

# RAPPORT FINAL D'HIVER 2022

MEC8370 – PROJET INTÉGRATEUR 4

## Système de connecteur d'énergie pour robot

Présenté à :

Balazinski, Marek, Ing., DEA, Doctorat  
Karczewski, Voytek, Ing., DEA, Doctorat

Effectué pour :

IREQ – Hydro-Québec

En contact avec :

Mongenot, Patrick

et

Beaudry, Julien

Travail effectué par :

Nom	Matricule
Adam Arzouni	1853886
Alec Bergeron	1905761
Anne-Laurence Trudeau	1957061
Ève Chouinard	1935786
Guillaume St-Hilaire	1959309
Rosalie Gagnon	1943662

Groupe : 02 – Équipe 02

Montréal  
2022-04-20

## Résumé

Le projet à l'étude a été réalisé par six étudiants en génie mécanique à Polytechnique Montréal dans le cadre du cours MEC8370 : Projet Intégrateur 4. Ce projet visait à étudier et à fabriquer un système de connecteur mécanique fonctionnel permettant la recharge d'un robot. Par conséquent, le connecteur doit fonctionner indépendamment dans des conditions extrêmes, doit être fiable et précis en toutes circonstances. Ce système mécanique prévu devrait donner à Trans-Energie la clé pour permettre la recharge de leur robot inspecteur sans aucune intervention humaine. Par conséquent, et durant cette session, une solution optimale a été établie en prenant en compte de calculs et d'analyses menés durant la première session du projet. Plusieurs éléments au courant des deux sessions sur le projet ont permis la modification du produit optimale telle que la méthode itérative. Finalement, plusieurs concepts ont été abordés et la solution optimale est présentée dans le rapport.

## **Abstract**

During the autumn session, a memorandum was drafted by six mechanical engineering students from Polytechnique Montreal as part of the class MEC8370: Projet Intégrateur 4. It aimed to study and build a mechanical connector system that allows the charging of a given robot. Hence, the connector should operate independently under extreme conditions, should be reliable and accurate under all the circumstances. This Intended robotic system should give Trans-Energy the key to remotely recharge their inspecting robots without any human intervention. Therefore, a final solution is established based on the initial calculation and inspections. Many elements between the two sessions were able to modify and optimise the final product with the iterative methods. In the end, the final concept will be presented in this report.

# Table des matières

Résumé.....	2
Abstract.....	3
Liste des figures .....	6
Listes des tableaux .....	7
1. Introduction.....	8
2. Solution optimale .....	11
2.1    Connecteurs.....	13
Ouverture du système de verrouillage.....	13
Système de positionnement.....	15
Système d'ouverture et de fermeture du couvercle.....	16
2.2    Système de compliance.....	18
Description du sous-système.....	18
Ressorts pour les translations .....	19
Ressorts pour les rotations .....	22
Fabrication et tests .....	23
2.3    Support mural.....	25
Membrures .....	25
Butée et ressort :	27
2.4    Système de simulation .....	28
2.5    Système électrique .....	30
Choix des composantes.....	31
Schéma électrique .....	35
Mode veille .....	36
3. Fabrication .....	37
3.1    Méthode de fabrication .....	37
Impressions 3D .....	37
Découpe Laser .....	37

Découpe et en entreprise .....	37
Fabrication maison à l'atelier.....	37
Achat des pièces.....	38
3.2     Éléments finis.....	38
Cadre intérieur .....	38
Supports en L .....	39
4.     Analyse du produit optimal.....	41
4.1     Tests .....	41
Procédure des tests.....	41
Problèmes rencontrés .....	42
Résultats des tests .....	42
4.2     Impacts environnementaux et sociaux .....	43
5.     Gestion de projet .....	44
5.1     Budget.....	44
5.2     Échéancier.....	45
6.     Améliorations au projet.....	46
6.1     Revue de design .....	46
6.2     Modifications nécessaires .....	46
7.     Conclusion .....	48
Référence .....	49
Annexe 1 - Cahier des charges.....	50
Annexe 2 - Résultats des tests.....	52
Annexe 3 - Code Arduino .....	53
Annexe 4 - Calculs.....	58
Annexe 5 - Bill of Materials .....	60
Annexe 6 - Dessins techniques .....	63

# Liste des figures

Figure 1 - Système de connexion mâle installé à l'intérieur de la station d'accueil .....	11
Figure 2 - Banc d'essai représentant le robot RIAUPEL .....	12
Figure 3 - Solution optimale en phase de tests avec le produit assemblé .....	12
Figure 4 - Système de verrouillage de la prise femelle.....	13
Figure 5 - Système de connexion femelle pour le verrouillage .....	14
Figure 6 - Système de positionnement des connecteurs.....	15
Figure 7 - Illustration du système d'ouverture et de fermeture du couvercle.....	16
Figure 8 - CAD du système de compliance .....	18
Figure 9 - Système de compliance sur le prototype final.....	18
Figure 10 - DCL pour les ressorts de translation .....	21
Figure 11 - Angle de rotation obtenu par le système de compliance .....	23
Figure 12 - Système de support mural .....	25
Figure 13 - Membrures du support mural .....	25
Figure 14 - Système de pentures .....	26
Figure 15 - Système du ressort et de la butée .....	27
Figure 16 - Système de simulation.....	28
Figure 17 - Support temporaire.....	29
Figure 18 - Système électrique.....	30
Figure 19 - Arduino Uno.....	31
Figure 20 - Explication des broches du L298N .....	32
Figure 21 - Télécommande du système .....	33
Figure 22 - Fonctionnement du système électronique .....	34
Figure 23 - Schéma du circuit électrique .....	35
Figure 24 - Graphique illustrant la différence d'utilisation de la puissance en mode veille VS en mode normal .....	36
Figure 25 - Analyse par éléments finis sur le cadre intérieur .....	39
Figure 26 - Analyse par éléments finis sur les supports en L .....	40
Figure 27 - Analyse du produit optimal .....	41
Figure 28 - Échéancier .....	45

## Listes des tableaux

Tableau 1 - Sous-systèmes du verrouillage.....	13
Tableau 2 - Entrées et sorties des broches de la carte numérique .....	31
Tableau 3 - Sorties du module L298N .....	32
Tableau 4 - Description de la télécommande (Figure 21).....	33
Tableau 5 - Procédure de tests .....	41
Tableau 6 - Résultats des tests pour une position neutre .....	42
Tableau 7 - Modifications à effectuer .....	47

# 1. Introduction

Afin d'acheminer l'électricité dans toute la province, Trans Énergie a développé un réseau de transport pour faire le lien entre ses centrales et les centres de consommation. Ce transfert d'électricité présente plusieurs défis afin d'assurer la fiabilité et la sécurité des lignes de transport. Puisque les centrales et les postes de transport se trouvent en grande partie dans des régions éloignées au nord de la province, certaines technologies ont été développées afin d'effectuer des tâches d'inspection et d'entretien à ces stations sans nécessiter la participation active d'employé déployée sur le terrain. Le développement de ces technologies doit donc respecter plusieurs normes et exigences afin d'assurer leur performance et ainsi diminuer les risques humains associés à ces tâches.

Une des solutions proposées par l'IREQ est le projet RIAUPEL qui comporte plusieurs outils robotiques permettant d'effectuer une inspection des postes de transport dans les régions éloignées. Ces outils technologiques comprennent, entre autres, des capteurs LIDARS, des caméras thermiques et visuelles pour faciliter l'orientation du robot dans la station. Tous ces outils sont assemblés sur une base à chenilles de la compagnie MATTRO afin de pouvoir se déplacer sur différents types de sols présents dans les régions visées.

Les composantes électroniques ajoutées à la base se font recharger par induction lorsque le robot se trouve dans sa station de recharge directement sur le terrain. Quant à elle, la base MATTRO possède un système de recharge mécanique et nécessite l'intervention d'un employé afin de procéder à la connexion de la base à la borne de recharge. Cette recharge s'effectue actuellement à une fréquence de quelques fois par mois. Afin de diminuer la présence d'employés dans les stations en régions éloignées et tous les risques qui si rattachent, le client désire concevoir un système permettant d'effectuer la recharge de la base du robot RIAUPEL sans interventions humaines. L'IREQ travaille actuellement sur un système de recharge à induction pour la base MATTRO mais désire développer également un système mécanique afin de comparer les avantages, les désavantages et les coûts des différents systèmes.

Le présent rapport présente un système de connexion mécanique adapté à la prise fournie par le fabricant MATTRO. Une première partie définit les besoins du client et fait un rappel des fonctions présentées dans le cahier des charges. Une deuxième section présente la solution finale, son prototype, ainsi qu'un bref résumé des méthodes de fabrications utilisées. Finalement, la dernière section du rapport contient une analyse du produit final et un retour sur la gestion du projet.

## 2. Besoins du projet

La recharge actuelle pour le robot RIAUPEL est pour l'instant constituée uniquement d'une recharge par induction. Afin de simplifier les interventions humaines pour la recharge, et que celle-ci puisse être démarrée à distance, l'équipe de l'IREQ désire développer un système de connexion qui pourra opérer automatiquement et se connecter au robot RIAUPEL de manière efficace. L'équipe a également besoin d'un système qui sera moins coûteux que le système actuel, qui se fait par induction. Puisque le robot opère certaines missions dans des conditions nordiques, le système développé doit pouvoir opérer à des conditions extrêmes, bien que la station de recharge soit climatisée et chauffée. En effet, tous les systèmes qui seront ajoutés directement sur le robot RIAUPEL devront pouvoir résister aux différentes intempéries du Québec autant en plein hiver qu'en plein été. Le connecteur doit également assurer une connexion précise, et s'ajuster en fonction de la position du robot lorsqu'il se stationne à la fin de sa mission. Les différents désalignements que le client demande d'être en mesure de tolérer sont les suivants : +/- 25.4 mm selon l'axe horizontal, +38/-0 mm selon l'axe latéral et +/- 25.4 mm selon l'axe vertical. Lors du développement du projet, l'équipe de l'IREQ a également besoin qu'un système de simulation soit développé, afin que le système de connexion puisse être testé selon différentes positions de stationnement du robot.

## 2. Analyse fonctionnelle

Après avoir discuté des besoins principaux du projet avec le client, une analyse fonctionnelle a été faite. Les différentes fonctions et contraintes du projet ont été séparées en trois catégories, soient les fonctions principales, les fonctions complémentaires et les fonctions contraintes. On retrouve ces fonctions et contraintes sous forme de tableau dans le cahier des charges présenté à l'Annexe 1 - Cahier des charges.

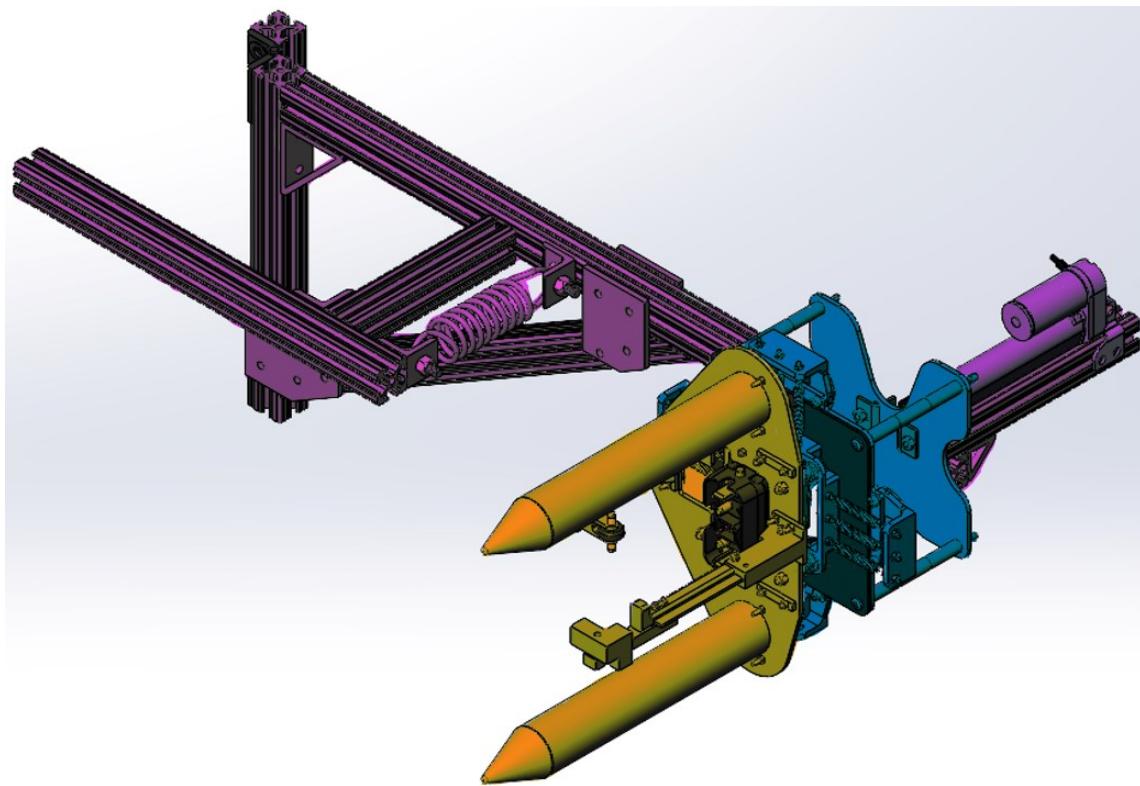
La première fonction principale, et probablement la plus importante, est celle que le système doit connecter la prise mâle à la prise femelle adéquatement, afin de procéder à une recharge électrique. Pour effectuer cette action, le système devra tolérer les incertitudes énoncées à la section précédente, et se connecter efficacement dans ces situations. Lorsqu'elle n'est pas branchée, la prise est recouverte d'une protection, le système devra donc être en mesure de la retirer avec de se connecter. Ensuite, le branchement devra être stable tout au long de la recharge. Lorsque celle-ci est terminée, le système devra se retirer et remettre la protection sur la prise. Durant toutes les étapes de mise en marche, le système devra être autonome et qu'aucune intervention humaine ne soit nécessaire dans la station directement.

Les fonctions complémentaires décrivent d'autres caractéristiques du système, soient que celui-ci devra être de conception simple, que le nombre de pièces utilisées soit minimisé et que le système soit robuste. Également, il ne doit pas être un danger, et doit donc respecter un facteur de sécurité de 2 au minimum. En option, le système pourrait également être muni d'un système de détection afin de vérifier à quel instant que le robot est stationné.

Concernant les fonctions contraintes, il est important que le système soit un système qui permet une recharge mécanique plutôt que par induction. Il doit également être robuste, sécuritaire et compatible avec la prise MATTRO. Le système doit être facilement démontable, pour que les réparations se fassent facilement. Il devra être en mesure de respecter certaines dimensions, afin de ne pas perturber la trajectoire du robot lors de son entrée dans la station. Il devra être résistant au choc et devra être fonctionnel dans les conditions climatiques nordiques. En termes de budget, le projet devra respecter un total de 2400\$, et devra se terminer dans les délais prévus, énoncés dans l'échéancier à la section sur la gestion de projet.

## 2. Solution optimale

La présente section décrira les mécanismes de fonctionnement de la solution optimale qui sera offerte au client. La Figure 1 illustre les trois sous-systèmes développés qui seront présents à l'intérieur de la station d'accueil. En rose, il y a le support mural ; en bleu, le système de compliance ; en jaune le système de connecteur mâle. Ces trois systèmes permettent d'assurer la connexion de la prise mâle lorsque le robot RIAUPEL arrivera dans la station pour effectuer sa recharge.

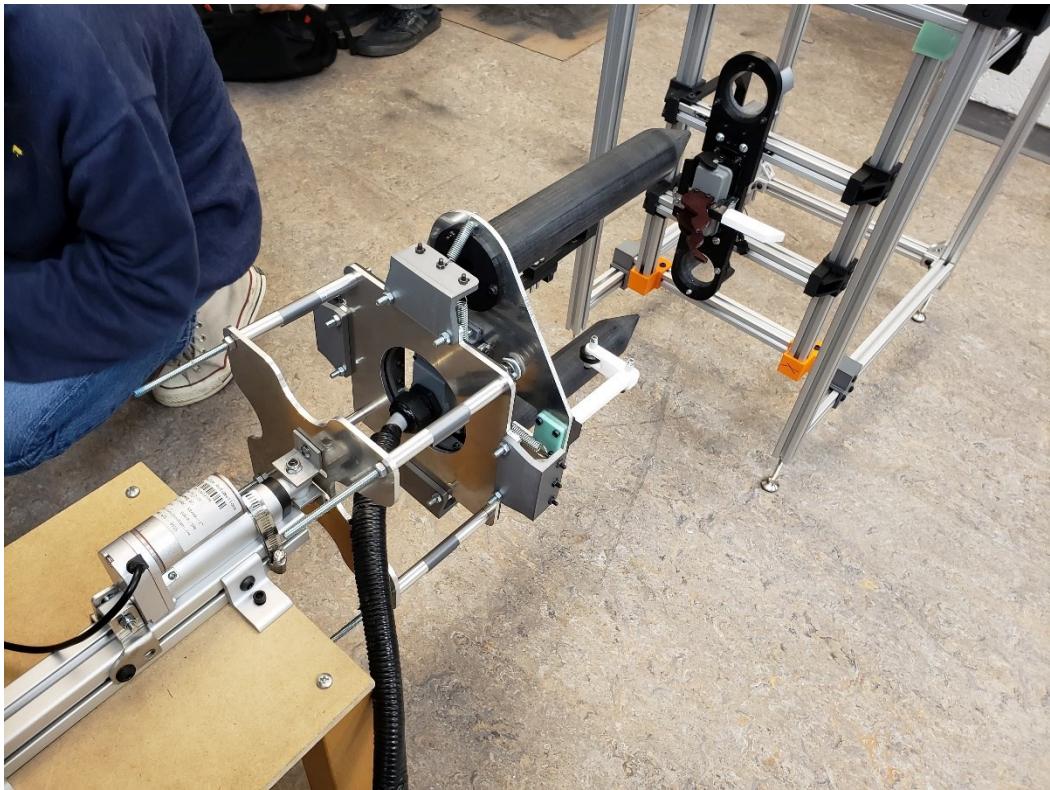


**Figure 1 - Système de connexion mâle installé à l'intérieur de la station d'accueil**

Quant à elle, la Figure 2 représente le banc d'essai qui serait normalement le robot RIAUPEL. Pour effectuer les tests sur les différents systèmes, le banc d'essai permettra les mêmes désalignements que le robot. Finalement, la Figure 3 représente le produit optimal construit et fonctionnel lors de la phase de test.



**Figure 2 - Banc d'essai représentant le robot RIAUPEL**



**Figure 3 - Solution optimale en phase de tests avec le produit assemblé**

## 2.1 Connecteurs

Le système de la prise femelle sera fixé au robot RIAUPEL. La prise femelle est fixée à l'entonnoir, ayant pour objectif d'aligner les prises mâle et femelle lors de la connexion. Ce système inclut aussi les mécanismes d'ouverture du verrou et du couvercle protégeant la prise femelle.

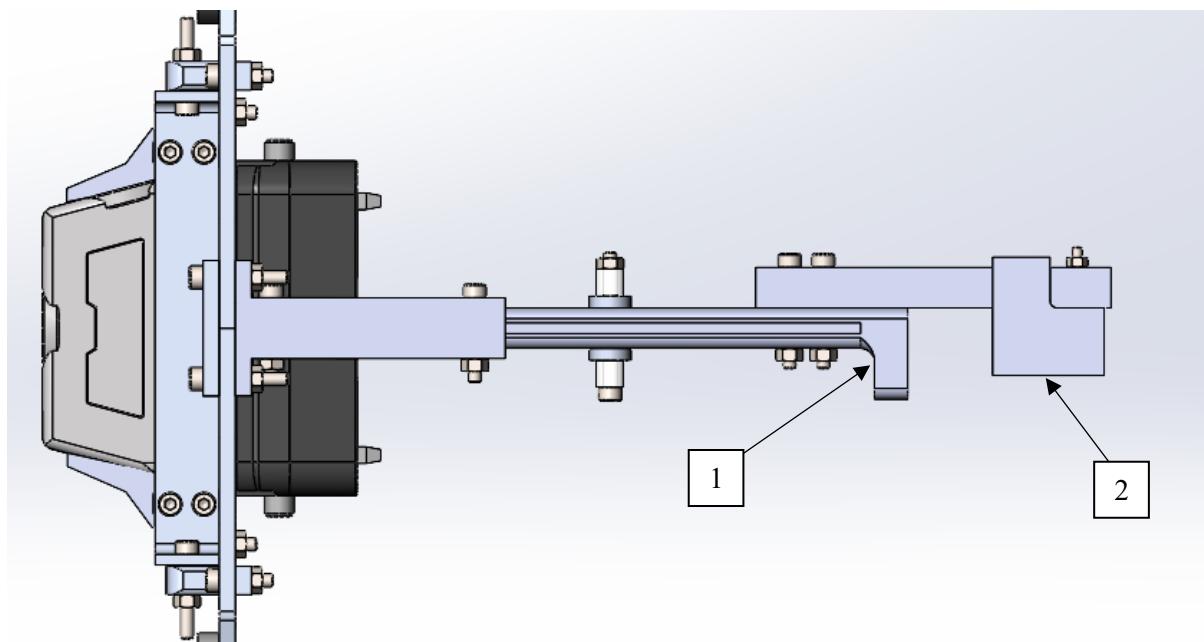
### Ouverture du système de verrouillage

L'ouverture et la fermeture du système de verrouillage sont des fonctions clés du système de connexion. Il s'agit de la première et dernière action à effectuer pour assurer la connexion de la prise. Le verrou a pour fonction principale d'assurer le maintien du clapet qui permet l'étanchéité de la prise lorsque la base se retrouve dans différents environnements extérieurs. Ainsi, il est crucial qu'il soit fermé lorsque le robot RIAUPEL ira à l'extérieur pour éviter que les débris puissent se loger au sein de la prise femelle.

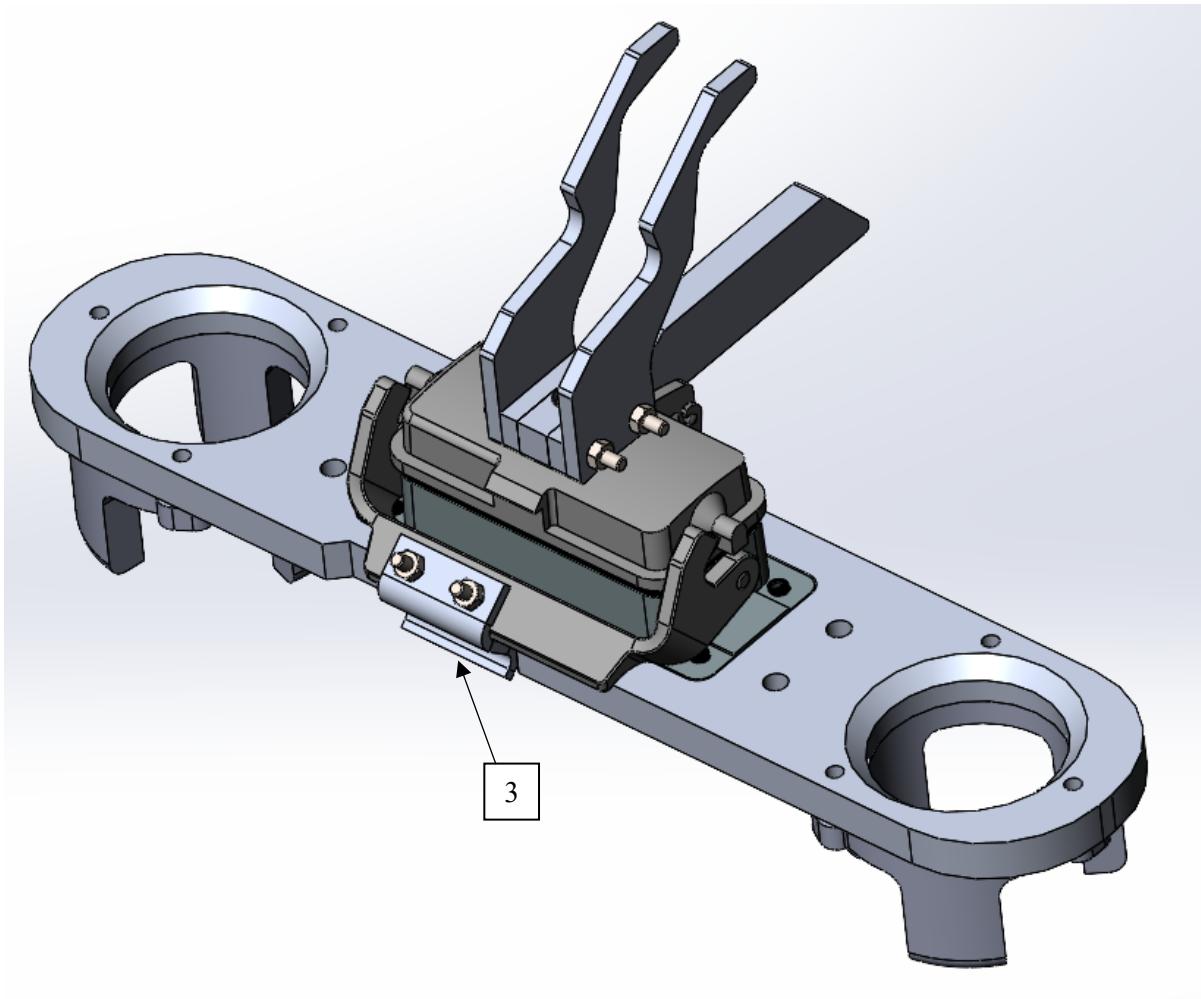
La solution présentée se divise en 4 composantes présentée au Tableau 1 et illustrée dans les Figure 4 et Figure 5 :

**Tableau 1 - Sous-systèmes du verrouillage**

Sous-système	Composante	Fonction
Connecteur mâle	1. Tige encastrée	Ouverture du verrou
	2. Bloc en L	Fermeture du verrou
Connecteur femelle	3. Rallonge du verrou	Ouverture du verrou
Système de simulation	4. Pièce pour pivot	Rotation du bloc en L



**Figure 4 - Système de verrouillage de la prise femelle**



**Figure 5 - Système de connexion femelle pour le verrouillage**

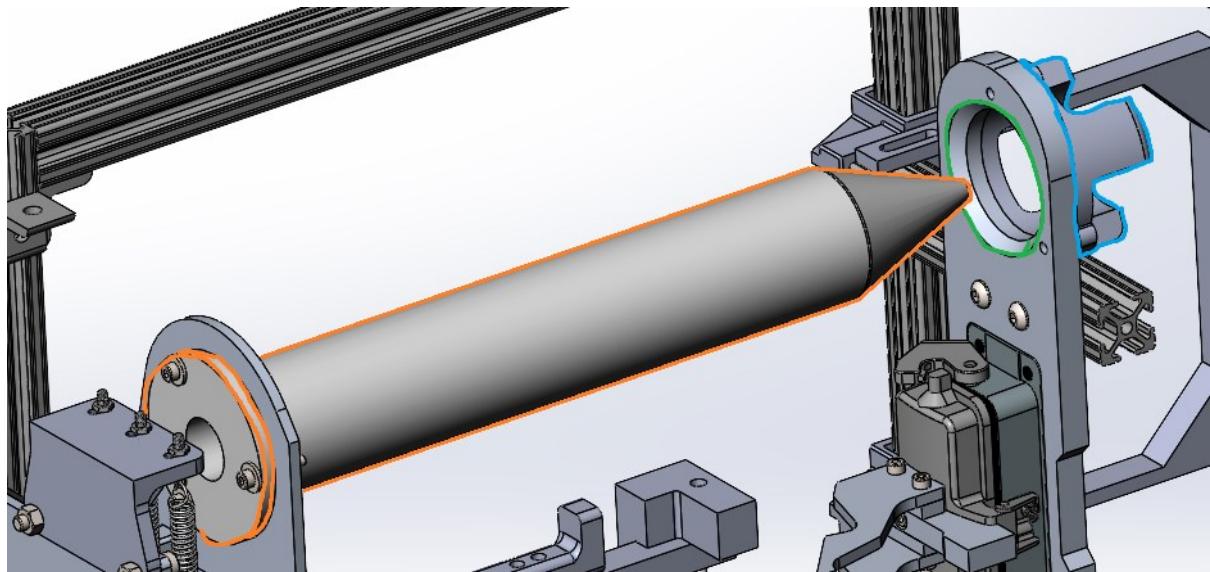
La première étape de l'ouverture du système se fait par les pièces 1 et 3 respectivement sur le connecteur mâle et le connecteur femelle. À la suite de l'alignement du robot par les tubes du système de positionnement, le robot, la tige encastrée et la rallonge du verrou entrent en contact par le mouvement de translation du robot. Ainsi, la force du robot est suffisante pour ouvrir le système de verrouillage dans son mouvement. De plus, en approchant sa position de recharge, le bloc en L attaché sur la tige du mécanisme d'ouverture entrera en contact avec la pièce attachée sur le système de simulation lui permettant de pivoter et se de placer en position idéale pour la fermeture du verrou.

À la suite de l'ouverture du verrou, l'ouverture du clapet et la connexion de la partie mâle et la partie femelle de la prise peuvent être effectuées. Lorsque la recharge de la base est complétée, le piston effectuera sa course en sens inverse pour déconnecter la partie mâle de la partie femelle de la prise. En se retirant de sa position de chargement, le bloc en L attaché au système d'ouverture entrera en contact avec le haut du verrou et entraînera dans son mouvement la fermeture du système étanche.

Après avoir fermé le verrou, puisque le bloc en L se trouve derrière le verrou, le système complet ne peut donc pas être retiré adéquatement dû à ce blocage. Le système mâle doit alors être légèrement déplacé afin de le retirer, ce qui ne serait pas possible dans une situation réelle où ce système serait placé sur le robot. Ce problème sera abordé plus tard, dans la section sur les modifications à faire sur le produit.

### Système de positionnement

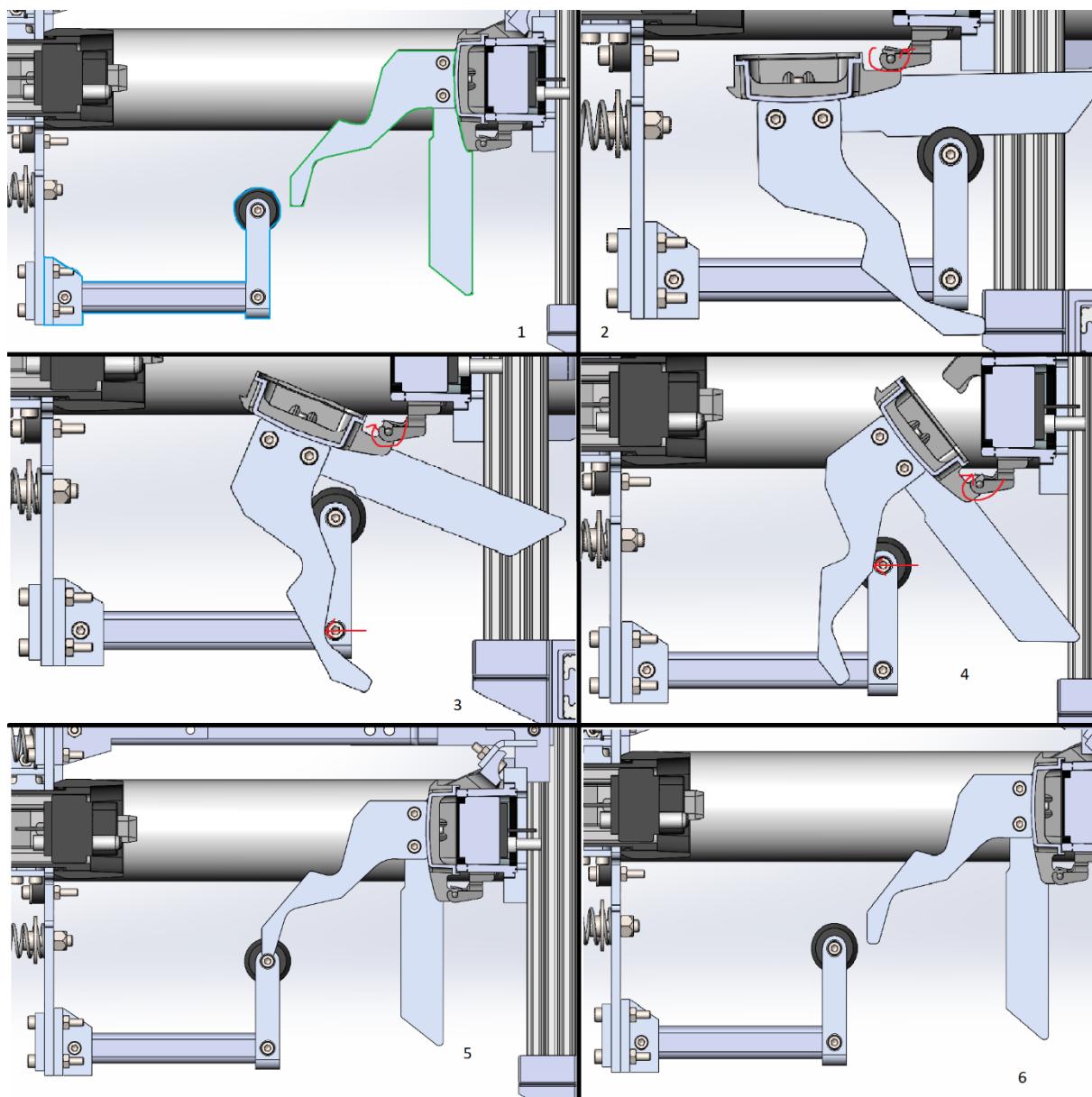
Le système de positionnement illustré à la Figure 6 a pour objectif d'aligner le connecteur mâle et femelle. L'entonnoir, illustré en vert, permet de corriger le désalignement du connecteur mâle et d'aligner parfaitement les tiges. Les tiges, illustrées en orange, doivent assurer l'alignement des deux connecteurs lors de l'ouverture du verrou, du couvercle et lors de la connexion. C'est pour cette raison que celles-ci ont une longueur de 14 pouces. Le diamètre des tiges est de 2 pouces. Ce diamètre a été choisi de manière à accepter les désalignements exigés par le client. Le jeu entre les tiges et l'entonnoir a été minimisé le plus possible, tout en assurant un bon glissement entre ces pièces. Deux pièces circulaires en PLA, illustrées en bleu, ont été ajoutées à l'arrière de l'entonnoir afin d'améliorer l'alignement des tiges et de l'entonnoir, sans trop réduire le jeu. En raison du budget limité, les tiges et l'entonnoir ont été fabriqués en PCABS et imprimés à l'aide d'une imprimante 3D. Dans une version finale du produit, ces pièces devraient être en polyéthylène de densité très élevée (UHMW), un plastique reconnu pour sa faible friction.



**Figure 6 - Système de positionnement des connecteurs**

## Système d'ouverture et de fermeture du couvercle

Ce système est composé de deux parties, soit la tige pousoir qui est entouré en bleu et le récepteur illustré en vert dans la Figure 7. La tige, munie d'une roue à son extrémité, est fixée à la plaque du connecteur mâle. Le récepteur est quant à lui fixé au couvercle de la prise femelle avec une seule vis. Dans le prototype effectué, celui-ci est maintenu en place à l'aide de papier adhésif pour ne pas modifier les fonctionnalités de la prise femelle. En effet, en trouant celle-ci, elle n'assurerait plus l'étanchéité de la prise et si le client veut réutiliser celle-ci dans des projets futurs, il n'en aura pas l'option. Bien évidemment, pour le produit qui sera installé dans les stations, le trou sera effectué puisque la prise sera fonctionnelle pour le système.



**Figure 7 - Illustration du système d'ouverture et de fermeture du couvercle**

Il est possible de voir sur la Figure 7 les différentes étapes pour effectuer l'ouverture et la fermeture de la prise. Les images 1 et 2 représentent l'ouverture, alors que les images 3 à 6 représentent la fermeture. À la suite du positionnement des cylindres et l'ouverture du verrou, la tige bleue sera bien positionnée pour permettre l'ouverture sans coincement. La roue entrera en contact avec le récepteur et celui-ci s'ouvrira selon le sens de rotation illustré en rouge sur l'image 2. Plus le robot se déplacera, plus le couvercle sera ouvert. Une fois la recharge terminée, le robot se déplacera et s'éloignera du connecteur mâle. En se déplaçant, il y aura un contact initial sur le récepteur illustré par la flèche rouge de l'image 3, ceci débutera la rotation du couvercle. Par la suite, la vis plus basse sera en contact avec le récepteur tel que l'illustre l'image 4. La fermeture du couvercle continuera en suivant la pente du récepteur. Une fois terminée, la vis passera à l'extérieur du récepteur comme l'image 5 démontre. Finalement, à l'image 6 il n'y plus aucun contact entre le récepteur et la tige, puisque la prise est fermée. Les prochains systèmes s'occuperont de verrouiller celle-ci.

## 2.2 Système de compliance

### Description du sous-système

Le système de compliance a comme objectif de permettre au connecteur de s'adapter aux différents désalignements du robot RIAUPEL. Il est situé entre le sous-système du bras et le sous-système de connexion. La version CAD du système est présentée à la Figure 8 et le prototype final est présenté à la Figure 9.

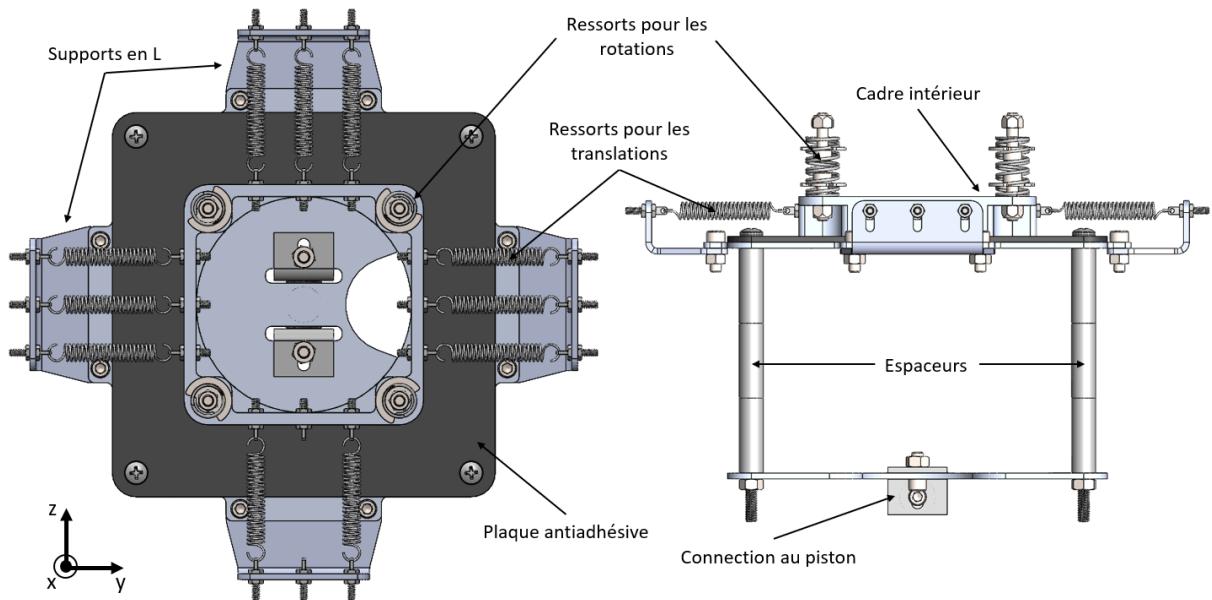


Figure 8 - CAD du système de compliance

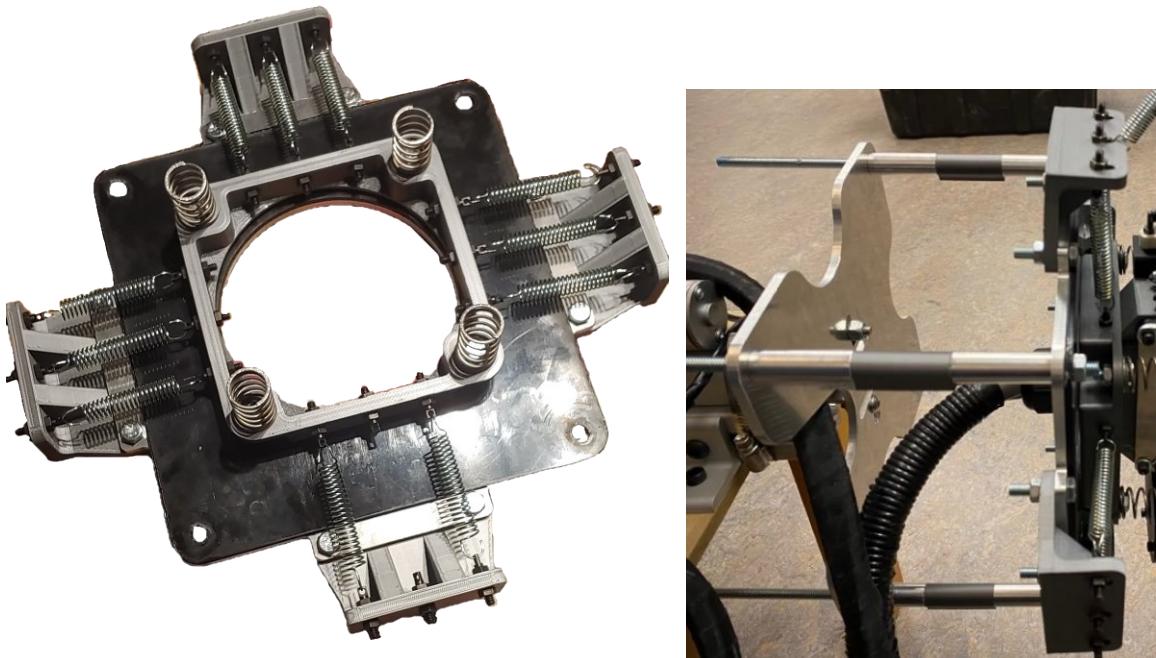


Figure 9 - Système de compliance sur le prototype final

Son rôle principal est d'établir une liaison élastique entre les deux sous-systèmes qui y sont reliés. De plus, il permet de recentrer le connecteur au centre du système après la recharge. En effet, lorsque le robot RIAUPEL recule, il n'est pas nécessairement aligné parfaitement avec le connecteur. Au début, le connecteur est fixe et lorsque le robot recule, il peut se désaxer d'un maximum de +/- 25 mm en x, +/- 25 mm en y et +38/-0 mm en z. Le système d'axe choisi est visible sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable..** Le désaxement entre le robot et le connecteur forcera le système de connexion à se déplacer dans les trois axes de translation, d'où l'aspect compliance. De plus, en combinant plusieurs axes de translation simultanément, des déplacements en rotation sont créés. Ainsi, pour pouvoir s'ajuster aux 3 translations du robot, le système doit pouvoir se déplacer dans les 6 degrés de liberté (Tx, Ty, Tz, Rx, Ry, Rz). Parmi les 6, 5 degrés de liberté (Ty, Tz, Rx, Ry, Rz) seront fournis par le système de compliance. Le dernier degré de liberté, Tx sera fourni par le système du support mural.

Les principales composantes du système de compliance sont : 2 plaques en aluminium, un cadre intérieur en aluminium, un système de connexion au piston, 16 ressorts, 12 espaces, une plaque antiadhésive en nylon et 4 supports en L en aluminium. C'est un mécanisme passif, puisque c'est uniquement la combinaison du déplacement et de la force du robot RIAUPEL qui fera bouger les diverses composantes de ce dernier. Voici les rôles des principales composantes du système :

- Plaques en aluminium (2) : Supporter et attacher les différents éléments du système.
- Cadre intérieur en PLA (1) : Permettre la liaison entre les ressorts et les autres éléments du système. Le cadre est libre de se déplacer dans le plan Y-Z.
- Ressorts pour les translations (11) : Attacher le cadre intérieur avec le reste du système tout en permettant les translations dans le plan Y-Z. Les ressorts sont précontraints avec un étirement initial de 1,05 pouce.
- Ressorts pour les rotations (4) : Attacher le cadre intérieur avec le système de connexion. Les différences de compression entre ceux-ci permettent d'obtenir les rotations dans les 3 plans.
- Plaque antiadhésive en nylon (1) : Améliorer le glissement du cadre intérieur sur la plaque d'aluminium qui est en dessous. Le nylon possède un coefficient dynamique de friction très bas.
- Espaceurs (12) : Avoir un dégagement entre les deux plaques d'aluminium pour laisser passer le fil de la prise électrique. Il faut un espace assez grand, puisque le fil est assez rigide en plus d'avoir un diamètre imposant.
- Supports en L (4) : Permet de fixer l'autre extrémité des ressorts servant aux translations.

### Ressorts pour les translations

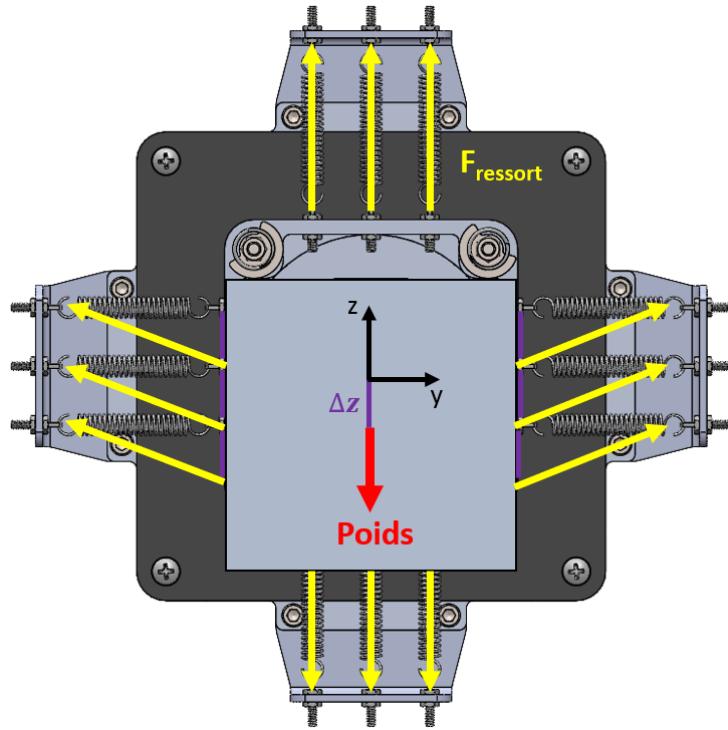
Tout d'abord, un choix de design initial a été fait pour simplifier le système. Les ressorts doivent, le plus possible, se déformer seulement dans le plan Y-Z. Puisqu'il faut être capable de réaliser des translations de +/- 25,4 mm (+/- 1 pouce) dans les deux axes de ce plan, il est nécessaire que les ressorts

soient en mesure de supporter ce déplacement plus un petit jeu de 0,1 pouce. Les ressorts seront précontraints avec un étirement initial d'environ 1,1 pouce. Ils pourront ainsi se comprimer et s'étirer de 1 pouce. La première contrainte est donc la suivante : l'étirement des ressorts doit être supérieur ou égal à 2,1 pouces. Ensuite, les ressorts doivent être assez fort pour retenir le cadre intérieur lorsque le débranchement de la prise se fait. Comme il y a au maximum 12 emplacements, il a été déterminé que les ressorts doivent avoir une constante de rappel ( $K$ ) entre 3 et 5 lb/pouce soit entre 527 et 878 N/m. Pour finir, les ressorts doivent avoir la plus petite longueur possible au repos pour limiter la taille du système et des supports en L. La force élastique d'un ressort se calcule avec l'équation (1) suivante :

$$F = k \cdot (L_0 - L) \quad (1)$$

- $F$  : Force élastique du ressort (N)
- $k$  : Constante de rigidité des ressorts (N/pouce)
- $L_0$  : Longueur des ressorts au repos (pouce)
- $L$  : Longueur du ressort avec une charge (pouce)

Pour aider à trouver les bons ressorts, une analyse mathématique a été réalisée. En effet, il est important de bien comprendre la physique du système pour pouvoir comparer plusieurs ressorts entre eux. Certains calculs sont présentés à l'Annexe 4 - Calculs. Le but visé est que le cadre intérieur soit le plus centré possible sur la plaque en arrière lorsque la recharge n'est pas actionnée. Afin d'y arriver, il faut choisir la bonne combinaison entre la constante de rappel et le nombre de ressorts. La Figure 10 représente le diagramme du corps libre (DCL) du système de compliance sur le plan Y-Z. Un léger déplacement vers le bas est imposé afin de trouver l'équation générale.



**Figure 10 - DCL pour les ressorts de translation**

En appliquant la deuxième loi de Newton sur l'axe Z du système, l'équation (2) est trouvée. Il est supposé que le système soit en équilibre. Une équation identique serait trouvée pour l'axe Y, puisqu'il s'agit d'un système symétrique. Les unités sont en impériale puisque la majorité des fournisseurs travaillent avec ce système. Ceci a grandement facilité la recherche.

$$P = n_{rc} \cdot k \cdot \left[ (\Delta z^2 + L_i^2)^{1/2} - L_0 \right] \cdot \sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{\Delta z}{L_i}\right)\right) + (n_{rh} - n_{rb}) \cdot k \cdot [\Delta y + \Delta L_i] \quad (2)$$

- $\Delta z$  : Déplacement vertical (pouce)
- $L_i$  : Longueur des ressorts à l'installation (lorsque le cadre intérieur est centré sur la plaque d'aluminium) (pouce)
- $L_0$  : Longueur des ressorts au repos (pouce)
- $\Delta L_i$  : Éirement des ressorts à l'installation ( $\Delta L_i = L_i - L_0$ ) (pouce)
- $k$  : Constante de rigidité des ressorts (lbs/pouce)
- $n_{rc}$  : Total du nombre de ressorts sur les côtés
- $n_{rh}$  : Nombre de ressorts en haut
- $n_{rb}$  : Nombre de ressorts en bas
- $P$  : Poids combiné du système de connecteur mâle et du cadre intérieur (lb)

Comme il s'agit d'une équation non linéaire, un solveur en ligne (dcode, 2022) a été utilisé pour tester les différents ressorts. À l'aide de ceci, le ressort suivant a été choisi :

- $L_0$  : 1,5 pouce
- $L_{max}$  : 3,58 pouces
- $k$  : 3,2 lbs/pouce

Pour aider à balancer le poids, un ressort en bas a été enlevé. Ainsi, le dernier terme de l'équation n'est pas égal à zéro. Comme exemple, le système est en équilibre statique avec le ressort choisi et les paramètres suivants :

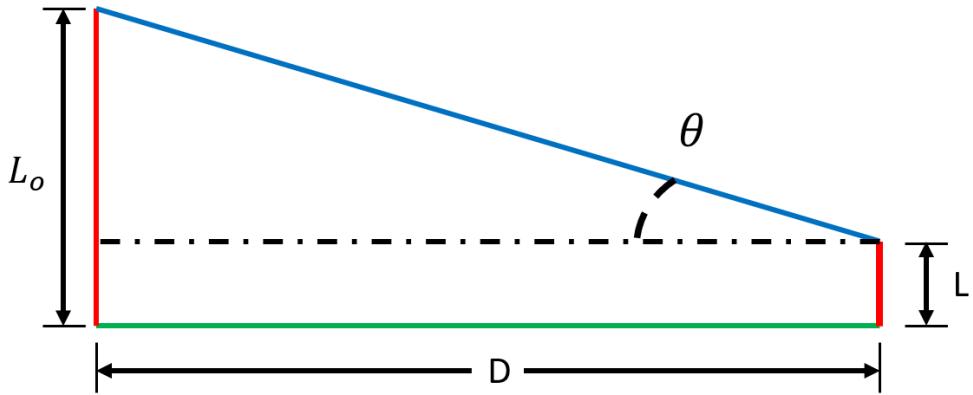
- $Li$  : 2,6 pouces
- $n_{rc}$  : 6
- $n_{rh}$  : 3
- $n_{rb}$  : 2
- $P$  : Environ 4 lb

Avec ceci, le déplacement vertical,  $\Delta z$ , obtenu est 0,12 pouce, soit environ 3 mm, ce qui est assez négligeable et donc acceptable pour le système de compliance. Le tolérancement de +/- 25,4 mm dans les deux directions a été choisi afin de rendre le système symétrique. En réalité, le tolérancement voulu pour l'axe Z est de -38/-0 mm, ce qui équivaut à un déplacement total plus petit. Même en partant 3 mm trop bas, le système est encore capable de respecter ce tolérancement. En effet, il peut couvrir un désalignement vertical de +28,4/-22,4 mm, ce qui reste conforme aux attentes.

### Ressorts pour les rotations

Pour les ressorts servant aux rotations, deux aspects importants doivent être considérés. Tout d'abord, les ressorts choisis doivent être assez forts pour que leurs fléchissements soient négligeables. Le système de connecteur mâle a un poids d'environ 3,5 lb et son centre de masse est assez près de la plaque d'aluminium qui le compose. La plaque est quant à elle beaucoup plus lourde que les cylindres. Ensuite, pour les besoins du projet, l'angle de rotation maximal à viser est d'environ 10 degrés. Les ressorts de rotation sont situés aux 4 coins du cadre intérieur, ce qui donne un carré de 4 pouces par 4 pouces.

Sur la Figure 11, la plaque du système de connexion est représentée en bleu, le cadre intérieur du système de compliance en vert et les ressorts en rouge. Puisque ce sont des ressorts de compression, l'angle maximal est obtenu en supposant qu'un ressort est compressé au maximum tandis que l'autre est au repos. De plus, pour un même déplacement, un D plus petit causera un angle plus important. Il faut donc prendre le D minimal entre deux ressorts, soit 2 pouces.



**Figure 11 - Angle de rotation obtenu par le système de compliance**

Pour le système, l'angle maximal se calcule avec l'équation (3) suivante :

$$\theta_{max} = \tan^{-1} \left[ \frac{L_0 - L_{min}}{D_{min}} \right] \quad (3)$$

Les ressorts choisis ont les paramètres suivants :

- $k$  : 73,61 N/po.
- $L_0$  : 1,25 po
- $L_{min}$  : 0,43 po

En utilisant ces paramètres et un diamètre de 2 pouces, l'angle maximal obtenu est de 10,27 degrés. Aussi, la force élastique maximale d'un ressort est de 60,37 N, ce qui donne un total de 241,47 N pour les 4 ressort. Les ressorts de rotation choisis sont les mêmes qu'au rapport précédent. Il faudra donc que le robot fournisse cette force pour écraser complètement le système de compliance. Cette valeur est importante pour choisir le bon ressort du support mural de la section suivante.

### Fabrication et tests

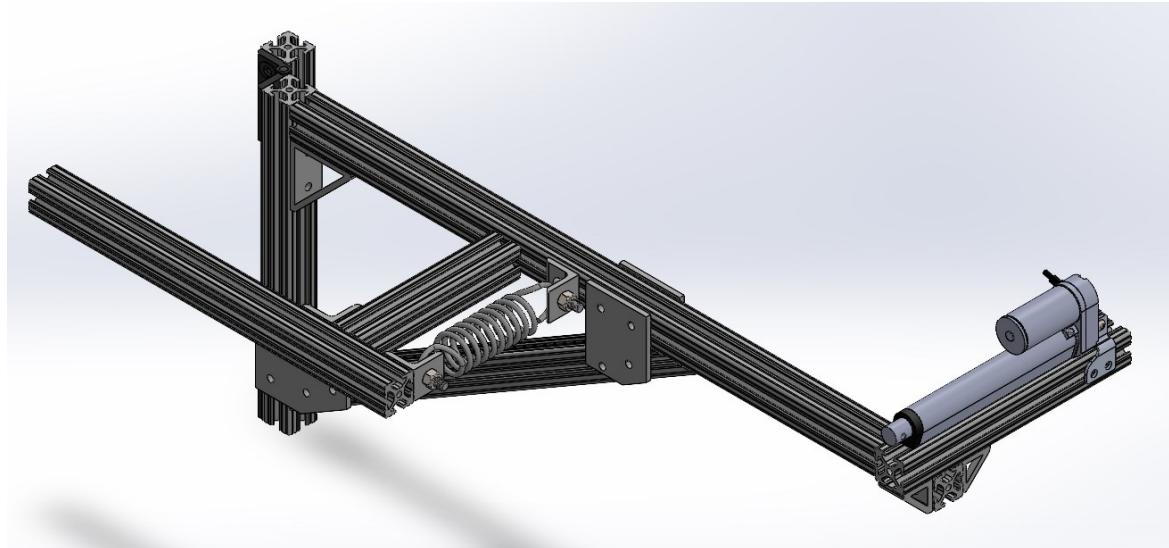
Lors de la fabrication, plusieurs problèmes ont été repérés et ont dû être corrigés par la suite. Le premier problème est arrivé lors du premier assemblage. Il porte sur le choix initial des ressorts servant aux translations. Les ressorts choisis lors du rapport précédent étaient des ressorts de compression. Lorsqu'ils ont été compressés et installés pour la première fois, un flambement important et inattendu s'est produit. Il y avait donc une flexion non négligeable qui se créait dans les ressorts, ce qui créait un dégagement non voulu entre la cadre intérieure et le reste du système. Pour y remédier, les ressorts de compression ont été changés par des ressorts de tension, ce qui empêche de flambement. De plus, des rainures ont été faites dans les pièces en L afin de permettre de descendre l'un des points d'attache des ressorts. En descendant l'un de ces points, un angle est créé et le cadre est forcé contre la plaque antiadhésive.

Le deuxième problème est arrivé pendant la phase de test. Pour économiser du temps et de l'argent, les supports en L ont été imprimés en PLA. En étirant le système au maximum, l'un des supports a brisé dans le bas. Pour le prototype, la solution rapide a été de les réimprimer, mais en doublant l'épaisseur et en ajoutant des renforts à 45 degrés. En réalité, ce seront des pièces pliées en aluminium et elles ne briseront donc pas.

Le dernier problème est arrivé lorsque le système assemblé en entier a été testé. Lorsque le robot recule, les cylindres entrent et sont guidés dans les entonnoirs. Le système de compliance est censé permettre des déplacements en translation et en rotation. Pour les petits désaxements, c'est-à-dire moins de 5 mm dans les 3 axes, le système fonctionne correctement. Cependant, lorsque les déplacements excèdent ce seuil, les déplacements en translation ne sont plus possibles, car la longueur des cylindres ainsi que la force exercée par l'entonnoir créent un moment trop important, ce qui force les cylindres à se déplacer qu'en rotation. Ce problème n'a malheureusement pas pu être corrigé pour le prototype final de ce rapport et des solutions seront proposées à la section sur les améliorations du projet.

## 2.3 Support mural

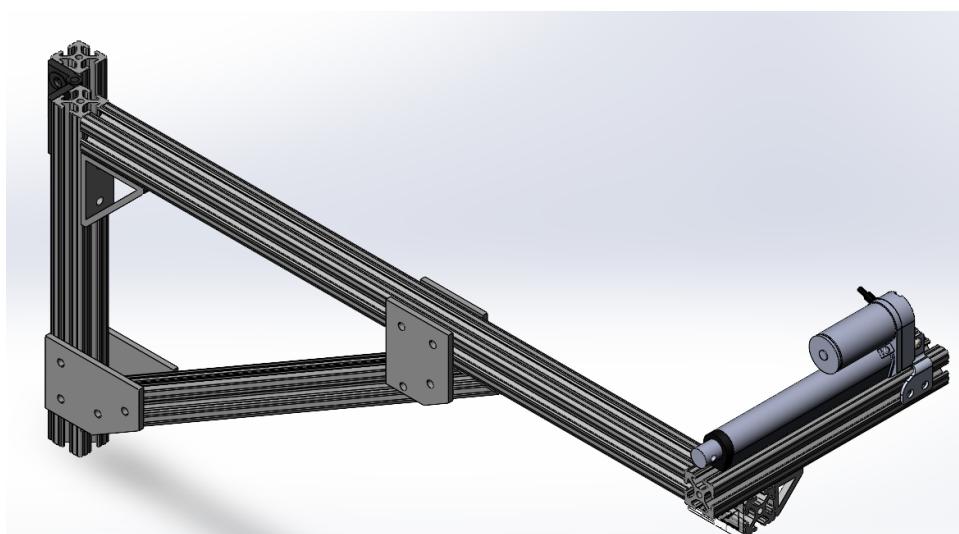
Le support mural, illustré à la Figure 12, tel que présenté dans le dernier rapport a été modifié afin d'adapter le concept aux forces calculées dans le système de compliance. Cependant, on retrouve les mêmes catégories de composantes dans le système final que dans le système présenté précédemment, soit : un ensemble de membrures ainsi qu'un système de butée et de ressort.



**Figure 12 - Système de support mural**

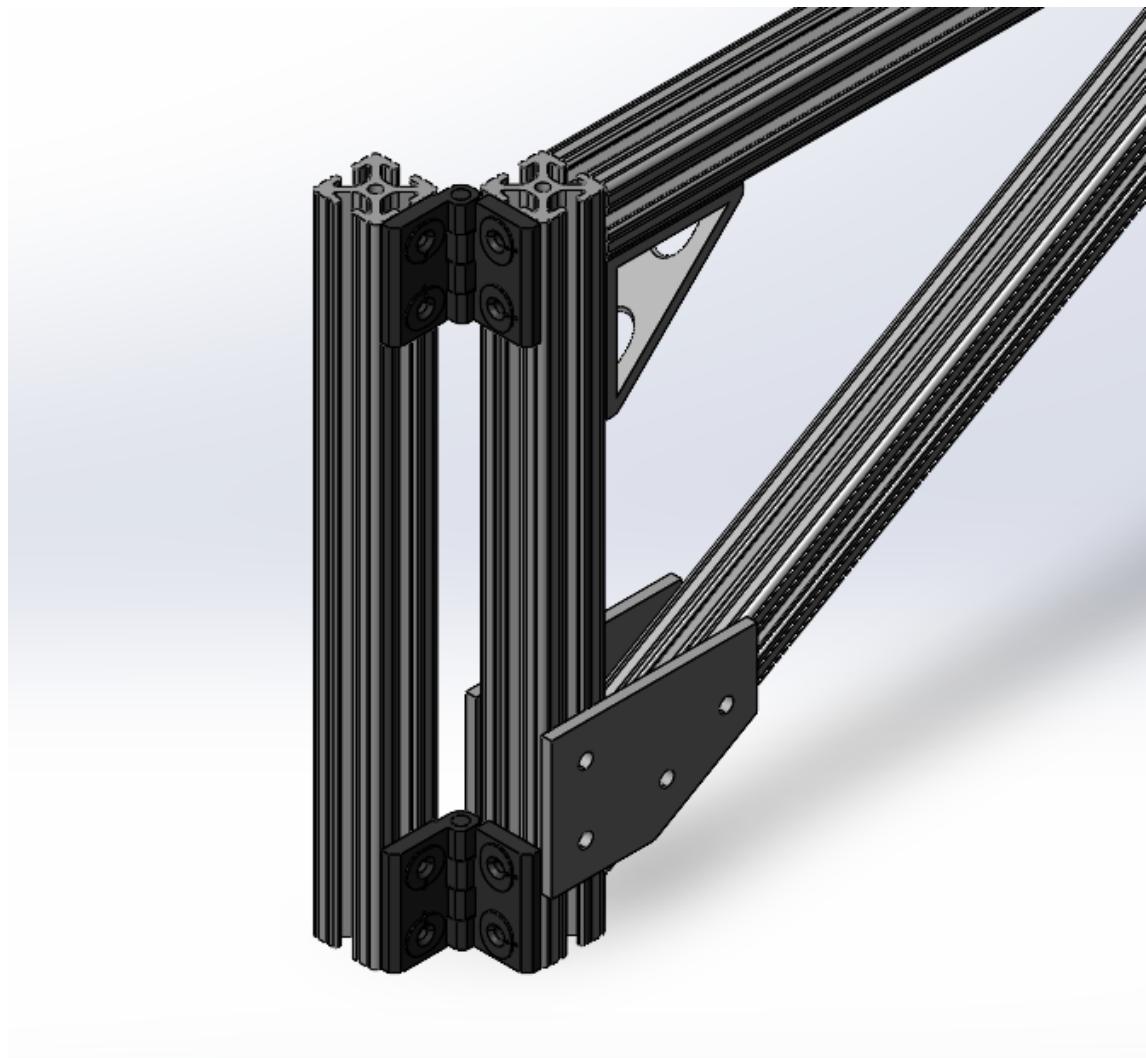
### Membrures

L'assemblage de membrure principal du système de support illustré à la Figure 13 sert principalement de structure de base pour l'assemblage du piston, du système de compliance et du connecteur mâle. C'est pourquoi la rigidité de cette structure est très importante.



**Figure 13 - Membrures du support mural**

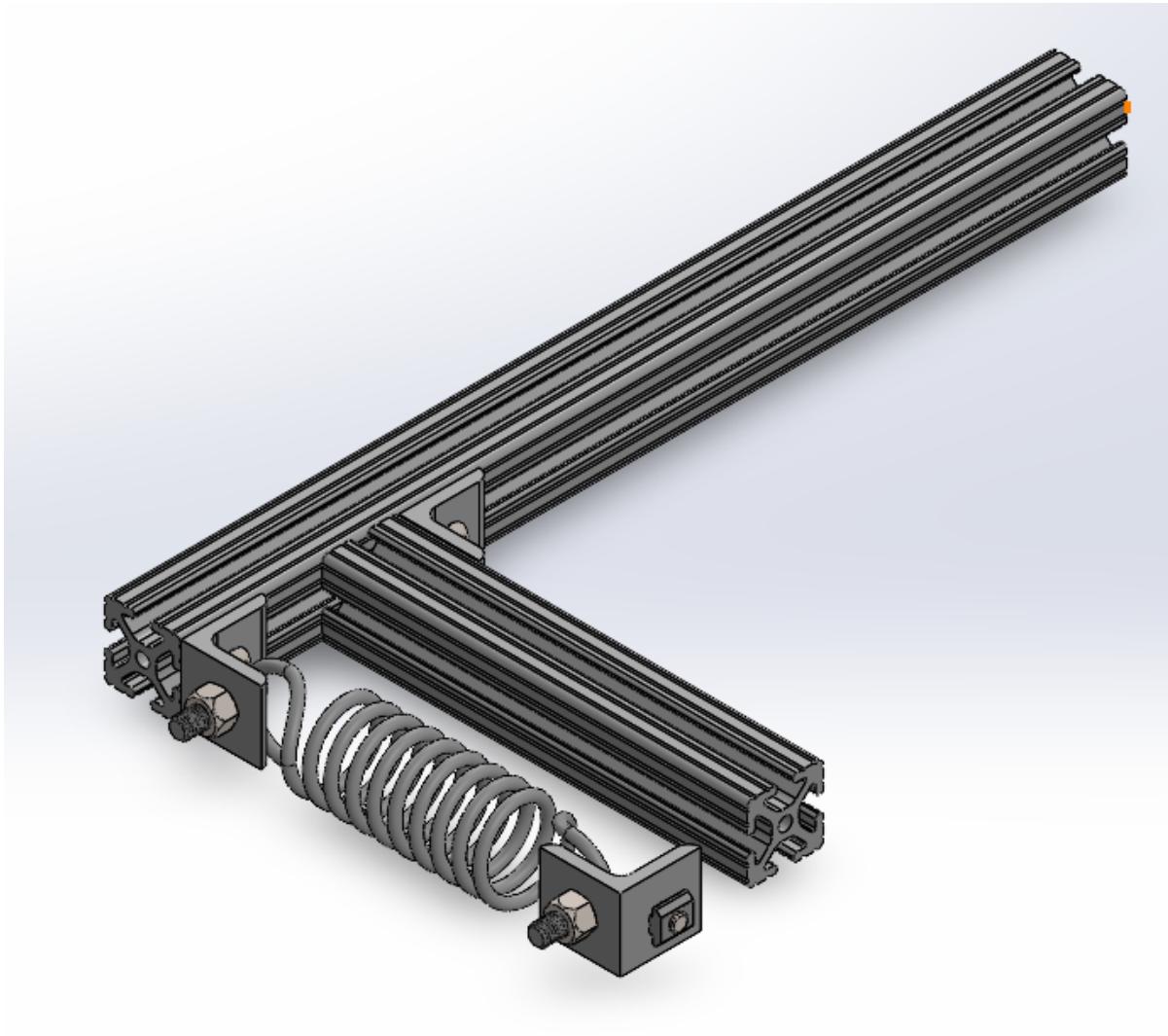
Principalement composée d'extrusions en aluminium, elle est assemblée par des plaques de type standard provenant du même fournisseur que les extrusions elles-mêmes. Ces matériaux ont été sélectionnés pour leur facilité d'accès et leur assemblage simple. Cet assemblage est attaché au mur par des pentures illustrées à la Figure 14. Le vérin est quant à lui fixé sur une membrure située perpendiculairement à la membrure principale. Celle-ci a d'ailleurs été placée afin que le centre de masse du vérin se trouve aligné sur la membrure principale. Les extrusions d'aluminium ont d'excellentes propriétés mécaniques, particulièrement en flexion, ce qui est optimal pour le chargement imposé sur le sous-système de support. Celles-ci, attachées à une autre extrusion servant de support mural, permettent une rotation du système dans le cas où la force appliquée par le robot sur le système serait supérieure à celle permise par le système de compliance, afin d'éviter tout bris d'équipement qui pourrait s'en suivre. Selon les calculs de résistance des matériaux effectués dans la phase de conception du projet, une membrure à  $45^\circ$  est nécessaire pour soutenir la poutre en flexion en minimisant l'effort de torsion engendré par le poids des autres sous-systèmes sur les pentures au mur.



**Figure 14 - Système de pentures**

### **Butée et ressort :**

Dans le cas où le robot appliquerait une force horizontale sur le support mural, il est important que le bras puisse amortir la force et y résister pour effectuer par la suite sa connexion adéquatement. Afin que cela se produise, le système illustré à la Figure 15 a été conceptualisé :



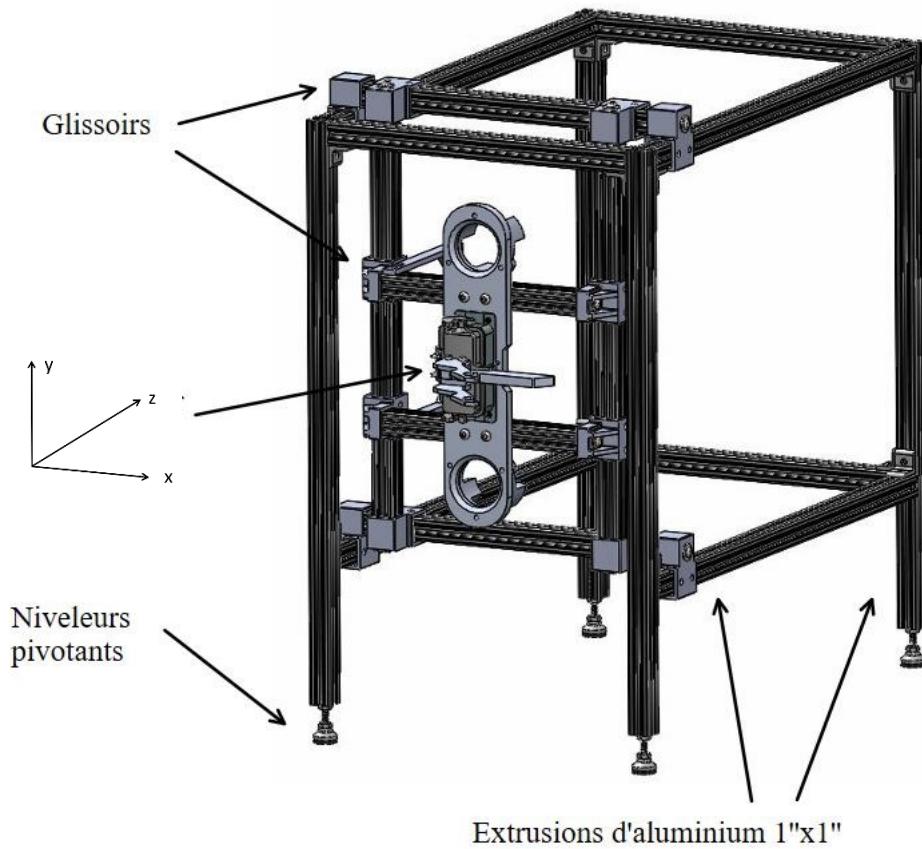
**Figure 15 - Système du ressort et de la butée**

Un ressort attaché à une membrure située parallèlement à la membrure principale sera en position initiale d'étirement, afin d'avoir en tout temps l'énergie stockée nécessaire pour fournir la force qui retiendrait le bras. Ce ressort est alors attaché à l'autre extrémité à la membrure principale. Le ressort a été choisi en fonction de la force à résister, qui est celle donnée par le système de compliance. Le ressort devra contraindre cette force pour pouvoir continuer son mouvement de connexion malgré l'amortissement. La force de compliance est de 241.74N, et avec le bras de levier, la force à contraindre serait donc de 495 N, et ce en ayant 1 ressort situé à 40 cm du mur. En effectuant les calculs nécessaires, le ressort idéal trouvé serait d'une constante de rigidité de 63.2 lb/in, positionné pour avoir un étirement initial de 4.4 cm. Les calculs sont détaillés à l'Annexe 4 - Calculs.

Puisque le ressort sera initialement étiré, il appliquera une certaine force sur le bras et celui-ci aura tendance à vouloir se déplacer, c'est pourquoi une butée a été posée pour retenir ce mouvement. Finalement, lorsque le ressort a été commandé sur McMaster, voir dans le BOM à l'Annexe 5 - Bill of Materials, celui-ci s'est avéré être beaucoup trop massif et fort pour pouvoir l'étirer à la main. Pour les tests, il n'a donc pas été installé sur le prototype. La solution à ce problème sera expliquée à la section 8, portant sur les modifications du projet.

## 2.4 Système de simulation

Ce système a pour objectif de simuler le robot RIAUPEL. Comme il n'était pas possible d'accéder directement au robot, nous avons développé un système ayant les fonctionnalités nécessaires pour effectuer des tests représentatifs de la réalité. La Figure 16 présente la version CAD du système de simulation.



**Figure 16 - Système de simulation**

La structure est composée d'extrusions d'aluminium de 1 po x 1 po. Le système permet de simuler le déplacement et la rotation du connecteur femelle dans les axes x, y et z. Des glisseurs ont été fixés aux extrémités des extrusions, afin d'effectuer facilement les déplacements dans chacun des axes. Pour une raison de simplicité, ces glisseurs sont des pièces en PLA imprimée avec une imprimante 3D. De plus, on remarque un bon glissement entre les pièces en PLA et les extrusions d'aluminium. Des niveleurs

pivotants, vissés aux 4 extrusions verticales de la structure, permettent d'ajuster l'angle du système de simulation. Cet ajustement de l'angle permet de considérer les cas où le robot ne serait pas tout à fait au niveau, par exemple s'il y a de la neige sous la base MATTRO. Un changement a été effectué au niveau des extrusions horizontales de la structure pendant la phase de fabrication. Au départ, des extrusions d'une longueur de 1 pied avaient été utilisées, mais afin d'améliorer la stabilité du système, celles-ci ont été remplacées par des extrusions de 2 pieds. Le connecteur femelle et l'entonnoir sont vissés directement dans les extrusions d'aluminium centrales.

Au courant de la phase de fabrication et de la phase de tests, le fonctionnement du système de simulation a été repensé. Au départ, l'objectif était de déplacer la partie centrale du système de simulation selon l'axe des z pour simuler l'arrivée du robot et effectuer la connexion. Toutefois, il s'est montré plus efficace de simplement avancer le système de simulation complet. Pour cette raison, des coussinets ont été ajoutés sous les niveleurs afin de faciliter le glissement au sol. Cependant, afin d'avoir une position précise du connecteur femelle lors des tests, il est préférable d'utiliser le système tel que prévu initialement.



**Figure 17 - Support temporaire**

Comme la fabrication du produit et les tests étaient effectués à Polytechnique Montréal, il n'était pas possible de fixer le support mural sur l'un des murs de l'établissement. Afin de faciliter la complétion des tests, une petite plateforme temporaire a donc été construite telle que le démontre la Figure 17. Cette

plateforme, fixée à un objet stable à l'aide d'une serre en C, supporte le vérin, le système de compliance ainsi que le connecteur mâle. Cette plateforme ne fait pas partie du produit final remis au client.

## 2.5 Système électrique

Afin d'effectuer un mouvement transversal et assurer la bonne connexion de la prise, un vérin électrique a été choisi comme une solution triviale. En effet, ce vérin donnera la possibilité d'activer et de contrôler manuellement la recharge du robot. Actuellement, ce vérin doit répondre à diverses exigences afin de respecter les spécifications et les critères élaborer dans le cahier de charge. Cet outil doit bien résister aux forces qui s'y exercent et doit fournir une force de connexion prédominée entre 20 N et 30N. Après une recherche détaillée avec nos fournisseurs, on a choisi un vérin électrique de 25 lb (111N) ce qui est amplement suffisant en comparant à la force demandée.



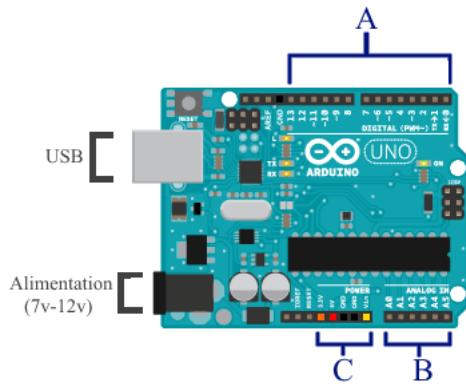
**Figure 18 - Système électrique**

Le déplacement maximal de 2 pouces en translation du vérin a été choisi, qui représente la plus petite distance pour les vérins ayant une force de poussée de 25 lb. La plus petite distance est choisie afin de minimiser l'effet de moment de flexion qui sera provoqué par l'application du poids des systèmes accrochés à l'extrémité du cylindre. En conséquence, un système électrique doit accompagner le vérin pour garantir le bon fonctionnement de ce dernier illustré à la Figure 18. D'où vient l'utilité d'utiliser une carte électronique programmable comme Arduino afin de rendre le système plus intelligent et pour bien animer le système mécanique. Étant donné que le système doit

être fonctionnel et sécuritaire, plusieurs composantes électriques ont été mises en place. Le tableau suivant présente les modules électriques utilisés, avec leurs spécifications.

## Choix des composantes

### Arduino Uno



**Figure 19 - Arduino Uno**

Les cartes électroniques programmables telles que Arduino Uno, illustré à la Figure 19, sont capables de gérer divers types de fonctions et commande électronique. Il dispose de 20 broches d'entrée et de sortie numériques, un bouton de réinitialisation et une connexion micro USB. Il contient tout le nécessaire pour prendre en charge du microcontrôleur. Juste en le connectant avec un câble USB, on peut commencer à programmer en utilisant le langage de programmation C++. Le Tableau 2 dévoile les entrées et les sorties des broches de cette carte numérique.

**Tableau 2 - Entrées et sorties des broches de la carte numérique**

Sigle de l'entrée	Description	Code C++
<b>A</b>	Broches d'entrée numérique (1 ou 0). Utilisé pour contrôler les extensions électroniques	Fonctions <i>digitalWrite()</i> et <i>digitalRead()</i>
<b>B</b>	Broches d'entrée analogue. Utilisé pour contrôler les extensions électroniques	Fonction <i>analogRead()</i>
<b>C</b>	Broches d'alimentation électrique : <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Rouge</b> : sortie 5 V (+)</li> <li><b>Orange</b> : sortie 3,3 V (+)</li> <li><b>Noire</b> : Broche de terre (-)</li> <li><b>Jaune</b> : entrée reliée à l'alimentation (7 V - 12 V)</li> </ul>	N/A
<b>USB</b>	Connecteur USB	N/A
<b>Alimentation</b>	Port d'alimentation	N/A

## L298N Driver

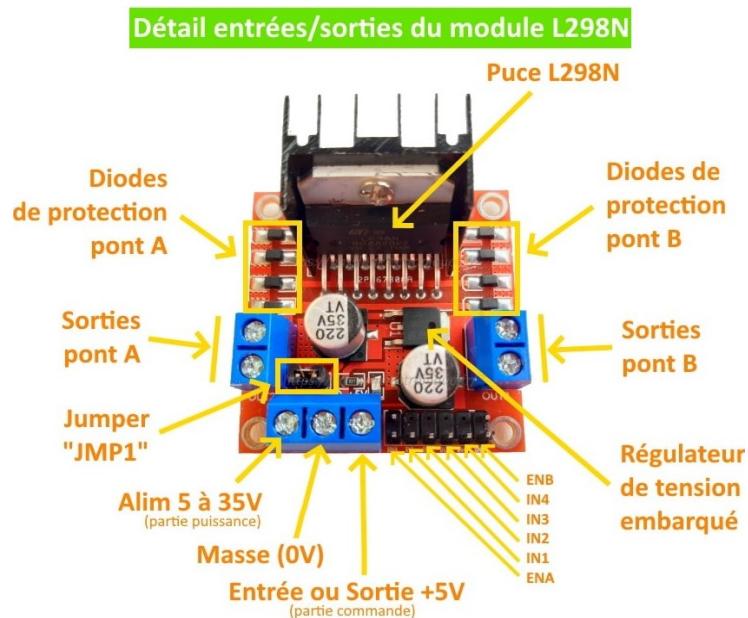


Figure 20 - Explication des broches du L298N

Ce module est capable de contrôler la puissance de 2 moteurs à haute puissance, ainsi que des moteurs à voltage continu. Ce module, illustré à la Figure 20, est composé d'un circuit pilote de moteur L298N et d'un régulateur 78M05 5 V.

Les sorties de ce module sont présentées dans le Tableau 3 :

Tableau 3 - Sorties du module L298N

Sigle de l'entrée	Description
IN1 & IN2	Broches d'entrée du moteur A. Utilisé pour contrôler le sens de rotation du moteur A
IN3 & IN4	Broches d'entrée du moteur B. Utilisé pour contrôler le sens de rotation du moteur B
ENA	Active le signal PWM pour le moteur A
ENB	Active le signal PWM pour le moteur B
OUT1 & OUT2	Sortie 1 pour insérer le moteur A
OUT3 & OUT4	Sortie 2 pour insérer le moteur A
12V	Entrée de 12 V qui vient de l'alimenter électrique du piston
5V	Entrée de 5 V qui alimente le circuit logique de commutation à l'intérieur du circuit intégré L298N
GND	Broche de terre

Étant donné que ce module gère les commandes de réglage de la vitesse des moteurs, on l'a utilisé afin de contrôler le sens de mouvement du piston tant pour l'ouverture que la fermeture, et ainsi la vitesse du piston. Cette unité électrique a permis également d'ajouter un module électrique à vitesse réduite afin d'examiner le comportement du piston en égard la vitesse de roulement. Cette fonctionnalité permettra également d'expliquer la capacité ou les limites de fonctionnement du piston.

## **Capteur IR**

Pour pouvoir commander le piston à distance, un capteur infrarouge a été installé afin de contrôler le piston et tous les modules intégrés avec ce dernier. Ce capteur IR capte des rayons invisibles à l'œil nu sous forme de rayonnement thermique. Ces rayonnements proviendront de n'importe quel objet qui émet de la chaleur. Dans notre cas, on utilisera une télécommande électronique, où nous allons attribuer un code spécial à chaque bouton répertorié. Cette télécommande assurera une zone de sécurité à distance pour le client, car elle permettra d'actionner le piston à distance sans aucune intervention humaine. Le Tableau 4 présente une description du code assigné à chaque bouton.

**Tableau 4 - Description de la télécommande (Figure 21)**

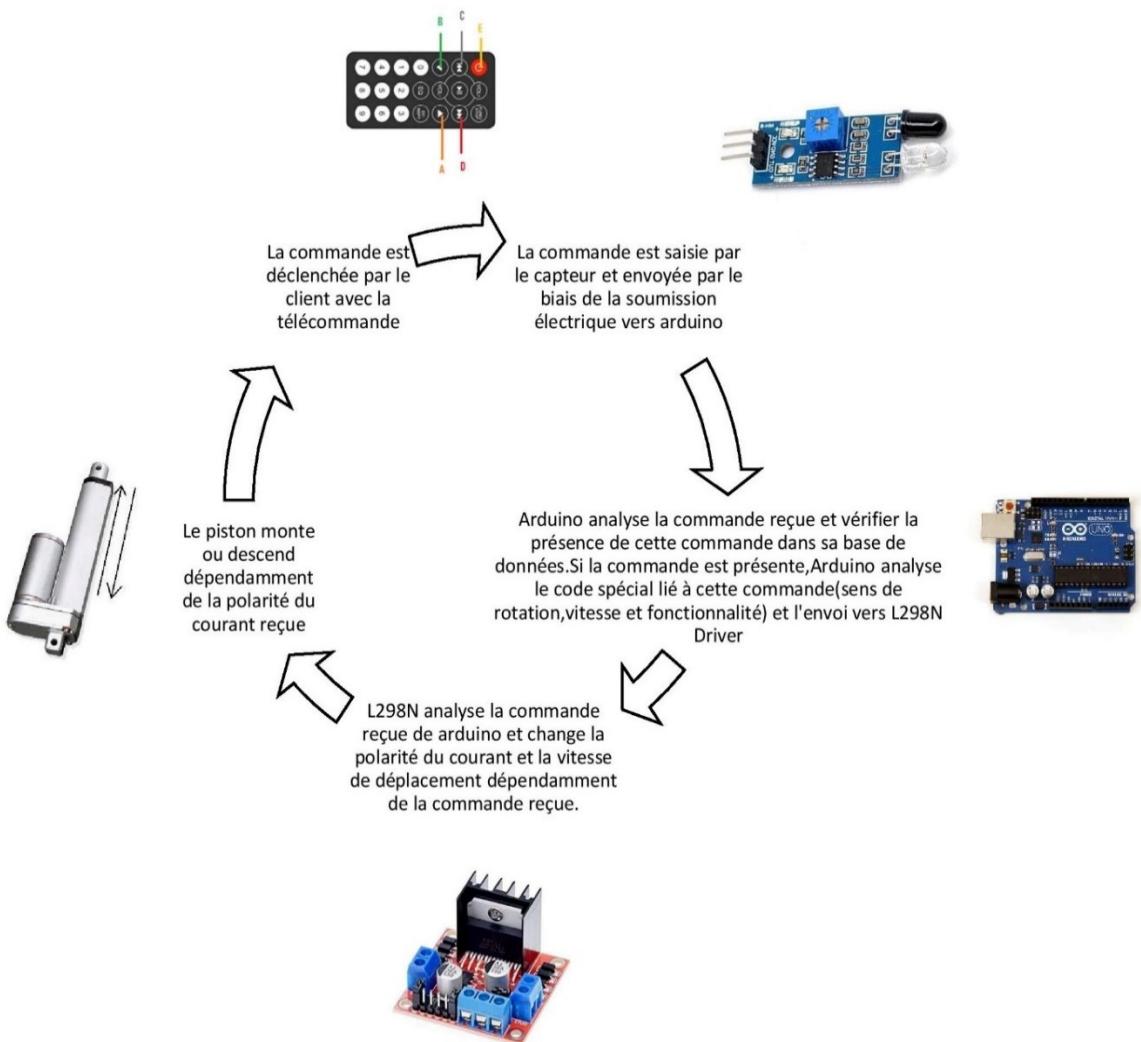
 <b>Figure 21 - Télécommande du système</b>	<b>A</b>	Le piston monte avec une vitesse de 255 PWM
	<b>B</b>	Le piston descend avec une vitesse de 255 PWM
	<b>C</b>	Le piston commence à descendre avec une vitesse de 0 jusqu'à 255 PWM
	<b>D</b>	Le piston commence à monter avec une vitesse de 0 jusqu'à 255 PWM
	<b>E</b>	Arrêt d'urgence

## **Diverses pièces électroniques :**

Diverses pièces électroniques ont été utilisées durant la phase de conception du système électrique. Des D.E.L. colorées ont été installées pour avertir l'utilisateur et dépanner le système en cas de *bug*. Également, un système d'alarme sonore lié aux D.E.L. colorées s'élancera lorsque l'utilisateur appuie sur les boutons mentionnés dans le Tableau 4. Cette alarme alertera le client en cas d'urgence ou de faille électrique.

- LED :
  - **Vert** :
    - Clignotant: compte à rebours pour commencer
    - Non Clignotant: la machine est prête
  - **Jaune** : Mode en veille
  - **Rouge** : Arrêt d'urgence
- Buzzer
- Fils électriques

La Figure 22 et la Figure 23 résument le fonctionnement du système.



**Figure 22 - Fonctionnement du système électronique**

## Schéma électrique

Il est possible de voir à la Figure 23 le schéma électrique qui permet l'activation du vérin électrique. Le code dans le Arduino est présent à l'Annexe 3 - Code Arduino.

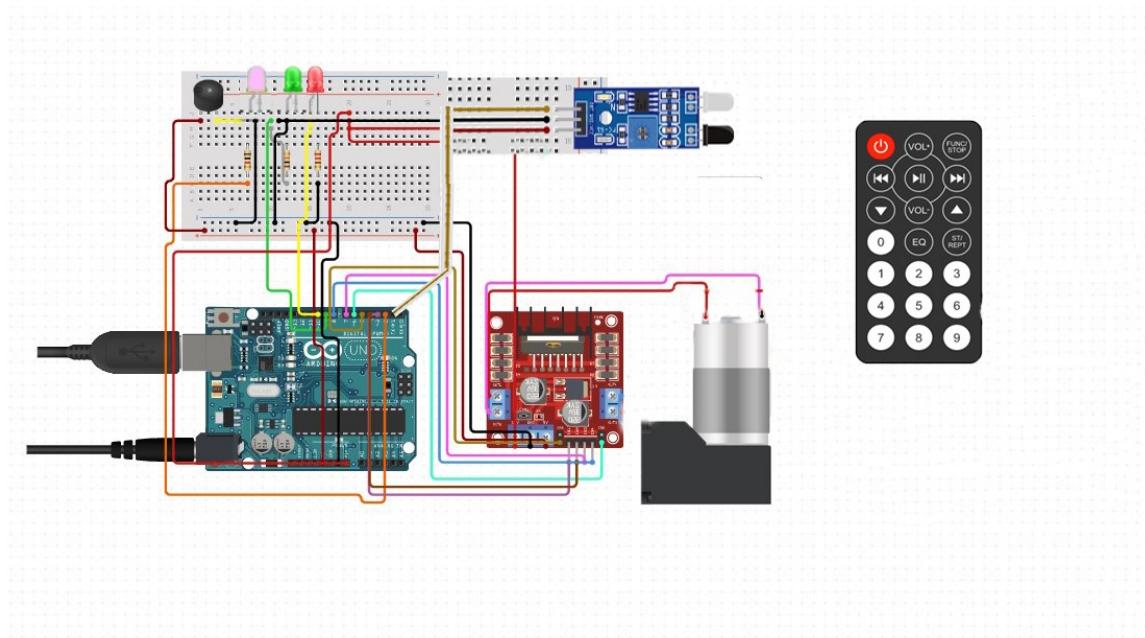
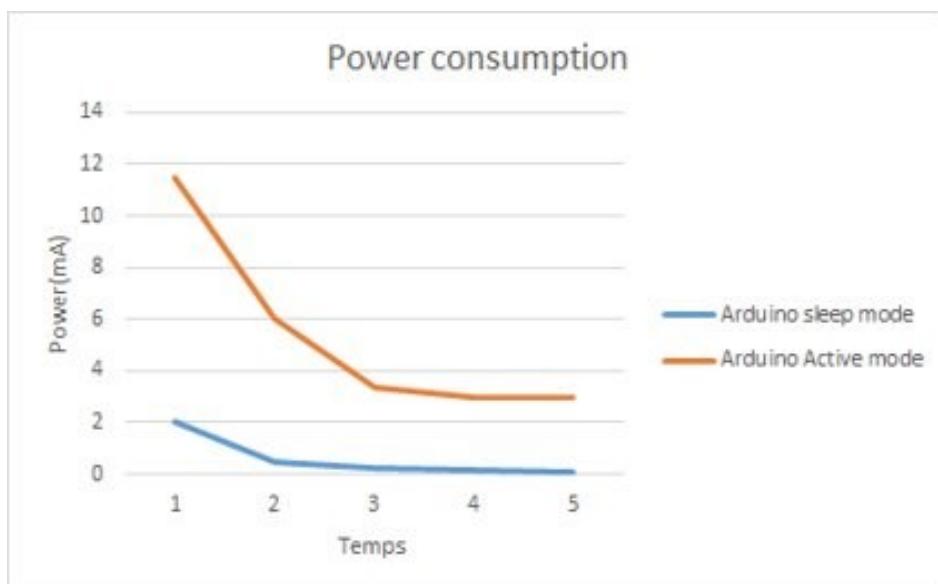


Figure 23 - Schéma du circuit électrique

## Mode veille

La plupart du temps, la carte électronique sera inutilisée ce qui signifie que le système consommera de l'électricité sans utilité. Pour cela, l'ajout d'un module électronique a été fait, ce qui mettra l'Arduino en veille lorsque nous ne l'utilisons pas. Par conséquent, l'Arduino se met en veille après 1 minute de non-fonctionnement, et il commencera à s'éteindre tout en conservant les fonctionnalités essentielles comme capter les rayonnements infrarouges. Ce module diminuera la consommation électrique par rapport aux temps et par la suite, la consommation électrique va être négligée. Pour vérifier l'efficacité de ce module électrique, deux tests ont été faits où la consommation électrique a été mesurée après 5 min de fonctionnement. Le résultat obtenu, illustré à la Figure 24, montre que lorsque Arduino est en mode veille, il consomme une quantité négligeable de l'électricité par rapport au temps tandis qu'il consomme deux fois plus d'électricité pour un Arduino initialisé sur les options par défaut.



**Figure 24 - Graphique illustrant la différence d'utilisation de la puissance en mode veille VS en mode normal**

## 3. Fabrication

### 3.1 Méthode de fabrication

Plusieurs méthodes de fabrication ont été utilisées au cours du projet pour permettre la création de la solution finale. Les choix de ceux-ci seront expliqués dans cette section.

#### Impressions 3D

Plusieurs pièces ont été imprimées en 3D grâce aux imprimantes présentes chez les membres de l'équipe. Ce procédé a été utilisé pour la majorité des pièces qui ont eu plusieurs itérations, car celui-ci était rapide et simple d'utilisation. Ainsi, les pièces ont pu être rapidement testées et implémentées dans l'assemblage pour démontrer la fonctionnalité du concept. De plus, le client avait à sa disposition une imprimante 3D, qui permettait de faire des pièces plus grosses que ceux présentent chez les étudiants. Ainsi, quelques pièces ont été imprimées par celui-ci lorsqu'elles étaient finales, pour éviter la découpe d'une pièce fonctionnelle en deux et d'ainsi appliquer de la colle entre elles pour les maintenir en place. Avec l'utilisation de ce procédé, plusieurs pièces ont été surdimensionnées pour assurer que ceux-ci allaient supporter les forces appliquées. En modifiant le procédé lors de la création de la version produite sur le marché, celles-ci pourront être optimisées pour réduire la grosseur du système.

#### Découpe Laser

Le procédé de découpe par laser a été utilisé pour découper la plaque de frottement en nylon du système de compliance. Cette pièce a été découpée par un membre de l'équipe au PolyFab à Polytechnique Montréal. La machine qui a été utilisée est la Speedy 300 CO2. Cette machine permet de découper ou graver des matériaux non métalliques à une grande précision. (PolyFAB, 2022)

#### Découpe et en entreprise

Pour découper les plaques d'aluminium, une fraiseuse CNC industrielle a été utilisée. Cette machine assistée par ordinateur permet d'obtenir une très grande précision. La découpe a été effectuée par l'atelier de découpe et pliage Dubé Hamel Inc. à Beloeil. Cette compagnie a été choisie, car l'un des membres a déjà fait découper des pièces à cet endroit lors d'un stage. Cette compagnie offre des délais de fabrication très courts. (DubéHamel, 2022)

#### Fabrication maison à l'atelier

Les fabrications à l'atelier ont principalement été menées afin d'optimiser le système d'ouverture et de fermeture du verrou. L'espace disponible pour le mécanisme d'ouverture de verrou étant très limité, la géométrie des pièces a également été modifiée quelquefois afin de perfectionner le mécanisme. De plus, le positionnement des pièces est primordial pour bon fonctionnement du mécanisme et permet au verrou de s'ouvrir avant le clapet et de se refermer après celui-ci. Ce positionnement étant difficile à calculer, la méthode essais-erreur a été privilégiée pour l'optimisation du concept. Pour permettre des

modifications rapides et précises, un premier prototype en bois a été fabriqué en atelier afin de déterminer le positionnement et la géométrie générale des composantes.

Les premières pièces initialement fabriquées par impression 3D n'avaient pas une assez grande résistance mécanique pour assurer la force nécessaire à l'ouverture et à la fermeture de verrou. Pour régler ce problème, des renforts fabriqués sur mesure en atelier par des membres de l'équipe ont été ajoutés au système. Finalement, la rallonge en acier présent sur le système de verrouillage du connecteur femelle sur le prototype a également dû être modifiée en atelier par pliage afin d'obtenir l'angle nécessaire pour l'ouverture du verrou parfaitement adapté à la géométrie de la tige.

L'ensemble des procédés fait en atelier pour la fabrication du prototype ne seront pas nécessaires dans la fabrication du produit final selon les plans et dessins en Annexe 6 - Dessins techniques. Les pièces modifiées en atelier seront en réalité des pièces fabriquées sur mesure dans différents matériaux plus résistants et ne nécessiteront pas de modifications en atelier.

### **Achat des pièces**

Plusieurs fournisseurs ont été contactés pour l'achat des pièces nécessaires à la création du produit. Pour les achats de quincaillerie, Fastenal a été utilisé pour leur délai de livraison et leurs prix relativement bas. Pour les extrusions d'aluminium, Faztek a été contacté pour leurs prix très bas et leur rapidité de service. Pour les pièces spécifiques à l'assemblage et nécessitant les dessins CAD, ceux-ci ont été achetés directement de McMaster. Les pièces électroniques ont été achetées via Amazon dû à la rapidité de livraison. Le vérin ainsi que l'alimentation de celui-ci ont été achetés directement sur Progressive Automatisation. Finalement, en fin de projet lorsqu'un item était manquant, celui-ci était acheté dans des quincailleries standards telles que BMR ou Home Depot.

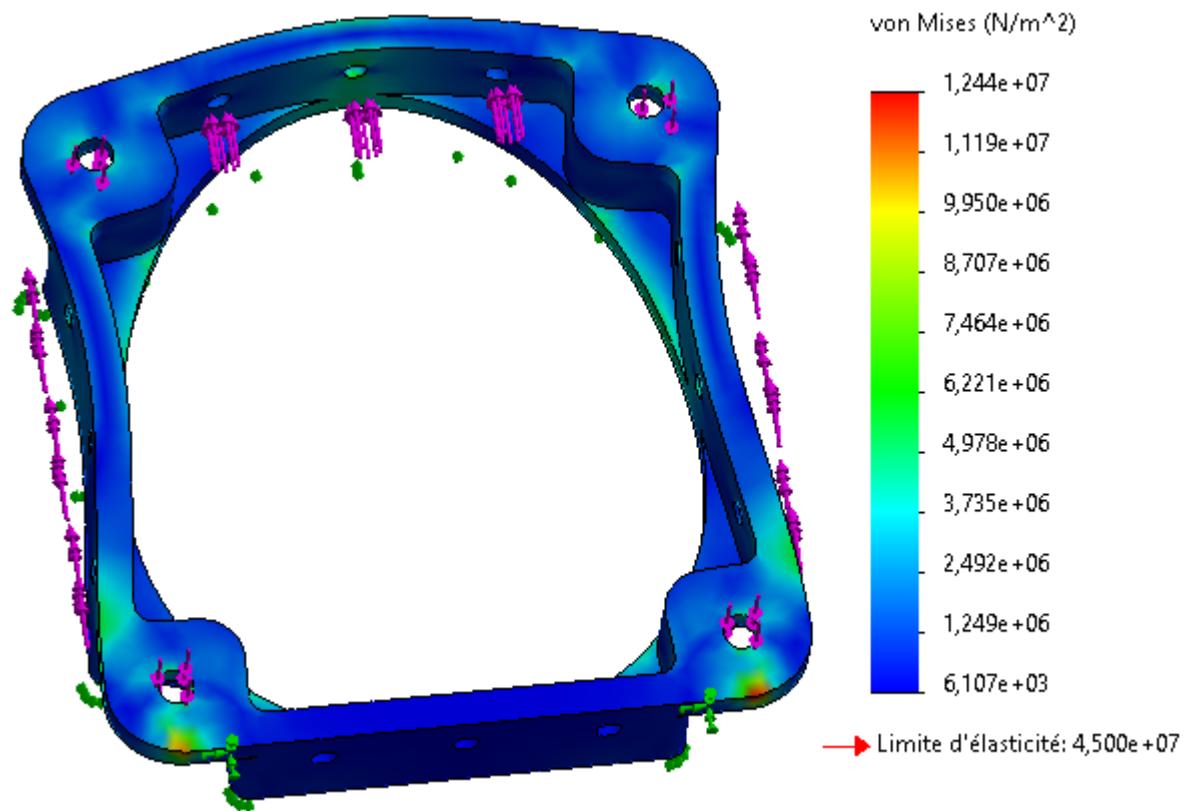
## **3.2 Éléments finis**

Afin de s'assurer de la solidité du produit, des études par éléments finis ont été faites sur plusieurs pièces critiques. En voici 2 exemples sur les pièces suivantes : le cadre intérieur et les supports en L du système de compliance. Les simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel de modélisation SolidWorks 2020. La taille des éléments de maillage est de 0,76 mm.

### **Cadre intérieur**

Pour le cadre intérieur, un déplacement vers le bas maximal est supposé. C'est à ce moment que les forces exercées par les ressorts de translation sur le cadre sont maximales. Ainsi les forces verticales des 3 ressorts du haut sont égales à 28,5 N et celles des ressorts sur les côtés à 17,7 N. À cette position, les ressorts du bas sont au repos. Le DCL pour les ressorts de translation est visible sur la Figure 10. Pour les ressorts de rotation, une compression maximale est supposée, ce qui permet d'obtenir une force maximale. Il est aussi supposé que toutes ces forces s'appliquent en même temps sur le cadre. Pour simuler, le cadre touche toujours à la plaque en dessous et le côté du bas est fixe. Il peut cependant

glisser sur cette dernière. Le cadre est imprimé en PLA, un matériau ayant une limite d'élasticité d'environ 45 MPa. La Figure 25 suivante montre les contraintes Von Mises obtenues pour ce scénario. Les déplacements sont exagérés pour améliorer la visibilité.

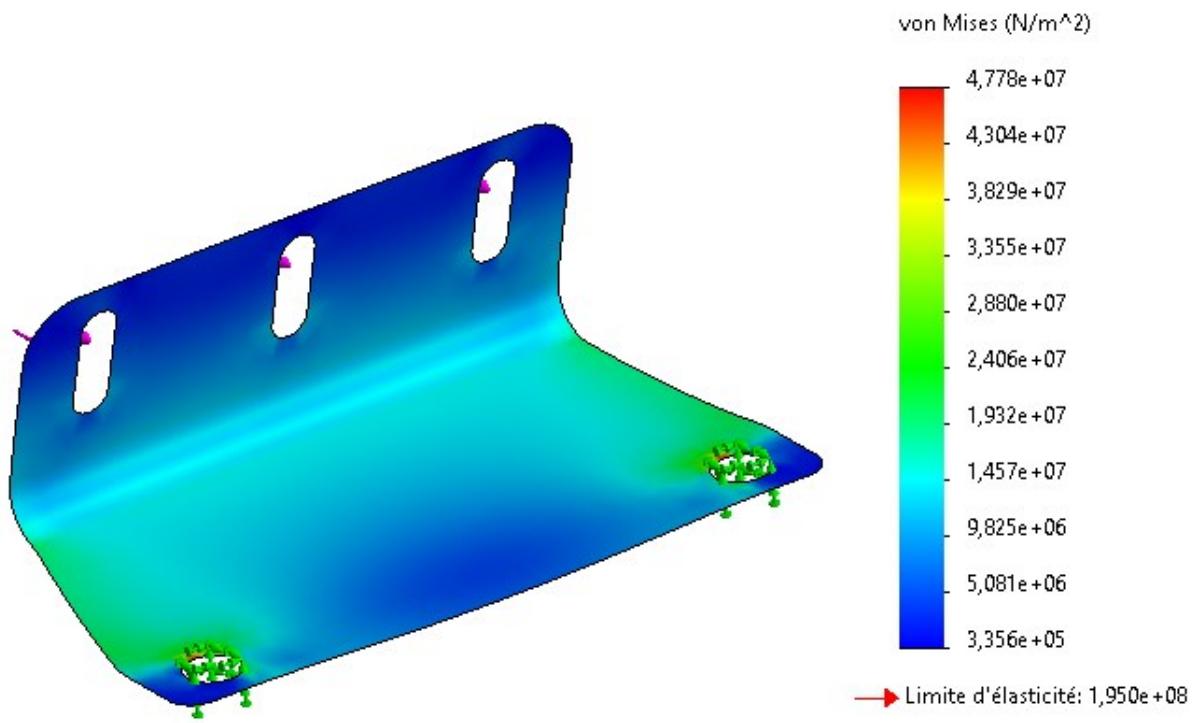


**Figure 25 - Analyse par éléments finis sur le cadre intérieur**

Selon l'analyse par éléments finis, le coefficient de sécurité minimal obtenu est de 3,6, puisque la contrainte maximale est de 12,4 MPa. La pièce est donc sécuritaire et peut rester en PLA. D'ailleurs, cette pièce est l'une des rares qui n'a jamais brisé durant les tests.

### **Supports en L**

Pour les supports en L, la force maximale est appliquée lorsque les ressorts de translation sont étirés au maximum. Ce scénario se produit lorsque le cadre intérieur est dans la même position qu'à la première analyse. Dans ce cas, la force de chaque ressort est de 28,5 N. La fixation des supports sur le système se fait à l'aide de 2 boulons. C'est donc à ces endroits que la pièce sera fixée dans l'analyse par éléments finis. De plus, la pièce est en aluminium. La Figure 26 suivante montre les contraintes Von Mises obtenues lors de l'application de la force maximale.



**Figure 26 - Analyse par éléments finis sur les supports en L**

Selon l'analyse par éléments finis sur la pièce, le facteur de sécurité minimal obtenu est de 4, puisque la contrainte maximale est de 4,7 MPa. La pièce est donc assez solide et très sécuritaire. Cette pièce avait initialement été faite en PLA et elle a brisé lors des premiers tests.

## 4. Analyse du produit optimal



**Figure 27 - Analyse du produit optimal**

La Figure 27 illustre le produit en phase de test.

### 4.1 Tests

Cette section a pour but d'expliquer la procédure des tests et les résultats obtenus. Les tests ont pour but de valider le fonctionnement et la conformité du produit, en se référant aux exigences du cahier des charges. Comme les tests étaient effectués à la Polytechnique Montréal, il n'a pas été possible d'effectuer les tests du produit complet avec le support mural. Le support mural a été testé indépendamment du reste du système.

#### Procédure des tests

Cette section a pour but de détailler la procédure des tests. Dans un premier temps, une liste de points aléatoires pour chaque variable x, y et z a été générée. Ces coordonnées correspondent à la position du connecteur femelle selon les axes x, y et z. Les coordonnées aléatoires font partie de l'intervalle exigé par le cahier des charges. Des coordonnées aléatoires ont été générées de la même manière pour la rotation du connecteur selon les axes x, y et z. On obtient ainsi une combinaison aléatoire de coordonnées pour chaque test. Lors de chaque test, on souhaite valider l'ouverture et la fermeture du verrou, l'ouverture et la fermeture du couvercle, et finalement la réussite de la connexion ceux-ci sont résumés dans le Tableau 5. En raison de certains problèmes rencontrés, qui seront explicités lors de la prochaine section, seulement 22 tests ont été effectués sur le système.

**Tableau 5 - Procédure de tests**

Position			Angle			Ouverture de la lock	Ouverture du couvercle	Fermeture de la lock	Fermeture du couvercle	Réussite de la connexion
x (mm)	y (mm)	z (mm)	x	y	z					

## Problèmes rencontrés

Plusieurs problèmes ont été rencontrés lors de l'assemblage des différents sous-systèmes et de la complétion des tests. Premièrement, en raison du budget limité, plusieurs composants qui auraient dû être fabriqués en aluminium ont été imprimés en PLA. Pour cette raison, ces composants n'avaient pas les propriétés mécaniques voulues, ce qui a compliqué le fonctionnement de certains sous-systèmes, comme le système d'ouverture du verrou. Plusieurs tests se sont alors montrés inconcluants face à ces difficultés. Deuxièmement, en raison de la longueur des cylindres, le système de compliance n'agissait pas tout à fait comme prévu lors de désaxements importants. Ensuite, le vérin choisi n'était pas tout à fait assez puissant pour faire la connexion du connecteur. Le vérin avait été choisi en fonction des données techniques initialement reçues, mais certaines forces de friction ont été négligées lors de la sélection du composant. Idéalement, une centaine de tests auraient dû être effectués sur le système de recharge afin de valider sa fiabilité, mais prenant en compte les difficultés techniques énoncées précédemment, il n'a pas été possible de tester les limites du système en fonction du désaxement.

### Résultats des tests

Le tableau suivant présente les résultats obtenus lors des tests. Comme mentionné plus tôt, il n'a pas été possible d'effectuer autant de tests que prévu. Les tests concluants étaient tous à une position neutre du connecteur femelle. Dès que le connecteur mâle a un désaxement trop important, les systèmes d'ouverture et de fermeture du clapet et du verrou ne fonctionnent pas. Un résumé des tests est décrit au Tableau 6. La mention *Assisté* signifie que le système a besoin d'une intervention humaine pour fonctionner complètement. On remarque que l'ouverture et la fermeture du système de verrouillage nécessitent souvent de l'assistance pour fonctionner complètement. Pour une position neutre, le système d'ouverture et de fermeture du couvercle présente une excellente fiabilité. Le système a ouvert et refermé ce couvercle dans presque l'entièreté des tests effectués à une position neutre.

**Tableau 6 - Résultats des tests pour une position neutre**

Position			Angle			Ouverture de la lock	Ouverture du couvercle	Fermeture de la lock	Fermeture du couvercle	Réussite de la connexion
x (mm)	y (mm)	z (mm)	x	y	z					
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Assisté	Assisté	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Assisté	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Assisté	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

## 4.2 Impacts environnementaux et sociaux

L'augmentation de la consommation exorbitante en égard les matériaux premiers, l'industrialisation, l'urbanisation et la croissance des besoins des êtres humains menacent la planète et compromettent la capacité des générations futures à répondre à leurs besoins et à leurs nécessités. Pour cela, et pour bien évaluer les risques environnementaux découpés de ce projet, une étude d'impact sur l'environnement a été munie. Il serait d'une importance cruciale d'évaluer tous les flux entrants et sortants de toutes les phases du cycle de vie en considérant la consommation énergétique et les dégâts tant positifs que négatifs de notre projet. Cette approche vise à empêcher la détérioration de l'environnement, et à assurer la viabilité des écosystèmes et la protection des besoins de cette génération et la génération future. En ce qui concerne le produit final :

- La plupart des pièces sont en aluminium ce qui signifie qu'elles pourront être recyclées.
- Le produit final est réparable et démontable ce qui aidera en cas de bris de matériel.
- Les pièces prototypes sont en PLA (matière recyclable).
- Le système électrique est muni d'un mode en veille afin de réduire la consommation électrique et les gaz à effets de serre.

Concernant l'impact social, notre système garantit la sécurité de l'usager en utilisant des alertes sonores avant le lancement de la machine. Ceci peut réduire les accidents et les conséquences hasardeuses inattendues. En effet, le but de ce projet est de réduire l'activité humaine durant l'inspection dans les postes de transports dans les régions éloignées. Cette autonomie pourra donc réduire les risques de blessures de ces derniers, surtout dans les endroits difficiles d'accès.

## 5. Gestion de projet

### 5.1 Budget

Pour la fabrication, un budget de 200\$ par étudiant a été fourni par Polytechnique, soit un total de 1200\$ pour 6 étudiants. Le client s'est aussi engagé à fournir un montant similaire au besoin. Au total, il y avait donc un budget d'environ 2400\$ alloué au projet. Initialement, 290,50\$ a été dépensé pour l'achat des composantes électriques, 127,00\$ pour la fabrication des plaques d'aluminium découpées à la CNC. De plus, un montant de 767,51\$ a été requis pour l'achat des pièces standard de quincaillerie et d'extrusion chez McMaster Carr, Faztek et Fastenal, ce qui donne un premier total de 1185,01\$.

Lors de la fabrication, plusieurs pièces ont dû être modifiées, ou remplacées. Par exemple, un montant de 130\$ a été requis pour modifier le système de compliance. Aussi, de nombreuses pièces en PLA ont été imprimées et réimprimées afin d'améliorer le système et pouvoir itérer plus rapidement. Le coût relié à ces impressions est d'environ 120\$ pour le matériel. De plus, à cause des modifications apportées au système, il a été nécessaire d'acheter plusieurs nouvelles pièces de quincaillerie chez BMR et Faztek pour un total de 156,65\$. Finalement, la prise MATTRO a coûté environ 500\$ au client. Ainsi, un montant total d'environ 2091,66\$ a dû être déboursé pour réaliser le prototype final. De ce montant 1185,01\$ a été payé par Polytechnique, 630\$ par le client, Hydro-Québec, et 277,65\$ directement par les étudiants.

Lors de la dernière session, un prix de 1174,06\$ avait été estimé pour la fabrication du prototype, ce qui est presque la moitié du vrai prix. Ce montant venait directement du BOM et n'incluait donc pas la phase de tests et les nombreux changements qui ont dû être faits pour faire fonctionner le produit. Une réplique du prototype final coûterait 1886,61 \$ selon le nouveau BOM présenté à l'Annexe 5 - Bill of Materials. Ce prix est plus près de ce qui avait été initialement estimé.

## 5.2 Échéancier

L'échéancier de cette deuxième partie du projet se trouve à la Figure 28. Les barres bleues correspondent à la planification prévue pour chaque tâche en début de projet, alors que les barres vertes correspondent au déroulement actuel de chaque tâche. On remarque du retard dans la complétion de certaines tâches, telle que la commande des pièces, les tests, la fabrication et l'assemblage des sous-systèmes, ainsi que l'assemblage du produit final. En raison de délais pour la réception de pièces, plusieurs tâches ont été retardées. De plus, plusieurs ajustements et revues de conception ont été complétés à la suite de l'assemblage des sous-systèmes, ce qui a retardé la complétion des tests.

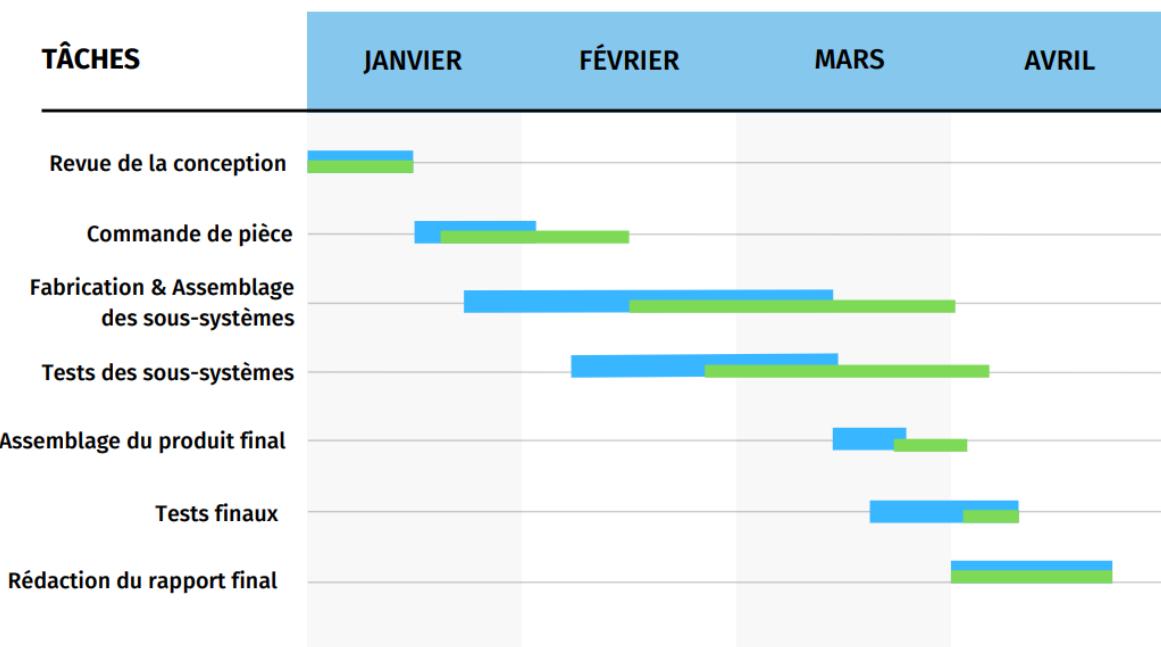


Figure 28 - Échéancier

## 6. Améliorations au projet

### 6.1 Revue de design

Pour valider la fonctionnalité du concept final, une revue de design sera présentée dans cette section. Pour ce faire, un retour sur les fonctions et contraintes présentées dans le cahier des charges permettra de confirmer les choix pour les composantes des différents sous-systèmes. Dans le cahier des charges présenté à l'Annexe 1 - Cahier des charges, un code de couleurs permet d'identifier les fonctions bien remplies en vert, les fonctions partiellement remplies en jaune ainsi que les fonctions non remplies en rouge. Les modifications nécessaires pour valider la fonctionnalité et la fiabilité de tous les sous-systèmes ainsi que les solutions proposées seront présentées à la section suivante.

Pour les fonctions principales, quelques fonctions ont été partiellement remplies. Premièrement, la fonction FP-1.0 « Être capable de s'aligner avec la prise selon les axes X, Y, Z » a été partiellement validé puisque le système présente quelques difficultés à fonctionner lorsque le désaxement initial est supérieur à 5mm. De plus, la fonction FP-2.1 « Recouvrir la prise femelle après la recharge » a également été partiellement validé. Le clapet recouvrant la prise femelle s'effectue sans problème. Cependant, le mécanisme de fermeture du système de verrouillage doit être modifié afin d'assurer sa fiabilité. Finalement, la fonction FP-5.0 « Être capable de soutenir le poids du connecteur mâle » est également partiellement remplie. Le poids de certaines composantes a été légèrement sous-estimé. Cependant, le système de compliance tel que présenté permet un désaxement initial des ressorts à cause du poids du connecteur mâle et des composantes qui lui sont attachés.

Pour les fonctions complémentaires, la fonction complémentaire FC-4.0 « Vérifier que le robot est présent » n'a pas été validée puisque, tel que mentionné dans le rapport précédent, le client a assuré qu'un opérateur sera toujours en contrôle à distance lors des périodes de recharge. Pour cette raison, la fonction en question n'est plus pertinente avec le projet, mais pourrait faire partie des améliorations pour des versions futures.

### 6.2 Modifications nécessaires

Après avoir assemblé toutes les composantes et testé le système, l'équipe a fait face à certaines difficultés, comme mentionné à la section sur les tests et à la revue de design. Ces difficultés ont amené certaines discussions et les problèmes ont été posés dans la section précédente, puisque ces problèmes affectent des fonctions du cahier des charges.

La section suivante portera sur les améliorations qui pourraient être envisagées pour une solution optimisée et par quelles modifications ces améliorations pourraient être satisfaites. Certaines de ces problématiques ont été mentionnées dans la présentation des sous-systèmes et dans la revue de design, le Tableau 7 servira de synthèse afin de rassembler toutes les modifications prévues pour une solution améliorée.

**Tableau 7 - Modifications à effectuer**

Problèmes	Améliorations	Modifications
Incapacité à retirer le système complet, dû au blocage de la pièce pour la fermeture du verrou.	Permettre à la pièce qui cause le blocage de se remettre en position initiale.	Utiliser un servomoteur situé dans la pièce qui sert à fermer le verrou, pour qu'elle effectue une rotation pour se remettre en position initiale.
Difficulté à faire glisser le système de positionnement (les cylindres dans les entonnoirs).	Diminuer la friction entre les cylindres et les entonnoirs.	Fabriquer les cylindres et les entonnoirs en polyéthylène de densité très élevée (UHMW).
Le récepteur est fixé à l'aide de ruban adhésif à la prise femelle.	Utiliser une fixation plus solide.	Visser de manière sécuritaire à la prise femelle.
Bris des supports en L pour la compliance.	Utiliser un matériau plus résistant.	Utiliser des plaques en aluminium pliées.
Problèmes d'alignement de la compliance lorsque les désaxements sont plus grands que 5 mm.	Permettre à la compliance d'effectuer les alignements jusqu'à 2 po dans chaque axe.	Réduire la longueur des cylindres.
Le poids du connecteur et des cylindres est plus grand que prévu, ce qui cause un désalignement vertical initial.	Augmenter la force des ressorts de compliance dans l'axe vertical.	Ajouter des ressorts dans cet axe.
Le ressort pour le support mural est trop fort pour être étiré à la main, et potentiellement trop fort pour la structure.	Diminuer la force fournie par un ressort.	Utiliser deux ressorts plutôt qu'un seul.
Le vérin n'arrive pas à effectuer la connexion adéquatement.	Augmenter la force fournie par le vérin.	Utiliser un vérin d'environ 50 lb à la place de 35 lb.

Avec ces modifications, le système pourra alors être optimisé pour une utilisation qui convient mieux au client. Ces propositions seront faites au client afin d'améliorer le produit dans un futur proche.

## 7. Conclusion

En conclusion, ce rapport technique porte sur la présentation du système de recharge autonome développé pour l'IREQ. Dans le cadre de ce rapport, la conception du produit final et de chacun des sous-systèmes a été détaillée. Dans un premier temps, une description et une analyse de la conception ont été effectuées pour chacun des sous-systèmes, soit le système de positionnement, les systèmes d'ouverture et de fermeture du verrou et du couvercle, le système de compliance, le support mural, le système de simulation et finalement le système électrique. Par la suite, les différentes méthodes de fabrication des composants ont été explicitées, et des analyses d'éléments finis ont été effectuées sur les pièces critiques. Ensuite, la procédure et les résultats des tests ayant permis de valider le fonctionnement du produit final ont été analysés. On note quelques difficultés techniques ayant affecté la complétion des tests. Finalement, une revue de design et une analyse des modifications nécessaires ont été complétées. L'ensemble des documents techniques fournis en annexe, tels que le code Arduino, le BOM et les dessins techniques, faciliteront la continuité et le développement de ce projet.

Malgré les difficultés techniques rencontrées, le système de recharge autonome analysé dans le cadre de ce rapport présente beaucoup de potentiel. La solution mécanique développée permet d'effectuer la recharge du robot Riaupel de manière fiable, efficace et abordable.

## Référence

dcode. (2022). *Solveur d'équation*. Récupéré sur dcode: <https://www.dcode.fr/solveur-equation>

DubeHamel. (2022). *DubeHamel*. Récupéré sur <http://dubehameldecoupe.com>

PolyFAB. (2022). *Découpe Laser*. Récupéré sur PolyFAB: <https://polyfab.polymtl.ca/technologies-offertes/decoupe-laser/>

## Annexe 1 - Cahier des charges

No.	Version	Fonctions Principales	K	Critères	Niveaux	Flexibilité	Commentaires
FP-1.0	1	Être capable de s'aligner avec la prise selon les axes X, Y, Z	5	Déplacement selon l'axe X	+ / - 25 mm	+ 5 / - 0 mm	Selon les tolérances de précision du stationnement.
				Déplacement selon l'axe Y	+ / - 25 mm	+ 5 / - 0 mm	Selon les tolérances de précision du stationnement.
				Déplacement selon l'axe Z	+ 38 / - 0 mm	+ 5 / - 0 mm	Lorsque le connecteur rentre pour son stationnement, il pourrait y avoir de la neige ou de la terre en dessous des chenilles du robot.
FP-2.0	0	Retirer la protection protégeant la prise femelle	5	Présence d'un système qui libère la prise	Oui	Aucune	
FP-2.1	0	Recouvrir la prise femelle après la recharge	5	Norme à respecter	Norme : IP67	Norme IP65 au minimum	IP67 : Votre appareil est totalement protégé contre les poussières. Il est également protégé contre les effets de l'immersion temporaire en eau douce (moins d'un mètre, moins de 30 minutes).
FP-3.0	1	Atteindre la prise électrique femelle	5	Distance parcouru jusqu'à la connexion (du mur jusqu'à la prise)	En x : 820 mm (si prise centrée) En y: Arbitraire	+/- 10 mm	La prise sera située à l'arrière du robot et sur le côté proche du mur de la station.
FP-3.1	1	Retirer la prise mâle après la recharge	5	Distance parcouru pour le retour à la position de départ (du mur jusqu'à la prise)	En x : 820 mm (si prise centrée) En y: Arbitraire	+/- 10 mm	La prise sera située à l'arrière du robot et sur le côté proche du mur de la station.
FP-4.0	1	Assurer un branchement stable et fixe	4	Distance d'encastrement dans la prise	0,6 po	Aucune	Profondeur du connecteur femelle mesurée avec le CAD.
				Force de connection nécessaire	25 N	+/- 5 N	Force de connexion estimée entre 20 et 30 N.
FP-4.1	0	Rester connecter pour la période de recharge	5	Temps de recharge	8h	+ libre / - 0	Temps maximal de recharge du robot.
FP-5.0	1	Être capable de soutenir le poids du connecteur mâle	5	Poids externe à supporter	20 kg	+ libre/-2 kg	Capable de supporter le poids du fil électrique et de la connexion mâle.
FP-6.0	0	Être autonome	5	Nombre d'interactions humaine sur place avant de devoir connecter le système	0	Aucune	

No.	Version	Fonctions Complémentaires	K	Critères	Niveaux	Flexibilité	Commentaires
FC-1.0	0	Être de conception simple	3	Nombre de pièces mécaniques distinctes	30	+ 20 / - libre	On ne compte pas les éléments d'attache en double.
FC-2.0	0		3	Nombre de composantes électroniques distinctes	30	+ 20 / - libre	Une composante électronique est soit un fil électrique, une carte de contrôle, un moteur, un vérin, ...
FC-3.0	0	Être robuste	3	Facteur de sécurité	3	+libre / -1	Charge statique avec possibilité d'impact.
FC-4.0	1	Vérifier que le robot est présent	1	Distance minimale entre le robot et le système	10 mm	+ 2 / - libre mm	D'un point de vue optionnel, un système pourrait vérifier si le robot est dans les tolérances voulues pour le stationnement et que la recharge soit enclenchée par la suite.
FC-5.0	0	Être léger	3	Poids total maximal	15 kg	+10 / -libre	

No.	Version	Fonctions Contraintes	K	Critères	Niveaux	Flexibilité	Commentaires
CO-1.0	0	Être sécuritaire	5	Facteur de sécurité	3	+libre / - 1.5	
				Norme respectée	Norme : IP67	Norme IP65 au minimum	Une infiltration d'eau peut être dangereuse pour la recharge électrique.
CO-2.0	0	Respecter l'échéancier	5	Retard maximum	2 semaines	+ 0 / - libre	
CO-3.0	0	Recharger le robot par un système mécanique	5	Nombre de système par induction	0	0	La solution par induction est développé en parallèle par une équipe d'Hydro-Québec.
CO-4.0	1	Être fiable	5	Nombre de tentatives râtées au test 1.0	1 sur 100	+ 0 / - libre	Test 1.0: Effectuer une connexion et une déconnexion conforme sans intervention humaine.
CO-5.0	1	Être compatible avec le connecteur de la prise fournie par MATTRO	5	Dimensions de la prise mâle MATTRO	99 X 50 X 93 mm	Aucune	Dimensions mesurées avec le CAD de la prise mâle.
CO-6.0	0	Respecter le budget maximal	5	Budget maximal	2400 \$	+ 1000 / - libre	Le budget peut être réévalué en cours de projet.
CO-7.0	0	Respecter les dimensions maximales du système déplié	5	Longueur maximale	1 m	+ 0 / - 0.25 m	
CO-8.0	0	Respecter le volume maximal du système lorsqu'il est fermé	5	Volume maximal	1 m^3	+ 0 / - 0.5 m^3	
CO-9.0	0	Résister aux chocs	5	Nombre de pièces endommagées suite à un impact de 20 km/h	0	Aucune	Dans le cas où il y aurait une collision entre le robot et le connecteur, le connecteur doit être robuste.
CO-10.0	0	Être démontable	5	Temps de démontage	1h	30 min / - libre	Le système de recharge mécanique doit être facile d'entretien.
CO-11.0	0	Fonctionner dans des conditions extérieurs hardus	5	Température minimale et maximale d'utilisation	Min : -37°C Max : 60°C	+/- 10 °C	Température minimale moyenne dans le grand Nord est de -37°C. Température maximale de recharge selon les spécifications de MATTRO est de 60°C.
CO-12.0	1	Ne pas déranger la trajectoire du robot lors de son stationnement	5	Capacité du robot à se stationner sans obstacle	Oui	Aucune	Le robot doit être capable de se stationner adéquatement même avec la présence de la recharge mécanique dans la station d'accueil.

## Annexe 2 - Résultats des tests

Position			Angle			Ouverture de la lock	Ouverture du couvercle	Fermeture de la lock	Fermeture du couvercle	Réussite de la connexion
x (mm)	y (mm)	z (mm)	x	y	z					
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Assisté	Assisté	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Assisté	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Assisté	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
0	0	0	0	0	0	0 Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
22	22	22	-13	-3	14	Non	Non	Non	Non	N/A
24	24	22	-3	1	-2	Non	Non	Non	Non	N/A
26	26	22	-14	8	-15	Non	Non	Non	Non	N/A
28	28	22	-10	15	-3	Non	Non	Non	Non	N/A
30	30	22	-12	15	-12	Non	Non	Non	Non	N/A
32	32	22	13	-11	-12	Non	Non	Non	Non	N/A
34	34	22	3	-7	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
36	36	22	-3	4	7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-2	-2	22	1	4	-14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-4	-4	22	-11	11	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-6	-6	22	14	-3	-13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-8	-8	22	-12	4	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-10	-10	22	-5	12	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-12	-12	22	-15	0	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-14	-14	22	6	-12	-8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-16	-16	22	1	6	-7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-18	-18	22	-7	-15	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-20	-20	22	-1	15	-8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-22	-22	22	-14	-9	-11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-24	-24	22	9	9	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-26	-26	22	-3	-8	-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-28	-28	22	4	6	15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-30	-30	22	-10	-3	-1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-32	-32	22	-5	2	7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-34	-34	22	-5	-14	-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-36	-36	22	-11	3	-7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

## Annexe 3 - Code Arduino

```
1. #include <IRremote.h>
2. #include <avr/sleep.h> //this AVR library contains the methods that controls the sleep
   modes
3. #include <ezButton.h>
4. #include <AccelStepper.h>
5. ezButton limitSwitch(A2);
6.
7. float start_time;
8. float stop_time;
9. int enableAPin = 9;
10. int in1Pin = 4;
11. const int buzzer = 2;
12. int in2Pin = 5;
13. const int RECV_PIN = 7;
14. int i;
15. int limiton = 5;
16.
17. IRrecv irrecv(RECV_PIN);
18. decode_results results;
19.
20. void setup()
21. {
22.   Serial.begin(9600);
23.
24.   limitSwitch.setDebounceTime(50); // set debounce time to 50 milliseconds
25.   irrecv.enableIRIn();
26.   irrecv.blink13(true);
27.   pinMode(10, OUTPUT);
28.   pinMode(11, OUTPUT);
29.   pinMode(12, OUTPUT);
30.   pinMode(enableAPin, OUTPUT);
31.   pinMode(in1Pin, OUTPUT);
32.   pinMode(in2Pin, OUTPUT);
33.   pinMode(buzzer, OUTPUT);
34.   pinMode(7, INPUT_PULLUP);
35.   digitalWrite(in1Pin, LOW);
36.   digitalWrite(in2Pin, LOW);
37. }
38.
39. void loop()
40.
41. {
42.   limitSwitch.loop(); // MUST call the loop() function first
43.
44.   if (limitSwitch.isPressed()) {
45.     Serial.println(F("The limit switch: TOUCHED"));
46.     limiton=3;
47.   }
48.
49.   while (limiton <= 3){
50.     digitalWrite(in1Pin, LOW);
51.     digitalWrite(in2Pin, LOW);
52.     digitalWrite(12, HIGH);
53.
54.     if (irrecv.decode(&results)) {
55.       digitalWrite(12, HIGH);
56.       delay(250);
57.       digitalWrite(12, LOW);
58.       delay(250);
59.       digitalWrite(12, HIGH);
60.     }
61.     irrecv.resume();
62.   }
63.
```

```

61.      // TO GO UP FULL SPEED
62.
63.
64.      // TO GO DOWN FULL SPEED
65.      switch (results.value) {
66.          case 0FFE01F: //Keypad button "5"
67.              digitalWrite(in1Pin, LOW);
68.              digitalWrite(in2Pin, LOW);
69.              alarmDOWN();
70.              delay(1000);
71.              analogWrite(enableAPin, 255);
72.              digitalWrite(in1Pin, LOW);
73.              digitalWrite(in2Pin, HIGH);
74.              limiton = 5;
75.      }
76.
77.      //TO SHUTDOWN
78.      switch (results.value) {
79.          case 0FFA25D: //Keypad button "5"
80.              digitalWrite(in1Pin, LOW);
81.              digitalWrite(in2Pin, LOW);
82.              delay(500);
83.              alarmUR();
84.      }
85.
86.      switch (results.value) {
87.          case 0FF22DD: //Keypad button "5"
88.              digitalWrite(in1Pin, LOW);
89.              digitalWrite(in2Pin, LOW);
90.              alarmDOWNs();
91.              for (int i = 100; i < 256; i++) {
92.                  analogWrite(enableAPin, i);
93.                  delay(20);
94.                  digitalWrite(in1Pin, LOW);
95.                  digitalWrite(in2Pin, HIGH);
96.                  delay(500);
97.                  limiton = 5;
98.              }
99.      }
100.
101.         delay(200); // so we don't read the same button press again
102.         irrecv.resume();
103.     }
104. }
105.
106. if(((stop_time-start_time)*1e-6)>60){
107.     digitalWrite(11, LOW);
108. } else{
109.     digitalWrite(11, HIGH);
110. }
111.
112.
113. // TO KNOW THE IR RECIEVER CODE NUMBER
114. if (irrecv.decode(&results)) {
115.     wakeUp();
116.     start_time=micros();
117.     Serial.println(results.value, HEX);
118.     digitalWrite(12, HIGH);
119.     delay(250);
120.     digitalWrite(12, LOW);
121.     irrecv.resume();
122.
123. // TO GO UP FULL SPEED
124.
125.     switch (results.value) {
126.         case 0FF906F: //Keypad button "5"

```

```

127.         digitalWrite(in1Pin, LOW);
128.         digitalWrite(in2Pin, LOW);
129.         alarmUP();
130.         analogWrite(enableAPin, 255);
131.         digitalWrite(in1Pin, HIGH);
132.         digitalWrite(in2Pin, LOW);
133.         digitalWrite(10, LOW);
134.
135.     }
136. // TO GO DOWN FULL SPEED
137. switch (results.value) {
138.     case 0xFFE01F: //Keypad button "5"
139.         digitalWrite(in1Pin, LOW);
140.         digitalWrite(in2Pin, LOW);
141.         alarmDOWN();
142.         delay(1000);
143.         analogWrite(enableAPin, 255);
144.         digitalWrite(in1Pin, LOW);
145.         digitalWrite(in2Pin, HIGH);
146.     }
147.
148. //TO SHUTDOWN
149. switch (results.value) {
150.     case 0xFFA25D: //Keypad button "5"
151.         digitalWrite(in1Pin, LOW);
152.         digitalWrite(in2Pin, LOW);
153.         alarmUR();
154.     }
155. //
156. //TO GO UP SLOWLY
157. switch (results.value) {
158.     case 0xFFC23D: //Keypad button "5"
159.
160.         digitalWrite(in1Pin, LOW);
161.         digitalWrite(in2Pin, LOW);
162.         alarmUPs();
163.         for (int i = 100; i < 256; i++) {
164.             analogWrite(enableAPin, i);
165.             delay(20);
166.             digitalWrite(in1Pin, HIGH);
167.             digitalWrite(in2Pin, LOW);
168.         }
169.     }
170.
171. //TO GO DOWN SLOWLY
172. switch (results.value) {
173.     case 0xFF22DD: //Keypad button "5"
174.         digitalWrite(in1Pin, LOW);
175.         digitalWrite(in2Pin, LOW);
176.         alarmDOWNs();
177.         for (int i = 100; i < 256; i++) {
178.             analogWrite(enableAPin, i);
179.             delay(20);
180.             digitalWrite(in1Pin, LOW);
181.             digitalWrite(in2Pin, HIGH);
182.         }
183.     }
184. delay(200); // so we don't read the same button press again
185. irrecv.resume();
186.
187.     }else {
188.         stop_time=micros();
189.         Serial.print((stop_time-start_time)*1e-6);
190.         Serial.println("sec");
191.         if(((stop_time-start_time)*1e-6)>60){
192.             sleepo();

```

```
193.     }
194. }
195.
196. }
197.
198. void alarmUP() {
199.     digitalWrite(11, HIGH);
200.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
201.     delay(100); //wait for 1ms
202.     digitalWrite(11, LOW);
203.     digitalWrite(buzzer, LOW);
204.     delay(1000); //wait for 1ms
205.     digitalWrite(11, HIGH);
206.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
207.     delay(100); //wait for 1ms
208.     digitalWrite(11, LOW);
209.     digitalWrite(buzzer, LOW);
210.     delay(1000); //wait for 1ms
211.     digitalWrite(11, HIGH);
212.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
213.     delay(100); //wait for 1ms
214.     digitalWrite(11, LOW);
215.     digitalWrite(buzzer, LOW);
216.     delay(1000); //wait for 1ms
217. }
218. void alarmUPs() {
219.     digitalWrite(11, HIGH);
220.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
221.     delay(10); //wait for 1ms
222.     digitalWrite(11, LOW);
223.     digitalWrite(buzzer, LOW);
224.     delay(100); //wait for 1ms
225.     digitalWrite(11, HIGH);
226.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
227.     delay(500); //wait for 1ms
228.     digitalWrite(11, LOW);
229.     digitalWrite(buzzer, LOW);
230.     delay(500); //wait for 1ms
231.     digitalWrite(11, HIGH);
232.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
233.     delay(10); //wait for 1ms
234.     digitalWrite(11, LOW);
235.     digitalWrite(buzzer, LOW);
236.     delay(100); //wait for 1ms
237.     digitalWrite(11, HIGH);
238.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
239.     delay(500); //wait for 1ms
240.     digitalWrite(11, LOW);
241.     digitalWrite(buzzer, LOW);
242.     delay(500); //wait for 1ms
243.     digitalWrite(11, HIGH);
244.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
245.     delay(10); //wait for 1ms
246.     digitalWrite(11, LOW);
247.     digitalWrite(buzzer, LOW);
248.     delay(100); //wait for 1ms
249.     digitalWrite(11, HIGH);
250.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
251.     delay(500); //wait for 1ms
252.     digitalWrite(11, LOW);
253.     digitalWrite(buzzer, LOW);
254.     delay(1000); //wait for 1ms
255. }
256. void alarmDOWNs() {
257.     digitalWrite(11, HIGH);
258.     digitalWrite(buzzer, HIGH);
```

```
259.         delay(10); //wait for 1ms
260.         digitalWrite(11, LOW);
261.         digitalWrite(buzzer, LOW);
262.         delay(100); //wait for 1ms
263.             digitalWrite(11, HIGH);
264.             digitalWrite(buzzer, HIGH);
265.             delay(500); //wait for 1ms
266.             digitalWrite(11, LOW);
267.             digitalWrite(buzzer, LOW);
268.             delay(500); //wait for 1ms
269.                 digitalWrite(11, HIGH);
270.                 digitalWrite(buzzer, HIGH);
271.                 delay(10); //wait for 1ms
272.                     digitalWrite(11, LOW);
273.                     digitalWrite(buzzer, LOW);
274.                     delay(100); //wait for 1ms
275.                         digitalWrite(11, HIGH);
276.                         digitalWrite(buzzer, HIGH);
277.                         delay(500); //wait for 1ms
278.                         digitalWrite(11, LOW);
279.                         digitalWrite(buzzer, LOW);
280.                         delay(1000); //wait for 1ms
281.     }
282.     void alarmDOWN() {
283.         digitalWrite(11, HIGH);
284.         digitalWrite(buzzer, HIGH);
285.         delay(100); //wait for 1ms
286.             digitalWrite(11, LOW);
287.             digitalWrite(buzzer, LOW);
288.             delay(1000); //wait for 1ms
289.                 digitalWrite(11, HIGH);
290.                 digitalWrite(buzzer, HIGH);
291.                 delay(100); //wait for 1ms
292.                     digitalWrite(11, LOW);
293.                     digitalWrite(buzzer, LOW);
294.                     delay(1000); //wait for 1ms
295.     }
296.     void alarmUR() {
297.         digitalWrite(11, LOW);
298.         digitalWrite(10, HIGH);
299.         digitalWrite(buzzer, HIGH);
300.         delay(1000); //wait for 1ms
301.             digitalWrite(10, LOW);
302.             digitalWrite(buzzer, LOW);
303.             delay(1000); //wait for 1ms
304.     }
305.
306.
307.     void sleepoo(){
308.         digitalWrite(in1Pin, LOW);
309.         digitalWrite(in2Pin, LOW);
310.         digitalWrite(12, HIGH);
311.         sleep_enable(); //Enabling sleep mode
312.
313.     }
314.
315.
316.
317.     void wakeUp(){
318.         Serial.println("Interrupt Fired"); //Print message to serial monitor
319.         sleep_disable(); //Disable sleep mode
320.         detachInterrupt(0); //Removes the interrupt from pin 2;
321.     }
```

## Annexe 4 - Calculs

RESSORTS		
Distance en x	0.82	m
Angle des ressorts	1.570796	rad
Nb de ressorts	1	
Distance ressort-mur en x	0.4	m
Force ressorts compliance	241.47	N
Force par ressort mur	495.0135	N

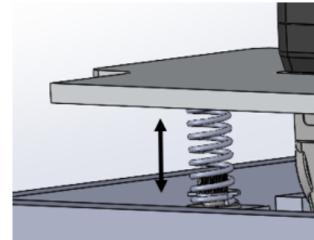
1 ressort			
63.2 lbs/in			
11067.99385 N/m			
0.044724772 etirement ressort	1.751	po	
0.0594 max	2.338	po	
0.1397 longueur base	5.5	po	
	7.251	L de base	
	7.838	max	

### Calculs pour les ressorts qui font les rotations

Distance entre 2 ressorts horizontaux	4	Pouces
Nombre de ressorts	4	
Force max robot	kg	
400	kg	9,81
880	lbs	2,2

10 degrés

Ressort choisi		
Longueur	1,25	Pouces
Force	4	kg
Moment	1,24587	N*m



3 choix de ressorts	L	L min	Delta L	Diamètre	K	Fmax	F totale pour tous les ressorts	Angle max
	Pouces	Pouces	Pouces	Pouces	lbs/in	lbs	kg	Degré
<a href="https://www.mcmaster.com/1986K124/">https://www.mcmaster.com/1986K124/</a>	1,375	0,65	0,725	0,563	47,44	34,394	137,576	62,5345455
<a href="https://www.mcmaster.com/1986K139/">https://www.mcmaster.com/1986K139/</a>	1,625	1,08	0,545	0,781	149,41	81,42845	325,7138	148,051727
<a href="https://www.mcmaster.com/1986K468/">https://www.mcmaster.com/1986K468/</a>	1,5	0,85	0,65	0,97	35,5	23,075	92,3	41,9545455
<a href="https://www.mcmaster.com/9435K143/">https://www.mcmaster.com/9435K143/</a>	1,25	0,43	0,82	0,72	16,51	13,5382	54,1528	24,6149091
							241,472258	11,5851262

Ce qu'on cherche			
L repos	3	Pouce	Max
Delta L max	2	Pouce	Max
OD	1	Pouce	Max
K	5	Lbs/pouce	Environ

Constantes		
Facteur lbs/kg	g (m/s <sup>2</sup> )	Facteur mm/pouce

2,2      9,81      25,4

Ressort choisi		
L repos	1,5	Pouce
L Installation	2,55	Pouce
L max	3,58	Pouce
Delta L max	2,08	Pouce
OD	0,375	Pouce
K	3,2	lbs/pouce
	561,78	N/m

26,72727273

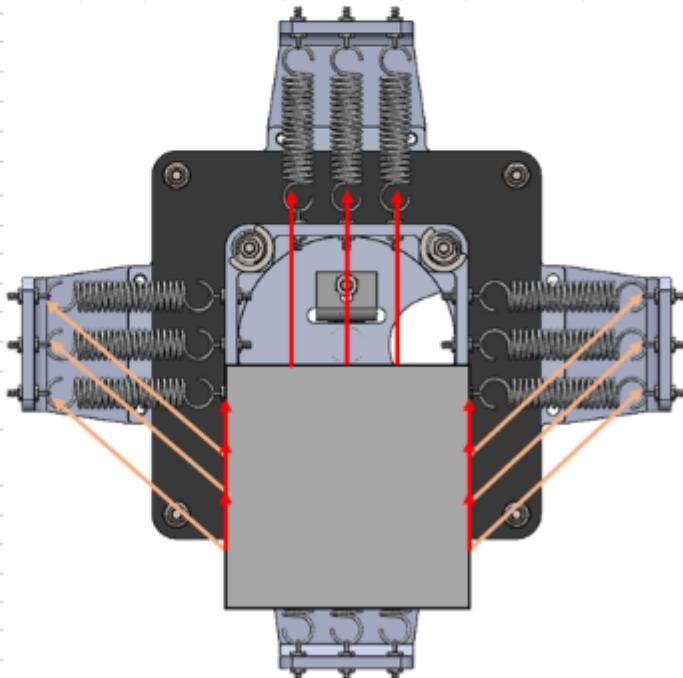
3,58817533

14,2690909 N/pouces

<https://www.mcmaster.com/9432k43/>

Avec 3 ressorts en haut et 1 en bas

Forces position départ		
Nb ressorts tot.	12	Ressort
Delta L départ	1,05	Pouce
F chaque ressorts	14,983	N
	1,527	kg
	3,36	lbs
F tot (1 direction)	89,895	N
	9,164	kg
	20,16	lbs



Forces étirement max 1 direction		
Nb ressorts tot.	12	Ressort
Delta L haut	2	Pouce
Delta L côté	1,24	Pouce
Fy chaque ressort haut	28,538	N
	2,909	kg
	6,4	lbs
Ftot chaque ressort côté	17,680	N
Angle ressort côté	0,665	Rad
Fy chaque ressort côté	10,911	N
	1,112	kg
	2,447	lbs
F tot vers le haut	140,171	N
	14,289	kg
	31,435	Lbs

## Annexe 5 - Bill of Materials

Numéro de pièce	QTE	Matériel	Méthode de fabrication	2e méthode fabrication	Fournisseur	Code chez fournisseur	Prix/unité	Prix/pqt	Total	DESCRIPTION
1-01-001	2	Aluminium	Fraiseuse		Dubé Hamel		5,00 \$	5,00 \$	10,00 \$	Plaque pliée qui attache le vérin à l'extrusion
2-01-001	1	PLA	Impression 3D		PolyFAB		7,50 \$	7,50 \$	7,50 \$	
2-01-002	1	Aluminium	Fraiseuse		Dubé Hamel		26,90 \$	26,90 \$	26,90 \$	Grosse plaque du système de compliance
2-01-003	4	PLA	Impression 3D		PolyFAB		3,00 \$	3,00 \$	12,00 \$	
2-01-004	1	PE-UHMW	Achat	Découpe Laser	Grainger	WWG1UVZ2	17,17 \$	17,17 \$	17,17 \$	
2-01-005	8	Aluminium	Impression 3D		PolyFAB		0,10 \$	0,10 \$	0,80 \$	
2-02-001	1	Aluminium	Fraiseuse		Dubé Hamel		24,70 \$	24,70 \$	24,70 \$	Plaque pour attacher le vérin à la compliance
3-01-001a	1	Aluminium	Découpe Laser		Dubé Hamel		24,77 \$	24,77 \$	24,77 \$	
3-01-001b	1	Aluminium	Découpe Laser		Dubé Hamel		24,77 \$	24,77 \$	24,77 \$	
3-01-002	2	PE-UHMW	Impression 3D	Achat	Grainger	WWG2EYG7	21,26 \$	21,26 \$	21,26 \$	
3-01-003	2	PLA	Impression 3D	Fraiseuse	PolyFAB		1,00 \$	1,00 \$	2,00 \$	
3-01-004	2	Aluminium	Découpe Laser				10,00 \$	10,00 \$	20,00 \$	
3-01-006	1	Aluminium	Impression 3D				1,10 \$	1,10 \$	1,10 \$	
3-01-007	1	PLA	Impression 3D	Pliage	PolyFAB		1,50 \$	1,50 \$	1,50 \$	
3-01-008	1	PLA	Impression 3D		PolyFAB		1,00 \$	1,00 \$	1,00 \$	
3-01-009	1	PLA	Impression 3D	Fraiseuse	PolyFAB		0,80 \$	0,80 \$	0,80 \$	
3-01-010	1	PLA	Impression 3D	Fraiseuse	PolyFAB		0,60 \$	0,60 \$	0,60 \$	
3-01-011	1	PLA	Impression 3D	Fraiseuse	PolyFAB		2,50 \$	2,50 \$	2,50 \$	
3-01-012	1	PLA	Impression 3D		PolyFAB		1,90 \$	1,90 \$	1,90 \$	
3-01-014	2	PLA	Impression 3D		PolyFAB		1,10 \$	1,10 \$	2,20 \$	
3-01-015	1	PLA	Impression 3D		PolyFAB		1,30 \$	1,30 \$	1,30 \$	
3-01-016	1	PLA	Impression 3D		PolyFAB		1,10 \$	1,10 \$	1,10 \$	
3-01-017	4	PLA	Impression 3D		PolyFAB		0,05 \$	0,05 \$	0,20 \$	
3-01-018	1	Aluminium	Découpe Laser				2,00 \$	2,00 \$	2,00 \$	
3-02-001	1	PCABS	Impression 3D				5,30 \$	5,30 \$	5,30 \$	
3-02-002	1	PLA	Impression 3D		PolyFAB		1,20 \$	1,20 \$	1,20 \$	
3-02-003	2	PLA	Impression 3D		PolyFAB		0,60 \$	0,60 \$	1,20 \$	
3-02-004	2	PLA	Impression 3D		PolyFAB		0,10 \$	0,10 \$	0,20 \$	
3-02-006	1	Aluminium	Découpe Laser	Pliage			- \$	- \$	- \$	
3-02-008	2	PLA	Impression 3D		PolyFAB		2,30 \$	2,30 \$	4,60 \$	
5-01-001a	4	PLA	Impression 3D		PolyFAB		3,10 \$	3,10 \$	12,40 \$	
5-01-001b	8	PLA	Impression 3D		PolyFAB		2,80 \$	2,80 \$	22,40 \$	
5-01-002	1	PLA	Impression 3D		PolyFAB		3,40 \$	3,40 \$	3,40 \$	

Numéro de pièce	QTE	Matériel	Méthode de fabrication	2e méthode fabrication	Fournisseur	Code chez fournisseur	Prix/unité	Prix/pqt	Total	DESCRIPTION
STD-001	1		Achat		Faztek	15CB4842+15FA3502+13FA3322	8,50 \$	8,50 \$	8,50 \$	
STD-002	2		Achat		Faztek	15HI8518	26,36 \$	26,36 \$	52,72 \$	
STD-003	2		Achat		Faztek	15JP4525	- \$	- \$	- \$	
STD-004	1	Music-Wire Steel	Achat		McMaster	5667N405	14,05 \$	14,05 \$	14,05 \$	Music Wire Steel Extension Spring with Hook Ends
STD-005	4		Achat		Faztek	15MFA3921	0,65 \$	0,65 \$	2,60 \$	
STD-006	1	Aluminum	Achat		Faztek	15CB4801	2,45 \$	2,45 \$	2,45 \$	
STD-007	2	Steel	Achat		McMaster	9634K43	7,69 \$	7,69 \$	15,38 \$	Extension Spring Stud Anchor
STD-009	4	302 Stainless Steel	Achat		McMaster	9435K143	2,15 \$	10,76 \$	10,76 \$	302 Stainless Steel Corrosion-Resistant Compression Springs
STD-010	12	Aluminum	Achat		McMaster	94669A202	3,29 \$	3,29 \$	39,45 \$	Aluminum Unthreaded Spacer
STD-011	2	Nylon 6/6 Plastic	Achat		McMaster	92842A100	0,26 \$	12,95 \$	12,95 \$	Unthreaded Spacers for Tubes
STD-012	2	6061 Aluminum	Achat		McMaster	2313N48	9,76 \$	9,76 \$	19,53 \$	Corner Machine Bracket
STD-013	1		Achat		MATTRO	Prise Mâle	263,50 \$	263,50 \$	263,50 \$	
STD-014	4	18-8 Stainless Steel	Achat		McMaster	94868A620	2,55 \$	2,55 \$	10,20 \$	Female Threaded Hex Standoff
STD-015	1		Achat		Amazon	Roue Imprimante	1,80 \$	17,98 \$	17,98 \$	<a href="https://www.amazon.ca/-/fr/Redrex-poulies-plastique-imprimante-">https://www.amazon.ca/-/fr/Redrex-poulies-plastique-imprimante-</a>
STD-016	4	Nylon 6/6 Plastic	Achat		McMaster	93657A044	1,74 \$	1,74 \$	6,95 \$	Nylon Unthreaded Spacer
STD-018	1		Achat		MATTRO	Prise Femelle	197,63 \$	197,63 \$	197,63 \$	
STD-019	1		Achat		MATTRO	Boîte Prise Femelle	65,88 \$	65,88 \$	65,88 \$	
STD-022	2	Silicone Rubber	Achat		McMaster	99604A142	0,25 \$	12,35 \$	12,35 \$	Silicone Rubber Sealing Washer
STD-023a	1		Achat		Progressive Automations	PA-14-2-35	136,00 \$	136,00 \$	136,00 \$	Mini Linear Actuator
STD-023b	1		Achat		Progressive Automations	PS-13-12	105,00 \$	105,00 \$	105,00 \$	Power Supply - 110-220 VAC - 12VDC - 12.5A
STD-024	2	Aluminum	Achat		Faztek	15JP4532	- \$	- \$	- \$	
STD-025	2		Achat		Faztek	10CB4101+ Vis	3,50 \$	3,50 \$	7,00 \$	
STD-026	4	Nickel-Plated	Achat		McMaster	6111K148	8,03 \$	8,03 \$	32,10 \$	Swivel Leveling Mount, Nickel-Plated Steel, Cushion and 2-1/2" Long 1/4"-20 Threaded Stud
STD-027	16	Zinc-plated st	Achat		Faztek	10CB4100 + (2x) 10FA3121 + (2x) 13FA3300	3,01 \$	3,01 \$	48,16 \$	10 Series 2 Hole Inside Corner Bracket + Hardware
STD-028	12		Achat		McMaster	9432K43	2,10 \$	12,60 \$	25,20 \$	
STD-029	24		Achat		McMaster	9634K38	6,10 \$	6,10 \$	146,36 \$	
STD-030	48		Achat		McMaster	90370A204	0,09 \$	9,00 \$	9,00 \$	

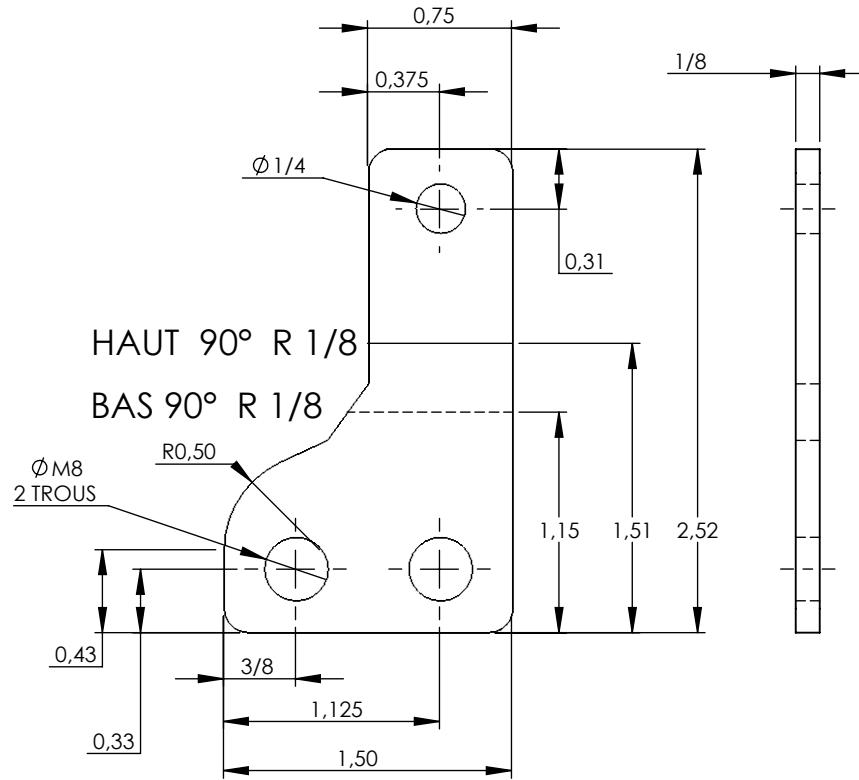
Numéro de pièce	QTE	Matériel	Méthode de fabrication	2e méthode fabrication	Fournisseur	Code chez fournisseur	Prix/unité	Prix/pqt	Total	DESCRIPTION
STD-031	4		Achat		McMaster	91772A709	2,65 \$	13,26 \$	13,26 \$	
STD-032	24		Achat		Faztek	10FA3122 + Vis	0,88 \$	0,88 \$	21,12 \$	T-nuts double
STD-033	12		Achat		Faztek	15FA3502 + Vis	0,91 \$	0,91 \$	10,92 \$	
STDe-1010_254	6	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	10QE1010	3,00 \$	3,00 \$	18,00 \$	
STDe-1010_356	4	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	10QE1010	4,00 \$	4,00 \$	16,00 \$	
STDe-1010_406	2	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	10QE1010	4,50 \$	4,50 \$	9,00 \$	
STDe-1010_493	2	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	10QE1010	5,25 \$	5,25 \$	10,50 \$	
STDe-1010_889	4	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	10QE1010	9,25 \$	9,25 \$	37,00 \$	
STDe-1515_210	1	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	15QE1515	5,87 \$	5,87 \$	5,87 \$	
STDe-1515_300	1	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	15QE1515	7,79 \$	7,79 \$	7,79 \$	
STDe-1515_375	2	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	15QE1515	9,71 \$	9,71 \$	19,42 \$	
STDe-1515_470	1	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	15QE1515	12,27 \$	12,27 \$	12,27 \$	
STDe-1515_620	1	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	15QE1515	16,11 \$	16,11 \$	16,11 \$	45 deg
STDe-1515_889	1	Aluminium	Achat	Scie à ruban	Faztek	15QE1515	21,87 \$	21,87 \$	21,87 \$	longue
STDm-001	2	Aluminum	Perceuse à colonne		Faztek	15CB4801 + Vis	2,45 \$	2,45 \$	4,90 \$	
STDm-002	1		Perceuse à colonne		MATTRÖ	Verrau prise femelle	- \$	- \$	- \$	
STDm-003	1		Perceuse à colonne		MATTRÖ	Couvercle femelle	- \$	- \$	- \$	
STDq-1/4-20-0.5625-V	2		Achat		Fastenal	23202	0,34 \$	0,34 \$	0,68 \$	
STDq-1/4-20-0.75-V	4		Achat		Fastenal	73754	0,57 \$	0,57 \$	2,28 \$	
STDq-1/4-20-0-E	8		Achat		Fastenal	37018	0,10 \$	0,10 \$	0,80 \$	
STDq-1/4-20-0-R	12		Achat		Fastenal	11250165	0,13 \$	0,13 \$	1,56 \$	
STDq-1/4-20-1.625-V	14		Achat		Fastenal	24055	0,89 \$	0,89 \$	12,46 \$	
STDq-M10-1.5-0-E	2		Achat		Fastenal	11509311	0,76 \$	0,76 \$	1,52 \$	
STDq-M3-0.5-0-E	2		Achat		Fastenal	40142	0,04 \$	0,04 \$	0,08 \$	
STDq-M3-0.5-25-V	1		Achat		Fastenal	39508	0,45 \$	0,45 \$	0,45 \$	
STDq-M4-0.7-0-E	36		Achat		Fastenal	40147	0,10 \$	0,10 \$	3,60 \$	
STDq-M4-0.7-0-R	6		Achat		Fastenal	40218	0,04 \$	0,04 \$	0,24 \$	
STDq-M4-0.7-16-V	19		Achat		Fastenal	39526	0,15 \$	0,15 \$	2,85 \$	
STDq-M4-0.7-25-V	19		Achat		Fastenal	39528	0,30 \$	0,30 \$	5,70 \$	
STDq-M4-0.7-30-V	2		Achat		Fastenal	39529	0,69 \$	0,69 \$	1,38 \$	
STDq-M4-0.7-40-V	4		Achat		Fastenal	39531	1,02 \$	1,02 \$	4,08 \$	
STDq-M6-1.0-0-E	16		Achat		Fastenal	154962	0,22 \$	0,22 \$	3,52 \$	
STDq-M6-1.0-20-V	16		Achat		Fastenal	39567	0,34 \$	0,34 \$	5,44 \$	
STDq-M8-1.25-16-V	4		Achat		Fastenal	39586	0,31 \$	0,31 \$	1,24 \$	

Numéro de pièce	QTE	Matériel	Méthode de fabrication	2e méthode fabrication	Fournisseur	Code chez fournisseur	Prix/unité	Prix/pqt	Total	DESCRIPTION
ELE-001	1		Achat		Amazon	Arduino Uno	24,99 \$	24,99 \$	24,99 \$	<a href="https://www.amazon.ca/ELEGOO-Carte-ATmega328P-ATMEGA16U2">https://www.amazon.ca/ELEGOO-Carte-ATmega328P-ATMEGA16U2</a>
ELE-002	1		Achat		Amazon	L298N Motor Driver	9,89 \$	9,89 \$	9,89 \$	<a href="https://www.amazon.ca/-/fr/Akozon-module-pilote-voiture-intelligente">https://www.amazon.ca/-/fr/Akozon-module-pilote-voiture-intelligente</a>
ELE-003	1		Achat		Amazon	IR Module et télécommande	11,89 \$	11,89 \$	11,89 \$	<a href="https://www.amazon.ca/-/fr/capteur-infrarouge-Arduino-Surface-3">https://www.amazon.ca/-/fr/capteur-infrarouge-Arduino-Surface-3</a>
ELE-004	1		Achat		Amazon	Buzzer Piézoélectrique	9,69 \$	9,69 \$	9,69 \$	<a href="https://www.amazon.ca/-/fr/Buzzer-dalarme-pi%C3%A9zo%C3%A9lectrique">https://www.amazon.ca/-/fr/Buzzer-dalarme-pi%C3%A9zo%C3%A9lectrique</a>
ELE-005	1		Achat		Amazon	Kit électronique pour Arduino	23,99 \$	23,99 \$	23,99 \$	<a href="https://www.amazon.ca/-/fr/dapprentissage-%C3%A9lectronique-r">https://www.amazon.ca/-/fr/dapprentissage-%C3%A9lectronique-r</a>
ELE-006	1		Achat		Amazon	Adaptateur 9V 1 A pour Arduino	13,80 \$	13,80 \$	13,80 \$	<a href="https://www.amazon.ca/-/fr/Arduno-adaptateur-d'alimentation-no">https://www.amazon.ca/-/fr/Arduno-adaptateur-d'alimentation-no</a>

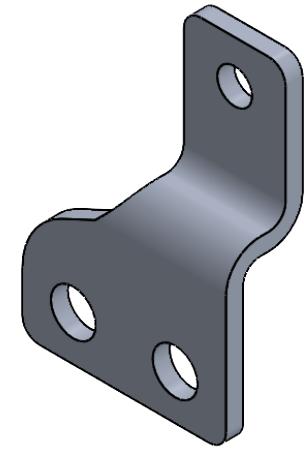
**Total 1 886,61 \$ CAD**

## Annexe 6 - Dessins techniques

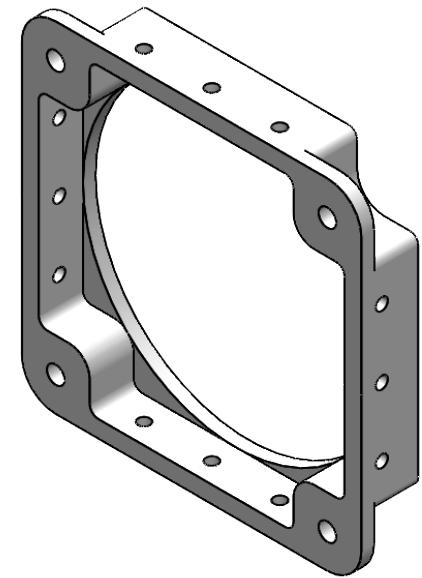
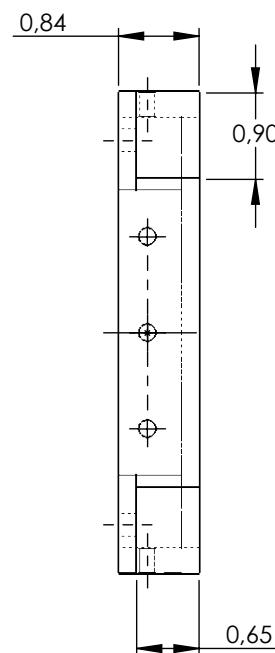
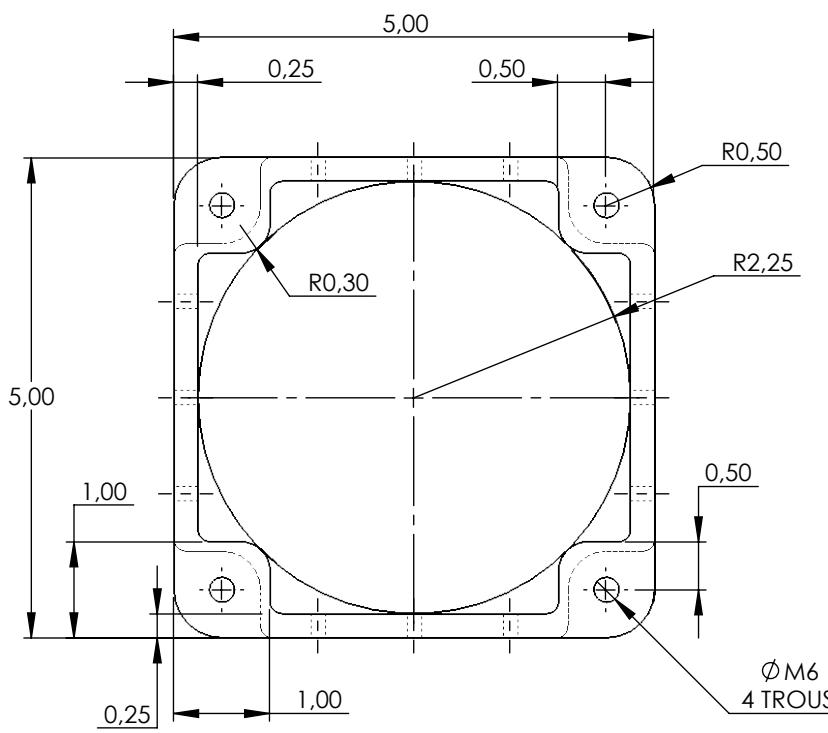
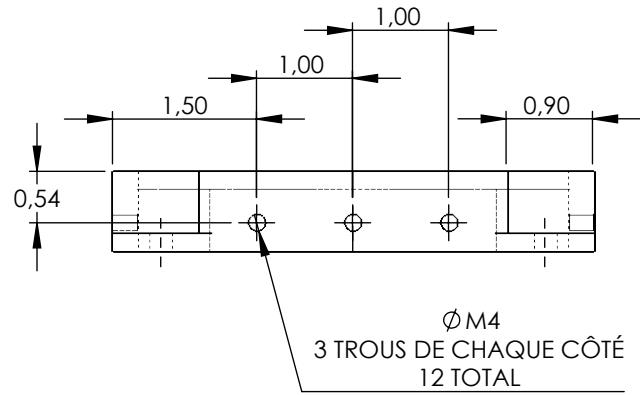
PIÈCE DÉPLIÉE



## PIÈCE PLIÉE



Projet		Tolérances Générales		POLYTECHNIQUE MONTRÉAL	
<b>Système de connecteur d'énergie pour robot</b>		X.X	±.030		
		X.XX	±.015		
		X.XXX	±.005		
		DEG	±0° 30'		
		CONGES/FILLETS:	.10 - .015		
		SURFACE	125√		
Client(s)		Pièce		Attache vérin extrusion	
<b>Hydro-Québec</b>		Numéro de dessin		Assemblage	
		1-01-001		1 - Suport mural	
Dessinateur	Date (jj/mm/aaaa)	Matériau	Poids	Échelle	Format
Alec Bergeron	01/15/2021	Aluminium	0,013 kg	1:1	A
Page					
1/1					



#### Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en pouces.  
/ Dimensions are in inches.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
**Alec Bergeron** Date (jj/mm/aaaa)  
**01/12/2021**

#### Tolérances Générales

X.X	$\pm .030$
X.XX	$\pm .015$
X.XXX	$\pm .005$
DEG	$\pm 0^\circ 30'$
CONGES/FILLETS:	.05 - .015
SURFACE	125 $\sqrt{}$

Numéro de dessin  
**2-01-001**

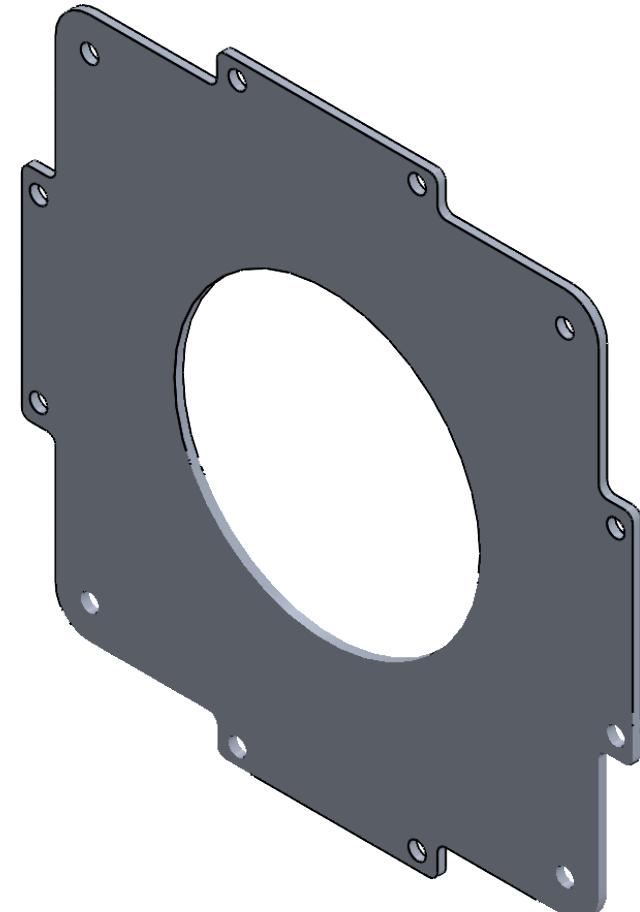
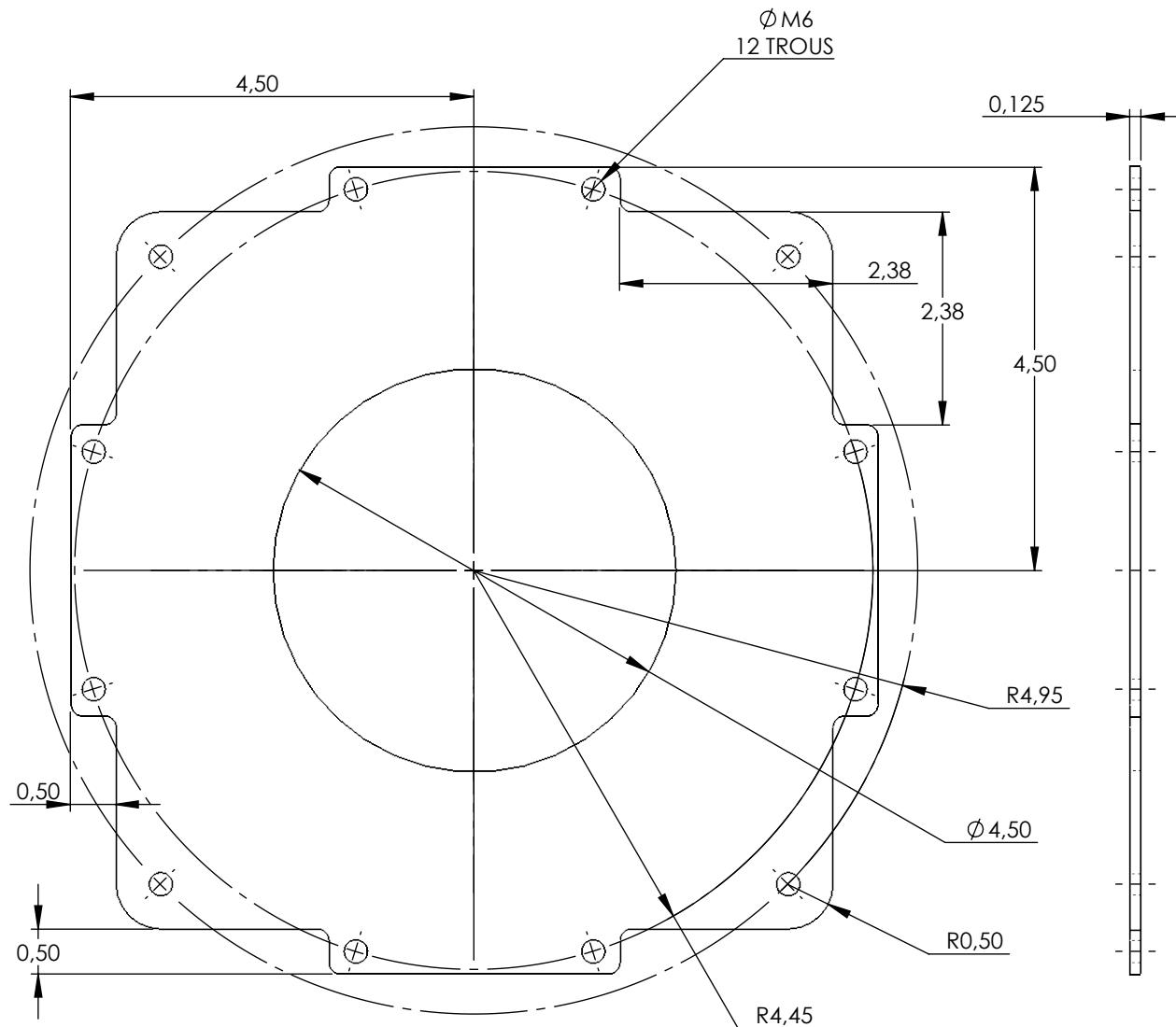
Matériau

Poids  
**0,09 kg**

Échelle  
**1 : 2**

Format  
**A**

 <b>POLYTECHNIQUE MONTRÉAL</b> <small>UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE</small>	2500 Chem. de Polytechnique, Montréal, QC H3T 1J4		
	Pièce <b>2-01-001</b>	Assemblage <b>2-01</b>	Rév. 1.0



Spécifications / Commentaires

1. Les dimensions sont en pouces.  
/ Dimensions are in inches.
2. La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

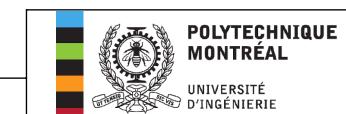
Dessinateur  
**Alec Bergeron** Date (jj/mm/aaaa)  
**18/04/2022**

Tolérances Générales

X.X	±.030
X.XX	±.015
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	.05-.015
SURFACE	125√

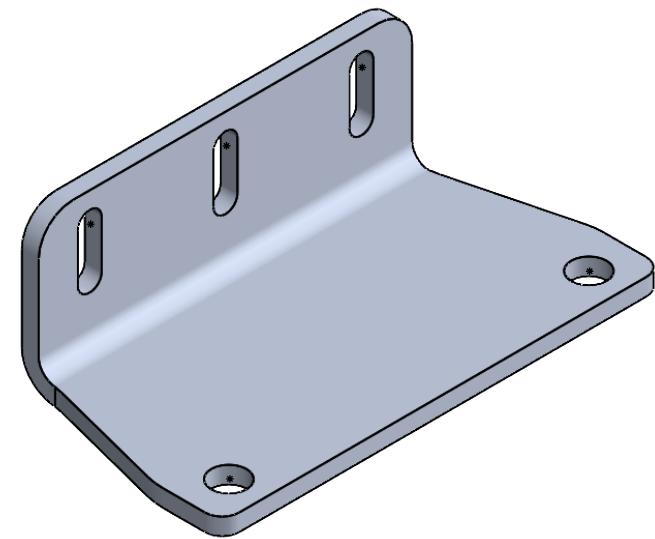
Numéro de dessin  
**2-01-002**

Assemblage  
**2-01**

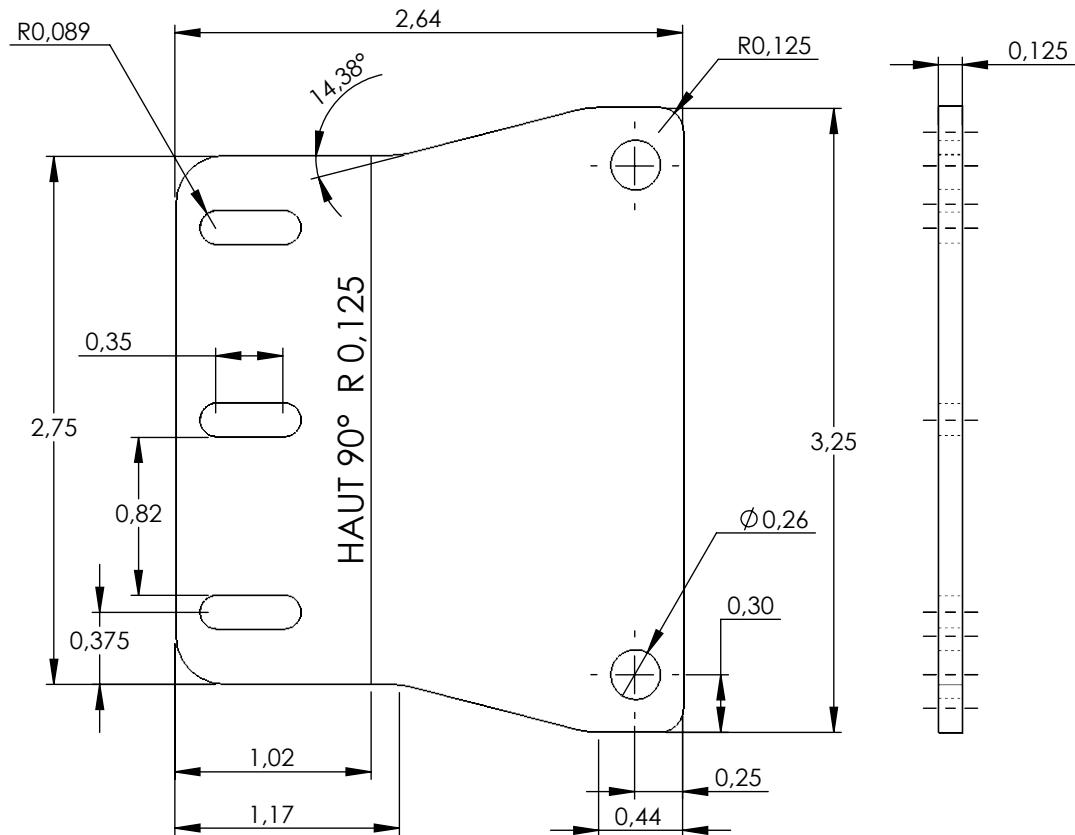


**2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4**

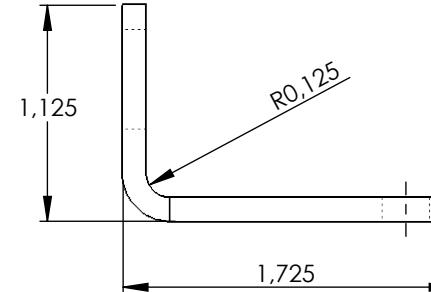
Pièce	<b>2-01-002</b>	Rév.
	<b>2-01</b>	1.0



## PIÈCE DÉPLIÉE



## PIÈCE PLIÉE



### Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en pouces.  
Dimensions are in inches.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
**Alec Bergeron** Date (jj/mm/aaaa)  
**18/04/2022**

### Tolérances Générales

X.X	±.030
X.XX	±.015
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	.05-.015
SURFACE	125√

Numéro de dessin  
**2-01-003**

Matière

Poids

Aluminium

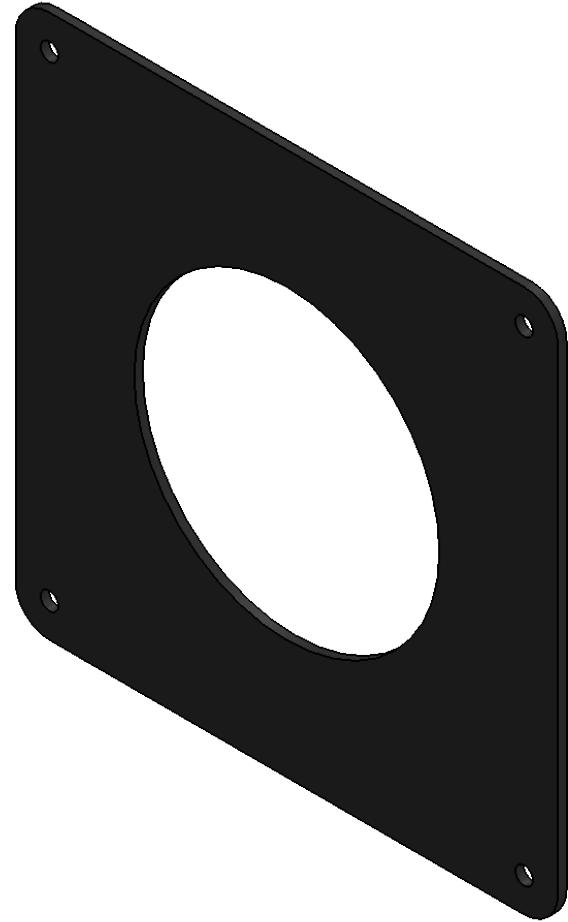
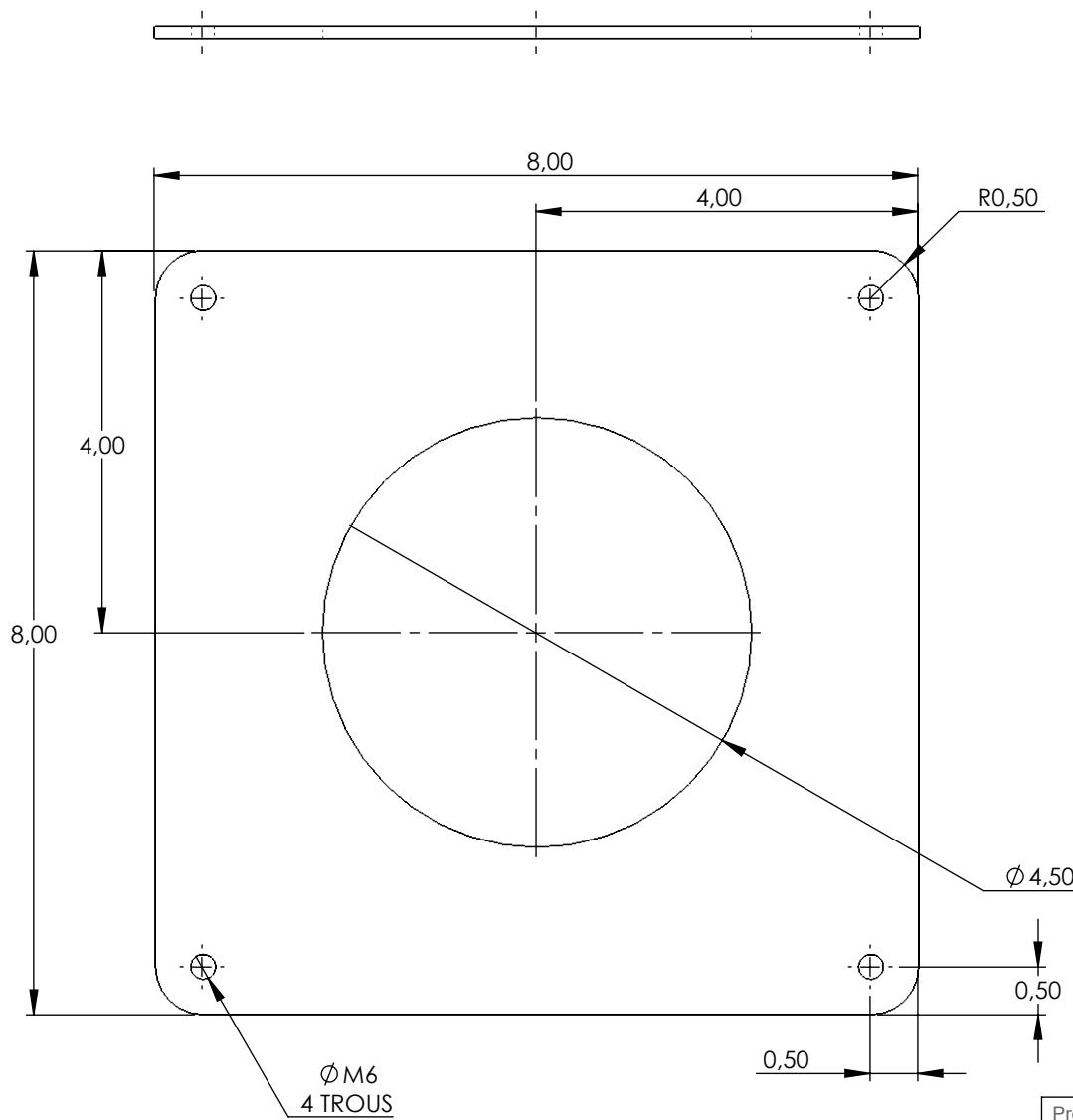
0,04 kg



**2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4**

Pièce  
**2-01-003**

Assemblage	Rév.
<b>2-01</b>	1.0
Échelle	1 : 1
Format	A
Page	1/1



#### Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en pouces.  
/ Dimensions are in inches.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
**Alec Bergeron** Date (jj/mm/aaaa)  
**18/04/2022**

#### Tolérances Générales

X.X	±.030
X.XX	±.015
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	.05-.015
SURFACE	125√

Numéro de dessin  
**2-01-002**

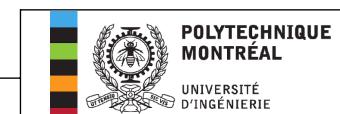
Matériau

Poids

Échelle

Format

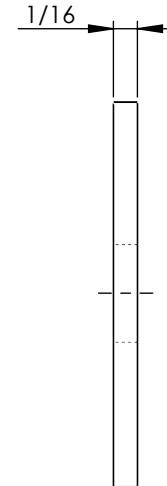
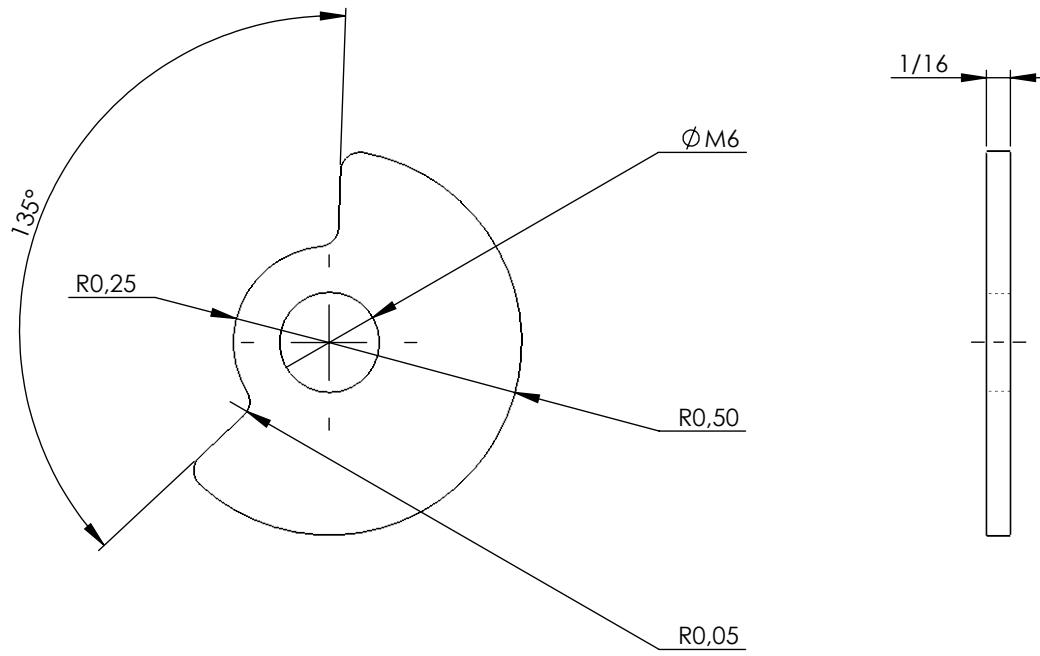
Page



**2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4**

Pièce  
**2-01-002**

Assemblage  
**2-01**



#### Spécifications / Commentaires

1. Les dimensions sont en pouces.  
/ Dimensions are in inches.
2. La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
**Alec Bergeron**      Date (jj/mm/aaaa)  
**18/04/2022**

#### Tolérances Générales

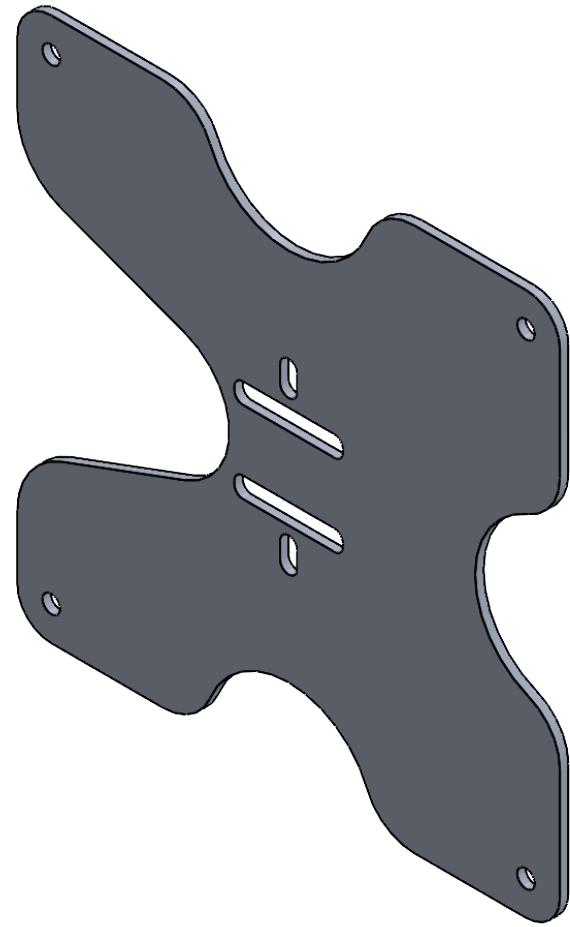
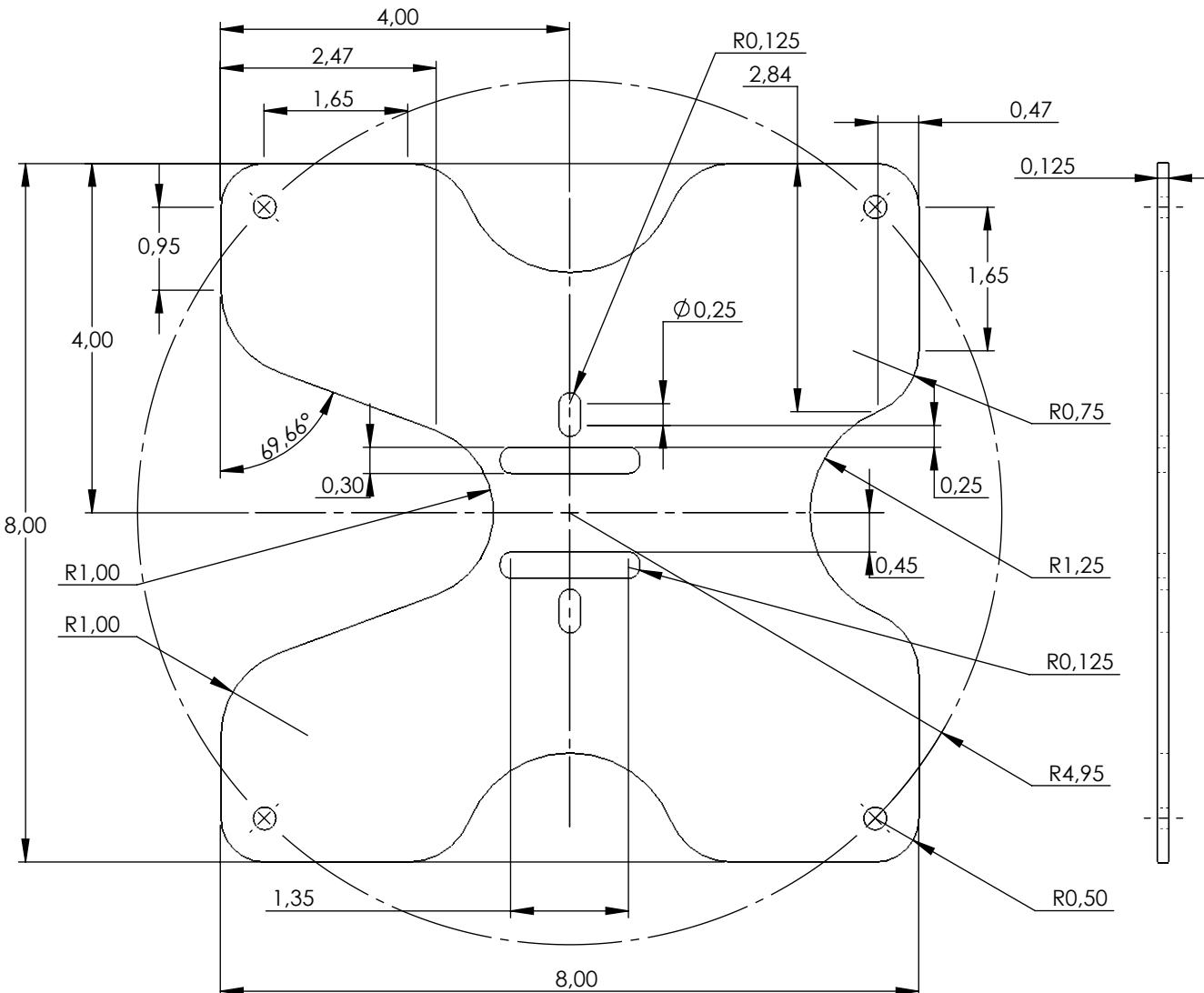
X.X	±.030
X.XX	±.015
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	.05-.015
SURFACE	125√

Numéro de dessin  
**2-01-005**

Matériau  
**Acier**

Poids  
**0,004 kg**

 <b>POLYTECHNIQUE MONTRÉAL</b> <small>UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE</small>	2500 Chem. de Polytechnique, Montréal, QC H3T 1J4		
	<b>Pièce</b> <b>2-01-005</b>	<b>Assemblage</b> <b>2-01</b>	Rév. 1.0



#### Spécifications / Commentaires

1. Les dimensions sont en pouces.  
/ Dimensions are in inches.
2. La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
**Alec Bergeron**      Date (jj/mm/aaaa)  
**18/04/2022**

#### Tolérances Générales

X.X	$\pm .030$
X.XX	$\pm .015$
X.XXX	$\pm .005$
DEG	$\pm 0^\circ 30'$
CONGES/FILLETS:	.05-.015
SURFACE	R25/V

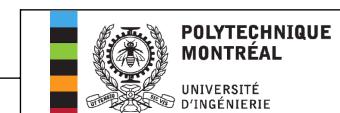
Numéro de dessin  
**2-02-001**

Matière

Poids

Aluminium

0.26



**2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4**

Pièce  
**2-02-001**

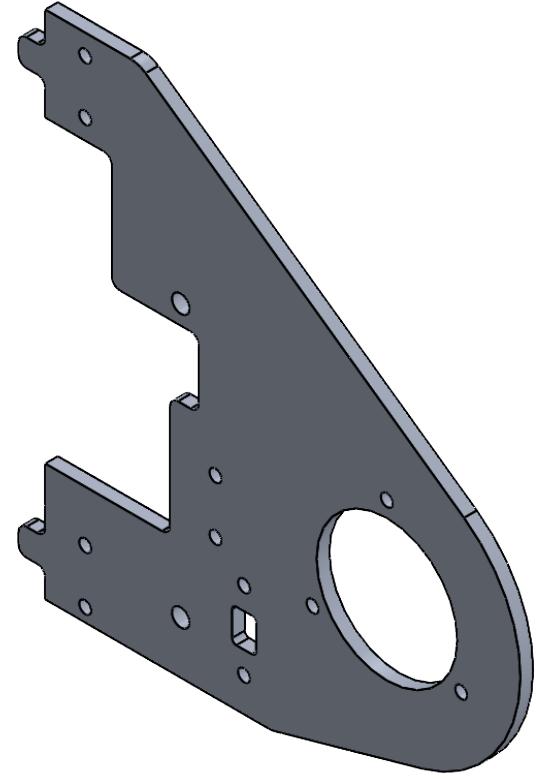
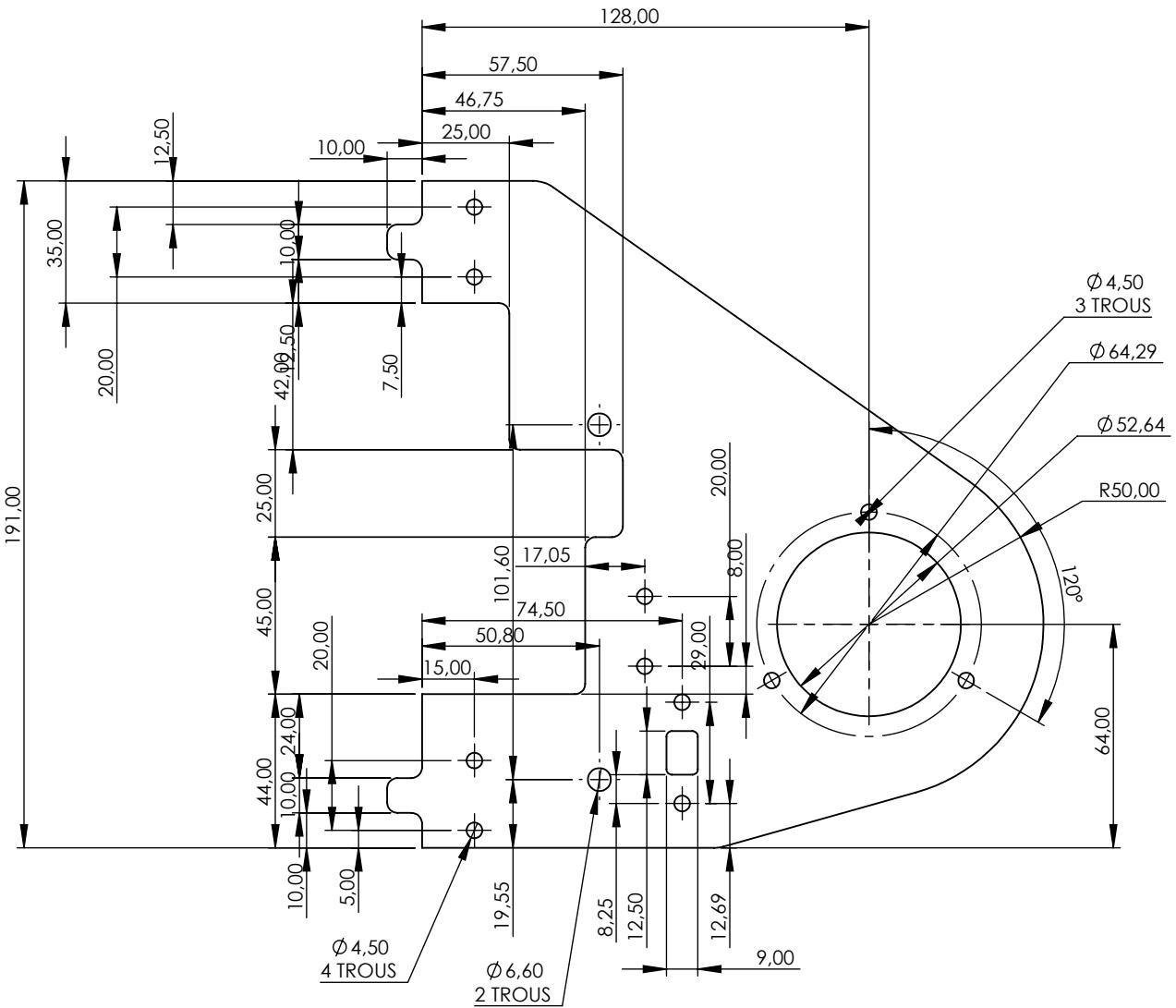
Assemblage  
**2-02**

Rév.  
1.0

Échelle  
**1 : 2**

Format  
**A**

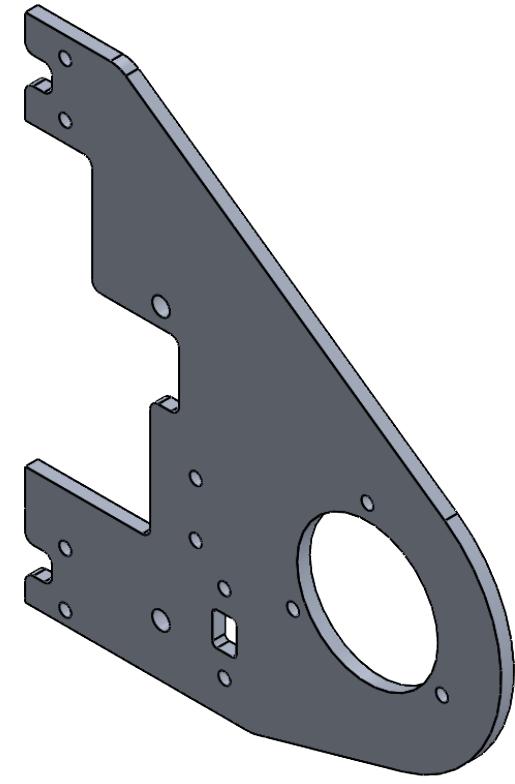
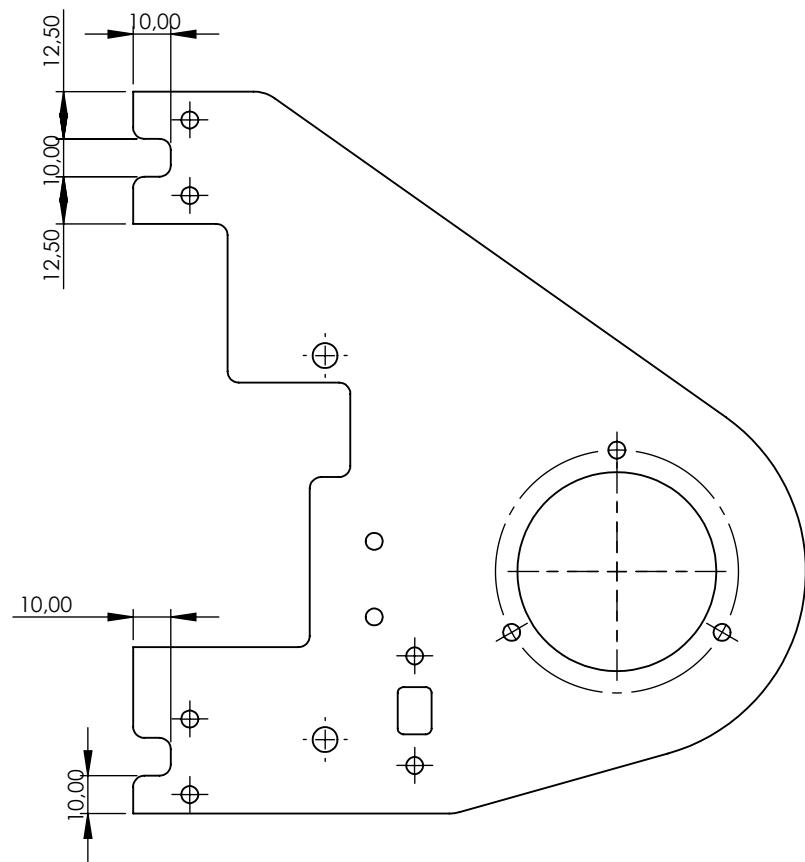
Page  
**1/1**



## VUE ISOMÉTRIQUE

CONGÉS : RAYON DE 2 mm  
LA PLAQUE A UNE ÉPAISSEUR DE 3/16"

Spécifications / Commentaires	Projet <b>Système de connecteur d'énergie pour robot</b>		Tolérances Générales		UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE	
	x.x	±.5	X.XX	±.05	X.XXX	±.005
Client(s) <b>Hydro-Québec</b>		DEG CONGES/FILLETS: SURFACE		±0° 30'	1 - 4	125\
Numéro de dessin <b>3-01-001a</b>		Assemblage <b>03 - Connecteur</b>			Rév. <b>1.0</b>	
Dessinateur <b>Guillaume St-Hilaire</b>	Date (jj/mm/aaaa) <b>17/04/2022</b>	Matériau <b>Aluminium 6061</b>	Poids <b>0,239 kg</b>		Échelle <b>1:2</b>	Format <b>A</b>
						Page <b>1/1</b>



VUE ISOMÉTRIQUE

TOUTES LES DIMENSIONS SONT  
IDENTIQUES QUE POUR LE DESSIN  
3-01-001a SAUF SI MENTIONNÉ

CONGÉS : RAYON DE 2 mm

LA PLAQUE A UNE ÉPAISSEUR DE 3/16"

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet	Système de connecteur d'énergie pour robot
--------	---

Client(s)  
Hydro-Québec

Numéro de dessin  
3-01-001b

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

Matériau	Poids
Aluminium 6061	0,234 kg



2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4

Pièce  
Plaque support male

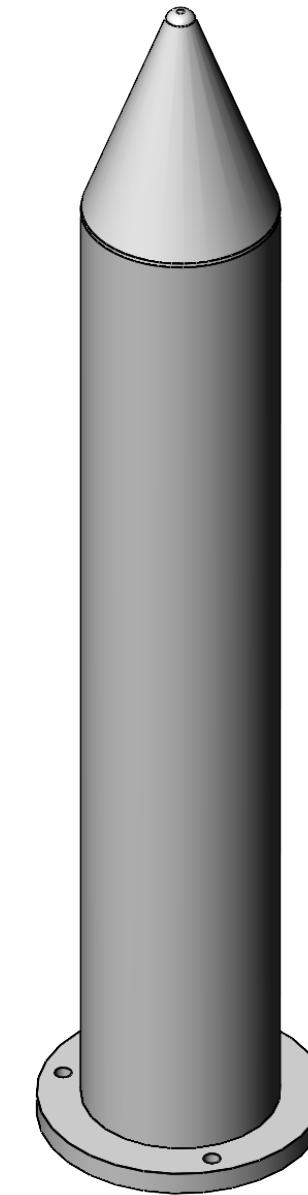
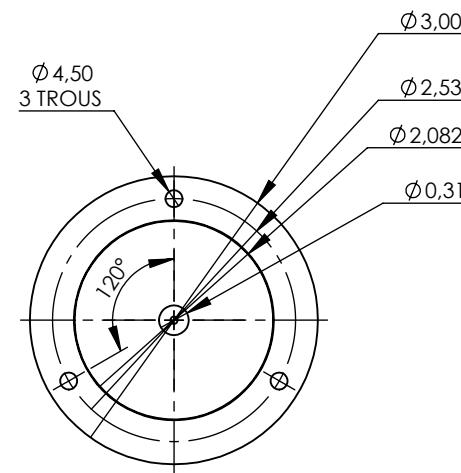
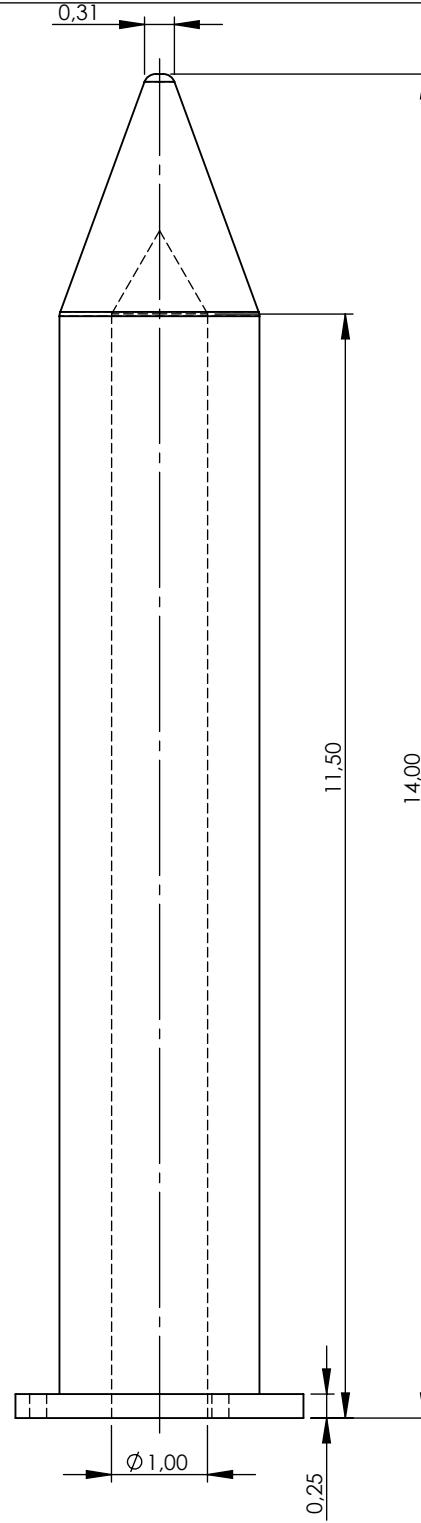
Assemblage  
03 - Connecteur

Rév.  
1.0

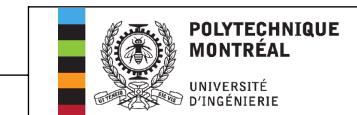
Échelle  
1:2

Format  
A

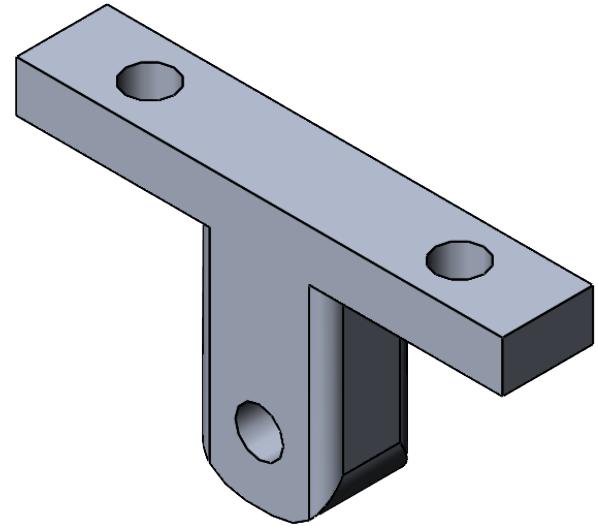
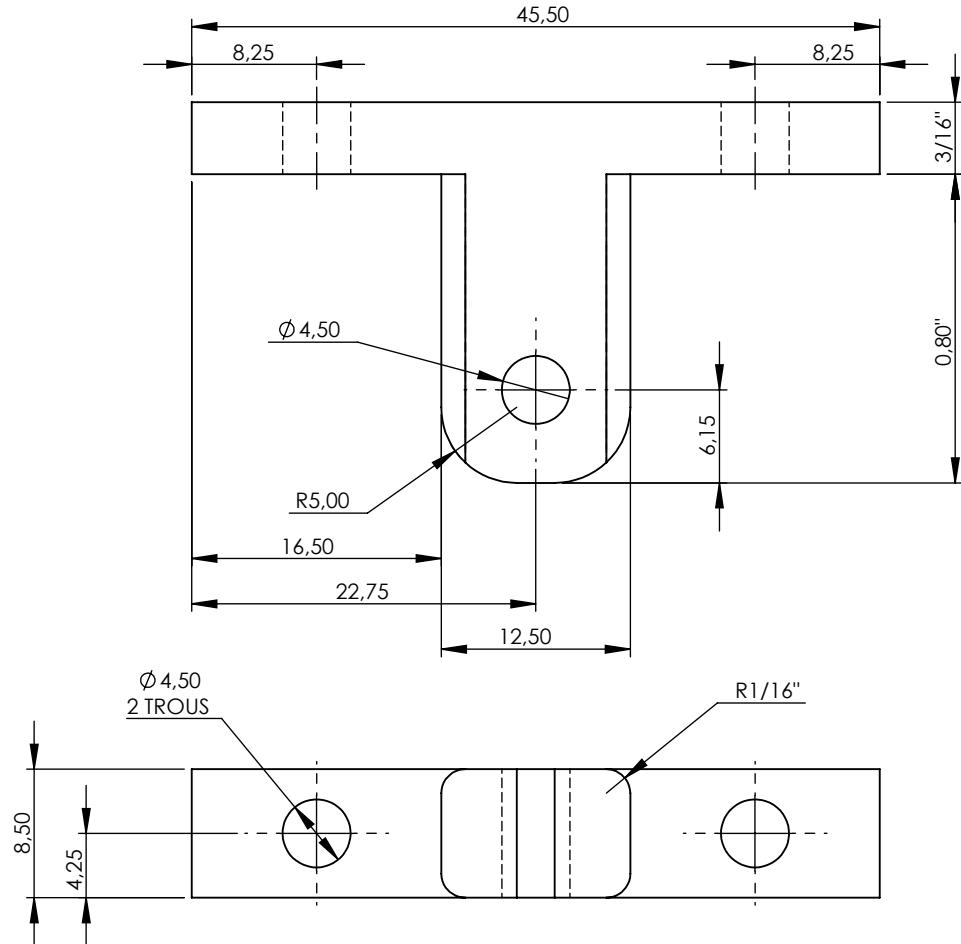
Page  
1/1



Spécifications / Commentaires		Projet Système de connecteur d'énergie pour robot		Tolérances Générales
1. Les dimensions sont en pouces sauf indication contraire. / Dimensions are in inches unless stated.				x.x $\pm .030$ x.xx $\pm .015$ x.xxx $\pm .005$ xxxxx $\pm .0005$
2. La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure. / Part must be free of oil, grease and markings.		Client(s) Hydro-Québec		DEG $\pm 0^\circ .30'$ CONGES/FILLETS: SURFACE $.05 - .15$ $125\sqrt{}$
		Numéro de dessin 3-01-002		Assemblage 03 - Connecteur
Dessinateur Guillaume St-Hilaire	Date (jj/mm/aaaa) 17/04/2022	Matériau UHMW-PE	Poids 0,480 kg	Rév. 1.0
		Échelle 1:2	Format A	Page 1/1



2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4



VUE ISOMÉTRIQUE

RETRIRER LES BAVURES ET ARRÊTES VIVES

Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

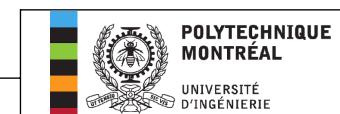
Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
12/02/2022

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

Numéro de dessin  
**3-01-003**

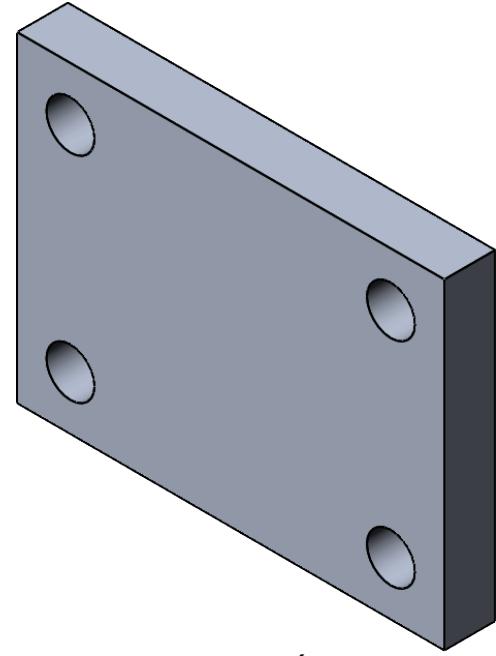
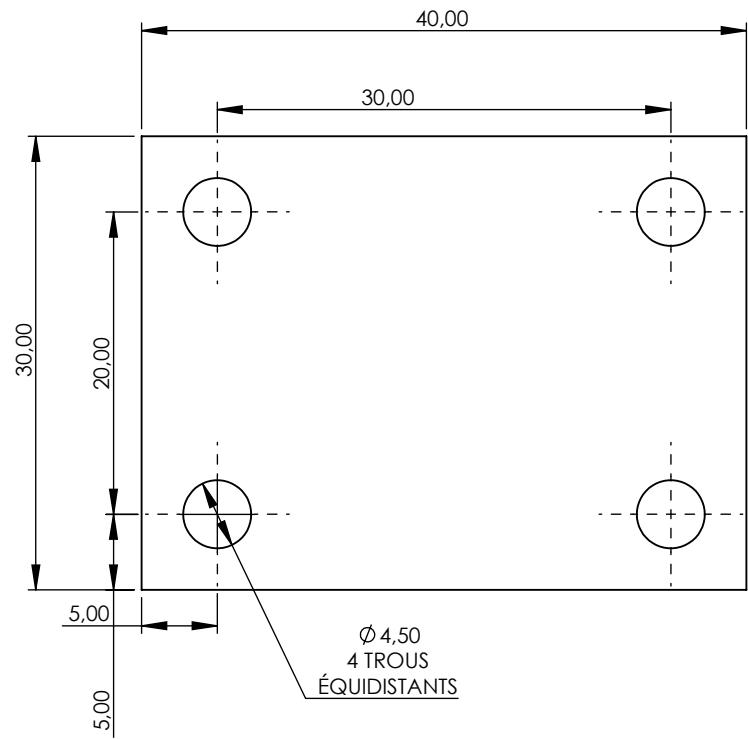
Matiérial  
Aluminium 6061 | Poids  
0,010 kg



2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4

Pièce	Support en T	Rév.
	Assemblage 03 - Connecteur	2.0

Échelle  
2:1 | Format  
A | Page  
1/1



VUE ISOMÉTRIQUE

RETIRER LES BAVURES ET ARRÊTES VIVES

LA PLAQUE À UNE ÉPAISSEUR DE 3/16"

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
12/02/2022

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

Numéro de dessin

3-01-004

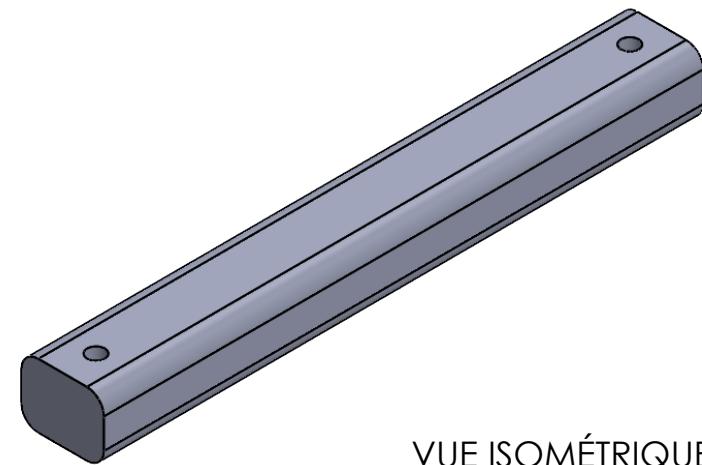
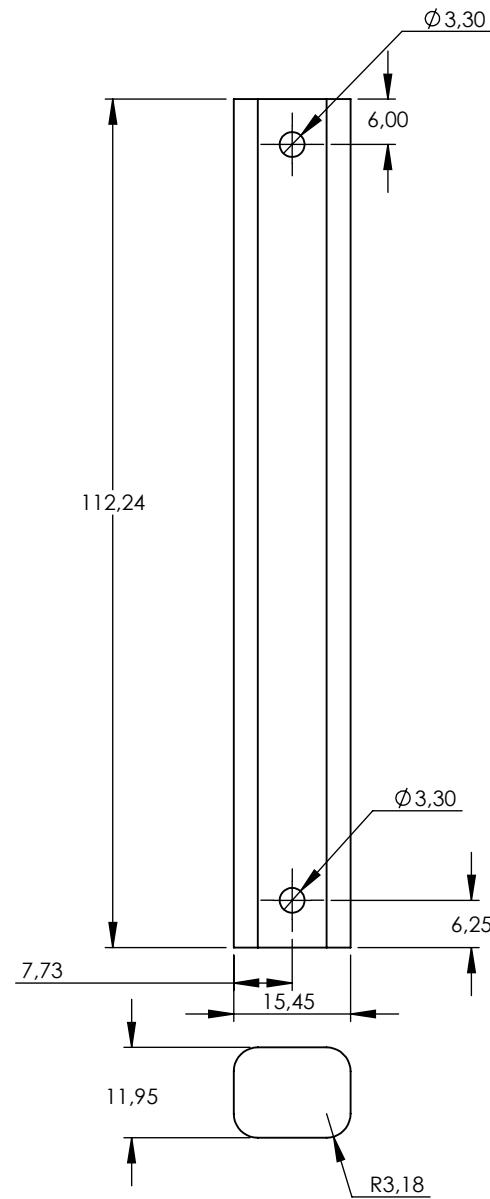


Pièce  
**Plaque de soutien**

Assemblage  
**03 - Connecteur**

Rév.  
1.0

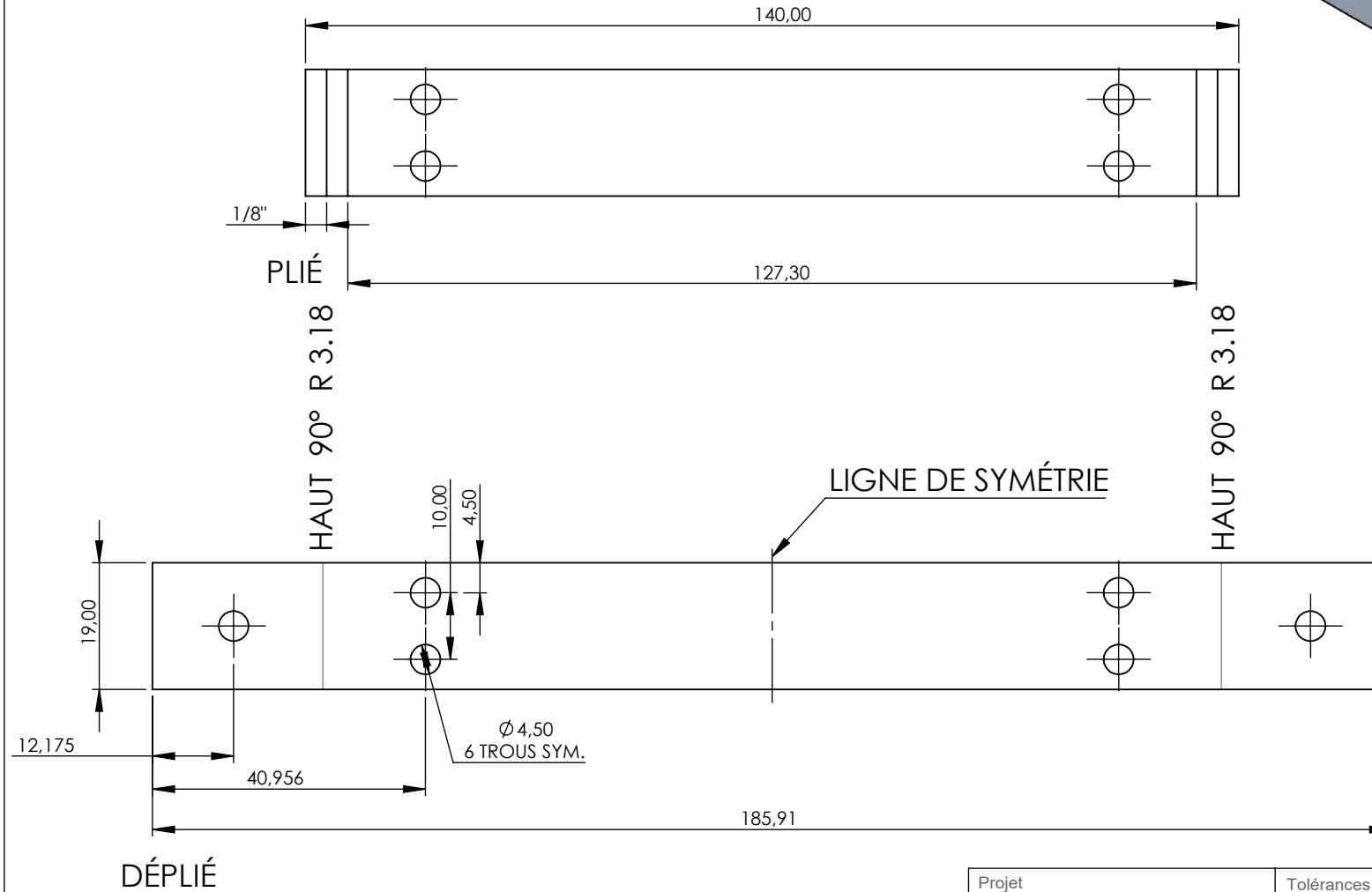
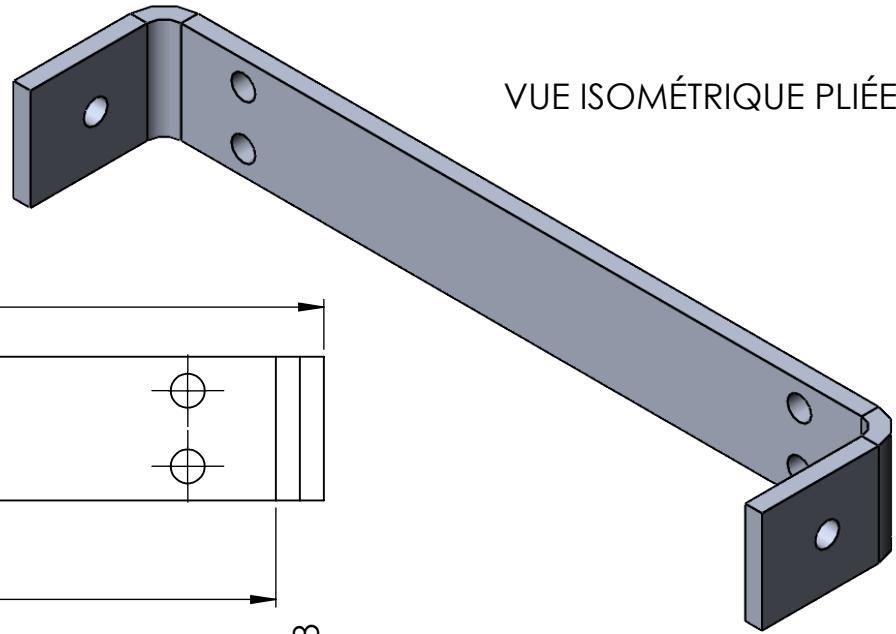
Échelle  
2:1 | Format  
A | Page  
1/1



VUE ISOMÉTRIQUE

Spécifications / Commentaires	Projet Système de connecteur d'énergie pour robot	Tolérances Générales		POLYTECHNIQUE MONTRÉAL  UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE 2500 Chem. de Polytechnique, Montréal, QC H3T 1J4
		X.X	±.5	
	Client(s) Hydro-Québec	X.XX	±.05	
		X.XXX	±.005	
		DEG	±0° 30'	
		CONGES/FILLETS:	1 - 4	
		SURFACE	125V	
	Numéro de dessin 3-01-006		Assemblage 03 - Connecteur	Rév. 1.0
Dessinateur Guillaume St-Hilaire	Date (jj/mm/aaaa) 17/04/2022	Matériau Aluminium 6061	Poids 0,024 kg	Échelle 1:1
		Format A		Page 1/1

## VUE ISOMÉTRIQUE PLIÉ



### Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

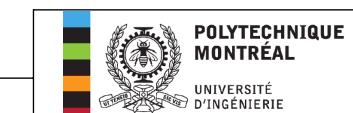
Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
17/04/2022

### Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

Numéro de dessin  
**3-01-007**

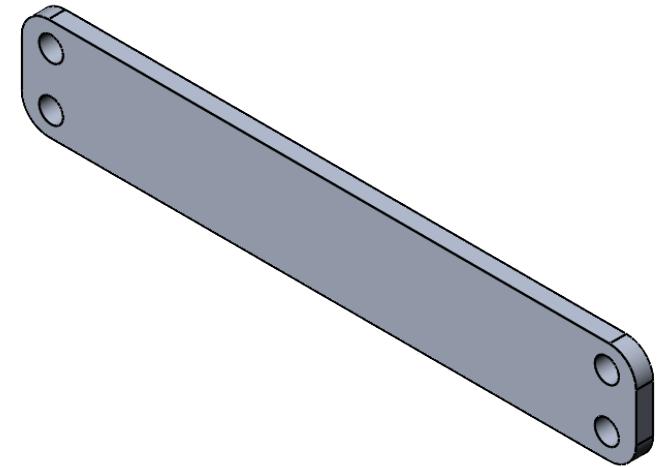
Matériau  
Aluminium 6061 | Poids  
0,038 kg



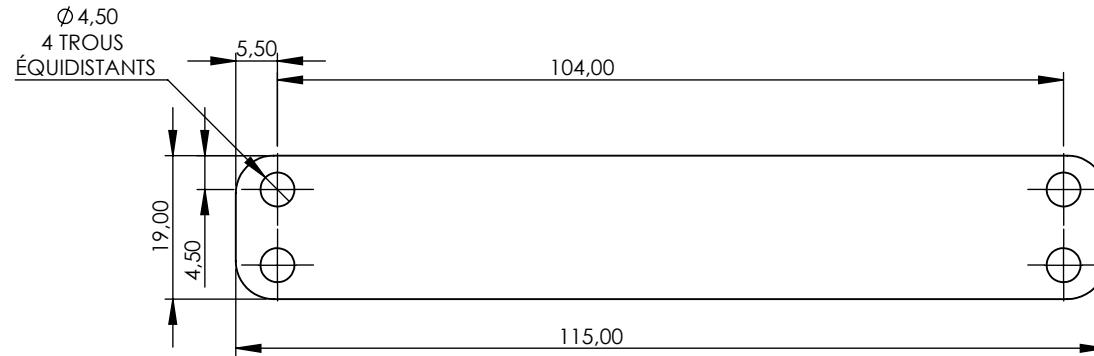
**2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4**

**Pièce  
Plaque support prise male**

Assemblage	Rév.
<b>03 - Connecteur</b>	2.0
Échelle 1:1   Format A   Page 1/1	



VUE ISOMÉTRIQUE



CONGÉS : RAYON DE 5 mm  
LA PLAQUE A UNE ÉPAISSEUR DE 3/16"

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
14/01/2022

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

Numéro de dessin  
**3-01-008**

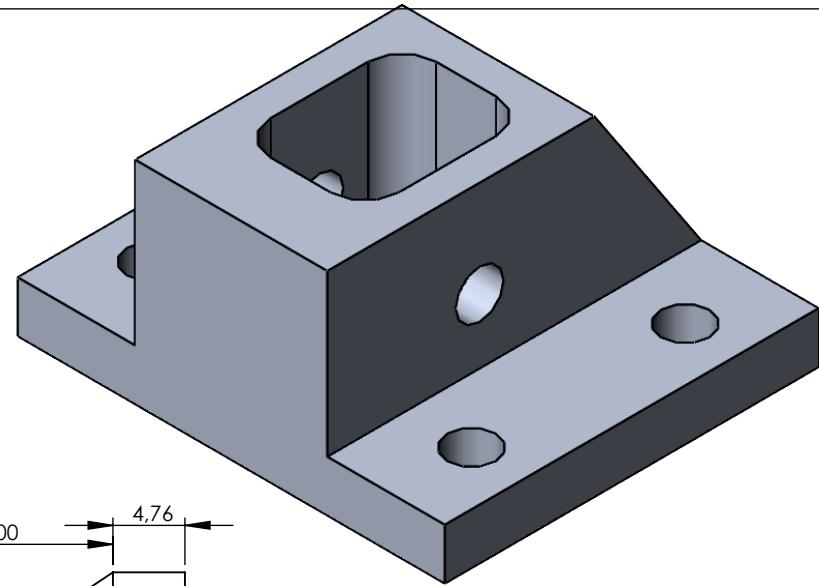
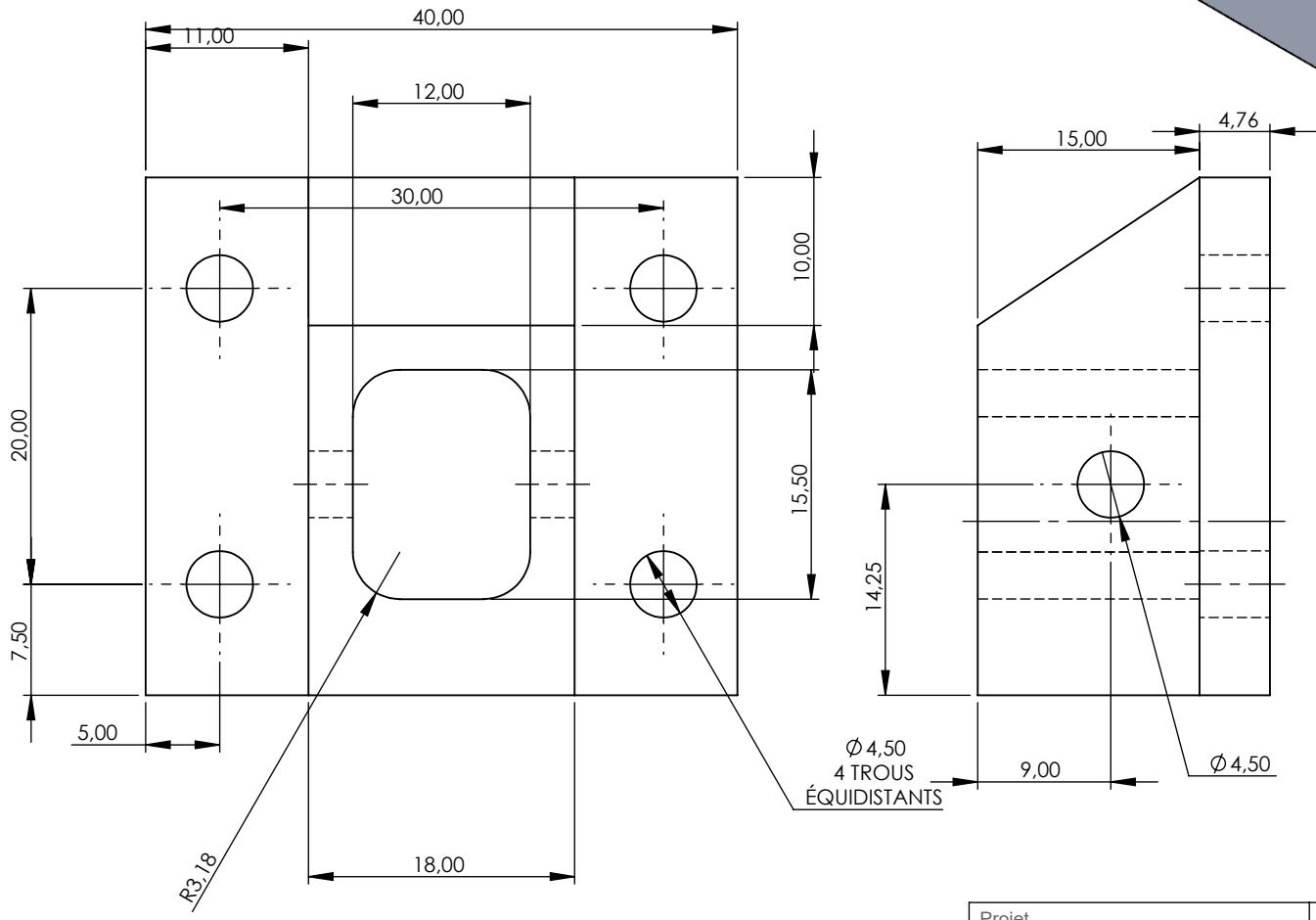
Matériau  
Aluminium 6061

Poids  
0,018 kg



Pièce  
**Plaque compression prise male**

Assemblage	Rév.
<b>03 - Connecteur</b>	1.0
Échelle	1:1
Format	A
Page	1/1



VUE ISOMÉTRIQUE

RETRIRER LES BAVURES ET ARRÊTES VIVES

Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
17/04/2022

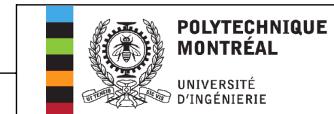
Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

Numéro de dessin  
**3-01-009**

Matériau  
Aluminium 6061

Poids  
0,024 kg

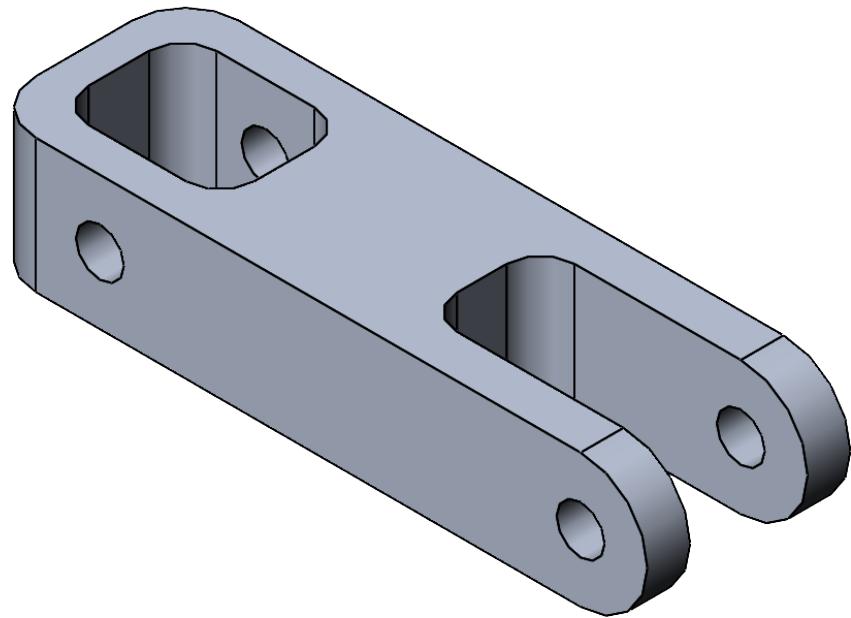
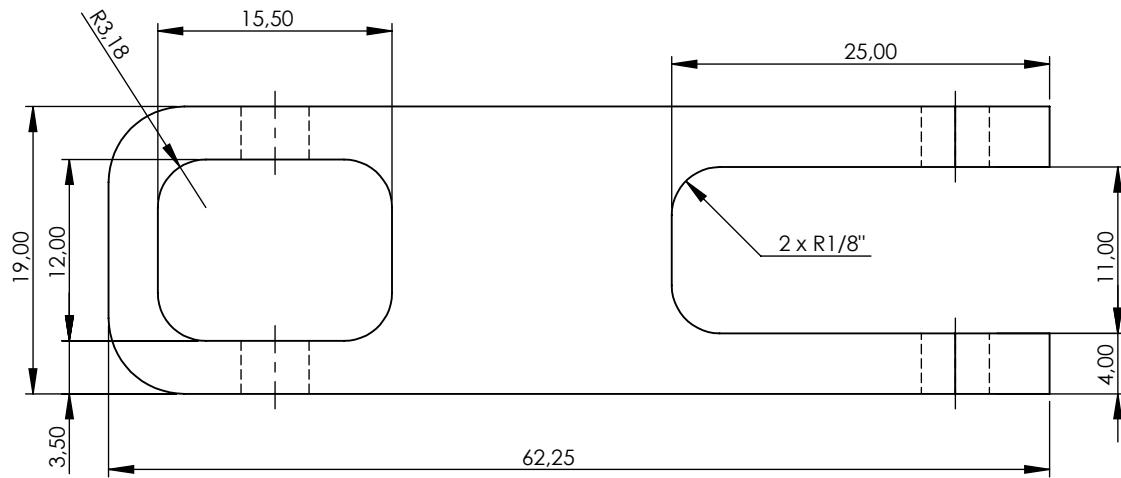


**2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4**

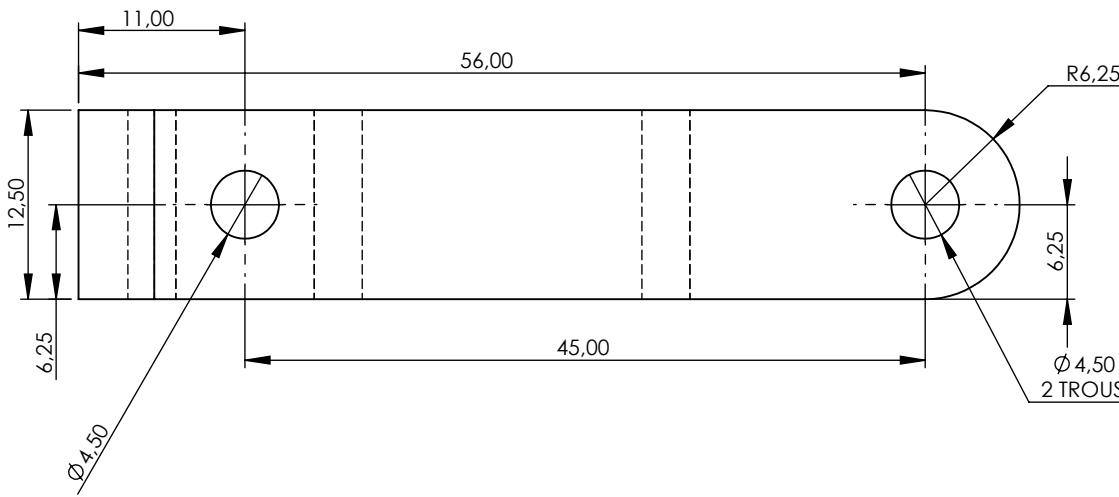
Pièce  
**Plaque guide pour tige male**

Assemblage <b>03 - Connecteur</b>	Rév. <b>1.0</b>
Échelle 2:1	Format A





VUE ISOMÉTRIQUE



CONGÉS : RAYON DE 5 mm

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
17/04/2022

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125√

Numéro de dessin

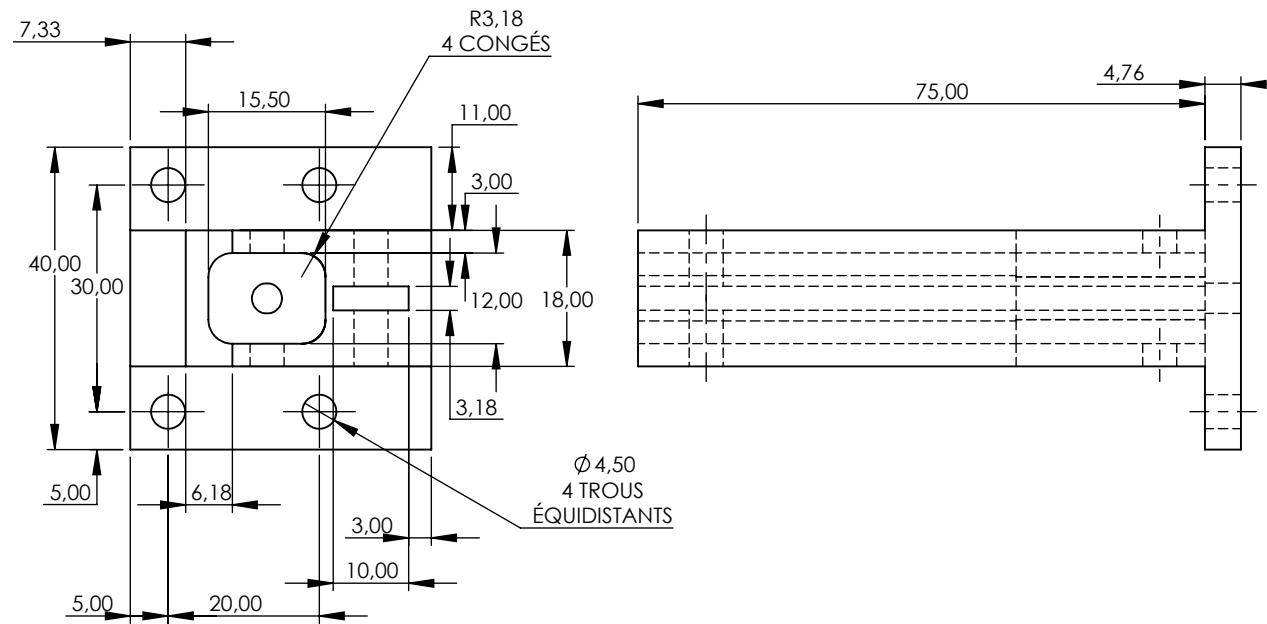
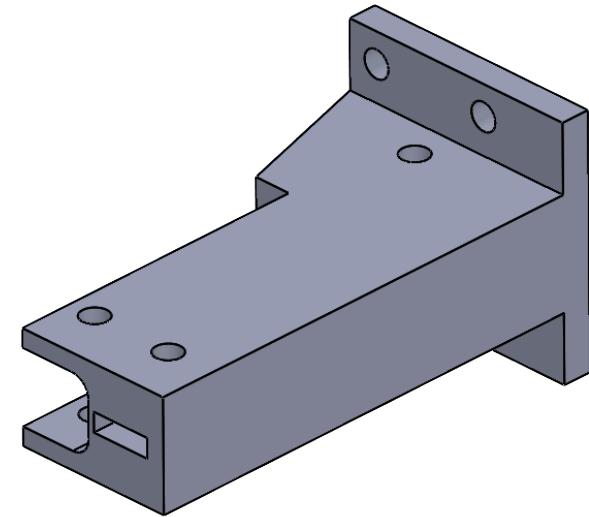
3-01-010

Matériau  
Aluminium 6061 | Poids  
0,024 kg



Pièce  
**Support pour roue**

Rév.	
1.0	Assemblage 03 - Connecteur

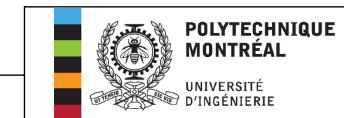


VUE ISOMÉTRIQUE

RETRIRER LES BAVURES ET ARRÊTES VIVES

Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

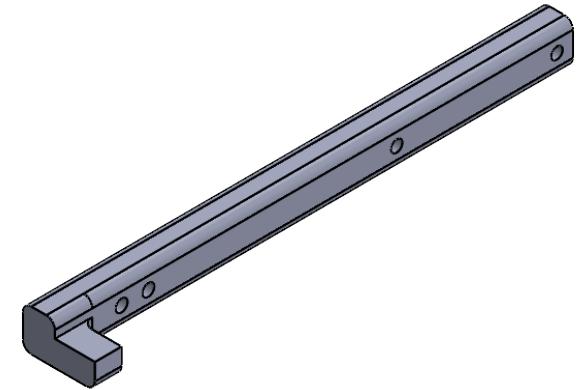
Spécifications / Commentaires	Projet Système de connecteur d'énergie pour robot	Tolérances Générales	
		X.X	±.5
		X.XX	±.05
		X.XXX	±.005
		DEG	±0° 30'
		CONGES/FILLETS:	1 - 4
		SURFACE	125√
		Numéro de dessin	Assemblage
		3-01-011	03 - Connecteur
		Dessinateur	Rév.
		Guillaume St-Hilaire	2.0
		Date (jj/mm/aaaa)	
		17/04/2022	
		Matériau	Échelle
		PLA	1:1
		Poids	Format
		0,023 kg	A
		Page	1/1



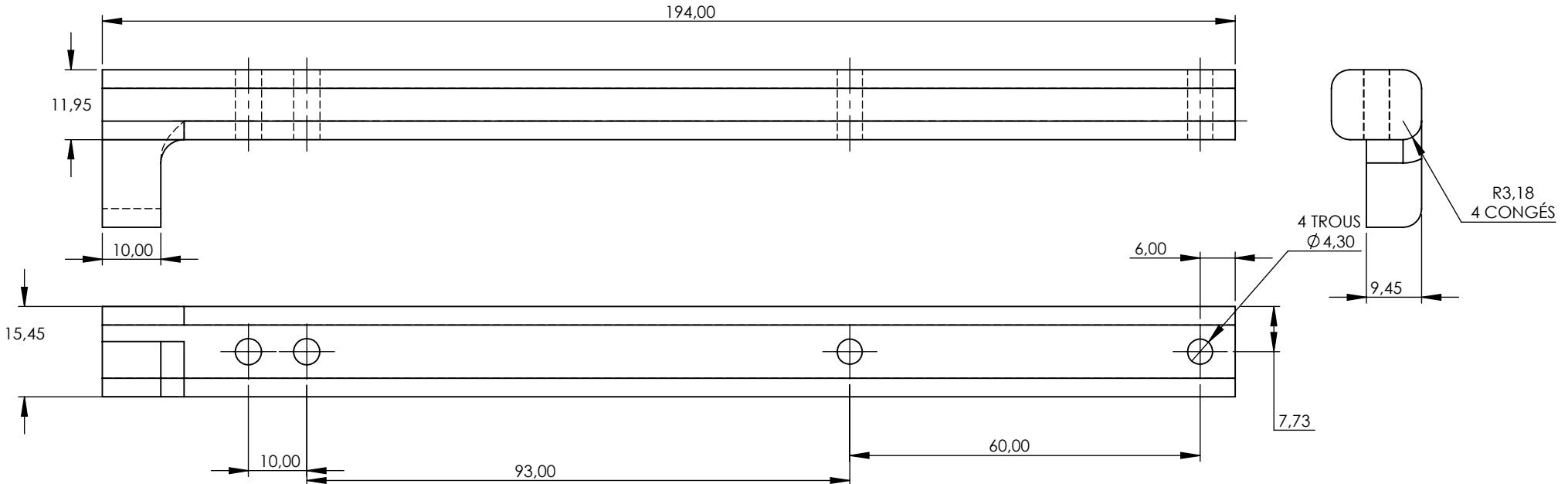
2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4

Pièce  
Support pour roue du verrou

Rév.  
2.0



VUE ISOMÉTRIQUE  
ÉCHELLE 1:2



RETRIRER BAVURES ET ARRÊTES VIVES

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

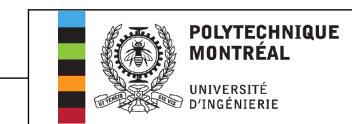
Client(s)  
**Hydro-Québec**

Tolérances Générales	
X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

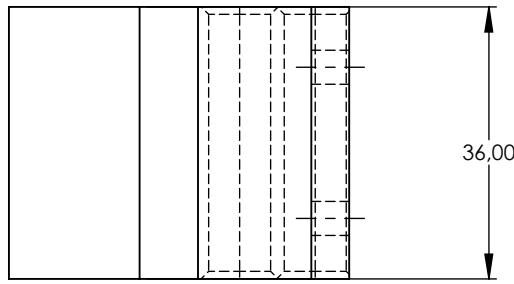
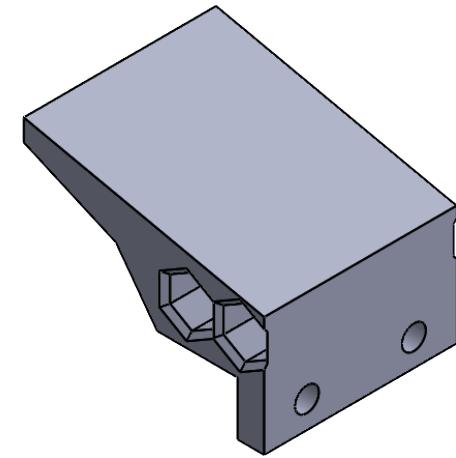
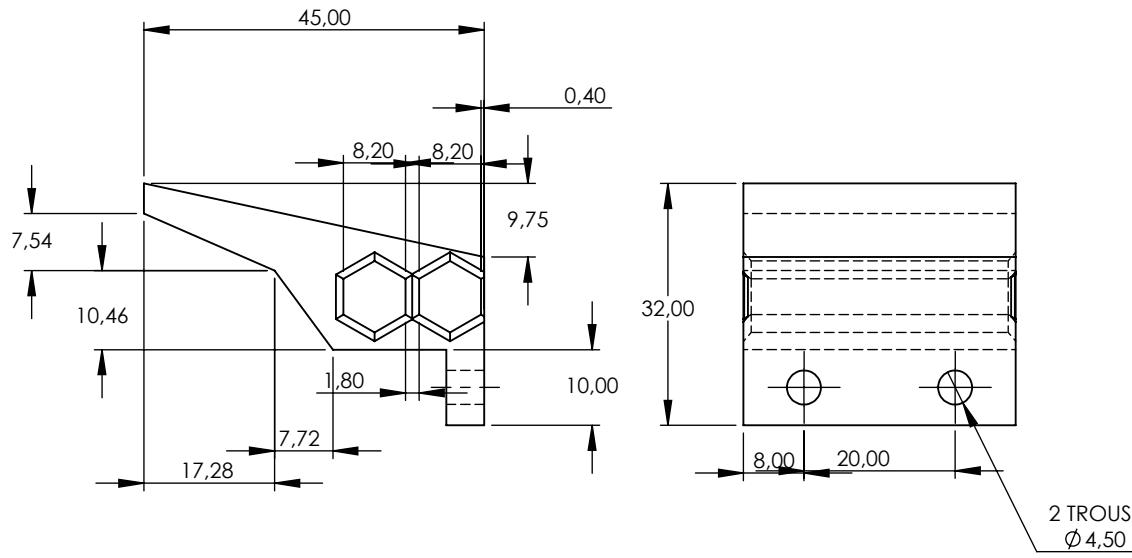
Numéro de dessin  
**3-01-012**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire Date (jj/mm/aaaa)  
17/04/2022

Matière  
Aluminium 6061 Poids  
0,104 kg



Pièce	Assemblage		Rév.
Pousse verrou	03 - Connecteur		2.0
	Échelle 1:1	Format A	Page 1/1



RETRIRER BAVURES ET ARRÊTES VIVES

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
17/04/2022

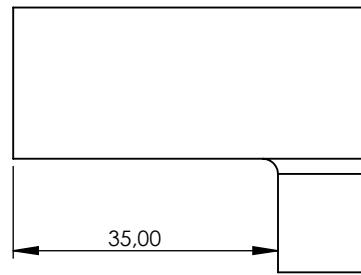
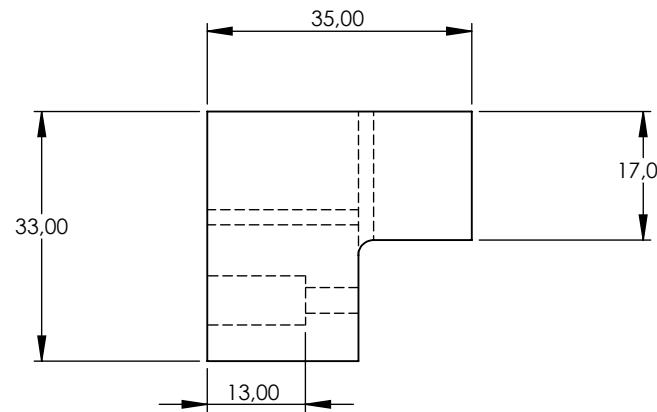
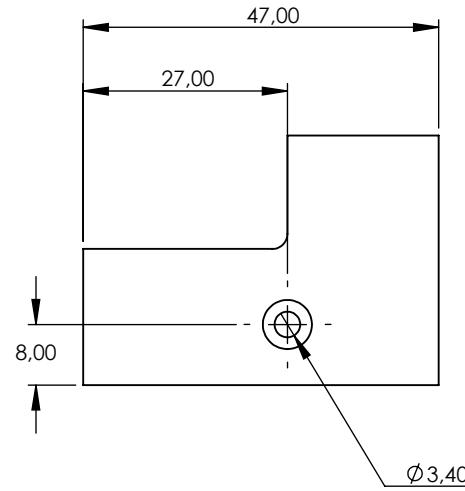
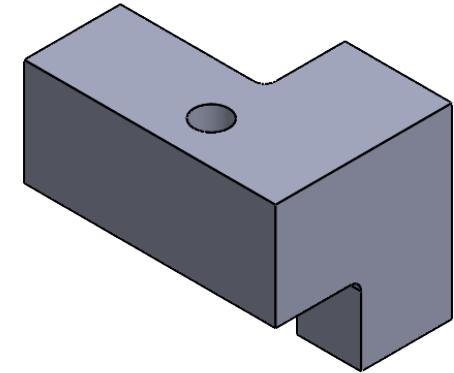
Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125√

Numéro de dessin  
**3-01-014**

Matériau  
PLA

Poids  
0,104 kg



**RETIRER BAVURES ET ARRÊTES VIVES  
CONGÉS DE RAYON 2mm**

**Spécifications / Commentaires**

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

**Projet**  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

**Client(s)**  
**Hydro-Québec**

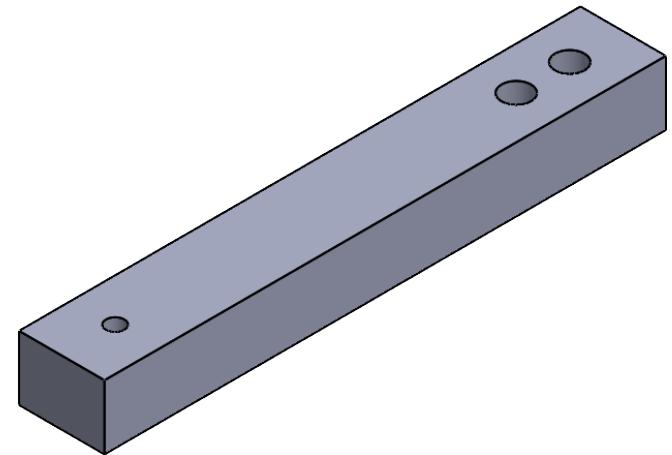
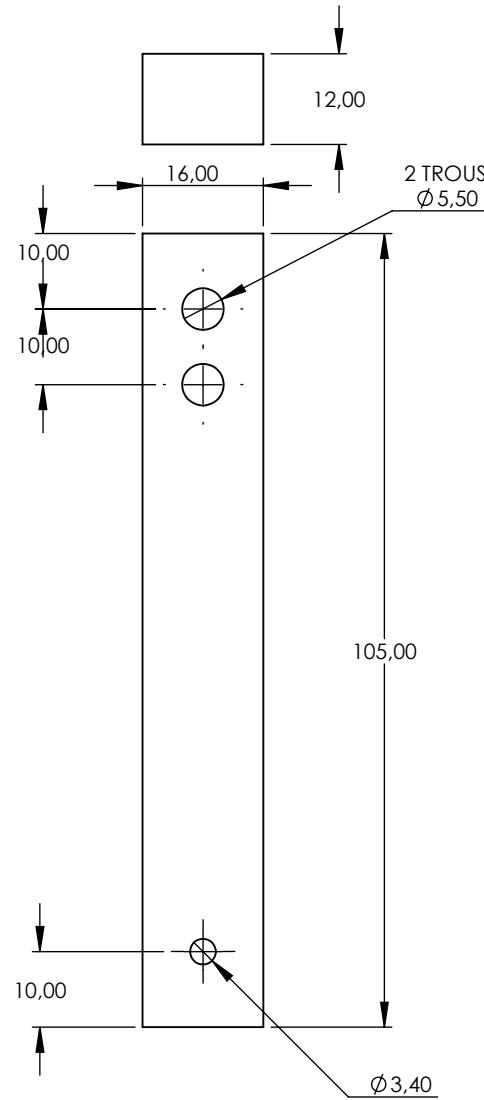
Tolérances Générales	
X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

**Numéro de dessin**  
**3-01-015**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
17/04/2022

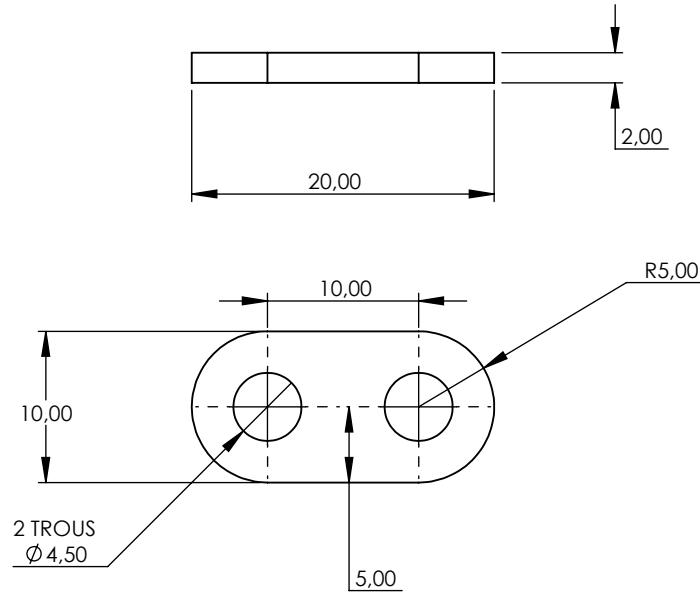
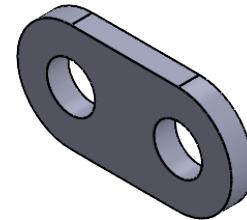
Matériau  
PLA | Poids  
0,104 kg

	<b>POLYTECHNIQUE MONTRÉAL</b>	UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE	2500 Chem. de Polytechnique, Montréal, QC H3T 1J4		
			Pièce	Pièce pour fermer le verrou	
Assemblage		Rév.		Rév.	
03 - Connecteur		1.0		1.0	
		Échelle	1:1	Format	
Page				1/1	



**RETIRER BAVURES ET ARRÊTES VIVES**

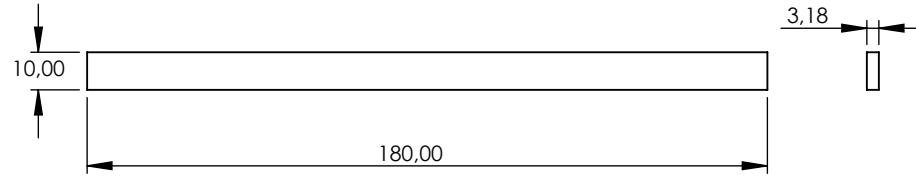
Spécifications / Commentaires		Projet <b>Système de connecteur d'énergie pour robot</b>		Tolérances Générales			
1. Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire. / Dimensions are in millimeters unless stated.				X.X	±.5		
2. La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure. / Part must be free of oil, grease and markings.				X.XX	±.05		
				X.XXX	±.005		
				DEG	±0° 30'		
				CONGES/FILLETS:	1 - 4		
				SURFACE	125V		
		Client(s) <b>Hydro-Québec</b>		Numéro de dessin <b>3-01-016</b>		Assemblage <b>03 - Connecteur</b>	
Dessinateur Guillaume St-Hilaire	Date (jj/mm/aaaa) 17/04/2022	Matériau PLA	Poids 0,13 kg	Échelle 1:1	Format A	Rév. 1.0	Page 1/1



RETIRER BAVURES ET ARRÊTES VIVES

Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Spécifications / Commentaires	Projet Système de connecteur d'énergie pour robot	Tolérances Générales		POLYTECHNIQUE MONTRÉAL  UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE
		X.X	±.5	
		X.XX	±.05	
		X.XXX	±.005	
		DEG	±0° 30'	
		CONGES/FILLETS:	1 - 4	
		SURFACE	125V	
Client(s) Hydro-Québec		Numéro de dessin 3-01-017		Assemblage 03 - Connecteur
Dessinateur Guillaume St-Hilaire		Date (jj/mm/aaaa)	17/04/2022	Rév. 1.0
Matériau PLA		Poids	2 g	Échelle 2:1
Format A		Page	1/1	



**RETIRER BAVURES ET ARRÊTES VIVES**

Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

**Spécifications / Commentaires**

1. Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
2. La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

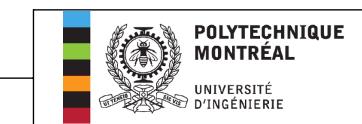
Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

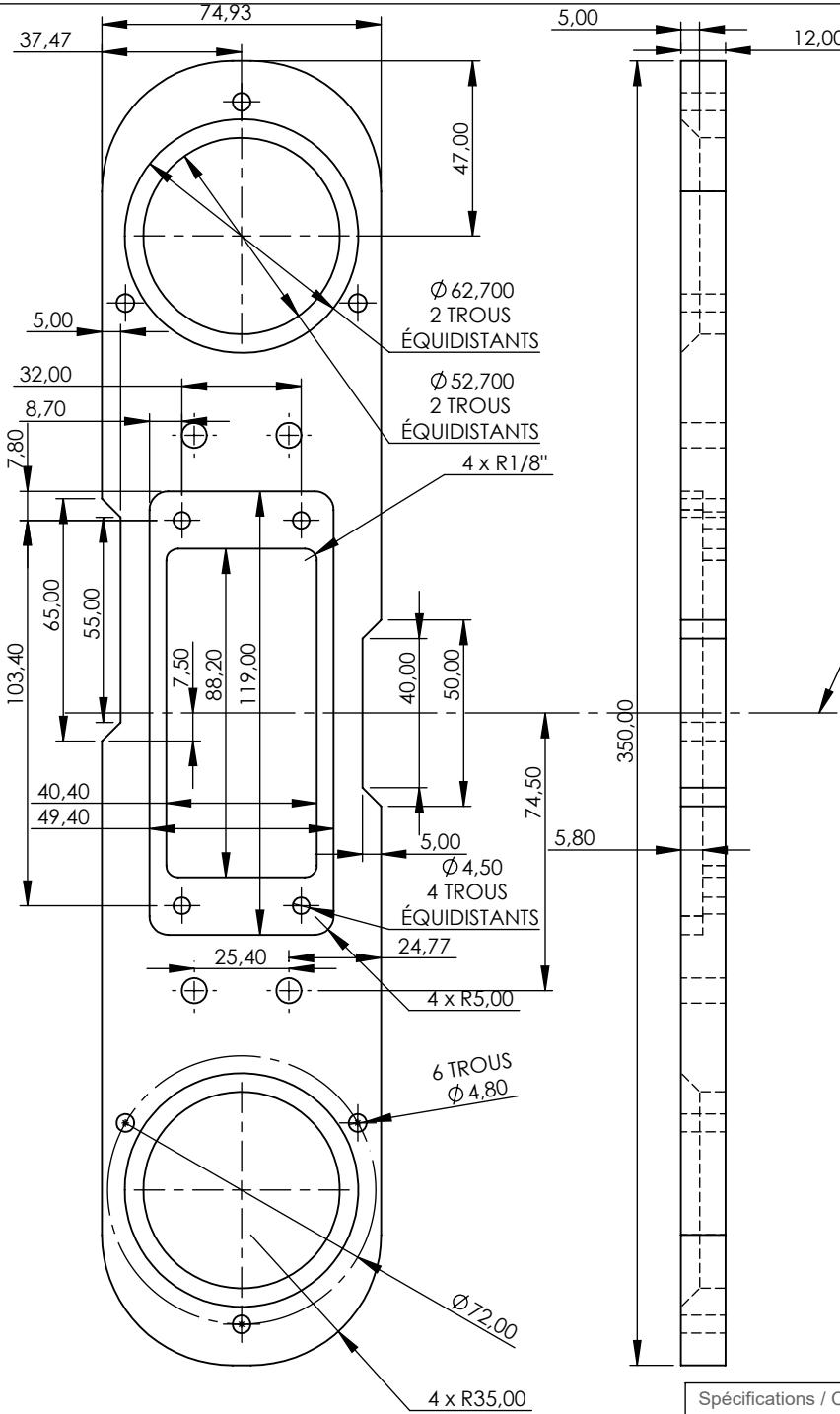
Numéro de dessin  
**3-01-018**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
17/04/2022

Matériau  
Aluminium 6061 | Poids  
0,075 kg



Pièce	Assemblage		Rév.
Tige de soutien du verrou	03 - Connecteur	1.0	



LIGNE DE SYMÉTRIE



VUE ISOMÉTRIQUE  
ÉCHELLE 1:5

Retirer les bavures et arrêtes vives

Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125V

Numéro de dessin  
**3-02-001**

Dessinateur

Guillaume St-Hilaire

Date (jj/mm/aaaa)

18/04/2022

Matériau

Aluminium 6061

Poids

0,104 kg



Pièce  
**Entonnoir**

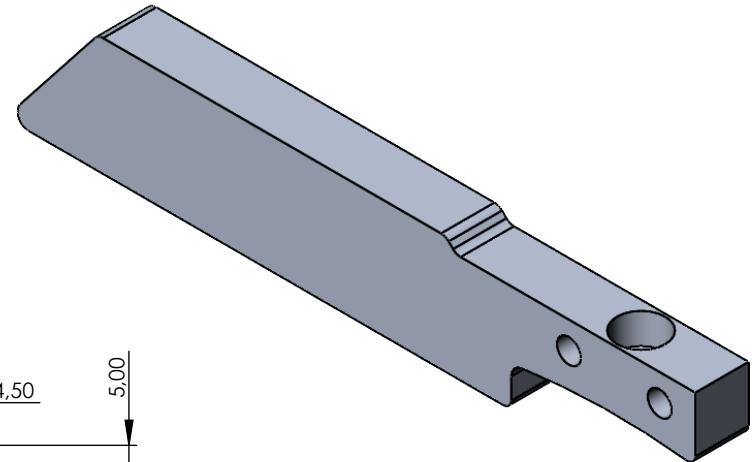
Assemblage  
**03 - Connecteur**

Rév.  
**2.0**

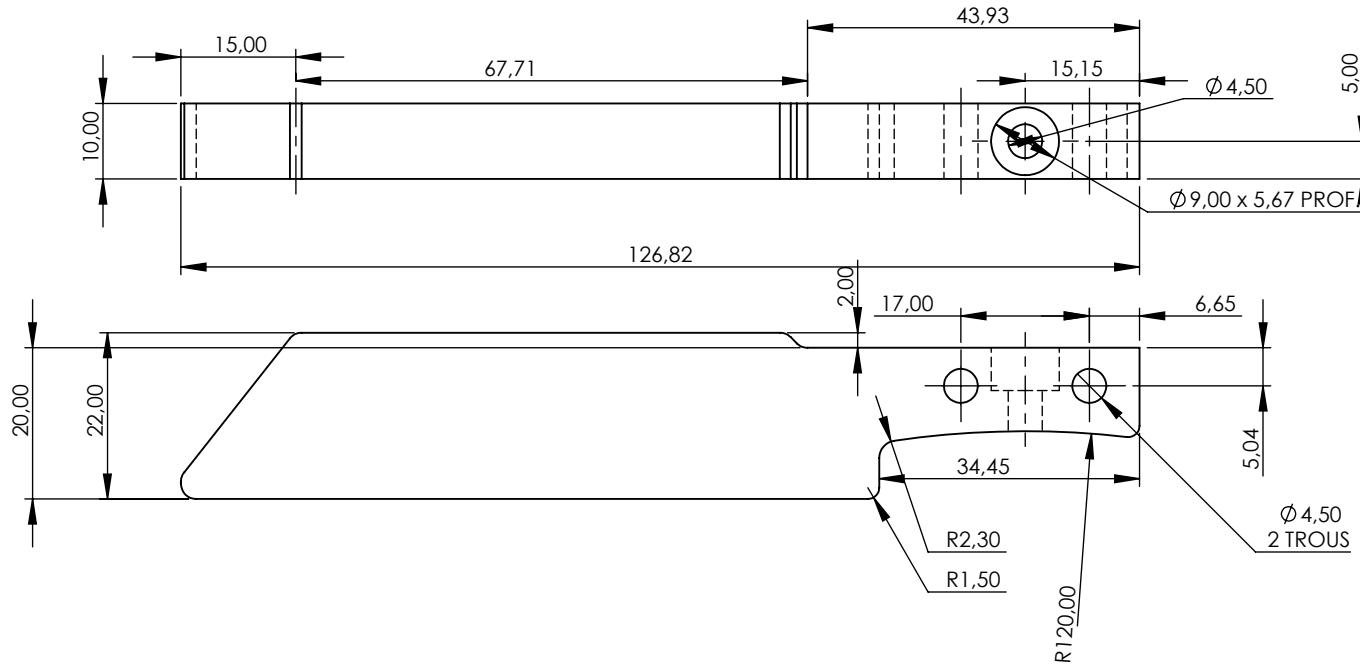
Échelle  
**1:2**

Format  
**A**

Page  
**1/1**



VUE ISOMÉTRIQUE



CONGÉS : RAYON DE 2 mm

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
18/04/2022

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125√

Numéro de dessin  
**3-02-002**

Matériau  
Aluminium 6061

Poids  
0,038 kg



**2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4**

Pièce  
**Guide femelle**

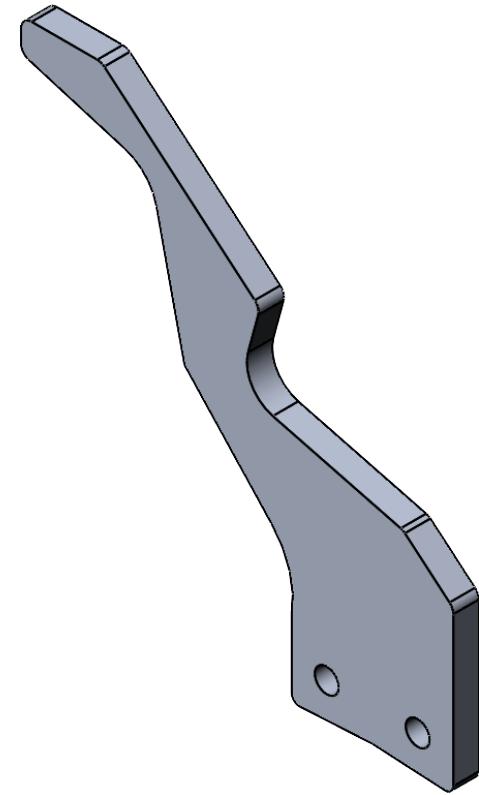
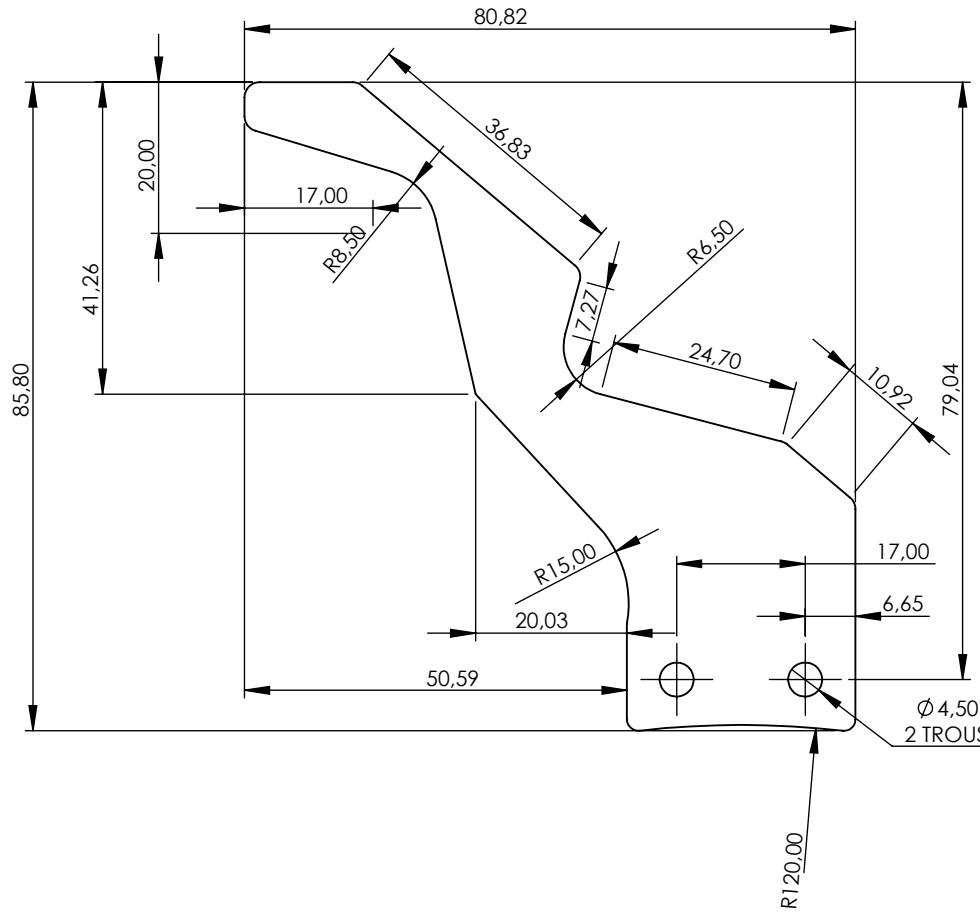
Assemblage  
**03 - Connecteur**

Ré.  
**2.0**

Échelle  
**1:1**

Format  
**A**

Page  
**1/1**



VUE ISOMÉTRIQUE

CONGÉS : RAYON DE 2 mm  
LA PLAQUE A UNE ÉPAISSEUR DE 3/16"

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
18/04/2022

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS:	1 - 4
SURFACE	125√

Numéro de dessin  
**3-02-003**

Matériau  
Aluminium 6061

Poids  
0,032 kg



**2500 Chem. de Polytechnique,  
Montréal, QC H3T 1J4**

Pièce  
**Guide entretoise**

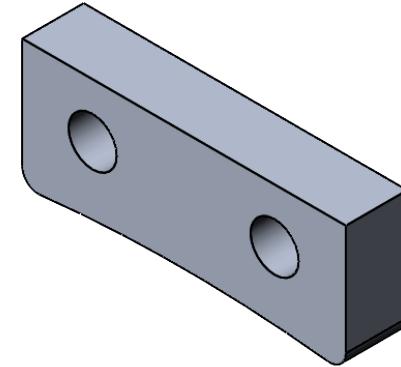
Assemblage  
**03 - Connecteur**

Rév.  
**2.0**

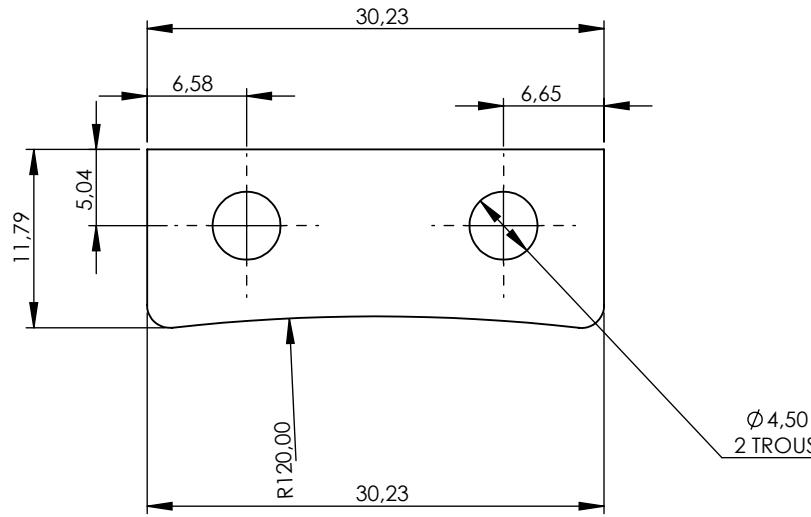
Échelle  
**1:1**

Format  
**A**

Page  
**1/1**



VUE ISOMÉTRIQUE



CONGÉS : RAYON DE 2 mm  
LA PLAQUE A UNE ÉPAISSEUR DE 5,75mm

Spécifications / Commentaires

- Les dimensions sont en millimètres sauf indication contraire.  
/ Dimensions are in millimeters unless stated.
- La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

Projet  
**Système de connecteur  
d'énergie pour robot**

Client(s)  
**Hydro-Québec**

Dessinateur  
Guillaume St-Hilaire | Date (jj/mm/aaaa)  
15/01/2022

Tolérances Générales

X.X	±.5
X.XX	±.05
X.XXX	±.005
DEG	±0° 30'
CONGES/FILLETS: SURFACE	1 - 4 125V

Numéro de dessin

3-02-004



Pièce  
**Entretroise clapet**

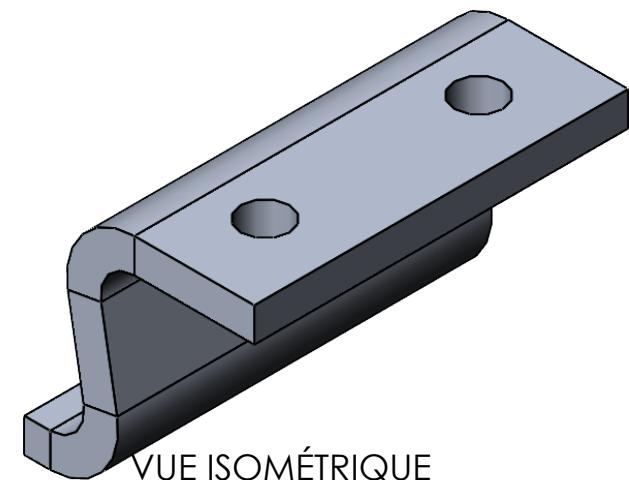
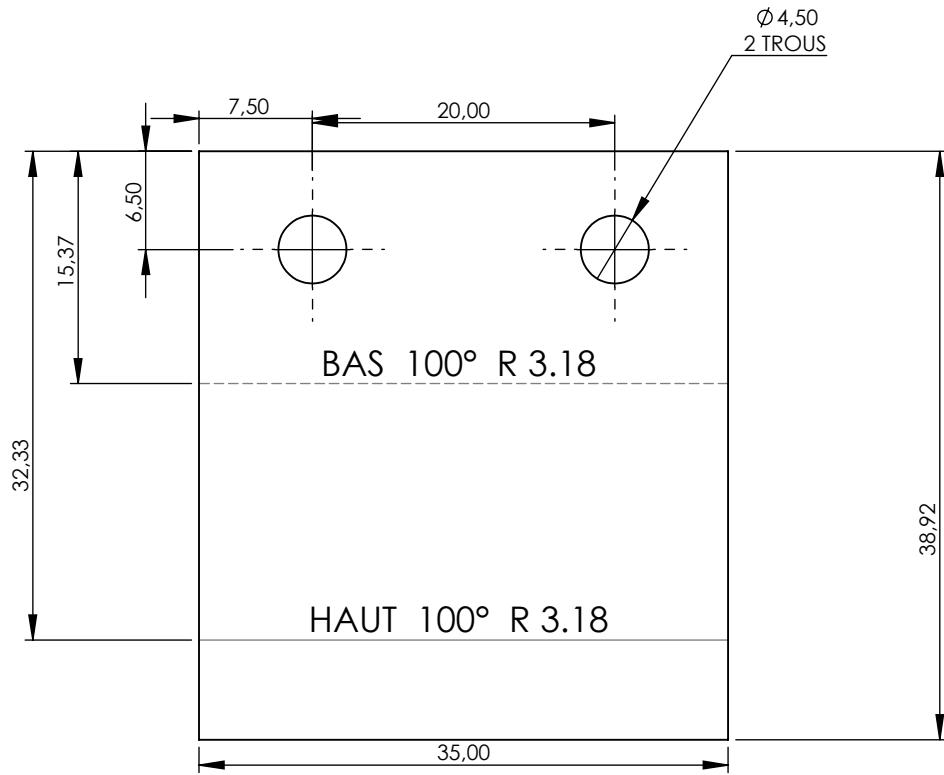
Assemblage	03 - Connecteur	Rév.
		1.0

Échelle  
Format  
Page

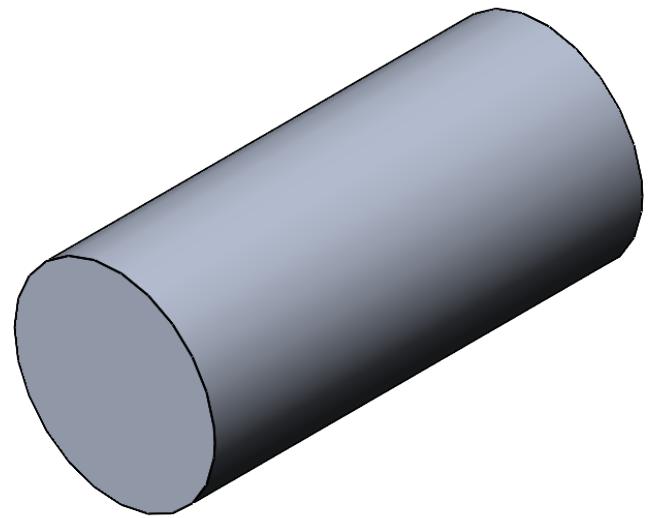
2:1

A

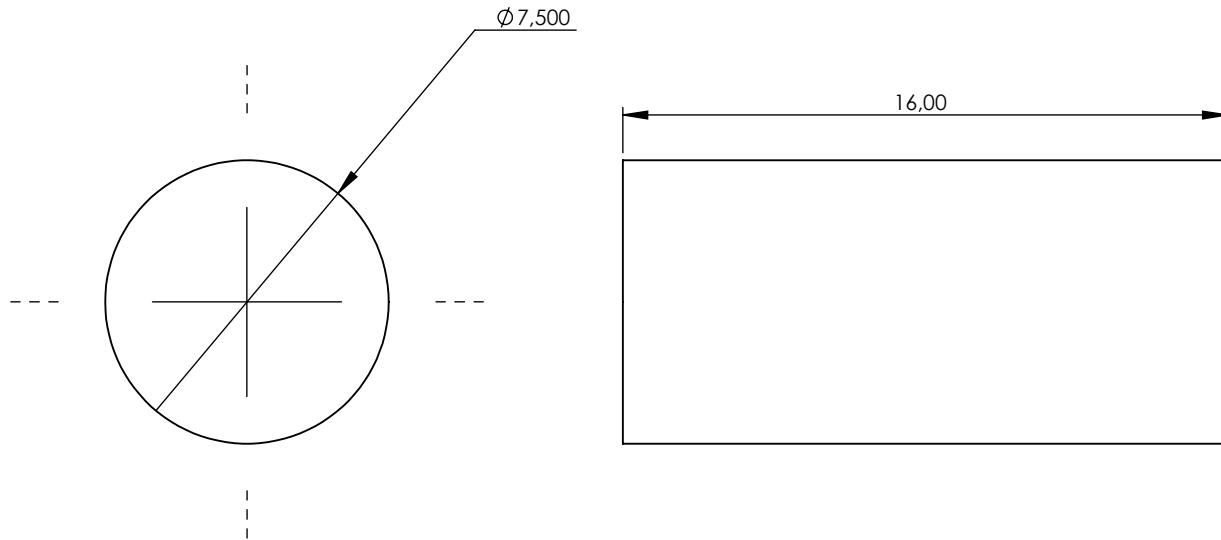
1/1



Spécifications / Commentaires	Projet Système de connecteur d'énergie pour robot		Tolérances Générales		POLYTECHNIQUE MONTRÉAL  UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE
	Client(s) Hydro-Québec		X.X	±.5	
	Dessinateur Guillaume St-Hilaire		X.XX	±.05	
	Date (jj/mm/aaaa)		X.XXX	±.005	
	18/04/2022		DEG	±0° 30'	
	Numéro de dessin 3-02-006		CONGES/FILLETS: SURFACE	1 - 4 125V	
	Assemblage 03 - Connecteur		Rév. 2.0		
			Échelle	2:1	
			Format	A	
			Page	1/1	

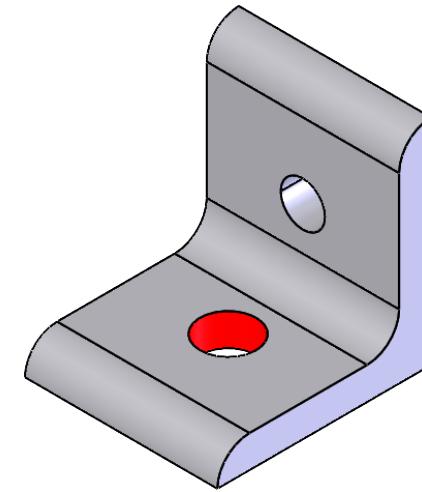


VUE ISOMÉTRIQUE

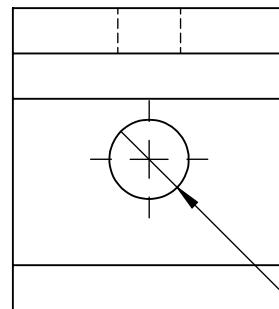


RETRIRER LES BAVURES ET ARÈTES VIVES

Spécifications / Commentaires	Projet Système de connecteur d'énergie pour robot	Tolérances Générales		POLYTECHNIQUE MONTRÉAL  UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE
		X.X	±.5	
		X.XX	±.05	
		X.XXX	±.005	
		DEG	±0° 30'	
		CONGES/FILLETS:	1 - 4	
		SURFACE	125V	
Client(s) Hydro-Québec		Numéro de dessin 3-02-007		Assemblage 03 - Connecteur
Dessinateur Guillaume St-Hilaire		Date (jj/mm/aaaa)	Poids 0,009 kg	Rév. 1.0
		13/02/2022		
				Échelle 5:1
				Format A
				Page 1/1



VUE ISOMÉTRIQUE



$\phi 10,50$

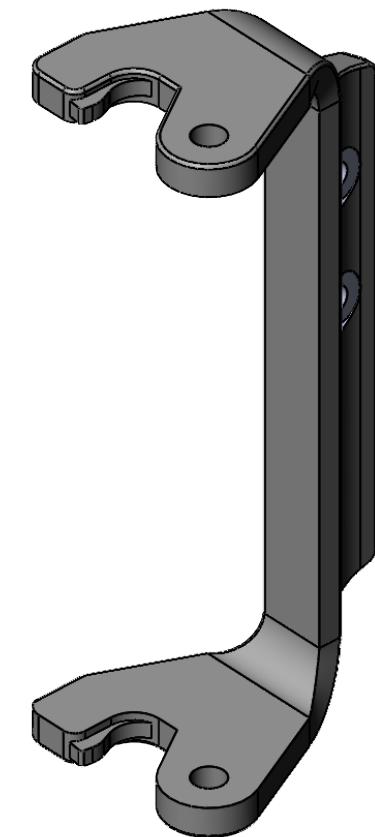
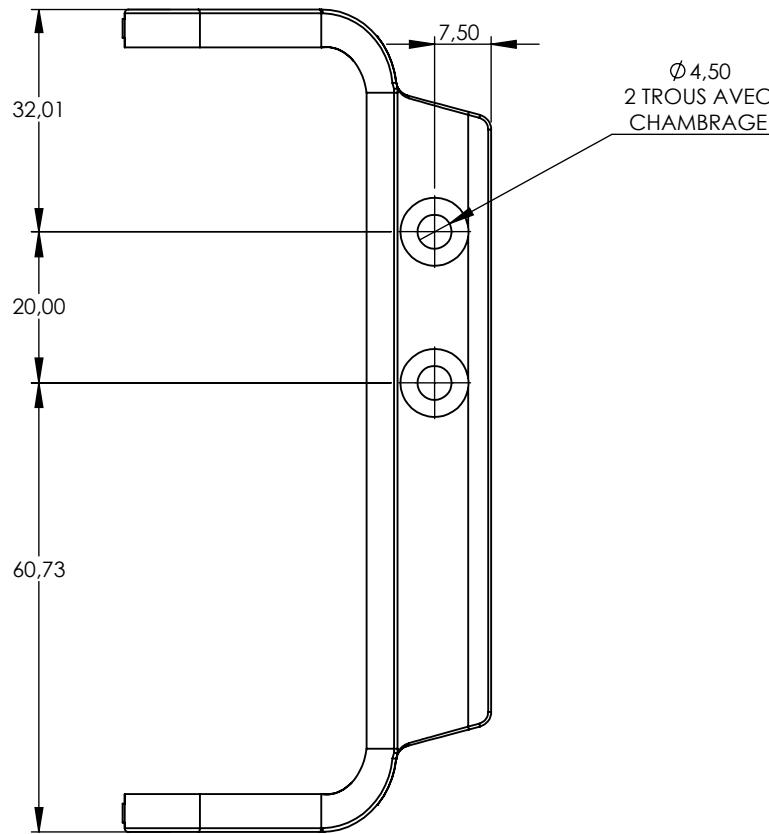
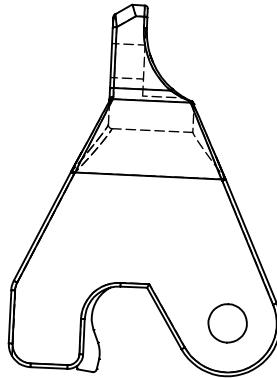
## AGRANDISSEMENT DU TROU DÉJÀ PRÉSENT

### Spécifications / Commentaires

1. Les dimensions sont en millimètres.  
/ Dimensions are in millimeters.
2. La pièce doit être exempte d'huile, de graisse et de rayure.  
/ Part must be free of oil, grease and markings.

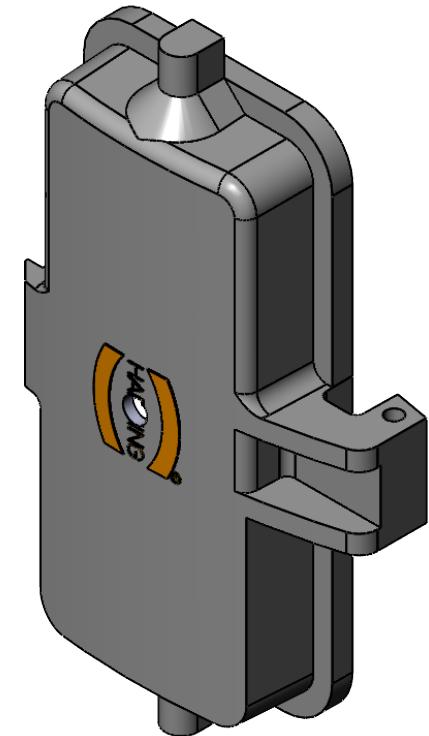
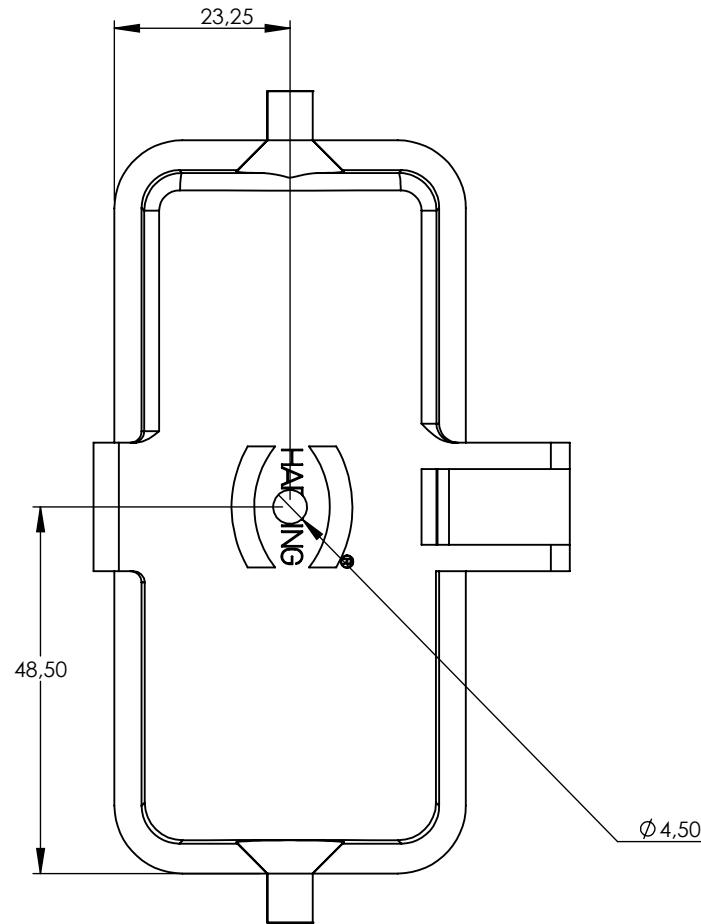
Projet <b>Système de connecteur d'énergie pour robot</b>		Tolérances Générales			
X.X	$\pm .5$	X.XX	$\pm .05$	X.XXX	$\pm .005$
DEG	$\pm 0^\circ 30'$	CONGES/FILLETS:	1 - 4	SURFACE	$125\sqrt{}$
Pièce <b>Bracket en L</b>					
Numéro de dessin <b>STDm-001</b>		Assemblage <b>STD</b>		Rév. 1.0	
Dessinateur Guillaume St-Hilaire	Date (jj/mm/aaaa) 15/01/2022	Matériau --	Poids --	Échelle 1:1	Format A





VUE ISOMÉTRIQUE

Spécifications / Commentaires	Projet Système de connecteur d'énergie pour robot	Tolérances Générales		POLYTECHNIQUE MONTRÉAL  UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE
		X.X	±.5	
		X.XX	±.05	
		X.XXX	±.005	
		DEG	±0° 30'	
		CONGES/FILLETS:	1 - 4	
		SURFACE	125V	
		Numéro de dessin STDm-002		Assemblage STD
		Dessinateur Guillaume St-Hilaire	Date (jj/mm/aaaa) 18/04/2022	Rév. 2.0
		Matériau --	Poids --	Échelle 1:1
				Format A
				Page 1/1



VUE ISOMÉTRIQUE

Spécifications / Commentaires	Projet Système de connecteur d'énergie pour robot	Tolérances Générales		POLYTECHNIQUE MONTRÉAL  UNIVERSITÉ D'INGÉIERIE
		X.X	±.5	
		X.XX	±.05	
		X.XXX	±.005	
		DEG	±0° 30'	
		CONGES/FILLETS:	1 - 4	
		SURFACE	125V	
	Numéro de dessin STDm-003		Assemblage STD	Rév. 1.0
Dessinateur Guillaume St-Hilaire	Date (jj/mm/aaaa) 03/12/2021	Matériau --	Poids --	Échelle 1:1
				Format A
				Page 1/1