



Université du Québec à Chicoutimi

---

## MODULE D'INGÉNIERIE

MODULE D'INGÉNIERIE

GÉNIE MÉCANIQUE

6GIN333 PROJET DE CONCEPTION EN INGÉNIERIE

*Rapport Final*

---

### Conception et modélisation d'un enrouleur motorisé pour des applications en réalité virtuelle

**Numéro 2011-272**

Préparé par

ADJELANE Abid

JOMPHE Eric

Pour

OTIS Martin

LARI-UQAC

DATE

16 décembre 2011

CONSEILLER

COORDONNATEUR :

OTIS Martin, ing.jr

PARADIS Jacques, ing



<b>Approbation du rapport final pour diffusion</b>
Nom du conseiller : Martin Otis
Date :
Signature :



## Remerciements

Merci à Monsieur Martin Otis, conseiller du projet, qui fût disponible et d'une aide précieuse tout au long du projet.

Nous tenons aussi à remercier Yannick Gagnon, technicien en génie mécanique et Denis Tremblay, machiniste à l'atelier mécanique pour son dévouement et ses conseils.



## Résumé du projet

Le Laboratoire de recherche en assistance robotique intelligente (LARI) travail sur l'étude du comportement des mécanismes robotiques lors d'une interaction humaine machine pour les applications industrielles.

L'objectif du projet est de concevoir un enrouleur motorisé qui sera une articulation dans un mécanisme parallèle entraîné par des câbles et qui sera en mesure de transmettre les efforts d'interaction d'un objet dans l'espace par la mesure de la tension dans le câble.

Premièrement, nous avons effectué une analyse en détail des objectifs à atteindre. Cette démarche a été suivie d'une analyse de contraintes à respecter et l'élaboration du cahier de charges ainsi que le calendrier de réalisation du projet.

Deuxièmement, on a passé au dimensionnement de toutes les composantes du projet tout en respectant les critères de conception en tenant compte de toutes les contraintes extérieures pour concevoir un montage fiable et résistant tout en respectant le budget offert par l'université.

Pour vérifier la fiabilité du montage, différents calculs ont été réalisés entre autre, les calculs des contraintes extérieures en statique et en dynamique et la méthode des éléments finis a permis de valider les géométries choisies et les matériaux adéquats de chacune des composantes critiques.

Finalement, la totalité des objectifs de départ ont été accomplies, toutes les pièces ont été usinées à l'atelier de l'UQAC. On a apporté quelques recommandations notamment l'analyse du boîtier supportant les poulies et le test de traction de la corde de traction (Spéctra).



## Sommaire

Remerciements.....	3
Résumé du projet .....	4
Sommaire .....	5
Liste des figures .....	7
Liste des tableaux.....	8
1. Introduction.....	9
2. Présentation du projet .....	9
2.1. Description de l'entreprise .....	9
2.2. Problématique et état de l'art reliés au projet.....	10
2.3. Objectifs généraux et spécifiques du projet .....	11
3. Aspects techniques et éléments de conception relatifs au projet.....	12
3.1. Méthodologie utilisée.....	12
3.2. Cahier des charges et des spectres de conception .....	12
3.3. Contexte .....	13
3.3.1. L'enrouleur.....	13
3.3.2. Boitier d'enroulement .....	14
3.4. Éléments de conception.....	14
3.4.1. Moteur .....	14
3.4.2. Réducteur de vitesse.....	15
3.4.3. Choix du câble .....	16
3.4.4. Dimensionnement de l'arbre d'enroulement.....	18
3.4.5. Dimensionnement de la vis d'entraînement et les guide.....	22
3.4.6. Choix des engrenages .....	22
3.4.7. Choix des roulements .....	25
3.4.8. Choix des poulies .....	27
3.4.9. Accouplement.....	28
3.4.10. Choix du capteur de force.....	29



4.	Analyse.....	30
4.1.	La force du corps appliqué sur la plateforme.....	30
4.2.	L'accélération du corps .....	34
4.3.	Coefficient de frottement .....	37
4.4.	Calcul de la tension .....	37
4.5.	Essai de flexion et de torsion de l'arbre d'enroulement.....	39
4.5.1.	Analyse de l'arbre de longueur réel avec la force tangentielle de 940 N ....	39
4.5.2.	Analyse de l'arbre de longueur modifiée avec la force tangentielle de 940N	41
5.	Bilan des activités .....	44
IV.1	Arrimage formation pratique/universitaire.....	44
IV.2	Travail d'équipe .....	44
IV.3	Respect de l'échéancier .....	45
IV.4	Analyse et discussion .....	47
6.	Conclusion et recommandations.....	50
7.	Bibliographie.....	51
8.	ANNEXES.....	52
8.1.	Liste des pièces et étude des coûts .....	52
8.2.	Liste des pièces et étude des coûts .....	53
8.3.	Fiche technique .....	57
8.4.	Dessin de définition.....	66



## Liste des figures

Figure 1 Concept d'un objet attaché par des cordes.....	12
Figure 2 L'enrouleur .....	13
Figure 3 Structure d'enroulement .....	14
Figure 4 Moteur DC.....	15
Figure 5 Réducteur de vitesse.....	16
Figure 6 Plateforme d'accélération.....	17
Figure 7 DCL Plateforme d'accélération .....	18
Figure 8 DCL en statique .....	19
Figure 9 DCL du rayon de l'arbre d'enroulement .....	20
Figure 10 Vis et écrou d'entraînement .....	22
Figure 11 Engrenage .....	24
Figure 12 Coupe de l'engrenage .....	24
Figure 13 Roulement à billes .....	25
Figure 14 Coupe du roulement .....	26
Figure 15 Poulie .....	27
Figure 16 Coupe de la poulie .....	27
Figure 17 Accouplement d'arbre .....	28
Figure 18 Capteur de force .....	29
Figure 19 Système de coordonnées spatiales .....	31
Figure 20 Les centres de gravité du corps humain .....	31
Figure 21 Mouvement du pied dans la phase d'appui .....	32
Figure 22 Les divisions du cycle de marche .....	32
Figure 23 Les forces appliquées au plancher par les pieds .....	33
Figure 24 Courbe de position en fonction de temps .....	35
Figure 25 Courbe de vitesse en fonction de temps .....	36
Figure 26 Courbe d'accélération en fonction de temps .....	36
Figure 27 DCL en dynamique .....	37
Figure 28 Analyse de contraintes longueur réel.....	39
Figure 29 Analyse des déplacements longueur réel.....	40
Figure 30 Analyse des déformations longueur réel.....	40
Figure 31 Analyse du facteur de sécurité longueur réel.....	41
Figure 32 Analyse de contraintes longueur modifié.....	41
Figure 33 Analyse des déplacements longueur modifié.....	42
Figure 34 Analyse des déformations longueur modifié.....	42
Figure 35 Analyse du facteur de sécurité longueur modifié .....	43



Figure 36 Plateforme d'accélération et l'enrouleur .....	49
Figure 37 L'enrouleur .....	49

## Liste des tableaux

Tableau 1 Caractéristique du moteur .....	15
Tableau 2 Caractéristique du réducteur de vitesse .....	16
Tableau 3 Caractéristiques des engrenages .....	24
Tableau 4 Caractéristiques des roulements .....	26
Tableau 5 Caractéristique des poulies .....	28
Tableau 6 caractéristique de l'accouplement .....	29
Tableau 7 Temps de contact au sol .....	34
Tableau 8 vitesse par rapport à l'âge .....	34
Tableau 9 résultats analyse de contraintes .....	40
Tableau 10 Résultats analyse des déplacements .....	40
Tableau 11 Résultats analyse des déformations .....	40
Tableau 12 Résultats analyse du coefficient de sécurité .....	41
Tableau 13 résultats analyse de contraintes .....	42
Tableau 14 Résultats analyse des déplacements .....	42
Tableau 15 Résultats analyse des déformations .....	43
Tableau 16 Résultats analyse du coefficient de sécurité .....	43



## 1. Introduction

Le domaine de l'Interaction Humain-Machine connaît actuellement un essor important et doit son émergence au développement d'applications 3D de plus en plus complexes. En effet, face à l'arrivée massive des applications de réalité virtuelle, qui est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo naturelle dans un monde virtuel. Les interfaces usagées visent dès lors à accroître le nombre de degré de contrôle et à offrir à l'usager une utilisation conviviale et ergonomique.

## 2. Présentation du projet

### 2.1. Description de l'entreprise

Le Laboratoire LARI (laboratoire de recherche en Assistance Robotique Intelligente) propose une solide expertise technologique et scientifique sur la conception et la réalisation d'interfaces humain-mécanisme robotique pour les applications industrielles, les jeux et l'entraînement militaire ou sportif. Entre autres, deux spécialités développées couvrent l'élaboration des algorithmes comportementaux des mécanismes et la perception psychophysique des différentes modalités sensorielles de l'humain. De plus, le laboratoire veut développer une expertise en sécurité de l'interaction.

L'objectif principal du laboratoire est l'étude du comportement des mécanismes robotiques lors d'une interaction humaine et améliorer les conditions de travail et l'efficacité d'une opération avec l'aide d'un mécanisme ergonomique et adapté à l'humain est l'axe de recherche directeur. Les applications peuvent être personnelles, comme pour un handicapé, ou industrielles pour réduire les blessures (par exemple : les tendinites) suite à une tâche redondante et répétitive. Ce projet pluridisciplinaire s'inscrit dans une démarche pour améliorer les conditions de travail à l'aide de la recherche opérationnelle. En plus de réduire les tâches redondantes ou les erreurs de



manipulations qui en découlent, les technologies innovantes qui seront proposées permettront de développer un environnement de travail ergonomique et adapté aux conditions actuelles tout en étant économique pour les entreprises.

L'axe secondaire de recherche consiste au développement d'un environnement multi sensoriel où un rendu audiovisuel, haptique (vibrotactile et kinesthésique) et un rendu de la locomotion permet d'améliorer la présence dans un environnement virtuel. L'objectif est de fournir une plate-forme et une architecture matérielle et logicielle fonctionnelle à distance pour les chercheurs membres du réseau où ceux-ci pourront communiquer virtuellement et efficacement par le biais des nouveaux médias mis en œuvre. Les chercheurs pourront ainsi contribuer à améliorer cette architecture par l'amélioration des algorithmes des différents rendus multi-sensoriels et multimodaux. Une application particulière est destinée aux arts où les artistes pourront performer à distance avec des instruments réels et virtuels.

## **2.2.Problématique et état de l'art reliés au projet**

Avec la technologie actuelle des jeux, il est possible de détecter et de reproduire la position, l'orientation et la vitesse des mouvements de l'humain dans l'espace, mais cette technologie est incapable de reproduire les efforts d'interactions. C'est-à-dire qu'on peut détecter les trajectoires des mains ou des objets dans un mode virtuel situées dans l'espace, mais il n'est pas possible d'obtenir la puissance d'une interaction avec les objets du monde virtuel et du geste effectué par l'humain. La reproduction des efforts d'interaction entre l'utilisateur réel et les objets virtuels sont très importante afin d'augmenter la sensation de présence dans l'environnement virtuel ou le jeu. Un mécanisme robotique sera nécessaire afin de recréer ces efforts aux pieds, aux mains et même aux hanches des usagers. L'utilisation des câbles comme moyen de transmission des efforts est une solution intéressante pour plusieurs raisons : un câble possède peu



d'inertie, il est peu visible lors d'une projection et la configuration de la géométrie du mécanisme est relativement facile à modifier

### **2.3.Objectifs généraux et spécifiques du projet**

L'objectif du projet est de concevoir un enrouleur motorisé qui sera une articulation dans un mécanisme parallèle entraîné par des câbles et qui sera en mesure de transmettre les efforts d'interaction d'un objet dans l'espace par la mesure de la tension dans le câble. La mesure de cette tension est très importante et nécessitera la conception d'un mécanisme particulier. De plus, la précision de la mesure de la longueur du câble déployé dans l'espace favorisera la mesure finale de la position des mouvements de l'humain. Cette position servira à détecter les contacts avec les objets du monde virtuel et de rendre, par la suite, les efforts de l'interaction. Le mécanisme à concevoir contient donc deux systèmes de mesures : la longueur du câble et la tension appliquée par le moteur. Une optimisation de la géométrie (simple et performante) de l'enrouleur sera nécessaire afin de faciliter la mesure de la tension tout en respectant le coût associé à la réalisation du projet. Cette optimisation sera réalisée par des analyses de compression et de déformation. Finalement, un modèle mathématique relié à la mesure de la tension et la mesure de la longueur du câble sera décrit favorisant la calibration.

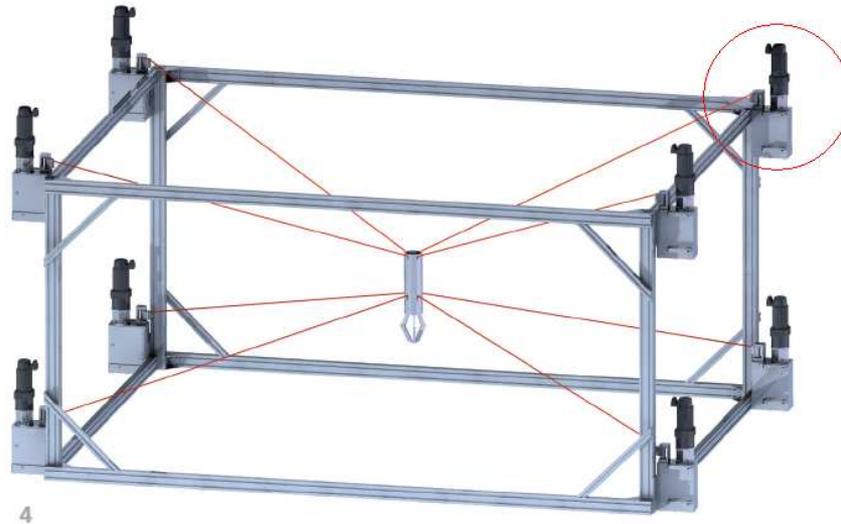


Figure 1 Concept d'un objet attaché par des cordes

### 3. Aspects techniques et éléments de conception relatifs au projet

#### 3.1.Méthodologie utilisée

Nous avons écouté les avis de notre conseiller de projet. À chaque rencontre, il nous a aiguillés sur les points importants. Il nous a par ailleurs guidés sur l'ordre logique à suivre pour la recherche d'information, les calculs à effectuer, le travail à faire. Nous avons également utilisé notre logique pour accomplir la tâche et planifier notre horaire de travail.

#### 3.2.Cahier des charges et des spectres de conception

Pour le projet, il est important d'avoir établi le cahier de charge complet de notre prototype. En ce qui concerne les spectres de conception, le promoteur a demandé de considérer les points suivants :

- le câble doit résister à une tension de 80 kg.
- le moteur a un torque de 7.5 N.m.
- la vitesse de rotation après la réduction est 181.67 RPM



### 3.3.Contexte

La première idée a été inspiré du moulinet de pêche puisqu'il a le même fonctionnement, la différence est que le moulinet fonctionne manuellement alors que l'enrouleur est motoriser par un moteur DC.

#### 3.3.1. L'enrouleur

L'enrouleur est constitué d'un arbre d'enroulement et d'une vis d'entraînement qui servira du guide, qui sont fixés entre deux roulements à billes. Lorsque le moteur tourne, il y a un effet d'entraînement du mécanisme des engrenages sur la vis d'entraînement et sur le guide. Cela permet au câble de s'enrouler de façon uniforme tout le long de l'arbre.

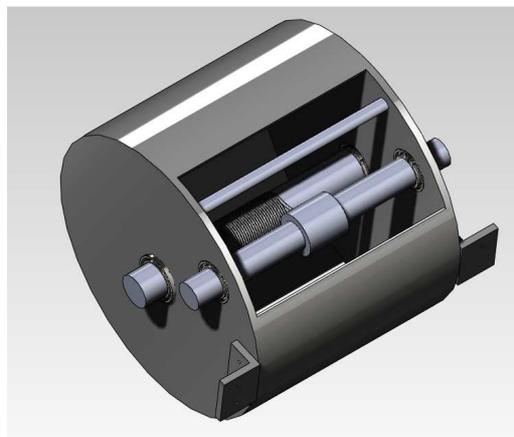


Figure 2 L'enrouleur



### 3.3.2. Boitier d'enroulement

Il contient trois poulies dont deux qui sont montées sur un axe parallèle et fixé sur la structure extérieure et une troisième montée sur une cellule de charge de type S montée sur la surface supérieure de la structure. Avec le capteur de force, il sera possible de mesurer la tension dans le câble.

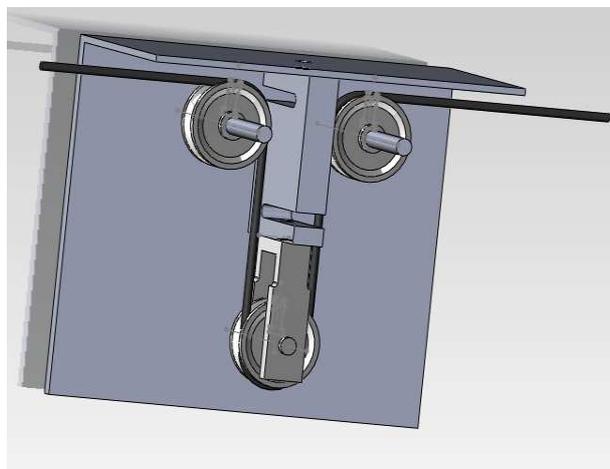


Figure 3 Structure d'enroulement

## 3.4.Éléments de conception

### 3.4.1. Moteur

Le moteur qui va être utilisé est un moteur à courant continu qui est basé sur le principe physique du couplage magnétique entre deux champs magnétiques. Il permet de transmettre l'énergie mécanique à l'enrouleur en transformant l'énergie magnétique en mouvement de rotation. Il est muni d'un couple de démarrage important, idéal pour l'entraînement de charges à forte inertie, il a un bon rapport (volume-puissance), linéarité (tension- vitesse) et (couple -courant) ainsi son rendement qui est plus élevés.

## EC-max 40 Ø40 mm, brushless, 70 Watt

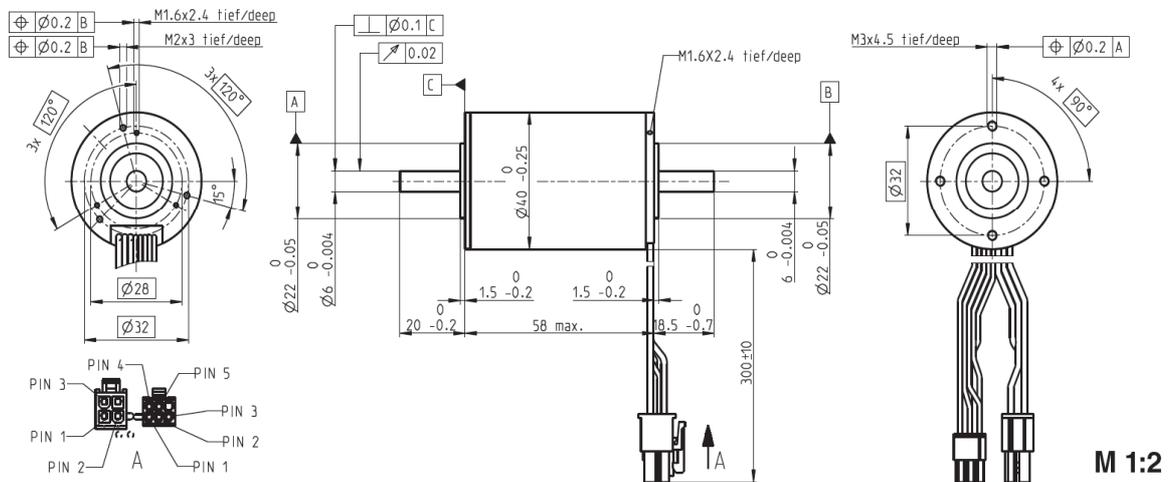


Figure 4 Moteur DC

### 3.4.1.1. Caractéristique du moteur

<b>Tension nominale</b>	<b>24 V</b>
<b>vitesse de rotation nominale</b>	6540 rpm
<b>Couple nominal</b>	88.5 mNm
<b>Courant nominal</b>	3.4 A
<b>Couple de blocage</b>	497 mNm
<b>Courant de démarrage</b>	17.8 A
<b>L'efficacité maximale</b>	77 %

Tableau 1 Caractéristique du moteur

### 3.4.2. Réducteur de vitesse

Le moteur est muni d'un réducteur de vitesse intégré et il est prêt à être monté tel quel sur l'enrouleur, son rapport de réduction est de 36 :1. Il fournit un rendement élevé de 81% et un couple de rotation de 7.5 Nm.

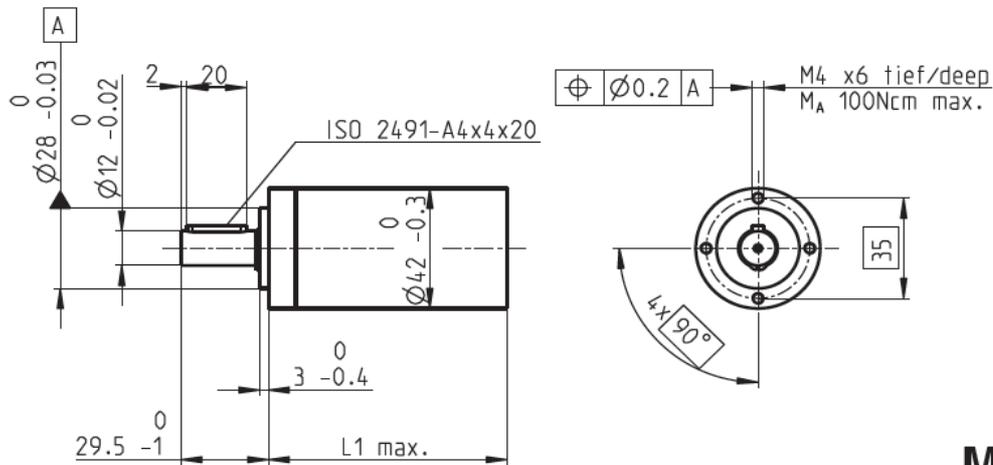


Figure 5 Réducteur de vitesse

### 3.4.2.1. Caractéristique du moteur

<b>Réduction</b>	<b>36 : 1</b>
<b>Réduction absolue</b>	36
<b>Masse d'inertie</b>	14 g.cm <sup>2</sup>
<b>Diamètre maximum de l'arbre</b>	10 mm
<b>Nombre d'étages</b>	2
<b>Couple maximum</b>	7.5 Nm
<b>Couple par intermittence admissible à la sortie</b>	11.3 Nm
<b>L'efficacité maximale</b>	81 %

Tableau 2 Caractéristique du réducteur de vitesse

### 3.4.3. Choix du câble

Le câble choisi est le câble spectra appeler aussi dyneema est très utilisé par les amateurs de cerf-volant. Fabriquer en polyéthylène, ce matériau de la famille des polyesters, offre une extraordinaire résistance tant à la traction qu'au frottement, plus de 170 Kg pour un fil de 1 mm de diamètre. Il permet d'emporter une grande distance de fil sur un petit dévidoir (plus de 70 m sur une bobine de 8 cm). Il se montre plus



efficace dans des diamètres plus fins, cela doit sûrement tenir à sa fabrication qui, plus serrée, protège mieux les fibres du frottement.

Le matériau est extraordinairement statique, tant et si bien que sa capacité à amortir les chocs est nulle.

### 3.4.3.1. Dimensionnement de la longueur du câble

La longueur du câble est calculée selon la diagonale de la plateforme d'accélération illustrée sur la figure 5 avec 3060 mm (environ 3m). Il reste à ajouté environ 2m sur l'arbre d'enroulement et sur le boîtier d'enroulement pour avoir une longueur raisonnable. Donc, le câble estimé à 5m.

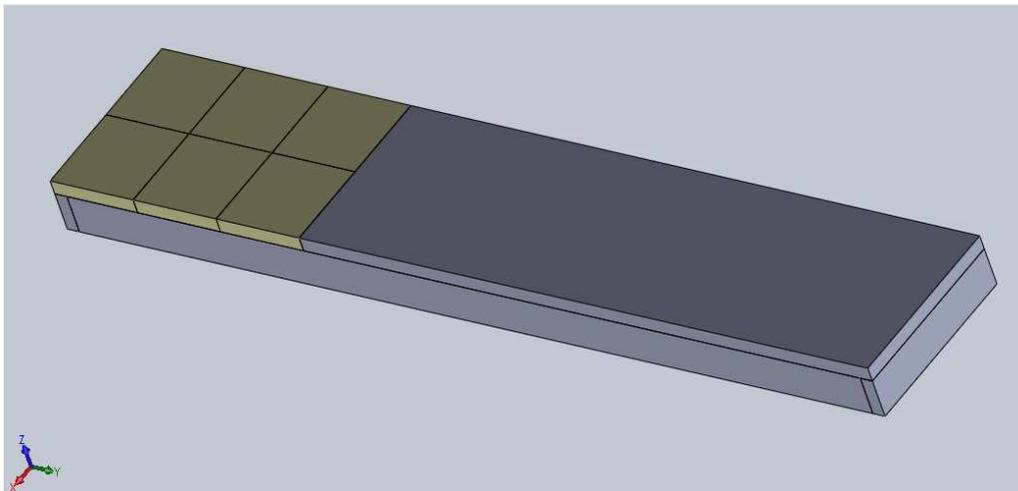


Figure 6 Plateforme d'accélération

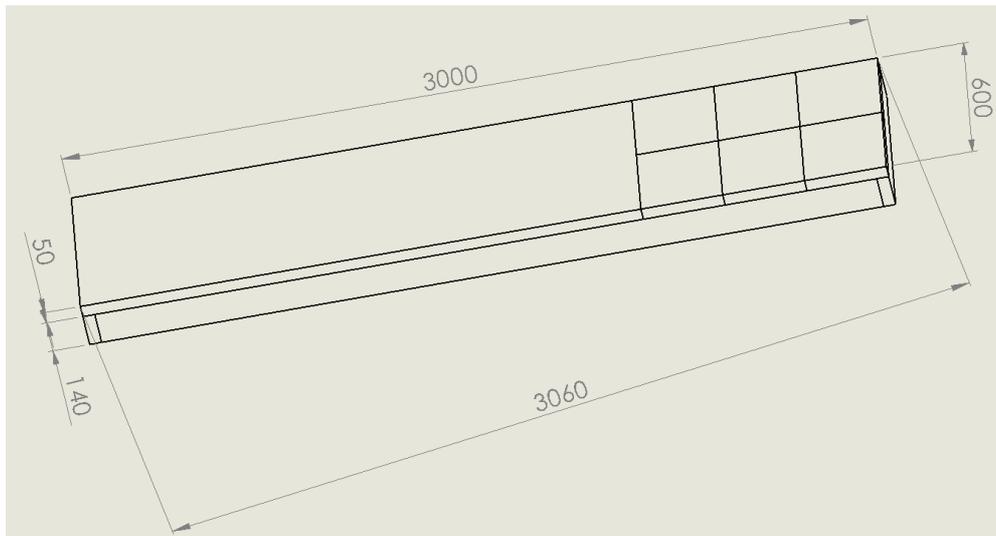


Figure 7 DCL Plateforme d'accélération

### 3.4.4. Dimensionnement de l'arbre d'enroulement

#### 3.4.4.1. Force extérieure

Pour le dimensionnement de l'enrouleur, il est important en premier lieu de déterminer la tension maximale que le moteur peut tirer, pour ce faire on va supposer que la personne est en état statique, la condition pour que le corps soit en équilibre s'impose lorsque la force de frottement et la force de traction auront la même intensité. Dans le cas contraire, le corps se déplacera sous l'action de la force extérieure ( $T$ ) et la force de frottement ( $f$ ) sera proportionnelle à celle de la réaction ( $N$ ) normale à la plateforme et le coefficient de proportionnalité à celle de la réaction ( $N$ ) et qui est le coefficient de friction ( $\mu$ ). Ce coefficient dépend de la nature des surfaces en contact qui est le téflon dans notre cas.

Pour cela, la tension du câble ( $T$ ) suivant notre hypothèse est égale à la force de frottement ( $f$ ), qui est égale à son tour à la masse moyenne d'un corps humain de 80kg.

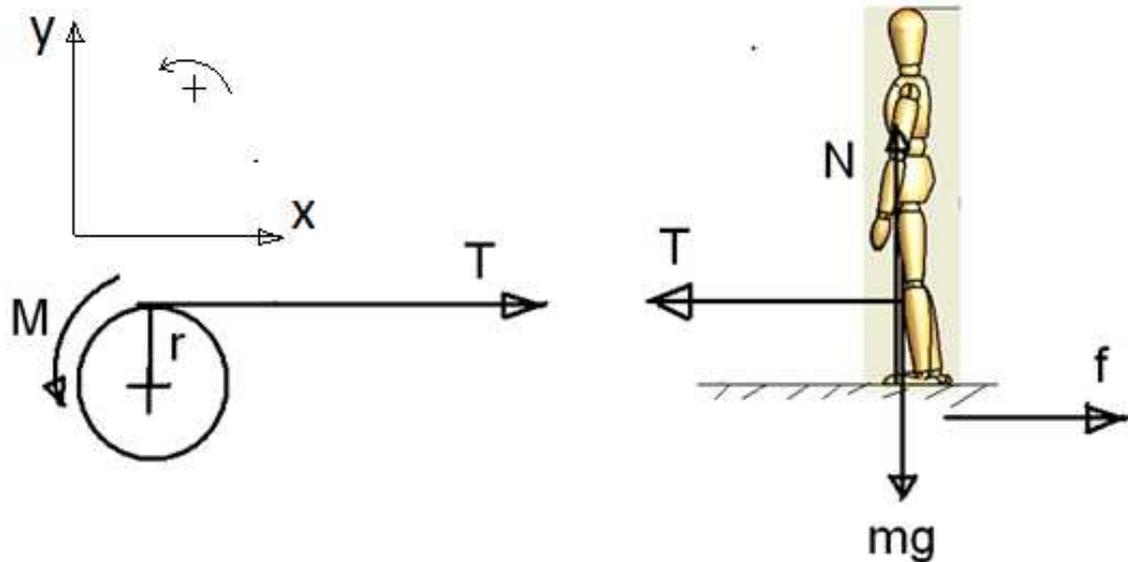


Figure 8 DCL en statique

$$\sum F_x = 0 \rightarrow -T + f = 0$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N - mg = 0$$

Le coefficient de friction est égal à 1 dans le domaine statique donc  $f = N$

$$T = f = mg$$

$$T = 80 * 9.81 = 784.8 \text{ N}$$

La tension maximale du câble pour tirer la personne est donc estimée à 784.8 N

### 3.4.4.2. Rayon de l'arbre d'enroulement

Le dimensionnement du rayon de l'arbre d'enroulement va dépendre du couple du moteur et de la force de traction du corps par le câble qui est la multiplication de la tension maximale calculée précédemment par le rayon de l'arbre. Le moteur disponible fournit un couple de (7.5).



Pour plus de sécurité, on impose un coefficient de sécurité de 1.2.

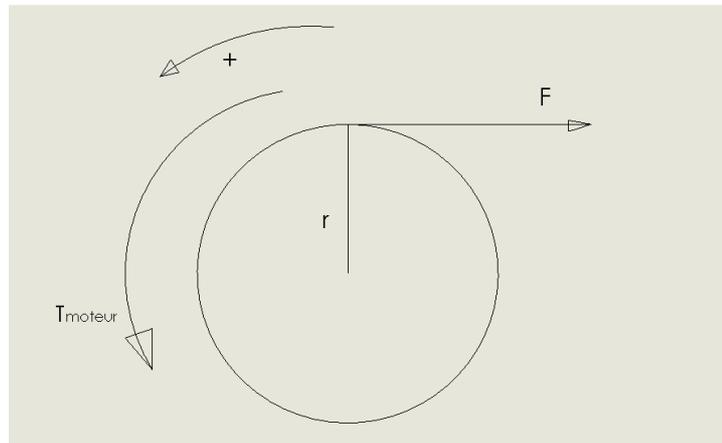


Figure 9 DCL du rayon de l'arbre d'enroulement

$$\Sigma M_0 = 0 \Rightarrow T_{moteur} - F * r = 0$$

$$T_{moteur} = F * r_{arbre}$$

$$r_{arbre} = \frac{T_{moteur}}{F * s} = \frac{7.5 \text{ N.m}}{784.8 \text{ N} * 1.2} = 0.00796 \text{ m}$$

Le rayon maximal du moteur qu'on peut avoir avec les deux conditions est donc estimé à 7.96mm.



### 3.4.4.3. Dimensionnement de la longueur de l'arbre

La longueur de l'arbre va dépendre de la longueur du câble qui va s'enrouler en un seul tour sur lui afin d'éviter une perte de précision sur la mesure de la longueur du câble déployé.

$$L_{cable} = 2 * \pi * r_m * n$$

$$n = \frac{L_{cable}}{2 * \pi * r_m}$$

$$L_{arbre} = D * n$$

$$L_{arbre} = D * \frac{L_{cable}}{2 * \pi * r_m}$$

$L_{cable}$ : Longueur du câble

$r_m$ : Rayon de l'enrouleur additionné au rayon du câble

$n$ : Nombre de tours

$D$ : Diamètre du câble

$$L_{arbre} = 1 * \frac{5000}{2 * \pi * 8.46} = 94.06 \text{ mm}$$

$$L_{cable} = 5000 \text{ mm}$$

$$r_m = 8.46 \text{ mm}$$

$$D = 1 \text{ mm}$$

La longueur de l'arbre d'enroulement est 94.06 mm

### 3.4.5. Dimensionnement de la vis d'entraînement et les guide

Le choix de la vis d'entraînement va dépendre de la vitesse d'enroulement de l'arbre d'enroulement. Le pas de la vis sera l'élément essentiel pour définir la vitesse de déplacement du guide et du câble. Pour avoir le même déplacement entre le guide et la vitesse d'enroulement, il faut absolument avoir le même pas et le même diamètre, si on veut diminuer le rayon de la vis il faut augmenter le pas du déplacement.



Figure 10 Vis et écrou d'entraînement

<b>Diamètre de la vis</b>	<b>2.090 po</b>
<b>diamètre de la bride</b>	2.60 po
<b>Epaisseur de la collerette</b>	0.530 po
<b>Taille du filetage interne</b>	15/16-16

### 3.4.6. Choix des engrenages

Le choix de l'engrenage va nous permettre de bien synchroniser la vitesse d'enroulement avec la vitesse de translation ou la course de la vis d'entraînement qui va guider le fil afin de bien s'enrouler. La vitesse angulaire des engrenages est donnée par la vitesse du moteur qui est fixé à 6540 Rpm avec un rapport de 36, la vitesse donc de sortie est de 181.67 Rpm.



Il est important d'avoir un même module et un même pas pour satisfaire la condition d'engrènement et la différence du diamètre primitif permet d'obtenir une modification de la fréquence de rotation de l'arbre récepteur par rapport à la fréquence de rotation de l'arbre moteur.

### 3.4.6.1. Critère de choix

- Entraxe exacte
- Rapport de vitesse
- Déterminer de la puissance
- Déterminer le diamètre primitif
- Vérifier la distance au centre
- Sélectionner le pas par rapport à la Puissance
- Vérifier le pas choisi pour le diamètre primitif nécessaire.

Le rapport de vitesse entre l'arbre d'enroulement et le guide est calculé par la formule suivante :

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$\omega_1 = 181.67 * \frac{2\pi}{60} * r_{arbre}$$

$$\omega_1 = 181.67 * \frac{2\pi}{60} * 0.00796 \text{ m} = 0.1514 \text{ m/s}$$

$$\omega_2 = 181.67 * \frac{2\pi}{60} * r_{guide}$$

$$\omega_2 = 181.67 * \frac{2\pi}{60} * 0.00625 \text{ m} = 0.06 \text{ m/s}$$

$$i = \frac{0.1514}{0.06} = 2.5$$

Le rapport entre les deux engrenages est 2.5



Figure 11 Engrenage

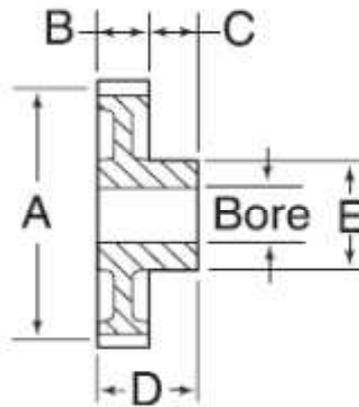


Figure 12 Coupe de l'engrenage

	Module	Nb de dent	A	Bore	B	C	D	E	OD
Engrenage moteur	20	16	0.667	0.3125	0.250	0.31	0.560	0.54	0.75
Engrenage récepteur	20	32	1.6	0.3750	0.375	0.5	0.875	1.32	1.7

Tableau 3 Caractéristiques des engrenages



### 3.4.7. Choix des roulements

Les roulements utilisés permettent le positionnement, la transmission des efforts et la rotation entre l'arbre d'enroulement et le socle extérieur de l'enrouleur par le remplacement du glissement en un roulement. Ils admettent l'optimisation du frottement et la précision de la liaison.

#### Critère de choix

- Nature des charges : axiale, radiale ou combinée.
- Importance des charges (intensité)
- Vitesse de rotation
- Perturbations : chocs, vibration
- Condition de montage, mise en place, accessibilité, réglage...
- Précision exigée : coaxialité, faux rond
- Rigidité exigée : déformation admissible
- Encombrement, place disponible
- Longévité, durée de vie souhaitée
- Condition ambiante : pollution, températures, lubrification...



Figure 13 Roulement à billes

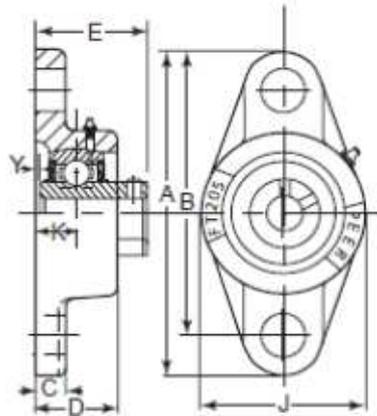


Figure 14 Coupe du roulement

<b>A</b>	<b>3-7/8</b>
<b>B</b>	<b>3</b>
<b>C</b>	<b>7/16</b>
<b>D</b>	<b>1</b>
<b>E</b>	<b>1.32</b>
<b>J</b>	<b>2-1/8</b>
<b>K</b>	<b>0.594</b>
<b>Y</b>	<b>0.094</b>

Tableau 4 Caractéristiques des roulements

Les roulements choisis pour le projet sont les roulements à billes à contact radial. Ils sont très économiques et les plus utilisés en petites et moyennes dimensions. Ils supportent tous les types de charges (modérées à moyennes) : axiales, radiales et combinées. Sous charges, ils se comportent comme un roulement à contact oblique dont l'angle d'inclinaison serait variable.

Il est essentiel que le roulement fonctionne sans risque de pénétration de matière étrangère, car celle-ci provoquerait une usure rapide par rodage. Les roulements sont déjà équipés de joint d'étanchéité par les deux côtés.



### 3.4.8. Choix des poulies

Les poulies ont été choisies selon les critères suivants : leurs résistances aux charges élevées : puisque la charge maximale de traction est de 100 kg (220lb), les poulies dont le matériau est l'acier résiste à une charge de 136 kg (300 lb).

L'intégration des roulements nous permet d'optimiser le temps d'assemblage et assure la conformité entre les poulies et les alésages ainsi que l'alignement élevée au niveau de la structure et elles sont dotées d'une lubrification intérieure. Le rapport qualité-prix correspond parfaitement aux spectres de conceptions.



Figure 15 Poulie

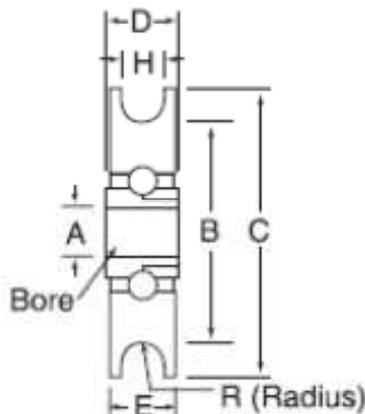


Figure 16 Coupe de la poulie

Diamètre de corde	Charge max	roulement	A	B	C	D	E	H	R
3/16"	300	Billes scellées	1/4"	7/8"	1.1/4"	7/16"	3/8"	0.250"	0.093"

Tableau 5 Caractéristique des poulies

### 3.4.9. Accouplement

L'accouplement va permettre de transmission de puissance de moteur à l'arbre d'enroulement, il va favoriser l'alignement et devra composer certains défauts voir favoriser la mobilité entre les deux arbres.

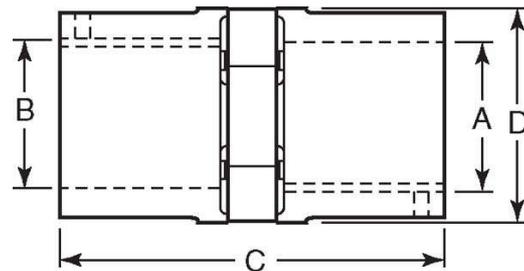


Figure 17 Accouplement d'arbre

- Critère de choix

- Le type de motorisation.
- Le type de charge
- Le couple à transmettre
- La vitesse atteinte
- Les défauts prévisibles d'alignement des arbres.
- Les mobilités éventuellement nécessaires entre les arbres
- Des contraintes d'environnement

<b>Diamètre d'alésage 1</b>	<b>3/8 po</b>
<b>Diamètre de l'alésage 2</b>	1/2 po
<b>Longueur totale</b>	1.33 po
<b>Diamètre extérieur</b>	1.18 po
<b>Couple</b>	130

Tableau 6 caractéristique de l'accouplement

### 3.4.10. Choix du capteur de force

La Cellule de charge de type S de 100 kg est une structure métallique soigneusement conçue. Elle est conçue pour mesurer une force spécifique et ignore les autres forces exercées. Le signal électrique qui résulte de la charge est très faible et nécessite une amplification spécialisée.

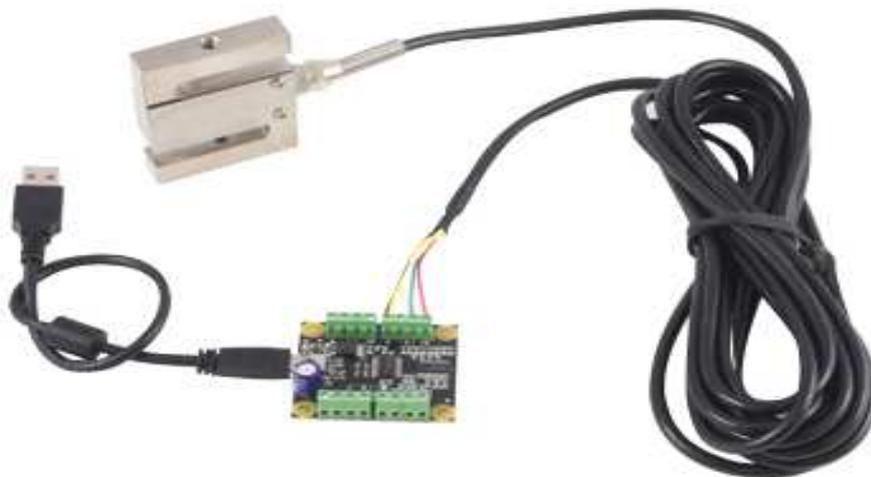


Figure 18 Capteur de force

- Capacité de charge maximale: 100 kg
- Capteur à base de pont Wheatstone
- Étalonnage individuel en usine

Le capteur de force est doté d'une interface capteur à base de pont Wheatstone qui permet de connecter jusqu'à 4 ponts Wheatstone non amplifié, il accepte des débits



variables de 1 à 125 échantillons par seconde, il est configurable par logiciel et il se connecte directement à un port USB d'ordinateur

## 4. Analyse

Pour vérifier la fiabilité de l'enrouleur, on doit tester sa résistance à la force d'attraction dans le câble en simulant la marche d'un être humain sur la plateforme d'accélération. L'arbre d'enroulement est la composante qui va subir la totalité de la force. En calculant la tension du câble en états de simulation, on va être capable de répondre à la question en le comparant à la tension calculée dans la section (3.3.4.1).

Les paramètres principaux à prendre en considération pour calculer la tension du câble en états de simulation ou en dynamique sont : la force du corps appliquée sur le plancher en phase de marche, l'accélération du corps humain sur la plateforme d'accélération et finalement, le coefficient de frottement entre la semelle du pied de l'utilisateur et la surface de la plateforme.

Il est nécessaire par la suite d'analyser les différentes contraintes que l'enrouleur va subir en états de simulation. On va se concentrer plus sur l'arbre d'enroulement puisque c'est lui qui va jouer le rôle principal. On va vérifier sa résistance à la flexion et à la torsion pour valider les dimensions et le matériau choisis.

### 4.1. La force du corps appliqué sur la plateforme

Pour répondre au critère du projet, on doit présenter l'essentiel de la composition d'une démarche normale d'un humain. La spécification d'un repère absolu du monde réel est essentielle pour définir les équations de la cinématique et de la dynamique. La direction verticale positive est définie vers le haut par l'axe Z. La direction de progression (antérieure-postérieure) est positive vers l'avant selon l'axe X. La direction de côté (médiale-latérale) est positive vers la gauche suivant l'axe Y'.

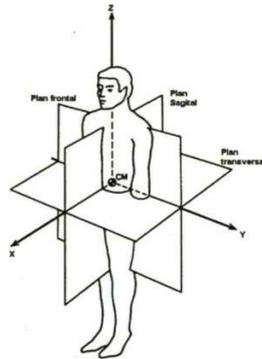


Figure 19 Système de coordonnées spatiales

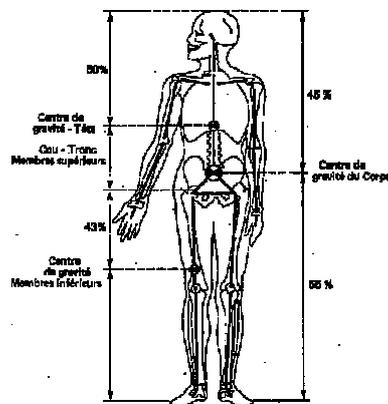


Figure 20 Les centres de gravité du corps humain

La stabilité d'un marcheur a une influence par les positions relatives de deux centres de gravités sur le long du torse. La position du centre de gravité par rapport au sol est régulée du fait qu'un déplacement d'un segment de membre est accompagné par un déplacement d'un autre segment en direction opposée.

La démarche est composée en deux périodes : la phase d'appui et la phase d'oscillation

La phase d'appui a une durée de 60 % du cycle qui est elle-même composée en trois parties dont les deux doubles contacts (DC) en début et à la fin et le simple contact (SC).

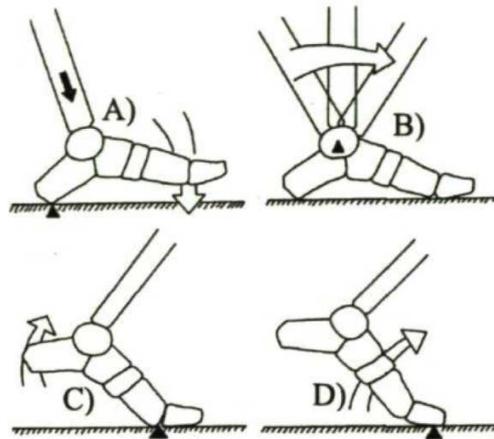


Figure 21 Mouvement du pied dans la phase d'appui

La figure 22 montre les quatre roulements observables lors du déroulement du pas pendant la phase d'appui. Lorsque le talon touche le sol (A), le pied est généralement en rotation externe alors qu'au moment où les orteils quittent le sol (D), le pied est en rotation interne. Cette rotation n'est pas nécessairement symétrique. En (B), le pilon tibial glisse et roule sur le dôme de l'astragale. Finalement, en (C), le pied roule autour de la métatarso-phalangienne. Les adducteurs de hanche aident à la flexion de hanche et asservissent la stabilité du membre inférieur en rotation.

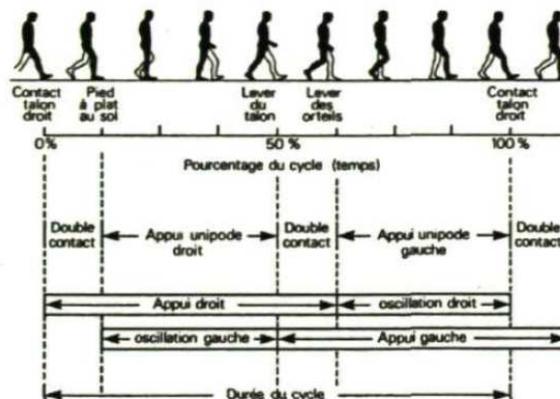


Figure 22 Les divisions du cycle de marche

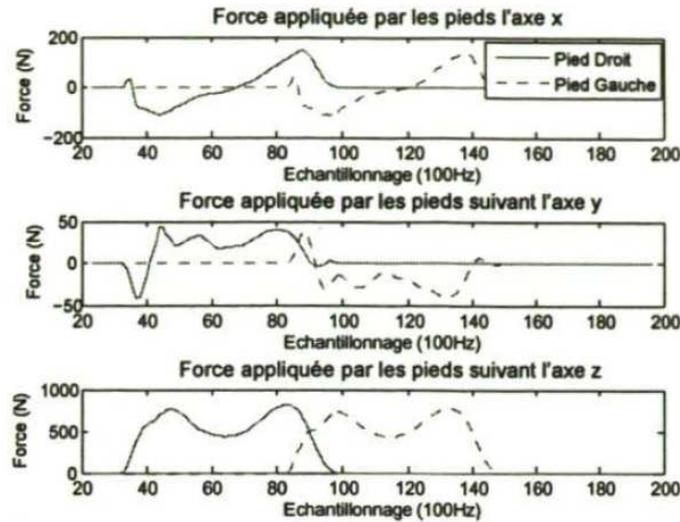


Figure 23 Les forces appliquées au plancher par les pieds

Les amplitudes des forces d'appuis sur un plancher sont représentées dans la figure 24, on observe bien que la force est répartie selon les trois axes de direction. La force appliquée sur l'axe X est d'environ (160N), la force sur l'axe y est d'environ (48N) et finalement sur l'axe Z, la force est d'environ (800N).

Fr : La force résultante selon les deux axes X et Y

$$Fr = \sqrt{Fx^2 * Fy^2}$$

$$Fr = \sqrt{160^2 * 48^2} = 167.05N$$

La force normale appliquée sur le plancher (Fz):

$$Fz = 800 N$$



### 4.2.L'accélération du corps

L'accélération du corps humain peut être déterminée par la dériver deuxième de l'équation de déplacement développer par le scientifique et kinésithérapeute Éric Viel. L'équation dépend de certains paramètres de la marche dont le temps de l'action, la vitesse de déplacement, la constante d'accélération et l'espace de travail.

$$x(t) = v_m(t + \frac{(e^{(-k_v*t)} - 1)}{k_v})$$

Le temps (t) des différentes phases dans la démarche sont décrits dans le (tableau 7) et les vitesses sont décrites dans le (tableau 8). Les temps ont été évalués pour trois marcheurs normaux de sexe masculin.

Ils dépendent de nombreux facteurs dont l'âge, le sexe, la physionomie et le type de marche (lente, modérée, déterminée, rapide, etc.)

Phases	Temps absolu (sec.)
Cycle de marche	0,98
Phase d'oscillation	0,36
Phase d'appui	0,62
Contact talon/sol	0,02
Contact pulpe du gros orteil/sol	0,30

Tableau 7 Temps de contact au sol

Groupe d'âge	Allure	Vitesse moyenne <sup>a</sup>
Jeune	Modérée	0,77 + 0,031d
	Rapide	1,09 + 0,087d
Adulte	Modérée	1,17 - 0,04(d - 70)
	Rapide	1,84 - 0,06(d - 70)

Tableau 8 vitesse par rapport à l'âge



### Application de la formule

Durant la simulation, l'être humain aborde sa marche sur la plateforme d'accélération. Lorsqu'il va arriver à la place qu'on veut simuler et commence à marcher sur les tuiles, l'enrouleur entre en jeu et empêche la personne de progresser vers l'avant. A ce moment la, l'accélération du corps est nulle mais, les jambes continue à glisser sur place. Il faut donc tenir comptes de l'accélération des jambes.

La masse des jambes représente 65% de la masse total du corps. La masse utilisée dans les calculs et celle d'une jambe seulement.

$$m = 80 * 0.65 * \frac{1}{2} = 26kg$$

Pour appliquer la formule développée on a dû utiliser le logiciel Matlab pour estimer la valeur de la constante d'accélération ( $k_v$ ) pour un temps moyen entre 0.01 à 8(s). Le code Matlab inséré en annexe nous a permis d'observer le tracer de la position, de la vitesse et d'accélération en fonction de temps.

$$x(t) = v_m \left( t + \frac{(e^{-k_v * t}) - 1}{k_v} \right)$$

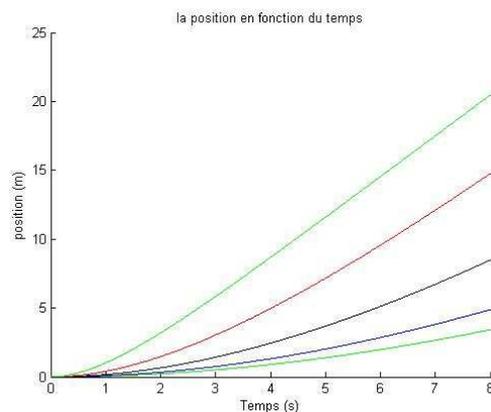


Figure 24 Courbe de position en fonction de temps



- La vitesse :

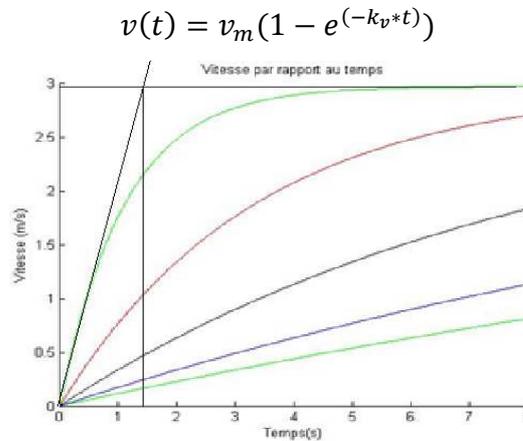


Figure 25 Courbe de vitesse en fonction de temps

Avec la règle de 63%, on est capable d'estimer le temps ( $t$ ) que la personne va prendre pour atteindre la vitesse maximale. Le temps ( $t$ ) est estimé à 1.5s

- L'accélération :

$$a(t) = v_m * k_v * e^{-k_v*t}$$

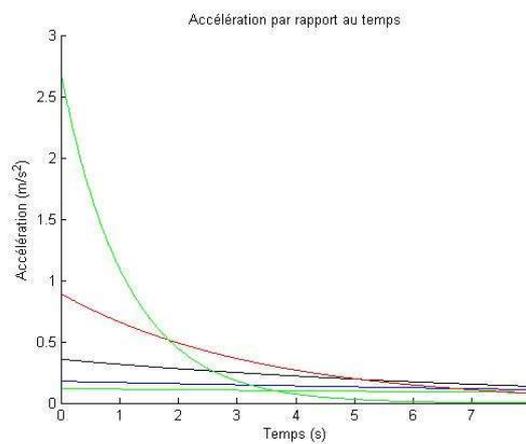


Figure 26 Courbe d'accélération en fonction de temps

Avec le graphe de plusieurs itérations obtenues avec Matlab, on est capable d'estimer l'accélération  $a(t)$  à 2.6 m/s<sup>2</sup>

$$a(t) = 2.6 \text{ m/s}^2$$



### 4.3. Coefficient de frottement

Selon les lois de Coulomb, le coefficient de friction ne dépend que de la nature des matériaux mis en présence et de l'état de leurs surfaces. Le matériau de la plateforme d'accélération est du téflon, la surface de contact de la personne qui est le dessus de la chaussure est aussi du téflon.

Le coefficient de friction entre les deux surfaces (téflon, téflon) est 0.04

$$\mu = 0.04$$

### 4.4. Calcul de la tension

Avec tous les paramètres calculés précédemment, on est capable d'évaluer la tension dans le câble en dynamique en utilisant tout simplement la loi de Newton.

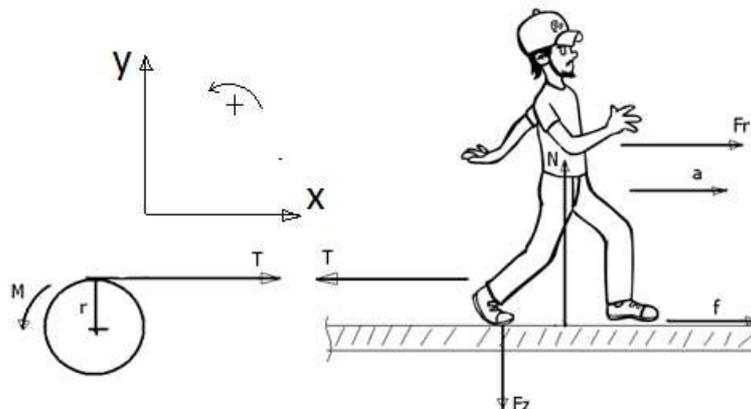


Figure 27 DCL en dynamique

$$\sum F_x = ma \rightarrow -T + Fr + f = ma$$

$$T = Fr + f - ma$$



$$\sum F_y = 0 \rightarrow N - Fz = 0$$

$$N = Fz$$

$$f = \mu * Fz$$

On posant

$$Fr = 167.5 N$$

$$Fz = 800N$$

$$m = 26 kg$$

$$a = 2.5 \frac{m}{s^2}$$

$$\mu = 0.04$$

$$T = 167.5 + (0.04 * 800) - (26 * 2.5)$$

$$T = 134.5 N$$

La tension du câble à laquelle l'enrouleur doit résister durant la simulation téflon sur téflon avec un coefficient de frottement de 0.04 est de 134.5 N, ce qui est largement inférieure à la tension maximale du câble en statique.

Des accidents peuvent arriver durant l'usage de la plateforme d'accélération, si l'utilisateur a un déséquilibre et tombe sur la table ou s'il essaye de s'accrocher sur une paroi, l'accélération du corps va augmenter très rapidement et la tension dans le câble va tendre à son maximum, cela risque de causer des défaillances dans le moteur. Ce qui va nous obliger à faire des tests sur ces composantes.



### 4.5.Essai de flexion et de torsion de l'arbre d'enroulement

Le teste de l'arbre d'enroulement est nécessaire pour valider le dimensionnement et sa résistance à l'effort de tension maximale calculée dans la section (3.3.4.1) a laquelle doit résister et surtout pour valider le choix du matériau utilisé pour sa fabrication.

Il est essentiel de préciser et d'expliquer les changements géométriques apporté à l'arbre d'enroulement. En fait, les deux roulements qui permettent la rotation de l'arbre et les deux autres permettent à la vis sans fin de tourner et de d'avoir la même grosseur. Ce qui provoque un contact entre eux.

Pour éviter le contact entre ces composantes tout en gardant le même entraxe entre les engrenages et les deux arbres d'enroulement et de guidage, une solution d'ajouter deux plaques de métal sur le socle extérieur de l'enrouleur est appliqué, ce qui nous a obligés de prolonger la longueur de l'arbre d'enroulement. Les essais de flexion et de torsion seront donc appliquer pour les deux géométries de l'arbre.

#### 4.5.1. Analyse de l'arbre de longueur réel avec la force tangentielle de 940 N

##### Aperçu des contraintes

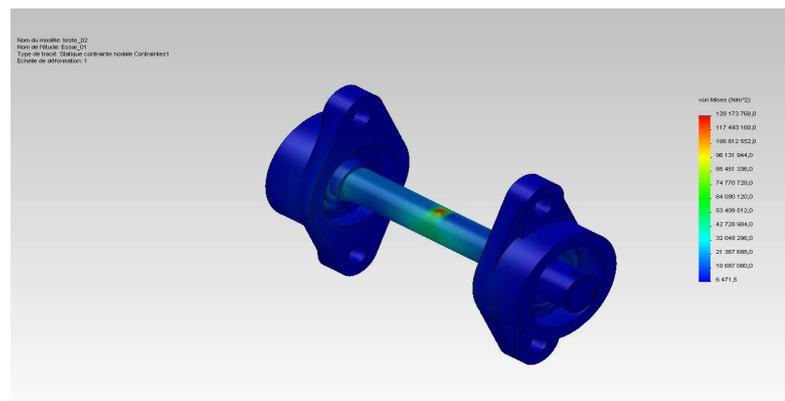


Figure 28 Analyse de contraintes longueur réel

Nom	Type	Min	Max
Contraintes1	VON: contrainte de von Mises	6471.47 N/m <sup>2</sup>	1.28174e+008 N/m <sup>2</sup>

Tableau 9 résultats analyse de contraintes

Aperçu des déplacements

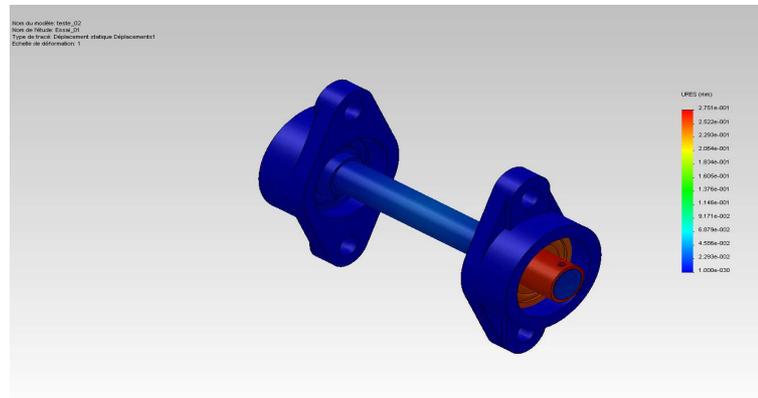


Figure 29 Analyse des déplacements longueur réel

Nom	Type	Min	Max
Déplacements1	URES: Déplacement résultant	0 mm	0.27514 mm

Tableau 10 Résultats analyse des déplacements

Aperçu des déformations

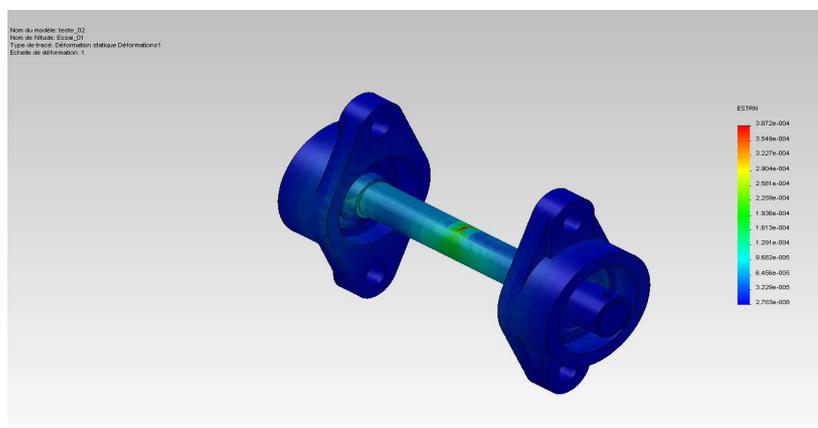


Figure 30 Analyse des déformations longueur réel

Nom	Type	Min	Max
Déformations1	ESTRN: Déformation équivalente	2.78296e-008	0.000387194

Tableau 11 Résultats analyse des déformations

Aperçu du facteur de sécurité

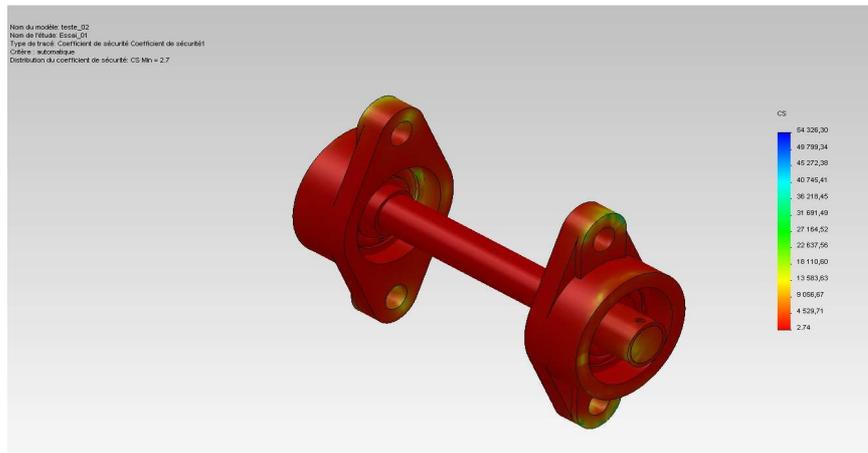


Figure 31 Analyse du facteur de sécurité longueur réel

Nom	Type	Min	Max
Coefficient de sécurité1	Automatique	2.74292	54326.3

Tableau 12 Résultats analyse du coefficient de sécurité

**4.5.2. Analyse de l'arbre de longueur modifié avec la force tangentiel de 940N**

Aperçu des contraintes

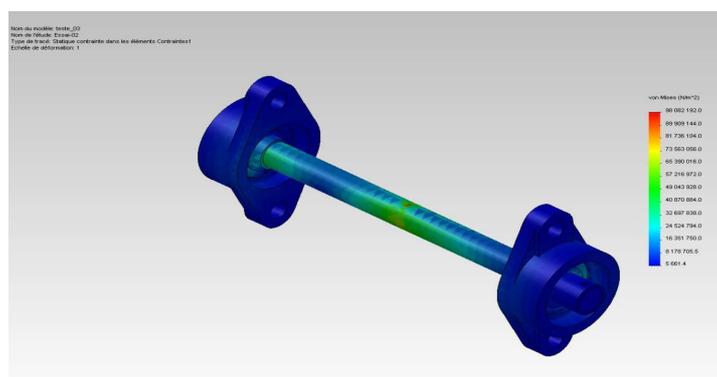


Figure 32 Analyse de contraintes longueur modifié

Nom	Type	Min	Max
-----	------	-----	-----



Contraintes1	VON: contrainte de von Mises	5661.38 N/m <sup>2</sup>	9.80822e+007 N/m <sup>2</sup>
--------------	------------------------------	--------------------------	-------------------------------

Tableau 13 résultats analyse de contraintes

### Aperçu des déplacements

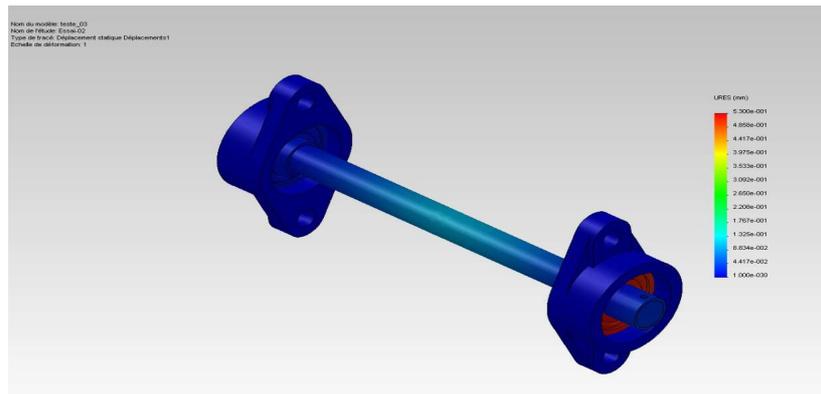


Figure 33 Analyse des déplacements longueur modifié

Nom	Type	Min	Max
Déplacements1	URES: Déplacement résultant	0 mm	0.530014 mm

Tableau 14 Résultats analyse des déplacements

### Aperçu des déformations

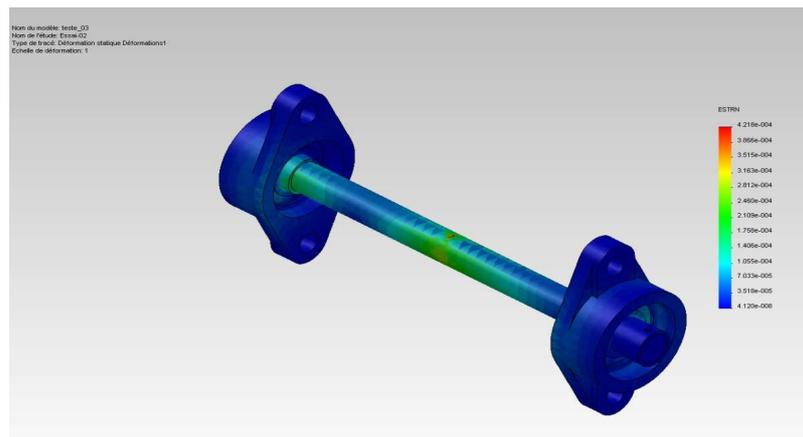


Figure 34 Analyse des déformations longueur modifié

Nom	Type	Min	Max
Déformations1	ESTRN: Déformation équivalente	4.12022e-008	0.000421753

Tableau 15 Résultats analyse des déformations

### Aperçu du facteur de sécurité

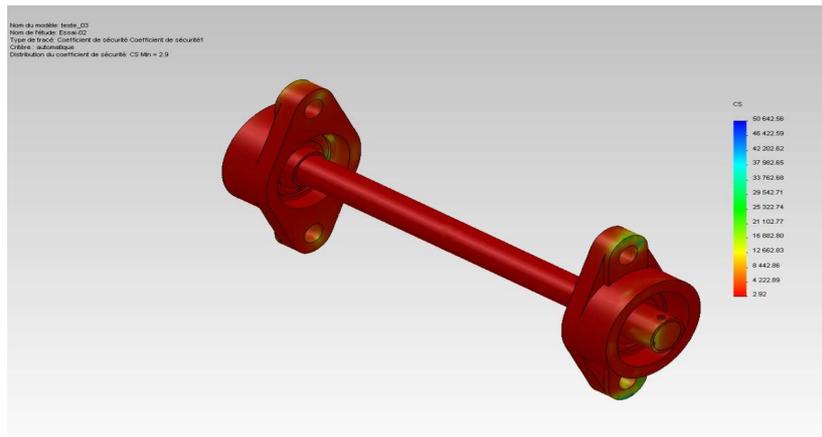


Figure 35 Analyse du facteur de sécurité longueur modifié

Nom	Type	Min	Max
Coefficient de sécurité1	Automatique	2.91906	50642.6

Tableau 16 Résultats analyse du coefficient de sécurité

En conclusion, les contraintes maximales obtenus avec l'étude par éléments finis avec le logiciels SolidWorks sont largement inférieure à la limite élastique de  $351571000 \text{ N/m}^2$  du matériau choisie qui est l'acier 1020.

Les déplacements dans les deux études ne dépassent pas un demi-millimètre, la majorité de ce déplacement est subit par la bague intérieure du roulement de droite de l'enrouleur.

Si on veut ajouter une petite amélioration, ça serait donc dans les roulements ou dans le choix des matériaux.



## 5. Bilan des activités

### IV.1 Arrimage formation pratique/universitaire

Le projet nous a permis de mettre en pratique les notions qu'on a appris tout au long de notre formation d'ingénieur. Les notions de statiques et de dynamiques acquises dans les cours de résistance des matériaux et mécanique des solides nous ont beaucoup servies dans les dimensionnements de la longueur et du diamètre de l'arbre d'enroulement et notamment pour calculer les contraintes de flexion.

Le cours de CAO nous a été un outil d'importance majeur tout au long de ce projet et il nous été possible de simuler les essais de flexion et de torsion et il nous à permis de valider la géométrie et le choix du matériau de l'arbre d'enroulement.

La réalisation de ce projet nous a permis d'acquérir de nouvelles notions dans le domaine de l'interaction humain machine, il nous a aidé à mieux comprendre le domaine des interfaces haptiques ou interfaces à retour d'effort qui font actuellement l'objet de très nombreux développements surtout dans le pilotage des robots dans le domaine médicale.

### IV.2 Travail d'équipe

Lors de la réalisation du projet, le travail d'équipe, la bonne communication et la détermination ont été les clés de succès. Tout et chacun ont joué un rôle important dans l'équipe. La division des tâches s'est faite par elle-même étant donné que nous avons chacun nos forces et faiblesses. Des rencontres régulière 1 ou 2 fois par semaine ont été planifié, dans lesquelles ont étale toutes les idées sur la table et ont assemble le puzzle de toutes les images qui nous ont passé dans la tête. Il fallait donner naissance à l'enrouleur et faire la dimension chacune de ces pièces.



Notre conseiller martin Otis, à jouer un rôle très important tout au long de l'évolution du projet. Ces conseilles nous ont été très utiles afin d'avancer plus rapidement dans sa conception.

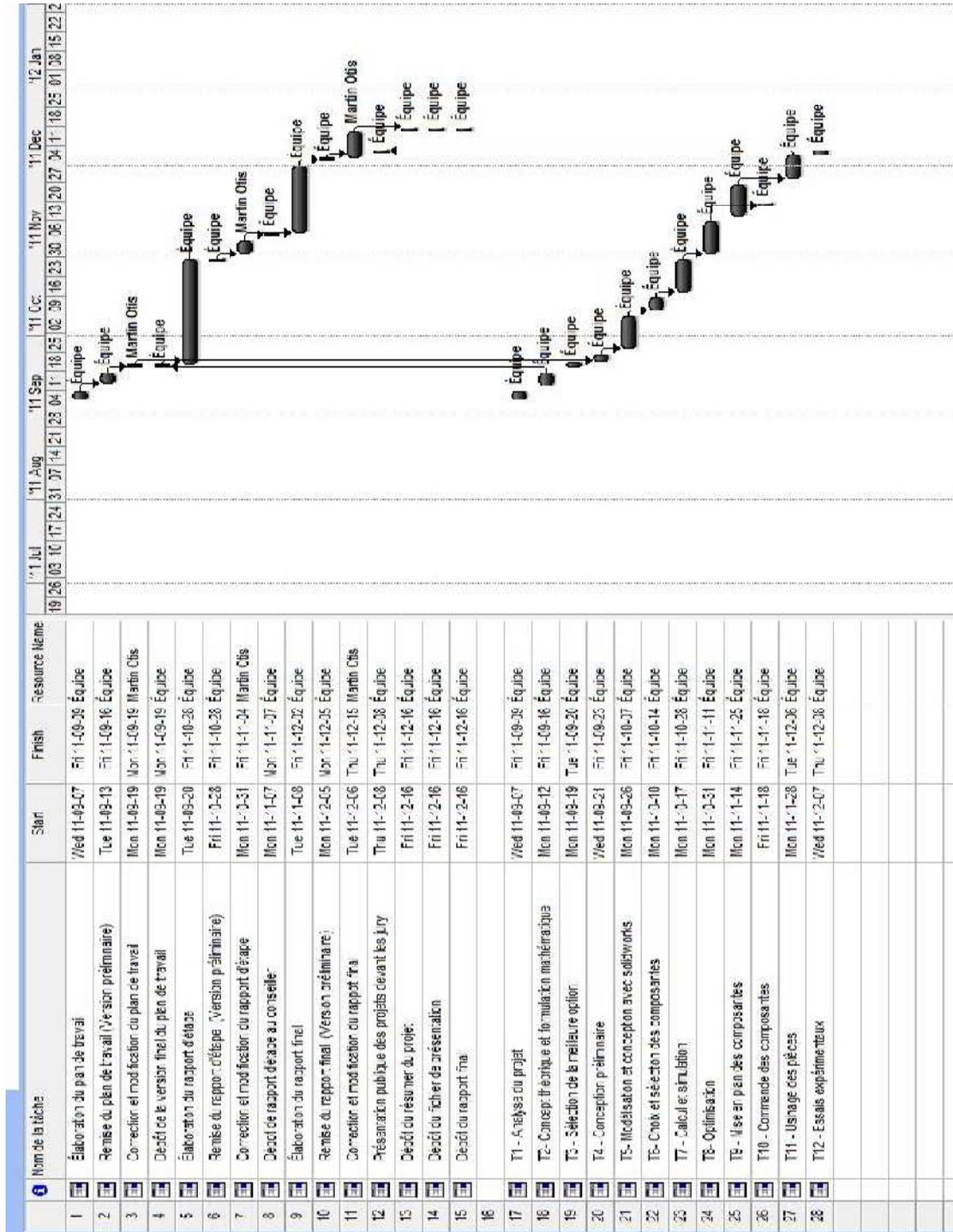
La conception, l'usinage et l'assemblage de toutes les pièces ont été réalisés par les techniciens de l'université. En terminant, le projet n'aurait jamais été aussi bien réussi avec une personne seule qu'avec une équipe.

### IV.3 Respect de l'échéancier

Le projet, au niveau de la conception, s'est très bien déroulé. Nous avons passé beaucoup de temps à analyser les différentes données préliminaires. La géométrie de l'enrouleur nous a donné du fil à retorde mais n'a occasionné aucun retard. Une analyse approfondie sur les types de liaisons a été effectuée afin de respecter le budget alloué pour le projet.

Aussi, un diagramme de Gantt nous a permis de suivre les l'objectifs étape par étape. Certaines imprévues se sont présentées (la semaine des examens) et nous a obligés à décaler la remise du rapport d'étape. Malgré tout, les objectifs ont été remplis dans les délais pour le dépôt du rapport final. Dans l'éventualité d'utiliser un câble spectra pour tirer une personne de 80 kg, nous avons prévu une rencontre avec notre conseiller. En effet, selon les indications de Martin Otis, ingénieur électrique pour l'UQAC, il nous a aiguillés sur le câble à utiliser pour le projet. De plus, des essais de traction devront être réalisés afin de vérifier que la force du câble résiste à 170 kg. Pour ce qui est de la fabrication mécanique de l'enrouleur et du support des poulies, le délai est respecté.

Pour terminer, les étapes ont été exécutées selon la méthodologie et la planification réalisées selon le plan de travail.





#### IV.4 Analyse et discussion

Le but de ce projet était de concevoir un enrouleur motorisé qui sera une articulation dans un mécanisme parallèle entraîné par des câbles et qui sera en mesure de transmettre les efforts d'interaction d'un objet dans l'espace par la mesure de la tension dans le câble. Les différentes analyses effectuées tout au long de la période de réalisation du projet ont permis de concevoir un enrouleur simple et efficace.

La première idée a été inspiré du moulinet de pêche puisqu'il a le même fonctionnement, la différence est que le moulinet fonctionne manuellement alors que l'enrouleur est motorisé par un moteur DC.

Le moteur DC a été considéré le cœur du mécanisme, toutes les autres pièces ont été réalisées en fonction de la puissance qu'il fournit afin d'atteindre le but principal de tirer une personne de masse et de taille moyenne 80kg sur la plateforme d'accélération.

La deuxième composante principale était l'arbre d'enroulement, il fallait le dimensionner selon le moment de force fournie par le moteur et la force d'attraction maximale dans le câble. Après le calcul de cette dernière on a été capable de dimensionner le rayon et la longueur de l'arbre en tenant compte de la longueur du câble qui était la distance diagonale de la plateforme plus deux mètres pour que la longueur déployé dans l'espace favorisera la mesure finale de la position des mouvements de l'humain.

Par la suite, le choix des autres composantes a été fait automatiquement selon leurs géométries, leurs résistances aux efforts extérieurs tout en respectant les coûts associés. Il a été nécessaire d'installer un guide qui va permettre au fil de s'enrouler d'une manière précise sur un seul étage d'enroulement.

Pour détecter l'effort d'interaction, un capteur de force en S a été nécessaire, trois poulies ont été installées dans un boîtier seul, leur mission est de supporter le câble de



traction et transmettre la force au capteur en exerçant sur lui une compression et qui va nous transmettre par la suite la valeur précise de la force à l'aide de interface capteur à l'aide de pont Wheatstone.

À l'aide du logiciel, plusieurs analyses par éléments finis ont été faites sur les pièces critiques du montage. La plus importante de celles-ci est sans aucun doute l'arbre d'enroulement. Les résultats nous ont confirmé la validité du dimensionnement effectué et le choix du matériau utilisé, il résiste largement à la flexion et à la torsion que la tension maximale du câble pourra provoquer.

Un autre point fort de l'ensemble et que tous les calculs cinématiques ont été réalisé avec des données réelles. Les forces et la formule d'accélération utilisée ont été développées par le scientifique et kinésithérapeute Éric Viel expérimentalement sur un échantillon de 100 personnes. En comparant la valeur de la tension en simulant le téflon sur téflon, on a constaté qu'elle est cinq fois plus basse que la tension maximale que l'enrouleur peut supporter. Cela nous confirme qu'on peut simuler une large gamme de surfaces différentes.



## 5. Dévoilement de l'enrouleur final

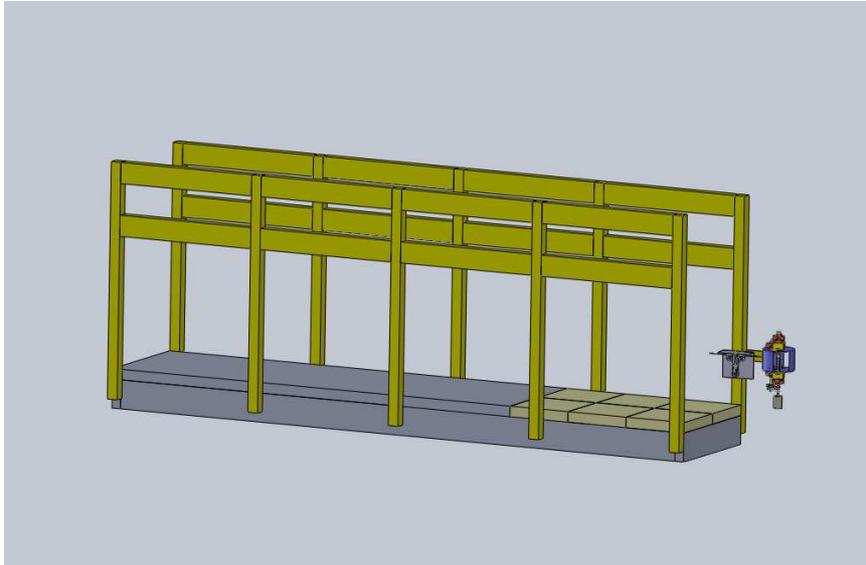


Figure 36 Plateforme d'accélération et l'enrouleur

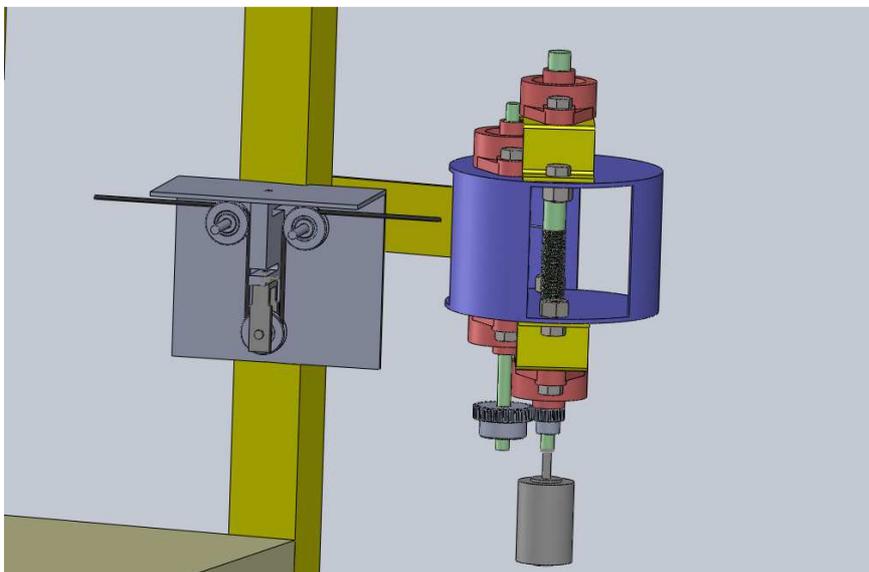


Figure 37 L'enrouleur



## 6. Conclusion et recommandations

En conclusion, on peut maintenant dire, en lisant le présent rapport, que les objectifs visés par l'équipe ont été accomplis. En effet, pendant toute la durée de l'échéancier, l'enrouleur a été élaboré. Afin de pouvoir arriver à un tel résultat, différentes étapes de conceptions ont été nécessaires.

Premièrement, l'analyse du projet et de l'assemblage de toutes les données nécessaire pour sa réalisation, la compréhension du domaine de l'Interaction Humain-Machine et de différentes applications de la réalité virtuelle ont été la clé de l'avancement efficace de notre conception.

A partir des objectifs, il a été possible de faire le dimensionnement des pièces tout en respectant les critères de conception et en tenant compte des forces extérieures tout en respectant le budget offert par l'université. Pour vérifier la fiabilité de l'enrouleur, différents calculs ont été réalisés entre autre, les calculs des efforts extérieurs en statique et en dynamique. La méthode des éléments finis a permis de valider la géométrie et les matériaux adéquats de chacune des éléments critiques.

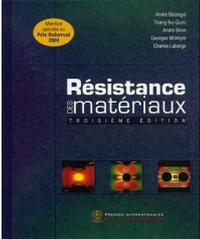
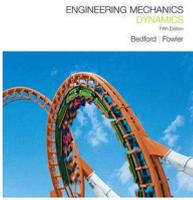
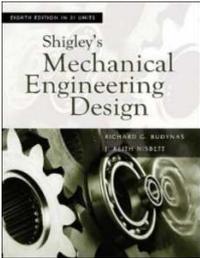
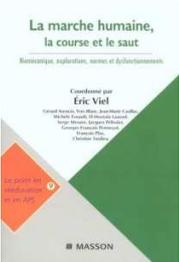
En raison de l'échéancier serré, certaines recommandations ont découlés du projet, d'une part, une analyse de résistances en flexion et en cisaillement des tiges en acier qui supporte les poulies. Le changement de géométrie de l'arbre d'enroulement à cause du contact entre les roulements.

D'autre part, une analyse de résistance de la corde spectra malgré que le fournisseur nous ait précisé sa résistance à 170 kg, les analyses n'ont pas été réalisées à cause de la défaillance à la dernière minute de la presse hydraulique de l'université.

Pour finir, nous sommes donc fiers de remettre nos documents finaux qui couvrent bien les objectifs que l'on s'était fixés en début de projet



## 7. Bibliographie

- André Bazergui; et al(2002).  
Résistance des matériaux 3e éd,  
Montréal : Presses  
internationales Polytechnique,  

- Anthony M. Bedford, Wallace  
Fowler (2008). Engineering  
Mechanics: Dynamics, 5th ed.  
Upper Saddle River, N.J. :  
Pearson Prentice Hall, 652 pp.  

- Budynas, R & Nisbett, J (2008).  
Mechanical engineering design  
8th ed. Montréal : McGraw-Hill  
Higher Education, 1059 p  

- E. VIEL, La marche  
humaine(2000).La course et le  
saut (Biomécanique,  
explorations, normes et  
dysfonctionnements). Paris :  
Masson, 2000  

- Martin j.-d. Otis, analyse, commande et intégration d'un mécanisme parallèle entraîné par des câbles pour la réalisation d'une interface haptique comme métaphore de navigation dans un environnement virtuel, thèse de doctorat en génie électrique, université Laval,2009, 256 p



## 8. ANNEXES

### 8.1. Liste des pièces et étude des coûts

```
t=0:1/100:8;
kv=0.08;
vm=1.17-0.04*(25-70);

color = 'rgbkrg'
pos = figure;
hold on

vit = figure;
hold on

acc = figure;
hold on
for i=1:6
    kv = kv*i/2;
    x = vm*(t + (exp(-kv*t)-1)/kv);
    figure(pos)
    plot(t,x,color(i))

    figure(vit)
    v = diff(x)./diff(t);
    plot(t(2:end),v,color(i))

    a = diff(v)./diff(t(2:end));
    figure(acc)
    plot(t(3:end),a,color(i))
end
```



## 8.2 Liste des pièces et étude des coûts

Nom	Description	Numéro de pièce	Lieu d'achat	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Engrenage	Diamètre extérieur 1,7", diamètre intérieur 3/8", pas de 20	GE-2016	Reidsupply	1	14,40 \$	14,40 \$
Engrenage	Diamètre extérieur 1,7", diamètre intérieur 3/8" pas de 20	GE-2032	Reidsupply	1	32,04 \$	32,04 \$
Roulement à bille	Diamètre alésage 1/2", 2 perçages diamètre 7/16" pour boulonnage	PRB-118	Reidsupply	2	22,87 \$	45,74 \$
Roulement à bille	Diamètre alésage 5/8", 2 perçages diamètre 7/16" pour boulonnage	PRB-119	Reidsupply	2	21,65 \$	43,30 \$
Vis d'entraînement	1/2"-10 x 36" ACME fileté à droite	AR-3	Reidsupply	1	42,47 \$	42,47 \$
Écrou d'entraînement	1/2"-10 ACME bronze fileté à droite	AR-203	Reidsupply	1	23,55 \$	23,55 \$
Bride d'entraînement	Bride ACME de diamètre intérieur de 2,6" 15/16"-16	AR-102	Reidsupply	1	33,87 \$	33,87 \$
Poulie	Diamètre extérieur 1-1/4", diamètre intérieur 1/4" en acier galvanisé	CBL-990	Reidsupply	3	6,57 \$	19,71 \$
Accouplement	14-92 3/8"x 1/2" W/KWY en aluminium	GU-3214	Reidsupply	1	32,04 \$	32,04 \$
Controlleur de tension	Capteur de force de type S	RB-Phi-123	Robotshop	1	45,00 \$	45,00 \$
Câble	5 mètre de câble Spectra 170 kg	N/A	Conceptair	1	5,00 \$	5,00 \$
Socle de l'enrouleur	Tube en aluminium 6060-T6 de diamètre extérieur 6" x 4" utilité	N/A	Métaux Russel	1	5,61 \$	5,61 \$
Tige de montage de la poulie	Tige en acier diamètre extérieur 1/4" x 4" 1020 C.R.	N/A	Métaux Russel	2	1,31 \$	2,62 \$
Équerre de montage	Plaque en acier 1/8" x 2" x 8" 1020 C.R.	N/A	Métaux Russel	1	1,79 \$	1,79 \$
Plaque en L du montage de la poulie	Plaque en acier 1/8" x 6" x 12" 1020 C.R.	N/A	Métaux Russel	1	3,69 \$	3,69 \$
Support de montage de la poulie	Plaque en acier 5/8" x 1" x 2" 1020 C.R.	N/A	Métaux Russel	1	2,27 \$	2,27 \$
Boulon résistant au cisaillement	Diamètre 3/8" x 1"	91259A583	YG boulons	8	1,25 \$	10,00 \$
Machinage	Socle de l'enrouleur, tige de montage de la poulie, équerre de montage, plaque en L de la poulie, support de montage de la poulie	N/A	UQAC (Atelier mécanique))	N/A	N/A	130,00 \$
					Total	493,10 \$



2265 Black Creek Rd • Muskegon • MI • 49444-2684  
Phone: 800.253.0421 • Email: sales@reidsupply.com  
Fax: 800.438.1145 • Web: ReidSupply.com



P.O. #: 606893

Shipper No 04446556-0

Bill To: UNIVERSITE DU QUEBEC  
555 BOUL DE L'UNIVERSITE E  
CHICOUTIMI, QC G7H 2B1  
Canada

Ship To: UNIVERSITE DU QUEBEC  
555 BOUL DE L'UNIVERSITE E  
CHICOUTIMI, PQ G7H 2B1  
Canada

Phone

Attn:

Customer No	Your P.O. No	Sched Date	Ship Via	Ship Date	Shipper No
135567	606893 05-034179	11/07/11	UPS INL STANDARD CANADA	11/07/11	04446556-0

Line	Order Qty	Item	Description	Qty Shipped	Back Order
3	2	PRB-118	1/2 BORE TWO BOLT FLANGE TWO BOLT FLANGE P/O: 606893	2 22.87	0 45.74
9	2	PRB-119	5/8 BORE TWO BOLT FLANGE TWO BOLT FLANGE P/O: 606893	2 21.65	0 43.30
5	1	AR-3	1/2-10 X 3/8" ACME THREAD ROD R.H. THREAD P/O: 606893	1 42.47	0 42.47
6	1	GE-1232	2.834 OD SPUR GEAR 12 P/D .75 W/DTH 5/8"ID P/O: 606893	1 41.20	0 41.20
2	1	AR-102	ACME STEEL FLANGE 2.6 DIA INT. 15/16-16 P/O: 606893	1 33.87	0 33.87
1	1	AR-203	1/2-10 R.H. ACME NUT BRONZE P/O: 606893	1 23.55	0 23.55
4	3	CSL-990	1-1/4"DIA STEEL PULLEY SHIELDED P/O: 606893	3 6.57	0 19.71

All sales of products or services by Reid Supply Company are made subject to the Terms and Conditions of Sale, incorporated by reference and available at ReidSupply.com or by calling 231.777.3951. If Buyer has not otherwise agreed to those terms, then Buyer's acceptance of delivery of and/or payment for the products or services will constitute buyer's acceptance of the Terms and Conditions of Sale.

CERTIFICATION OF COMPLIANCE

Reid Supply Company States the above material purchased was supplied in accordance with the description as illustrated in our catalog and our website.

THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR ORDER

Cathy Renaud, Sales Representative

Packing List

Packing List



2265 Black Creek Rd • Muskegon • MI • 49444-2684
Phone: 800.253.0421 • Email: sales@reidsupply.com
Fax: 800.438.1145 • Web: ReidSupply.com



P.O. #: 806893

Shipper No 04446556-0

Page 2 of 2

Bill To: UNIVERSITE DU QUEBEC
555 BOUL DE L'UNIVERSITE E
CHICOUTIMI, QC G7H 2B1
Canada

Ship To: UNIVERSITE DU QUEBEC
555 BOUL DE L'UNIVERSITE E
CHICOUTIMI, PQ G7H 2B1
Canada

Phone

Attn:

Table with 6 columns: Customer No, Your P.O. No, Sched Date, Ship Via, Ship Date, Shipper No

Main table with 6 columns: Line, Order Qty, Item, Description, Qty Shipped, Back Order

Total Number of Items: 9

Estimated Weight: 8 lb 9.94 oz 3.94 kg US Funds: 267.04

Op: WB2 Branch: 11 SLSM: REID

Terms: Net 30 Days

Picker: TMK

All sales of products or services by Reid Supply Company are made subject to the Terms and Conditions of Sale, incorporated by reference and available at ReidSupply.com or by calling 231.777.3951

CERTIFICATION OF COMPLIANCE
Reid Supply Company
States the above material purchased was supplied in accordance with the description as illustrated in our catalog and our website.

THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR ORDER

Packing List

Cathy Reid, Document Control Supervisor

Packing List



2265 Black Creek Rd \* Muskegon \* MI \* 49444-2684
Phone: 800.253.0421 \* Email: sales@reidsupply.com
Fax: 800.438.1145 \* Web: ReidSupply.com



P.O. #: 606893
Shipper No 04446556-1

Bill To: UNIVERSITE DU QUEBEC
555 BOUL DE L'UNIVERSITE E
CHICOUTIMI, QC G7H 2B1
Canada

Ship To: UNIVERSITE DU QUEBEC
555 BOUL DE L'UNIVERSITE E
CHICOUTIMI, PQ G7H 2B1
Canada

Phone

Attn:

Table with 6 columns: Customer No, Your P.O. No, Sched Date, Ship Via, Ship Date, Shipper No

Main table with 6 columns: Line, Order Qty, Item, Description, Qty Shipped, Back Order

Hi, We should be able to ship complete next week. Thank you

Value in US Funds: 70.94

Terms: Net 30 Days

Total Number of items: 3

Estimated Weight: 0 lb 9.61 oz 0.273 kg

Opr: WB2 Branch: 11 SLSM: REID

Picker: EJJ

All sales of products or services by Reid Supply Company are made subject to the Terms and Conditions of Sale...

CERTIFICATION OF COMPLIANCE

Reid Supply Company States the above material purchased was supplied in accordance with the description as illustrated in our catalog and our website.

THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR ORDER

Packing List

Cathy Reid, Customer Service Supervisor

Packing List



### 8.3. Fiche technique



Standard duty, high-grade cast iron. Solid foot housing design. Wide inner ring bearing. Relubricatable unit with anti-rotation pin.

#### Pillow Block - Standard Shaft Height

Cat. No.	Bearing No.	Bore Size	Load Rate	A				E		H	K	L	Price Each
				A	B	C	D	Min.	Max.				
PRB-107	UCP201-8	3/4	2,900	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3	4 1/2	2 1/4	5	72	20.84
PRB-108	UCP202-10	5/8	2,900	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3	4 1/2	2 1/4	5	72	19.86
PRB-109	UCP304-12	3/4	3,900	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3	4 1/2	2 1/4	5	72	18.16
PRB-110	UCP209-14	5/8	3,150	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	776	18.29
PRB-140	UCP205-15	1 1/4	3,150	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	776	18.63
PRB-111	UCP205-16	1	3,150	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	776	18.46
PRB-112	UCP206-18	1 1/4	4,390	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	874	22.68
PRB-143	UCP206-19	1 1/4	4,390	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	874	21.82
PRB-113	UCP206-20	1 1/4	4,390	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	874	21.82
PRB-145	UCP207-20	1 1/4	5,740	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	27.24
PRB-114	UCP207-22	1 1/4	5,740	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	27.24
PRB-147	UCP207-23	1 1/4	7,900	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	37.54
PRB-115	UCP208-24	1 1/4	7,340	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	37.54
PRB-148	UCP209-27	1 1/4	7,470	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	40.88
PRB-116	UCP209-28	1 1/4	7,470	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	37.86
PRB-151	UCP210-31	1 1/4	7,900	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	40.88
PRB-117	UCP211-32	2	8,810	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	60.68
PRB-118	UCP211-33	2 1/4	8,810	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	1	64.18

#### Pillow Block - Low Shaft Height

Cat. No.	Bearing No.	Bore Size	Load Rate	A				E		H	K	L	Price Each
				A	B	C	D	Min.	Max.				
PRB-154	UCLP201-8	3/4	2,150	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	72	20.84
PRB-155	UCLP202-10	5/8	2,150	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	72	19.86
PRB-156	UCLP204-12	3/4	2,860	1 1/4	5	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	72	16.16
PRB-157	UCLP205-14	5/8	3,150	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	72	18.29
PRB-158	UCLP205-15	1 1/4	3,150	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	72	18.63
PRB-159	UCLP205-16	1	3,150	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	3 1/4	4 1/4	2 1/4	5 1/2	72	18.46
PRB-160	UCLP206-18	1 1/4	4,390	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	72	22.68
PRB-161	UCLP206-19	1 1/4	4,390	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	72	21.82
PRB-163	UCLP207-20	1 1/4	5,740	1 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	4 1/4	5 1/4	2 1/4	5 1/2	72	27.24

#### Flange Units - Standard Two Bolt

Cat. No.	Bearing No.	Bore Size	Load Rate	A				E		H	K	Y	Price Each
				A	B	C	D	Min.	Max.				
PRB-118	UCFT201-8	3/4	2,900	3 1/4	3	1 1/2	1	1.32	2 1/4	594	594	20.84	
PRB-119	UCFT202-10	5/8	2,900	3 1/4	3	1 1/2	1	1.32	2 1/4	594	594	19.86	
PRB-120	UCFT204-12	3/4	3,900	4 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.31	2 1/4	591	591	16.16	
PRB-185	UCFT205-14	5/8	3,150	5 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.41	2 1/4	630	667	18.16	
PRB-186	UCFT205-15	1 1/4	3,150	5 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.41	2 1/4	630	667	18.38	
PRB-121	UCFT205-16	1	3,150	5 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.41	2 1/4	630	667	18.21	
PRB-122	UCFT206-17	1 1/4	4,390	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	1.58	3 1/4	709	683	22.88	
PRB-188	UCFT206-19	1 1/4	4,390	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	1.58	3 1/4	709	683	21.60	
PRB-123	UCFT206-20	1 1/4	4,390	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	1.58	3 1/4	709	683	21.60	
PRB-190	UCFT207-20	1 1/4	5,740	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	1.75	3 1/4	748	655	28.88	
PRB-191	UCFT207-22	1 1/4	5,740	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	1.75	3 1/4	748	655	28.88	
PRB-192	UCFT207-23	1 1/4	7,900	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	1.75	3 1/4	748	655	28.88	
PRB-193	UCFT208-24	1 1/4	7,340	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	1.75	3 1/4	748	655	31.63	
PRB-194	UCFT209-27	1 1/4	7,470	7 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	2.06	4 1/4	866	118	40.42	
PRB-126	UCFT210-30	1 1/4	7,900	7 1/4	5 1/4	1 1/2	1 1/2	2.16	4 1/4	866	118	47.32	

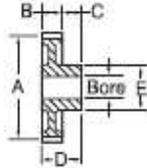
#### Flange Units - Standard Four Bolt

Cat. No.	Bearing No.	Bore Size	Load Rate	A				E		H	K	Price Each
				A	B	C	D	Min.	Max.			
PRB-126	UCF201-8	3/4	2,900	3	2 1/4	1 1/2	1	1.31	592	592	20.84	
PRB-127	UCF202-10	5/8	2,900	3	2 1/4	1 1/2	1	1.31	592	592	19.86	
PRB-128	UCF204-12	3/4	3,900	3 1/4	2 1/4	1 1/2	1 1/2	1.31	592	592	16.16	
PRB-129	UCF205-14	5/8	3,150	3 1/4	2 1/4	1 1/2	1 1/2	1.41	631	631	18.16	
PRB-168	UCF205-15	1 1/4	3,150	3 1/4	2 1/4	1 1/2	1 1/2	1.41	631	631	18.38	
PRB-130	UCF205-16	1	3,150	3 1/4	2 1/4	1 1/2	1 1/2	1.41	631	631	18.21	
PRB-170	UCF206-18	1 1/4	4,390	4 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.58	709	683	22.88	
PRB-171	UCF206-19	1 1/4	4,390	4 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.58	709	683	21.76	
PRB-131	UCF206-20	1 1/4	4,390	4 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.58	709	683	21.76	
PRB-132	UCF207-20	1 1/4	5,740	4 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.75	750	750	28.88	
PRB-133	UCF207-22	1 1/4	5,740	4 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.75	750	750	28.88	
PRB-134	UCF207-23	1 1/4	7,900	4 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.75	750	750	28.88	
PRB-135	UCF208-24	1 1/4	7,340	4 1/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2	1.75	750	750	32.71	
PRB-177	UCF209-27	1 1/4	7,470	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	2.02	834	834	40.88	
PRB-178	UCF209-28	1 1/4	7,470	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	2.02	834	834	38.64	
PRB-136	UCF210-30	1 1/4	7,900	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	2.03	873	873	48.38	
PRB-179	UCF210-31	1 1/4	7,900	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	2.03	873	873	41.81	
PRB-137	UCF210-32	2	7,900	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	2.03	873	873	44.48	
PRB-181	UCF211-33	2 1/4	8,810	5 1/4	4 1/4	1 1/2	1 1/2	2.16	916	916	67.63	



### GEARS AND RACKS

#### Spur Gears



14-1/2° pressure angle gearing for transmitting motion and power between parallel shafts. Use with gear racks below. All are steel except GE-1040, 1048 and 1248 which are cast iron. 32 and 24 pitch spur gears include a set screw. None include key ways. Bore tolerance is +/- .0005". Diameter tolerance is +/- 1/32". Other styles, materials and sizes available as special order. Please call for price and delivery.

Discount 14 applies.

Table with 2 columns of gear specifications including Part No., Boston, Pitch, No. of Teeth, Bore, and Price Each.

#### Spur Gear Racks

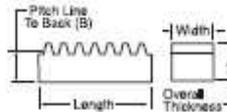


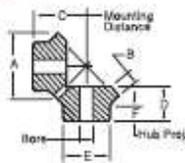
Table with 2 columns: Face Width, Tolerances

14-1/2° pressure angle gearing racks. Use with gears above. All are steel. Ends are not machined. Length tolerances are +1.000/- .000" to allow for cutting and matching.

Discount 14 applies.

Table with 2 columns of rack specifications including Part No., Boston, Pitch, Width, Length, and Price Each.

#### Miter Gears



20° pressure angle for transmitting motion and power between intersecting shafts at right angles. All are unhardened steel. 1:1 ratio applications. Conifex tooth form allows for minor adjustments and increases gear life. Bore tolerance is +/- .0005". Other sizes, keyway and set screw available as special order. Please call for price and delivery.

Discount 14 applies.

Table with 2 columns of miter gear specifications including Part No., Boston, Pitch, No. of Teeth, Bore, and Price Each.

Call 800.253.0421 Click ReidSupply.com

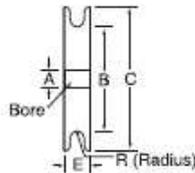
REID SUPPLY 2010/2011

473



**PULLEYS**

**Black Delrin**



Provides high strength and rigidity as well as excellent resistance to moisture, gasoline, sunlight, solvents, etc.

Cat. No.	For Cable Size To:	+/-0.008 A	B	C	E	R	Price Each 1-99
CBL-820	3/16"	.128	.435	.500	.125	.025	1.11
CBL-840	1/8"	.190	.813	1.000	.170	.025	1.18
CBL-860	1/4"	.190	1.063	1.250	.219	.035	1.27
CBL-880	3/8"	.254	1.250	1.500	.281	.046	1.85
CBL-970	1/2"	.254	1.375	1.730	.281	.066	1.78
CBL-980	5/8"	.258	1.225	1.575	.330	.095	1.71

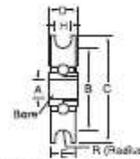
**Steel**



Unshielded



Shielded



Grooved for small cables. They offer precision steel balls, case-hardened steel outer races and unground raceways. They are available with shielded and unshielded ball bearings. Shield pulleys are internally lubricated. Zinc plated.

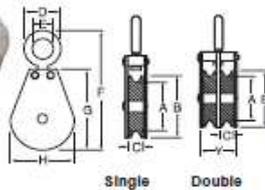
Cat. No.	For Cable Size to:	+0.004 -0.000	A	B	C	D	E	H	R	Price Each 1-99
<b>Unshielded</b>										
CBL-910	3/16"	1/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/16"	1/8"	.096	.025	4.08
CBL-920	1/8"	3/16"	3/4"	1"	3/4"	1/8"	1/8"	.165	.062	4.24
CBL-940	3/16"	1/4"	7/8"	1 1/4"	3/4"	3/16"	3/16"	.250	.093	6.04
<b>Shielded</b>										
CBL-950	3/16"	1/8"	3/8"	1/2"	5/8"	3/16"	3/16"	.096	.025	5.26
CBL-970	1/4"	3/16"	3/4"	1"	3/4"	3/16"	3/16"	.165	.062	6.46
CBL-980	3/8"	3/16"	1/2"	1 1/4"	3/4"	3/16"	3/16"	.250	.093	6.78
CBL-990	3/8"	1/2"	1"	1 1/4"	3/4"	3/16"	3/16"	.250	.093	8.24

**BLOCKS**

Side plates are made from steel and hooks are drop forged. Electro plated sheaves are turned down from cold-rolled bar stock. Bearings are made from bronze and steel, oil impregnated for self lubrication. Designed for high load and medium speed applications.

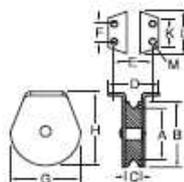
**Swivel Eye Block**

Single or Double Sheave



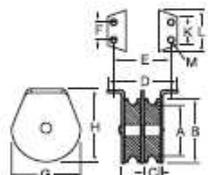
Single Sheave	Double Sheave	Max. Cable Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Max. Load Lbs.	Price Each		
BDI-10	BDI-110	3/16"	1	1 1/2	1/4	1/4	5/8	3 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	420	525	10.63	17.71
BDI-15	---	3/16"	1 1/2	2	3/8	1/4	5/8	4 1/4	2 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	480	---	12.44	---	
BDI-20	---	1/4"	2	2 1/2	3/8	1/2	1 1/2	5	2 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	550	685	18.48	---	
BDI-25	---	1/4"	2 1/2	3	3/8	1/2	1 1/2	5 1/2	4 1/2	3 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	640	---	18.88	---	
BDI-30	---	3/8"	3	3 1/2	3/8	3/4	2 1/2	7 1/2	5 1/2	3 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1,240	---	33.84	---	

**Flat Block Single Sheave**



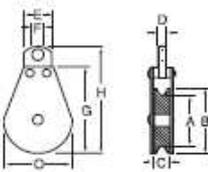
Cat. No.	Max. Cable Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Max. Load Lbs.	Price Each		
BDI-50	3/16"	1	1 1/2	3/8	2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	420	420	6.72	---
BDI-55	3/16"	1 1/2	2	3/8	2	1 1/2	1 1/2	2 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	480	---	8.07	---
BDI-60	1/4"	2	2 1/2	3/8	2	1 1/2	1 1/2	3 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	550	---	10.80	---
BDI-65	1/4"	2 1/2	3	3/8	2	1 1/2	1 1/2	4 1/2	3 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	640	---	16.06	---
BDI-70	3/8"	3	3 1/2	3/8	3 1/2	2 1/2	1	5 1/2	4 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1,240	---	26.02	---

**Flat Block Double Sheave**



Cat. No.	Max. Cable Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Max. Load Lbs.	Price Each		
BDI-150	3/16"	1	1 1/2	3/8	2 1/2	2	3/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	525	---	11.83	---
BDI-155	3/16"	1 1/2	2	3/8	2 1/2	2	3/4	2 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	600	---	16.38	---
BDI-165	1/4"	2 1/2	3	3/8	2 1/2	2	3/4	3 1/2	3 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	640	---	28.68	---

**Fixed Eye Block Single Sheave**



Cat. No.	Max. Cable Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Max. Load Lbs.	Price Each		
BDI-80	3/16"	1	1 1/2	3/8	1 1/4	1 1/4	3/8	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	420	---	8.27	---
BDI-85	3/16"	1 1/2	2	3/8	1 1/4	1 1/4	3/8	2 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	480	---	10.18	---
BDI-90	1/4"	2	2 1/2	3/8	1 1/4	1 1/4	3/8	3 1/2	3 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	550	---	12.82	---
BDI-95	1/4"	2 1/2	3	3/8	1 1/4	1 1/4	3/8	4 1/2	4 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	640	---	17.18	---

Call 800.253.0421

Click ReidSupply.com

REID SUPPLY 2010/2011

437



Bearings and Power Transmission

### PRECISION LEAD SCREWS, NUTS AND FLANGES

Precision Acme lead screws are specifically designed for translating rotary motion into linear travel with accuracy and smoothness that are superior to general purpose Acme screws. Precision Acme lead screws are made from 4140 series alloy steel. Threads are rolled 2-C centralizing design. This thread form prevents wedging between nut and screw if subjected to radial loading. Screws have a minimum hardness of 200 Brinell. Tensile strength is rated at 95,000 psi and lead accuracy is maintained at +/- .003 in./ft. Screw ends are deburred and ready for end machining. Each screw is roller burnished and black oxidized to a smooth finish, thereby maximizing travel efficiency. The matching travel nuts are engineered with the same 2-C centralizing thread form. Bronze nuts have ultimate tensile of 65,000 psi and a hardness of RB 75. A lubricated bronze nut has a dynamic COF of .125. The plastic nuts are quieter, more efficient and will equal or exceed the life of conventional travel nut materials. Tensile strength at 70°F is 8,000 psi. COF for a lubricated plastic nut is .075 (.160 unlubricated). Loads can be mounted to the travel nut or assembly with steel flanges. These flanges thread directly onto the travel nut. Nut and flange must be secured with a set screw or other pinning device. Application loads can be mounted to the flange via four pre-drilled, equally spaced holes. Mounting holes are .265" in diameter and spaced on the bolt center diameter (BCD) listed below. Other sizes and various machine ends available as special order. Please call for price and delivery.

#### Acme Threaded Rod



Discount 28 applies.

Thread Size Dia. TP	Lead	3 Foot Length		6 Foot Length	
		Part No.	Price Each	Part No.	Price Each
1/4	1/8	AR-1	34.03	AR-12	27.83
1/2	1/4	AR-3	31.09	AR-13	43.33
3/4	3/8	AR-4	35.00	AR-14	54.81
1	1/2	AR-5	50.87	AR-15	86.49
1 1/4	3/4	AR-6	84.16	AR-16	133.28

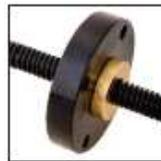
#### Acme Nuts



Discount 29 applies.

Thread Size Dia. TP	External Thread Size	Right Hand Part No.	Price		Right Hand Part No.	Price	
			Each	1-48		Each	1-48
1/4	1/4-18	AR-201	13.42	AR-212	22.32	AR-222	29.41
1/2	1/2-18	AR-203	17.53	AR-213	28.05	AR-223	32.45
3/4	3/4-18	AR-204	17.33	AR-214	22.88	AR-224	17.43
1	1-18	AR-205	24.27	AR-215	33.35	AR-225	25.38
1 1/4	1 1/4-18	AR-206	24.83	AR-216	30.42	AR-226	45.91

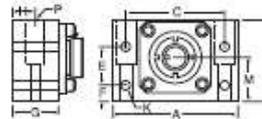
#### Steel Flanges



Discount 28 applies.

Part No.	For Acme Nuts with Thread Size	Internal Thread Size	Range	Flange Thickness	Hub Spacing Bolt Circle Diameter	Price Each
AR-101	1/4-18 and 1/4-20	1/4-18	1.80	.410	1.125	23.73
AR-102	1/2-10 and 1/2-8	1/2-16	2.60	.530	2.000	25.80
AR-103	3/4-8	3/4-8	2.60	.530	2.000	29.82
AR-104	1-8	1-8	2.75	.620	2.250	31.63

#### Universal Mounts for Acme and Ball Screws



Use Grade 8 hex socket head cap screws for mounting.

Discount 28 applies.

Part No.	For Acme Screw Dia.	For Ball Screw Dia.	Lead	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Price Each
AR-402	1/2	—	—	2.75	2.00	2.00	1.38	.310	1.18	.56	.28	1.000	.34	5x .56	—	—	—	—	202.73	
AR-403	3/4	—	—	2.75	2.00	2.00	1.38	.310	1.18	.56	.28	1.000	.34	5x .56	—	—	—	—	217.93	
AR-404	1	—	—	3.50	2.50	2.50	1.25	.500	1.38	.89	.28	1.187	.41	5x 1	—	—	—	—	324.82	
AR-405	1 1/4	—	—	3.50	2.50	2.75	1.25	.500	1.38	.89	.28	1.458	.41	5x 1	—	—	—	—	295.28	
AR-406	—	1.000	25-1/2	4.00	3.00	3.75	1.50	.750	1.72	.88	.47	1.825	.66	1x 1.5	—	—	—	—	339.22	

\*Screw length based on 1.5 x dia. extension beyond housing



### SHAFT COUPLINGS

**Machinable Couplings  
Single Split  
Black Oxide**



Machinable couplings provide an affordable alternative to expensive set-up costs and special machining. The single split style couplings come with a variety of standard bore sizes on one end, and a pilot hole on the other that can be re-bored to any diameter less than the opposing bore.

Discount 14 applies.

Part No.	Bore A	Bore B	OD	Length	Series Size	Price Each
CC-180	0.500	0.750	1.250	1.875	6-32 x 1/4	26.10
CC-181	0.750	0.750	1.500	2.250	1/2-20 x 1/2	26.94
CC-182	0.750	0.750	1.750	2.625	1/2-20 x 3/4	32.18
CC-183	0.875	0.236	1.875	2.875	1/2-20 x 3/4	34.30
CC-184	1.000	0.360	2.000	3.500	1/2-20 x 3/4	31.79
CC-185	1.125	0.360	2.125	3.875	1/2-20 x 3/4	38.14
CC-186	1.250	0.360	2.250	3.375	1/2-20 x 3/4	38.74
CC-187	1.375	0.360	2.375	3.625	1/2-20 x 3/4	43.68
CC-188	1.500	0.448	2.500	3.750	7/8-24 x 1/2	38.03
CC-189	1.500	0.448	3.000	4.500	7/8-24 x 1/2	63.84

### POLYURETHANE BELLOWS



**Round** **Rectangular**

Strong, lightweight bellows are heat sealed to keep out moisture and contaminants. There are no stitches or glue that could fail. Color is black. They have high resistance to ozone, chemicals, gasoline, kerosene and most other aliphatic petroleum products, plus excellent resistance to ultraviolet and gamma rays. The bellows have high abrasion resistance and tensile strength. Temperature range is -60° to +225° F. Round thickness is .010". Round bellows have 1/2" cuffs that may be secured with standard hose clamps. Available in 12" and 24" extended lengths that compress to 1" and 2" respectively. Square/rectangular thickness is .020". Square bellows have square ends without cuffs and are available in 12" and 24" extended length that compresses to 1-1/2" and 3" respectively.

Discount 14 applies.

Part No.	Part No.	OD	Length	Price Each
—	—	—	—	—
BWA-101	—	1/2	2 1/2	33.42
BWA-102	BWA-112	3/4	2 1/2	33.42
BWA-103	—	1	3	44.88
BWA-104	BWA-114	1 1/4	3 1/2	44.88
BWA-105	BWA-115	1 1/2	4	44.88
BWA-107	—	2	4	44.88
BWA-108	BWA-118	2 1/4	4 1/2	44.88
—	BWA-119	3	5	61.42
<b>Square/Rectangular</b>				
—	BWA-131	1 x 1	3 x 3	—
—	BWA-132	2 1/2 x 2 1/2	4 1/2 x 4 1/2	67.04
—	BWA-133	3 x 3	5 x 7	125.00

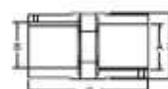
### SHAFT COUPLINGS

#### Zero Backlash Jaw

**Miniature Flexible**



**Regular** **Clamp Style**



Machined aluminum hubs with 92 durometer "spiders". Designed for fractional and sub-fractional motors. Absorbs parallel and angular misalignment. Excellent shock dampening and vibration isolation. Cross-clamping available for positive shaft lock. Stiffness is 10 pounds per inch radial. All bores larger than 1/2" have a 3/16" x 5/32" keyway. Other size bores and diameters available as special order. Please call for price and delivery. See page 548 and 549 for other shaft couplings.

**Specifications**

Part No.	A	B	D	Key	Key Groove for	Series	OD	Length	Price Each
QU-3504	QU-3513	0.889	0.551	6-32	6-40	1.7 x 10-6	127	20	—
QU-4001	QU-4013	1.18	0.787	6-32	5-40	8.8 x 10-6	279	34	—
QU-4101	QU-4111	1.25	1.18	6-32	6-32	5.3 x 10-5	1,014	130	—
QU-4210	QU-4216	2.0	1.57	10-24	8-32	3.8 x 10-4	3,042	174	—

Regular Part No.	Clamp Part No.	Bore Size A	Bore Size B	Price Each
—	—	—	—	—
QU-3504	QU-4001	1/4	1/4	34.25
QU-3513	QU-4013	3/8	3/8	42.61
QU-4101	QU-4111	1/2	1/2	44.88
—	—	3/4	3/4	44.88
QU-4105	—	1/2	1/2	24.18
QU-4107	QU-4107	3/8	3/8	24.12
QU-4108	QU-4108	1/2	1/2	24.18
QU-4109	QU-4109	3/4	3/4	24.18
QU-4110	QU-4110	1	1	24.18
—	—	1 1/4	1 1/4	47.88
QU-4214	QU-4214	3/4	1/2	28.89
QU-4219	QU-4219	1	1/2	28.89
—	—	1 1/4	1 1/4	47.88
QU-4318	QU-4318	1/2	1/2	31.18
QU-4319	QU-4319	3/4	3/4	31.18
QU-4320	—	1	1	30.41
QU-4321	QU-4321	1 1/4	1 1/4	30.41

### RIGID SLEEVE COUPLINGS



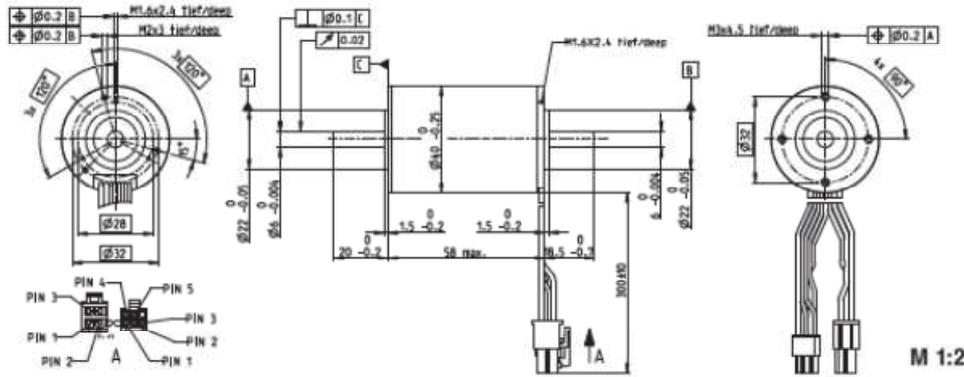
These steel couplings provide a fixed union between two shafts which are precisely aligned. See page 548 for other shaft couplings.

Part No.	+0.000	+0.001	+0.002	D	+0.010	Series Size	Price Each
SC-250	50	250	10	6-32 x 1/4	7/8	None	5.30
SC-211	50	254	10	5/8-24 x 1/4	1.00	None	6.25
SC-212	50	254	10	1/2-20 x 1/4	1.00	None	10.50
SC-510	1.00	500	38	1/2-20 x 1/4	1.50	1/2 x 1/4	12.45
SC-415	1.25	425	30	1/4-18 x 3/4	2.00	1/4 x 3/4	14.54
SC-416	1.50	375	30	1/4-18 x 1/2	2.50	1/4 x 1/2	15.57
SC-515	1.75	415	30	1/4-18 x 1/2	2.00	1/4 x 1/2	21.80
SC-1100	1.00	1,000	30	1/2-20 x 1/2	3.00	1/2 x 1/2	23.57
SC-1120	1.13	1,125	35	1/2-20 x 1/2	3.00	1/2 x 1/2	31.28
SC-1150	1.25	1,250	1.00	1/2-20 x 1/2	4.00	1/2 x 1/2	33.22
SC-1175	1.50	1,375	1.00	1/2-20 x 1/2	4.50	1/2 x 1/2	47.88



**EC-max 40**  $\varnothing 40$  mm, brushless, 70 Watt

maxon EC-max

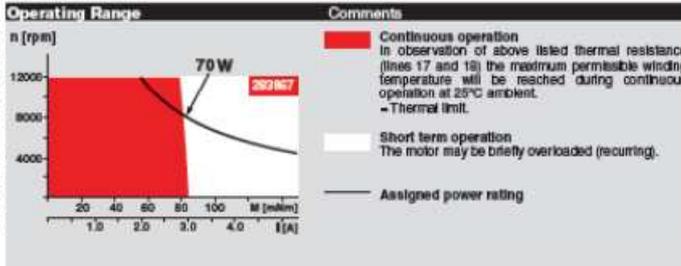


Stock program  
 Standard program  
 Special program (on request)

Order Number			
283066	292067	293068	293069

Motor Data		283066	292067	293068	293069
Values at nominal voltage					
1 Nominal voltage	V	12	24	36	48
2 No load speed	rpm	8030	8040	8470	9030
3 No load current	mA	584	292	209	173
4 Nominal speed	rpm	6490	6540	7040	7620
5 Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	85.5	88.5	94.4	93.8
6 Nominal current (max. continuous current)	A	6.59	3.4	2.53	2.02
7 Stall torque	mNm	486	497	595	636
8 Starting current	A	33.3	17.8	14.9	12.7
9 Max. efficiency	%	76	77	78	79
Characteristics					
10 Terminal resistance phase to phase	$\Omega$	0.96	1.95	2.42	3.78
11 Terminal inductance phase to phase	mH	0.0464	0.186	0.379	0.582
12 Torque constant	mNm / A	14	28	40	50
13 Speed constant	rpm / V	682	341	239	191
14 Speed / torque gradient	rpm / mNm	17.6	16.5	14.4	14.4
15 Mechanical time constant	ms	9.41	8.82	7.74	7.73
16 Rotor inertia	gcm <sup>2</sup>	51.2	51.2	51.2	51.2

Specifications	
Thermal data	
17 Thermal resistance housing-ambient	4.63 K / W
18 Thermal resistance winding-housing	0.542 K / W
19 Thermal time constant winding	3.78 s
20 Thermal time constant motor	326 s
21 Ambient temperature	-40 ... +100°C
22 Max. permissible winding temperature	+155°C
Mechanical data (preloaded ball bearings)	
23 Max. permissible speed	12000 rpm
24 Axial play at axial load < 10 N	0 mm
	> 10 N
25 Radial play	0.14 mm
26 Max. axial load (dynamic)	9 N
27 Max. force for press fits (static) (static, shaft supported)	211 N
	5000 N
28 Max. radial loading, 5 mm from flange	80 N
Other specifications	
29 Number of pole pairs	1
30 Number of phases	3
31 Weight of motor	460 g



Values listed in the table are nominal.

Connection motor (Cable AWG 20)

red	Motor winding 1	Pin 1
black	Motor winding 2	Pin 2
white	Motor winding 3	Pin 3
	N.C.	Pin 4

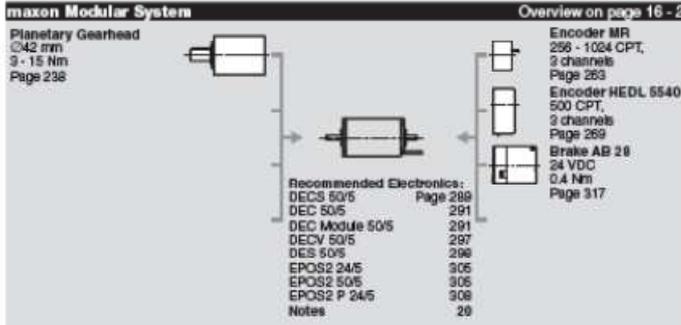
Connector Article number  
Molax 39-01-2040

Connection (Cable AWG 28)

yellow	Half sensor 1	Pin 1
brown	Half sensor 2	Pin 2
grey	Half sensor 3	Pin 3
blue	GND	Pin 4
green	V <sub>bat</sub> 3 ... 24 VDC	Pin 5
	N.C.	Pin 6

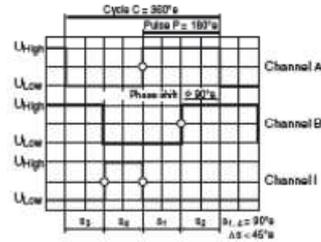
Connector Article number  
Molax 490-25-0800

Writing diagram for Hall sensors see p. 27





**Encoder MR Type L, 256- 1024 CPT, 3 Channels, with Line Driver**



Direction of rotation cw (definition cw p. 48)

maxon sensor

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

**Order Number**

225793	229452	225795	229456	225797
--------	--------	--------	--------	--------

Type	256	500	512	1000	1024
Counts per turn	256	500	512	1000	1024
Number of channels	3	3	3	3	3
Max. operating frequency (kHz)	80	200	180	200	220
Max. speed (rpm)	18750	24000	18750	12000	18750

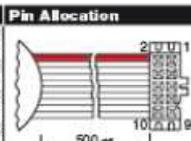


**maxon Modular System**

Motor	Page	Gearhead	Page	Brake	Page	Overall length [mm] / see Gearhead				
RE 30, 50 W	80					79.4	79.4	79.4	79.4	79.4
RE 30, 60 W	80	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	229			•	•	•	•	•
RE 30, 60 W	80	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	231/232			•	•	•	•	•
RE 30, 60 W	80	GP 32 S	249-251			•	•	•	•	•
RE 35, 90 W	81					82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
RE 35, 90 W	81	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	229			•	•	•	•	•
RE 35, 90 W	81	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	231/232			•	•	•	•	•
RE 35, 90 W	81	GP 32, 4.0 - 8.0 Nm	234			•	•	•	•	•
RE 35, 90 W	81	GP 42, 3 - 15 Nm	237			•	•	•	•	•
RE 35, 90 W	81	GP 32 S	249-251			•	•	•	•	•
RE 40, 150 W	82					82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
RE 40, 150 W	82	GP 42, 3 - 15 Nm	237			•	•	•	•	•
RE 40, 150 W	82	GP 52, 4 - 90 Nm	240			•	•	•	•	•
A-max 32	110/112					72.7	72.7	72.7	72.7	72.7
A-max 32	110/112	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	231/233			•	•	•	•	•
A-max 32	110/112	GS 38, 0.1 - 0.6 Nm	236			•	•	•	•	•
A-max 32	110/112	GP 32 S	249-251			•	•	•	•	•
EC-max 40, 70 W	168					73.9	73.9	73.9	73.9	73.9
EC-max 40, 70 W	168	GP 42, 3 - 15 Nm	238			•	•	•	•	•
EC-max 40, 120 W	169					103.9	103.9	103.9	103.9	103.9
EC-max 40, 120 W	169	GP 52, 4 - 90 Nm	241			•	•	•	•	•
EC-40, 50 W	190					42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
EC-40, 50 W	190	GP 32, 1 - 6 Nm	233			•	•	•	•	•
EC-40, 50 W	190	GP 32 S	249-251			•	•	•	•	•
EC-40, 70 W	191					52.0	52.0	52.0	52.0	52.0
EC-40, 70 W	191	GP 32, 1 - 6 Nm	233			•	•	•	•	•
EC-40, 70 W	191	GP 32 S	249-251			•	•	•	•	•

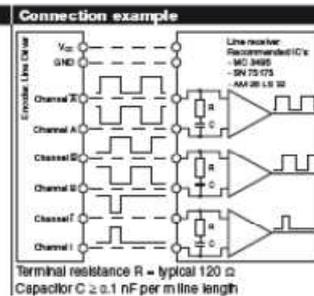
**Technical Data**

Supply voltage $V_{CC}$	5 V $\pm$ 5%
Output signal	TTL compatible
Phase shift $\phi$	90° $\pm$ 45°
Index pulse width	90° $\pm$ 45°
Operating temperature range	-25 ... +85°C
Moment of inertia of code wheel	$\leq$ 1.7 gm <sup>2</sup>
Output current per channel	max. 5 mA



- 1 N.C.
  - 2  $V_{CC}$
  - 3 GND
  - 4 N.C.
  - 5 Channel X
  - 6 Channel A
  - 7 Channel B
  - 8 Channel S
  - 9 Channel I (Index)
  - 10 Channel I (Index)
- DIN Connector #1651  
flat band cable AWG 28

The index signal z is synchronised with channel A or B.



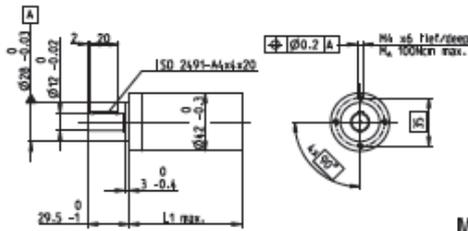
May 2011 edition / subject to change

maxon sensor 263



### Planetary Gearhead GP 42 C $\varnothing 42$ mm, 3 - 15 Nm

Ceramic Version



#### Technical Data

Planetary Gearhead	straight tooth
Output shaft	stainless steel
Bearing at output	preloaded ball bearings
Radial play, 12 mm from flange	max. 0.08 mm
Axial play at axial load	< 5 N > 5 N
	max. 0.3 mm
Max. permissible axial load	150 N
Max. permissible force for press fits	300 N
Sense of rotation, drive to output	-
Recommended input speed	< 8000 rpm
Recommended temperature range	-40 ... +100°C
Number of stages	1 2 3 4
Max. radial load, 12 mm from flange	120 N 150 N 150 N 150 N

maxon gear

	Order Number									
	203113	203115	203119	203120	203124	203129	203128	203133	203137	203141
<input type="checkbox"/> Stock program										
<input type="checkbox"/> Standard program										
<input type="checkbox"/> Special program (on request)										
<b>Gearhead Data</b>										
1 Reduction	3.5 : 1	12 : 1	28 : 1	43 : 1	81 : 1	156 : 1	150 : 1	285 : 1	441 : 1	756 : 1
2 Reduction absolute	$\frac{7}{2}$	$\frac{12}{1}$	$\frac{28}{1}$	$\frac{43}{1}$	$\frac{81}{1}$	$\frac{156}{1}$	$\frac{150}{1}$	$\frac{285}{1}$	$\frac{441}{1}$	$\frac{756}{1}$
10 Mass inertia	14	15	9.1	15	9.4	0.1	15	15	14	14
3 Max. motor shaft diameter	10	10	8	10	8	8	10	10	10	10
<b>Order Number</b>	<b>203114</b>	<b>203116</b>	<b>260552*</b>	<b>203121</b>	<b>203125</b>	<b>260553*</b>	<b>203130</b>	<b>203134</b>	<b>203138</b>	<b>203142</b>
1 Reduction	4.3 : 1	15 : 1	38 : 1	53 : 1	91 : 1	216 : 1	186 : 1	310 : 1	458 : 1	936 : 1
2 Reduction absolute	$\frac{43}{10}$	$\frac{15}{1}$	$\frac{38}{1}$	$\frac{53}{1}$	$\frac{91}{1}$	$\frac{216}{1}$	$\frac{186}{1}$	$\frac{310}{1}$	$\frac{458}{1}$	$\frac{936}{1}$
10 Mass inertia	9.1	15	5.0	15	15	5.0	15	15	9.4	9.1
3 Max. motor shaft diameter	8	10	4	10	10	4	10	10	8	8
<b>Order Number</b>	<b>260551*</b>	<b>203117</b>		<b>203122</b>	<b>203126</b>		<b>203131</b>	<b>203135</b>	<b>203139</b>	<b>260554*</b>
1 Reduction	6 : 1	19 : 1		66 : 1	113 : 1		230 : 1	353 : 1	546 : 1	1296 : 1
2 Reduction absolute	$\frac{6}{1}$	$\frac{19}{1}$		$\frac{66}{1}$	$\frac{113}{1}$		$\frac{230}{1}$	$\frac{353}{1}$	$\frac{546}{1}$	$\frac{1296}{1}$
10 Mass inertia	4.9	9.4		15	9.4		15	9.4	14	5.0
3 Max. motor shaft diameter	4	8		10	8		10	8	10	4
<b>Order Number</b>		<b>203118</b>		<b>203123</b>	<b>203127</b>		<b>203132</b>	<b>203136</b>	<b>203140</b>	
1 Reduction		21 : 1		74 : 1	126 : 1		257 : 1	394 : 1	678 : 1	
2 Reduction absolute		$\frac{21}{1}$		$\frac{74}{1}$	$\frac{126}{1}$		$\frac{257}{1}$	$\frac{394}{1}$	$\frac{678}{1}$	
10 Mass inertia		14		15	14		15	15	9.1	
3 Max. motor shaft diameter		10		10	10		10	10	8	
4 Number of stages	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4
5 Max. continuous torque	Nm 3.0	7.5	7.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
6 Intermittently permissible torque at gear output	Nm 4.5	11.3	11.3	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
7 Max. efficiency	% 90	81	81	72	72	72	64	64	64	64
8 Weight	g 260	360	360	480	460	460	560	560	560	560
9 Average backlash no load	" 0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
11 Gearhead length L1*	mm 41.0	55.5	55.5	70.0	70.0	70.0	84.5	84.5	84.5	84.5



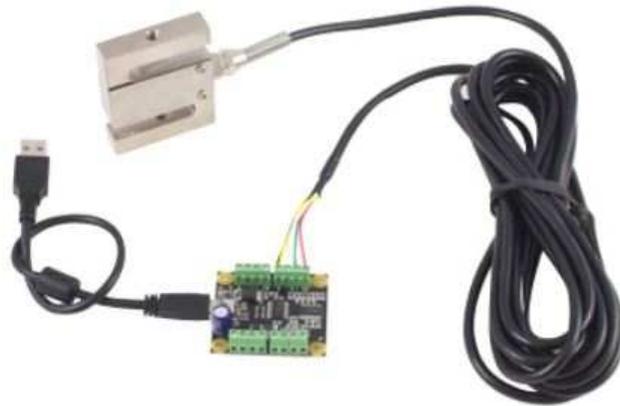
maxon Modular System										
+ Motor	Page	+ Sensor	Page	Brake	Page	Overall length [mm]	= Motor length + gearhead length + (sensor / brake) + assembly parts			
RE 35, 90 W	81					112.1 126.6 126.6 141.1 141.1 141.1	155.6 155.6 155.6	155.6	155.6	155.6
RE 35, 90 W	81	MR	263			123.5 138.0 138.0 152.5 152.5 152.5	167.0 167.0 167.0	167.0	167.0	167.0
RE 35, 90 W	81	HED_5540	268/268			132.8 147.3 147.3 161.8 161.8 161.8	176.3 176.3 176.3	176.3	176.3	176.3
RE 35, 90 W	81	DCT 22	276			130.2 144.7 144.7 159.2 159.2 159.2	173.7 173.7 173.7	173.7	173.7	173.7
RE 35, 90 W	81			AB 28	318	145.2 162.7 162.7 177.2 177.2 177.2	191.7 191.7 191.7	191.7	191.7	191.7
RE 40, 150 W	82					112.1 126.6 126.6 141.1 141.1 141.1	155.6 155.6 155.6	155.6	155.6	155.6
RE 40, 150 W	82	MR	263			123.5 138.0 138.0 152.5 152.5 152.5	167.0 167.0 167.0	167.0	167.0	167.0
RE 40, 150 W	82	HED_5540	268/268			132.8 147.3 147.3 161.8 161.8 161.8	176.3 176.3 176.3	176.3	176.3	176.3
RE 40, 150 W	82	HEDL 0140	271			166.2 180.7 180.7 195.2 195.2 195.2	209.7 209.7 209.7	209.7	209.7	209.7
RE 40, 150 W	82			AB 28	318	145.2 162.7 162.7 177.2 177.2 177.2	191.7 191.7 191.7	191.7	191.7	191.7
RE 40, 150 W	82			AB 28	319	156.2 170.7 170.7 185.2 185.2 185.2	199.7 199.7 199.7	199.7	199.7	199.7
RE 40, 150 W	82	HED_5540	268/268	AB 28	318	165.3 179.8 179.8 194.3 194.3 194.3	208.8 208.8 208.8	208.8	208.8	208.8
RE 40, 150 W	82	HEDL 0140	271	AB 28	319	176.7 191.2 191.2 205.7 205.7 205.7	220.2 220.2 220.2	220.2	220.2	220.2
EC 40, 170 W	155					120.9 135.4 135.4 149.9 149.9 149.9	164.4 164.4 164.4	164.4	164.4	164.4
EC 40, 170 W	155	HED_5540	267/269			144.3 158.8 158.8 173.3 173.3 173.3	187.8 187.8 187.8	187.8	187.8	187.8
EC 40, 170 W	155	Res 26	277			148.3 162.8 162.8 177.3 177.3 177.3	191.8 191.8 191.8	191.8	191.8	191.8
EC 40, 170 W	155			AB 32	320	163.6 178.1 178.1 192.6 192.6 192.6	207.1 207.1 207.1	207.1	207.1	207.1
EC 40, 170 W	155	HED_5540	267/269	AB 32	320	167.0 201.5 201.5 216.0 216.0 216.0	230.5 230.5 230.5	230.5	230.5	230.5
EC 45, 150 W	156					152.3 166.8 166.8 181.3 181.3 181.3	195.8 195.8 195.8	195.8	195.8	195.8
EC 45, 150 W	156	HEDL 0140	271			167.9 182.4 182.4 196.9 196.9 196.9	211.4 211.4 211.4	211.4	211.4	211.4
EC 45, 150 W	156	Res 26	277			152.3 166.8 166.8 181.3 181.3 181.3	195.8 195.8 195.8	195.8	195.8	195.8
EC 45, 150 W	156			AB 28	319	159.7 174.2 174.2 188.7 188.7 188.7	203.2 203.2 203.2	203.2	203.2	203.2
EC 45, 150 W	156	HEDL 0140	271	AB 28	319	176.7 191.2 191.2 205.7 205.7 205.7	220.2 220.2 220.2	220.2	220.2	220.2
EC 45 flat, 90 W	193					53.9 68.4 68.4 82.9 82.9 82.9	97.4 97.4 97.4	97.4	97.4	97.4
EC 45 flat, 50 W	194					58.8 73.3 73.3 87.8 87.8 87.8	102.3 102.3 102.3	102.3	102.3	102.3
EC 45 R, IE, IP 00	195					72.7 87.2 87.2 101.7 101.7 101.7	116.2 116.2 116.2	116.2	116.2	116.2
EC 45 R, IE, IP 40	195					74.0 89.4 89.4 103.9 103.9 103.9	118.4 118.4 118.4	118.4	118.4	118.4
EC 45 R, IE, IP 00	196					77.7 92.2 92.2 106.7 106.7 106.7	121.2 121.2 121.2	121.2	121.2	121.2
EC 45 R, IE, IP 40	196					79.9 94.4 94.4 108.9 108.9 108.9	123.4 123.4 123.4	123.4	123.4	123.4

May 2011 edition / subject to change



- Capacité de charge maximale : 100 kg
- Capteur à base de pont Wheatstone
- Étalonnage individuel en usine
- Se raccorde automatiquement au [PhidgetBridge à 4 entrées](#)
- Conforme RoHS

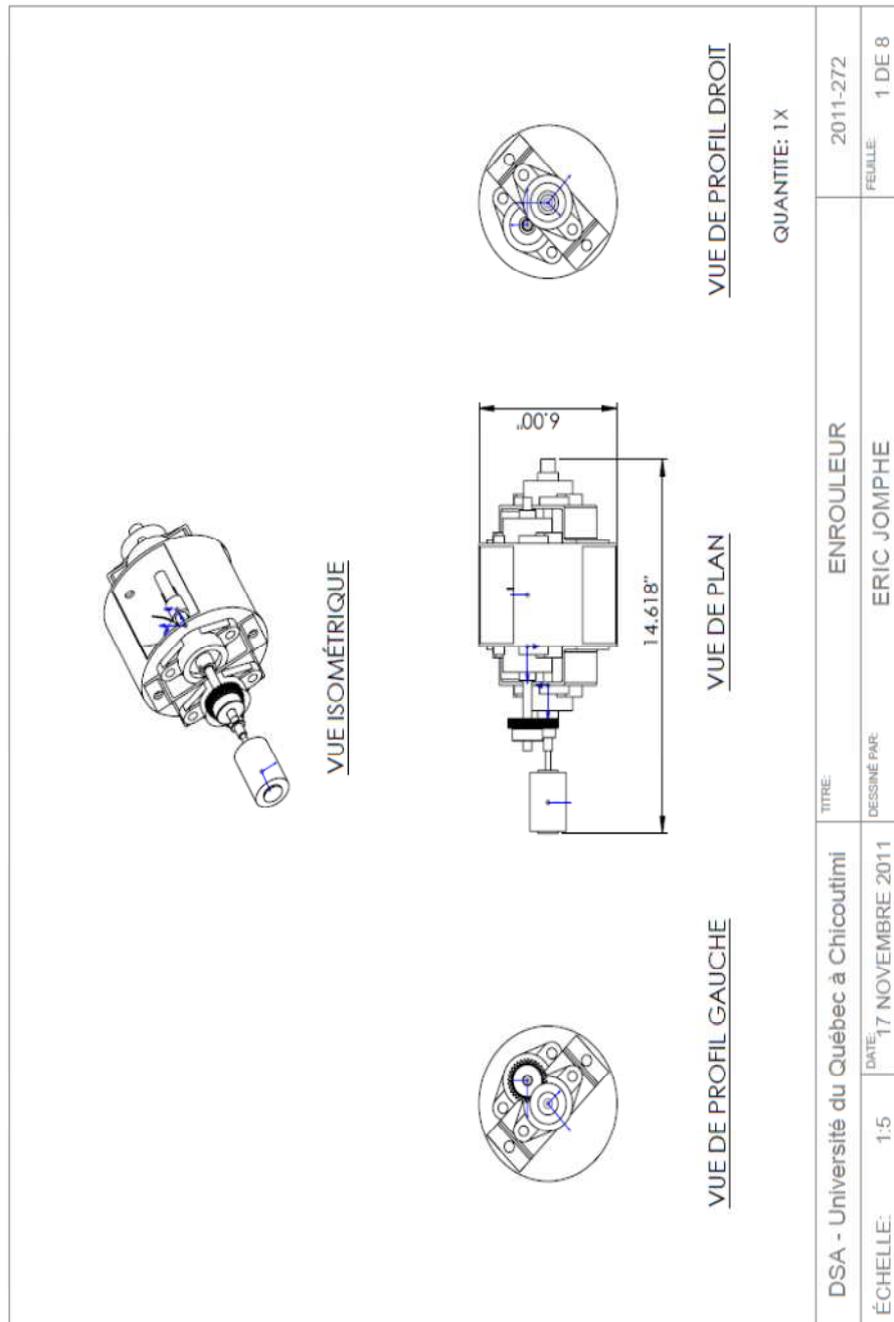
La **Cellule de charge de type S de 100 Kg** est une structure métallique soigneusement conçue, avec de petits éléments appelés jauges de contrainte montés dans des endroits précis de la structure. Elle est conçue pour mesurer une force spécifique, et ignorer les autres forces exercées. Le signal électrique qui résulte de la charge est très faible et nécessite une amplification spécialisée. Heureusement, le PhidgetBridge effectuera toutes l'amplification et la mesure de la sortie électrique. Veuillez vous assurer d'avoir calibré votre cellule de charge avant de l'utiliser. Vous pouvez trouver des informations sur la façon de calibrer la cellule dans les liens utiles.

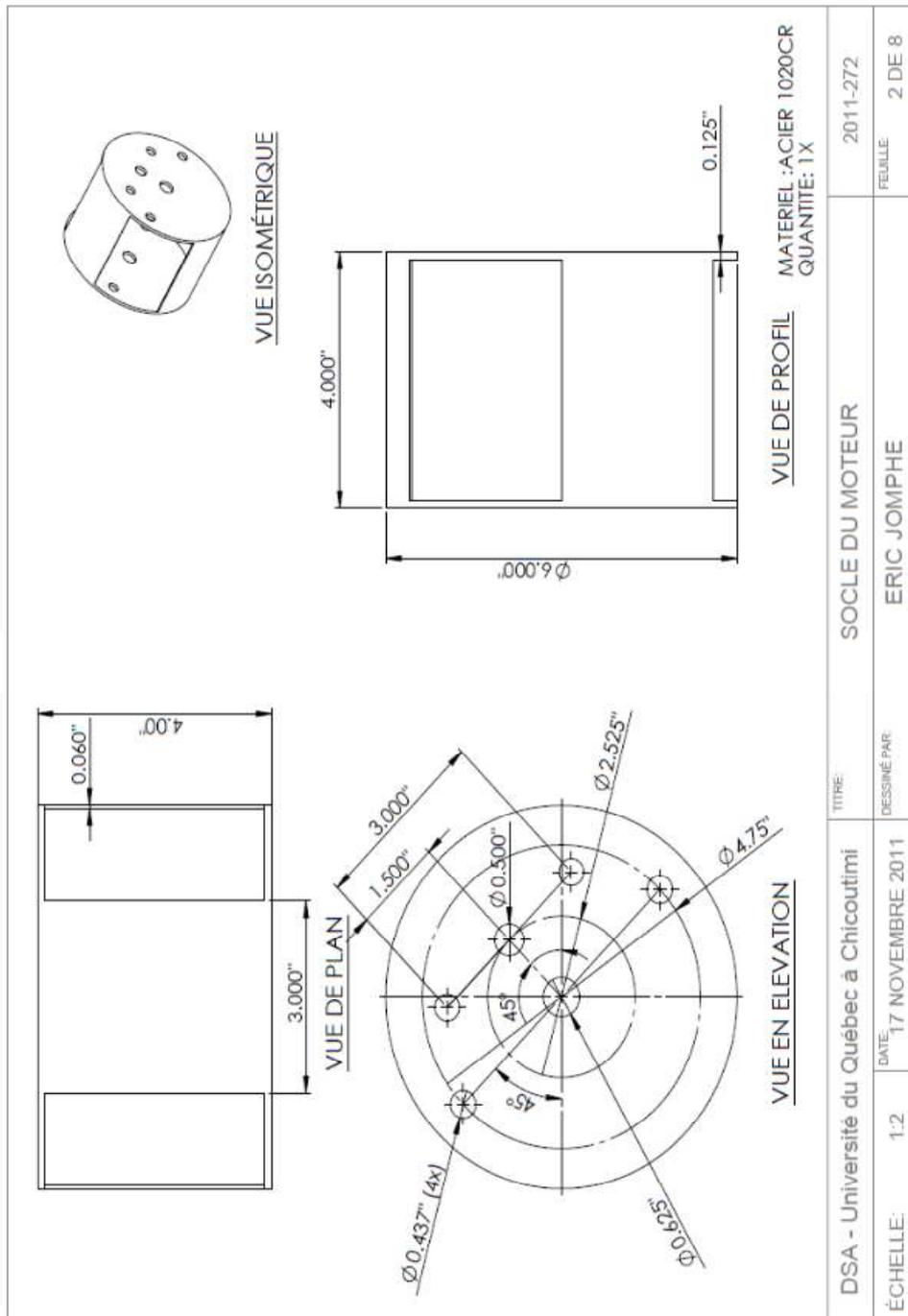


- Code du fournisseur : 3138



### 8.4. Dessin de définition





MATERIEL : ACIER 1020CR  
QUANTITE: 1X

TITRE: <b>SOCLE DU MOTEUR</b>		2011-272
DATE: 17 NOVEMBRE 2011		FEUILLE 2 DE 8
ÉCHELLE: 1:2		DESSINÉ PAR: ERIC JOMPHE
DSA - Université du Québec à Chicoutimi		

