

# LE PROCESSUS A LA MANUFACTURE

## Méthode

Au cours de nos expérimentation nous avons scindé le processus de production de la charpente en deux blocs.

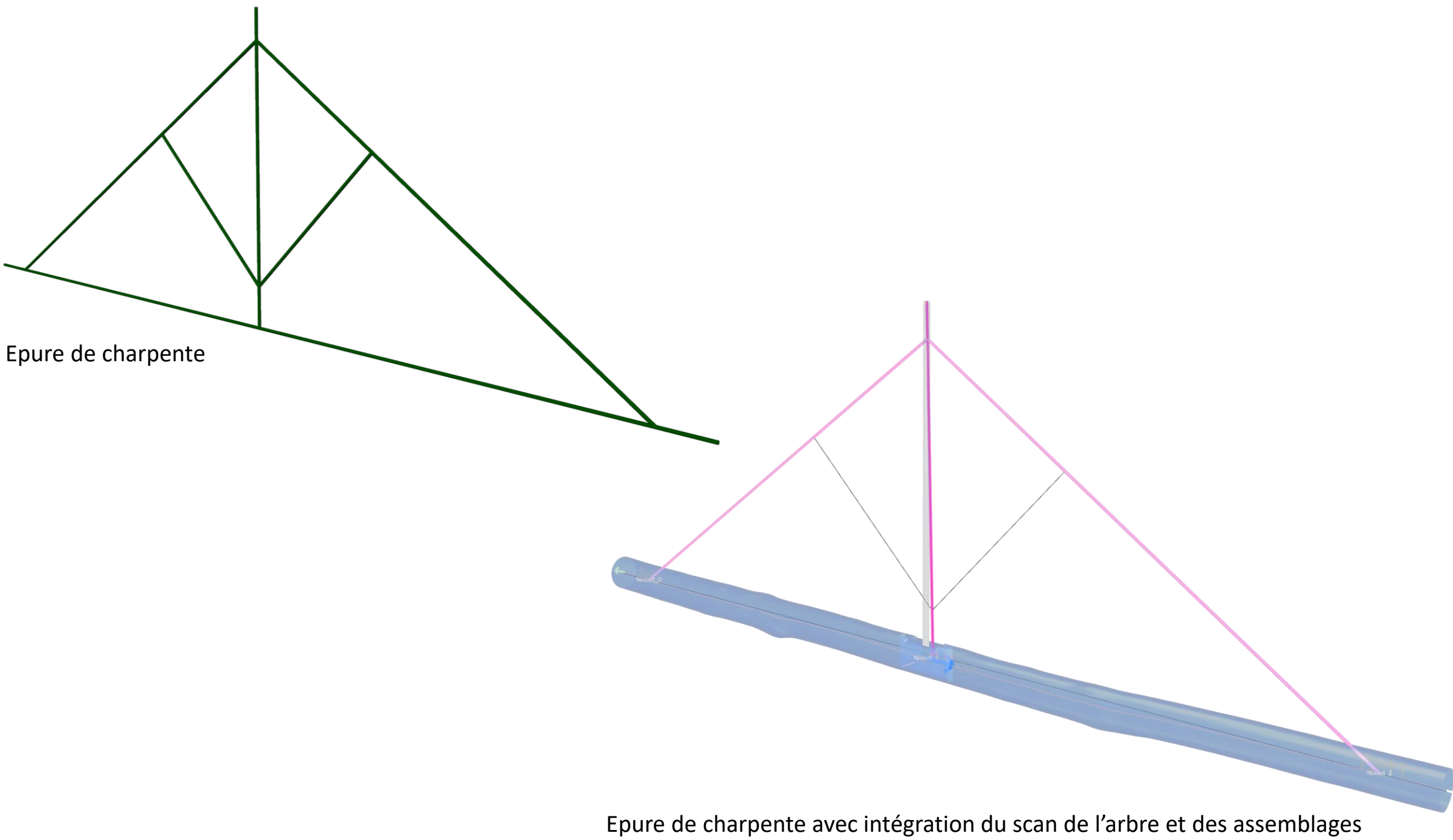
- La partie physique avec l'écorçage (ça c'est physique ☺) , et le prémontage.
- La partie numérique avec les programmes.

Pour la partie numérique, le premier temps est l'étude de l'épure de la charpente et son éventuelle modification, le second c'est l'usinage et la création des trajectoires du robot.

Nous distinguons deux programmes :

1. Analyse
2. Trajectoires

Ce processus n'est pas figé, à terme nous prévoyons de regrouper ces deux programmes en un seul.



## Ecorçage

- Ecorçage de l'arbre et inspection visuelle du tronc

## Epure

- Scan de l'arbre
- Mise en place du scan de l'arbre dans l'épure
- Récupération des nœuds d'assemblages
- Modification des positions des nœuds pour s'adapter à l'arbre
- Sélection des assemblages

## Trajectoire

- Récupération des résultats de l'épure
- Génération des trajectoires du robot
- Vérification des trajectoires
- Usinage

## Structure

- Prémontage de la structure, ajustement des assemblages
- Marquage
- Expédition

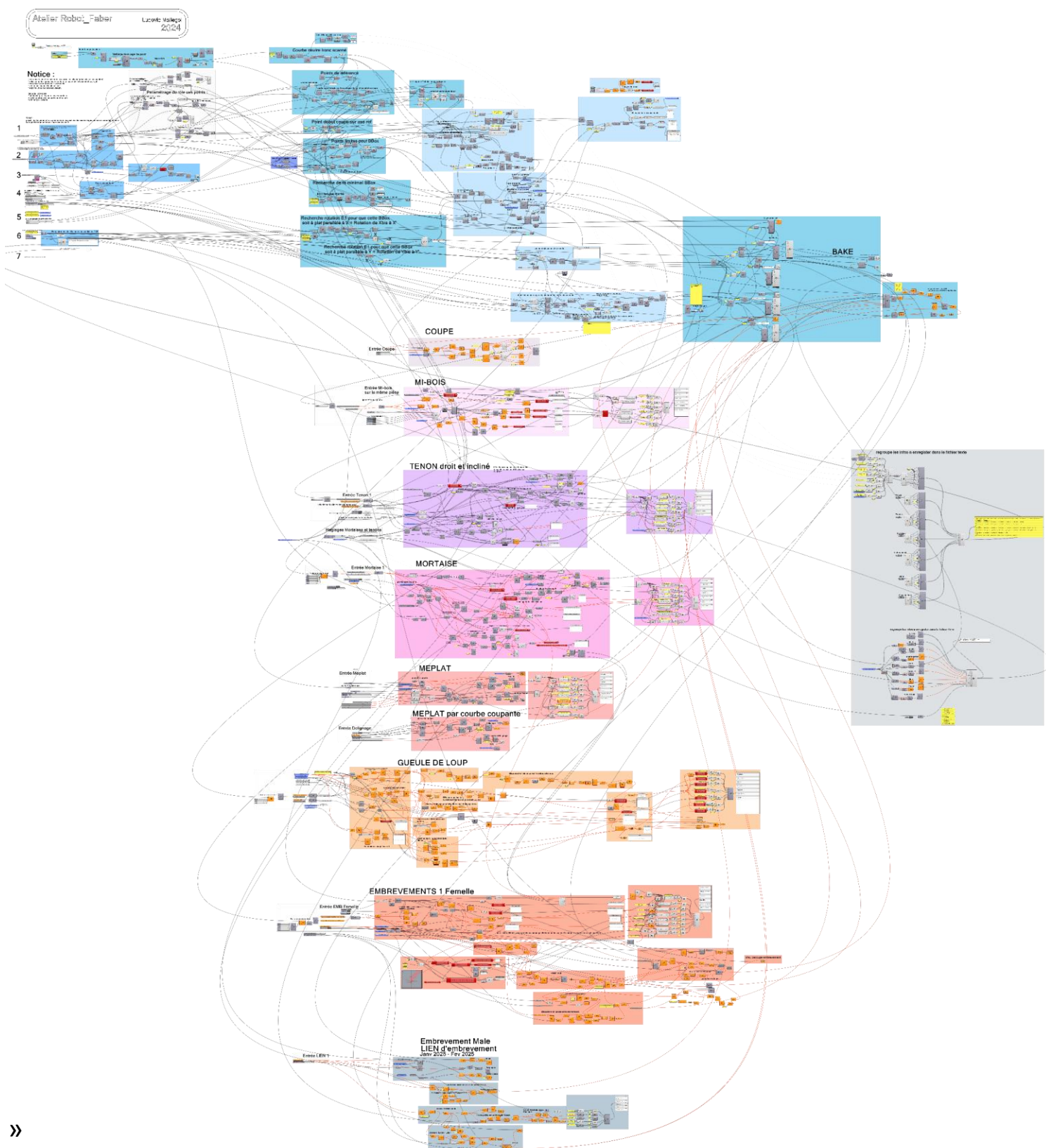
## Epure

### Analyse de l'épure

Dans ce programme , nous récupérons le scan de l'arbre bridé sur l'axe rotatif du robot et plaçons les nœuds d'assemblages de cet élément avec ses voisins.

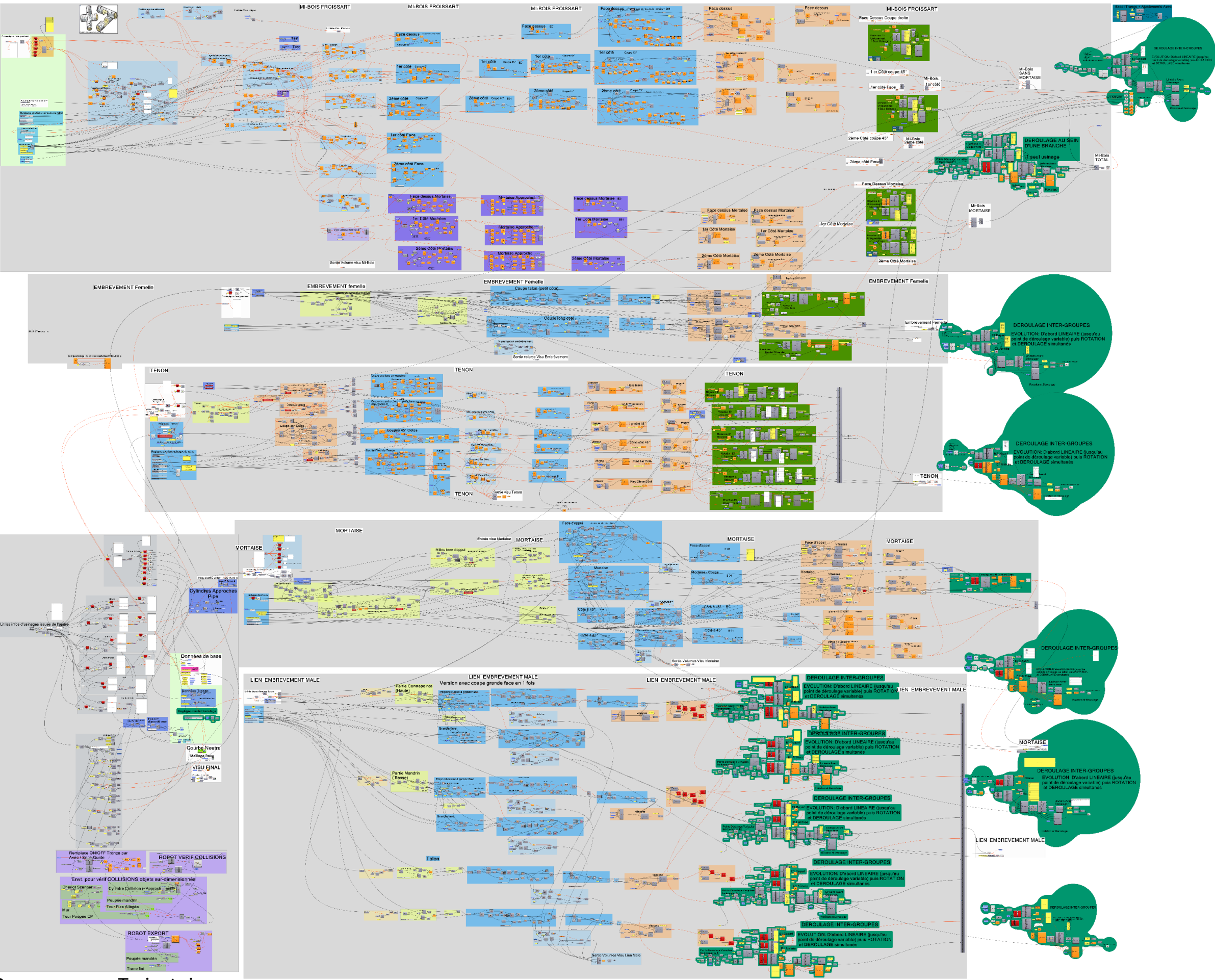
Nous avons a ce jour les assemblages suivants disponibles :

- Mi-bois
- Tenon
- Mortaise
- Embrèvement Male (surtout pour les liens, contrefiches)
- Embrèvement Femelle
- Méplats
- Délignage
- Coupes de mise à longueur
- Moises

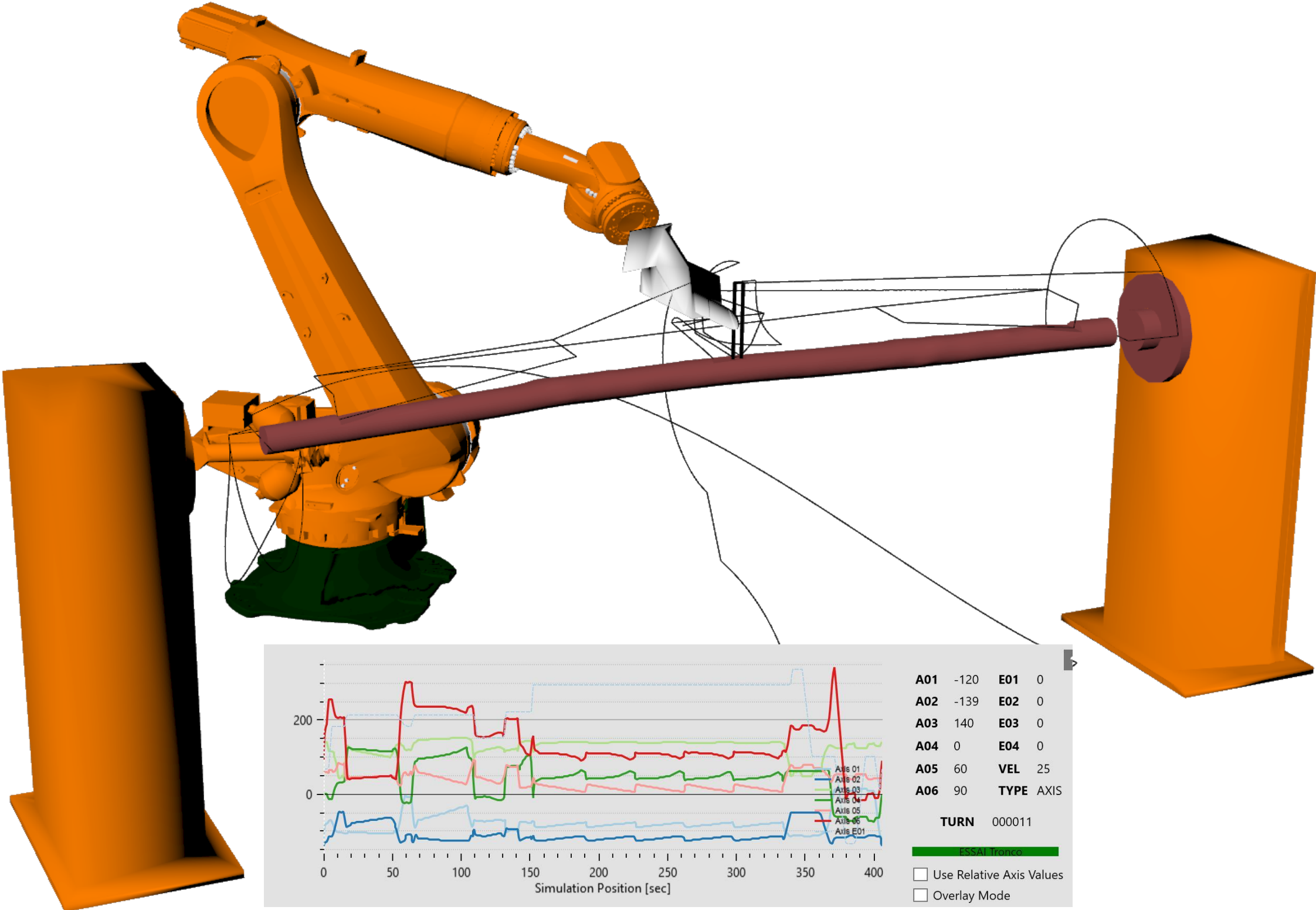


### Création des trajectoires d'usinages

Dans ce programme, nous récupérons les informations de l'analyse d'épure. Ce programme génère les trajectoires du robot et vérifie s'il existe des collisions entre le robot et son environnement ou des mouvements impossibles. C'est le programme le plus complexe qui doit répondre au maximum de cas de figures.



Programme « Trajectoire »



Résultat d'une simulation de trajectoire, on voit la trajectoire du robot et les rotations de chaque axe au cours du temps.

### Partenaires, coopérateurs, soutien, ..

France Tiers-lieux, ANCT, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (thèse de recherche), IUT Génie mécanique et productique de Limoges, CORUO (scanner)-Limoges, SOMAC (rail et chariot du scanner)-La Souterraine  
Nicolas Rohart : technicien robot , Nahoum Champroy : responsable administratif et financier , Ludovic Mallegol : programmation robot

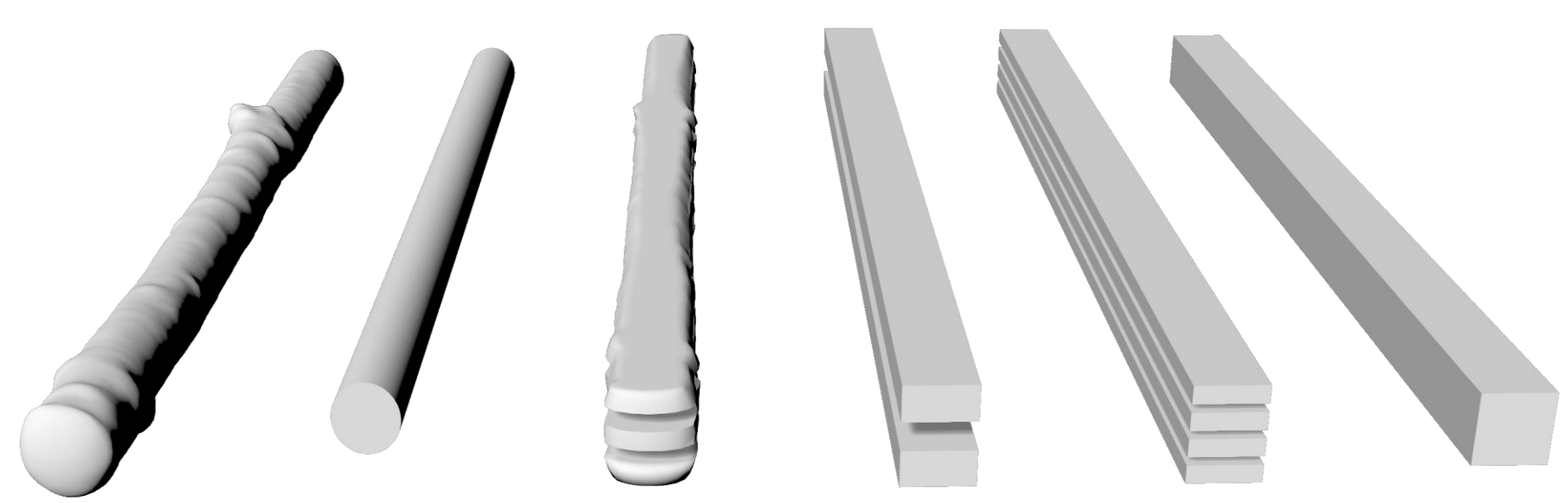
Programme « Epure »



# CHARPENTE DE BOIS BRUT ROBOTISEE

Le processus industriel a recours à la standardisation des éléments. Cette simplification génère néanmoins des coûts considérables (pertes en matière, énergie, infrastructures,...).

Notre proposition : Plutôt que de forcer les arbres à devenir carrés, essayons de construire avec la forme de l'arbre. Nous usinerons des troncs d'arbres bruts à l'aide d'un robot industriel et de son scanner dédié.



Arbre sur pied	Tronc brut	Tronc calibré	Plot	Madriers	Planches	Poutre carrée
Résistance mécanique 1= résistance du bois sur pied	1 à 1,3	1	0,75	0,57	0,57	0,5
Bois nécessaire pour produire 1m³ de bois utile	1	1,2	1,6	2,18	2,13	2,4

Source : Lignum - Arguments Faveur du Bois, 2019

## S'adapter à la forme des arbres

### Matériaux, contexte et méthode

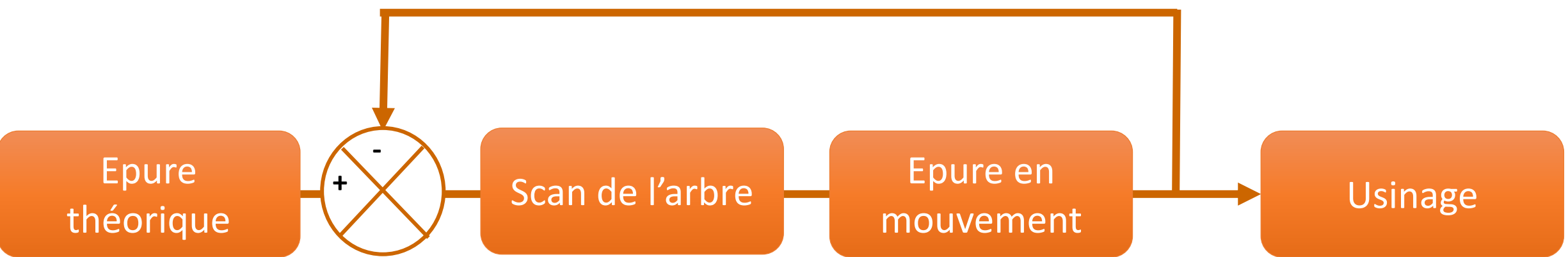
Les Châtaigniers sont actuellement délaissés. Ils offrent une ressource locale abondante et très bon marché. Cette espèce présente des qualités intrinsèques remarquables :

- Une facilité de culture, une bonne vitesse de pousse,
- Une très bonne durabilité (CL3.2 : Extérieur, hors contact avec le sol – 50 à 100 ans)
- Un faible aubier (5 à 10 mm)
- Une bonne résistance mécanique (équivalente à celle du chêne)
- Une excellente résistance naturelle aux xylophages (vrillettes, capricornes, lyctus,...) et aux champignons.

Nous fabriquons des structures à partir de troncs bruts n'ayant subi aucune transformation préalable à part la mise à longueur et l'écorçage (diamètres 10 à 30 cm et longueurs 2 à 5 m).

### Dispositif technique

Le bois est maintenu horizontalement entre une pointe mobile et un mandrin, sur le 7ème axe du robot équipé d'un outil de taille. Un scanner spécialement conçu capture la géométrie du tronc sur toute sa longueur. La rotation du 7ème axe rend toutes les faces accessibles au scanner et à l'outil de coupe. La combinaison logicielle (Photogrammétrie/Rhinoceros/ Grasshopper/Kuka PRC) génère directement le programme d'usinage.



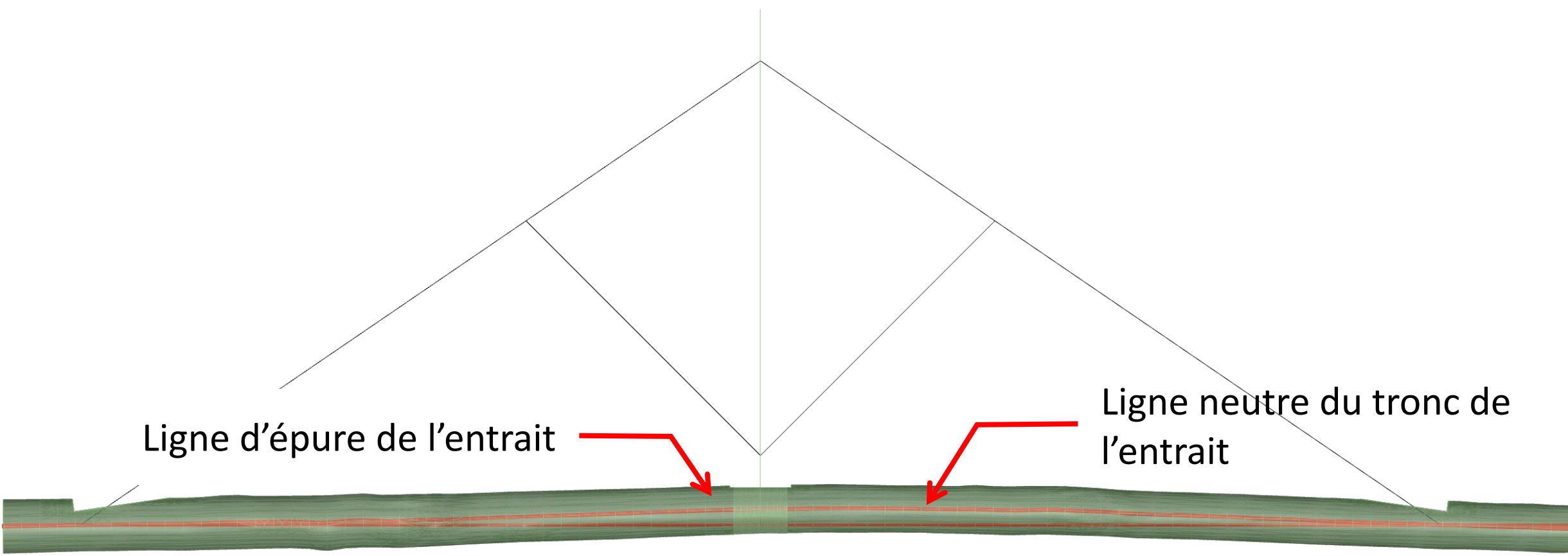
Schématisation du processus de l'épure en mouvement.

### Principe

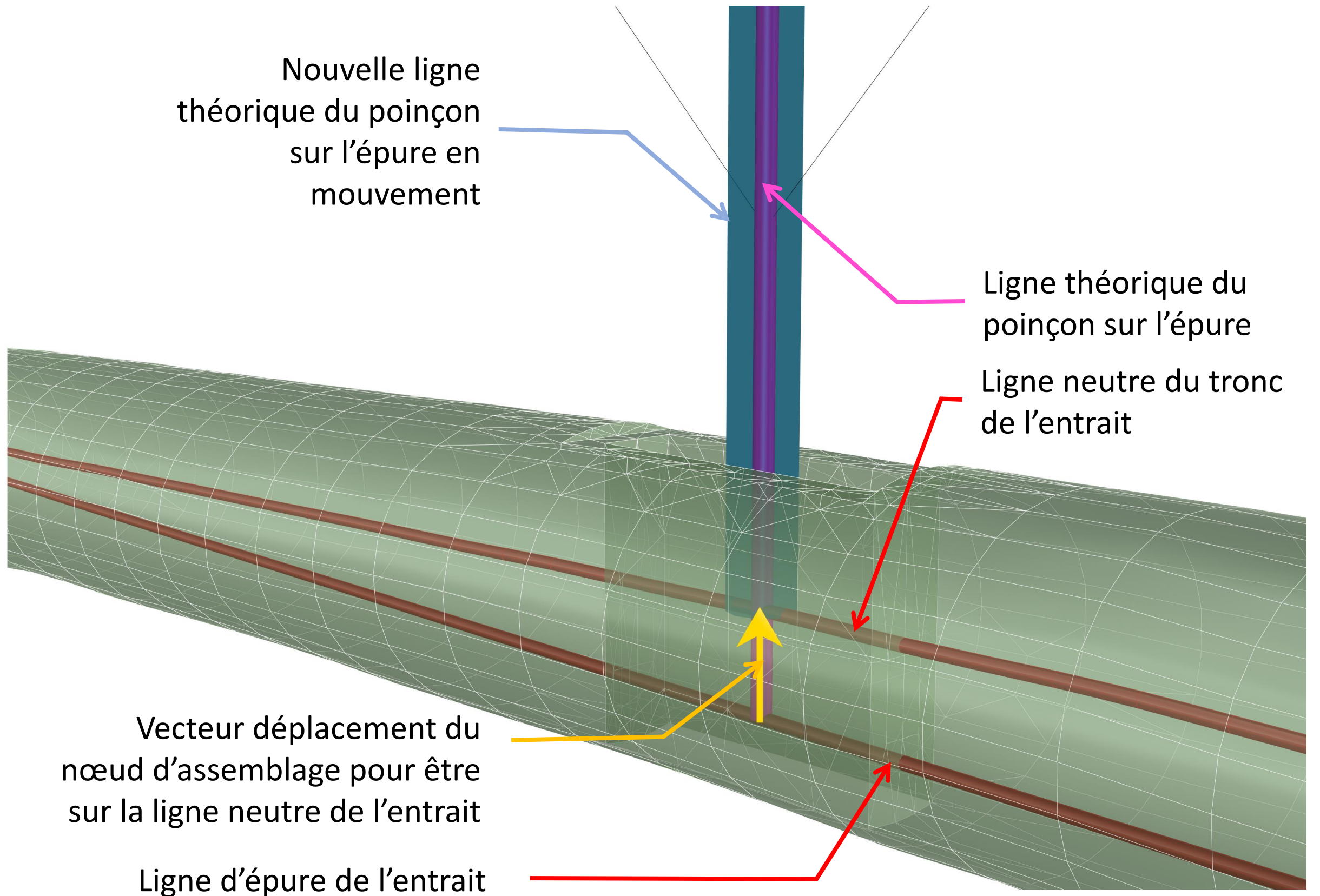
Une fois le tronc scanné, il est importé dans notre programme dont le résultat immédiat est la trajectoire d'usinage du robot.

La géométrie réelle de l'arbre modifie la conception initialement prévue. L'épure est "en mouvement": elle se déplace en temps réel par une boucle continue entre réalité (scan) et théorie (modèle 3D). Chaque élément nouveau reçoit l'héritage de forme des éléments précédents. Une filiation s'établit entre les pièces et les assemblages en rapport avec leur importance structurelle.

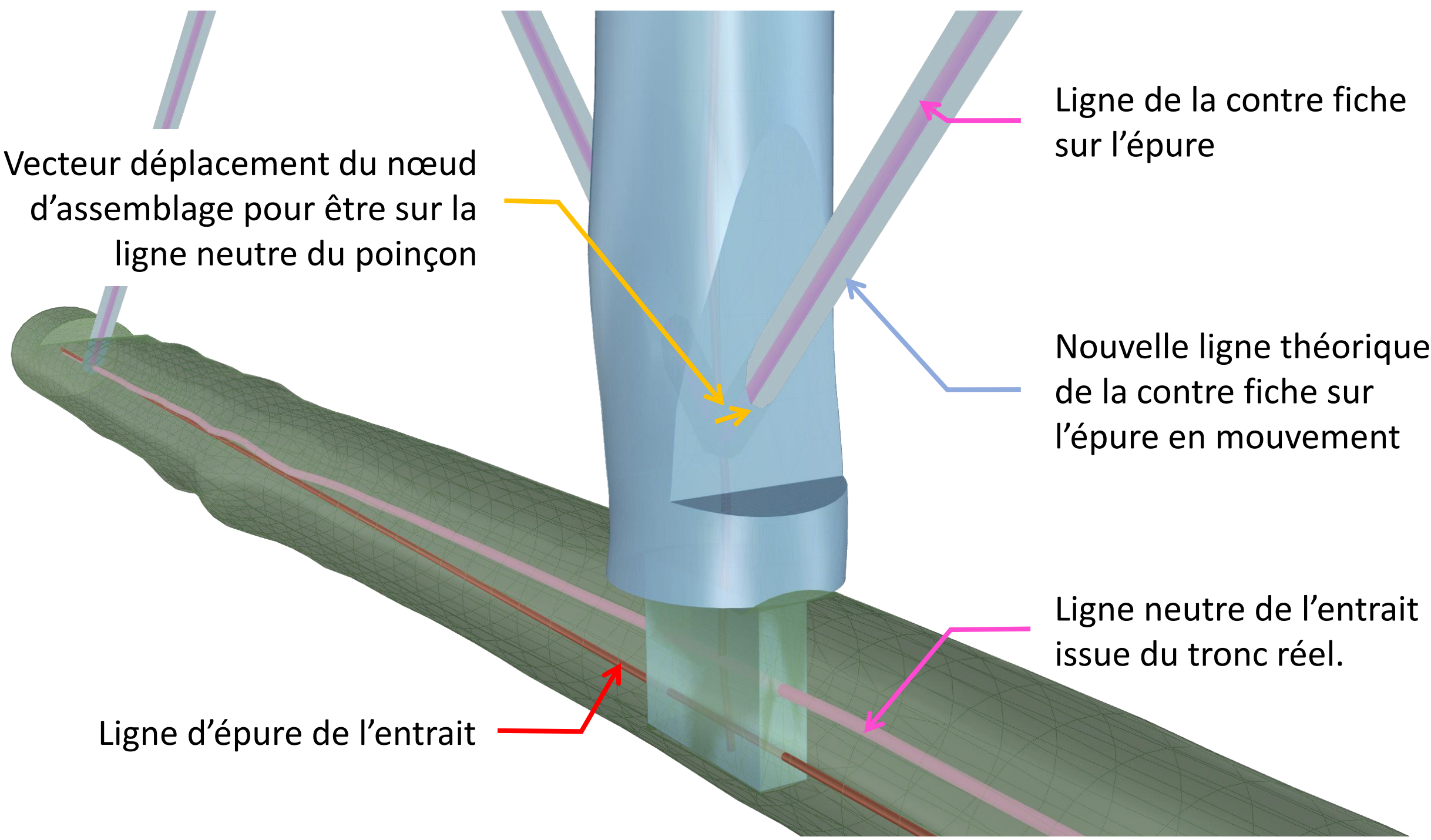
Ce mécanisme de construction copie celui des arbres eux-mêmes: empiler solidement la matière malgré les aléas ou les singularités. Le placement des assemblages en cohérence avec la géométrie naturelle des troncs favorise la continuité des fibres et met pleinement à contribution le génie végétal en termes de résistance mécanique.



Le tronc est placé sur l'épure en minimisant les déplacements des nœuds d'assemblages



## La forme de l'arbre a une influence sur la structure



### Perspectives

Nous souhaitons partager notre outil et notre savoir faire avec des professionnels de la charpente et ouvrir un nouveau métier le charpentier de bois brut.

### Partenaires, coopérateurs, soutien, ..

France Tiers-lieux, ANCT, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (thèse de recherche), IUT Génie mécanique et productique de Limoges, CORUO (scanner)-Limoges, SOMAC (rail et chariot du scanner)–La Souterraine

Nicolas Rohart : technicien robot , Nahoum Champroy : responsable administratif et financier , Ludovic Mallegol : programmation robot