

# BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

## Étude et Définition de Produits Industriels

Épreuve E2 - Unité U2

### Étude de produit industriel

**SESSION 2022**

Durée : 5 heures

Coefficient : 5

Compétences sur lesquelles porte l'épreuve :

- C 11 : Décoder un CDCF**
- C 12 : Analyser un produit**
- C 13 : Analyser une pièce**
- C 14 : Collecter les données**
- C 22 : Étudier et choisir une solution**

Ce sujet comporte :

- Dossier de présentation pages : 2/21 à 4/21
- Dossier technique pages : 5/21 à 7/21
- Dossier ressources pages : 8/21 à 10/21
- Dossier travail pages : 11/21 à 21/21

Documents à rendre par le candidat :

- Dossier travail pages : 11/21 à 21/21

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Documents personnels et livres autorisés.

<b>BAC PRO E.D.P.I.</b>	<b>Code : 2206-EDP EPI 1</b>	<b>Session 2022</b>	<b>SUJET</b>
<b>Épreuve E2 U2 : Étude de produit industriel</b>	<b>Durée : 5 heures</b>	<b>Coefficient : 5</b>	<b>Page 1/21</b>

# DOSSIER DE PRÉSENTATION

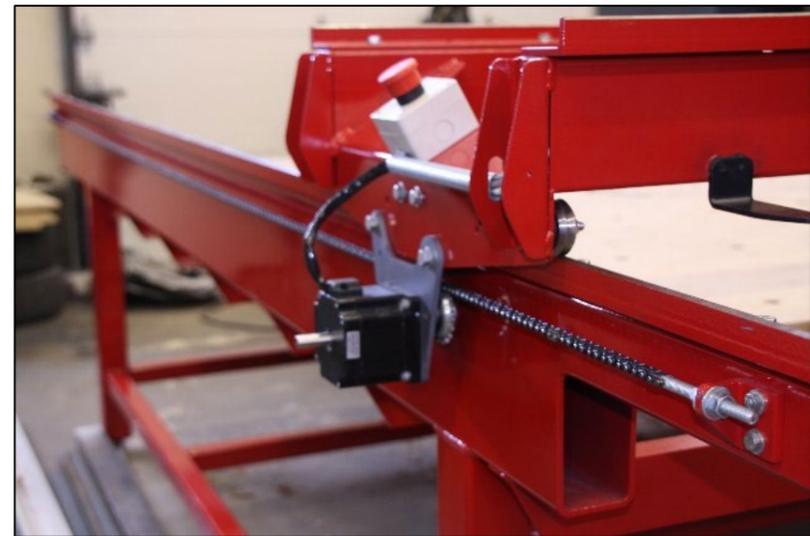
# MechMate

La fraiseuse CNC MechMate est une machine à commande numérique 3 axes (CNC Computer Numérical Control). Elle a été conçue et réalisée par Gerald Dorrington, un ingénieur mécanicien sud-africain.

Ce dernier a orienté la recherche et la conception de sa machine pour qu'elle soit à la fois robuste et performante avec un coût de fabrication le plus bas possible pour que n'importe quel amateur averti puisse la construire.

Le prototype est prometteur et Gerald Dorrington décide d'offrir les plans en "Open Source" en 2005.

Les premières MechMate sont construites çà et là aux USA puis un peu partout dans le monde. La MechMate devient un succès avec des centaines d'exemplaires construits dans le monde, par des professionnels mais aussi de simples amateurs.



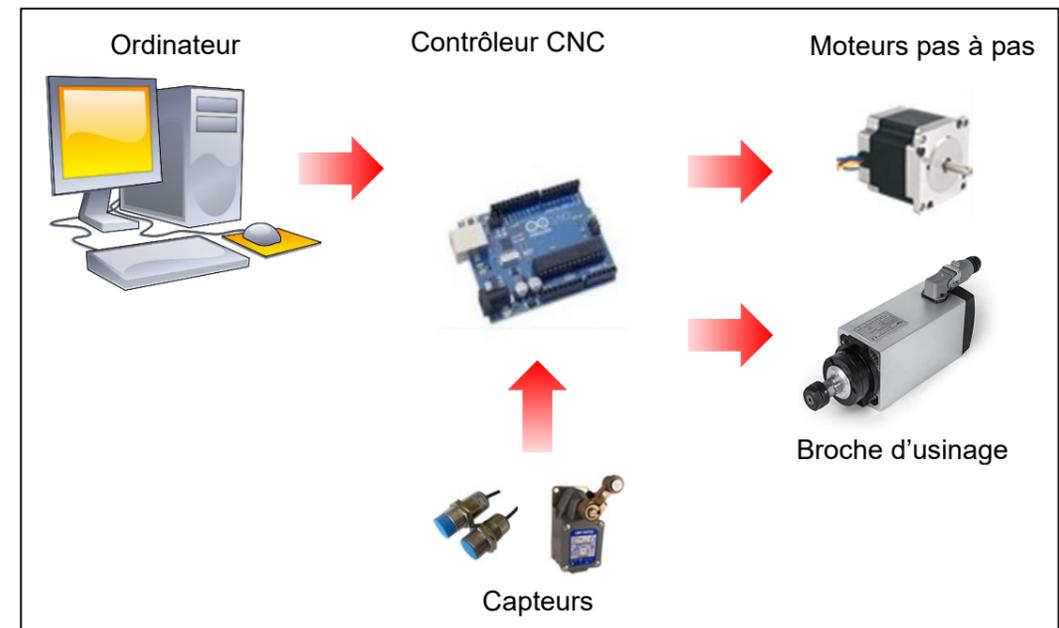
## Principe de fonctionnement

Piloté par un ordinateur, la fraiseuse CNC Mechmate permet d'usiner des plaques de matériaux tendres tels que le bois, le plastique mais aussi l'aluminium. La machine se déplace sur 3 axes (X, Y, Z) avec une broche en rotation autour de Z portant un outil de coupe.

Un **ordinateur** est utilisé pour les calculs et l'affichage, celui-ci est couplé à un **contrôleur de CNC** pour le pilotage.

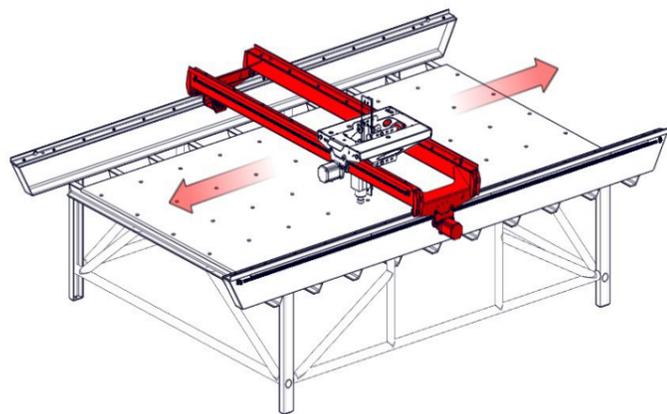
Ce système de commande envoie donc des informations de contrôle aux **moteurs pas à pas**, mais peut aussi gérer l'activation et le réglage de la vitesse du moteur de la **broche d'usinage**.

Le système de commande nécessite une information en temps réel des déplacements. Ceux-ci sont fournis soit par les capteurs fin de course soit par les moteurs pas à pas.

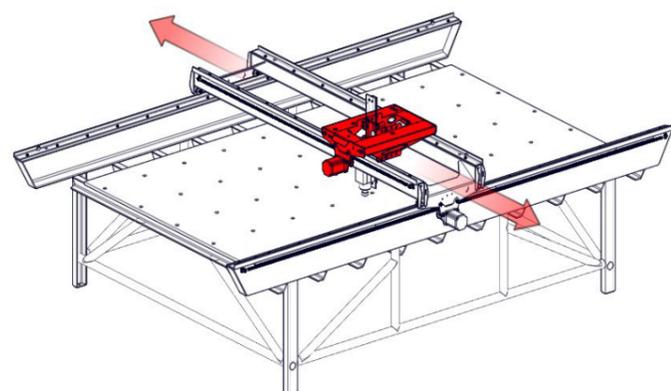


Chaque mouvement est réalisé à l'aide de rails de guidage et de galets entraînés par des moteurs pas à pas, pilotés par le contrôleur CNC.

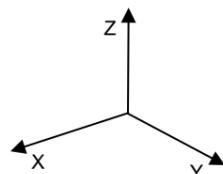
Un système de transmission de mouvement par pignon et chaîne permet le déplacement en translation du portique et du chariot horizontale sur les axes X et Y.



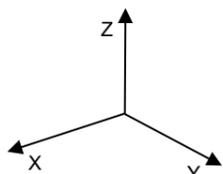
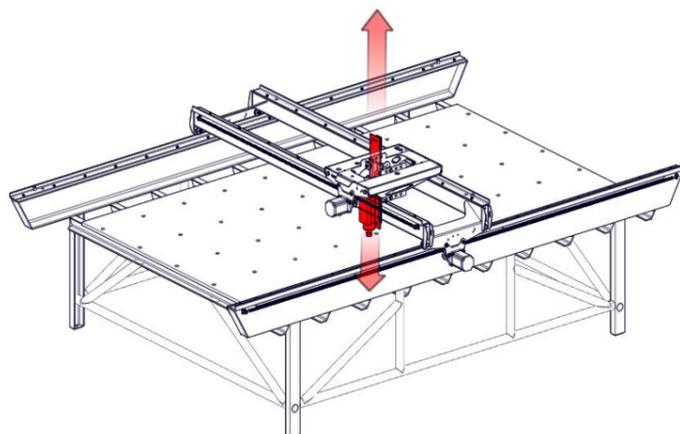
Le portique se déplace sur l'axe X par rapport au châssis



Le chariot horizontal se déplace sur l'axe Y par rapport au châssis



Un autre système de transmission permet le déplacement du chariot porte-outil vertical sur l'axe Z.



### CARACTÉRISTIQUES DE LA MACHINE

Dimensions d'encombrement (en mm) : 3650 x 2621 x 1995

Dimensions utiles (en mm) : 2900 x 1800 x 250

Moteur pas à pas : 200 pas par tours

Pignon moteur : 9 dents

Chaîne : pas = 12.7mm

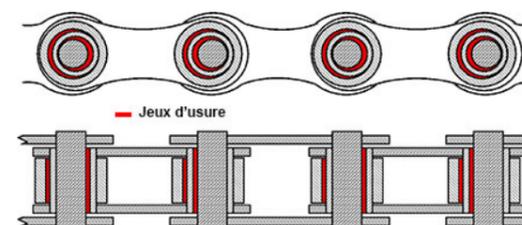
Vitesse de coupe : 20m/mn

### Problématique :

Le système de transmission mis en œuvre sur cette machine est un système par pignon et chaîne. Ce système de transmission reste relativement acceptable pour la découpe plasma mais les retours des utilisateurs sont plutôt mitigés concernant l'utilisation en usinage de matériaux du fait de sa résolution<sup>1</sup> insuffisante.

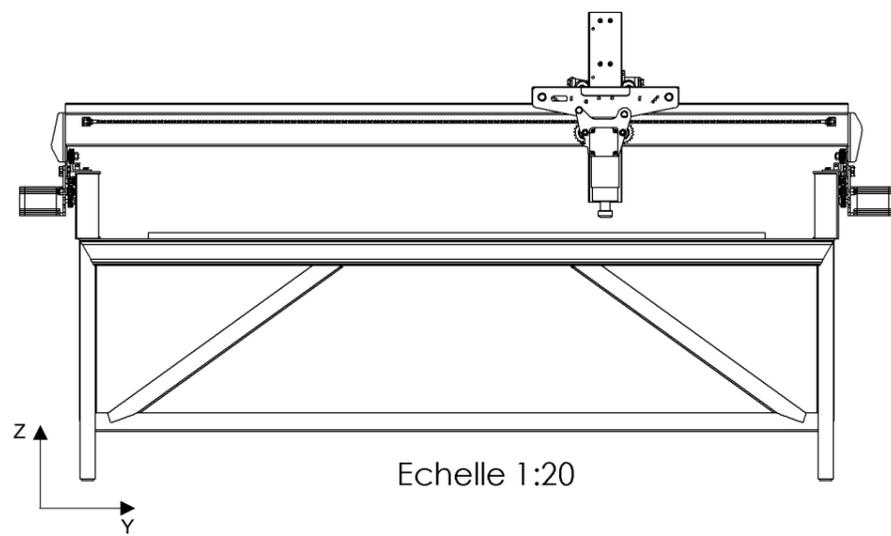
En usinage des matériaux, il a aussi été constaté une usure irrégulière sur les maillons de la chaîne (causée par les efforts transmis lors de l'usinage), ce qui oblige à remplacer régulièrement celle-ci.

Pour améliorer les caractéristiques de la fraiseuse CNC MechMate et résoudre la problématique, le bureau d'études vous propose d'étudier la modification de la transmission par pignon et chaîne.

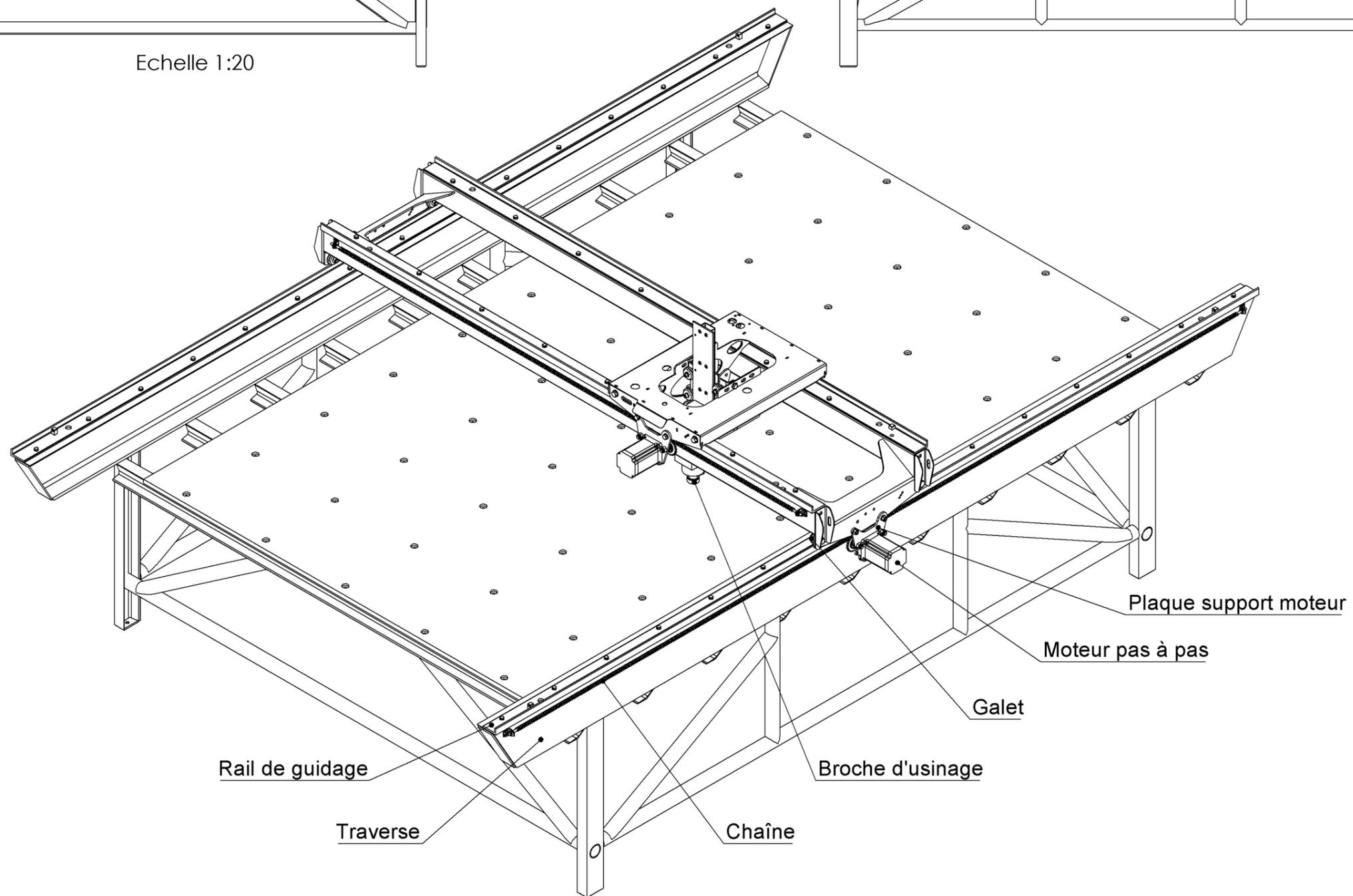
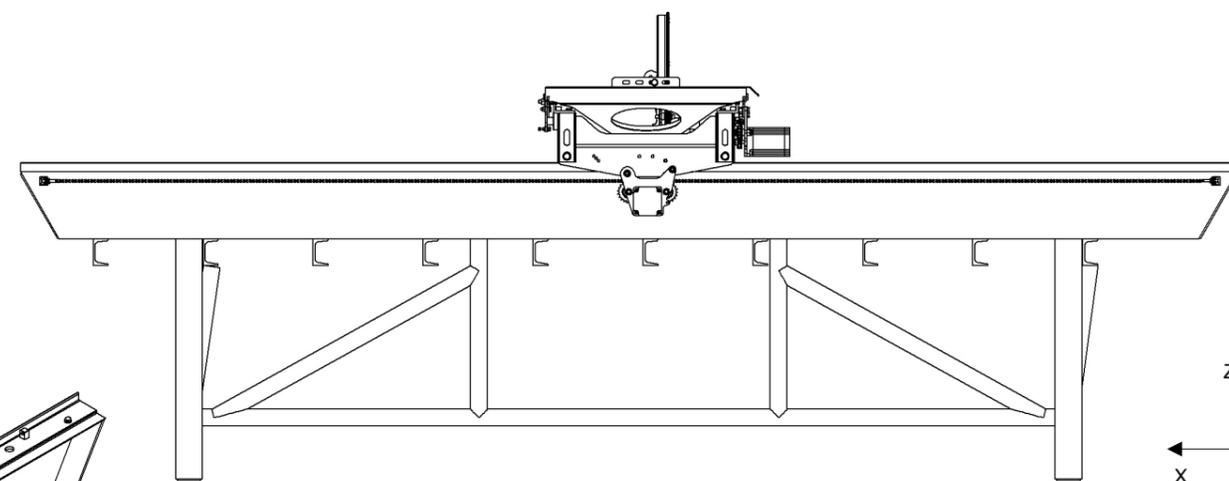


<sup>1</sup>Résolution : distance en mm parcourue par pas moteur le long d'un axe.

# DOSSIER TECHNIQUE



Echelle 1:20



Rail de guidage

Traverse

Chaîne

Broche d'usinage

Galet

Moteur pas à pas

Plaque support moteur

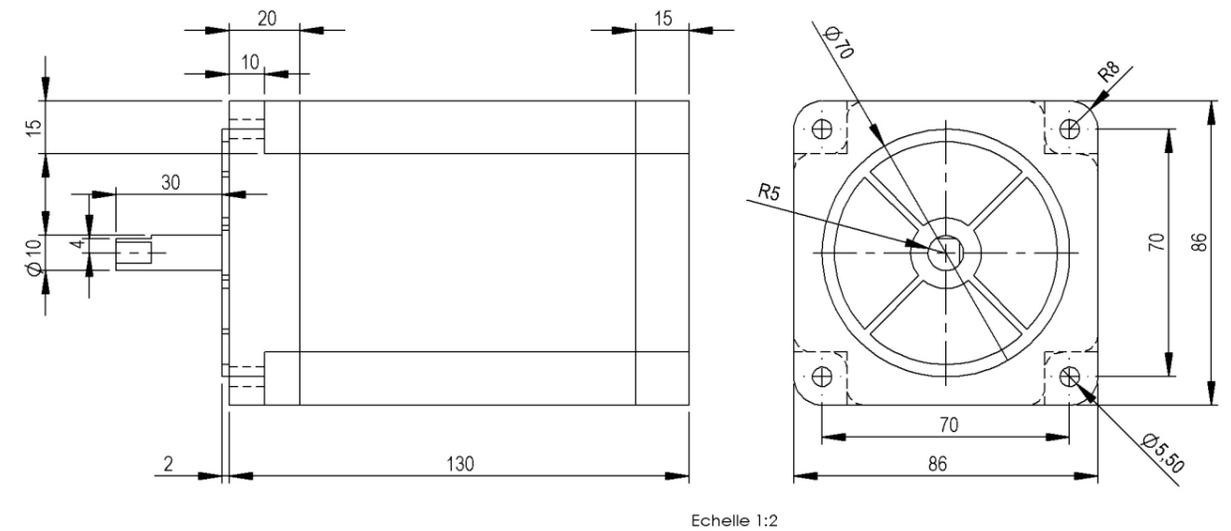


# DOSSIER RESSOURCES

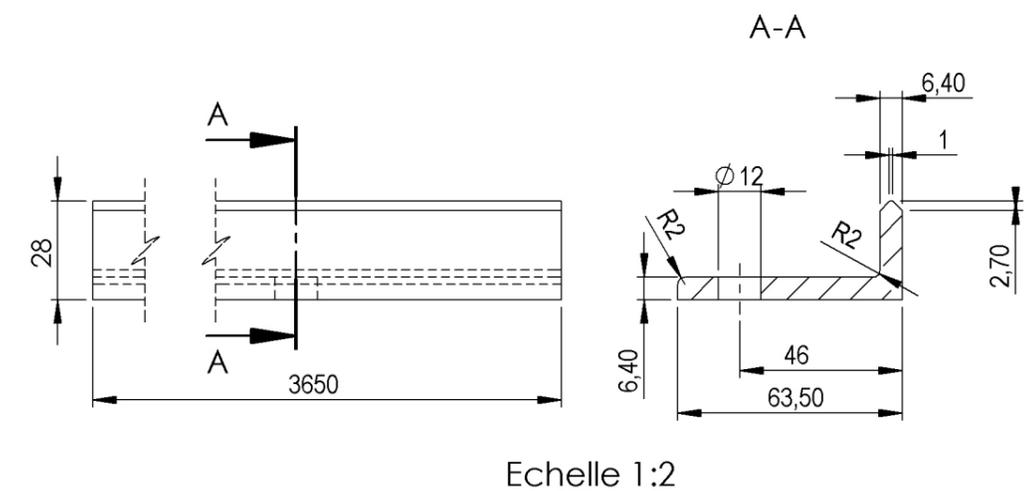
## Tableau des liaisons cinématiques

Nom de la liaison	Exemple	Symbole	
		Représentation plane	Perspective
<b>Encastrement ou fixe</b>  0 degré de liberté  0 translation 0 rotation			
		* S'il n'y a pas d'ambiguïté	
<b>Pivot</b>  1 degré de liberté  0 translation 1 rotation $R_x$		<p>Symbole admissible</p>	
<b>Glissière</b>  1 degré de liberté  1 translation $T_x$ 0 rotation		<p>Symboles admissibles</p>	
<b>Hélicoïdale</b>  1 degré de liberté  1 translation et 1 rotation conjuguées $T_x = p \cdot R_x$ $p$ : pas de l'hélice		<p>Symbole admissible</p> <p>RH : hélice à droite LH : hélice à gauche</p>	
<b>Pivot-glissant</b>  2 degrés de liberté  1 translation $T_x$ 1 rotation $R_x$		<p>Symbole admissible</p>	

### Moteur pas à pas



### Rail de guidage



22420

## Crémaillères en acier

Denture droite fraisée, angle de pression 20°

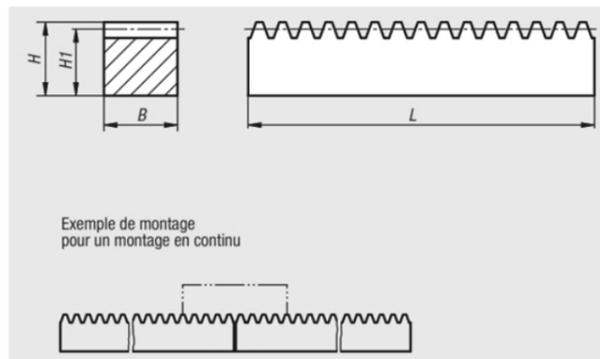


**Matière :**  
Acier 1.0503 (C45).

**Finition :**  
Denture fraisée, engrènement droit.  
Angle de pression 20°, naturel.

**Exemple de commande :**  
nlm 22420-010150X500

**Nota :**  
Les crémaillères sont prévues pour être aboutées.



Référence	Module	B	H	H1	L	L Longueur réelle
22420-010150X500	1	15	15	14	500	499,51
22420-010150X1000	1	15	15	14	1000	1002,17
22420-010150X2000	1	15	15	14	2000	2001,19
22420-015170X500	1,5	17	17	15,5	500	504,22
22420-015170X1000	1,5	17	17	15,5	1000	1003,74
22420-015170X2000	1,5	17	17	15,5	2000	2002,77
22420-020200X500	2	20	20	18	500	502,65
22420-020200X1000	2	20	20	18	1000	1005,31
22420-020200X2000	2	20	20	18	2000	2004,34
22420-025250X500	2,5	25	25	22,5	500	502,65
22420-025250X1000	2,5	25	25	22,5	1000	1005,31
22420-025250X2000	2,5	25	25	22,5	2000	2002,77
22420-030300X500	3	30	30	27	500	508,94
22420-030300X1000	3	30	30	27	1000	1008,45
22420-030300X2000	3	30	30	27	2000	2007,48

norelem

401

22400

## Engrenage en acier, module 1

Denture droite fraisée, angle de pression 20°



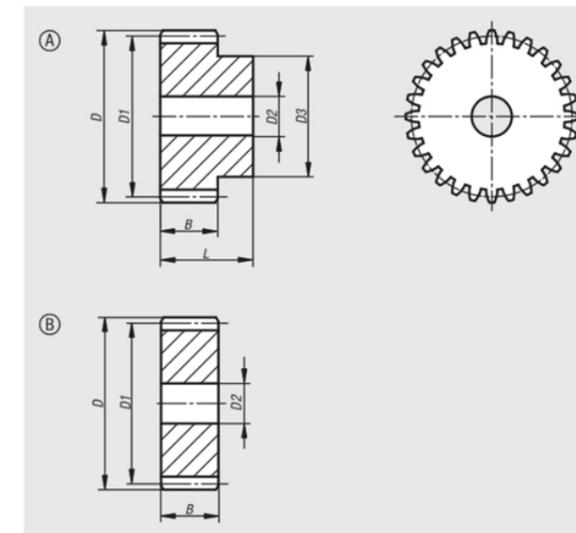
**Matière :**  
Acier 1.0503 (C45).

**Finition :**  
Denture fraisée, engrènement droit.  
Angle de pression 20°, naturel.

**Exemple de commande :**  
nlm 22400-0110150012

**Nota :**  
Jusqu'à 70 dents avec un moyeu, à partir de 72 dents sans moyeu.  
Les engrenages possèdent un point de centrage ou sont pré-perçés.

**Indication de dessin :**  
Forme A : avec moyeu  
Forme B : sans moyeu



Référence	Forme	Nombre de dents	D	D1	D2 max.	D3	B	L
22400-0110150012	A	12	14	12	6	9	15	25
22400-0110150013	A	13	15	13	-	10	15	25
22400-0110150014	A	14	16	14	-	11	15	25
22400-0110150015	A	15	17	15	-	12	15	25
22400-0110150016	A	16	18	16	-	13	15	25
22400-0110150017	A	17	19	17	-	14	15	25
22400-0110150018	A	18	20	18	8	15	15	25
22400-0110150019	A	19	21	19	8	15	15	25
22400-0110150020	A	20	22	20	8	16	15	25
22400-0110150021	A	21	23	21	8	16	15	25
22400-0110150022	A	22	24	22	8	16	15	25
22400-0110150023	A	23	25	23	8	18	15	25
22400-0110150024	A	24	26	24	10	20	15	25
22400-0110150025	A	25	27	25	10	20	15	25
22400-0110150026	A	26	28	26	10	20	15	25
22400-0110150027	A	27	29	27	10	20	15	25
22400-0110150028	A	28	30	28	10	20	15	25
22400-0110150029	A	29	31	29	10	20	15	25
22400-0110150030	A	30	32	30	10	20	15	25
22400-0110150031	A	31	33	31	10	25	15	25
22400-0110150032	A	32	34	32	10	25	15	25
22400-0110150033	A	33	35	33	10	25	15	25
22400-0110150034	A	34	36	34	10	25	15	25
22400-0110150035	A	35	37	35	10	25	15	25
22400-0110150036	A	36	38	36	10	25	15	25
22400-0110150037	A	37	39	37	10	25	15	25
22400-0110150038	A	38	40	38	10	25	15	25

norelem

366

DANS CE CADRE

Académie :	Session :
Examen :	Série :
Spécialité/option :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous épreuve :	
NOM :	
<small>(en majuscule, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</small>	
Prénoms :	N° du candidat <input type="text"/>
Né(e) le :	<small>(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou liste d'appel)</small>

NE RIEN ÉCRIRE

Note : 

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

**Lecture du sujet**

Temps conseillés

**(20 minutes)****A – ANALYSE DE L'ENSEMBLE****(1 heure 20)****A-1 Analyse fonctionnelle de la « MechMate »****Question 1 : Compléter** le diagramme de niveau A-0.**Question 2 : Compléter** le schéma ci-dessous.**A-2 Analyse cinématique****Question 3 : Identifier** la liaison entre le sous-ensemble A et le sous-ensemble B.**Question 4 : Identifier** la liaison entre le sous-ensemble B et le sous-ensemble C.**Question 5 : Identifier** la liaison entre le sous-ensemble C et le sous-ensemble D.**Question 6 : Compléter** le graphe de liaisons entre les sous-ensembles.**Question 7 : Compléter** le schéma cinématique 3D.**A-3 Étude de la transmission entre le châssis et le portique****Question 8 : Compléter** l'extrait du diagramme FAST.**Question 9 : Calculer** la résolution actuelle de la machine.**Question 10 : Choisir** parmi les propositions suivantes les caractéristiques pour améliorer la résolution.**Question 11 : Proposer** une autre solution technologique ...**B – DÉFINITION D'UNE NOUVELLE SOLUTION****(1 heure 20)****Question 12 : Identifier** le module de la crémaillère et du pignon.**Question 13 : Calculer** le nombre de dents du pignon pour la résolution souhaitée.**Question 14 : Vérifier** la condition de la nouvelle résolution ...**Question 15 : Choisir** le pignon dans la documentation technique.**Question 16 : Identifier** la longueur d'un élément de crémaillère.**Question 17 : Choisir et justifier** la crémaillère dans la documentation technique.**C – MISE EN PLACE DE LA NOUVELLE SOLUTION****(2 heures)****Question 18 : Préciser** dans le tableau suivant, les éléments conservés, ajoutés, remplacés ou supprimés.**Question 19 : Colorier** sur le dessin ci-dessous les surfaces d'appuis sur lesquelles seront installées les crémaillères.**Question 20 : Calculer** à l'aide de la documentation la cote « c ».**Question 21 : Compléter** sur le document technique.**Question 22 : Compléter** le dessin d'ensemble en coupe A-A.**Question 23 : Compléter** la nomenclature de l'installation de la crémaillère.

# DOSSIER DE TRAVAIL

Le candidat répond directement sur ce dossier de travail.  
Celui-ci sera rendu dans son intégralité aux surveillants à la fin de l'épreuve.

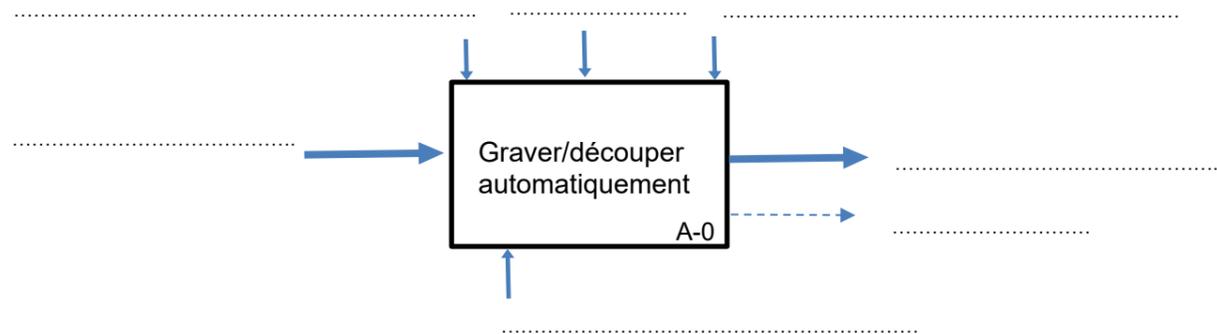
NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

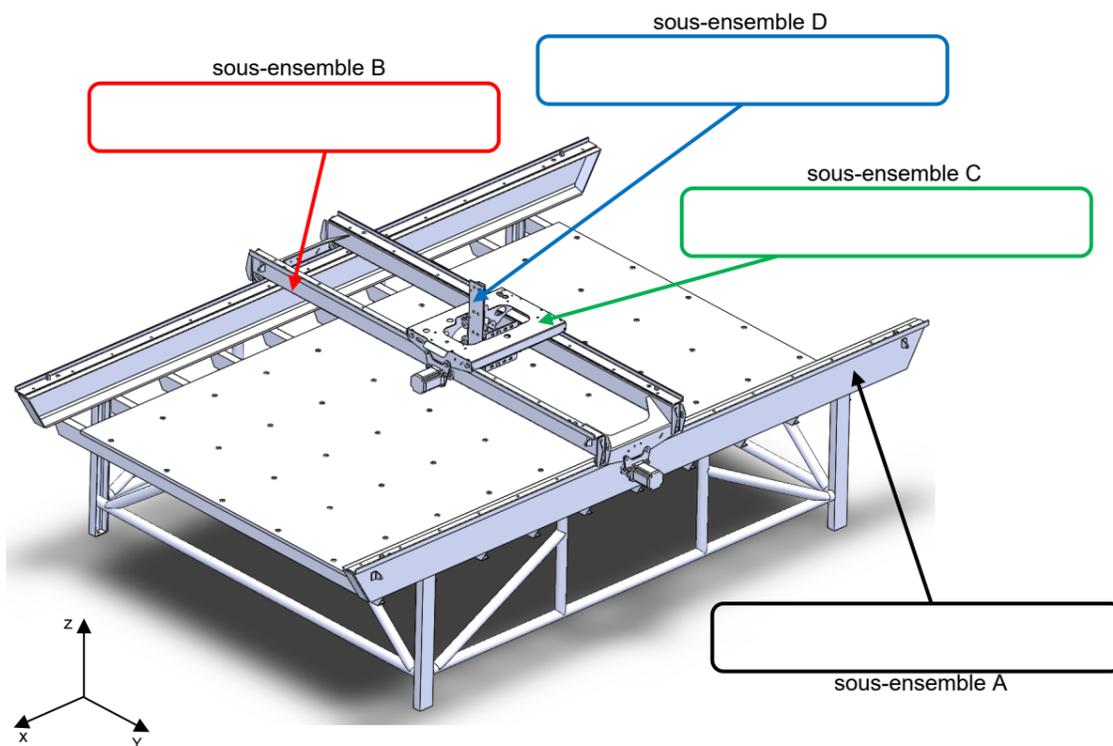
**A – ANALYSE DE L'ENSEMBLE**

**A1- Analyse fonctionnelle de la « MechMate » :**

**Question 1 :** Compléter le diagramme de niveau A-0 ci-dessous en plaçant les noms suivants : Matériaux en plaques ; Matériaux gravé/découpé ; Informations de déplacement ; Copeaux ; Energie électrique ; Machine CNC MechMate ; Réglages.

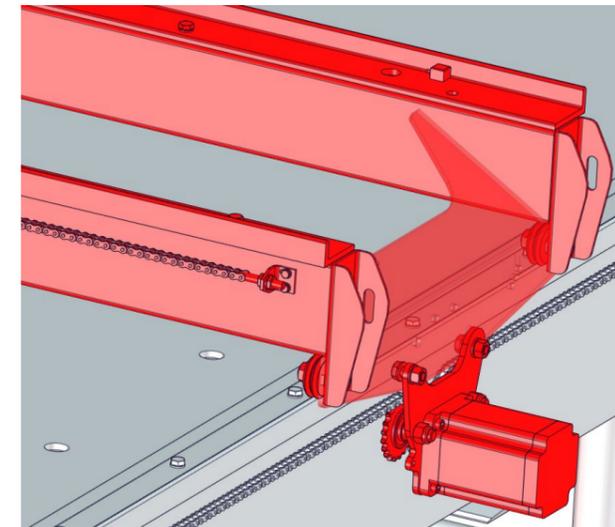


**Question 2 :** Compléter le schéma ci-dessous à l'aide des mots suivants : Portique ; Châssis ; Chariot horizontal ; Chariot porte-outil vertical.



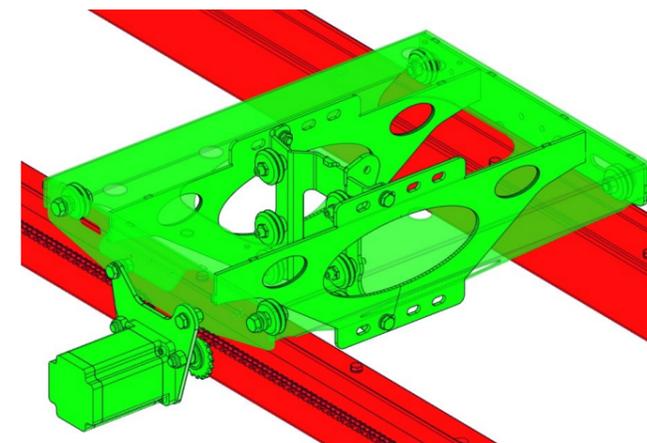
**A2- Analyse cinématique :**

**Question 3 :** Identifier la liaison entre le sous-ensemble A et le sous-ensemble B en complétant le tableau ci-dessous.



	T	R
X		
Y		
Z		
Nom de la liaison	Symbole 3D orienté de la liaison	

**Question 4 :** Identifier la liaison entre le sous-ensemble B et le sous-ensemble C en complétant le tableau ci-dessous.

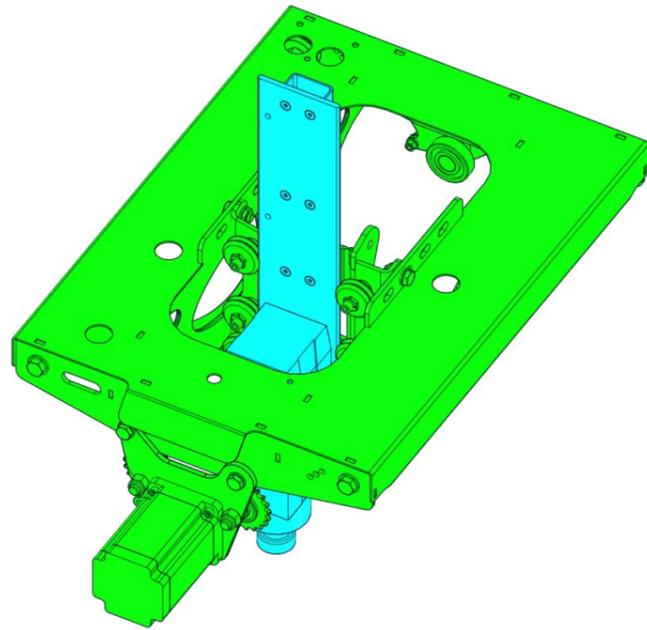


	T	R
X		
Y		
Z		
Nom de la liaison	Symbole 3D orienté de la liaison	

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

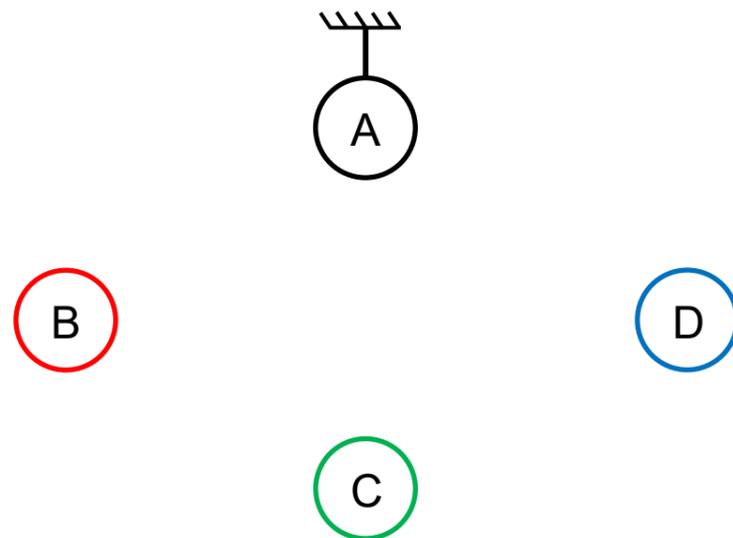
NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

**Question 5 :** Identifier la liaison entre le sous-ensemble C et le sous-ensemble D en complétant le tableau ci-dessous.

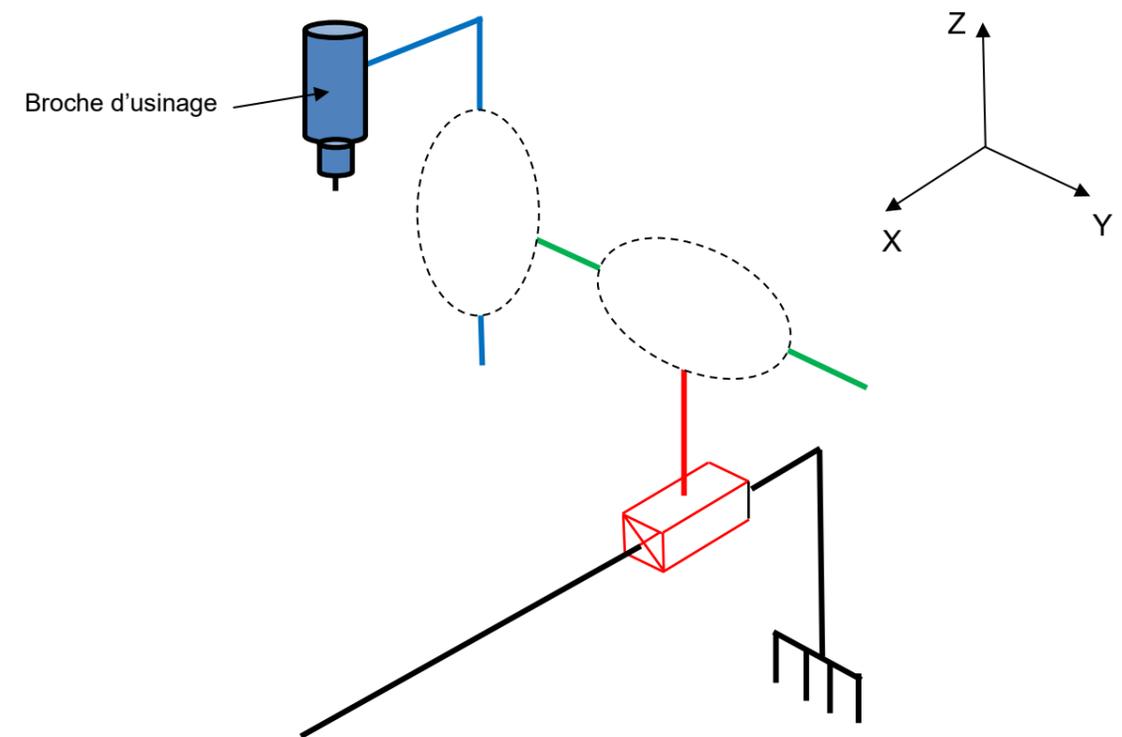


	T	R
X		
Y		
Z		
Nom de la liaison	Symbole 3D orienté de la liaison	

**Question 6 :** Compléter le graphe de liaisons entre les sous-ensembles.



**Question 7 :** Compléter à l'aide des questions précédentes, le schéma cinématique 3D.

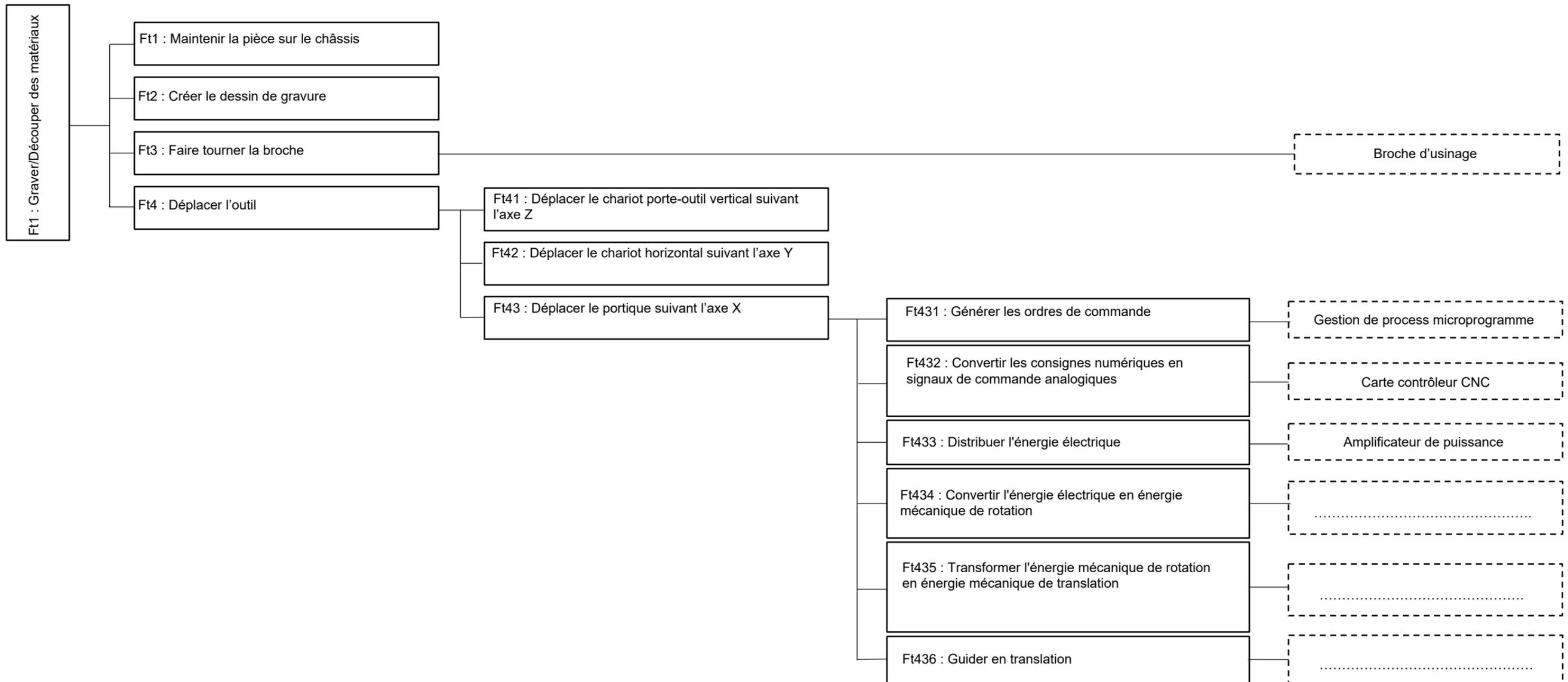


NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

**A3 : Étude de la transmission entre le châssis et le portique**

**Question 8 : Compléter** l'extrait du diagramme FAST à l'aide des solutions technologiques mises en œuvre sur la machine existante à l'aide des documents techniques.



**NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE**

**NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE**

**Question 9 :** Calculer la résolution actuelle de la machine à l'aide des documents techniques, des caractéristiques de la machine et de la formule suivante.

Formule :  $R = \frac{(\text{pas de la chaîne} \times \text{nombre de dents du pignon})}{\text{nombre de pas moteur}}$

Calcul :

R =                      mm/pas

**Question 10 :** Choisir parmi les propositions suivantes, celles qui permettent d'améliorer la résolution (plusieurs solutions possibles).

Vis de fixation du moteur

Vitesse du moteur

Nombre de dents du pignon moteur

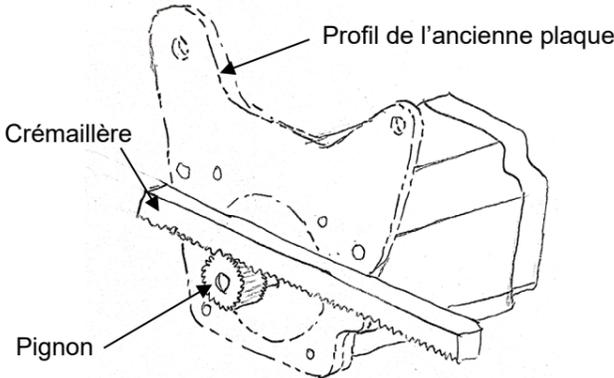
Pas de la chaîne

Rail de guidage plus long

Pas du moteur

Rail de guidage plus court

**Question 11 :** Proposer une autre solution technologique permettant de remplacer la transmission pignon et chaîne actuelle autre que celle donnée en solution 1.

Solutions	Croquis
<p style="text-align: center;">Solution 1 :</p> <p style="text-align: center;">Par système pignon et crémaillère</p>	
<p style="text-align: center;">Solution 2 :</p> <p style="text-align: center;">Par .....</p>	Empty space for drawing Solution 2

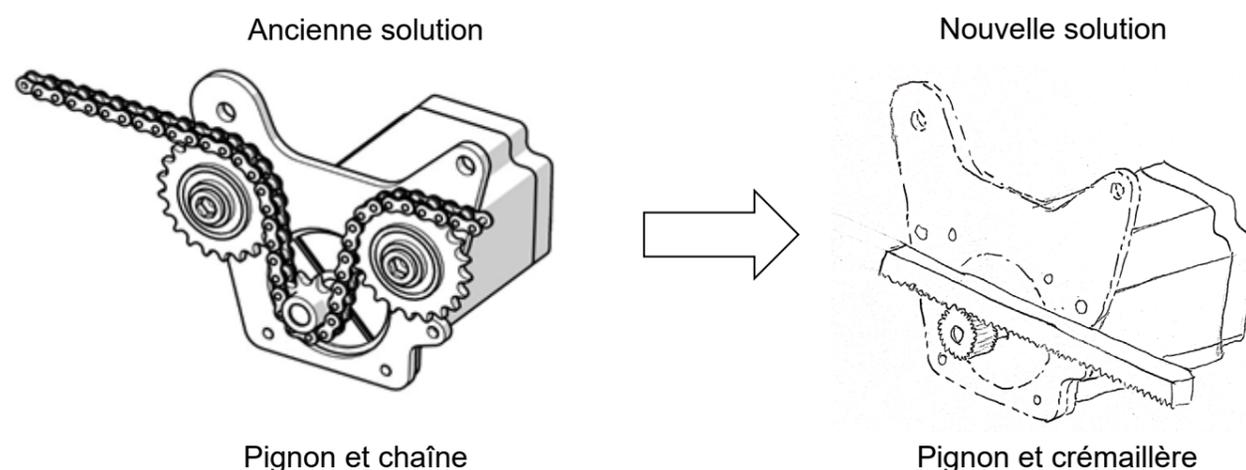
NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

**B – DÉFINITION D'UNE NOUVELLE SOLUTION :**

Afin de palier au problème d'usure des maillons de la chaîne de transmission et d'améliorer la résolution de la machine, le bureau d'étude décide de changer le mode de transmission de la machine.

La solution retenue par le bureau d'études est la solution 1 et les calculs suivants seront effectués pour le système pignon et crémaillère (le moteur pas à pas est conservé).



Les échanges entre les utilisateurs et le bureau d'études nous amènent à améliorer les performances de la machine en modifiant la caractéristique suivante :

- Nouvelle résolution :  **$R \leq 0.4 \text{ mm/pas moteur}$**

**Question 12 : Identifier** à l'aide des documents ressources le module du pignon et de la crémaillère sachant que la précision est dépendante du pas. (Plus le pas est petit plus la précision sera importante).

Module du pignon :

Module de la crémaillère :

**Question 13 : Calculer** le nombre de dents du pignon pour la résolution souhaitée.

**Formules :**

Pas de la crémaillère = module x  $\pi$

$$R = \frac{(\text{pas de la crémaillère} \times \text{nombre de dents du pignon})}{\text{nombre de pas moteur}}$$

Détail des calculs :

Nombre de dents théorique=

**Question 14 : Vérifier** la condition de la nouvelle résolution ( **$R \leq 0.4 \text{ mm/pas moteur}$** ) pour les valeurs du nombre de dents du document ressources page 10/21, qui encadrent votre résultat précédent et **choisir** le nombre de dents du pignon.

Détail des 2 calculs de R :

Justifier le nombre de dents :

**Question 15 : Choisir** le pignon à l'aide du document ressources page 10/21 et des résultats obtenus à la question précédente.

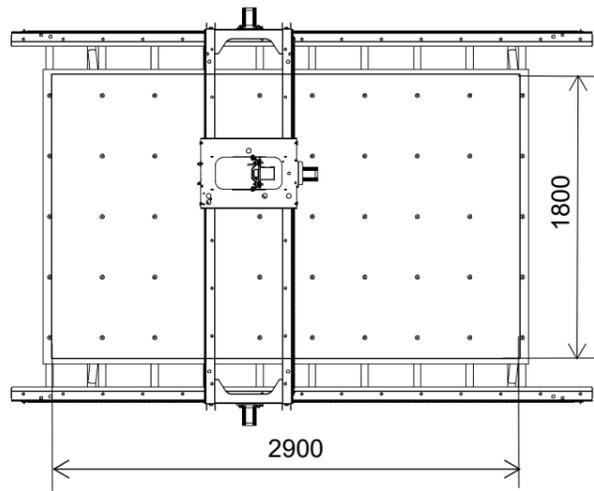
Référence du pignon :

**NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE**

Justification :

**Question 16 : Identifier**, à l'aide des caractéristiques de la machine, la longueur minimale nécessaire de crémaillère. Les éléments de crémaillère seront soudés les uns aux autres.

Dimensions utiles de la machine



Longueur minimale nécessaire de crémaillère en mm :

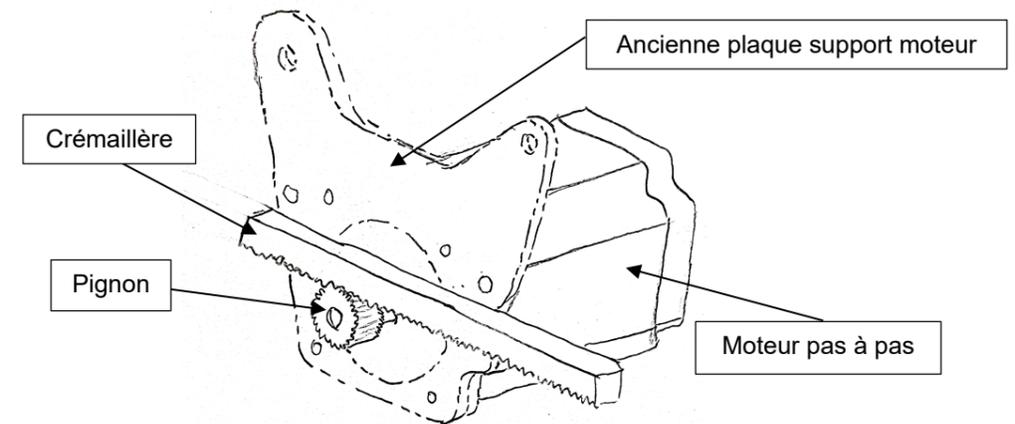
**Question 17 : Choisir et justifier** la crémaillère à l'aide des documents ressources et des résultats obtenus aux questions précédentes. Le service achat souhaite une référence de crémaillère unique.

Attention : les crémaillères assemblées doivent être contenues dans les dimensions d'encombrement de la machine. Pour des raisons économiques, on limitera au minimum le nombre de pièces identiques.

Référence :

### **C – MISE EN PLACE DE LA NOUVELLE SOLUTION :**

Le bureau d'études a choisi de mettre en place la solution **pignon et crémaillère**.



On vous demande de mettre en place :

- La solution de réglage vertical de l'ensemble moteur (moteur + pignon + plaque) par rapport à la crémaillère afin de garantir l'entraînement avec le pignon.
- Le profil de la nouvelle plaque
- La solution d'assemblage entre la crémaillère et le châssis :
  - Mise en position : 2 appuis plans
  - Maintien en position : vis

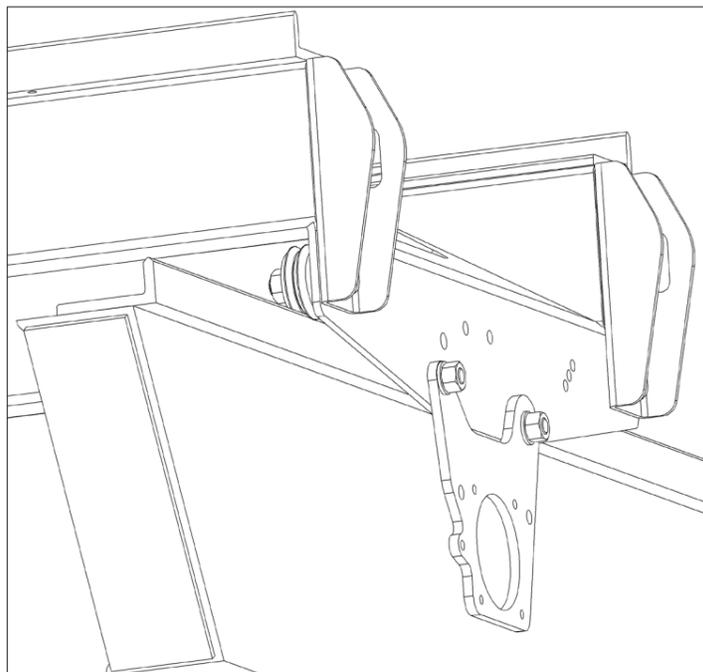
**NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE**

**NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE**

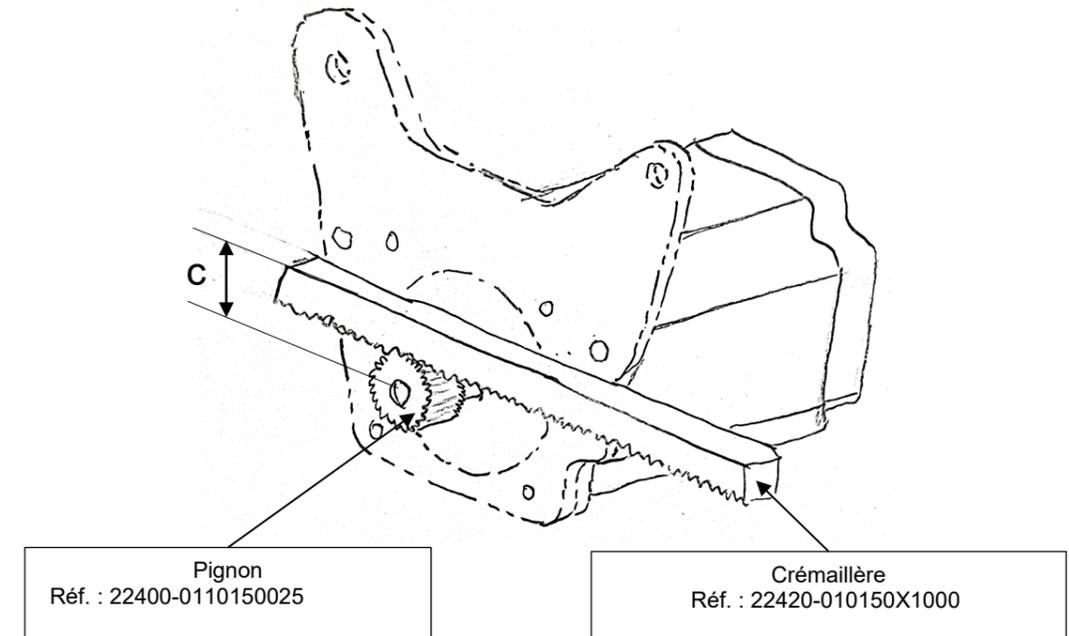
**Question 18 : Préciser** dans le tableau suivant, les éléments de la machine qui seront conservés, ajoutés, remplacés ou supprimés pour mettre en place la nouvelle solution entre le portique et le châssis (cocher les cases et préciser le nombre).

Éléments	À conserver	À ajouter ou à modifier	À supprimer
Chaîne			
Poulie de renvoi			
Pignon moteur à chaîne			
Plaque support moteur		X	
Moteurs pas à pas			
Rail de guidage			
Galet			
Crémaillère			
Pignon moteur à engrènement			

**Question 19 : Colorier** sur le dessin ci-dessous les surfaces d'appuis sur lesquelles seront installées les crémaillères (utiliser des couleurs différentes).



**Question 20 : Calculer** à l'aide des documents techniques et des documents ressources la cote « C » entre l'arbre moteur et la surface d'appui verticale de la crémaillère.



Détails du calcul :

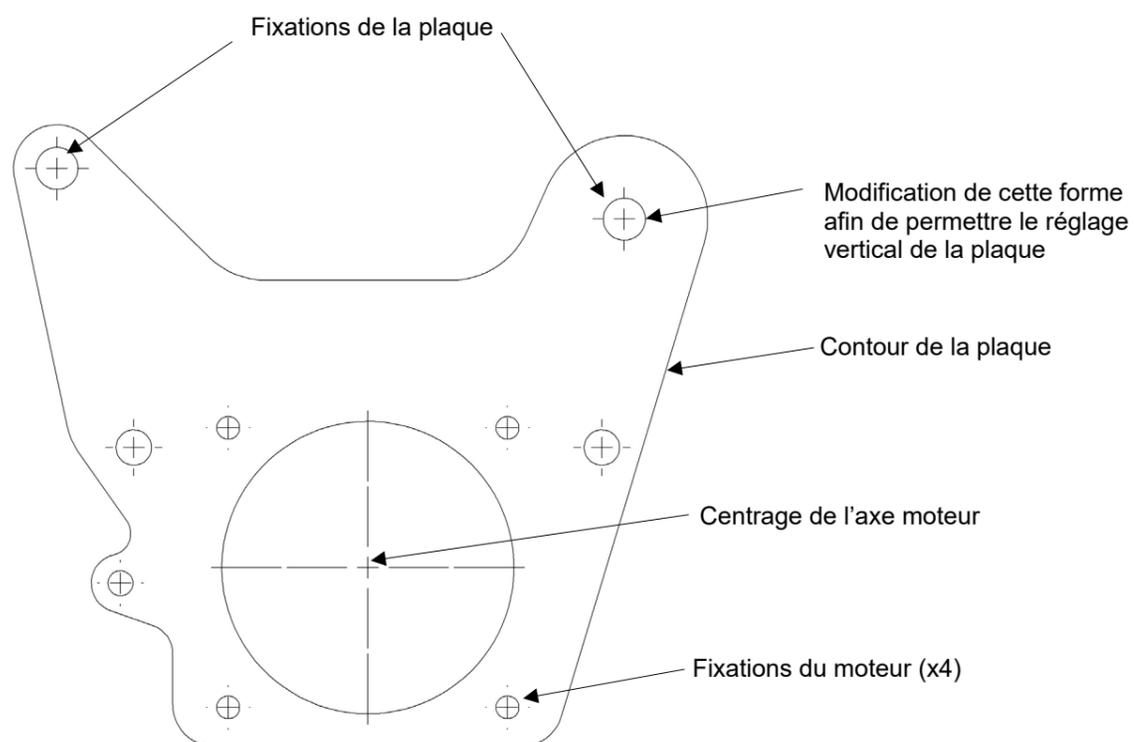
C =                      mm

**NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE**

**NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE**

**Question 21 : Compléter** sur le document page 20/21 :

- Le centrage du moteur
- Les fixations du moteur
- La fixation de la plaque sur le flanc du portique repère 6
- Le réglage vertical de la plaque afin de garantir l'entraînement entre la crémaillère et le pignon
- Le contour de la plaque



Profil de l'ancienne plaque

**Question 22 : Compléter** le dessin d'ensemble en coupe A-A sur le document page 21/21 en installant les fixations démontables entre la crémaillère et le châssis (2 fixations par mètre linéaire).

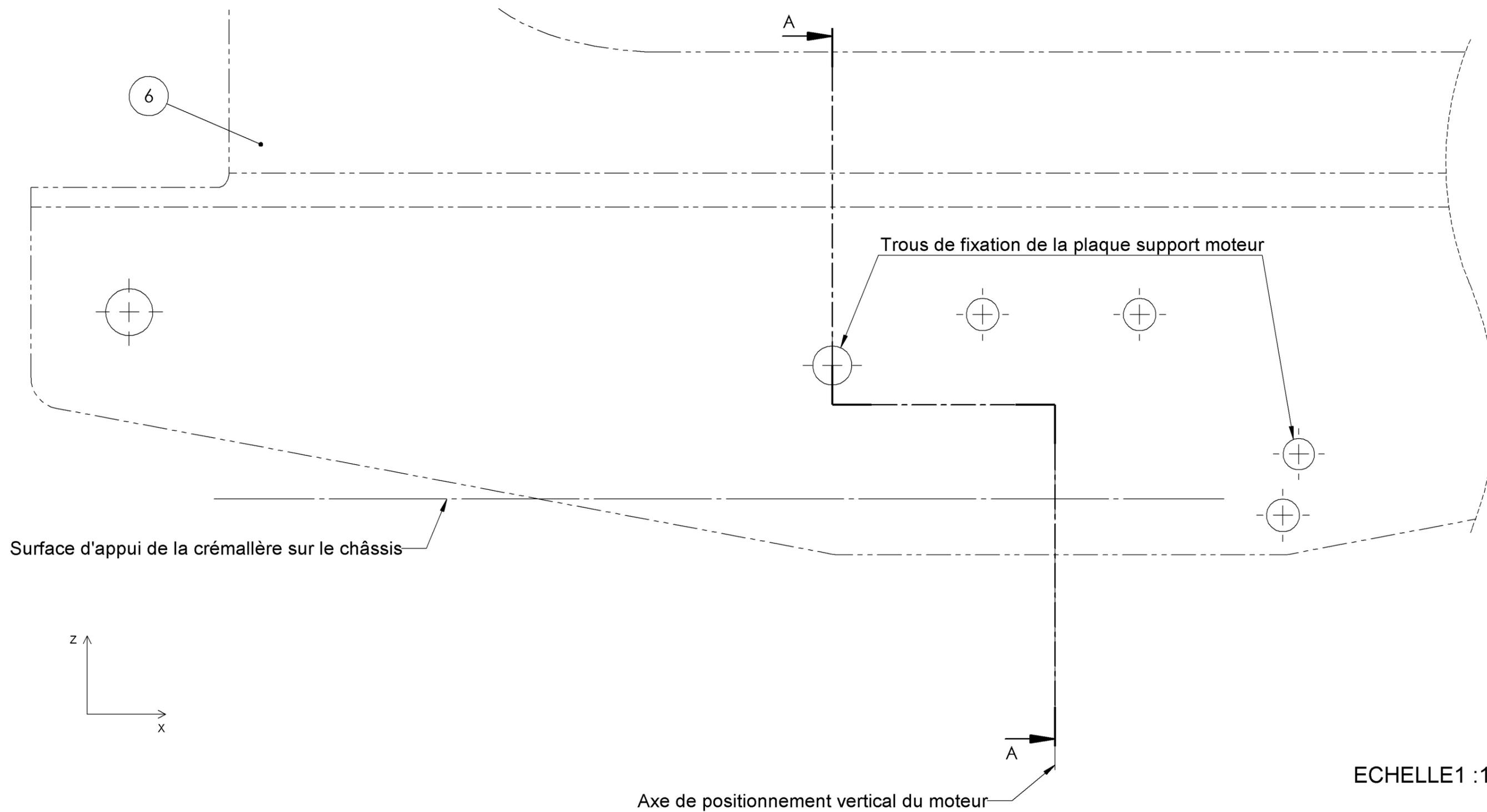
Rappel : Les éléments de crémaillère sont soudés les uns aux autres.

**Question 23 : Compléter** la nouvelle nomenclature partielle correspondante à l'installation de la crémaillère uniquement sur l'axe X entre châssis et le portique.

11	2	Plaque support moteur	
9	2	Moteur pas à pas	200 pas/tour
8	8	Vis CHC M6 16	
7	4	Écrou M10	
6	2	Flanc de portique	
4	8	Rondelle plate – Type S – 10	
3	4	Vis H M10 25	
2	2	Rail de guidage	
1	2	Traverse	
Rep.	Nbre	Désignation	Observation

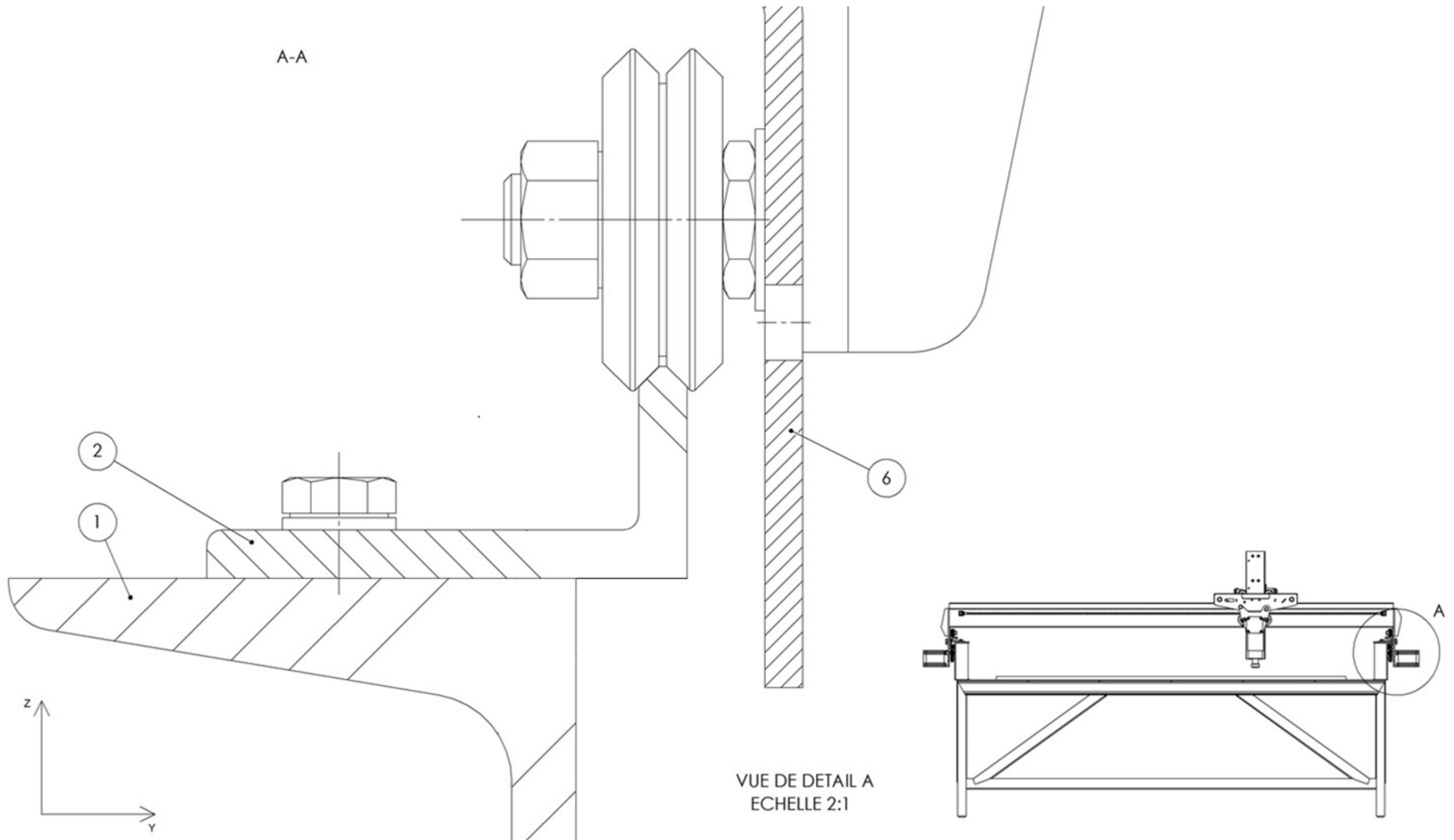
NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE



NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE



VUE DE DETAIL A  
ECHELLE 2:1