

Place de l'IA dans l'amélioration des processus industriels. Cas des projets MicroLeanLab, Toolwear et AdaptCut

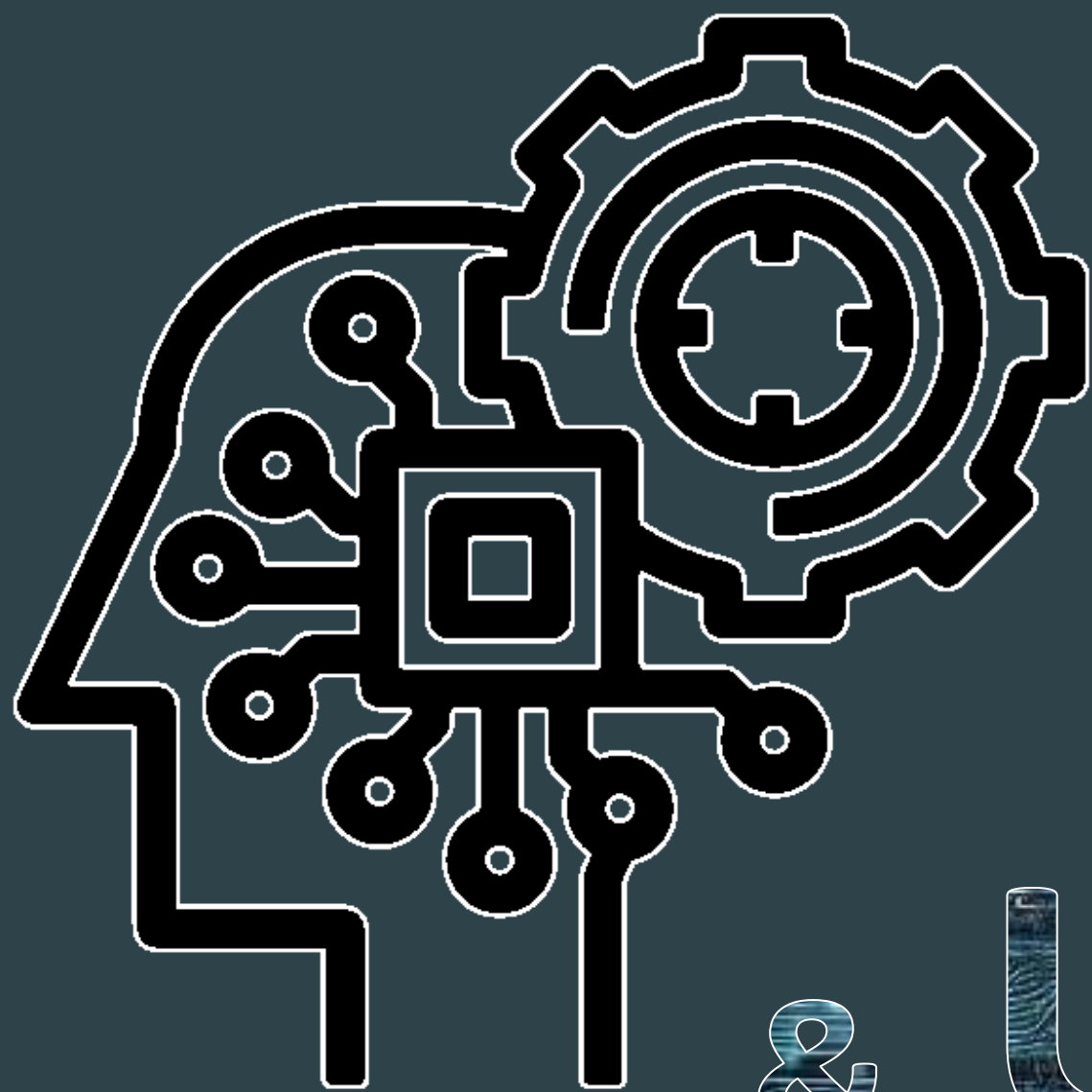
Prof. Dr. Hatem Ghorbel

Groupe de compétence Analyse de données

Haute Ecole Arc Ingénierie

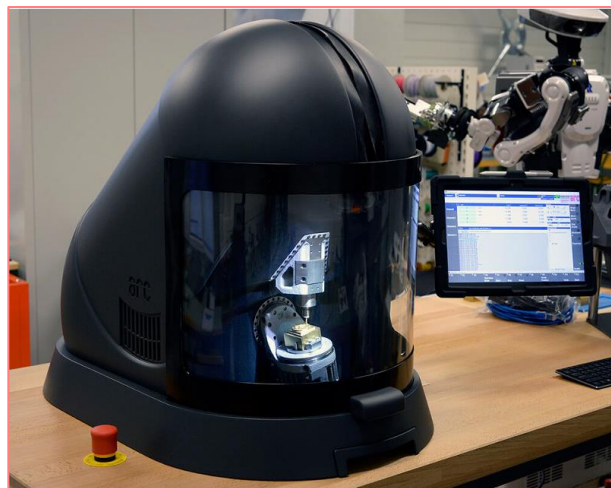
Plan de la présentation

- C'est quoi l'IA dans le micro-usinage
- Projet MicroLeanLab MiLL (He-Arc + privés)
- Projet ToolWear (HES-SO + EU-SOON)
- Projet AdaptCut (Innosuisse)



& Usinage

MicroLeanLab MiLL



MicroLean Lab

2024

Projet MicroLean Lab

Projet fondé par la HE-Arc Ingénierie fédérant plusieurs dizaines d'entreprises suisses

Vision : proposer une plateforme d'expérimentation au service de l'écosystème industriel du Swiss Made dans les domaines du manufacturing microtechnique et de l'Industrie 4.0.

Expérimentation

Développer et partager la vision d'une micro-usine connectée, autonome et reconfigurable appelée à révolutionner l'industrie microtechnique.

Communauté

Constituer une communauté d'intérêts formée de partenaires industriels de tailles et d'horizons divers dans une logique de réseaux de valeur connectés.

Efficiences

Développer des technologies écologiquement et économiquement efficaces dans un environnement en mutation profonde.

IA @MiLL

- Prédire la qualité d'un usinage en observant les signaux «in-process»
- Focus sur l'impact de l'usure d'outils
- Approche par apprentissage automatique (*machine learning*)
- Mise en place d'un démonstrateur pour le SIAMS'22
- Trois objectifs:
 - Prédiction qualité dimensionnelle
 - Prédiction état de surface
 - Détection casse outil
- Contraintes:
 - Pas de capteurs externes

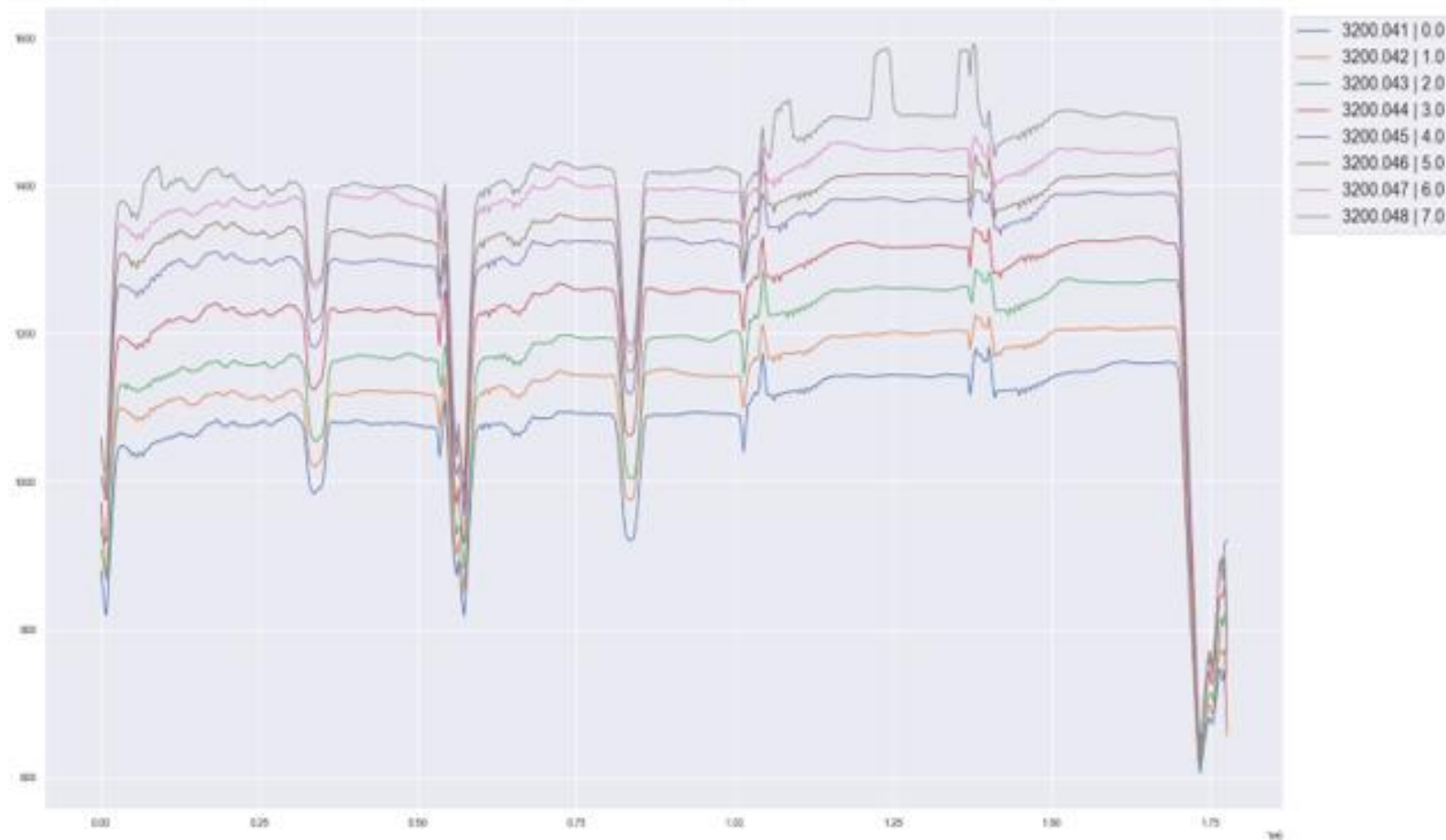


Pièce SIAMS



*Variation état surface flanc
étage 1 (en haute : pièce 1, en
bas : pièce 5)*

Courant de broche et usure d'outil



Evolution du courant : Même outil, pièces 0-7

adapt**CUT**



Pièce SIAMS



*Variation état surface flanc
étage 1 (en haute : pièce 1, en
bas : pièce 5)*

Blocs technologiques intelligents – Perception et prédiction

Projet SIAMS 2022

- Prédiction dimensionnelle
 - 138 pièces usinées et mesurées

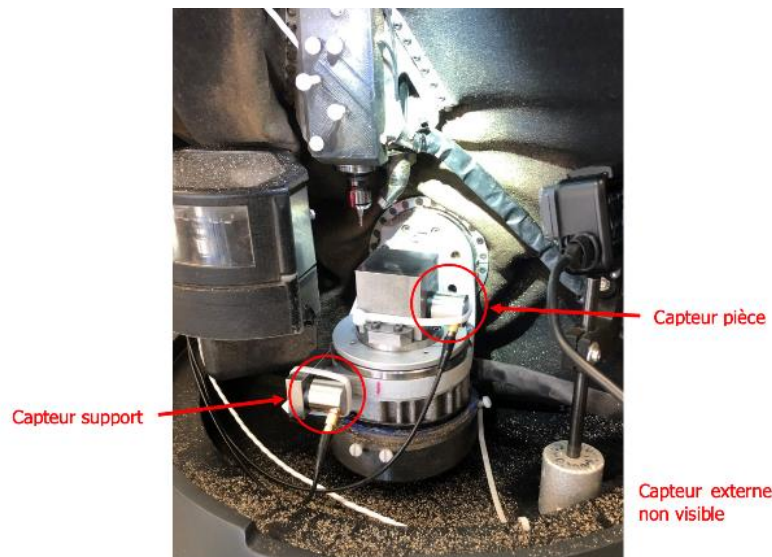
MAE (test)	DiaC [mm]	DiaD [mm]	A13 [mm]	A24 [mm]	B14 [mm]	B25 [mm]	B36 [mm]
pré-siams	0.0015	0.006	0.004	0.003	0.005	0.005	0.007
post-siams	0.001	0.003	0.002	0.003	0.005	0.005	0.003

ACC (test)	Bas [%]	Haut [%]
pré-siams	65	65
post-siams	85	75



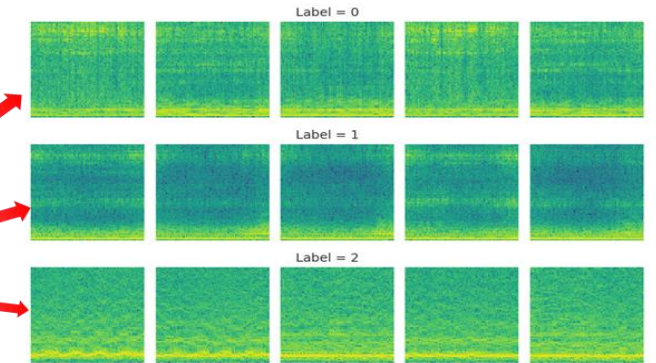
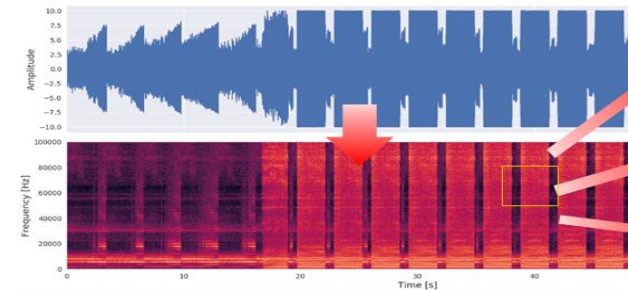
ToolWear + SOON

Quality prediction: Using Vibro-Acoustics signal analysis

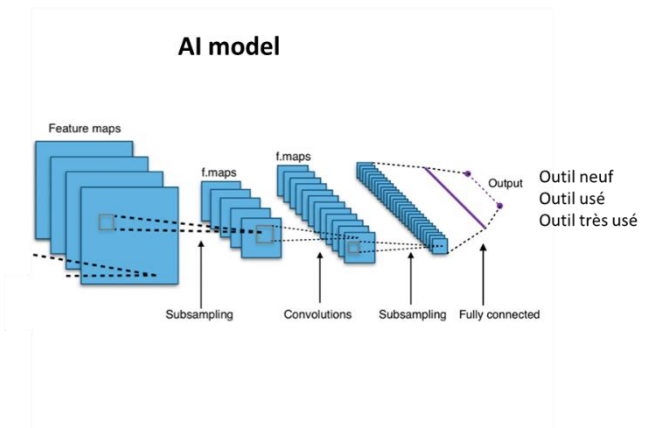
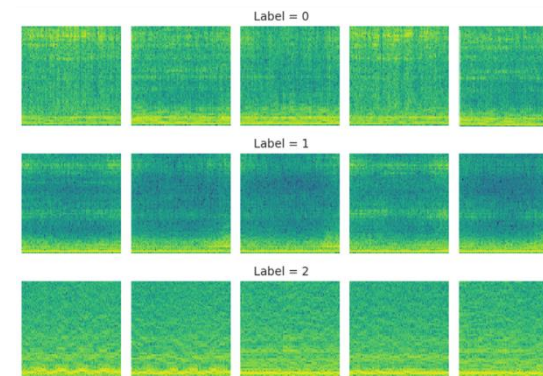


Signaux acoustiques

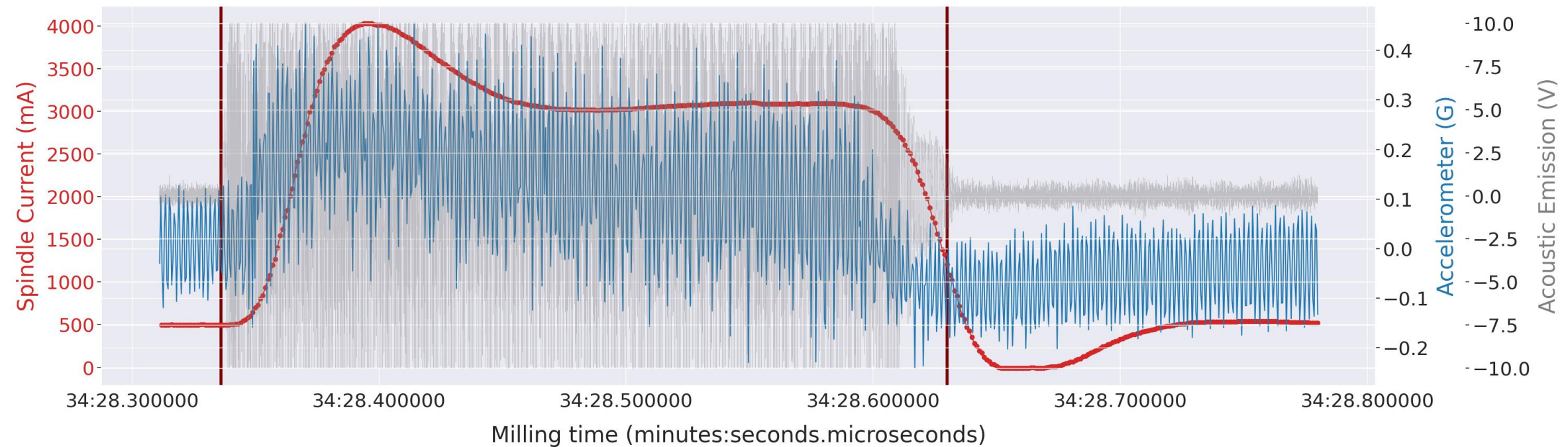
Spectrogramme



Exemples de spectrogrammes pour les différents labels. 0 outil neuf, 1 usé, 2 très usé

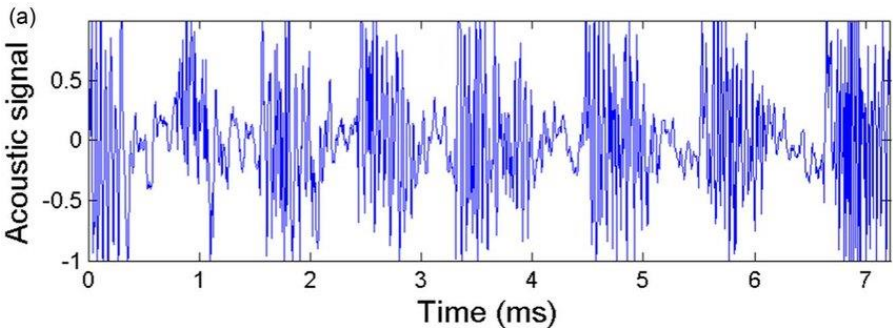


Sample of collected signals



Sampling frequencies: *spindle & axis currents (1kHz), accelerometers (2kHz) & acoustic emission (200kHz)*

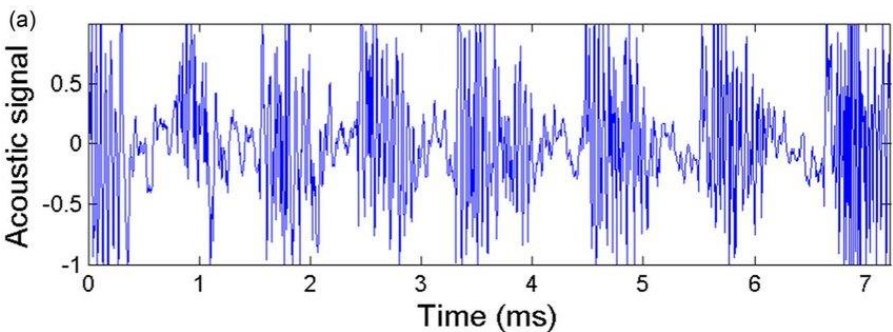
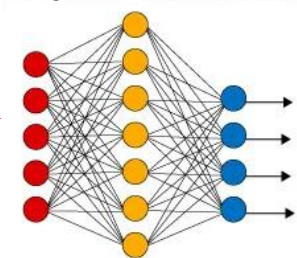
Feature/Classification approaches



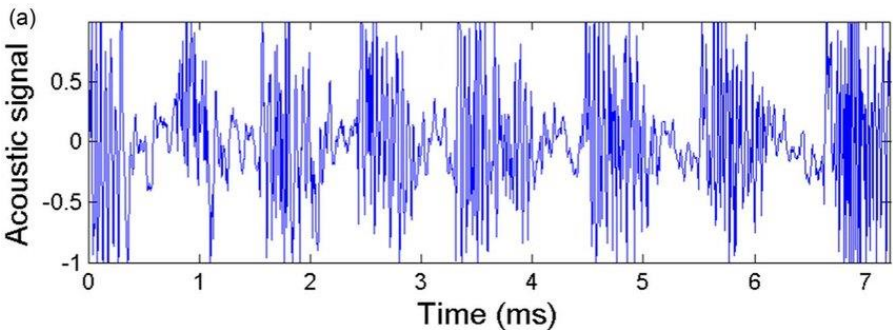
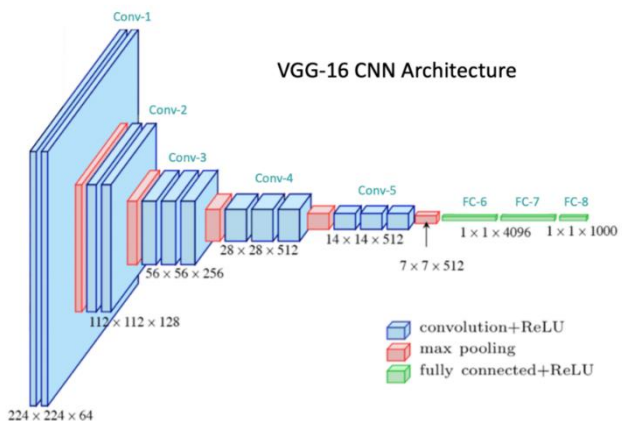
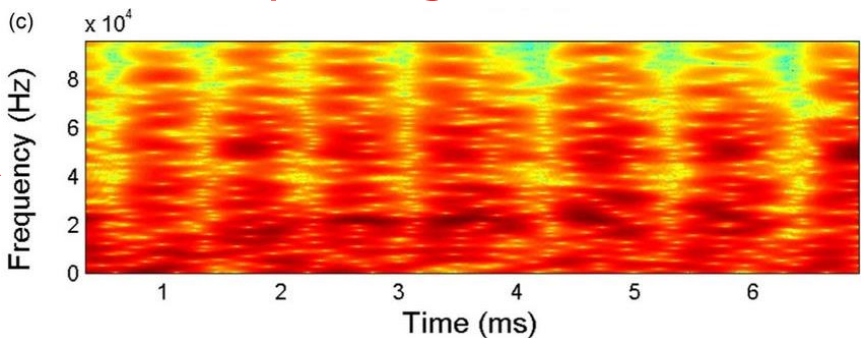
Statistical features

$\mu, \sigma \dots$

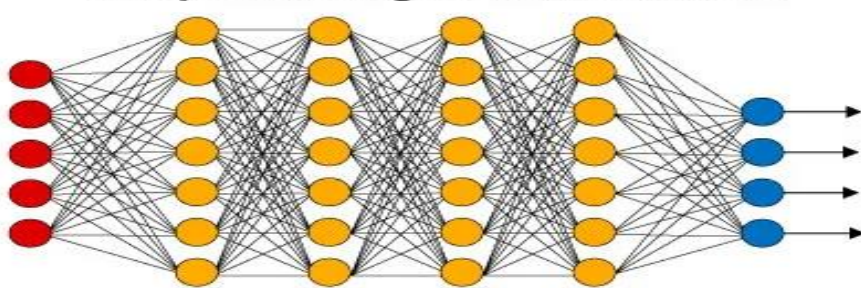
Simple Neural Network



Spectrograms



Deep Learning Neural Network



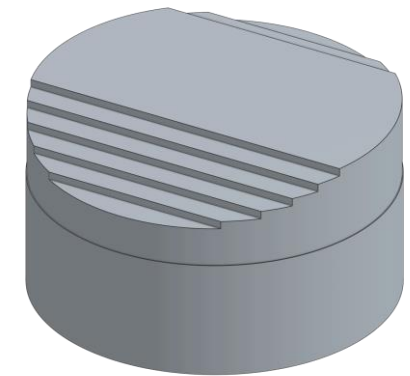
Experience & dataset

– Experience

- Milling round material (stainless steel AISI 303)
- Dataset based on 6 experiences (on a total of 22 experiences)
- ~1h of milling – ~1150 passes (by experience)

– Different data sources

- Internal
 - Currents (6 axes) – Spindle & 5 machining axes
 - *Temperatures, positions, .. (available but not used at this time)*
- External
 - Accelerometers (9 sensors)
 - Acoustic Emission (1 sensor)



*3D model of the milled part
(~ Ø 45 x 25 mm)*

Focus on Machine Learning Algorithms using Statistical Features

Results

- Currents: ~ 0.69 * f1-score – Fine tuned ~ 0.73 * f1-score
- Accelerometers: ~ 0.49 f1-score
- Acoustic Emission: ~ 0.47 f1-score
- Merged features: ~ 0.68 f1-score

Dreyer, J., Carrino, S., Ghorbel, H., & Cotofrei, P. (2023, September). Tool Wear Monitoring Using Multi-sensor Time Series and Machine Learning. In EPIA Conference on Artificial Intelligence (pp. 497-510). Cham: Springer Nature Switzerland.



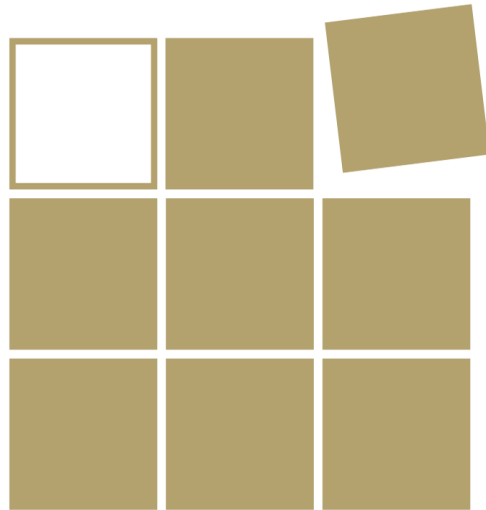
haute école
neuchâtel berne jura



haute école
neuchâtel berne jura

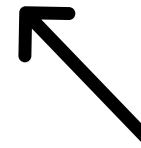
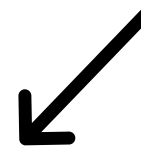


CHIRON Group



MICROLEANLAB

→ **adapt**CUT

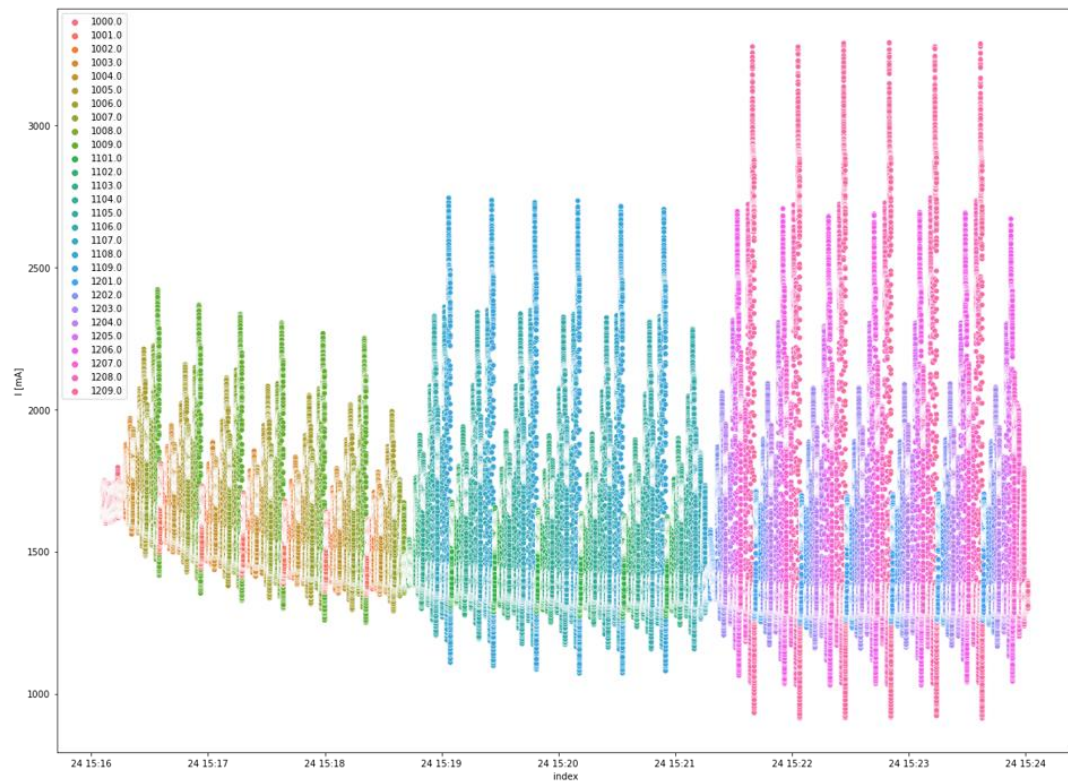


Innosuisse

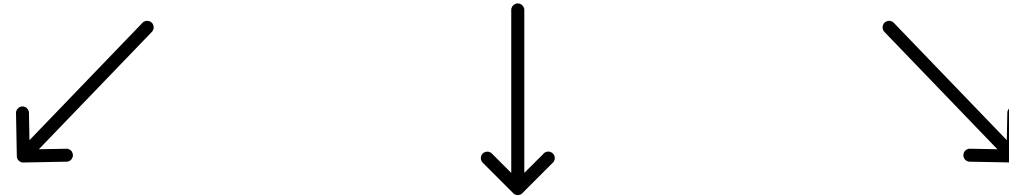
 **LOUIS BELET**
Swiss Cutting tools

adaptCUT

Hes-so



adaptCUT



optiCOM

Optimisation
automatique du **C**ouple
Outil/**M**atière

adaptCUT_{cc}

Conditions de **C**oupe
Pour les usineurs en
production

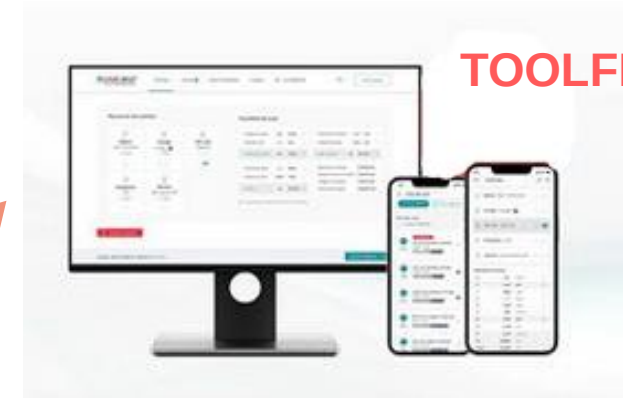
adaptCUT_{go}

Géométrie d'**O**utils
Pour Louis Bélet SA



SkyLight
+ **E-Shop**

ERP

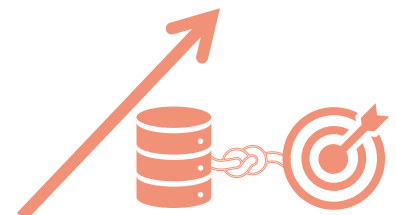


TOOLFINDER



adaptCUT

adaptCUT_{CC}



Usineur 1



Usineur 2



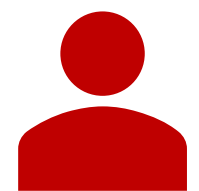
Usineur xx



adaptCUT_{GO}



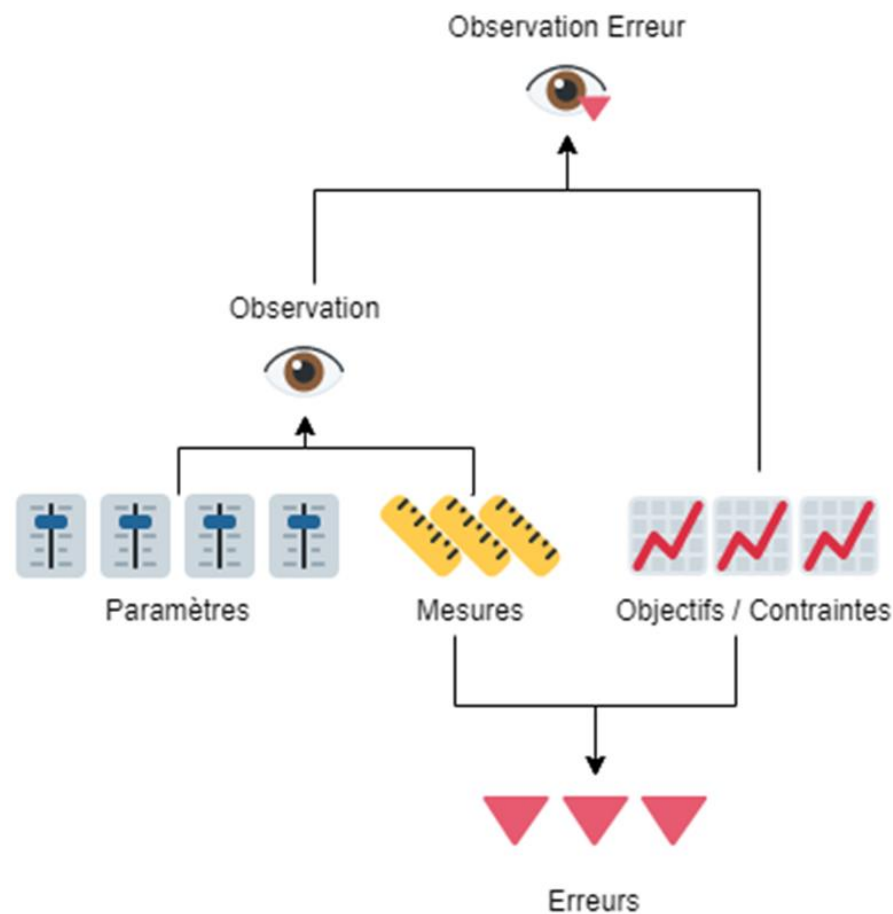
Nouvelle géométrie d'outil



adapt**CUT**cc

Optimisation des paramètres de coupe

Optimisation des paramètres de coupe, V_c , F_z , A_e

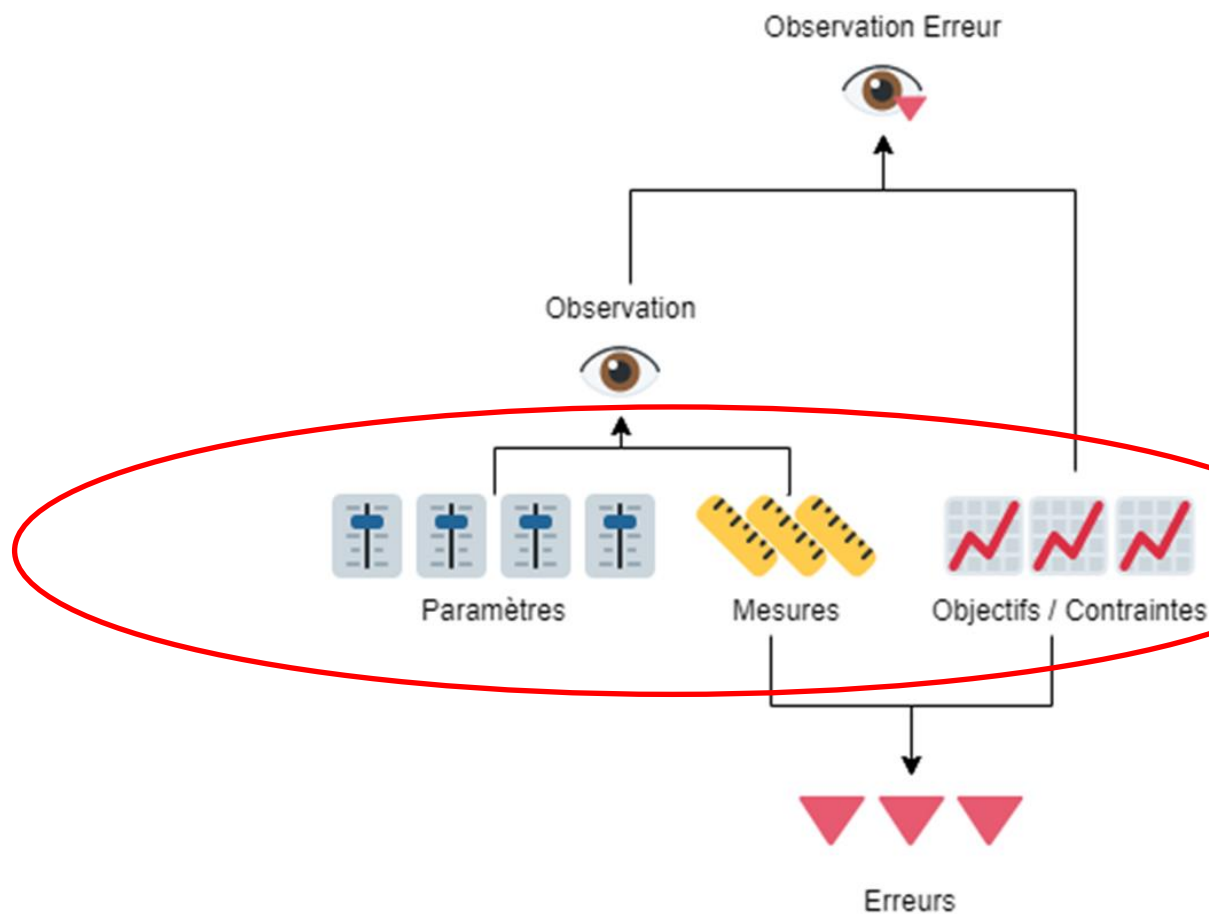


Les observations associent des paramètres de coupes à des mesures

En définissant des objectifs pour chaque mesure on est en mesure de calculer l'erreur

L'erreur est la base de l'optimisation

Optimisation des paramètres de coupe, V_c , F_z , A_e

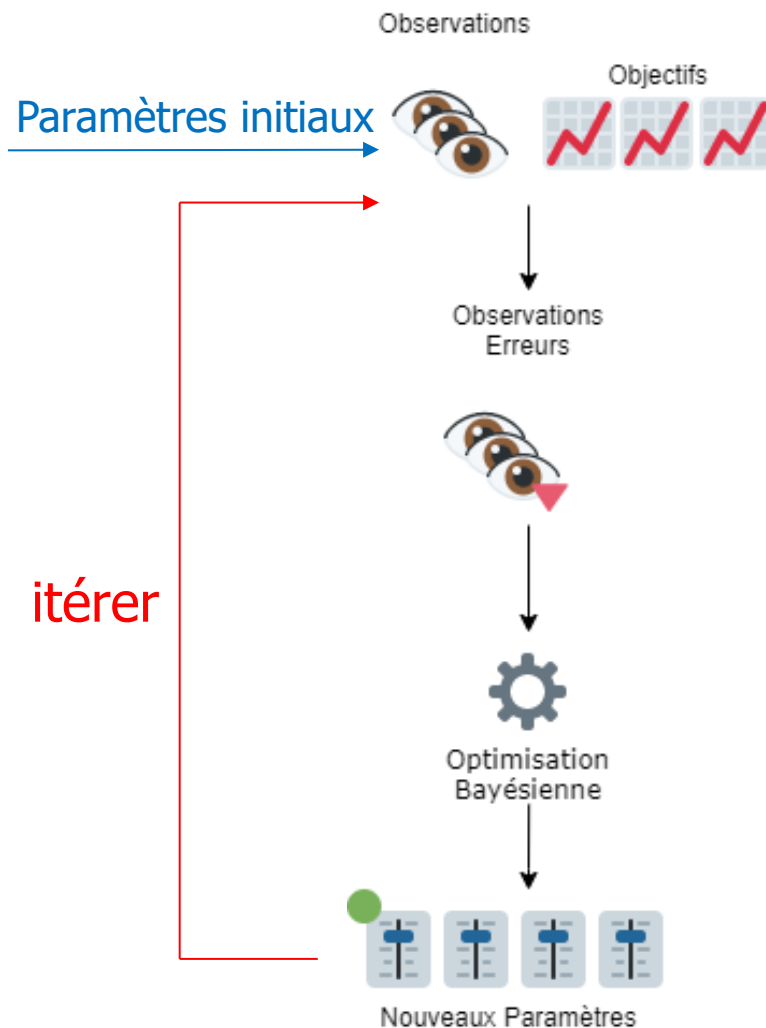


Les observations associent des paramètres de coupes à des mesures de qualité

En définissant des objectifs pour chaque mesure on est en mesure de calculer l'erreur

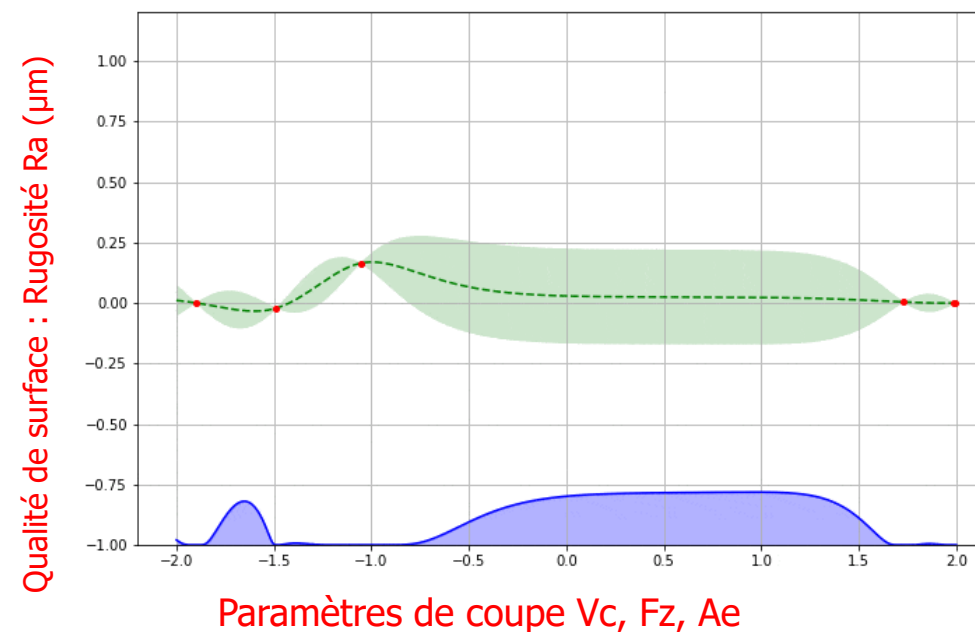
L'erreur est la base de l'optimisation

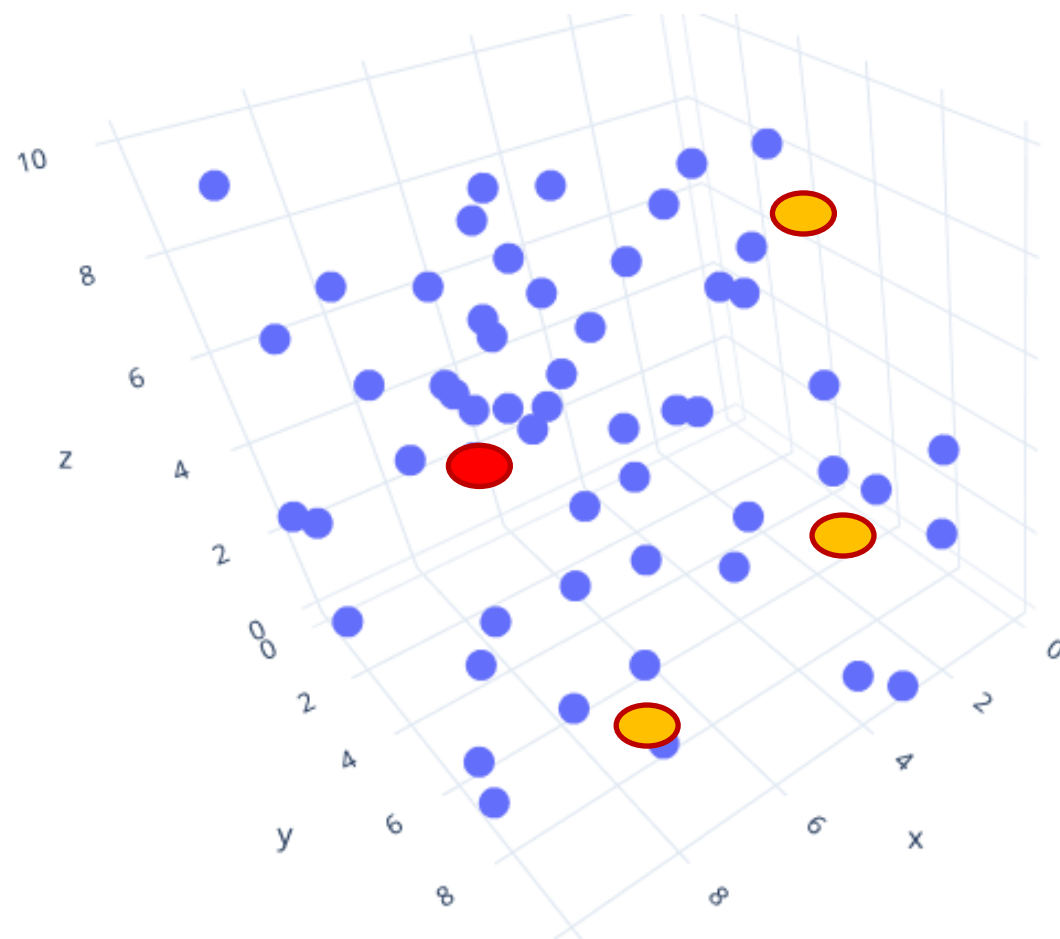
Optimisation des paramètres de coupe

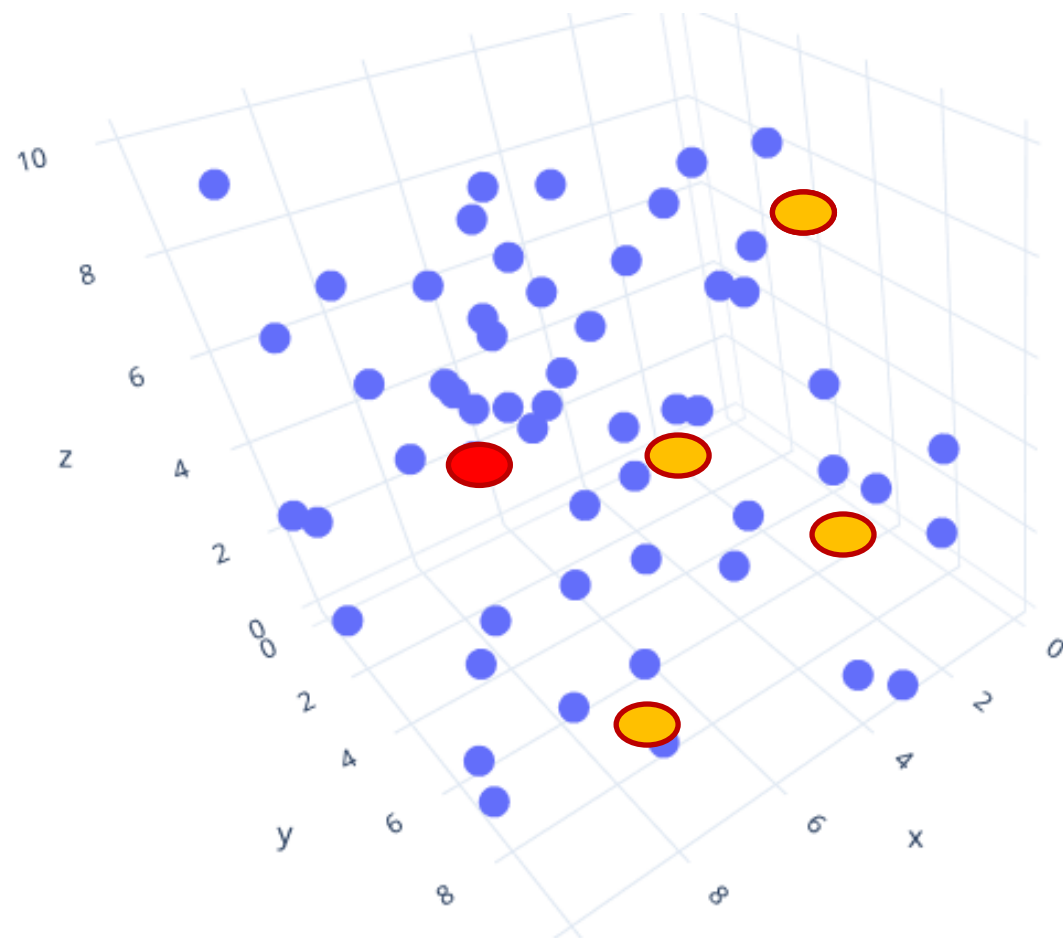


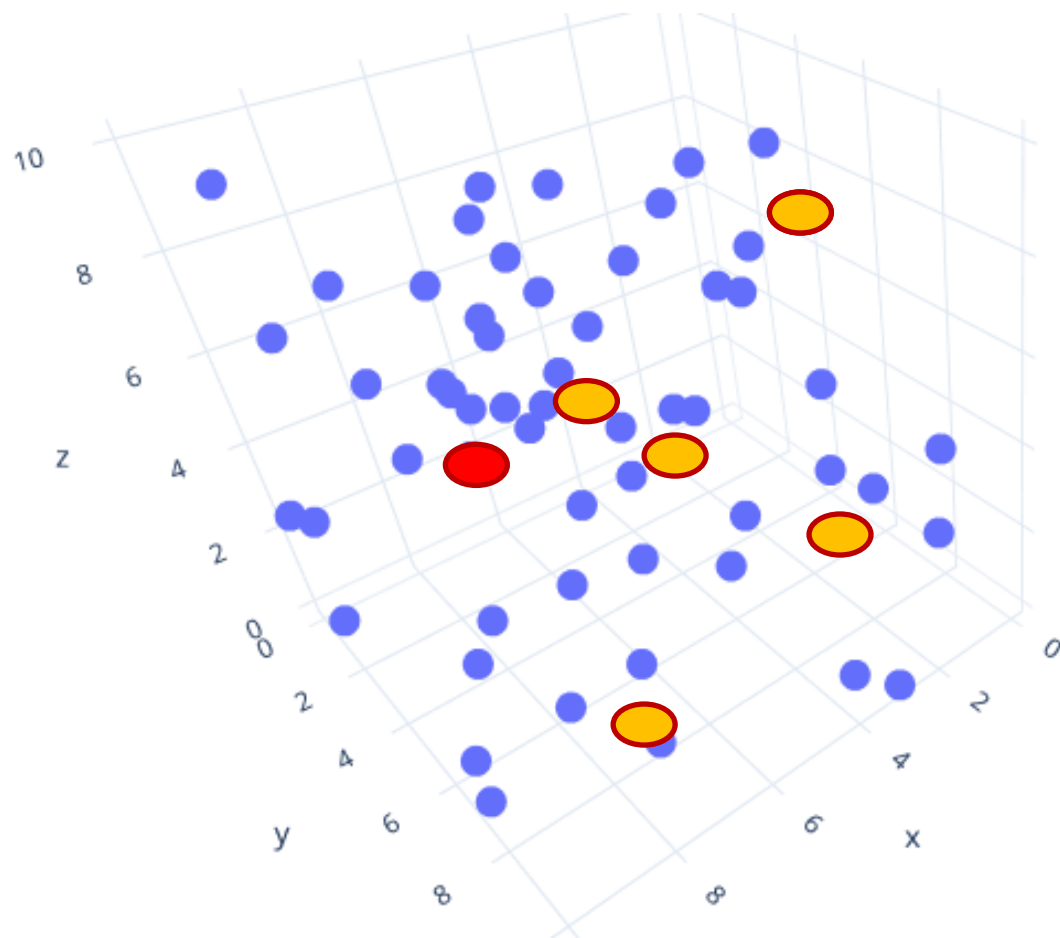
- Un algorithme Bayésien étudie la relation entre les paramètres de coupe et les erreurs constatés
- Dans un second temps, un nouveau couple de paramètres est proposé. Ce couple de paramètres cherche à minimiser les erreurs.

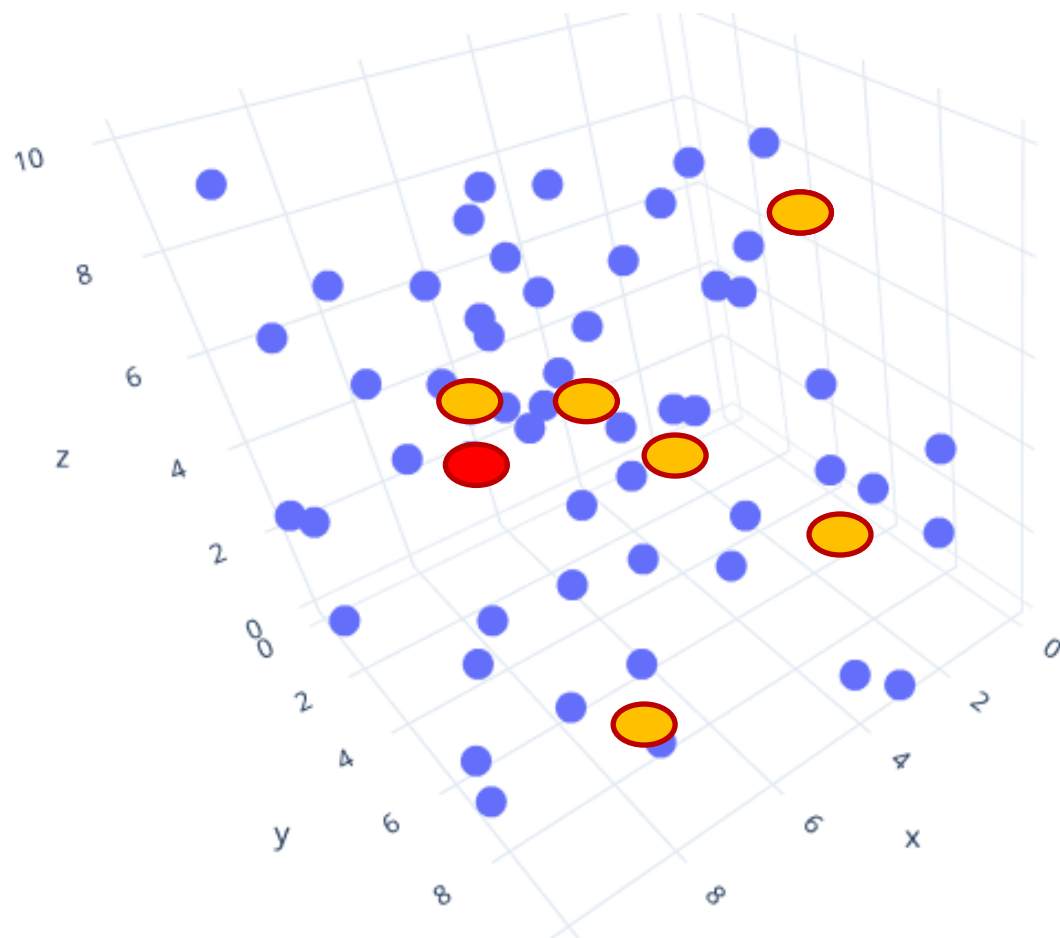
Algorithme converge au bout de 10 itérations













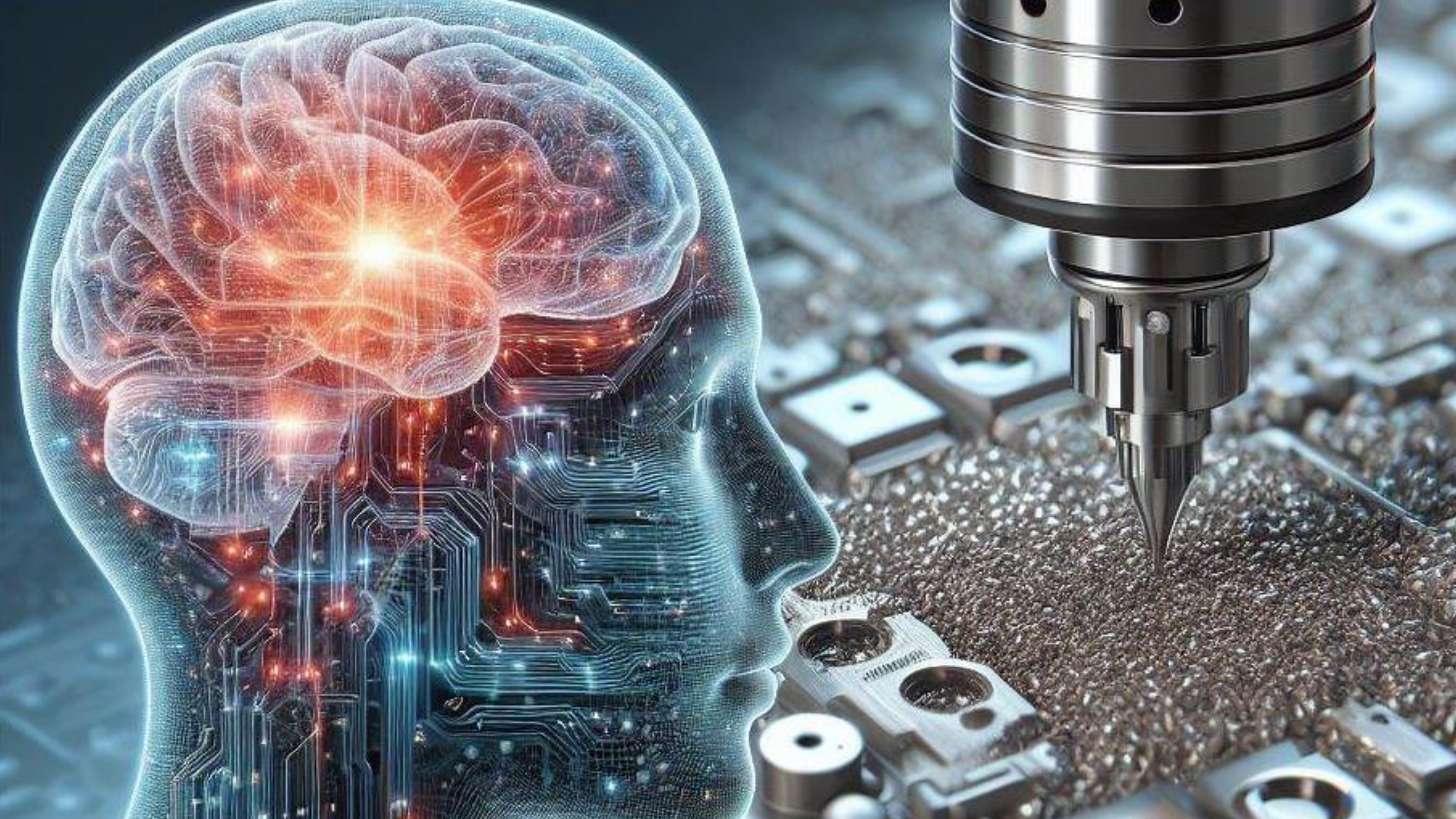
Conclusions

- Algorithme Bayésien de recherche de paramètre de coupe :
 - Compétitif avec l'humain
 - Dans 80% des scénarios -> convergences comparables à un opérateur humain expérimenté

adapt**CUT**GO



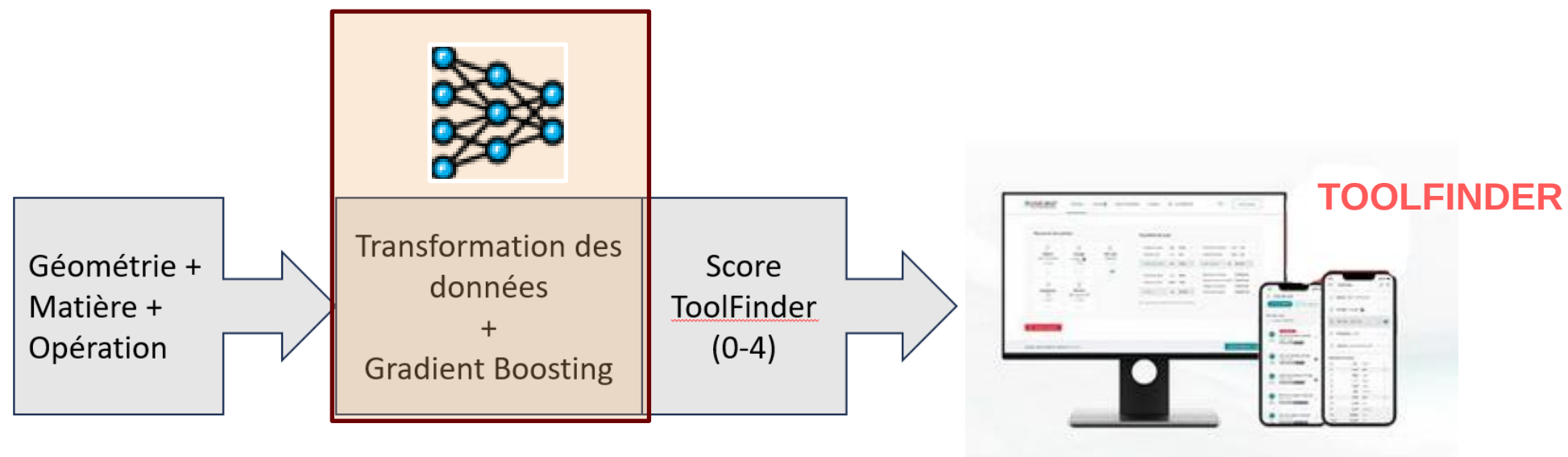
Optimisation de la géométrie des outils de coupe



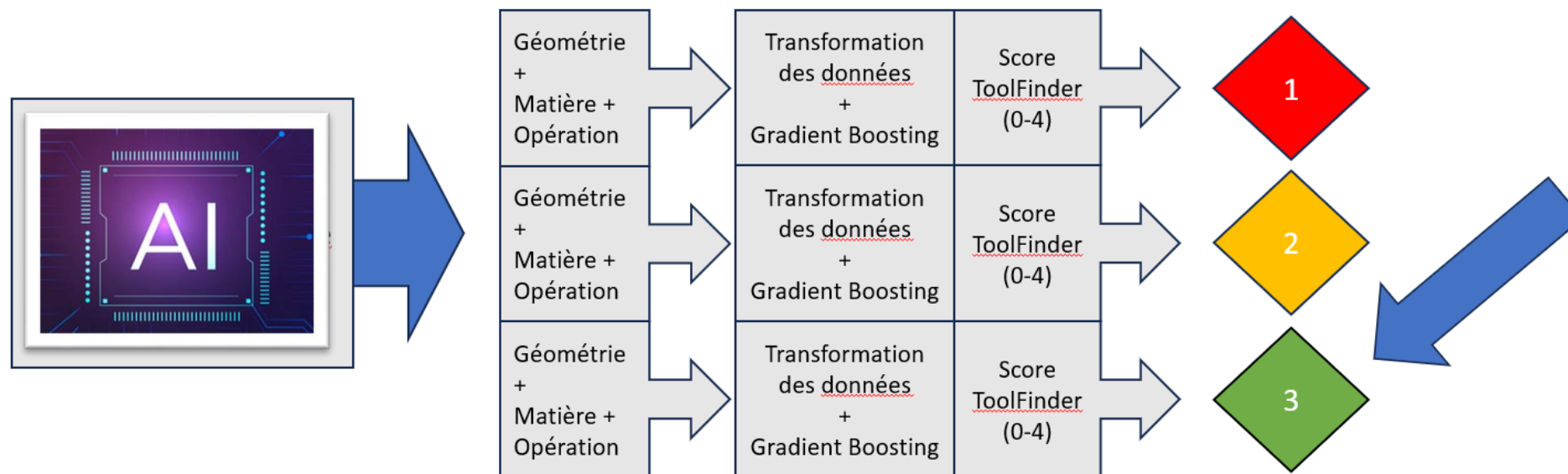
Recherche par l'IA une géométrie d'outil plus performant

- ToolFinder est un outil web mis au point par Louis Bélet SA pour aider leurs clients à choisir le meilleur outil pour une tâche.
- Deux paramètres principaux sont utiles pour le choix d'un nouvel outil :
 - 10 opérations (surfaçage, épaulement, rainurage, ...)
 - 31 matériaux (acier $<700 \text{ N/mm}^2$, acier Inoxydable, cuivre, ...)
 - soit un total théorique de 310 combinaisons différentes
 - Un score 0-4 pour chaque combinaison
- Base de données ISO 13399 qui contient tous les paramètres possibles pour un outil (70 paramètres comme Nb dents, Diamètre, Longueur, substrat, ...)

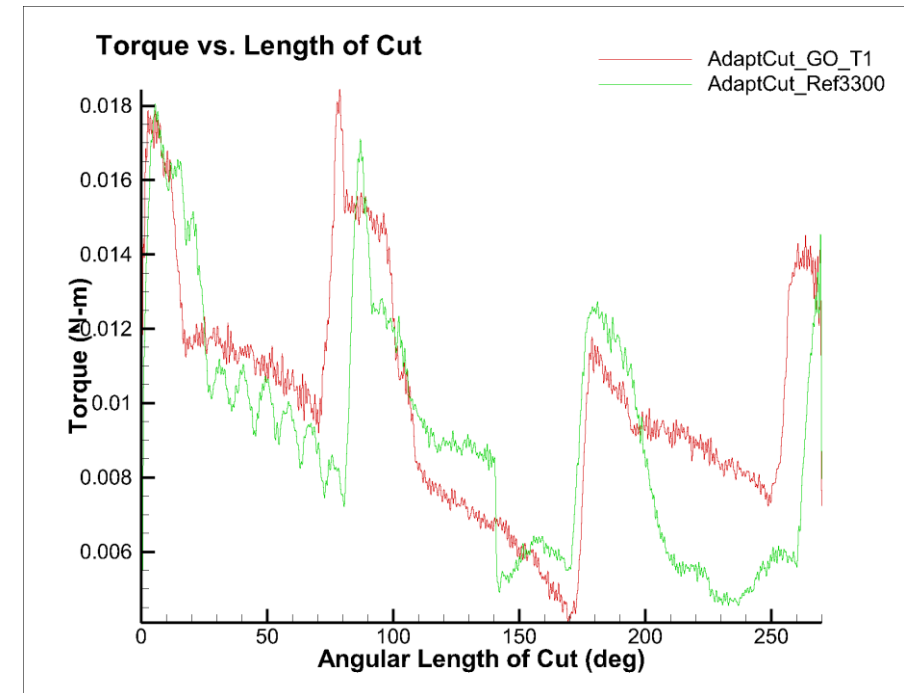
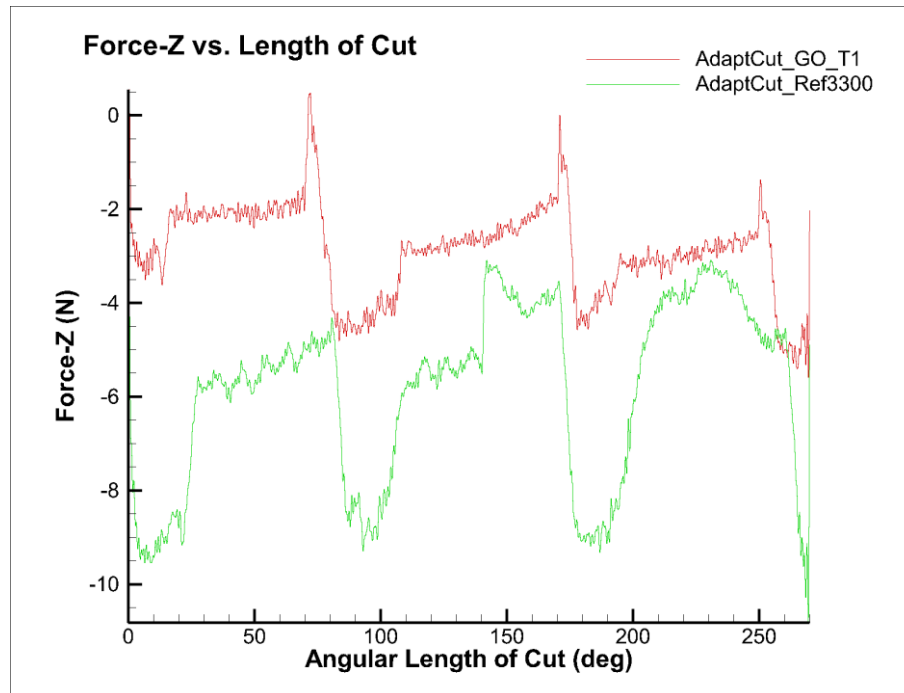
Estimation des scores outil-matière-opération



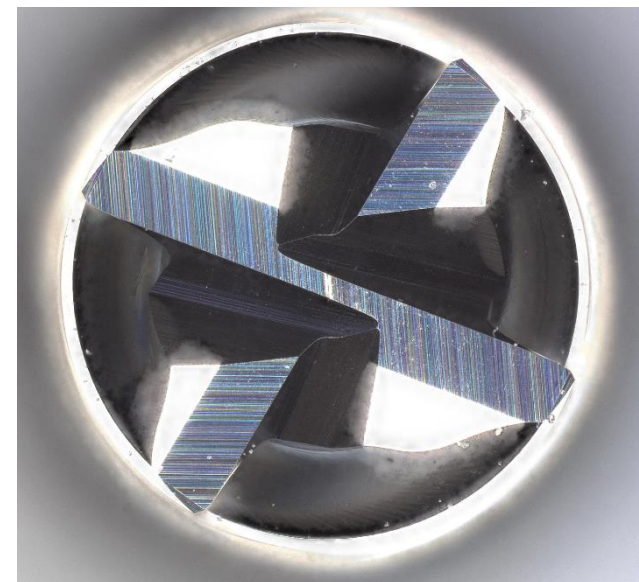
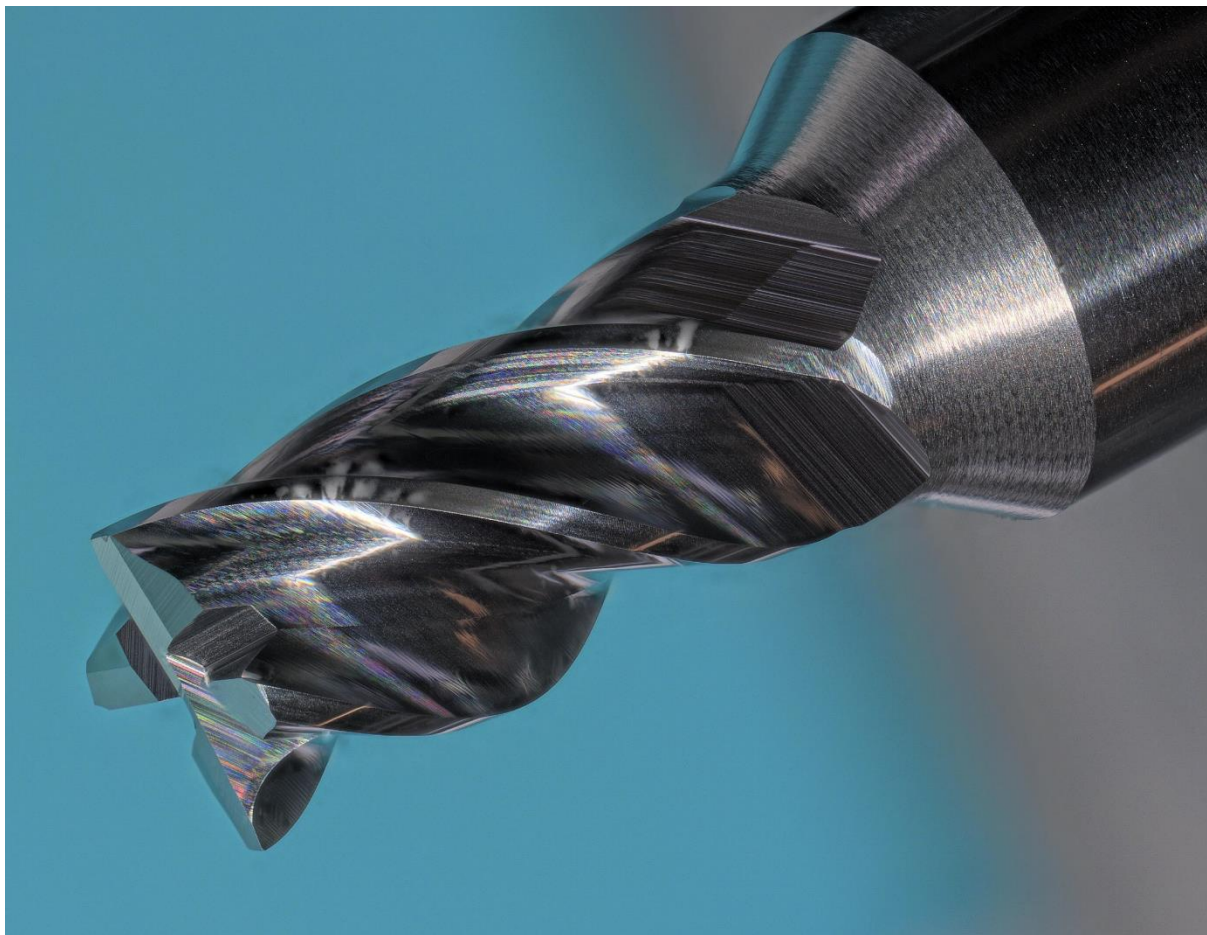
Génération de géométrie d'outil



Analyse de la meilleure fraise générée par l'IA: force et couple



L'outil LOUIS BELET généré par l'IA



Merci pour votre attention

Questions?