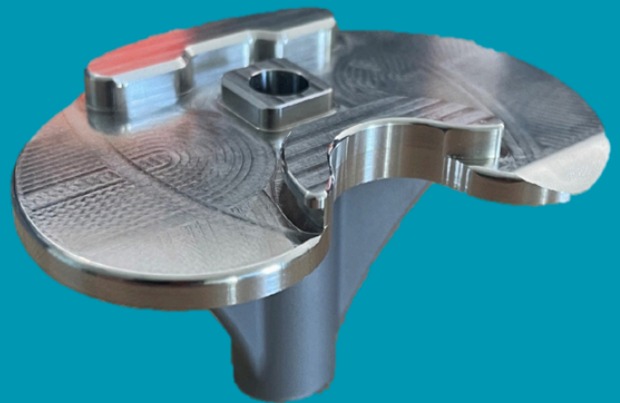
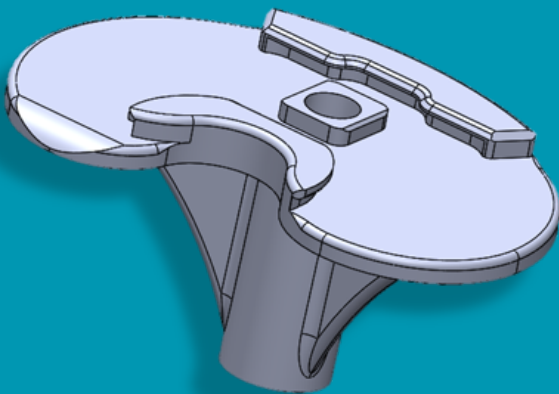


**BTS CPRP 2024-2025**

# Amélioration du processus de fabrication des Embases TRAX

**NOÉ CHAPAND**

**RAPPORT U5**



# SOMMAIRE

---

<b>I. Remerciements</b>	<b>3</b>
<b>II. Présentation de l'entreprise</b>	<b>4</b>
<b>III. Présentation du projet</b>	<b>5</b>
<b>IV. Validation du projet</b>	<b>7</b>
<b>V. Tableau des tâches</b>	<b>8</b>
<b>VI. Planification</b>	<b>9</b>
<b>VII. Etude de l'ancien process</b>	<b>10</b>
<b>VIII. Analyse du plan</b>	<b>12</b>
<b>IX. Etude de la matière</b>	<b>15</b>
<b>X. Création du nouveau process</b>	<b>.....</b>
1/ Étude du brut	16
2/ Création du 3D de la pièce	16
3/ Nomenclature des phases	17
4/ Création du montage	19
5/ Outils	24
6/ Phase de test	25
7/ Mise en position	28
8/ Programmation	29
9/ Réalisation de la pièce	31
10/ Contrôle de la pièce	34
<b>XI. Création des documents d'atelier</b>	<b>37</b>
<b>XII. Etude de coût</b>	<b>40</b>
<b>XIII. Comparaison</b>	<b>42</b>
<b>XIX. Conclusion</b>	<b>43</b>

# I. Remerciements

---

- Je remercie Théophile BETRANCOURT pour m'avoir accompagné durant cette première année et pour m'avoir permis d'élargir mes connaissances dans le domaine du bureau des méthodes.
- Je remercie l'équipe des méthodes au complet composée de Kevin KIRAKOSSIAN et Jordan BONNARDEL d'être présents pour répondre à mes questions et de m'avoir guidé durant certaines hésitations de ma part.
- Je remercie Floriane ANDREAS pour tout le côté administratif durant cette première année.
- Je remercie l'équipe de production au complet pour l'aide qu'ils m'apportent au quotidien et pour m'avoir intégré au sein d'Amplitude.



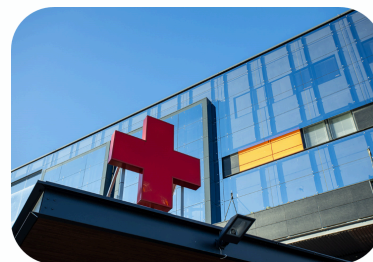
## II. Présentation de l'entreprise

AMPLITUDE Surgical est une entreprise spécialisée dans le domaine médical, plus précisément dans les implants chirurgicaux des membres inférieurs. Fondée en 1997, elle compte à ce jour près de 480 employés. Le siège social d'Amplitude est situé en France, à Valence. Elle a aussi étendu sa présence à l'international avec des filiales et des bureaux dans plusieurs pays à travers le monde.

Amplitude possède son propre atelier afin de fabriquer les implants de manière autonome. Au sein de l'atelier on retrouve un pôle fraisage, tournage et polissage.



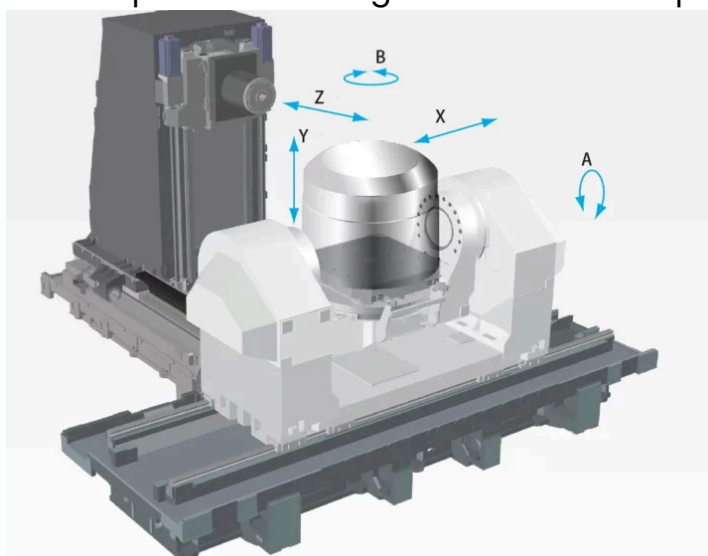
Grâce à ses nombreux clients que sont les hôpitaux et cliniques, Amplitude réalise un chiffre d'affaire dépassant les 100 millions d'euros.



Au niveau du pôle fraisage on y trouve différentes machines plus ou moins récentes.

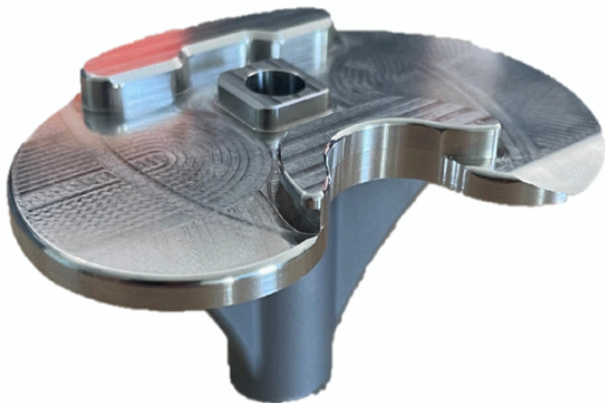
On s'intéresse ici à un centre de fraisage 5 axes.

Le fraisage 5 axes est une technologie avancée d'usinage qui permet de déplacer simultanément une pièce ou un outil selon cinq axes différents : trois axes linéaires (X, Y, Z) et deux axes de rotation (A et B). Cette technique offre une grande liberté de mouvement, rendant possible l'usinage de formes complexes en une seule opération.

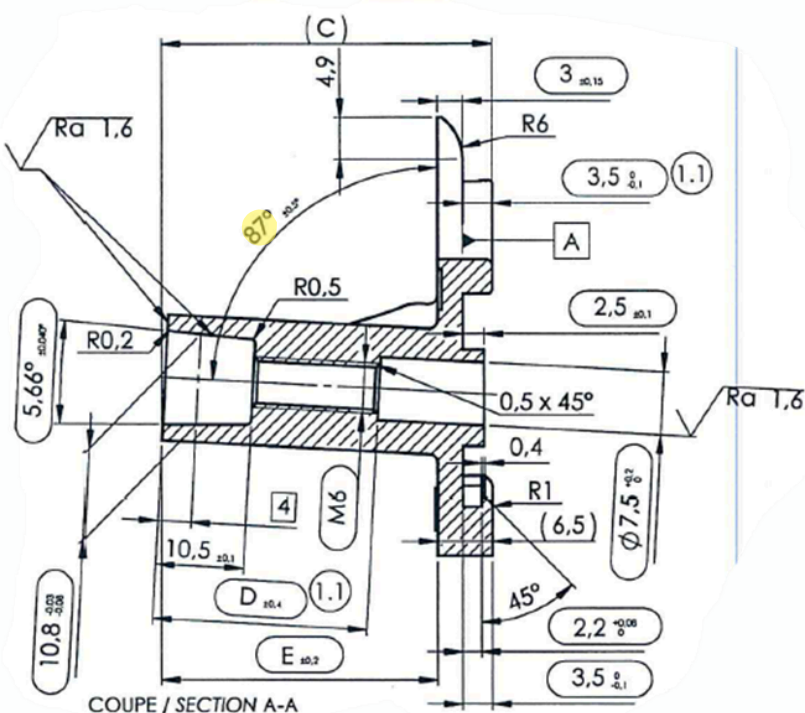


### III. Présentation du projet

Ce projet consiste à résoudre les différents problèmes rencontrés lors de la fabrication des Embases TRAX: Mise en position du produit dans le montage; usiner un lot sans re réglage des origines pièce; Produire le nombre pièce par mois conformément au plan de charge usine (300 pièces/an). Actuellement, la mise en position de la pièce, dans le montage, impose un re réglage des origines pour chaque pièce. Ce qui fait une perte considérable de temps pour l'opérateur. La pièce est fabriquée en 3 phases d'usinage: 2 phases de fraisage; 1 phase de tournage. Le temps d'attente des bacs entre chaque étape est très long et fait ralentir considérablement la production de pièces. L'objectif de ce projet est d'améliorer le processus d'usinage en réduisant le nombre d'étapes d'usinage, à travers différentes actions: Modification du process de fabrication actuel; définition d'un nouveau montage d'usinage; vérification de la répétabilité du montage d'usinage sur des produits issus de fonderie; une étude de rentabilité sera réalisée à la fin du processus.



L'embase TRAX est un élément appartenant à une gamme de prothèse de genou. (nouveau sur le marché médical) qui possède des spécifications géométriques particulières: notamment un angle de  $87^\circ$  de la quille par rapport au plateau ( voir plan). Ce produit se décline en plusieurs tailles et cotés ( 9 tailles droites et 9 tailles gauches)

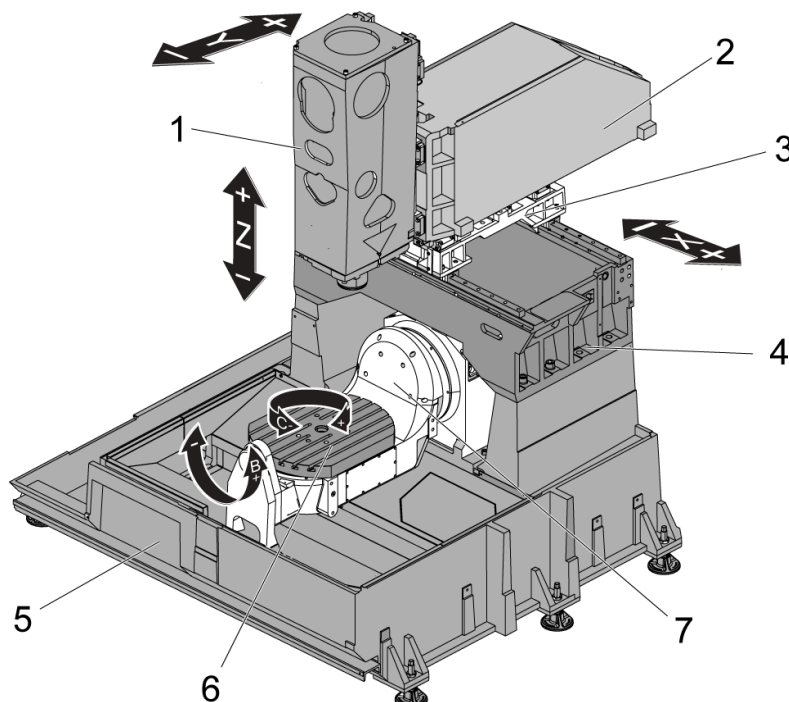


### III. Présentation du projet

La réalisation de ce projet se fera sur la machine UMC-750, un centre de fraiseuse 5 axes qui répond aux différents besoins pour l'usinage de la pièce.



Diamètre du plateau/plaque : 500 mm  
5 axes  
Voyage en axe B : 120° / 35°  
Voyage en axe C : 360°



## IV. Validation du projet

### Fiche de Validation du projet



#### Epreuve U5

« *Projet industriel de conception et d'initialisation de processus* »

**Nom de l'entreprise :** (optionnel pour les candidats scolaires)  
AMPLITUDE

**Nom du support :**  
Amélioration du processus de fabrication des Embases TRAX

**Nom du candidat :**  
CHAPAND Noé

**Option d'inscription :**  
Option B

**Avis de la commission de validation du support :**

Accepté

Refusé

**Motif du refus :**

**Date :** 05/11/2024

**Nom et signature du président  
de la commission, l'IA-IPR**

P. Ech  
ff.



## VI. Planification

La réalisation d'un diagramme de Gantt prévisionnel nous permet de planifier les différentes étapes de l'industrialisation de la pièce ainsi que de garder un repère temporaire sur l'avancement du projet.

Un total de 120 heures était demandé pour ce projet, j'ai donc répartie ces heures en fonctions de la difficulté et de la longueur des tâches.

	Tâches	durée en Heure	antécédent
A	Elaborer un cahier des charges	5	/
B	Analyser le process actuel	4	A
C	Analyser le plan de la pièce et concevoir le 3D de le pièce	10	B
D	Réaliser la nomenclature de phase du nouveau process	8	C
E	Créer la gamme d'usinage	14	D
F	Réaliser le programme FAO de la pièce	18	E
G	Concevoir et réaliser les plans d'un montage	11	F
H	Réaliser les documents technique du montage	4	G
I	Réaliser les éléments du montage	12	H
J	Réaliser la phase de test/ contrôle/ validation	26	I
K	Vérifier la rentabilité du projet	8	J
L	TOTAL	120	


	GANTT PREVISIONNEL										TOTAL (heure)
A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	5
B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	4
C	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	10
D	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
E	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	14
F	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	18
G	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	11
H	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	4
I	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	12
J	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	26
K	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
L											120 h

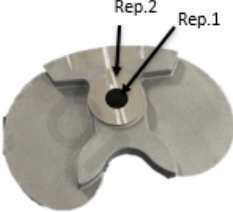
# VII. Etude de l'ancien process

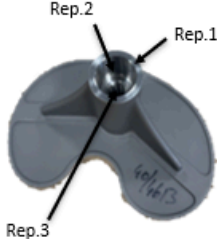
## NOMENCLATURE DES PHASES


Pièce : <b>Embase TRAX</b>	Matière : <b>CoCr28Mo</b>
Ensemble : <b>PTG TRAX</b>	Date : <b>16 octobre 2023</b>

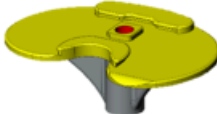
Phase	Désignation de la phase	Croquis de la phase
-------	-------------------------	---------------------

<b>10</b>	débit			
	Fonderie			
a	1	Fonderie	Rep. 1	

<b>20</b>	fraisage			
	centre d'usinage 3 axes			
a	1	pointage	Rep. 1	
	2	perçage/ébauche	Rep. 1	
	3	finition	Rep. 2	

<b>30</b>	tournage			
	tour CNC			
a	1	ébauche et finition face	Rep. 1	
	2	demi-finition intérieur	Rep. 2	
	3	finition intérieur	Rep. 2	
	4	ébauche interieur	Rep. 2	
	5	perçage	Rep. 3	
	6	taraudage	Rep. 3	

<b>40</b>	fraisage			
	centre d'usinage 3 axes			
a	1	ébauche	Rep. 1	
	2	finition	Rep. 1	

<b>50</b>	contrôle final			
a	1	MMT		
	1	Pied à coulisse		
	1	Tampon fileté		
	1	Tampon		
	1	colonne de mesure		

Indice : <b>A2</b>	Date : <b>16/10/2023</b>
Modifié par : <b>ADL</b>	

## VII. Etude de l'ancien process

---

Sur cette gamme d'usinage, on y retrouve trois opérations d'usinages :

- 2 de fraisage
- 1 de tournage

L'inconvénient de cette méthode de fabrication est principalement la perte de temps pour l'opérateur.

En effet, pour chacune de ces étapes l'opérateur doit réaliser un réglage sur la machine utilisée ce qui, en général, prend le plus de temps.

De plus, les montages utilisés demandent un réglage des origines pour chaque pièce sur la phase 40, ce qui prend énormément de temps aussi à l'opérateur.

La première opération de fraisage est une rectification de la planéité du plateau, cette rectification est utilisée par la suite sur l'opé de tournage qui va s'en servir comme appui pour la broche et ainsi avoir la concentricité attendu.

La dernière étape de fraisage est l'usinage de finition du plateau.

(voir nomenclature ci-dessus)

Cependant, c'est une méthode opérationnelle puisque les pièces sont actuellement réalisées ainsi.



## VIII. Analyse du plan

Ce plan est tolérancé selon la norme : ISO 2768-mK

Dimensions linéaires						Angles cassés			Dimensions angulaires			
Classe de précision	0,5 à 3 inclus	3 à 6	6 à 30	30 à 120	120 à 400	Rayons – chanfreins			Dimension du côté le plus court			
						0,5 à 3 inclus	3 à 6	> 6	Jusqu'à 10	10 à 50 inclus	50 à 120	120 à 400
f (fin)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'
m (moyen)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1° 30'	± 1°	± 30'	± 15'
c (large)	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 0,4	± 1	± 2	± 3°	± 2°	± 1°	± 30'
v (très large)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 0,4	± 1	± 2				

Tolérances géométriques												
Tolérances												
Classe de précision	Jusqu'à 10	10 à 30 inclus	30 à 100	100 à 300	300 à 1000	Jusqu'à 100	100 à 300	300 à 1000	Jusqu'à 100	100 à 300	300 à 1000	Toutes dimensions
H (fin)	0,02	0,06	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1
K (moyen)	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,2
L (large)	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	0,6	1	1,5	0,6	1	1,5	0,5

Même valeur que la tolérance dimensionnelle ou de rectitude ou de planéité si elles sont supérieures.	Même valeur que la tolérance diamétrale mais à condition de rester inférieure à la tolérance de battement.	Les écarts de coaxialité sont limités par les tolérances de battement.

Exemple de côtes tolérances :


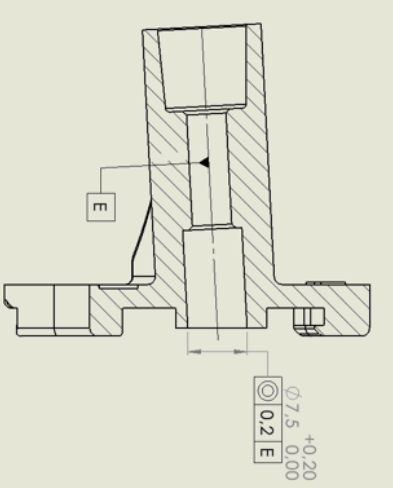





La côte  $\varnothing 7,5$  étant déjà tolérancé la norme ne s'applique pas.

Pour la côte de 10 aucune tolérance n'y est attribuer, elle suit donc la norme ISO 2768-mK.  
(voir tableau ci-dessus)

côte	tolérance	MAX	min	moy
$\varnothing 7,5$	$\begin{matrix} / +0,2 \\ 0 \end{matrix}$	$\varnothing 7,7$	$\varnothing 7,5$	$\varnothing 7,6$
10	$\pm 0,2$	10,2	9,8	10

# VIII. Analyse du plan

- Spécification géométrique

TOLERANCEMENT NORMALISE		Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
<p><b>Symbole de la spécification</b></p> 	<p><b>Type de spécification</b></p> <p>Forme Position Battement <i>Coaxialité</i></p>					
<p><b>Condition de conformaté :</b></p> <p>L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance</p>						
<p><b>Schéma</b></p> <p>extrait du dessin de définition</p> 						
	<p><b>Élément(s) tolérancé(s)</b></p> <p><i>unique</i> groupe</p>	<p><b>Élément(s) de référence</b></p> <p><i>unique</i> multiples</p>	<p><b>Référencel(s) spécifiée(s)</b></p> <p><i>simple</i> commune système</p>	<p><b>Éléments idéaux</b></p> <p><i>simple</i> composée</p>	<p><b>Zone de tolérance</b></p> <p>Contraintes orientation et position par rapport à la référence spécifiée</p>	
	<p>Ligne nominalement rectiligne, axe réel d'un surface nominalement cylindrique.</p> 	<p>Surface nominalement cylindrique SA</p> 	<p>Droite E axe du cylindre associée à la surface SA</p> 	<p>Volume limité par un cylindre de diamètre <math>\varnothing 0,2</math></p> 	<p>L'axe de la zone de tolérance est contraint confondu avec la droite E</p> 	

## IX. Etude de la matière

Pour ce projet, la pièce usinée est issue de fonderie. La matière utilisée pour ces fonderies est du Chrome Cobalt : CoCr28Mo ( ISO 5832-4 )



Voici la composition chimique du CoCr28Mo :

- Cobalt (Co) : Base
- Chrome (Cr) : ~28 % → Excellente résistance à la corrosion
- Molybdène (Mo) : ~6 % → Améliore la résistance mécanique et la dureté
- Carbone (C) :  $\leq 0,25$  %
- Nickel (Ni) : Généralement absent ou en très faible quantité (évite les allergies)

Le CoCr28Mo est un alliage de cobalt, chrome et molybdène, principalement utilisé pour les implants médicaux et les applications industrielles exigeantes. Il est conforme à la norme ISO 5832-4 pour les implants chirurgicaux et à ASTM F75 pour les applications biomédicales.

Propriétés principales :

- Excellente biocompatibilité (utilisé pour implants orthopédiques et dentaires)
- Haute résistance à la corrosion (même en milieu biologique ou acide)
- Dureté et résistance à l'usure élevées (~40-50 HRC après traitement thermique)
- Bonne résistance à la fatigue
- Masse volumique 8,3 - 8,5 g/cm<sup>3</sup>
- Résistance à la traction (Rm) 800 - 1300 MPa
- Limite d'élasticité (Rp0,2) 450 - 1000 MPa

⚠ Difficultés :

- Usinabilité très difficile → Effet d'écrouissage rapide, usure importante des outils
- Faible conductivité thermique → Risque d'accumulation de chaleur en usinage

# X. Création du nouveau process

---

## 1/ Etude du brut

La pièce de ce projet est issue de fonderie, chaque fonderie est indépendante et pèse environ 0.458 kg.

Cependant, la fonderie est différente pour chaque taille (0 à 8) et coté (9 tailles droite et 9 tailles gauche).

Pour le bon déroulement de ce projet, nous avons choisi de réaliser les phases de test avec une embase taille 4, taille 0 et taille 8.

Le choix de ces tailles n'est pas fait au hasard, en effet, en prenant les tailles extrêmes ainsi que la taille moyenne on est déduit que si l'usinage passe avec ces 3 tailles alors, il passera avec les autres tailles.

## 2/ Création du 3D de la pièce

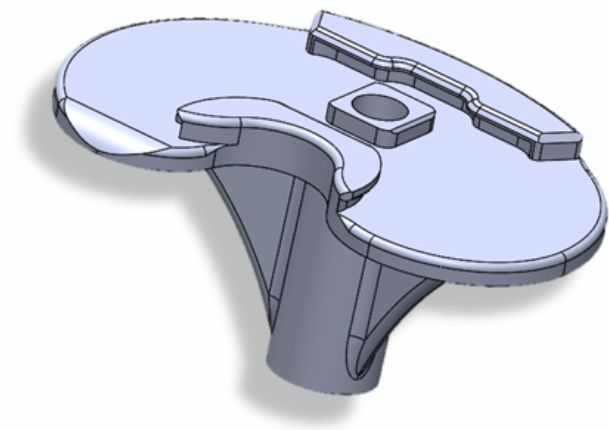
La modélisation de la pièce en 3D est indispensable, cela nous permet de visualiser la pièce final afin de détecter d'éventuels erreurs de conception.

Mais aussi, elle permet de simuler le processus d'usinage dans un logiciel de CAO/FAO pour anticiper et résoudre les problèmes potentiels, comme les collisions d'outils ou les erreurs de tolérance.

Les pièces étant déjà existantes et fabriquées à mon arrivé, les 3D étaient donc présents dans le dossier.


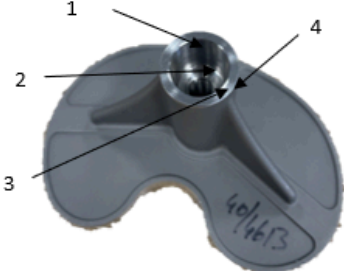
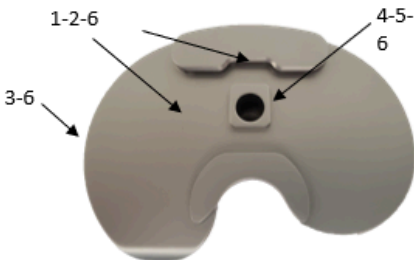
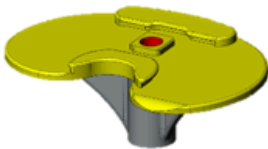
Il s'agit d'une embase taille 8 droite.

Le logiciel utilisé est SolidWorks.



# X. Création du nouveau process

## 3/ Nomenclature du nouveau process

NOMENCLATURE DES PHASES								
Pièce :		<i>Embase TRAX</i>		Matière :		<i>CoCr28Mo</i>		
Ensemble :		<i>PTG TRAX</i>		Date :		12 février 2025		
Phase	Désignation de la phase			Croquis de la phase				
10	débit							
	Fonderie							
	1	Fonderie	Rep. 1					
	a							
20	fraisage							
	centre d'usinage 5 axes							
	1	Surfaçage	Rep. 1					
	2	Perçage	Rep. 2					
	3	Balayage	Rep. 3					
	4	Surfaçage	Rep. 4					
a	5	Usinage par le flanc	Rep. 5					
20	fraisage							
	centre d'usinage 5 axes							
	1	dressage	Rep. 1					
	2	chariotage	Rep. 2					
	3	contournage	Rep. 3					
	4	alésage	Rep. 4					
	5	perçage	Rep. 5					
	6	fnition	Rep. 6					
	b	3						
		4						
	5							
30	contrôle final							
	1	MMT						
	1	Pied à coulisse						
	1	Tampon fileté						
	a							
Indice :		<i>B1</i>		Date de modif : <i>12/02/2025</i>				
Modifié par :		<i>NCHAPAND</i>						

# X. Création du nouveau process

---

Cette nouvelle nomenclature nous permet d'usiner l'entièreté de l'embase sans bouger la pièce, grâce à un montage approprié ainsi qu'une machine permettant une rotation du plateau.

Un gain de temps énorme est alors apporté, passant de 3 phases d'usinage à 1. Cette méthode permet également de ne faire qu'un seul réglage des origines sur la première pièce du lot.

Durant cette étude, nous nous intéresserons principalement à la phase 20a (usinage de la quille) puisqu'il s'agit du plus gros changement comparé à l'ancien process.

- Ind. A (16/10/2023) : Création initiale basée sur le process existant (3 opérations).
- Ind. B (12/02/2025) : Révision suite à optimisation du process (passage à 1 phase de fraisage), mise en place d'un montage spécifique, adaptation des temps.

# X. Création du nouveau process

## 4/ Création du montage

### • Modélisation 3D

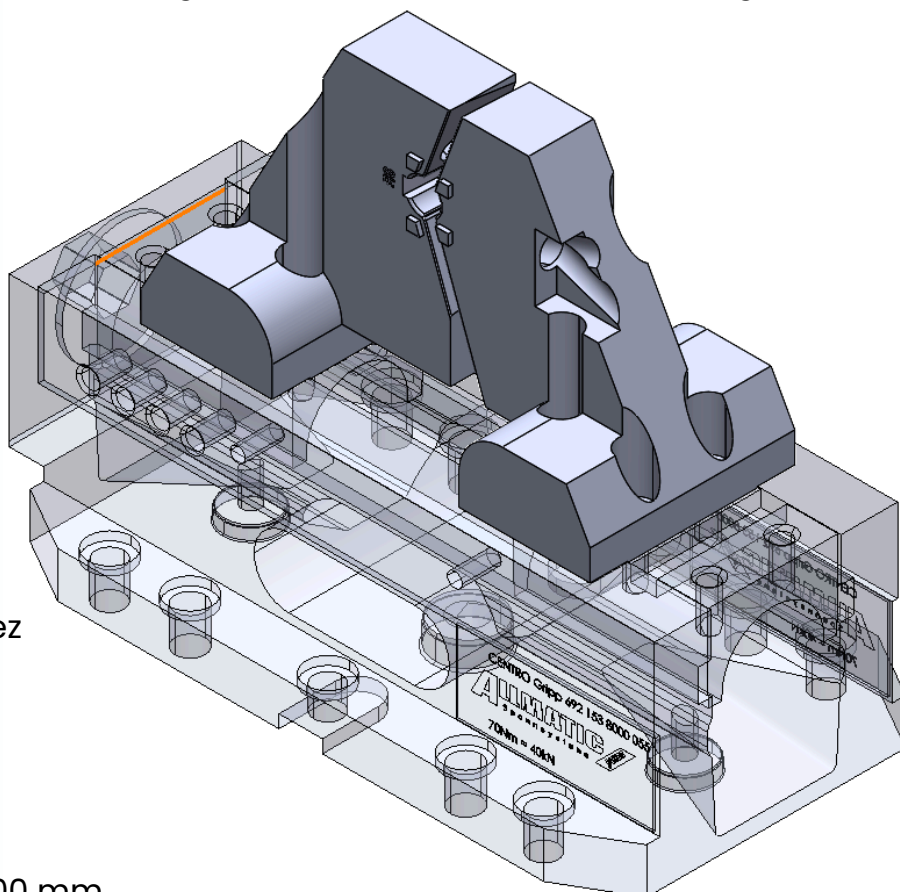
Pour ce nouveau process, j'ai décidé d'usiné l'intégralité de la pièce au fraisage.

La création d'un nouveau montage d'usinage était nécessaire pour éviter la reprise des origines à chaque pièce pour l'opérateur et réduire le nombre de phase d'usinage.

Un étau était à disposition pour la machine, j'ai donc modélisé un modèle 3D sur SolidWorks des nouveaux mors qui seront utilisé pour le maintien en position de la pièce.

Les mors ont été pensés et conçus par moi-même pour pouvoir accueillir toutes les tailles d'embases TRAX.

Ce qui permet à l'opérateur de changer de taille d'embase sans changer le montage.



L'étau est un Centro Gripp de chez ALLMATIC :

- Force de serrage max : 40 kN
- Couple : 70 Nm
- Centre de serrage réglable.
- Précision de répétabilité  $\pm 1/100$  mm.

## X. Création du nouveau process

La prise des mors est à l'horizontal pour permettre l'usinage des deux faces opposés sans bouger la pièce.

D'où l'utilisation d'un centre 5 axes, pour la rotation du plateau.

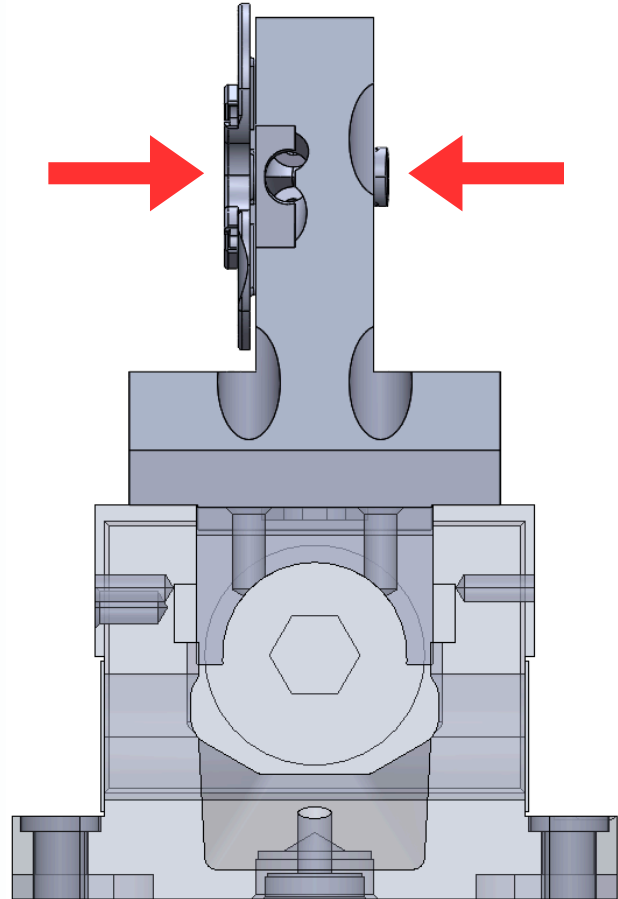
(voir schéma ci-contre)

La prise des mors suit aussi l'angle d'inclinaison de la quille afin d'épouser parfaitement la forme de l'embase.

Des **tampons** sont fixé dans les mors pour absorber les vibrations de l'usinage mais aussi pour avoir un maintien sur les ailettes.

Des cales sont placés sous le plateau permettant une surélévation de celui-ci et ainsi permettre l'usinage du bord du plateau sans toucher les mors.

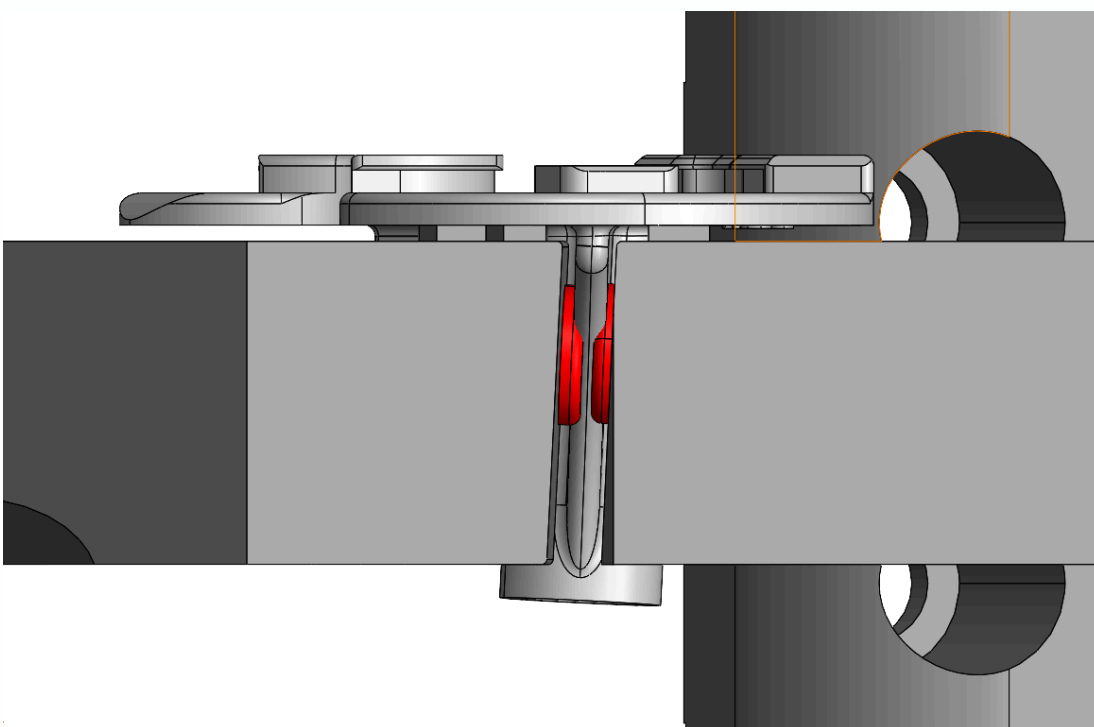
(voir schéma ci-dessous)



Ces mors ont été fabriqué en soustraitance, dans une entreprise (AddiDream) d'impression métallique. Ils ont été imprimé en DMLS (Direct Metal Laser Sintering) en acier INOX 17-4PH.

Ils ont également subit un traitement thermique ainsi qu'un polissage et ponçage.

Pour la création de ces mors aucune mise en plan n'était demandé, le fichier 3D SolidWorks suffisait.



# X. Création du nouveau process

Voici le devis des mors par AddiDream



4 rue Berthie Albrecht  
87280 Limoges  
France  
Votre contact : William ALLAINE  
Tel : 06 37 52 40 21  
Email : william.allaine@addidream.fr

Devis DEV-20241224-00483  
En date du : 24/12/2024

AMPLITUDE GROUP  
A l'attention de M Noé CHAPAND  
11 Cours JACQUES OFFENBACH  
26000 VALENCE  
France

Nom / Code	Description	Qte	PU HT	TVA	Total HT
Fabrication DMLS (1)	Mors A  (1) La fabrication comprend : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impression 3D DMLS : Direct Metal Laser Sintering en acier INOX17-4PH</li> <li>• Traitement thermique : Mise en solution à 1040 °C sous argon sous 30 minutes, trempe à l'air (25 °C) + Vieillessement à 480 °C sous argon sous 1h et trempe à l'air (25 °C)</li> <li>• Polissage, ponçage</li> </ul>	1,00	2 200,00 <i>unité</i>	20,00 % <i>(440,00)</i>	2 200,00
Fabrication DMLS (1)	Mors B  (1) La fabrication comprend : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impression 3D DMLS : Direct Metal Laser Sintering en acier INOX17-4PH</li> <li>• Traitement thermique : Mise en solution à 1040 °C sous argon sous 30 minutes, trempe à l'air (25 °C) + Vieillessement à 480 °C sous argon sous 1h et trempe à l'air (25 °C)</li> <li>• Polissage, ponçage</li> </ul>	1,00	2 400,00 <i>unité</i>	20,00 % <i>(480,00)</i>	2 400,00
Frais de port	FedEx	1,00	18,00	20,00 % <i>(3,60)</i>	18,00

<b>Montant total HT</b>	<b>4 600,00 €</b>
Total frais de port	18,00 €
<b>Total net HT</b>	<b>4 618,00 €</b>
TVA 20,00%	923,60 €
<b>Montant total TTC</b>	<b>5 541,60 €</b>

## X. Création du nouveau process

À la réception du montage, il fallait prouver sa fiabilité.

Pour cela, une étude R&R a été mise en place afin d'étudier la répétabilité et la reproductibilité du montage.

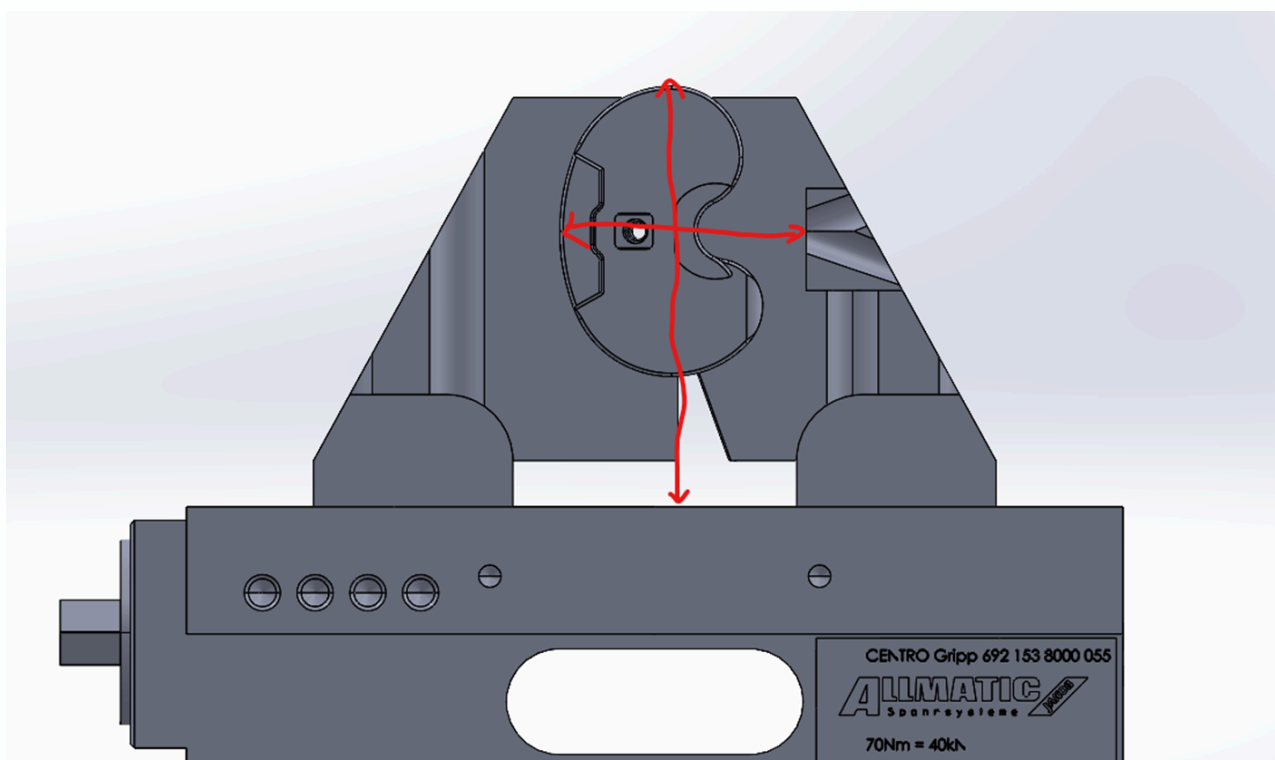
Une étude R&R (Répétabilité et Reproductibilité) sur un montage d'usinage sert à évaluer la précision et la fiabilité du système. Elle permet de quantifier les variations dues à l'opérateur (reproductibilité) et celles dues au montage lui-même (répétabilité).

Le processus consiste à sélectionner plusieurs pièces représentatives, à les mesurer plusieurs fois avec différents opérateurs et à analyser les écarts observés à l'aide de statistiques (comme l'ANOVA ou la méthode de l'écart type). Si l'étude montre une variabilité trop élevée, des améliorations sont nécessaires sur le montage pour garantir la qualité des pièces finales.


Sur l'image ci-dessous, les flèches rouges représentent les mesures étudiées.

Vous trouverez sur la page suivante l'étude en question ainsi que les résultats obtenus.

L'étude étant acceptable, on en conclut que le montage est fiable.



# X. Création du nouveau process



## ETUDE DE REPETABILITE ET REPRODUCTIBILITE

---

Référence du moyen de contrôle :
Désignation :

**RELEVES**  
 Intervalle de tolérance : 0,15

N° essai	A Contrôleur 1				B Contrôleur 2				C Contrôleur 3			
	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Etendue	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Etendue	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Etendue
1	72,255	72,255	72,244	0,011	72,255	72,255	72,255	0,000	72,244	72,255	72,255	0,011
2	72,188	72,188	72,188	0,000	72,188	72,188	72,199	0,011	72,188	72,199	72,188	0,011
3	72,211	72,200	72,211	0,011	72,211	72,200	72,211	0,011	72,211	72,200	72,200	0,011
4	72,088	72,088	72,088	0,000	72,077	72,088	72,088	0,011	72,077	72,077	72,088	0,011
5	72,100	72,100	72,100	0,000	72,100	72,100	72,100	0,000	72,100	72,100	72,100	0,000
6												
7												
8												
9												
10												
<b>Moyenne</b>	72,2				72,2				72,2			
	$\bar{X}_A$				$\bar{X}_B$				$\bar{X}_C$			
	$R_A$				$R_B$				$R_C$			
	0,00				0,01				0,01			
	0,00				0,00				0,00			
	0,00				0,01				0,01			

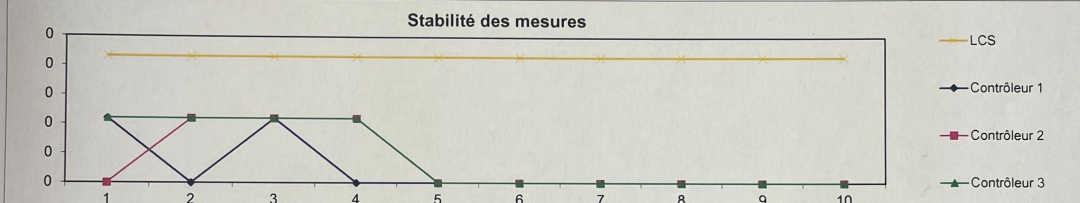
Moyenne/essai (Xp)  
 72,25255556  
 72,19044444  
 72,20611111  
 72,08433333  
 72,1

$X_{DIFF} = \text{Max}(X_A, X_B, X_C) - \text{Min}(X_A, X_B, X_C)$   
 $\bar{R}$

Limite supérieure de contrôle : LCS =  $\bar{R} \times D_4 = 0,0216$   
 Pour 2 séries de mesure D4 = 3,27

$R_{pv} = X_{pmax} - X_{pmin}$  : 0,168

### Stabilité des mesures



**Conclusion:** Relevé de cotes OK

---

### CALCUL R&R

#### Répétabilité EV

 $\sigma_{EV} = \bar{R} \times k_1$   
 Pour 3 séries de mesure  $k_1 = 0,5908$   
 $EV = 5,15 \times \sigma_{EV}$   
 $\sigma_{EV} = 0,004$   
 $EV = 0,020$   
 $\% EV = 100 [(EV)/(IT)]$   
 $\% EV = 13,39\%$

#### Reproductibilité AV

 $\sigma_{AV} = \sqrt{[\bar{X}_{DIFF} \times k_2]^2 - [\sigma_{EV}^2 / nr]}$   
 Pour 3 contrôleurs  $k_2 = 0,5231$   
 $AV = 5,15 \times \sigma_{AV}$   
 $\sigma_{AV} = 0,001$   
 $AV = 0,003$   
 $\% AV = 100 [(AV)/(IT)]$   
 $\% AV = 1,91\%$

**Conclusion:** Améliorer le moyen Mode opératoire adapté

---

#### Répétabilité & Reproductibilité

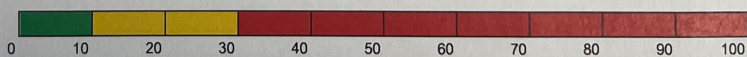
 $\sigma_{R\&R} = \sqrt{[\sigma_{EV}]^2 + [\sigma_{AV}]^2}$   
 $R\&R = 5,15 \times \sigma_{R\&R}$   
 $\sigma_{R\&R} = 0,004$   
 $R\&R = 0,020$   
 $\% R\&R = 100 [(R\&R)/(IT)]$   
 $\% R\&R = 13,52\%$

**Conclusion:** Nécessite amélioration

---

**CONCLUSION**

$\% R\&R = 13,52\%$   
 $Cmc = 7,394453851$



Le moyen de contrôle est acceptable

---




**Commentaires :**

**Date :**  
  
**Nom et visa du responsable :**

# X. Création du nouveau process

## 5/ Outils

Pour la réalisation de la quille au fraisage de nouveaux outils étaient à prévoir. Voici un tableau des outils utilisés ainsi que leurs rôles lors de l'usinage de la quille :

Fraise 2 tailles D5		Surfaçage + Balayage
Fraise conique D8, Angle de coupe 5,66°		Surfaçage + Usinage par le flanc
Foret hélicoïdal D5		Perçage

Pour pouvoir réaliser cette nouvelle méthode d'usinage un outil bien spécifique était obligatoire, il s'agit d'une fraise de forme (Fraise Conique) qui nous permettra d'effectuer l'angle du cône qui est de 5.66° au niveau de la phase 20a.

Le 3D SolidWorks ainsi que la mise en plan de la fraise ont été créés en interne puis, elle a été commandée chez Makatec qui fait réaliser les fraises chez Vallon outils coupant.

Concernant la finition plateau les outils n'ont pas changé par rapport à la méthode actuelle :

Fraise Ø12 Finition	H13/D13	T13
Fraise 2T avec allonge Ø12	H14/D14	T14
Fraise Ø4 ebauche	H15/D15	T15
Fraise Ø10	H16/D16	T16
Fraise Ø4 finition	H22/D22	T22
Fraise à rainurer en T avec allonge Ø6	H23/D23	T23
Fraise Ø4 finition	H23/D24	T24
Fraise à rainurer en T avec allonge Ø6	H25/D25	T25
Fraise hémisphérique avec allonge Ø3	H26/D26	T26
Fraise hémisphérique Ø6	H27/D27	T27
Fraise 2T Ø5	H28/D28	T28
Fraise à chanfreiner Ø6	H29/D29	T29

# X. Création du nouveau process

## 6/ Phase de test

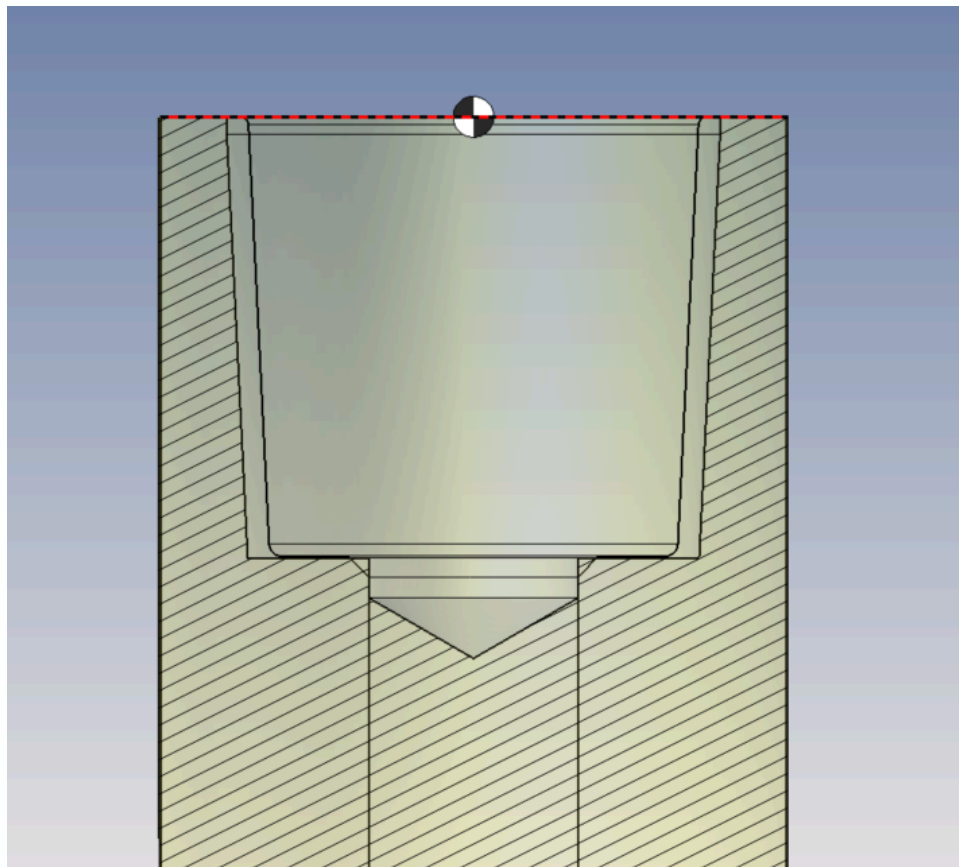
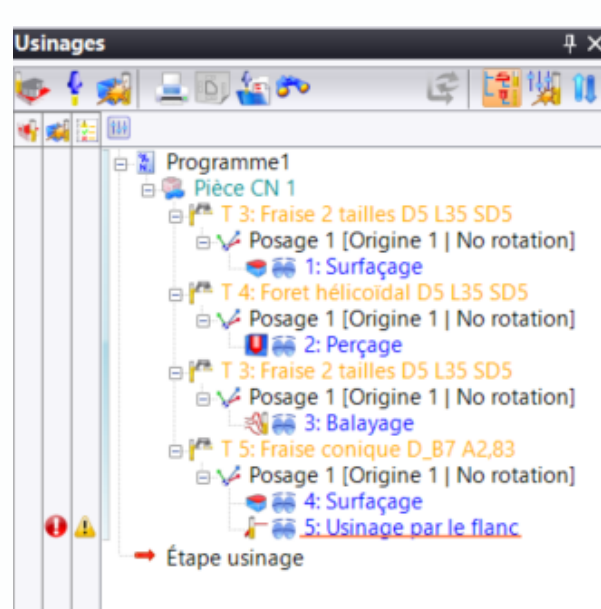
Avant de passer à l'usinage complet de la pièce, une phase de test est nécessaire afin de s'assurer de la conformité du cône au fraisage.

L'angle du cône voulu est difficile à atteindre au fraisage en raison de la précision de la fraise, de la tolérance à respecter ainsi que de la difficulté d'usinage de la matière.

Le but de ce test est de vérifier si les tolérances spécifiées sur le plan, au niveau du cône de la quille, peuvent être atteintes au fraisage. Pour cela, il fallait réaliser le programme d'usinage pour la quille de l'embase, la programmation a été faite sur TopSolid.

Ce programme nous permettra de réaliser l'usinage de la quille au fraisage.

Ce premier programme nous servira de base et sera complété par des changements mineurs pour, par la suite, devenir le programme définitif.



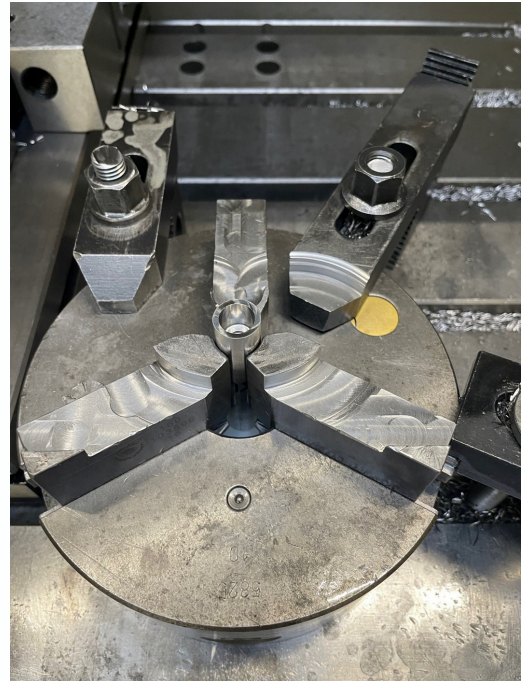
## X. Création du nouveau process

---

Pour la partie usinage, nous avons utilisé des morceaux de Chrome-Cobalt en diamètre 15 permettant de simuler la quille de l'embase.

L'usinage du Chrome-Cobalt (CoCr), notamment CoCr28Mo (ISO 5832-4), est très difficile en raison de sa dureté élevée, de son effet d'écrouissage intense et de son abrasivité.

Pour pallier ces problèmes, nous avons grandement baissé la vitesse d'avance des outils et ainsi permettre un usinage plus précis et une usure moins rapide des outils utilisés, mais avec un temps de cycle plus long par conséquent.



# X. Création du nouveau process

Après l'usinage, le cône a été contrôlé à la machine de mesure tridimensionnelle (MMT), ce contrôle nous a permis de faire les ajustements nécessaires pour les autres tests.

Suite à ces ajustements, une soixantaine de tests ont été réalisés sur l'usinage de la quille afin de s'assurer de la conformité sur le long terme.

Vous trouverez ci-dessous les résultats des premiers tests réalisés.

On peut voir que sur la pièce numéro 3 l'angle du cône est presque à la limite de la tolérance, un correcteur a donc été rajouté pour garder l'angle dans la tolérance.

OK / HT	Elément	Axe	Nominal	Tol.	Réel	Ecart	Etat
----- Profondeur du cône -----							
ok	Profondeur 10.5 Position Z		10.500	0.100 -0.100	10.536	0.036	----***
----- Ø plan de jauge -----							
ok	PDJ 10.8 Diamètre		10.800	-0.030 -0.080	10.743	-0.057	----*----
----- Angle du cône -----							
ok	Cône 5.66° Ang.Cône		5.660	0.040 -0.040	5.661	0.001	----*----

Page 1 / 1 GEOPAK Mode Répétition in MCOSMOS-1 v5.2

OK / HT	Elément	Axe	Nominal	Tol.	Réel	Ecart	Etat
----- Profondeur du cône -----							
ok	Profondeur 10.5 Position Z		10.500	0.100 -0.100	10.537	0.037	----***
----- Ø plan de jauge -----							
ok	PDJ 10.8 Diamètre		10.800	-0.030 -0.080	10.743	-0.057	----*----
----- Angle du cône -----							
ok	Cône 5.66° Ang.Cône		5.660	0.040 -0.040	5.698	0.038	-----*****

Page 1 / 1 GEOPAK Mode Répétition in MCOSMOS-1 v5.2



# X. Création du nouveau process

## 7/ Mise en position

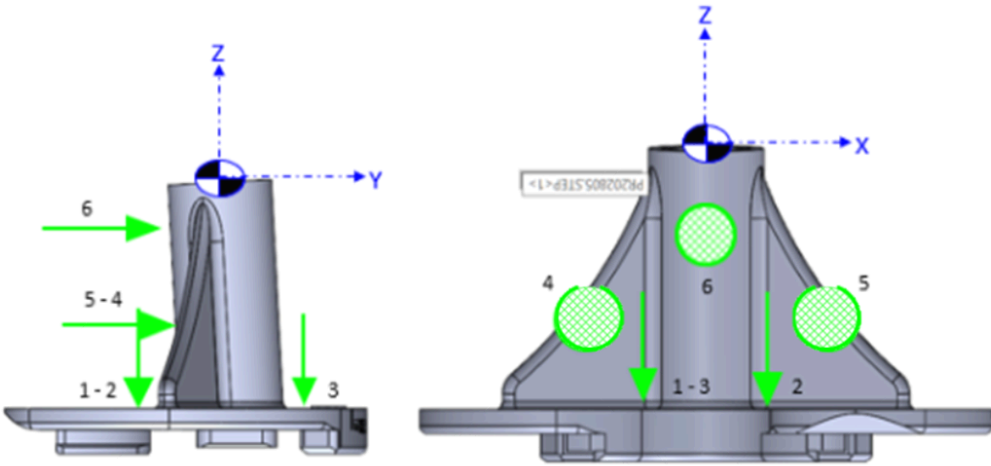
La mise en position de la pièce dans le montage est identique pour toutes les tailles.

En prenant comme appui la quille, les ailettes et le dessous du plateau, chaque embase est centrée dans le montage.

Ce qui permet de ne pas avoir un réglage des origines à chaque pièce mais seulement si l'opérateur change de taille.

Contrat de phase		UIMM CFAI-AFPI ATELIER Production / Usinage			
Pièce :	<i>Embase TRAX</i>	Phase :	<i>10</i>	S/Phase :	<i>a</i>
Ensemble :	<i>PTG</i>	Machine outil :	<i>HAAS UMC750</i>		
Matière :	<i>CoCr28Mo</i>	N°Prog. :	<i>01001</i>		
Brut :	<i>Fonderie</i>	Indice :	<i>B1</i>	Date :	<i>22/10/2024</i>
Mise en position :	<i>Etau + MTRAXF-TT-1</i>		Modifié par : <i>NCHAPAND</i>		



Opérations	Rep	Outils	Vc	f mm/tr	n	Vf					
							Désignation	Ø	Z	T	H
<b>Cône Quille</b>											
1 Surfaçage	1	fraise 2T carbure	5	1	03	03	03	35	0,015	2228	99
2 Perçage	2	foret carbure	5	2	04	04	04	15	0,018	955	35
3 Balayage	3	fraise 2T carbure	5	3	03	03	03	70	0,015	4500	200
4 Surfaçage	4	Fraise Conique 5,66°	8	4	05	05	05	55	0	2500	200
5 Usinage par le flanc	5	Fraise Conique 5,66°	8	5	05	05	05	80	0,004	3600	45

# X. Création du nouveau process

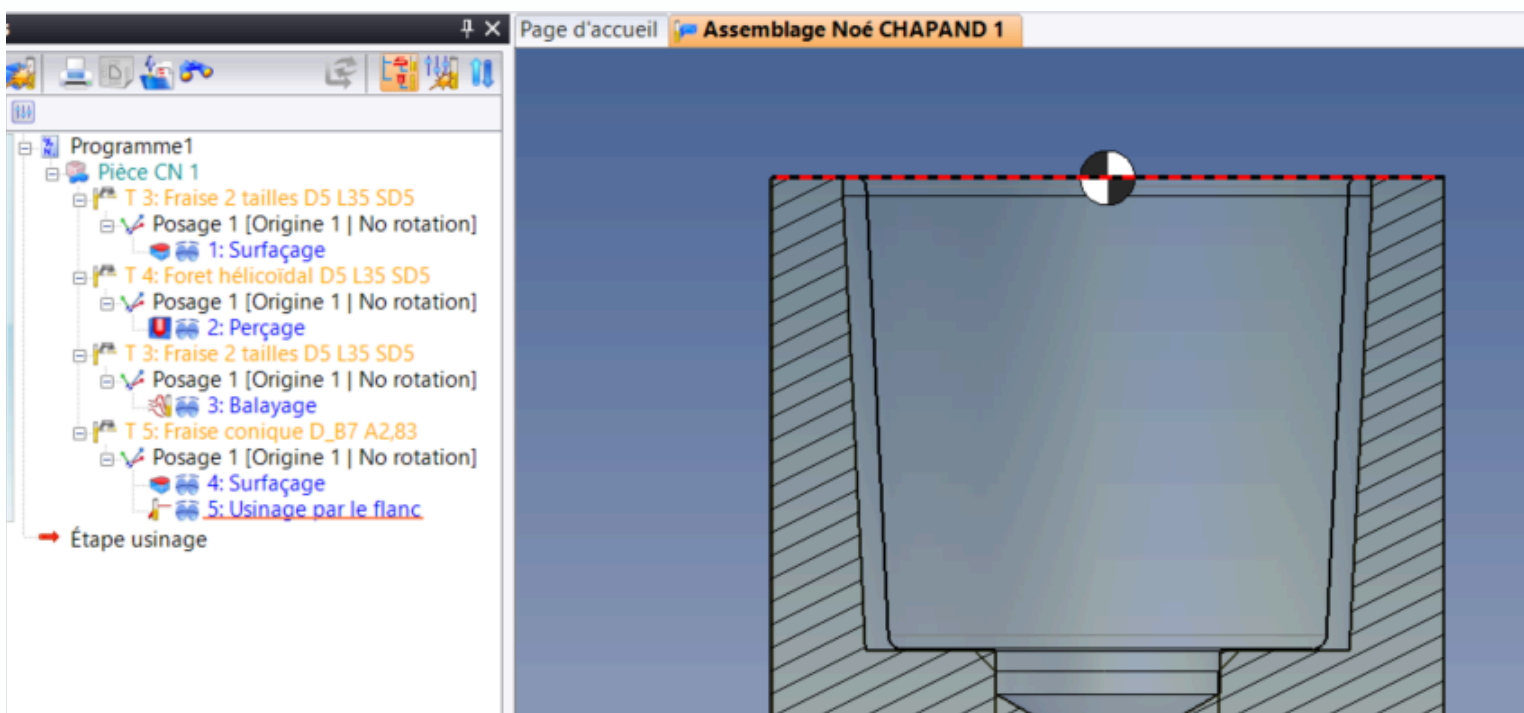
## 8/ Programmation

La programmation de l'usinage de l'embase TRAX a été réalisée à l'aide du logiciel TopSolid'CAM, utilisé en interne chez AMPLITUDE Surgical.

Ce logiciel de FAO m'a permis de créer et de simuler les parcours d'outils de manière précise, tout en tenant compte de la géométrie complexe de la pièce et des contraintes machines.

Le processus a commencé par l'importation du fichier 3D de la pièce modélisée sous SolidWorks. Une fois le brut défini, j'ai sélectionné les outils nécessaires à chaque opération, en particulier la fraise conique dédiée à l'usinage de la quille, qui constitue la principale nouveauté du process.

Les parcours ont été générés en tenant compte de l'orientation angulaire spécifique (rotation des axes B et C) pour aligner l'axe de la quille perpendiculairement à la broche. Des cycles adaptés ont été utilisés pour garantir un usinage fluide et précis, notamment en limitant les vitesses d'avance afin de maîtriser l'échauffement et l'usure des outils dans le Chrome-Cobalt (CoCr28Mo), matière particulièrement difficile à usiner, la partie taraudage a été rajouter manuellement lors de l'assemblage des deux programme (cône quille + finition plateau).

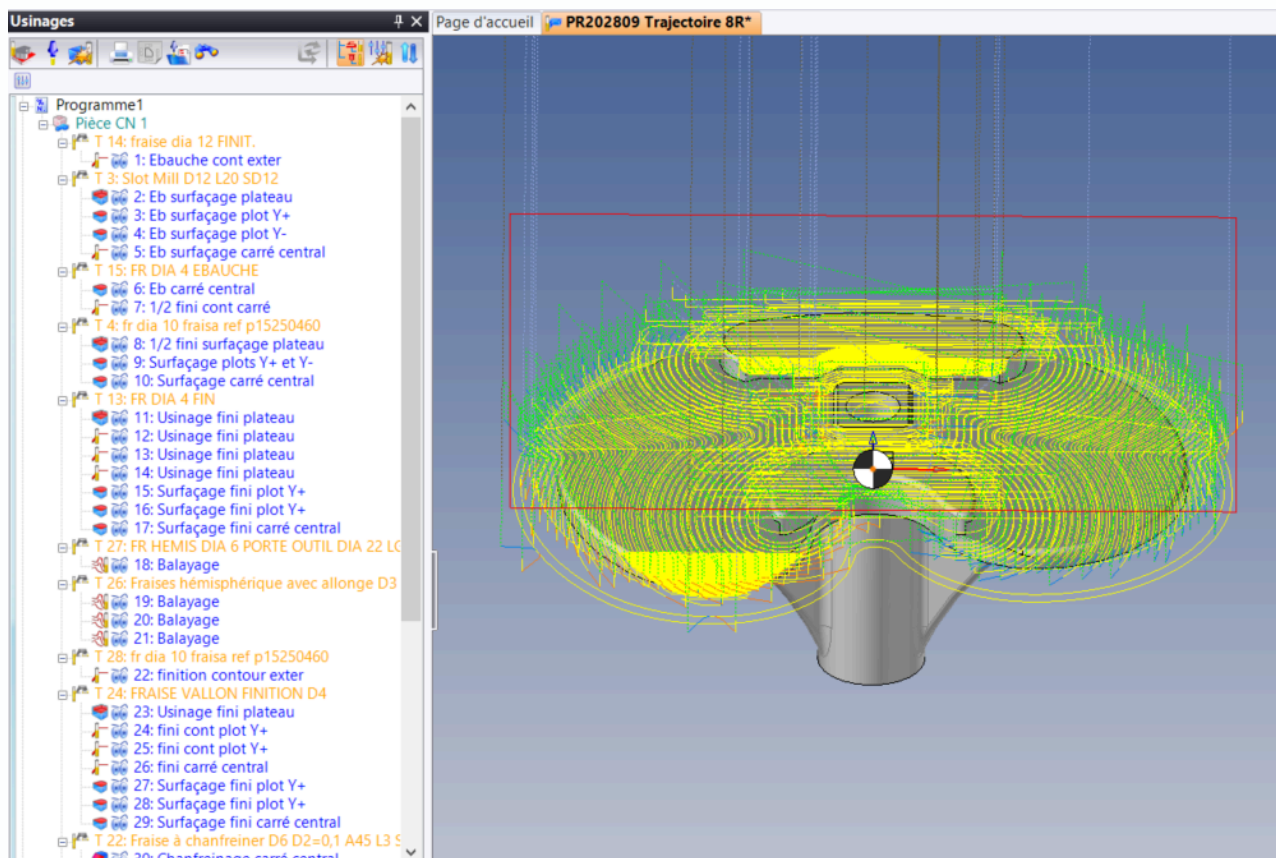


## X. Création du nouveau process

Une attention particulière a été portée à la gestion de l'origine pièce, avec un réglage unique en début de lot grâce au montage développé. Cela permet à l'opérateur de lancer toute la série sans refaire les origines à chaque pièce, à condition que la taille de l'embase ne change pas.

Enfin, les programmes de l'usinage de la quille (phase 20a) et de la finition du plateau (phase 20b) ont été assemblés pour obtenir un seul programme cohérent. Des simulations ont été effectuées pour vérifier l'absence de collisions et le respect des tolérances. Le programme final a ensuite été post-traité pour la machine UMC-750.

La programmation de la "finition plateau" était déjà existant puisque cette partie de la pièce est actuellement faite au fraisage



# X. Création du nouveau process

## 9/ Réalisation de la pièce

La préparation machine :



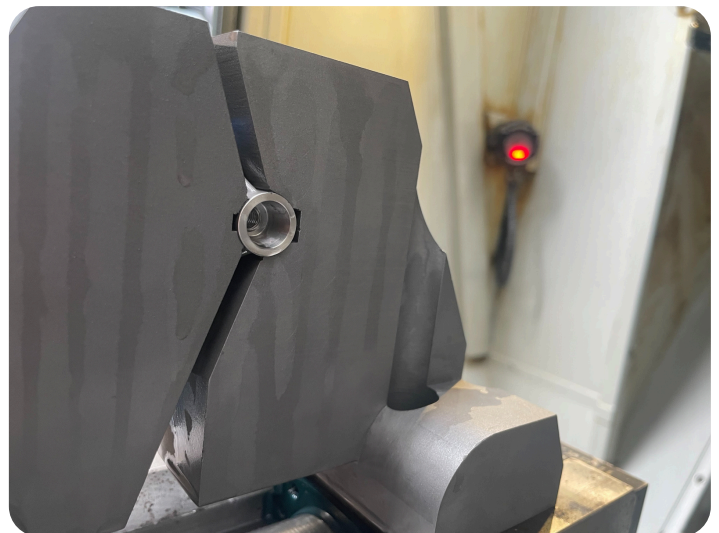
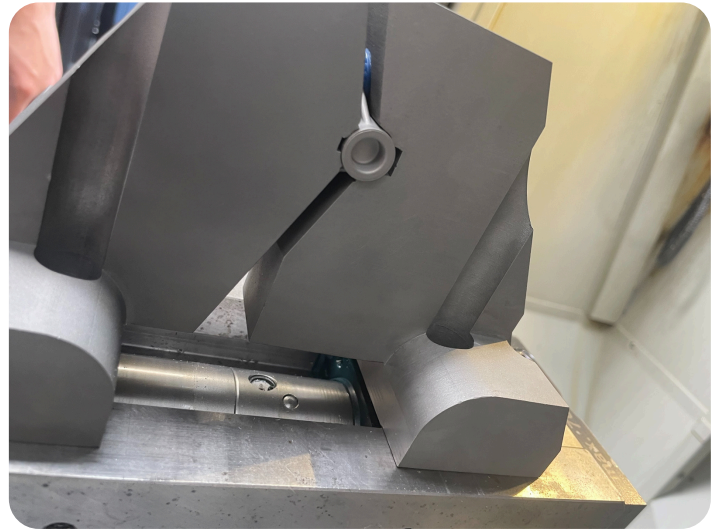
Pour la préparation machine, la table est équipé d'une fausse table avec deux systèmes "point zéro".

Ce système permet le positionnement précis et la fixation rapide pour tous étaux/montages d'usinage/pièces volumineuses. Ainsi, on réduit les temps d'arrêt machine. Ils s'adaptent sur toutes les tables machines ou sur des blocs modulaires.



## X. Création du nouveau process

L'usinage cône quille :



Pour commencer, nous avons l'usinage de la quille.

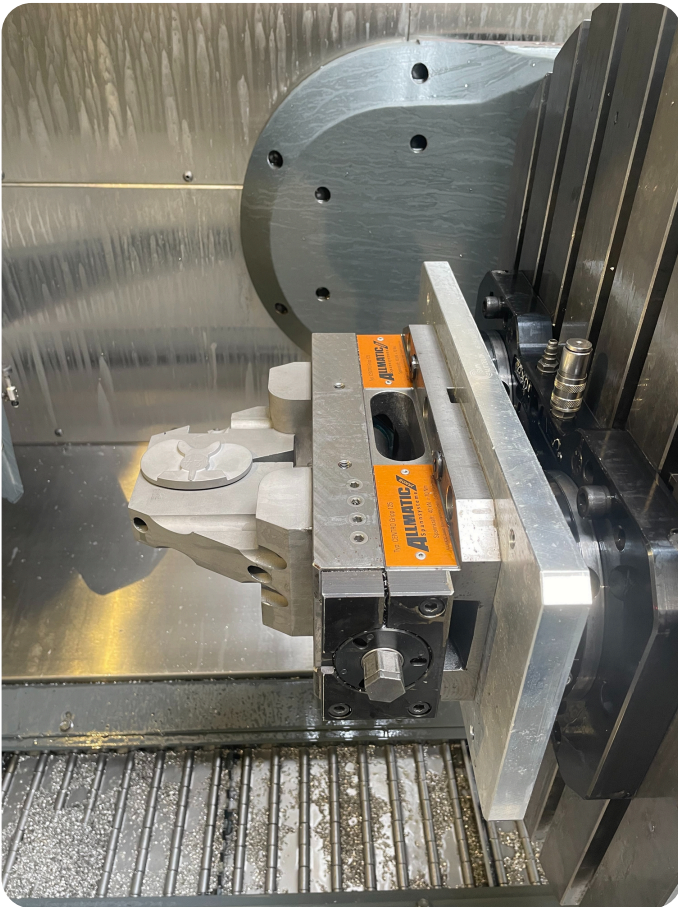
On rappelle que la quille respecte un angle de  $87^\circ$  par rapport au plateau de l'embase et non  $90^\circ$ , c'est pour cela que la table suit une rotation de  $90^\circ$  en B et  $87^\circ$  en C.

Grace à cette rotation l'axe de la quille se retrouve parfaitement perpendiculaire à l'axe de la broche.

Ce qui donne le résultat suivant la photo en bas à droite, après usinage.

## X. Création du nouveau process

L'usinage finition plateau :



Pour finir, l'usinage du plateau, pour cela, on réalise une rotation du plateau de 90° en B et C pour atteindre le résultat suivant la photo de gauche. La rotation permet un usinage du plateau complètement plat et ainsi donner le résultat suivant la photo de droite, après usinage.

# X. Création du nouveau process

## 10/ Contrôle de la pièce

Le contrôle de la pièce est entièrement détaillé sur la GAC (Gamme d'Auto Contrôle),

on y retrouve les côtes importantes à surveiller en sortie d'opération (voir prochaines pages). L'appareil de contrôle approprié selon la côte est aussi détaillé ainsi que la fréquence de contrôle.

Pour la phase du fraisage cône quille, le diamètre, la profondeur, l'angle ainsi que la hauteur de la quille sont contrôlé à la MMT à l'aide d'un programme de contrôle, sur une fréquence de  $\frac{1}{3}$  pièce.

Le taraudage quant à lui, se contrôle au tampon fileté au diamètre du perçage, sur une fréquence de 100% des pièces.



Le contrôle de l'épaisseur et de la hauteur de gorge se font respectivement au pied à coulisse et à la colonne de mesure.

Le restes des côtes d'usinages intérieurs sont vérifié à la MMT sur 100% des pièces.





Relevé de côtes : Embase tibiale TRAX A/C - Phase 20a : Fraisage cône quille

GAC\_Embase tibiale TRAX A/C

MATERIAU : FONDERIE CHROME COBALT

Entourer la taille correspondante :

- Taille 0 A/C Gauche PR202810 2.2 - Taille 1 A/C Gauche PR202811 2.1
- Taille 2 A/C Gauche PR202812 2.1 - Taille 3 A/C Gauche PR202813 2.1
- Taille 4 A/C Gauche PR202814 2.1 - Taille 5 A/C Gauche PR202815 2.1
- Taille 6 A/C Gauche PR202816 2.1 - Taille 7 A/C Gauche PR202817 2.1
- Taille 8 A/C Gauche PR202818 2.1
- Taille 0 A/C Droite PR202801 2.2 - Taille 1 A/C Droite PR202802 2.2
- Taille 2 A/C Droite PR202803 2.2 - Taille 3 A/C Droite PR202804 2.1
- Taille 4 A/C Droite PR202805 2.1** - Taille 5 A/C Droite PR202806 2.1
- Taille 6 A/C Droite PR202807 2.1 - Taille 7 A/C Droite PR202808 2.1
- Taille 8 A/C Droite PR202809 2.4

N°OF :

Dimension	Cône quille (Ø10.8, profondeur 10.5, angle 5.66°)		Bien prendre la mesure sur le plat (ici en bleu), et non sur le marquage de la taille (ici en rouge)	Taraudage M6	ASPECT GENERAL
-----------	---	--	--	--------------	----------------

Fréquence de contrôle	1/3 pièce MINIMUM		100%		
Appareil de contrôle	MMT : "Embase TRAX"	MMT : "Embase TRAX"	Tampon fileté M6-6H	VISUEL (voir informations spécifiques)	
Tol sup	OK	+0,2	OK (Le tampon doit déboucher)		OK
Tol inf	NOK	-0,2	NOK	NOK	

N° PIÈCES	1 (FA)	ok	32,91	OK	OK
	2			OK	OK
	3			OK	OK
	4	ok	32,9	OK	OK
	5			OK	OK
	6			OK	OK
	7	ok	32,91	OK	OK
	8			OK	OK
	9			OK	OK
	10	ok	32,9	OK	OK
	11			OK	OK
	12			OK	OK
	13	ok	32,9	OK	OK
	14			OK	OK
	15			OK	OK
	16	ok	32,89	OK	OK
	17			OK	OK
	18			OK	OK
	19	ok	32,89	OK	OK
	20			OK	OK
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				

INFORMATIONS SPECIFIQUES : <b>TRAVAIL IMPERATIVE DE L'ARÊTE EXTERIEUR DU CONE QUILLE.</b> Vérifier l'état de surface du cône, pas de coup, de stries ni d'arrachements. Vérifier la présence du chanfrein sur le taraudage M6. Vérifier l'absence d'épaulement sur le rayon d'entrée du cône, pas de brut de fonderie sur la face.	Appareils de mesures Utilisés  MMT N°:  TFD N°:
--	---

VISA OPERATEUR DE FABRICATION :			
Opérateur N°1	Pièce N°	à	Date :
			Nom et signature :



Relevé de côtes : Embase tibiale TRAX A/C- Phase 20b : Fraisage Plateau

GAC\_Embase tibiale TRAX A/C

MATERIAU : FONDERIE C HROME COBALT

Entourer la taille correspondante :

- Taille 0 A/C **Gauche** PR202810 2.2 - Taille 1 A/C **Gauche** PR202811 2.1    Taille 0 A/C **Droite** PR202801 2.2 - Taille 1 A/C **Droite** PR202802 2.2
- Taille 2 A/C **Gauche** PR202812 2.1 - Taille 3 A/C **Gauche** PR202813 2.1    Taille 2 A/C **Droite** PR202803 2.2 - Taille 3 A/C **Droite** PR202804 2.1
- Taille 4 A/C **Gauche** PR202814 2.1 - Taille 5 A/C **Gauche** PR202815 2.1    Taille 4 A/C **Droite** PR202805 2.1 - Taille 5 A/C **Droite** PR202806 2.1
- Taille 6 A/C **Gauche** PR202816 2.1 - Taille 7 A/C **Gauche** PR202817 2.1    Taille 6 A/C **Droite** PR202807 2.1 - Taille 7 A/C **Droite** PR202808 2.1
- Taille 8 A/C **Gauche** PR202818 2.1    Taille 8 A/C **Droite** PR202809 2.4

N°OF :

Dimension	Epaisseur plateau 3mm (reporter la valeur mini mesurée)	Hauteur de gorge 2.2	Hauteur de gorge 2.1	Côtes usinages intérieurs	ASPECT GENERAL
Fréquence de contrôle	100%	1 pièce/3 MINIMUM		100%	
Appareil de contrôle	Pied à coulisse	Colonne de mesure		MMT (Embase TRAX - Contrôle plateau)	VISUEL (voir informations spécifiques)
Tol sup	+0,15	+0,1	+0,05	OK	OK
Tol inf	-0,15	+0,05	-0,04	NOK	NOK

N° PIÈCES	1 (FAI)	3,05	2,26	2,1	ok	ok
	2	3,02				ok
3	3,01				ok	ok
4	3,02		2,25	2,09	ok	ok
5	3				ok	ok
6	3,02				ok	ok
7	3,02		2,25	2,09	ok	ok
8	3,02				ok	ok
9	3,01				ok	ok
10	3,01		2,26	2,1	ok	ok
11	3				ok	ok
12	3,04				ok	ok
13	3,04				ok	ok
14	3,05		2,28	2,11	ok	ok
15	3,06				ok	ok
16	3,06				ok	ok
17	3,05		2,28	2,12	ok	ok
18	3,06				ok	ok
19	3,07				ok	ok
20	3,06		2,26	2,1	ok	ok
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

<p><b>INFORMATION SPECIFIQUES :</b></p> <p>Vérifier l'absence de bavure dans la zone d'encliquetage (crochet arrière). Réaliser le chanfrein sur le Ø7.5. Vérifier l'absence de choc et d'arrachement sur l'usinage intérieur.</p>	<p>Appareils de mesures Utilisés</p> <p>PAC N°:</p> <p>CDM N°:</p> <p>MMT N°:</p>
--	---

**VISA OPERATEUR DE FABRICATION :**

Opérateur N°1	Pièce N° à	Date :	Nom et signature :
Opérateur N°2	Pièce N° à	Date :	Nom et signature :
Opérateur N°3	Pièce N° à	Date :	Nom et signature :
Opérateur N°4	Pièce N° à	Date :	Nom et signature :

# XI. Création des documents d'atelier

Dans le cadre de ce projet, j'ai été chargé de créer l'ensemble des documents nécessaires à la production en atelier.

Ces documents ont pour objectif de guider les opérateurs tout au long du processus d'usinage, tout en assurant la conformité des pièces avec les exigences qualité de l'entreprise.

Parmi ces documents, on retrouve notamment la fiche suiveuse, le dérouler opératoire (DO), ainsi que la gamme d'auto contrôle (GAC).

Leur élaboration a nécessité une analyse précise du processus de fabrication, des moyens disponibles en atelier, et des tolérances fonctionnelles imposées.

Ces documents permettent non seulement de standardiser les opérations, mais aussi de faciliter le contrôle qualité et de limiter les risques d'erreurs lors de la production en série.

Ordre <b>11019367</b>	<b>FICHE SUIVEUSE N° 11019367</b>	Ref doc <b>DS-00639</b>
Type <b>ZFAB</b>		Page <b>2/10</b>
Fabrication Standard		Date <b>14/04/2025</b>

Division <b>1000</b>	AFFECTATION	DONNEES DE BASE	DATES
Article <b>1-0208908</b> <b>TRAX Embase tibiale cim T8</b>	Agent Gestionn. <b>EWS à définir</b> Grp Planif. Elt.OTP	Sequence <b>00000000000000</b> Gamme <b>A0001631 / B1</b> Nomenc. <b>AC</b> Indices Rev. <b>B1</b>	Créé le <b>14.04.2025</b> Lancé le <b>14.04.2025</b> Edité le <b>14.04.2025</b>
Quantité <b>30 PC</b> Lot <b>423747-B</b>	Cde client / 000000 Client	Vers. Fab. <b>0996</b>	Date début <b>23.04.2025</b> Date fin <b>14.08.2025</b>

OPERATIONS		SEQUENCE 0				
N°	Poste Travail	Instructions			Texte opération	
<b>0020</b>	<b>C08</b>	<b>FRAISAGE</b> Usinage : Selon FI-0744 en vigueur Informations : Ajouter GAC1075 avec l'OF. Documents opération: PR202805 2,1 031 000 00 D DO 1075 031 000 00 D PR202805 2,1 031 000 00 D GAC 1075 QAL 000 00 D				
N° machine	Traçabilité (C/NC)	Qté conforme	Qté rébutée	N° de non-conformité/Motif	Identifiant + Signature	Date

# XI. Création des documents d'atelier

amplitude		Relevé de côtes : Embase tibiale TRAX A/C - Phase 20a : Fraisage cône quille			
GAC_Embase tibiale TRAX A/C		MATERIAU : FONDERIE CHROME COBALT			
Entourer la taille correspondante :					
Taille 0 A/C <b>Gauche</b> PR202810 2.2 - Taille 1 A/C <b>Gauche</b> PR202811 2.1 Taille 2 A/C <b>Gauche</b> PR202812 2.1 - Taille 3 A/C <b>Gauche</b> PR202813 2.1 Taille 4 A/C <b>Gauche</b> PR202814 2.1 - Taille 5 A/C <b>Gauche</b> PR202815 2.1 Taille 6 A/C <b>Gauche</b> PR202816 2.1 - Taille 7 A/C <b>Gauche</b> PR202817 2.1 Taille 8 A/C <b>Gauche</b> PR202818 2.1		Taille 0 A/C <b>Droite</b> PR202801 2.2 - Taille 1 A/C <b>Droite</b> PR202802 2.2 Taille 2 A/C <b>Droite</b> PR202803 2.2 - Taille 3 A/C <b>Droite</b> PR202804 2.1 Taille 4 A/C <b>Droite</b> PR202805 2.1 - Taille 5 A/C <b>Droite</b> PR202806 2.1 Taille 6 A/C <b>Droite</b> PR202807 2.1 - Taille 7 A/C <b>Droite</b> PR202808 2.1 Taille 8 A/C <b>Droite</b> PR202809 2.4			
N°OF :					
Dimension	Cône quille (Ø10.8, profondeur 10.5, angle 5.66°)		Taroudage M6	ASPECT GENERAL	
Fréquence de contrôle	1/3 pièce MINIMUM			100%	
Appareil de contrôle	MMT : "Embase TRAX"	MMT : "Embase TRAX"	Tampon fileté M6-6H	VISUEL (voir informations spécifiques)	
Tol sup	OK	+0,2	OK (Le tampon doit déboucher)	OK	
Tol inf	NOK	-0,2	NOK	NOK	
N° PIECES	1 (FAI)				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
INFORMATIONS SPECIFIQUES : <b>EBAVURAGE IMPERATIF DE L'ARETE EXTERIEUR DU CONE QUILLE.</b> Vérifier l'état de surface du cône, pas de coup, de stries ni d'arrachements. Vérifier la présence du chanfrein sur le taroudage M6. Vérifier l'absence d'épaulement sur le rayon d'entrée du cône, <u>pas de brut de fonderie sur la face.</u>				Appareils de mesures Utilisés	
				MMT N°:	
				TFD N°:	
VISA OPERATEUR DE FABRICATION :					
Opérateur N°1	Pièce N°	à	Date :	Nom et signature :	
Opérateur N°2	Pièce N°	à	Date :	Nom et signature :	
Opérateur N°3	Pièce N°	à	Date :	Nom et signature :	

# XI. Création des documents d'atelier

amplitude		Relevé de côtes : Embase tibiale TRAX A/C- Phase 20b : Fraisage Plateau				
GAC_Embase tibiale TRAX A/C		MATERIAU : FONDERIE CHROME COBALT				
Entourer la taille correspondante :						
Taille 0 A/C Gauche PR202810 2.2		Taille 1 A/C Gauche PR202811 2.1		Taille 0 A/C Droite PR202801 2.2		
Taille 1 A/C Droite PR202802 2.2		Taille 2 A/C Droite PR202803 2.2		Taille 3 A/C Droite PR202804 2.1		
Taille 2 A/C Gauche PR202812 2.1		Taille 3 A/C Gauche PR202813 2.1		Taille 4 A/C Droite PR202805 2.1		
Taille 3 A/C Droite PR202806 2.1		Taille 4 A/C Gauche PR202814 2.1		Taille 5 A/C Droite PR202807 2.1		
Taille 5 A/C Gauche PR202815 2.1		Taille 6 A/C Droite PR202808 2.1		Taille 6 A/C Droite PR202809 2.4		
Taille 6 A/C Gauche PR202816 2.1		Taille 7 A/C Gauche PR202817 2.1		Taille 7 A/C Droite PR202808 2.1		
Taille 7 A/C Droite PR202809 2.4		Taille 8 A/C Gauche PR202818 2.1		Taille 8 A/C Droite PR202809 2.4		
N°OF :						
Dimension	Epaisseur plateau 3mm (reporter la valeur mini mesurée)	Hauteur de gorge 2.2		Hauteur de gorge 2.1	Côtes usinages intérieurs	ASPECT GENERAL
Fréquence de contrôle	100%	1 pièce/3 MINIMUM			100%	
Appareil de contrôle	Pied à coulisse	Colonne de mesure			MMT (Embase TRAX - Contrôle plateau)	VISUEL (voir informations spécifiques)
Tol sup	+0,15	+0,1		+0,05	OK	OK
Tol inf	-0,15	+0,05		-0,04	NOK	NOK
N° PIÈCES	1 (FAI)					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
	24					
	25					
	26					
	27					
	28					
	29					
	30					
<b>INFORMATION SPECIFIQUES :</b> <u>Vérifier l'absence de bavure dans la zone d'encliquetage (crochet arrière).</u> Réaliser le chanfrein sur le Ø7.5. Vérifier l'absence de choc et d'arrachement sur l'usinage intérieur.					Appareils de mesures Utilisés	
					PAC N°:	
					CDM N°:	
					MMT N°:	
VISA OPERATEUR DE FABRICATION :						
Opérateur N°1	Pièce N°	à	Date :	Nom et signature :		
Opérateur N°2	Pièce N°	à	Date :	Nom et signature :		
Opérateur N°3	Pièce N°	à	Date :	Nom et signature :		

## XII. Etude de coût

Une étude de coût a été réalisée afin de comparer l'ancien et le nouveau procédé d'usinage, en prenant en compte le temps de cycle et le volume annuel de production prévu (300 pièces/an).

L'ancien process, composé de trois phases distinctes (deux de fraisage et une de tournage), implique de nombreux changements de machines, des réglages fréquents, et donc un temps de production plus élevé par pièce. Le nouveau process, quant à lui, permet d'usiner l'entièreté de l'embase en une seule opération sur un centre 5 axes et grâce à un montage spécifique.

Taux Horaire : 60€/H

Ancien process								
phase	etape	machine	objectif	temps cycle mach / pièce (min)	prix / pièce (60€/h)	temps prog/regl (min)	prix / pièce (60€/h)	TOTAL
1	fraisage	DOOSAN DNM4500 CU	fraisage ebauche	12	12 €	30	30 €	42 €
2	tournage	DOOSAN PUMA 240 Tour CN	tournage cône quille	12	12 €	30	30 €	42 €
3	fraisage	DOOSAN DNM4500 CU	fraisage finition plateau	70	70 €	30	30 €	100 €
4	contrôle	-	contrôle de la pièce	30	30 €	-	-	30 €
TOTAL								214 €

Nouveau process								
phase	etape	machine	objectif	temps cycle mach / pièce (min)	prix / pièce (60€/h)	temps prog/regl (min)	prix / pièce (60€/h)	TOTAL
1	fraisage	HAAS UMC 750 CU	fraisage cône quille + fraisage finition plateau	80	80 €	30	30 €	110 €
2	contrôle	-	contrôle de la pièce	30	30 €	-	-	30 €
TOTAL								140 €

Montage						
phase	etape	machine	objectif	temps (min)	prix (60€/h)	TOTAL
1	Modélisation	SldW	Modélisé un montage fonctionnel	720	720 €	720 €
2	Création	Sous- traitence	Réception du montage	-	5 541,6 €	5 541,6 €
TOTAL						6 261,6 €

Ancien process :

- 3 phases (fraisage 1, tournage, fraisage 2).
- Les réglages des phases 1 et 2 (fraisage 1 et tournage) sont faits une seule fois = coût de réglage réparti sur la première pièce.
- Le fraisage final (phase 3) nécessite un re-réglage à chaque pièce = donc coût de réglage multiplié par le nombre de pièces.

Nouveau process :

- 1 seule phase sur 5 axes avec un seul réglage au départ = coût de réglage compté une seule fois.

## XII. Etude de coût

Détail des coûts :

Ancien process :

Coût pour 1 pièce = 214 €

Pour n pièces :  $214 + (124 \times (n-1)) + (30 \times (n-1))$

Nouveau process :

Coût fixe (montage + mise en route) = 6 261,60 €

Coût pour 1 pièce = 140 €

Pour n pièces :  $6\,261,60 + 140 + (110 \times (n-1))$

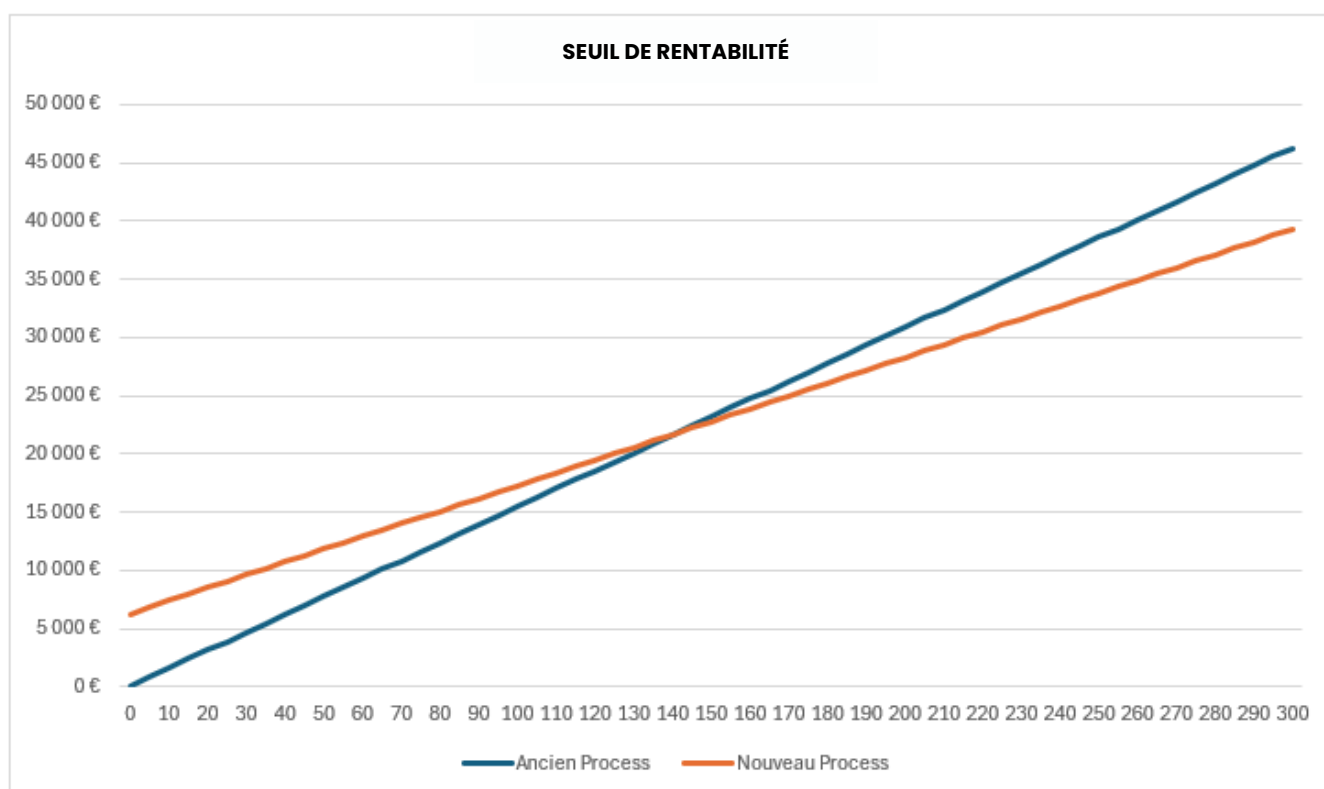
On observe que la rentabilité du nouveau process est atteinte à partir de la 142e pièce produite. Au-delà de ce seuil, le nouveau process devient plus économique, et l'écart continue de s'accroître en faveur de cette nouvelle méthode à mesure que le nombre de pièces augmente.

Économie estimée sur une année (300 pièces) :

Ancien process :  $214 + (124 \times (300-1)) + (30 \times (300-1)) = 46\,260 \text{ €}$

Nouveau process :  $6\,261,60 + 140 + (110 \times (n-1)) = 39\,261,60 \text{ €}$

Gain total annuel estimé :  $46\,260 - 39\,261,60 = 6\,998,4 \text{ €}$



## XIII. Comparaison

En début de projet, un diagramme de Gantt prévisionnel a été établi pour planifier les différentes étapes de l'industrialisation. Ce planning m'a servi de guide tout au long du projet.

Cependant, en cours de réalisation, certaines tâches ont nécessité plus ou moins de temps que prévu, en raison de contraintes techniques, de délais fournisseurs ou d'ajustements liés aux tests d'usinage.

J'ai donc réalisé un diagramme de Gantt réel, basé sur l'avancement concret du projet, permettant de comparer les écarts avec le planning initial.

Cette comparaison m'a permis d'analyser ma gestion du temps, d'identifier les imprévus rencontrés, et de mieux comprendre l'importance d'un planning flexible dans un projet industriel.

	Tâches	durée en Heure	antécédent
A	Elaborer un cahier des charges	4	/
B	Analyser le process actuel	4	A
C	Analyser le plan de la pièce et concevoir le 3D de la pièce	4	B
D	Réaliser la nomenclature de phase du nouveau process	8	C
E	Créer la gamme d'usinage	14	D
F	Réaliser le programme FAO de la pièce	18	E
G	Concevoir et réaliser les plans d'un montage	16	F
H	Réaliser les documents technique du montage	6	G
I	Réaliser les éléments du montage	12	H
J	Réaliser la phase de test/ contrôle/ validation	30	I
K	Vérifier la rentabilité du projet	4	J
L	TOTAL	120	

GANTT REEL + PREVISIONNEL



# XIX. Conclusion

## Tableau Comparatif des deux Procédés

Critères	Ancien process	Nouveau process
<b>Nombre d'opérations</b>	3 (2 fraisages + 1 tournage)	1 (usinage complet au fraisage 5 axes)
<b>Temps de réglage</b>	Réglage à chaque pièce sur la phase 3 + changement machine	Réglage unique en début de lot
<b>Machine utilisée</b>	Fraiseuse + tour	Centre UMC-750 (fraisage 5 axes)
<b>Changement de montage</b>	Oui, à chaque opération	Non, montage unique pour toutes les tailles
<b>Temps de cycle pour 1 pièce</b>	Environ 214 € / pièce	Environ 140 € / pièce
<b>Coût total pour 142 pièces ( seuil de rentabilité )</b>	21 928€	21 911.6€
<b>Rentabilité atteinte</b>	—	À partir de la 142e pièce
<b>Coût total pour 300 pièces</b>	46 260€	39 261.6€
<b>Gain estimé annuel</b>	—	~6 998.4 € d'économie
<b>Avantages supplémentaires</b>	Processus lent et fragmenté	Processus plus rapide, répétable, fiable

## XIX. Conclusion

---

Ce projet de réindustrialisation des embases TRAX m'a permis de repenser en profondeur le processus de fabrication, avec pour objectif principal de gagner en efficacité, en qualité et en rentabilité.

L'analyse de l'ancien procédé a mis en évidence plusieurs points faibles : un temps de production élevé, une forte dépendance aux changements de machines et de montages, et une perte de temps importante liée aux réglages répétés.

Le nouveau procédé, basé sur un usinage unique au centre 5 axes UMC-750 et sur la création d'un montage dédié, a permis de supprimer ces contraintes. Grâce à cette solution, le nombre d'opérations a été réduit à une seule, le temps de cycle a été optimisé, et la répétabilité du montage a été validée par une étude R&R.

D'un point de vue économique, cette amélioration se traduit par un gain annuel estimé à près de 7 000 € pour une production de 300 pièces. La rentabilité du nouveau process est atteinte dès la 142e pièce produite, ce qui le rend avantageux même sur le moyen terme.

Ce projet m'a fait progresser sur tous les aspects du métier : analyse technique, conception, gestion du temps, communication avec les différents services, et programmation FAO. C'est une expérience concrète qui m'a permis d'appliquer mes compétences sur un projet complet et réel en entreprise.