

Acquisition d'un équipement de Fabrication  
additive et soustractive pour fabrication de  
Paddle

14/11/2023

# DOSSIER TECHNIQUE



**ERM Fab&Test**  
Modèle : Cellules Robotiques De  
fabrication additive et soustractive

## Table des matières

1	Présentation de l'entreprise ERM Automatismes Industriels .....	2
	ERM Didactique .....	2
	ERM Fab & Test .....	3
	Les clients industriels qui nous font confiance.....	5
	ERM Robotique.....	5
	Démarche Qualité .....	5
	Service Après-Vente .....	6
	Moyens humains et matériels mobilisables pour l'exécution des prestations.....	6
2	Notre proposition Technique .....	7
	Performances .....	8
	Caractéristiques techniques des machines .....	9
3	Respect des spécifications techniques.....	10
4	Etude de coûts de la solution .....	13
	Etude de coûts pour la partie Fabrication Additive de la demi planche : .....	13
	Etude de coûts pour la partie usinage de la demi planche .....	13
	Conclusion Etude de coûts demi planche et évaluation planche complète: .....	13
5	Pré-étude de cadences des moyens de production : .....	14
6	Qualité .....	14
6	Sécurité et conformité.....	14

## 1 Présentation de l'entreprise ERM Automatismes Industriels

ERM propose des solutions et prestations d'études techniques dans quatre domaines :

- **Didactique** : Solutions didactiques pour les formations techniques
- **Robotique** : Solutions robotiques et mécatroniques pour l'industrie et les services
- **Fab & Test** : Solutions de fabrication et test de pièces prototypes et petites séries
- **Énergies** : Solutions d'alimentation électrique autonome

Siège : Carpentras 84200 (Vaucluse)

Quelques chiffres :

- Création : **1990**
- Nombre de salariés : **50 personnes** (moyenne)
- Superficie de l'outil de production : **2100 m<sup>2</sup> de locaux** (atelier de montage de 1700m<sup>2</sup>)
- Chiffre d'affaires : Supérieur à **13 millions d'Euros**
- Investissement : **Chaque année, ERM investit 10% de son Chiffre d'Affaires dans la R&D**



### ERM Didactique

ERM est un leader français des solutions didactiques pour les formations techniques.

Aujourd'hui, ERM propose 7 gammes de produits pédagogiques :

- Numérique & Réalité virtuelle
- Études & Conception Technologique
- Prototypage, Fabrication & Tests Mécaniques
- Electronique & Communications
- Maintenance & Pilotage de Production
- Robotique, Automatismes & Régulation Process
- Électrotechnique & Energies Renouvelables
- Génie Climatique & Energies Renouvelables

Plus de **1500 établissements en France et dans de nombreux pays** (Europe, Afrique, Asie...) ont été équipés par ERM : Lycées Techniques et Professionnels ; Centres de Formation des Apprentis ; Centres de Formation Professionnelle ; Universités, IUT, etc...



## ERM Fab & Test

ERM, sous sa marque **ERM Fab&Test**, propose des solutions de fabrication et test de pièces prototypes et petites séries (Imprimantes 3D, Machines de découpe/gravure laser...).

Site Web : <http://www.erm-fabtest.com/>

Nous proposons également des prestations de conseils, d'accompagnement et de formation sur toutes les machines que nous proposons. Les technologies et les produits associés sont parfaitement maîtrisés en interne par nos ingénieurs et nos techniciens qui assurent les formations et le support technique auprès de nos clients car :

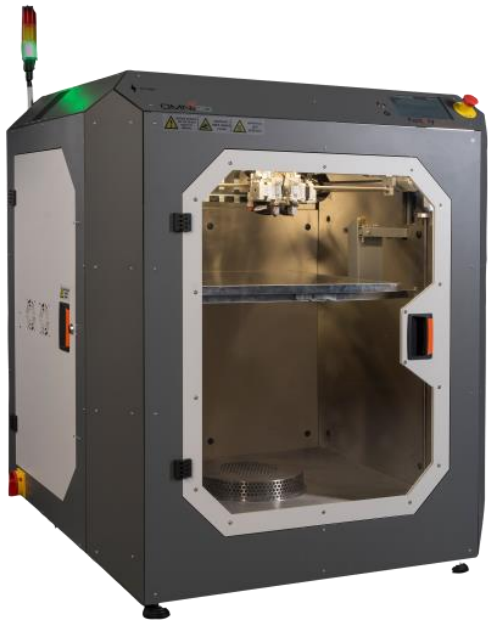
- Ils ont été formés chez les différents fabricants des machines que nous proposons
- Nous avons notre propre « Fablab » Interne équipé d'une quarantaine de machines que nous utilisons pour la fabrication de pièces intégrées à nos machines spéciales (notamment pour les secteurs robotique et le didactique)
- Nos équipes assurent également de la prestation de conception et réalisation de pièces pour nos clients industriels.

Via des accords avec des fabricants reconnus ou via ses propres produits, ERM Fab & Test couvre les technologies suivantes :

- **Impression 3D** et autres procédés de fabrication additive (Fabricants partenaires : OMNI 3D, EOS, DWS, Lynxter, Sinterit, Tritone, Mimaki 3D, Ultimaker, Volumic...)
- **Scanner 3D** (Fabricant partenaires : Shining 3D, Evixscan)
- **Découpe, gravure et marquage laser** (Fabricant partenaire : Universal Laser System)
- **Découpe au jet d'eau** (Fabricant partenaire : PTV, Wazer)
- **Soudure à l'arc avec robot 6 axes** (Fabricant partenaire : Kuka)
- **Usinage CNC** (Fabricant partenaire : Tormach)

Ces technologies et les produits associés sont parfaitement maîtrisés en interne par nos ingénieurs et nos techniciens qui assurent formations et support technique auprès de nos clients.





Les clients industriels qui nous font confiance



### ERM Robotique

ERM, sous sa marque **ERM Robotique**, a développé une gamme de **solutions robotiques et mécatroniques** pour l'industrie, les services, la recherche et l'éducation :

- Cellules robotisées industrielles modulaires ou personnalisées pour l'assemblage, la soudure, l'usinage, le dé-vraquage, la palettisation, la manipulation, etc...
- Solutions IoT pour la digitalisation industrielle (Partenaire : Tulip)
- Solutions robotiques pour la formation (Formation aux technologies robotiques, Robot-assistant pour la classe)



### Démarche Qualité

ERM a mis en place des procédures de fabrication et de contrôle qualité exigeantes pour livrer les meilleurs produits à ses clients :

- Notices d'assemblage, mise en service et contrôle pour nos techniciens

- Contrôle qualité en fin de production/préparation
- Produits ERM certifiés CE par un organisme certifié
- Formation continue de nos techniciens et ingénieurs

### Service Après-Vente

Nous proposons une assistance technique téléphonique gratuite pendant la durée de vie du produit. ERM AUTOMATISMES met un point d'honneur à servir les clients industriels dans le cadre de l'utilisation du moyen avec un contact rapproché et opérationnel au quotidien.

Tous nos équipements sont livrés avec un dossier technique complet (Schémas, Notices techniques...), permettant d'accompagner le (les) utilisateur(s) à l'utilisation du moyen, sa maintenance opérationnelle (quotidienne, régulière), une démarche de détection des pannes / erreurs éventuelles en autonomie pour résolution rapide, et d'un contact direct avec notre service technique pour une réponse dans les 24H, intervention selon calendrier et disponibilités, dans la semaine qui succède à la demande.

#### Contact

ERM Automatismes Industriels

561, allée Bellecour - 84200 Carpentras - FRANCE

Tel : +33 (0)4 90 60 05 68 - Fax : +33 (0)4 90 60 66 26

Contact Administratif : Mme. Laurence Rigaud  
Tel : 04 90 60 05 68  
[l.rigaud@erm-automatismes.com](mailto:l.rigaud@erm-automatismes.com)

Contact technique : M. Valentin BERNARD  
Tel : 04 90 60 05 68  
[v.bernard@erm-fabtest.com](mailto:v.bernard@erm-fabtest.com)

### Moyens humains et matériels mobilisables pour l'exécution des prestations

L'équipe mobilisable pour l'exécution des prestations est composée d'éléments issus de plusieurs services de l'entreprise et ayant des formations adaptées à différents besoins

- M. Cyril LIOTARD (PDG d'ERM Automatismes Industriels)
- M. Boris HROMADKA (Ingénieur Mécanique – Responsable ERM FAB&TEST)
- M. Benjamin AUCREMANNE (Ingénieur en automatismes – Responsable R&D)
- Mme. Nadège ANDRE (Ingénieure d'étude \_ Avant-projet ERM FAB&TEST)
- M. Valentin BERNARD (Technicien Supérieur – Responsable support technique ERM FAB&TEST)
- M. Didier SUTTY (Ingénieur Mécanique – Programmeur Robot Certifié KUKA)
- M. Fahd BERGUIGA (Ingénieur Mécanique – Programmeur Robot Certifié KUKA)
- M. Olivier GUILLOU (ADV / Vente consommables et accessoires)
- M. Anthony BLAEVOET (Technicien Supérieur – Responsable Pôle électro-technique ERM)

## 2 Notre proposition Technique

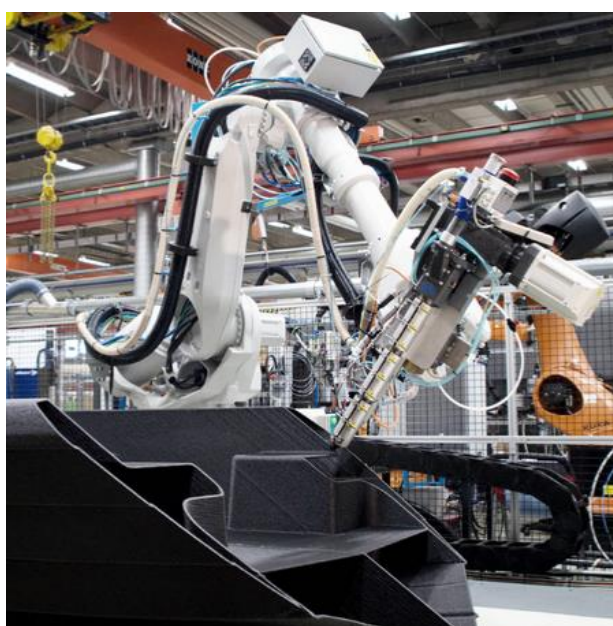
La présente proposition est le fruit de la collaboration entre ERM Automatismes, intégrateur robotique et intégrateur de solutions de fabrication numérique, et Adaxis, éditeur d'une solution logicielle de FAO pour l'impression 3D polymères et métaux avec des robots 6 axes.

ERM Automatismes est intégrateur des robots KUKA depuis 2013 et a, depuis 10 ans, intégré près de 150 robots KUKA. En 2017, ERM Automatismes a créé une gamme de cellules robotiques d'usinage utilisées pour la fabrication soustractive de grandes pièces par différents types de clients (Ortho-prothésistes, Fabricants de décors...). Pour en savoir plus sur cette solution : [www.usinage-robotique.com](http://www.usinage-robotique.com)

A ce jour, nous avons déployé une petite dizaine de cellules robotiques d'usinage.



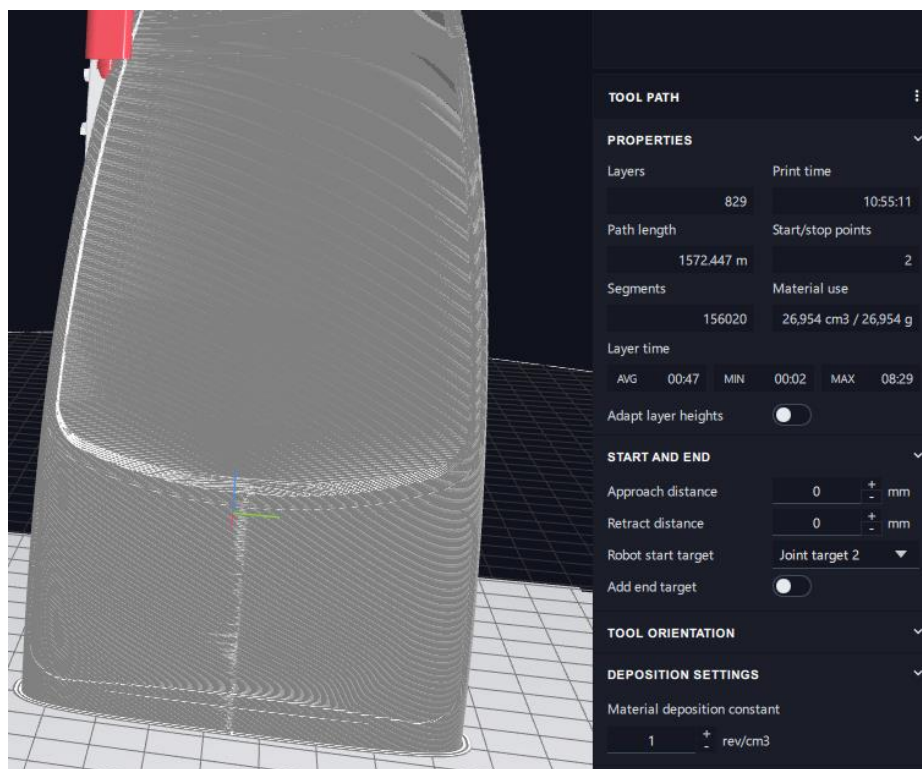
En 2022, de par sa connaissance du marché de l'impression 3D, ERM décide de lancer un nouveau projet de cellule robotique de fabrication, additive cette fois-ci, de pièces de grand volume à partir de granulés thermoplastiques. Un partenariat est noué avec Adaxis sur la couche logicielle FAO permettant de contrôler le robot.



*Photo Adaxis*

## Performances

- Process:
  - Impression 3D de granules thermoplastiques avec robot 6 axes+1 axe + Usinage CNC avec robot 6+1 axe
- Printing method
  - Extrusion de granulés thermoplastiques avec tête d’extrusion RD-M10 de Rev3rd (Origine : Italie), capacité d’impression jusque 10kg/h
- Material
  - PET-G carbone (Mitsubishi chemical) ou PE (polyethylene)
- Print time for each part (h)



- Preparation time (h)
  - env. 1h par pièce
- Nozzle diameter (mm)
  - Buse dia. 7mm
- Layer height (mm)
  - Hauteur de couche 2mm
- Layer width (mm)
  - Largeur de couche 9mm
- Material weight (kg)
  - Poids pour du PET-G CF environ 27kg de matière imprimée
- Pre printing operation
  - Extrusion d’une résine de Purge avant lancement en fabrication
- Post printing operation (CNC, gelcoat etc.)
  - Extrusion d’une résine de Purge après fabrication afin de purger le système d’alimentation complètement
  - Le moule est fabriqué avec une surépaisseur d’usinage permettant sa reprise en usinage ( finition des surfaces opérationnelles) par un robot d’usinage 6+1 axe de conception et fabrication ERM.

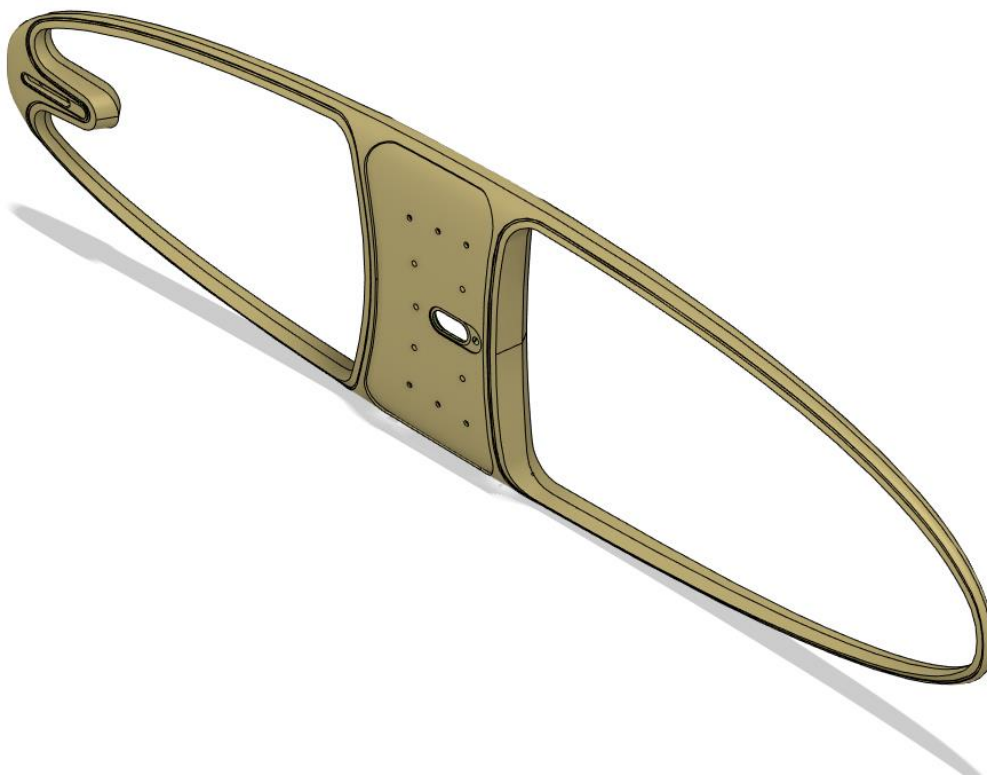
- Maximum printed part size (m)
  - Dimensions personnalisées en fonction du besoin avec la cellule robotique d'impression 3D utilisant le robot KUKA KR20 R3100 (Charge 20kg, Rayon 3100mm):  
XYZ=1.4x3x1.5m → Volume: 5m<sup>3</sup>
  - Possibilité de rajouter le robot sur un axe horizontal pour augmenter la course en X jusqu'à 5m ou plus
- Tolérances (mm)
  - La répétabilité des robots KUKA utilisée se situe autour de 0.05mm. Justesse globale du système robot inférieure à +/-0.1mm.
- Machine size (m)
  - Typiquement 4x4x3.5m pour les deux cellules robotiques, mais ajustables en fonction des contraintes des sites
- Material weight for each part (kg)
  - 27kg
  - NB : Surépaisseur d'usinage inférieure à 10mm sur la face intérieure. Epaisseur de peau de 9mm. Structure de maintien ouverte en bas et en haut de type Hollow
- Printing speed (kg/h)
  - Deux modèles de têtes d'impression granulées chez Rev3rd : RD-M10 (Débit maximum 9.6kg/h) et RD-M25 (Débit maximum 25kg/h). Notre premier robot d'impression 3D utilisera la RD-M10 (Débit maximum 9.6kg/h)

### Caractéristiques techniques des machines

- La première cellule robotique d'impression 3D « granulés » d'ERM est en service et visible dans les locaux d'ERM
- L'usinage robotique des échantillons pourra être réalisé chez un client existant en attendant la solution d'intégration du système de changement d'outils dans nos locaux
- Experience on the technology
  - Première cellule d'impression 3D « granulés » en cours de qualification chez ERM qui bénéficie de l'expertise de l'équipe d'Adaxis qui a déjà fabriqué plusieurs cellules et accompagné plusieurs intégrateurs robotiques
  - Une petite dizaine de robots d'usinage déjà fabriqués par ERM
- Industrial speciality and unknow part in our study case
  - ERM a une forte expertise en fabrication additive, robotique, automatismes et Industrial IoT
- Machines
  - Cellule robotique d'impression 3D granulés (Conception et Fabrication ERM)
  - Cellule robotique d'usinage (Conception et Fabrication ERM – Voir [www.usinage-robotique.com](http://www.usinage-robotique.com))
- Mold rendering
  - Ra=0.8µm pour les surfaces fonctionnelles après usinage suivant la matière utilisée

### 3 Respect des spécifications techniques

La pièce réalisée présente sur les simulations constitue la forme intégrant une surépaisseur permettant son ré-usinage :



La pièce globale intégrera les surépaisseurs axiales de 10mm tout autour de la pièce finale moulée.

Le système de bridage à des fins d'usinage seront discuté avec le client en amont. La localisation et la nature de ces formes sont à convenir avec l'utilisateur lors de la réalisation du moule final.

Le choix de la matière d'impression est à discuté. Deux type de matériaux possible suivant les caractéristique demandé :

- léger
- résistant à l'eau
- bonne imprimabilité
- bonne résistance mécanique
- t° utilisation -20 + 50°C
- origine verte si possible

Les deux matériaux retenus sont le PET-G et le polyéthylène (PE).

L'ajout de fibre de carbone permet une meilleure résistance mécanique pouvant atteindre le bar en résistance.

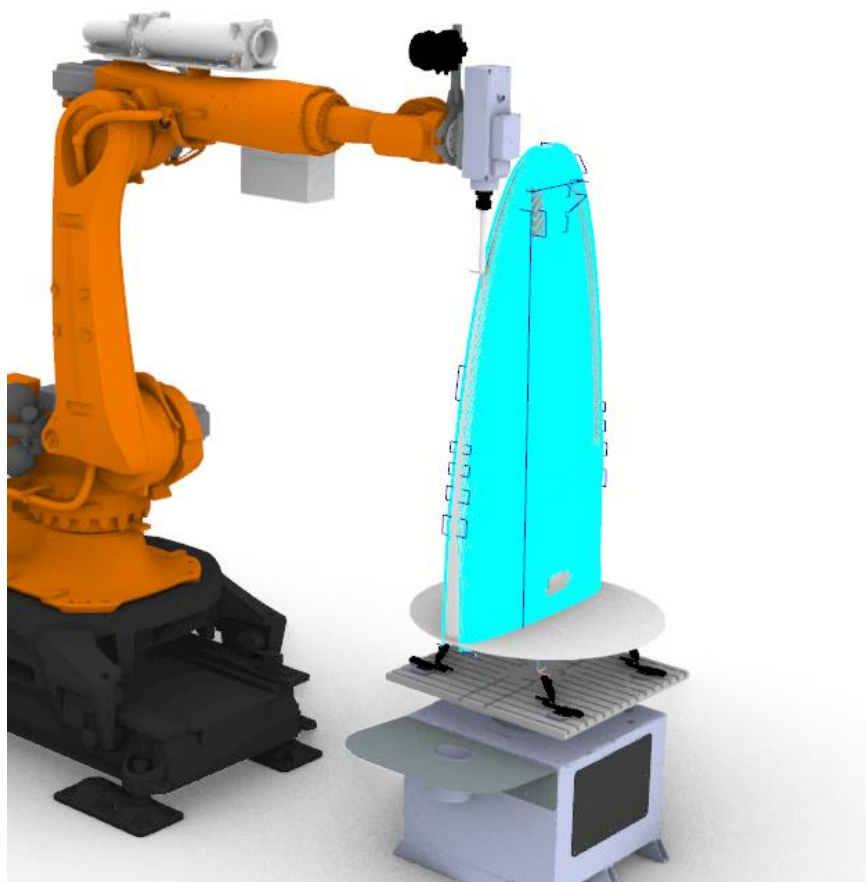
L'usinage de la pièce afin d'obtenir le paddle à taille souhaité se fait grâce à la suite logiciel Rhinocéros 3d composé de Rhinocéros 3d, Rhinorobot et Madcam. L'équipe technique est en étroite

collaboration avec les concepteurs des logiciels afin de garantir un suivi des mises à jours et personnalisation des process pour la meilleure réalisation possible.

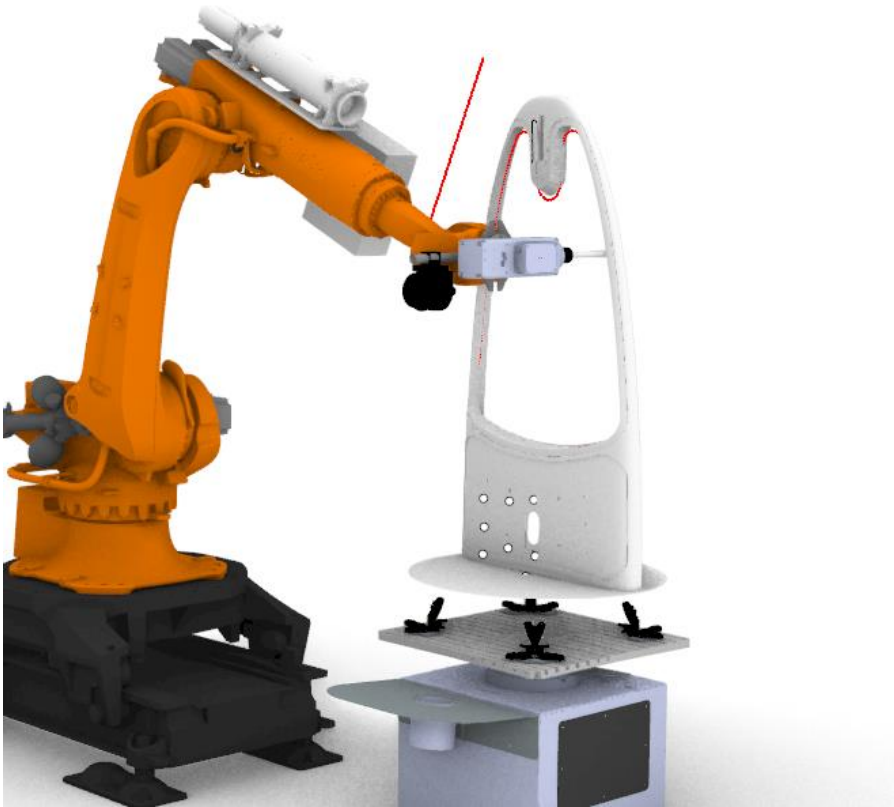
Attention si l'objectif des trous est d'être taraudé, il sera compliqué de le faire avec le robot, il faudra donc prévoir un temps opérateur pour soit poser des inserts soit tarauder à la main.

Le temps de préparation des fichiers pour usinage est d'environ 4h pour un envoi de fichier dans le robot d'usinage (mise en place dans la scène virtuelle, choix des parcours d'usinage, choix des outils et vérification des parcours). Pour le moment il est divisé en trois phases, le tout avec un seul outils, une fraise hémisphérique de diamètre 6 :

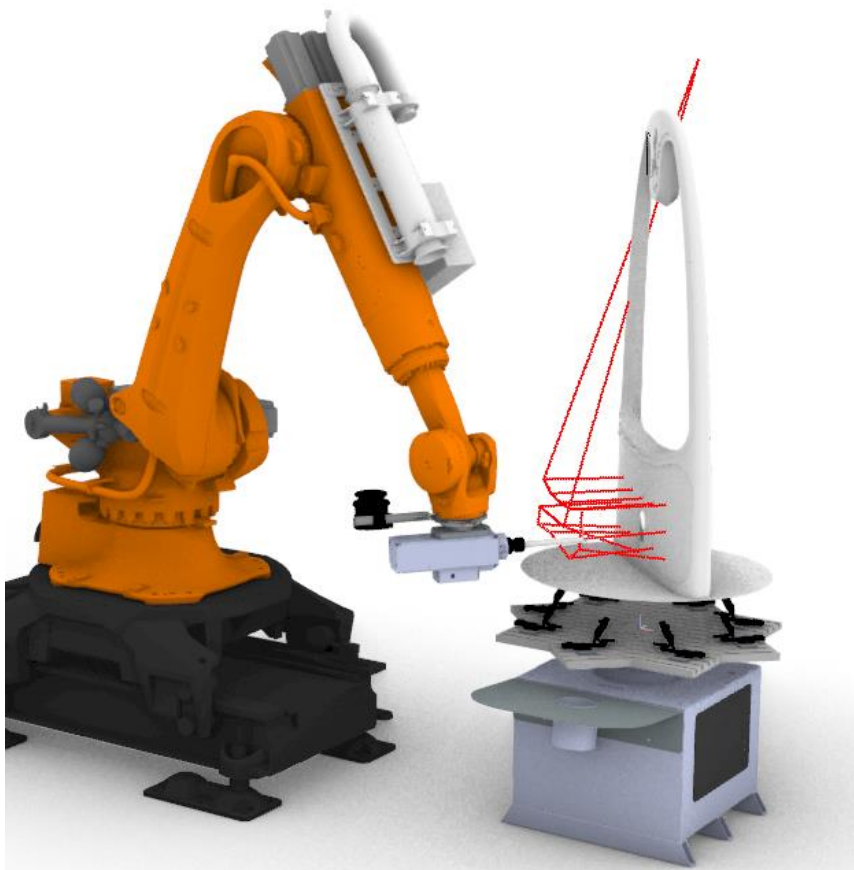
- Surfaçage pour obtenir une surface lisse : le temps pour cette partie est d'environ 45 minutes



- Le retrait des parties ajoutées pour l'impression : le temps d'usinage est d'environ 12 minutes



- Le perçage des trous à différents diamètres : le temps d'usinage est d'environ 11 minutes.



## 4 Etude de coûts de la solution

### Etude de coûts pour la partie Fabrication Additive de la demi planche :

Cellule utilisée pour l'impression 3D : ERM Vulcain I.

Dans sa version avec Axe linéaire, enveloppe machine = 190K€

Amort. Machine 5 ans soit 20000H en production.

→ Coût horaire amort. Machine environ **9.5€ / H.**

→ **Temps d'impression total de la demi-planche dans les conditions exprimées ci-dessus 1H préparation +8.5H impression + 0.5H démontage = 10H :**

→

Coût du poste « Impression 3D » = coût matière + coût horaire machine + coût conso. Electricité (négligeable devant les 2 premiers postes) =  $325 + 9.5 \times 10 = 420€$

### Etude de coûts pour la partie usinage de la demi planche

Cellule utilisée pour l'impression 3D : ERM Vulcain U .

Dans sa version avec Axe linéaire, enveloppe machine = 190K€

Amort. Machine 5 ans soit 20000H en production.

→ Coût horaire amort. Machine environ **9.5€ / H.**

→ **Temps d'usinage complet (montage + usinage + changement outil + usinage + démontage) = 0.5H + 1.5H + 0.5H + 0.5H = 3H**

Coût du poste « usinage » = coût horaire machine + coût conso. Electricité (négligeable devant les 2 premiers postes) =  $9.5 \times 2.5 = 28.5€$

Nous négligeons ici la partie outils coupants car la matière (thermoplastique) est aisée à usiner, et les usures outils limitées.

### Conclusion Etude de coûts demi planche et évaluation planche complète:

Pour la demi- planche : Coût total de la solution =  $420 + 28.5 = 448.5€$

Pour la planche complète, qui sera imprimée et usinée horizontalement, l'étude de coûts similaire donne :

Coût du poste « Impression 3D » (évaluation en planche complète 21H d'impression incluant la préparation et le démontage) = coût matière + coût horaire machine + coût conso. Electricité (négligeable devant les 2 premiers postes) =  $520 + 9.5 \times 21 = 719.5€$

Poste usinage : Coût du poste « usinage » (évaluation en planche complète 3.5H incluant le montage, changement d'outil et démontage) = coût horaire machine + coût conso. Electricité (négligeable devant les 2 premiers postes) =  $9.5 \times 3.5 = 33.25€$

**Soit un coût total de la planche imprimée et usinée de  $719.5 + 33.25€ = 752.75€$**

## 5 Pré-étude de cadences des moyens de production :

Nous avons vu plus haut qu'il est possible de réaliser une planche en impression 3D par jour, pour 2 usinages environ par jour.

A raison de 200 jours travaillés (donc impression et usinage durant les jours travaillés uniquement) et pour un objectif de production de 600 unités par an, le besoin serait donc de 3 unités d'impression 3D (moyen « limitant » en production) pour une unité d'usinage. L'enveloppe budgétaire de la solution serait donc d'environ 760K€.

Bien entendu, il s'agit d'une pré-étude, qui demande à être travaillée en profondeur pour optimiser la solution et les temps de travail, l'objectif principal étant de diminuer le temps d'impression.

## 6 Qualité

ERM applique pour l'ensemble de ses prestations un système qualité d'un niveau équivalent à la norme ISO 9001. Le manuel de gestion de la qualité est fourni avec notre offre.

### 6 Sécurité et conformité

Les cellules robotiques proposées sont conformes à la directive CE « Machines » et contrôlées sur site par un organisme indépendant (Type Dekra).