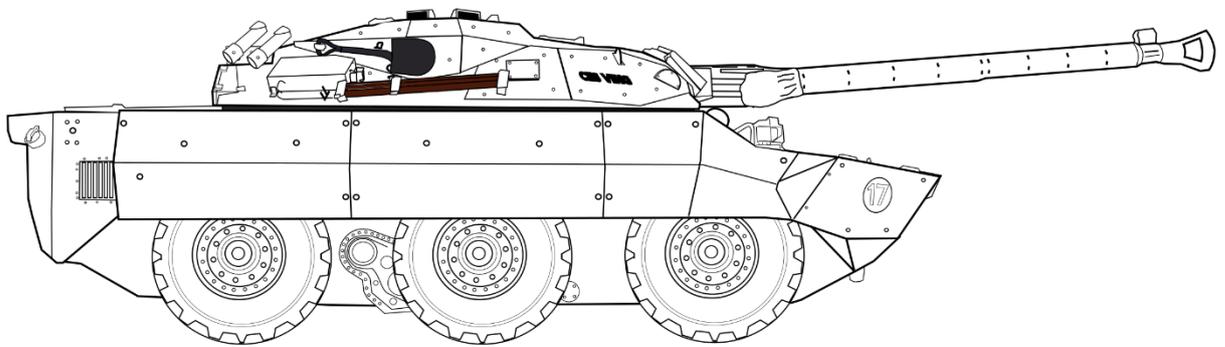


SAE 2.5

Conception et dimensionnement d'une pièce de sécurité



Gutowski Laura et Wallerich Clément

SOMMAIRE

INTRODUCTION

ANALYSE DU SYSTEME

ETUDE DES EFFORTS SUPPORTES PAR LE PALONNIER

- 1) Charge Maximale d'Utilisation
- 2) Charge Maximale Admissible
- 3) Détermination des efforts aux points A, B, C, D, E

CONCEPTION

- 1) Conception des bras du palonnier
- 2) Conception des tirants
- 3) Conception de l'étrier
- 4) Assemblage

VALIDATION DE LA CONCEPTION

- 1) Par calculs
- 2) A l'aide de logiciel d'élément finis

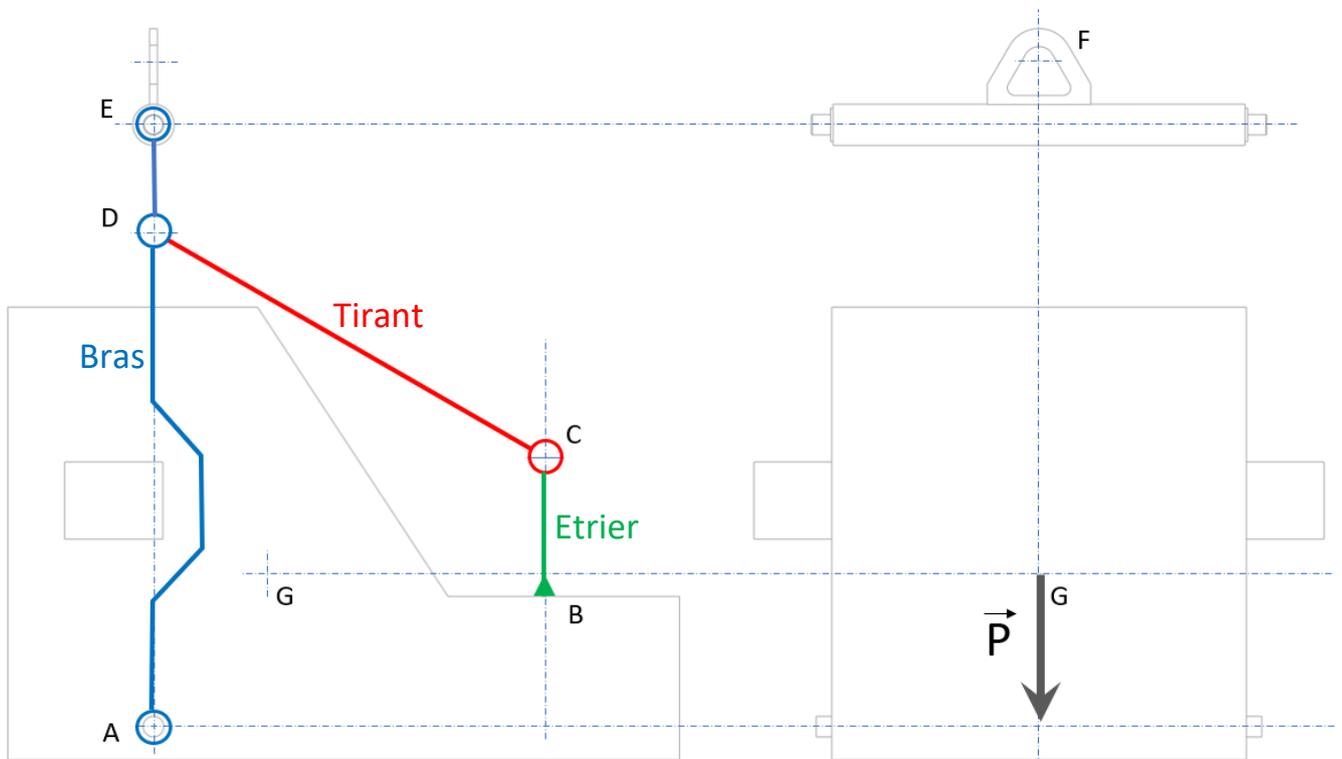
CONCLUSION

INTRODUCTION

Un Groupe Moto Propulseur (GMP) doit être monté sur un engin blindé de reconnaissance-feu (AMX-10 RC). Nous devons concevoir un outillage permettant la dépose et la repose du GMP dans la caisse de l'AMX. Le but de l'étude sera de concevoir et dimensionner le palonnier.

ANALYSE DU SYSTEME

L'objectif de cette SAE est de réaliser un outillage permettant de lever le bloc moteur avec le palonnier. L'outillage doit respecter des critères établis dans le cahier des charges, on peut schématiser l'outillage de la manière suivante :



Contraintes ajouter dans le cahier des charges initiales :

- Pour faciliter le travail du manutentionnaire, l'outillage devra rester à demeure sur le palonnier et devra s'accrocher sur le bloc moteur sans avoir à le démonter
- Les vis de fixation au point B' devront rester solidaire du palonnier pour éviter de les perdre

Mode opératoire :

- Approcher l'outillage du bloc moteur
- Accrocher l'outillage au point A
- Accrocher l'outillage au point B' (vis)
- Lever le bloc moteur

Pour concevoir un outillage permettant de soulever le bloc moteur il est nécessaire de respecter plusieurs étapes :

- Étudier les efforts aux différents points de l'outillage
- Concevoir l'outillage
- Valider la conception par des calculs de RDM

ETUDE DES EFFORTS SUPPORTES PAR LE PALONNIER

1) Charge Maximale d'Utilisation :

$$CMU = m_{GMP} \times g \qquad CMU = 1\,732 \times 9,81 \qquad CMU = 17\,320 \text{ N}$$

2) Charge Maximale Admissible :

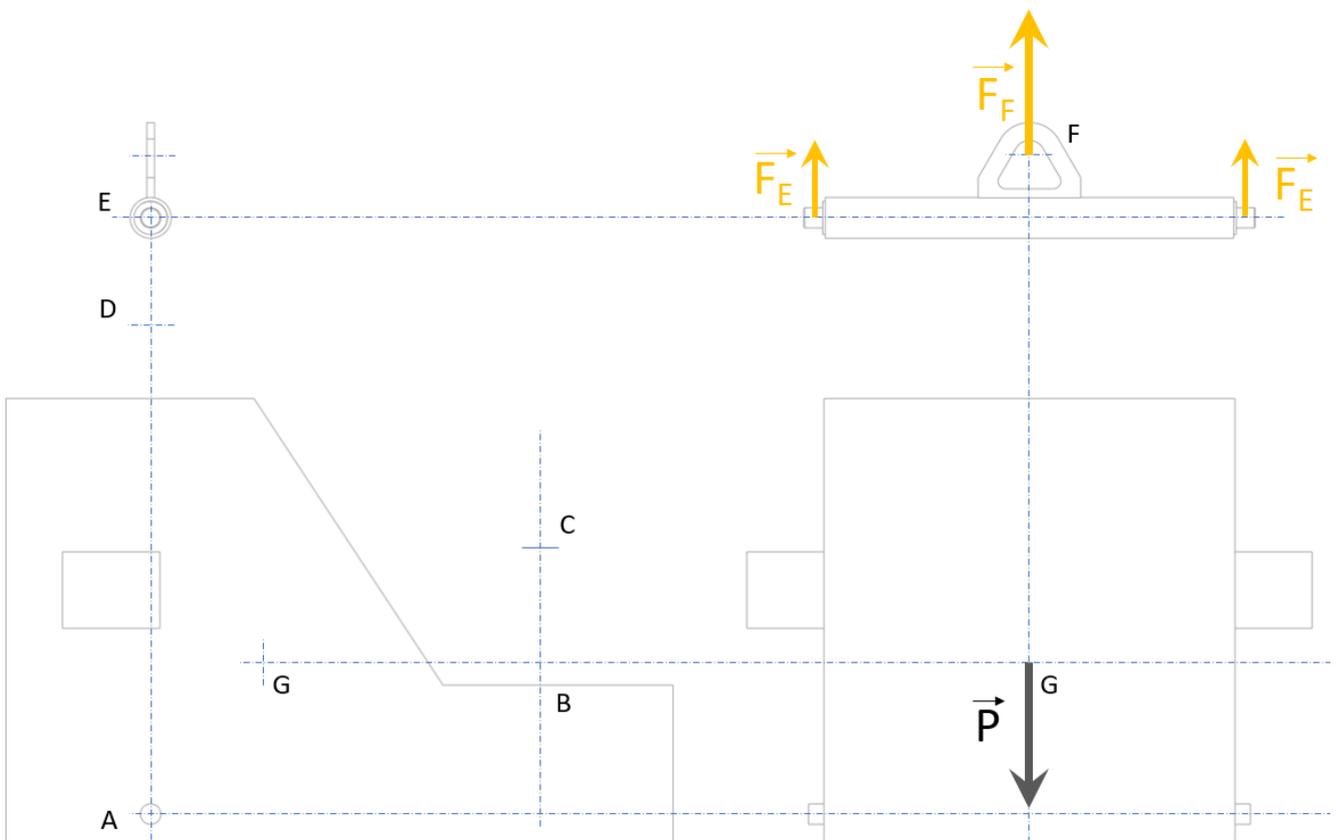
La conception devra respecter la charge maximale admissible qui intègre un coefficient de sécurité de 2.

$$CMA = CMU \times k \qquad CMA = 17\,320 \times 2 \qquad \mathbf{CMA = 34\,640 \text{ N}}$$

3) Détermination des efforts :

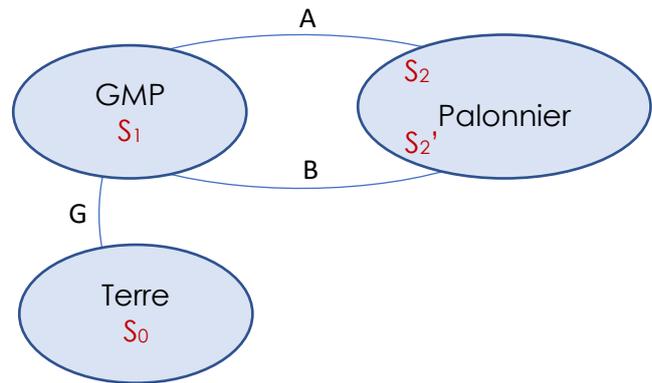
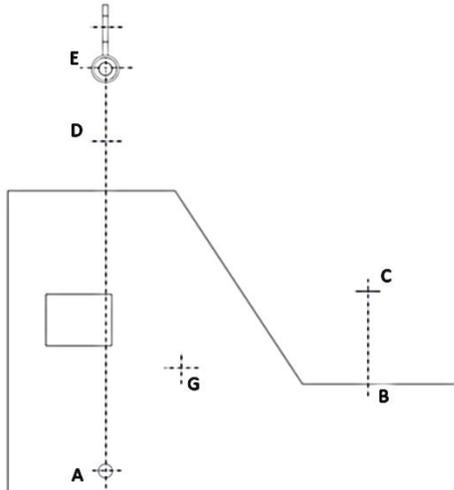
La force de levage doit être de 34 640 N. Cette force est divisée en 2 forces situées au point D de part et d'autre du palonnier.

$$F_D = F_D / 2 \qquad F_D = 34\,640 / 2 \qquad \mathbf{F_D = 17\,320 \text{ N}}$$



Pour la suite de l'étude on fait les calculs sur 1 seul côté puisqu'on a les mêmes efforts de chaque côté.

CALCULS DES EFFORTS AUX POINTS A ET B :



Listes des actions mécaniques sur le GMP

$$\left\{ \tilde{\tau}_{S_0 \rightarrow S_1} \right\}_G = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ P & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \quad T_1$$

$$\left\{ \tilde{\tau}_{S_2 \rightarrow S_1} \right\}_A = \begin{Bmatrix} Ax & 0 \\ Ay & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \quad T_2$$

$$\left\{ \tilde{\tau}_{S_2' \rightarrow S_1} \right\}_B = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ By & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \quad T_3$$

Déplacement du torseur $\left\{ \tilde{\tau}_{S_0 \rightarrow S_1} \right\}_G$ T_1 au point A

$$\left\{ \tilde{\tau}_{S_0 \rightarrow S_1} \right\}_A = \begin{cases} \vec{R}_{S_0 \rightarrow S_1} \\ \vec{M}_A^{S_0 \rightarrow S_1} = \vec{M}_G^{S_0 \rightarrow S_1} + \vec{AG} \wedge \vec{R}_{S_0 \rightarrow S_1} \end{cases}$$

$$\vec{M}_A^{S_0 \rightarrow S_1} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 217,54 \\ 293,45 \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ P \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{M}_A^{S_0 \rightarrow S_1} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 217,54P \end{pmatrix}$$

$$\left\{ \tilde{\tau}_{S_0 \rightarrow S_1} \right\}_A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ P & 0 \\ 0 & 217,54P \end{Bmatrix}$$

Déplacement du torseur $\{\tau_{S_2 \rightarrow S_1}\}_B$ T_3 au point A

$$\{\tau_{S_2' \rightarrow S_1}\}_A = \begin{cases} \vec{R}_{S_2' \rightarrow S_1} \\ \vec{M}_{A, S_2' \rightarrow S_1} = \vec{M}_B^{S_2' \rightarrow S_1} + \vec{AB} \wedge \vec{R}_{S_2' \rightarrow S_1} \end{cases}$$

$$\vec{M}_{A, S_2' \rightarrow S_1} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 753,44 \\ 253 \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ By \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{M}_{A, S_2' \rightarrow S_1} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 753,44 By \end{pmatrix}$$

$$\{\tau_{S_2' \rightarrow S_1}\}_A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ By & 0 \\ 0 & 753,44 By \end{Bmatrix}$$

Le système est à l'équilibre donc

$$\{\tau_{S_0 \rightarrow S_1}\}_A + \{\tau_{S_2 \rightarrow S_1}\}_A + \{\tau_{S_2' \rightarrow S_1}\}_A = \{0\}_A$$

$$\begin{cases} \vec{R}_{A, S_0 \rightarrow S_1} + \vec{R}_{A, S_2 \rightarrow S_1} + \vec{R}_{A, S_2' \rightarrow S_1} = \vec{0} \\ \vec{M}_{A, S_0 \rightarrow S_1} + \vec{M}_{A, S_2 \rightarrow S_1} + \vec{M}_{A, S_2' \rightarrow S_1} = \vec{0} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} Ax \\ Ay \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ By \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ P \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 217,54 P \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 753,44 By \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

On obtient :

$$\begin{cases} Ax = 0 \\ Ay + By + P = 0 \\ 217,54 P + 753,44 By = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{By = \frac{-217,54}{753,44} P}$$

$$A_y = -B_y - P$$

$$A_y = \frac{217,54 P}{753,44} - P$$

$$A_y = P \left(\frac{217,54}{753,44} - 1 \right)$$

$$A_y = - \frac{535,9}{753,44} P$$

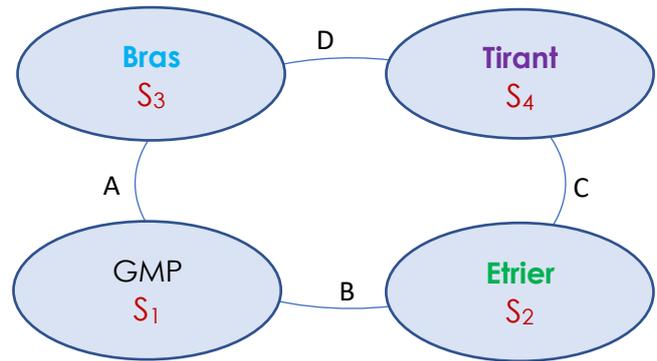
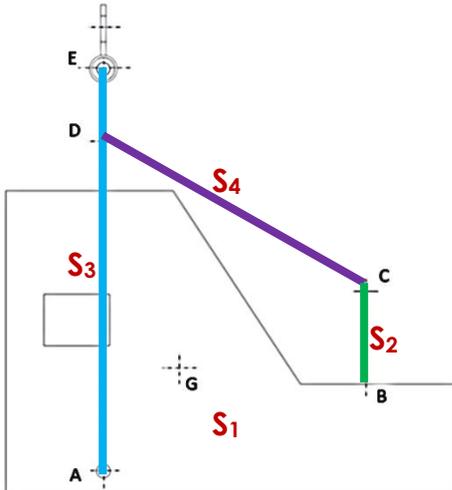
Donc avec $P = 17\,320 \text{ N}$

(CMA/2 car \vec{P} est réparti de chaque côté du palonnier)

$$\left\{ \tau_{S_2 \rightarrow S_1} \right\}_A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -12\,319 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

$$\left\{ \tau_{S_2' \rightarrow S_1} \right\}_B = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -5000 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

CALCULS DES EFFORTS AU POINT C :



Listes des actions mecaniques de S_1 sur S_4 en C

$$\{\tau_{S_1 \rightarrow S_4}\}_C = \begin{Bmatrix} c_x & 0 \\ c_y & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

Deplacement du torseur $\{\tau_{S_1 \rightarrow S_4}\}_D$ au point C

$$\{\tau_{S_1 \rightarrow S_4}\}_C = \begin{cases} \vec{R}_{S_1 \rightarrow S_4} \\ \vec{M}_{C S_1 \rightarrow S_4} = \vec{M}_{B S_1 \rightarrow S_4} + \vec{CB} \wedge \vec{R}_{S_1 \rightarrow S_4} \end{cases}$$

$$\vec{M}_{C S_1 \rightarrow S_4} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -229,55 \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -5000 \end{pmatrix}$$

$$\vec{M}_{C S_1 \rightarrow S_4} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{donc } \{\tau_{S_1 \rightarrow S_4}\}_C = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -5000 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

$$\text{donc } \{\tau_{S_1 \rightarrow S_4}\}_C = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -5000 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

Liste des actions mecaniques en D

$$\left\{ \tau_{S_4 \rightarrow S_3} \right\}_D = \begin{Bmatrix} D_{1x} & 0 \\ D_{1y} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

$$\left\{ \tau_{S_1 \rightarrow S_3} \right\}_D = \begin{Bmatrix} D_{2x} & 0 \\ D_{2y} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

$$\left\{ \tau_{S_1 \rightarrow S_3} \right\}_D = \left\{ \tau_{S_4 \rightarrow S_3} \right\}_D + \left\{ \tau_{S_1 \rightarrow S_3} \right\}_D$$

Deplacement du torseur $\left\{ \tau_{S_1 \rightarrow S_3} \right\}_A$ au point D

$$\left\{ \tau_{S_1 \rightarrow S_3} \right\}_D = \begin{cases} \vec{R}_{S_1 \rightarrow S_3} \\ \vec{M}_{D S_1 \rightarrow S_3} = \vec{M}_{A S_1 \rightarrow S_3} + \vec{DA} \wedge \vec{R}_{S_1 \rightarrow S_3} \end{cases}$$

$$\vec{M}_{D S_1 \rightarrow S_3} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -958 \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ -12319 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{M}_{D S_1 \rightarrow S_3} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\left\{ \tau_{S_1 \rightarrow S_3} \right\}_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -12319 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

Deplacement du torseur $\left\{ \tau_{S_1 \rightarrow S_4} \right\}_C$ au point D

$$\left\{ \tau_{S_1 \rightarrow S_4} \right\}_D = \begin{cases} \vec{R}_{S_1 \rightarrow S_4} \\ \vec{M}_{D S_1 \rightarrow S_4} = \vec{M}_{C S_1 \rightarrow S_4} + \vec{DC} \wedge \vec{R}_{S_1 \rightarrow S_4} \end{cases}$$

$$\vec{M}_{D S_1 \rightarrow S_4} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 753,44 \\ -435 \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ -5000 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{M}_{D S_1 \rightarrow S_4} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 3767200 \end{pmatrix} \text{ exprimée en N.mmm}$$

$$\overrightarrow{M}_{D_{S1 \rightarrow S4}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 3767,2 \end{pmatrix}$$

$$\{\tau_{S1 \rightarrow S4}\}_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -5000 & 0 \\ 0 & 3767,2 \end{Bmatrix} = \{\tau_{S4 \rightarrow S3}\}_D$$

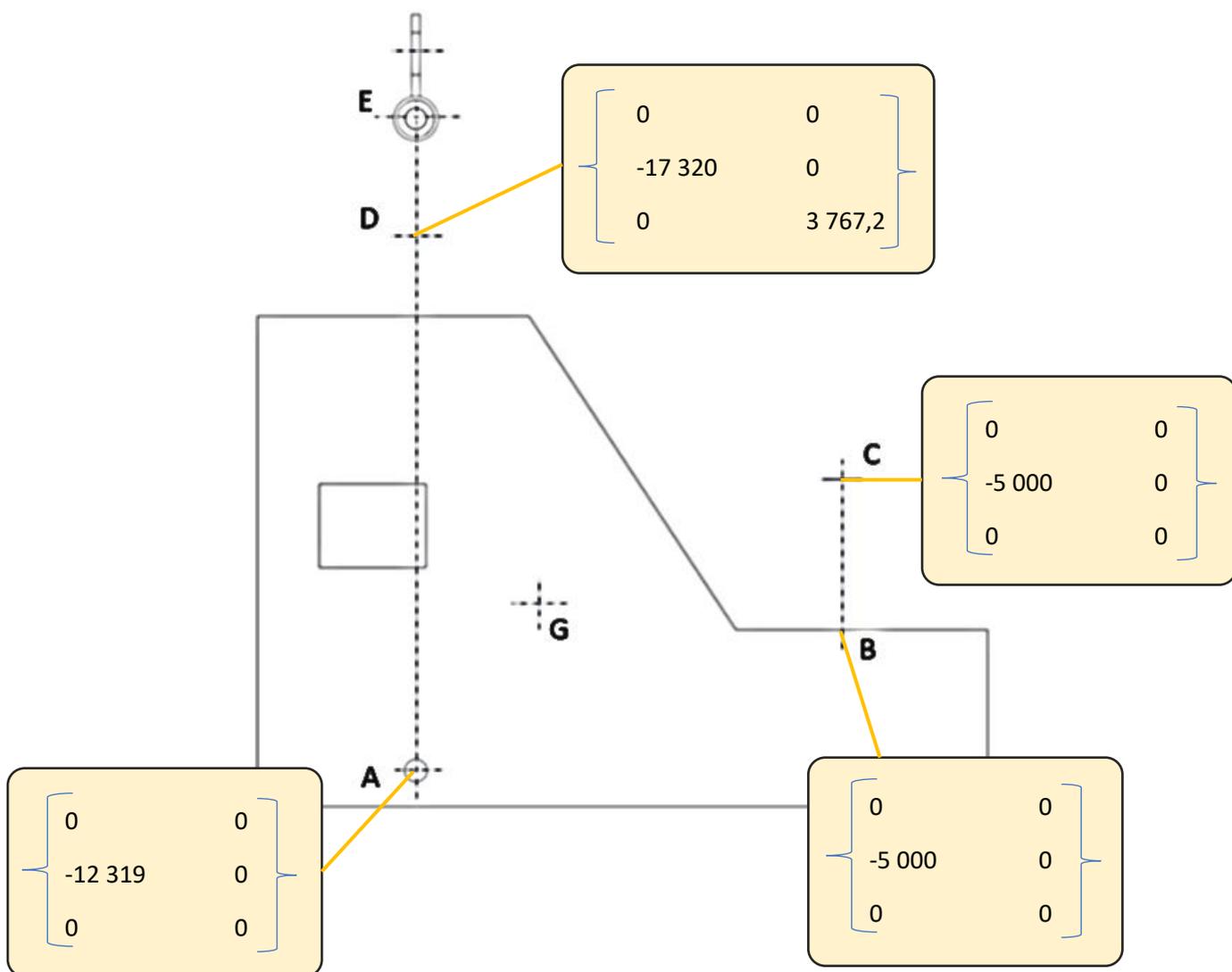
Calcul des effets en D

$$\{\tau_{S1 \rightarrow S3}\}_D = \{\tau_{S1 \rightarrow S3}\}_D + \{\tau_{S4 \rightarrow S3}\}_D$$

$$\{\tau_{S1 \rightarrow S3}\}_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -12319 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -5000 & 0 \\ 0 & 3767,2 \end{Bmatrix}$$

$$\{\tau_{S1 \rightarrow S3}\}_D = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -17320 & 0 \\ 0 & 3767,2 \end{pmatrix}$$

SYNTHESE :

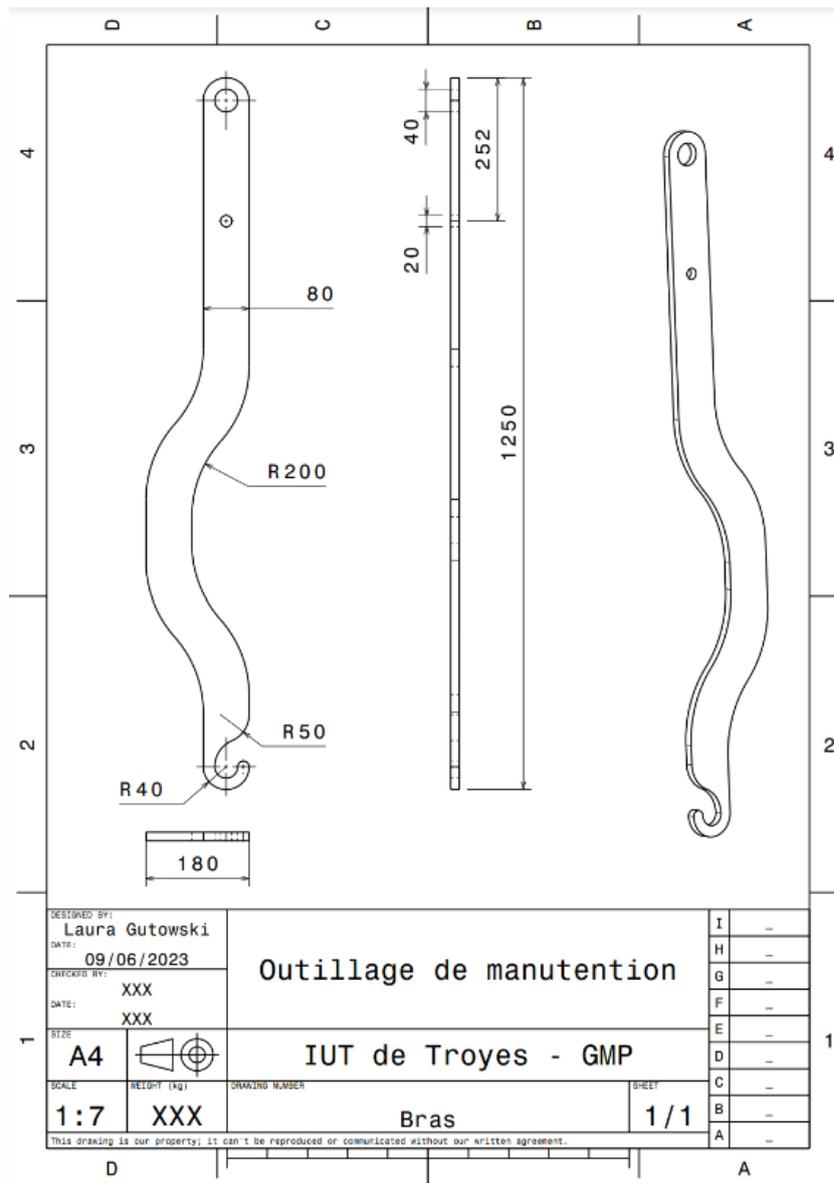


1) Conception des bras du palonnier (segment AD)

Rappel du cahier des charges :

- Les bras devront être en liaison pivot dans le GMP
- Les bras devront être en liaison pivot avec l'axe
- Les bras devront être en liaison pivot avec les tirants (segment CB)
- Les bras devront être en acier (nuance à choisir et section à choisir)
- Les bras devront être en une seule pièce

MIP :



Explication de la conception :

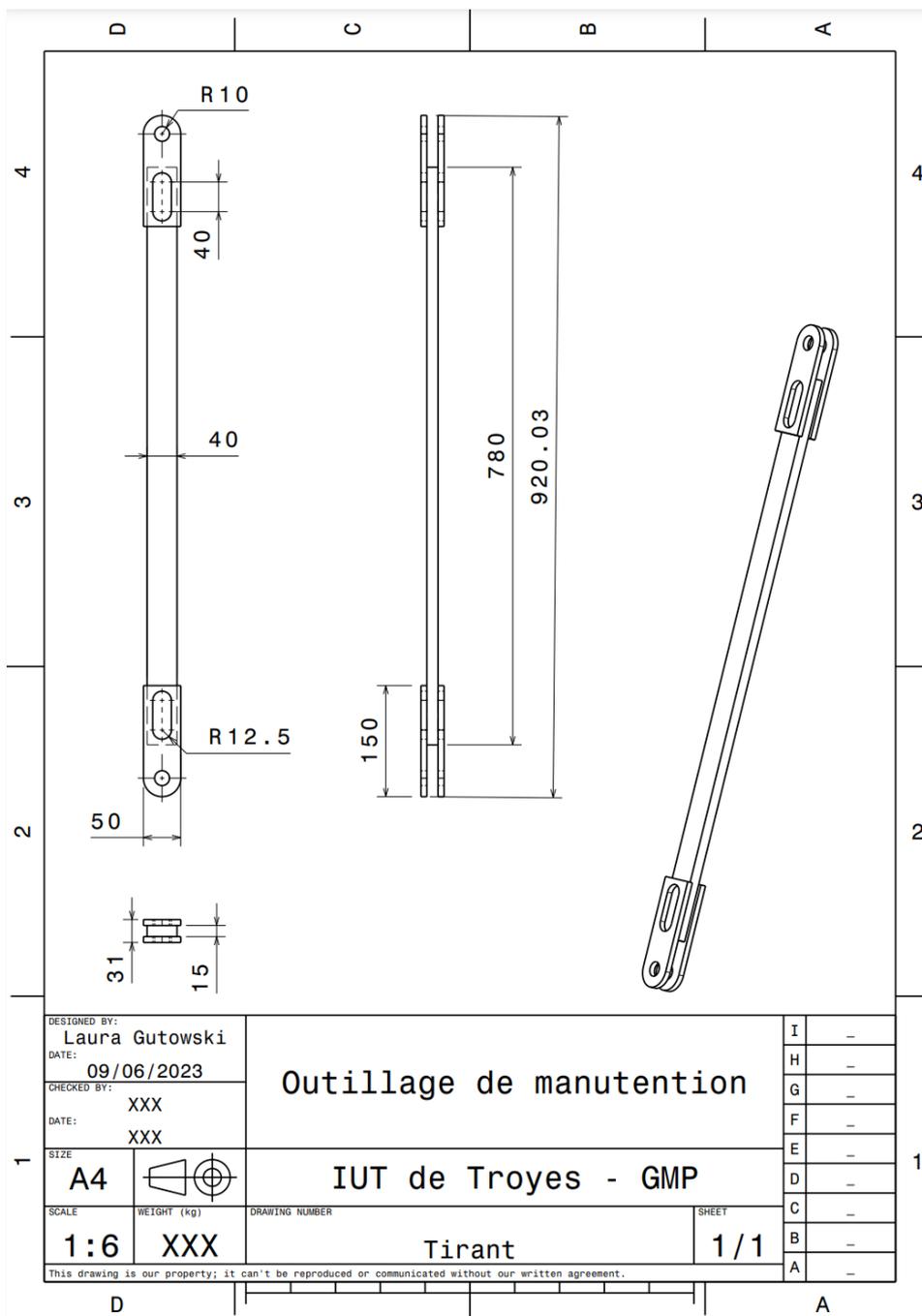
Le bras doit avoir une épaisseur maximum égale à 15 mm pour permettre la mise en place de la goupille. De plus, le diamètre de l'axe du palonnier est de 40 mm. Le bras doit donc avoir une largeur supérieure à celle de l'axe. Nous avons donc choisi une largeur de 60 mm pour que la pièce résiste aux différents efforts. Nous avons décidé de mettre un crochet sur la partie du bas pour que le montage de l'outillage sur le GMP soit plus simple.

2) Conception des tirants (segment CB)

Rappel du cahier des charges :

- Les tirants devront être en liaison pivot avec les bras (segment AC)
- Les tirants devront être en liaison pivot avec les étriers
- Les tirants devront être en acier (nuance et section à choisir)
- Possibilité de mécanosoudure

MIP :



Explication de la conception

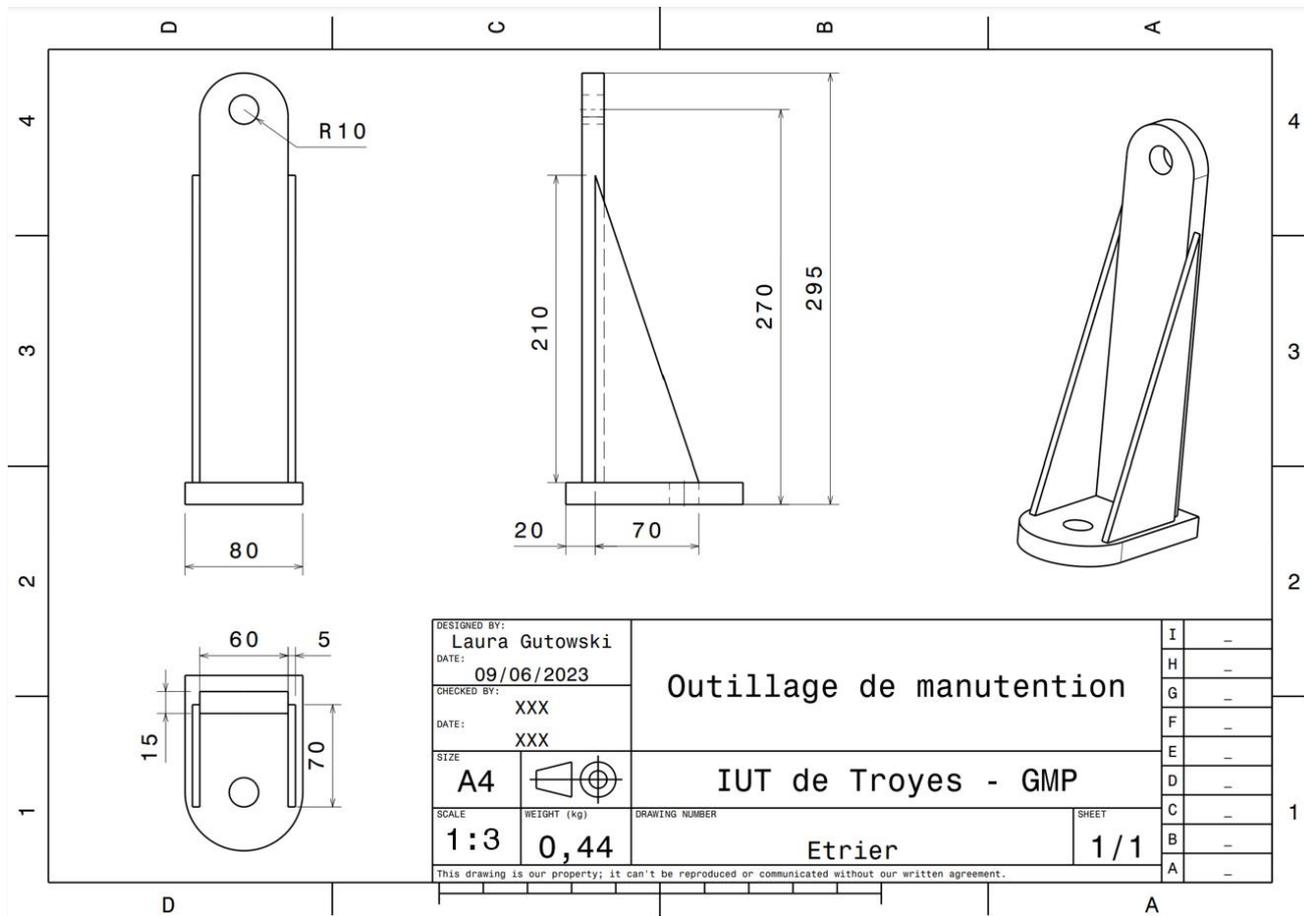
Le tirant est créé de plusieurs pièces mécanosoudées afin de créer le pivot. Les différentes pièces seront assemblées avec des soudures bouchons pour améliorer la résistance de la liaison.

3) Conception de l'étrier

Rappel du cahier des charges :

- L'étrier devra se fixer sur le GMP au point B' (taroudage M 20)
- L'étrier devra être en acier (nuance à choisir)
- Possibilité de mécanosoudure

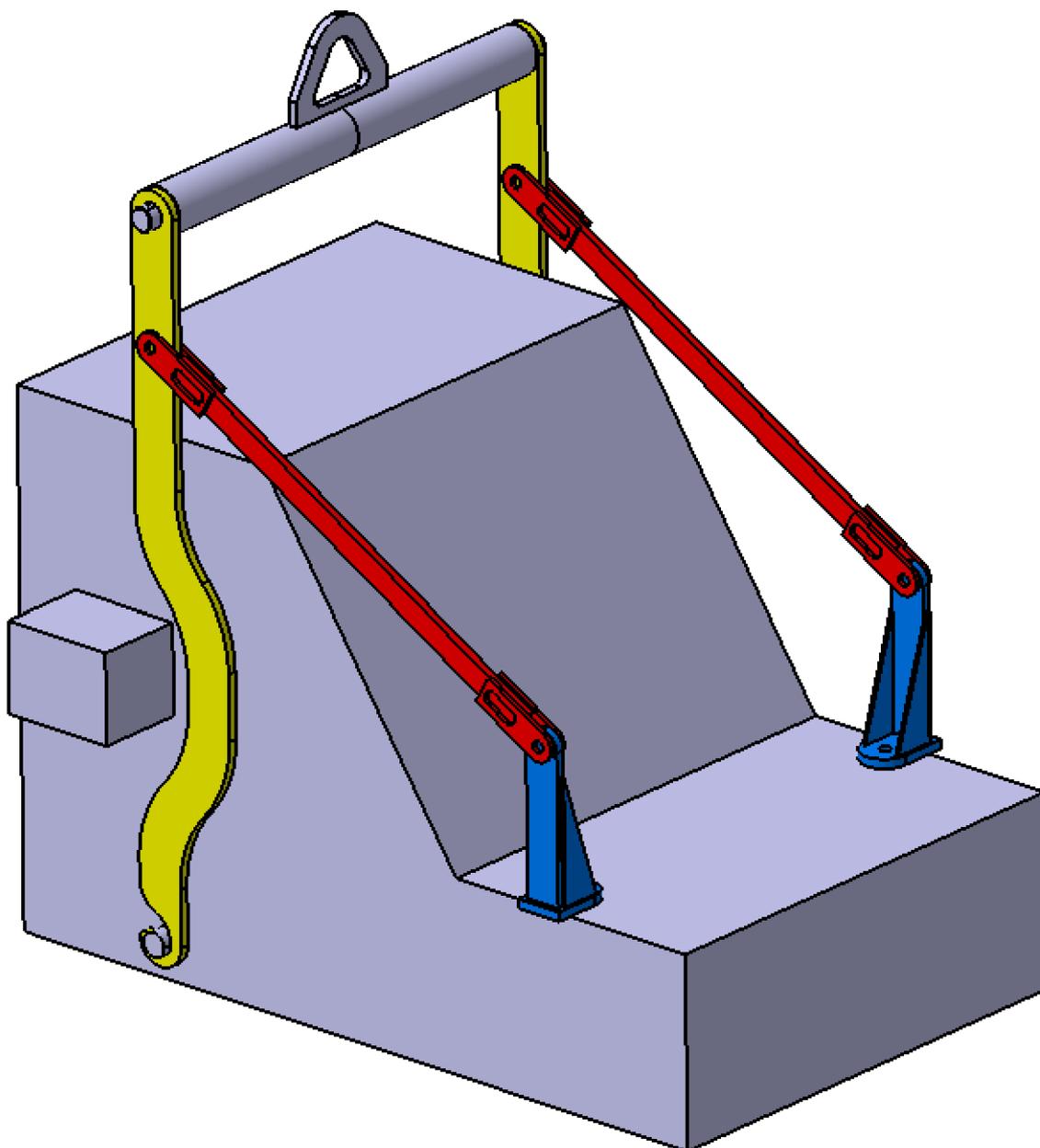
MIP



Explication de la conception

L'étrier sera également fabriqué avec plusieurs pièces mécanosoudées. Sur chaque coté il y a des renforts en forme triangulaire pour augmenter la résistance de cet assemblage.

4) Assemblage



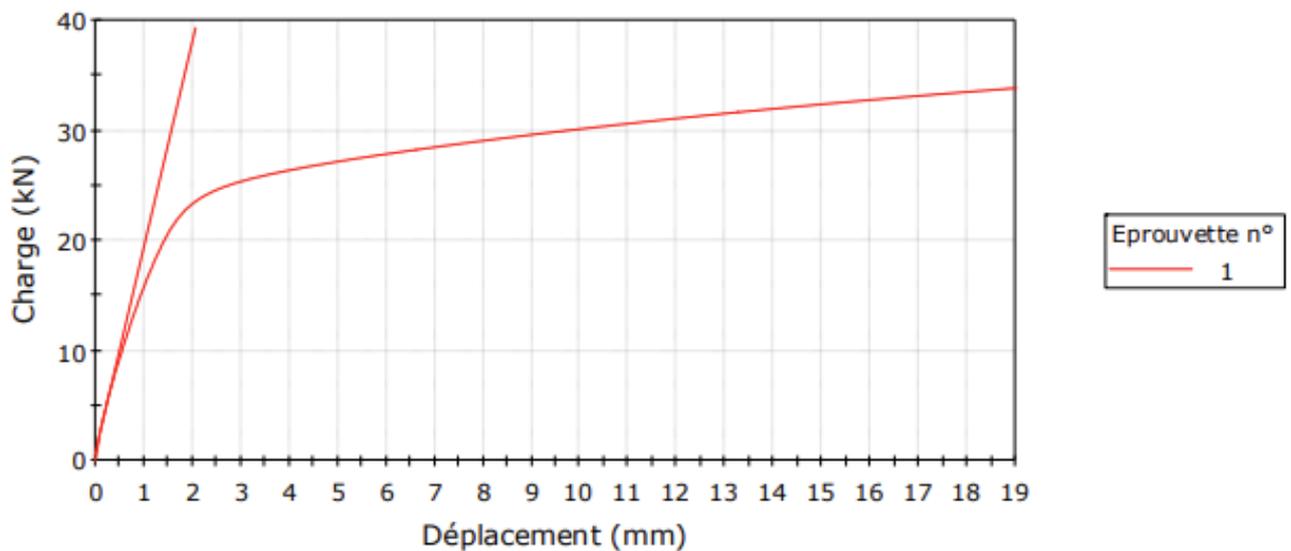
Pour relier l'axe avec le tirant et le tirant avec l'étrier on utilisera des axes avec des goupilles.

1) Matière utilisée

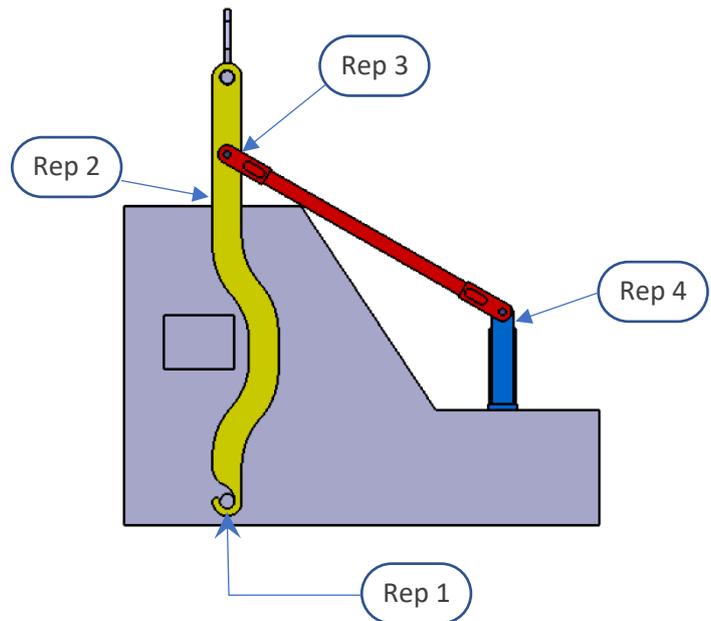
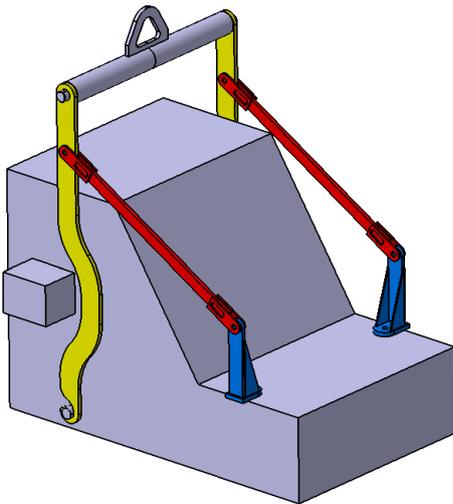
Pour réaliser cet outillage j'utilise la matière qui a été testée lors du TP, les caractéristiques de la matière sont les suivantes.

Essai de traction :

Module de Young automatique	74 501,4 MPa
Contrainte de traction à Résistance à la traction	1309,09 MPa
Déformation de traction à Résistance à la traction	36,92 %
Contrainte de traction à Limite d'élasticité (Décalage 0.2%)	568,26 MPa
Déformation de traction à Limite d'élasticité (Décalage 0.2%)	0,93%
Charge à Résistance à la traction	3927,27 daN



2) Par calcul



Bras :

$$\text{Rep 1} \quad \theta = \frac{F}{S} \quad \theta = \frac{12\,319}{20 \times 15} \quad \theta = 41,06 \text{ MPa}$$

$$\text{Rep 2} \quad \theta = \frac{F}{S} \quad \theta = \frac{5\,000}{80 \times 15} \quad \theta = 4,106 \text{ MPa}$$

Tirant :

$$\text{Rep 3} \quad \theta = \frac{F}{S} \quad \theta = \frac{2\,500}{50 \times 8} \quad \theta = 6,25 \text{ MPa}$$

Etrier

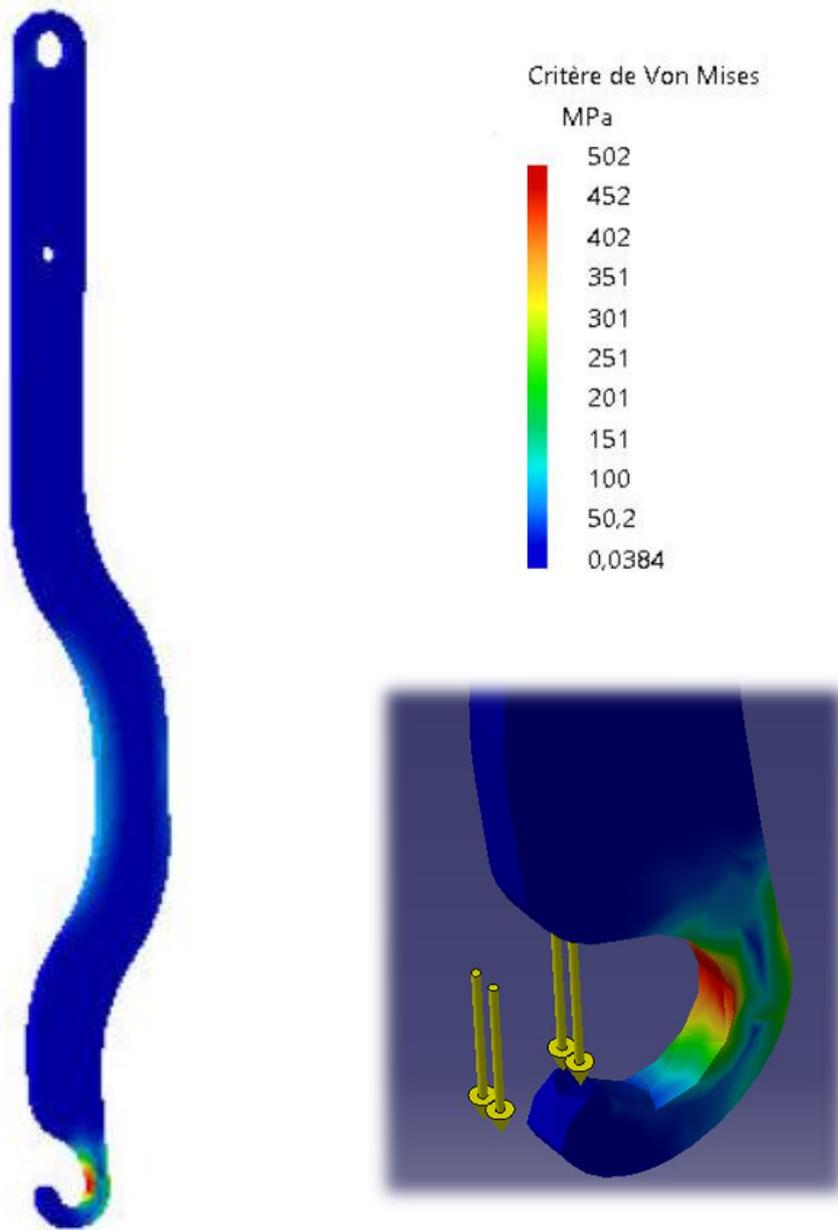
$$\text{Rep 4} \quad \theta = \frac{F}{S} \quad \theta = \frac{5\,000}{60 \times 15} \quad \theta = 5,56 \text{ MPa}$$

Pour valider une conception le mieux est d'utiliser un logiciel qui permet de calculer les contraintes en chaque point de la pièce.

3) A l'aide de l'logiciel d'éléments finis

Pour valider la conception générale j'utilise Catia pour calculer les efforts internes sur chacune des pièces. Pour évaluer la résistance la chaque pièce nous utilisons le critère de Von Mises qui est un critère de plasticité, ou critère d'écoulement plastique. Ce critère permet de savoir, sous des sollicitations données, si une pièce se déforme plastiquement ou si elle reste dans le domaine élastique.

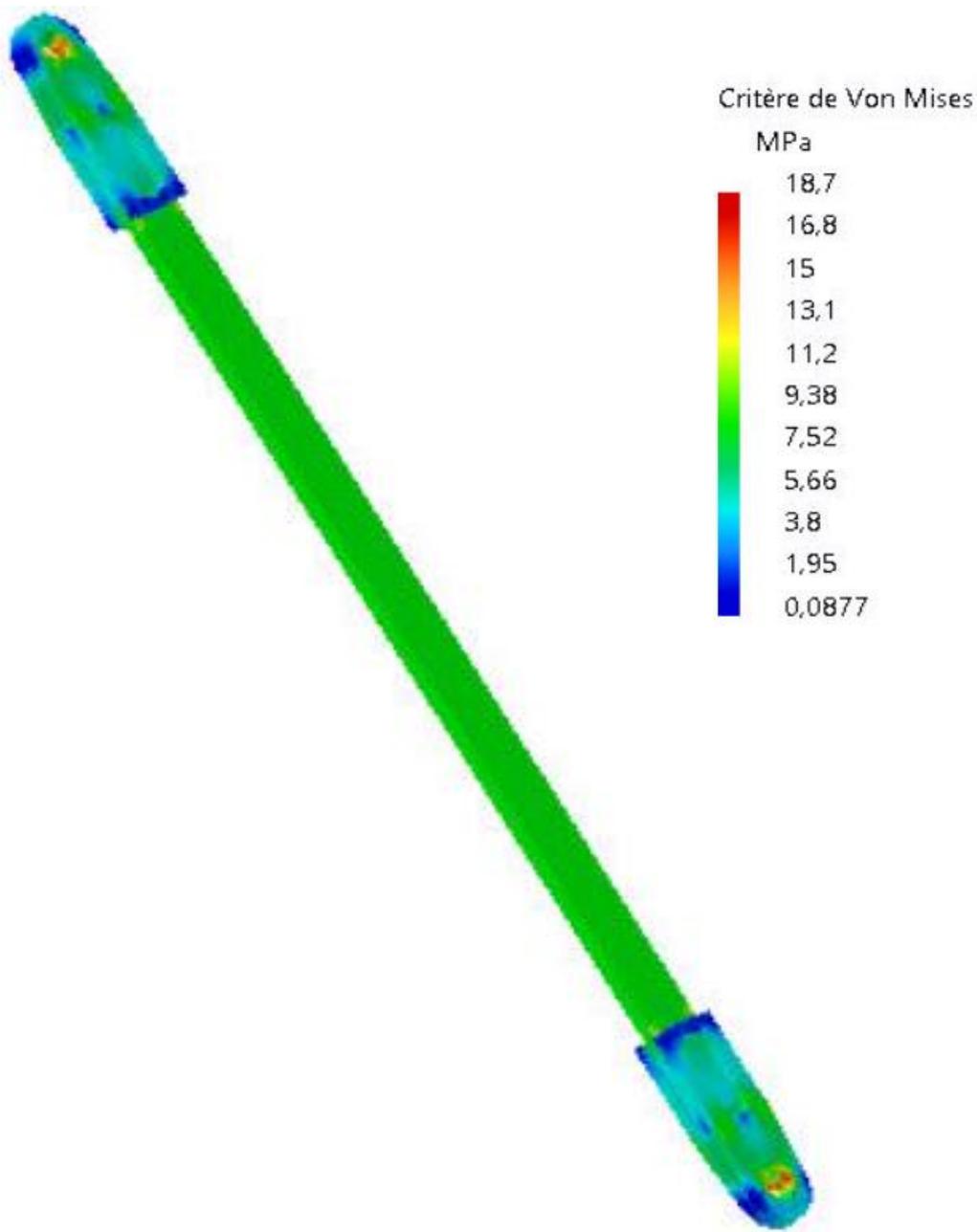
Validation du bras :



Commentaire :

Pour faciliter la manœuvre de l'outillage par le manutentionnaire on a fait le choix de mettre un crochet au lieu d'un simple trou dans la pièce. Ce choix amène une contrainte de conception supplémentaire et on voit que la partie du crochet est celle qui est le plus sollicitée. Cependant on reste inférieure à la limite élastique de la matière utilisée qui est de 568 MPa (avec l'utilisation d'un coefficient de sécurité de 2).

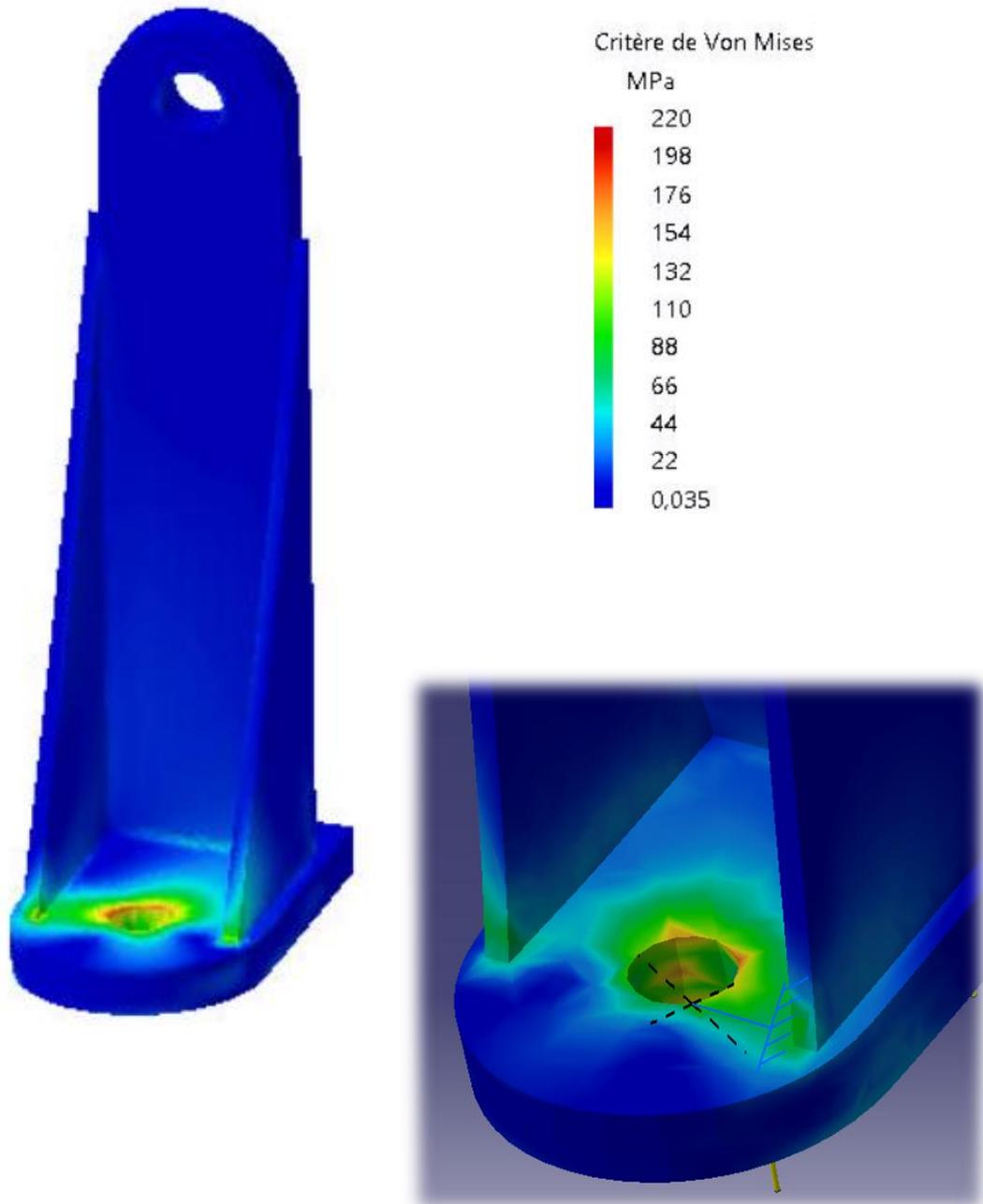
Validation du tirant :



Commentaire :

La conception du tirant est validée : la contrainte maximum est de 18,7 MPa, bien en-dessous de la limite élastique de la matière utilisée

Validation de l'étrier :

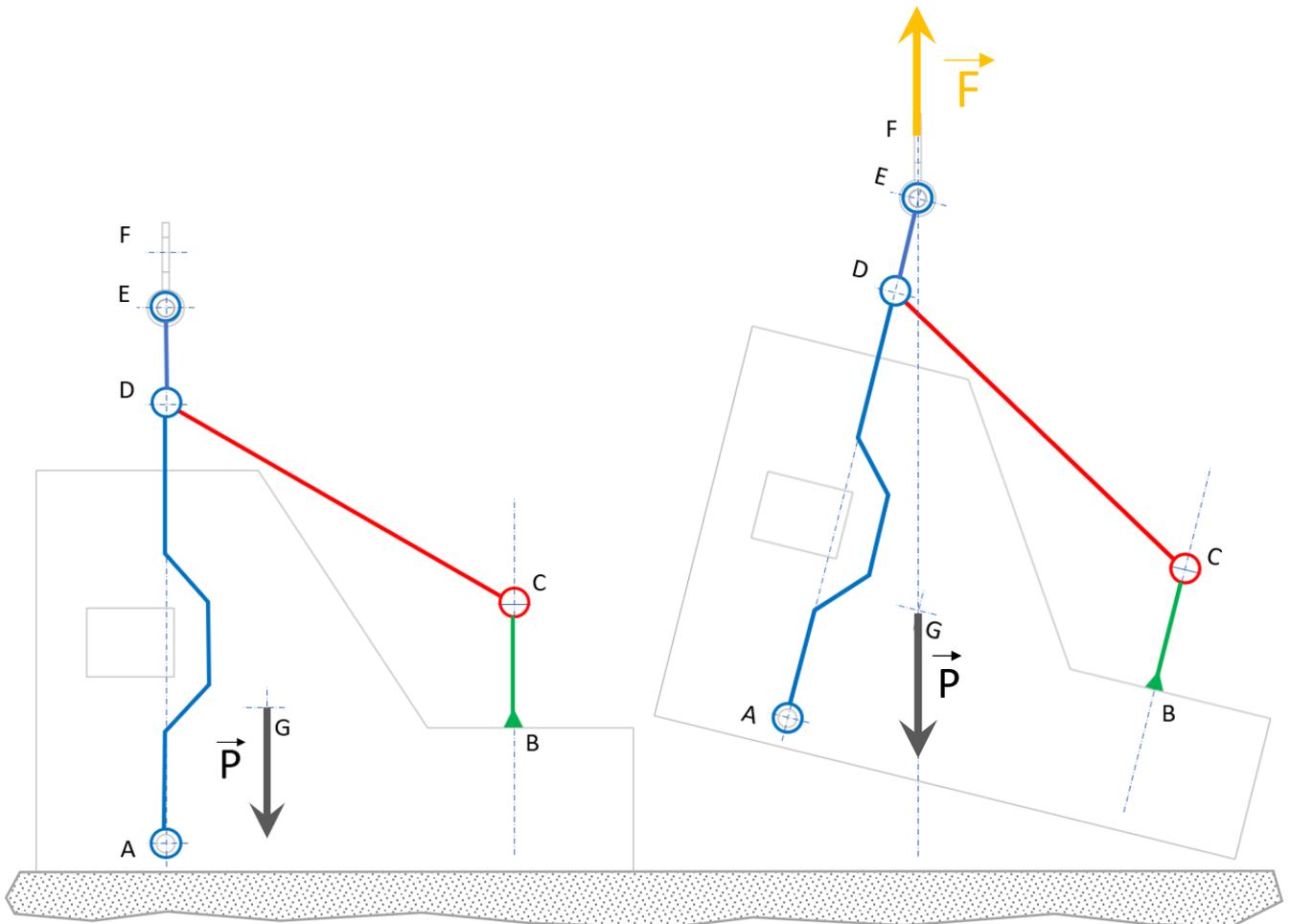


Commentaire :

La conception générale de l'étrier respecte les exigences puisque la contrainte maximale est de 220 MPa, en-dessous de la limite élastique de la matière utilisée. La contrainte maximale se situe au niveau du trou de fixation, au passage de la vis. Dans le montage on utilisera une rondelle d'appui large qui permet de répartir la charge sur une surface plus grande et ainsi de réduire les contraintes sur la matière.

CONCLUSION

Concernant l'étude et les calculs effectués, il faut remarquer qu'en réalité lors de l'opération de levage la charge basculera légèrement jusqu'à ce que le centre de gravité s'aligne avec l'axe du palonnier. Les calculs n'ont pas intégré ce phénomène qui peut impacter légèrement les résultats puisque la force P ne se retrouve plus dans l'axe du bras.



La conception de l'outillage pour lever le GMP est validée. Pour sécuriser encore plus l'outillage sans avoir à modifier la conception, il est possible de prendre une matière avec une limite élastique plus élevée, du S700 par exemple.

NUANCES EN 10149	LIMITE D'ELASTICITE MINI	RESISTANCE MOYENNE A LA RUPTURE
S 355 MC	355	430-350
S 420 MC	420	480-620
S 500 MC	500	550-700
→ S 700 MC	700	750-950

Coût de l'outillage :

Qté	Désignation	Coût matière			Coût Main d'œuvre				PR
		Poids Unitaire	Coût / kg	Total	Opération	Temps Unitaire	Coût	Total	
2	Bras	11,784 kg	0,94 €	22,15 €	Découpe laser	0,25	90 €/h	45 €	67,15 €
2	Tirant	5,043 kg	0,94 €	9,48€	Découpe laser	0,20	90 €/h	106 €	115,48 €
					Soudage	0,50	70 €/h		
2	Etrier	3,49 kg	0,94 €	6,56 €	Découpe laser	0,20	90 €/h	106 €	112,56 €
					Soudage	0,50	70 €/h		
4	Axe de liaison	/	/	10 €	Usinage	0,50	90 €/h	90 €	100 €
1	Divers quincaillerie	/	/	/	/	/	/	/	10 €
1	Assemblage				Montage	1	70 €/h		70 €
PRIX DE REVIENT OUTILLAGE DE MANUTENTION :								475,20 €	

On peut réduire le coût de l'outillage en optimisant la matière. D'après les calculs certaines parties sont un peu surdimensionnées et pourraient être optimisées : pièce moins épaisse ou moins large.

En conclusion l'optimisation est toujours possible en modifiant la conception et redimensionnant les zones surdimensionnées et en optimisant la matière. Cette optimisation peut permettre à la fois de :

- diminuer le poids de l'outillage et de le rendre plus maniable
- de renforcer l'outillage dans les parties les plus sollicitées
- de réduire le coût

Cependant il s'agit d'un outillage de levage et la contrainte de sécurité reste très importante.