

de précontrainte dans le boulon qui génère le frottement nécessaire. Ceci comporte certains défis dans le contexte d'un tube fermé dont les parois sont plus flexibles que des plaques simplement écrasées.

- Les soudures et les trous de boulons engendrent une perte de résistance de la section tel que montré à S6-19 | 17.10.3. Les solutions issues de ce mandat prévoient toutes une distance entre les ZAT et les trous de boulon pour préserver la résistance et éviter des situations de section nette avec soudures plus ou moins couvertes par la norme.
- S6-19 | 17.22.1.1 demande que les joints développent 75% de la résistance de la membrure pour entre autres préserver la rigidité de la connexion. En aluminium, les ZAT au droit des membrures secondaires (contreventements et entretoises) réduisent la résistance brute de la section de façon importante tout au long du treillis. Les efforts doivent donc être limités à cette résistance résiduelle. Ainsi, avoir un joint boulonné en zone d'effort maximal n'est pas nécessairement plus pénalisant considérant les joints soudés adjacents.
- Enfin, au niveau de la constructibilité, les membrures secondaires dans divers plans se connectent par soudure à proximité de ces joints boulonnés. L'espace doit donc être disponible pour boulonner et souder. Rappelons aussi que l'aluminium peut être extrudé, mais sous certaines limites. Les manchons d'épaisseur pour les joints sont ainsi limités en termes de dimensions maximales.

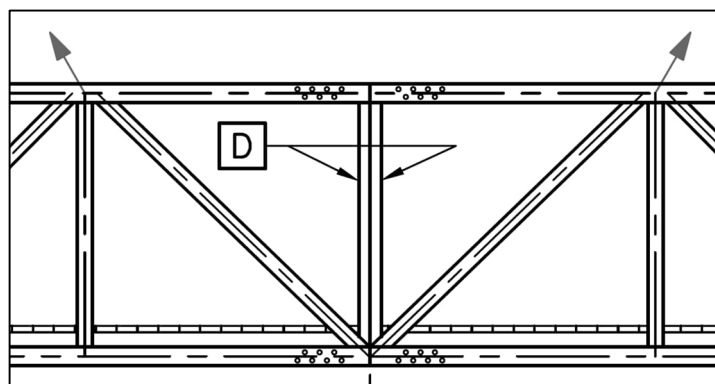
Au final, les travaux réalisés dans le cadre de ce mandat nous laissent entrevoir deux familles de solutions pour les joints boulonnés en fonction des exigences précédentes.

- A. Joints antiglisement subissant des inversion d'efforts et localisés à proximité des points d'inflexion.
- B. Joints avec glissement ne subissant pas d'inversion d'efforts et localisés à distance des points d'inflexion.

SOLUTIONS

Le tableau joint à ce document détaille chacune des solutions. Chaque variante possède une géométrie, des avantages et des inconvénients qui lui sont propre. Le feuillet de plan joint à ce document présente ces variantes.

Pour les plans du présent mandat, un joint antiglissement A1 avec le serrage par tour d'écrou et le profilé trapu est retenu. La structure est scindée en quatre segments en tentant de localiser la position des joints de chantier dans des zones d'efforts réduits. De plus, la longueur des segments est suffisamment courte pour respecter les critères de transport terrestre. Un joint boulonné typique est montré à la figure suivante.



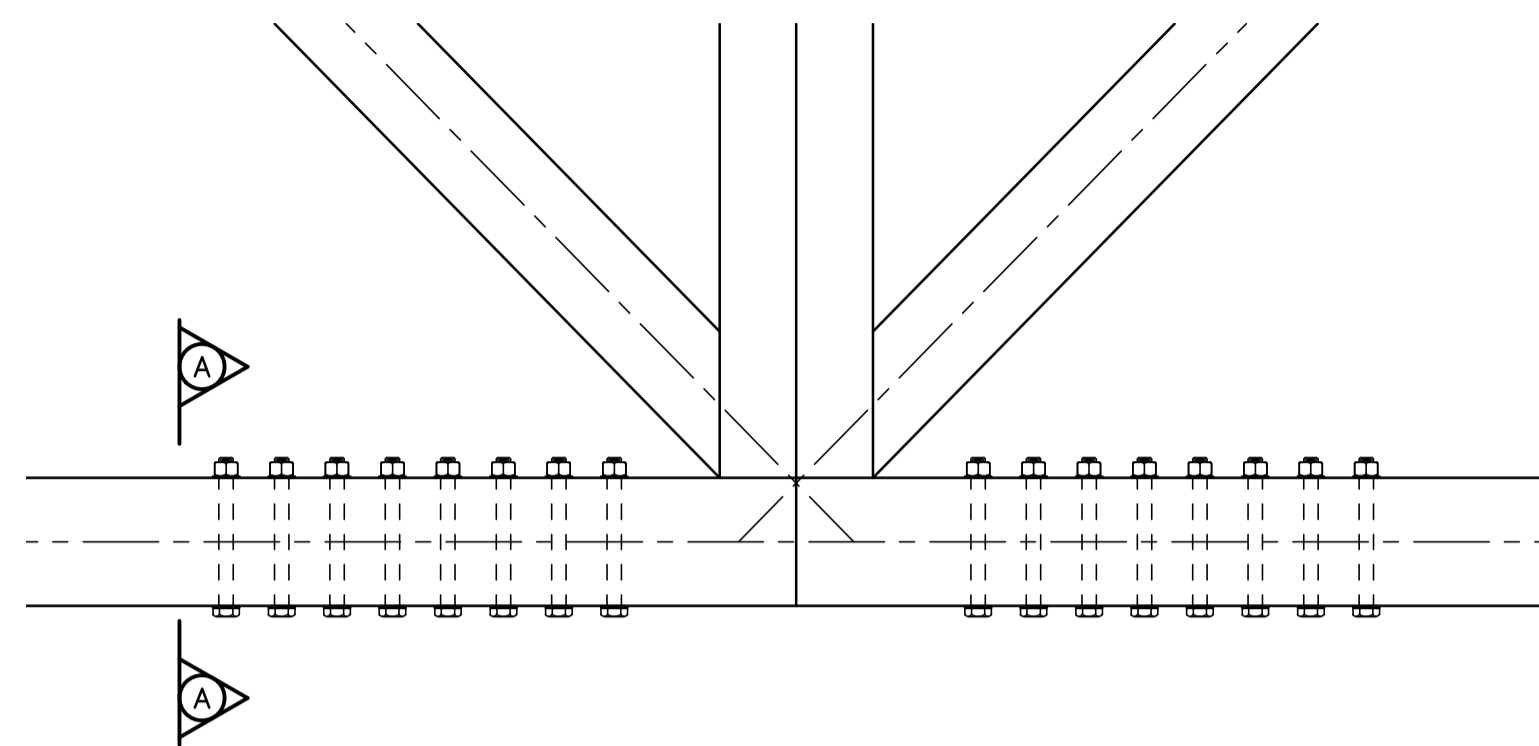
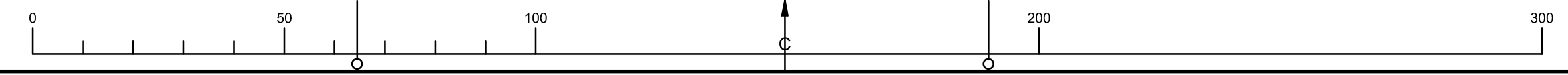
Les cinq variantes présentées pourraient avantageusement faire l'objet de projets de recherche pour quantifier entre autres l'atteinte de la capacité antiglissement et la performance face à la corrosion galvanique.

Benoit Cusson, ing., M.Sc.
Concepteur – Ponts et structures de génie civil

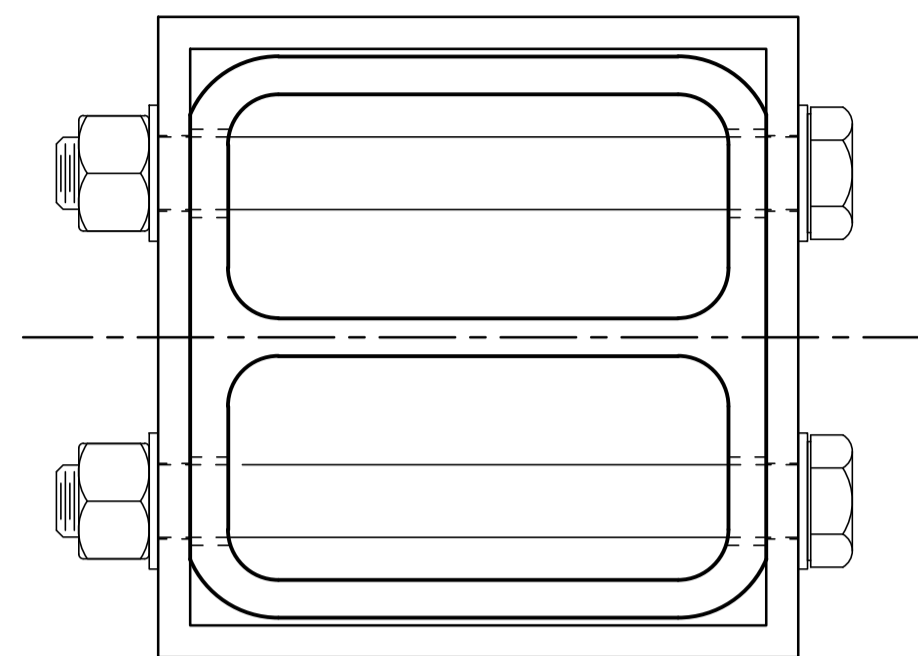


VARIANTES POUR JOINTS BOULONNÉS

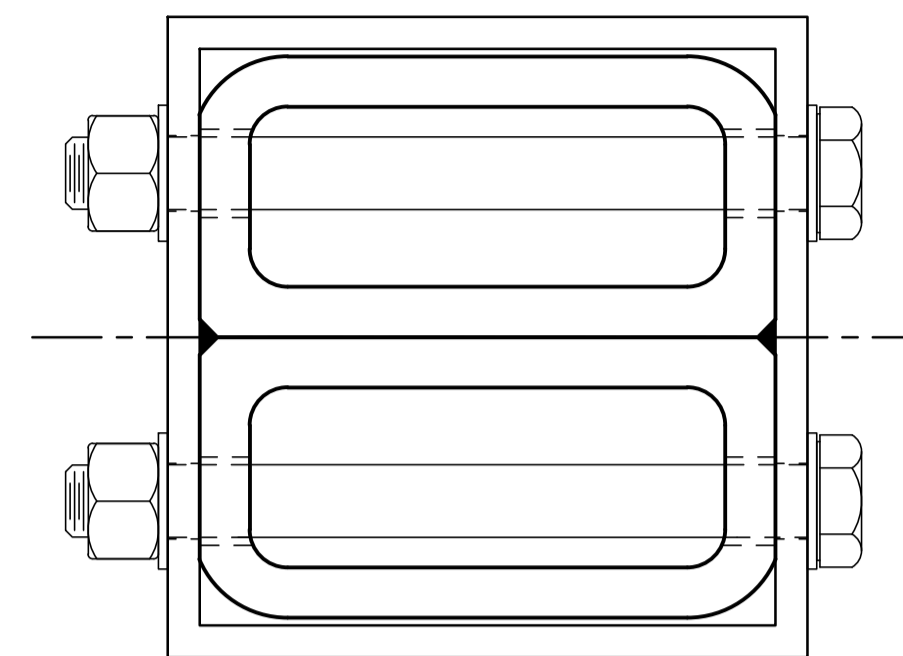
	A1) SERRAGE TOUR D'ÉCROU + UN MANCHON TRAPU	A2) SERRAGE TOUR D'ÉCROU + UN MANCHON SOUDÉ	A3) SERRAGE TOUR D'ÉCROU + CYLINDRES DE BUTÉE	A4) SERRAGE TOUR D'ÉCROU + LATTE DE BOULONNAGE	B1) SERRAGE À BLOC + MANCHON AVEC JEU
Description	Un profilé est inséré à l'intérieur du tube à joindre. Ce profilé est trapu pour qu'il conserve sa forme malgré les efforts de compression importants des boulons lors du serrage. Les boulons traversent le tube de bord en bord et un seul écrou est requis.	Idem que A1 à la différence près que le manchon est formé de deux extrusions identiques de plus petites dimension pour faciliter leur extrusion. Celles-ci sont soudées par pénétration partielle avant d'être usinées.	Un profilé en I, soit extrudé ou soudé et plus facile à fabriquer sert de manchon interne. Des cylindres d'aluminium dont la longueur est précisément usinée sont positionnés dans l'axe de chaque boulon pour prévenir la déformation pendant le serrage. De l'uréthane maintient le manchon en place.	Un profilé extrudé permet de positionner une latte de boulonnage en aluminium dans laquelle sont enchâssés les écrous en acier. Le serrage par tour d'écrou est atteint en serrant le boulon car l'écrou est retenu. Dans cette variante, des boulons sont requis à chaque face du tube et ne le traversent pas.	Un profilé en T est inséré à l'intérieur du tube à joindre. Ce profilé se déformerait lors du serrage vu le porte-à-faux des ailes. Il est donc prévu de faire seulement un serrage à bloc avec écrou et contre-écrou. Les boulons traversent le tube de bord en bord.
Assemblage antiglisement	Oui. Essais physiques et par ÉF requis pour déterminer la rotation de l'écrou garantissant l'étirement du boulon.		Oui. Des tolérances précises devraient permettre d'éviter les essais et garantir la rigidité de l'assemblage.	Oui. Assemblage antiglisement assuré.	Non. Trop de déformations internes. Acceptabilité normative à clarifier. Approbation du propriétaire requise.
Manchon	Aucune soudure en jeu. Manchon de grande dimension difficile à extruder.	Soudures affaiblissant le manchon (aire effective et écrasement des boulons). Extrusions de dimensions plus restreintes facilitant l'extrusion.	Manchon extrudable ou soudé. Collage ou coincement à basse température des cylindres. Concentration de contraintes dû à l'usinage vs fatigue.	Extrusion très trapue difficile à réaliser.	Manchon formé de plaques soudées facile à fabriquer. Davantage de tolérances dimensionnelles.
Corrosion galvanique	Les boulons sont remplaçables .		Les boulons sont remplaçables . Remplacer un boulon à la fois limitera le risque qu'un cylindre se déplace. Mauvais drainage des cylindres.	Les écrous ne sont pas remplaçables dû au manque d'accès.	Les boulons sont remplaçables . Risque que les boulons se desserrent.
Contreventements	Contreventement en K évités. On tient l'écrou à l'intérieur et on serre par l'extérieur.			Contreventement en K requis car il faut un accès pour serrer les boulons intérieurs et extérieurs.	Contreventement en K évités. On tient l'écrou à l'intérieur et on serre par l'extérieur.
Esthétique	L'écrou peut être à l'intérieur ou à l'extérieur au goût du client.			Boulons apparents sur chaque face.	Doubles écrous.
Installation au chantier	Insertion avec grande précision requise. Deux des quatre faces du manchon sont usinées pour s'ajuster avec les parois internes du tube menant ainsi à l'assemblage antiglisement. Un refroidissement du manchon pourrait être à considérer. Prémontage nécessaire en usine.				Un jeu est prévu entre le manchon et les tubes à joindre ce qui facilite beaucoup l'aboutement des sections.



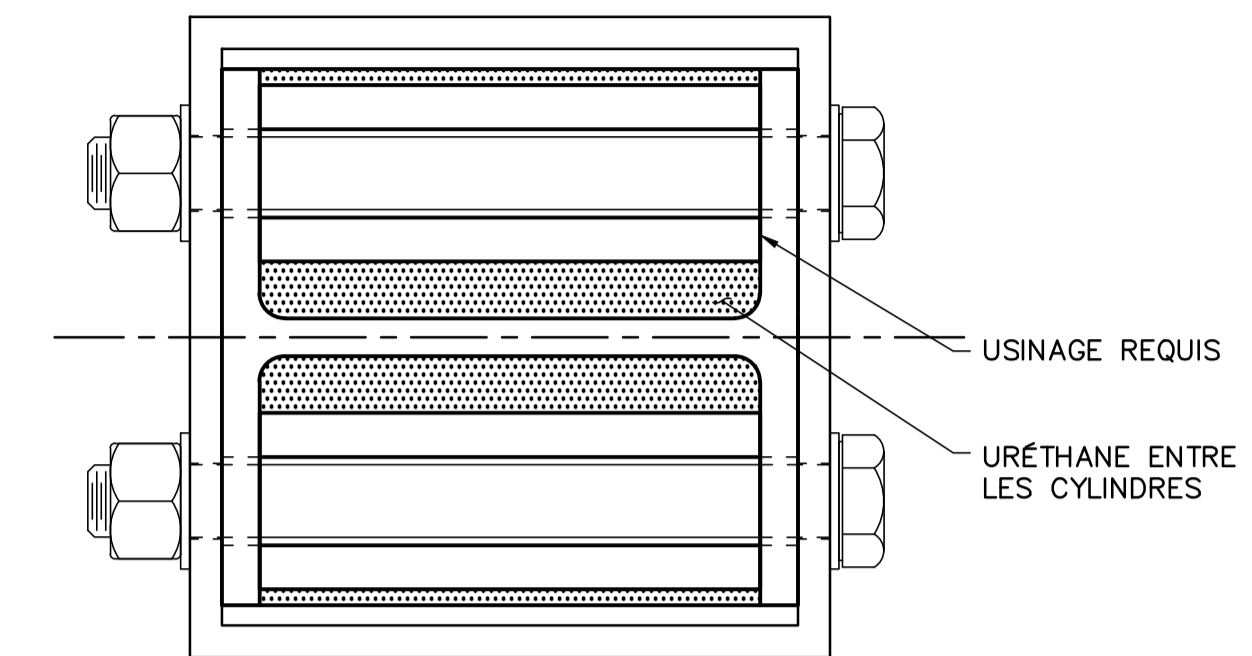
SERRAGE TOUR D'ÉCROU
ÉCH. 1:15



UN MANCHON UNIQUE
COUPE A1
ÉCH. 1:3

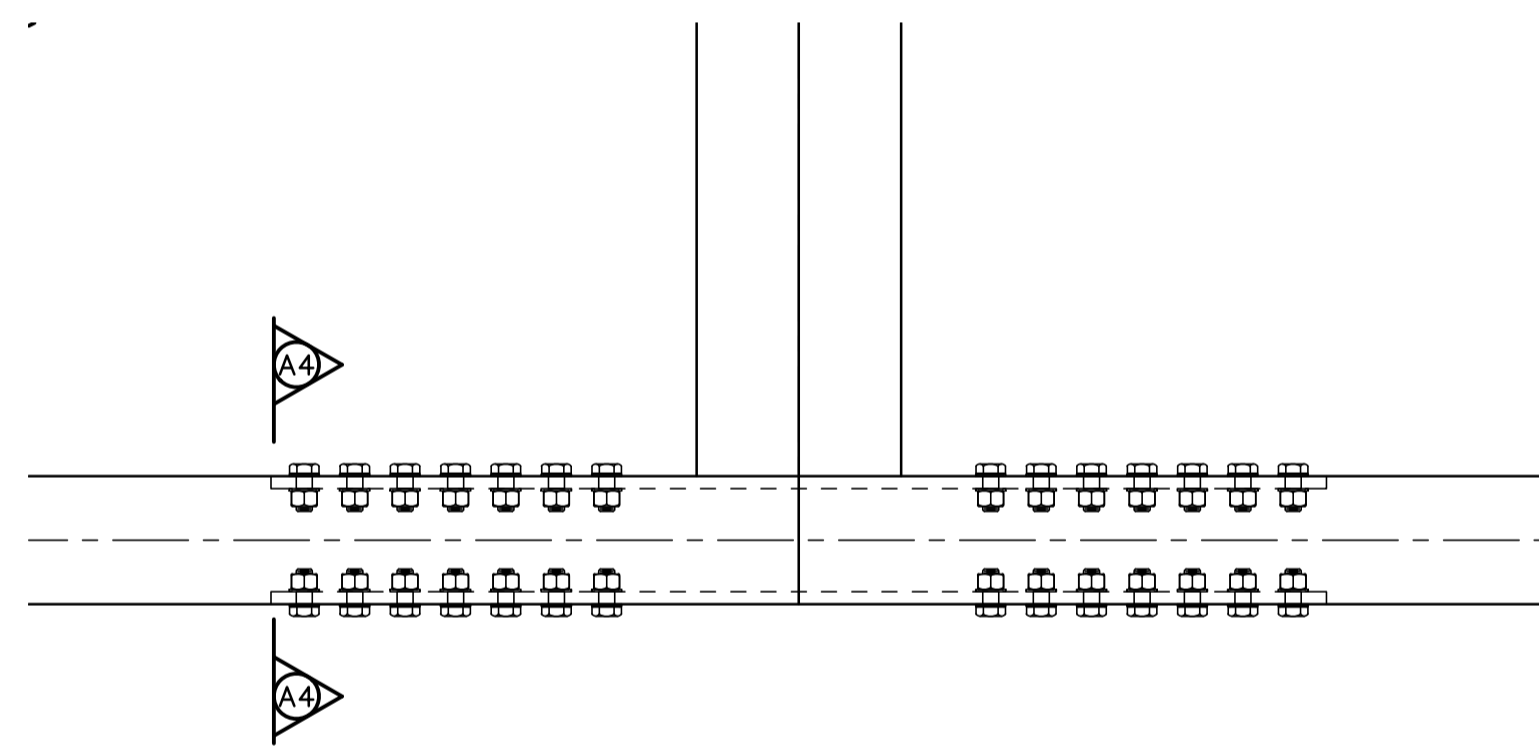


UN MANCHON SOUDÉ
COUPE A2
ÉCH. 1:3

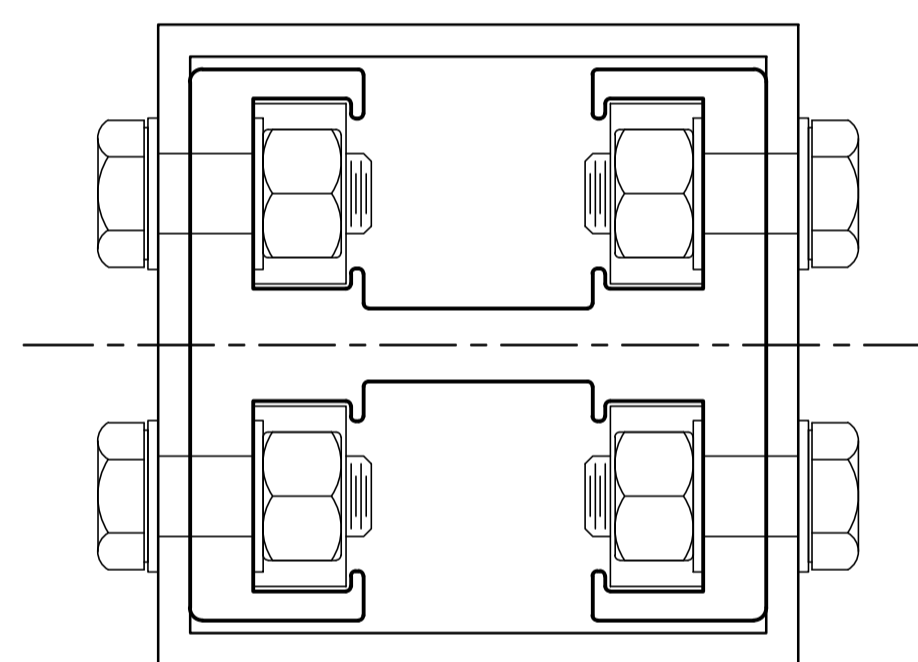


BLOCS DE BUTÉE
COUPE A3
ÉCH. 1:3

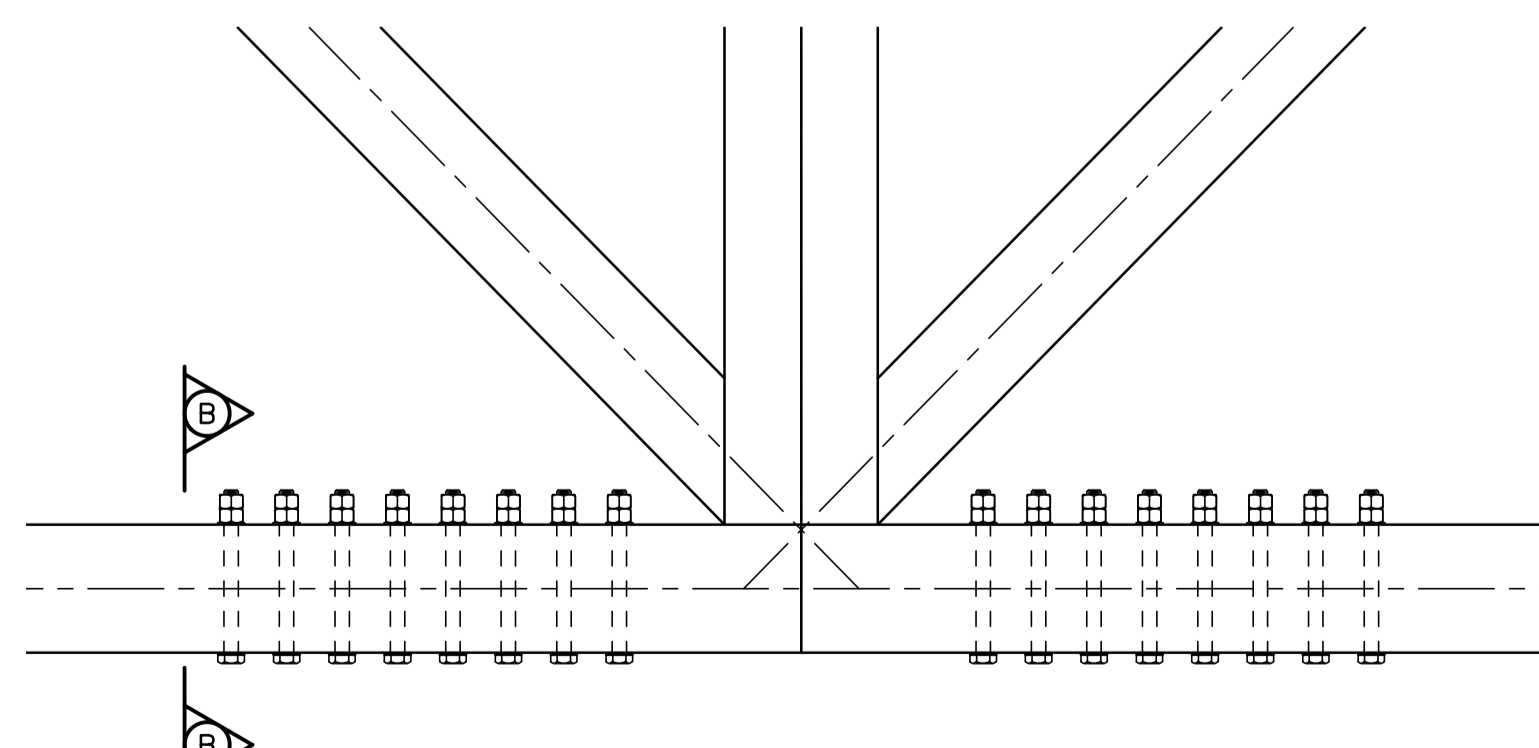
USINAGE REQUIS
URÉTHANE ENTRE
LES CYLINDRES



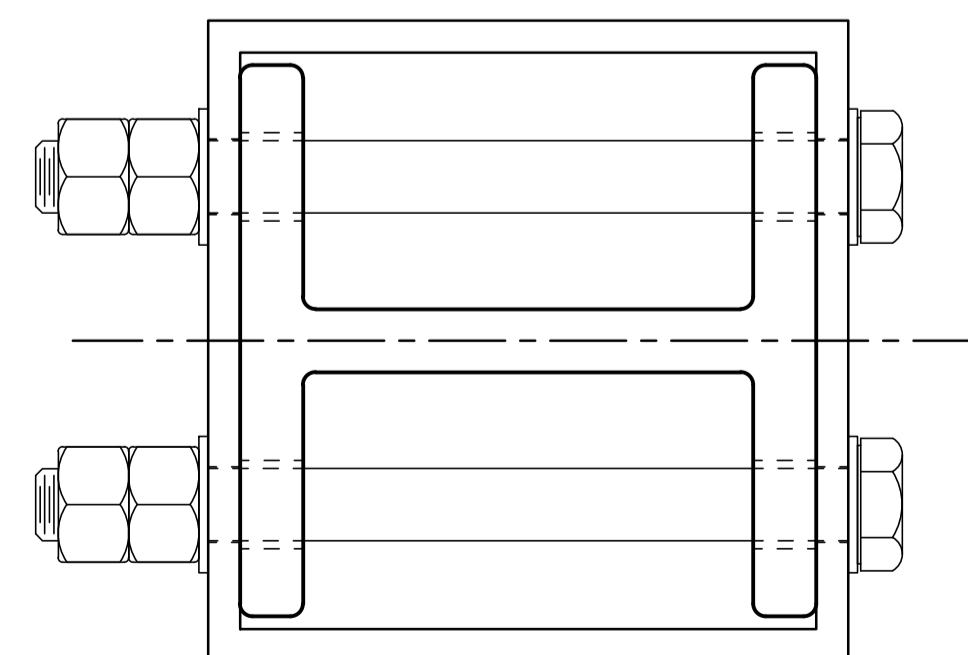
SERRAGE TOUR ÉCROU + LATTE DE BOULONNAGE
ÉCH. 1:15



COUPE A4
ÉCH. 1:3



SERRAGE À BLOC + MANCHON AVEC JEU
ÉCH. 1:15



COUPE B1
ÉCH. 1:3

RÉFÉRENCE : MAADI GROUP

CE DOCUMENT NE DOIT PAS ÊTRE UTILISÉ À DES FINS DE CONSTRUCTION, DE FABRICATION OU D'INSTALLATION

Benoit Cousson, Ing. 1010 - 5015581	
AAAA-MM-JJ	Statut Par
Mandat	211-11593-00
wsp	
Sceau	
Benoit Cousson, Ing., M.Sc.	
Équipe technique Jonathan Roy, techn.	
alu Québec Grappe de l'aluminium	
Titre	
JOINT BOULONNÉ	
Numéro de plan	XX
PO-2023-1-ALUQC	

10 Avr. 2024 - 8:54am, LAYOUT: XX
\\corp-co\véhic\projets2\2022\1221-11593-00\Transport\3.0 Technique\3.7 DAC\02-Feuilles\PO-2023-1-ALUQC_(FP)_JOINT.dwg