



ECOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE TOURS

Département Informatique

64 avenue Jean Portalis

37200 Tours, France

Tél. +33 (0)2 47 36 14 14

polytech.univ-tours.fr

Projet Recherche & Développement

2021-2022

Développement d'un outil d'analyse de données issues d'essais d'usinage

ECOLE1



POLYTECH[®]
TOURS

Tuteur académique
Patrick MARTINEAU

Étudiant
William BESNARD (DI5)

1^{er} avril 2022



Liste des intervenants

| Nom | Email | Qualité |
|-------------------|--|--|
| William BESNARD | william.besnard@etu.univ-tours.fr | Étudiant DI5 |
| Patrick MARTINEAU | patrick.martineau@univ-tours.fr | Tuteur académique, Département Informatique |



Avertissement

Ce document a été rédigé par William BESNARD susnommé l'auteur.

L'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours est représentée par Patrick MARTINEAU susnommé le tuteur académique.

Par l'utilisation de ce modèle de document, l'ensemble des intervenants du projet acceptent les conditions définies ci-après.

L'auteur reconnaît assumer l'entière responsabilité du contenu du document ainsi que toutes suites judiciaires qui pourraient en découler du fait du non respect des lois ou des droits d'auteur.

L'auteur atteste que les propos du document sont sincères et assume l'entière responsabilité de la véracité des propos.

L'auteur atteste ne pas s'approprier le travail d'autrui et que le document ne contient aucun plagiat.

L'auteur atteste que le document ne contient aucun propos diffamatoire ou condamnable devant la loi.

L'auteur reconnaît qu'il ne peut diffuser ce document en partie ou en intégralité sous quelque forme que ce soit sans l'accord préalable du tuteur académique et de l'entreprise.

L'auteur autorise l'école polytechnique de l'université François Rabelais de Tours à diffuser tout ou partie de ce document, sous quelque forme que ce soit, y compris après transformation en citant la source. Cette diffusion devra se faire gracieusement et être accompagnée du présent avertissement.



Pour citer ce document

William BESNARD, *Développement d'un outil d'analyse de données issues d'essais d'usinage: ECOLE1*, Projet Recherche & Développement, Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, Tours, France, 2021-2022.

```
@mastersthesis{
  author={BESNARD, William},
  title={Développement d'un outil d'analyse de données issues d'essais d'usinage: ECOLE1},
  type={Projet Recherche \& Développement},
  school={Ecole Polytechnique de l'Université de Tours},
  address={Tours, France},
  year={2021-2022}
}
```

Table des matières

| | |
|--|----------|
| Liste des intervenants | a |
| Avertissement | b |
| Pour citer ce document | c |
| Table des matières | i |
| Table des figures | v |
| 1 Introduction | 1 |
| 1 Acteurs, enjeux et contexte | 1 |
| 2 Objectifs..... | 1 |
| 3 Bases méthodologiques..... | 2 |
| 2 Description générale | 3 |
| 1 Environnement du projet..... | 3 |
| 2 Caractéristiques des utilisateurs | 3 |
| 3 Fonctionnalités du système | 4 |
| 3.1 Chercheur..... | 4 |
| Importer les données | 5 |
| Choisir les conditions de coupe | 5 |
| Télécharger un gabarit excel..... | 5 |
| Sélectionner un fichier d'expérience d'usinage | 5 |
| Afficher différents graphiques sur l'expérience..... | 5 |
| Exporter un graphique..... | 5 |
| 3.2 Industriel | 5 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Entrer les paramètres d'entrées (résultats attendus)..... | 6 |
| | Visualiser l'ACP et les expériences les plus similaires..... | 6 |
| | Visualiser les données d'une expérience similaire..... | 6 |
| 4 | Structure générale du système..... | 6 |
| 3 | État de l'art / Veille technologique | 8 |
| 1 | Fonctionnalités | 8 |
| 2 | Environnement technique..... | 8 |
| 3 | Schéma..... | 9 |
| 4 | Interfaces..... | 11 |
| 4 | Analyse et conception | 18 |
| 1 | Analyse par composantes principales | 18 |
| 1.1 | Objectif | 18 |
| 1.2 | Définition | 18 |
| 2 | Interprétation de l'ACP | 19 |
| 2.1 | Représentation en fonction des axes factoriels | 19 |
| 2.2 | Cercle de corrélation individus/variables..... | 20 |
| 3 | Préparation des données..... | 21 |
| 3.1 | Variables descriptives | 21 |
| 3.2 | Gestion des données dépendantes du temps | 22 |
| 4 | Calcul de distance entre expériences | 23 |
| 5 | Mise en oeuvre | 24 |
| 1 | Outils et librairies utilisés | 24 |
| 2 | Structure du projet | 25 |
| 3 | Modification des fichiers gabarits..... | 26 |
| 4 | Principales Classes | 27 |
| 4.1 | Vues | 27 |
| 4.1.1 | PageChoixOutilCoupant | 27 |
| 4.1.2 | PageResultatsChoixOutilCoupant | 27 |
| 4.2 | Contrôleurs..... | 30 |
| 4.2.1 | MainController | 30 |
| 4.2.2 | ImportData | 30 |
| 4.2.3 | ExportData | 30 |
| 4.2.4 | ConditionsCoupeController | 30 |
| 4.2.5 | PieceController | 30 |
| 4.2.6 | ChoixOutilCoupant..... | 30 |
| 4.3 | Autres classes & fichiers..... | 31 |
| 4.3.1 | utils | 31 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.3.2 | Constants | 31 |
| 5 | Analyse de l'ACP | 32 |
| 6 | Qualité de code | 33 |
| 6 | Bilan et conclusion | 35 |
| 1 | Bilan du semestre 9 | 35 |
| 2 | Tâches du semestre 10 | 36 |
| 3 | Bilan du semestre 10 | 36 |
| 4 | Analyse et conclusion | 36 |
| | Annexes | 37 |
| A | Planification, gestion de projet | 38 |
| 1 | Semestre 9 | 38 |
| 1.1 | Évolution du projet | 38 |
| 1.2 | Description des tâches | 39 |
| | Tâche 1 : Prise en main du sujet | 39 |
| | Tâche 2 : Lecture et compréhension des documents liés au projet | 39 |
| | Tâche 3 : Analyse du besoin | 39 |
| | Tâche 4 : Prise en main du logiciel et de ses fonctionnalités | 39 |
| | Tâche 5 : Analyse de l'ancienne ACP | 40 |
| | Tâche 6 : Réflexion sur de nouveaux paramètres d'usages | 40 |
| | Tâche 7 : Rédaction de la partie État de l'art | 40 |
| | Tâche 8 : Test de bibliothèques Python pour l'analyse de données | 40 |
| | Tâche 9 : Réalisation de maquettes du logiciel | 40 |
| | Tâche 10 : Rédaction du cahier des spécifications | 40 |
| | Tâche 11 : Réunions pour valider les spécifications | 40 |
| | Tâche 12 : Préparation pour la soutenance | 41 |
| 2 | Semestre 10 | 41 |
| 2.1 | Évolution du projet | 41 |
| 2.2 | Description des tâches | 42 |
| | Tâche 1 : Modifications et améliorations des fichiers gabarits | 42 |
| | Tâche 2 : Développement de la partie choix paramètres de l'ACP | 42 |
| | Tâche 3 : Développement du calcul de l'ACP | 42 |
| | Tâche 4 : Développement de l'affichage des résultats de l'ACP | 42 |
| | Tâche 5 : Calcul des expériences les plus similaires | 42 |
| | Tâche 6 : Rédaction de la suite du rapport | 42 |
| | Tâche 7 : Préparation en vue de la soutenance du semestre 10 | 43 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| B | Description des interfaces | 44 |
| 1 | Interfaces logicielles/logicielles | 44 |
| 2 | Interfaces homme/machine | 44 |
| C | Cahier de Spécifications | 47 |
| 1 | spécifications Fonctionnelles..... | 47 |
| 1.1 | Partie choix paramètres de l'ACP | 47 |
| 1.2 | Affichage des données résultats du l'ACP sur la page "Résultant choix outil coupant" | 47 |
| 1.3 | Affichage de données d'une expérience | 48 |
| 2 | Spécifications non fonctionnelles | 48 |
| 2.1 | Contraintes de développement et conception..... | 48 |
| 2.2 | Contraintes de fonctionnement et d'exploitation | 49 |
| 2.2.1 | Performances | 49 |
| 2.2.2 | Capacités | 49 |
| 2.2.3 | Contrôlabilité..... | 49 |
| 2.2.4 | Sécurité | 49 |
| D | Cahier du développeur | 50 |
| 1 | Introduction | 50 |
| 2 | Diagrammes architecturaux et UML | 50 |
| 3 | Descriptions détaillées des classes, modules, réalisations | 51 |
| 3.1 | Base de données | 51 |
| 3.2 | Architecture MVC..... | 51 |
| 3.2.1 | Modèles..... | 51 |
| 3.2.2 | Vues & Contrôleurs | 52 |
| E | Document d'installation | 57 |
| F | Document d'utilisation | 58 |
| 1 | Sélection des paramètres de l'analyse..... | 58 |
| 2 | Affichage des résultats | 60 |
| G | Acronymes | 63 |

Table des figures

2 Description générale

| | |
|---|---|
| 2.1 Structure générale du système | 7 |
|---|---|

3 État de l'art / Veille technologique

| | |
|--|----|
| 3.1 Listes des librairies utilisées pour le logiciel..... | 9 |
| 3.2 Schéma de la base de données existante | 10 |
| 3.3 Page d'accueil du logiciel | 12 |
| 3.4 Exemple de gabarit excel | 12 |
| 3.5 Page d'affichage des expériences d'usinage..... | 13 |
| 3.6 Boite de message permettant de télécharger les gabarits | 13 |
| 3.7 Option d'affichage de graphiques des expériences d'usinage | 14 |
| 3.8 Boite de message pour les fonctions applicables..... | 14 |
| 3.9 Exemple de graphique 2D | 15 |
| 3.10 Exemple de graphique 3D | 16 |
| 3.11 Page Choix Outil Coupant | 17 |

4 Analyse et conception

| | |
|---|----|
| 4.1 Représentation en fonction des axes factoriels..... | 20 |
| 4.2 Cercle de corrélation individus/variables..... | 21 |
| 4.3 Efforts de coupe en fonction du temps..... | 22 |

5 Mise en oeuvre

| | |
|------------------------------|----|
| 5.1 Outils de Ploty | 24 |
| 5.2 Listes des packages..... | 25 |

| | | |
|---|---|----|
| 5.3 | Gabarit excel | 26 |
| 5.4 | Page Choix Outil Coupant | 27 |
| 5.5 | Page Résultats Choix Outil Coupant | 28 |
| 5.6 | ACP en deux dimensions | 28 |
| 5.7 | ACP en deux dimensions avec l'influence des variables | 29 |
| 5.8 | ACP en trois dimensions | 29 |
| 5.9 | Quelques exemples de constantes du fichier Constants.py | 32 |
| 5.10 | Rapport global SonarQube | 33 |
| 5.11 | Rapport des anomalies du code du projet | 34 |
| A Planification, gestion de projet | | |
| A.1 | Diagramme de Gantt initial du semestre 9 | 38 |
| A.2 | Diagramme de Gantt final du semestre 9 | 38 |
| A.3 | Diagramme de Gantt initial du semestre 10 | 41 |
| A.4 | Diagramme de Gantt final du semestre 10 | 41 |
| B Description des interfaces | | |
| B.1 | Maquette interface du choix des paramètres souhaites | 45 |
| B.2 | Maquette interface du résultat de l'ACP | 46 |
| D Cahier du développeur | | |
| D.1 | Architecture du projet | 50 |
| D.2 | Schéma de la base de données | 51 |
| F Document d'utilisation | | |
| F.1 | Accueil de l'application | 58 |
| F.2 | Formulaire de choix de l'outil coupant | 59 |
| F.3 | Formulaire de choix de l'outil coupant rempli | 60 |
| F.4 | Affichage du résumé des résultats de l'analyse | 61 |
| F.5 | ACP en deux dimensions | 61 |
| F.6 | ACP en deux dimensions avec l'influence des variables | 62 |
| F.7 | ACP en trois dimensions | 62 |

1

Introduction

1 Acteurs, enjeux et contexte

Ce cahier a pour but de spécifier l'ensemble du projet recherche et développement que je suis amené à compléter durant ma cinquième et dernière année du cycle ingénieur à l'école polytechnique de l'université de Tours.

Les différents acteurs de ce projet sont listés ci-dessous :

- **Maîtrise d'ouvrage (MOA)** : Patrick MARTINEAU (Enseignant-chercheur du département informatique), Arnaud DUCHOSAL ainsi que Guillaume ALTMAYER (Enseignants-chercheurs du département mécanique) constituent la maîtrise d'ouvrage. Ce sont eux qui expriment le besoin, qui définissent le ou les objectif(s) du projet.
- **Maîtrise d'oeuvre (MOE)** : Moi même, William BESNARD (élève-ingénieur à PolytechTours), je représente la maîtrise d'oeuvre. La MOE a pour but d'assurer la bonne réalisation technique des solutions en passant par la conception et la réalisation de ces dernières.

L'usinage est une pratique très utilisée dans différents domaines industriels. L'usinage est un terme qui regroupe toutes les pratiques et étapes dans la fabrication de pièces mécaniques. Toutes les pièces mécaniques qui sont utilisées dans la vie de tous les jours sont façonnées de façon précises et étudiées à l'avance. L'usinage est donc un domaine très scientifique, un domaine où la recherche est primordiale.

Ce projet est en relation (ou du moins, comporte le même contexte et les mêmes acteurs) avec un autre projet de recherche et développement réalisé par Alexis CASSAGNAUD. L'objectif de cette étude/projet est de définir et mettre en œuvre une méthode de quantification des usures des outils de coupe par analyse d'image assistée par ordinateur. Ce projet utilisera des techniques d'intelligence artificielle pour mettre en place un réseau capable de détecter divers types d'usures. Toutefois, il n'y aura pas ou du moins, par cette année, de mise en relation des deux projets.

2 Objectifs

Ce projet comporte un existant. En 2020-2021, Colin DEFIENAS a réalisé, dans le cadre de son projet de recherche et de développement, un logiciel permettant la visualisation de données d'expériences issues de pratique d'usinages.

L'objectif principal du projet est de compléter ce logiciel d'aide à l'analyse de données issues d'usage. Ce logiciel est aussi bien destiné à des chercheurs qu'à des industriels. Le coeur du projet consiste à étudier la faisabilité d'un outil d'aide au choix d'un outil coupant en fonction du type d'usinage à réaliser.

3 Bases méthodologiques

La gestion de projet sera assurée via l'utilisation de plusieurs éléments ; :

- GanntProject : ce logiciel va permettre de réaliser le digramme de Gannt qui servira au suivi du projet et qui permettra de visualiser toutes les différentes tâches du projet accomplies ou restantes à faire.
- Trello : ce site web est également utile à la gestion de projet. Il permet de structurer des tâches/-liens/ressources dans différentes catégories. Pour ma part, Trello est utile pour me remémorer les différentes tâches restantes à accomplir ainsi que les ressources nécessaires pour mener ces dernières à bien.
- Méthodologie : je vais mettre en place une méthodologie agile afin de pouvoir livrer des ressources régulièrement à mon tuteur et/ou à mes clients afin d'assurer l'intégrité besoin/solution et de pouvoir avoir des retours rapidement.

Le choix de la méthodologie agile se justifie aussi par le fait que les clients soient des enseignants chercheurs de l'école polytechnique de l'Université de Tours. De ce fait, les réunions avec ces derniers seront plus facilement organisables et donc logiquement plus régulières. Les livrables pourront donc être livrés de façon récurrente et les clients pourront être plus réactif quant à l'évolution du projet.

2

Description générale

L'ensemble des diagrammes et modélisations dans ce document respecteront les normes du langage **Unified Modeling Language (UML)** pour permettre que la modélisation soit claire et comprise par tout le monde de la même manière.

1 Environnement du projet

La langage de programmation sera le même que celui du projet existant, à savoir Python. J'utiliserais l'**Integrated Development Environment (IDE)** PyCharm, et j'installerais les différents modules du projet dans un environnement virtuel.

Le projet communiquera avec la base de données relationnelle MySQL via le logiciel XXAMP qui permet de gérer notamment un serveur web. XXAMP est réputé pour être simple d'utilisation, facile à prendre en main et qui nécessite peu de temps de configuration.

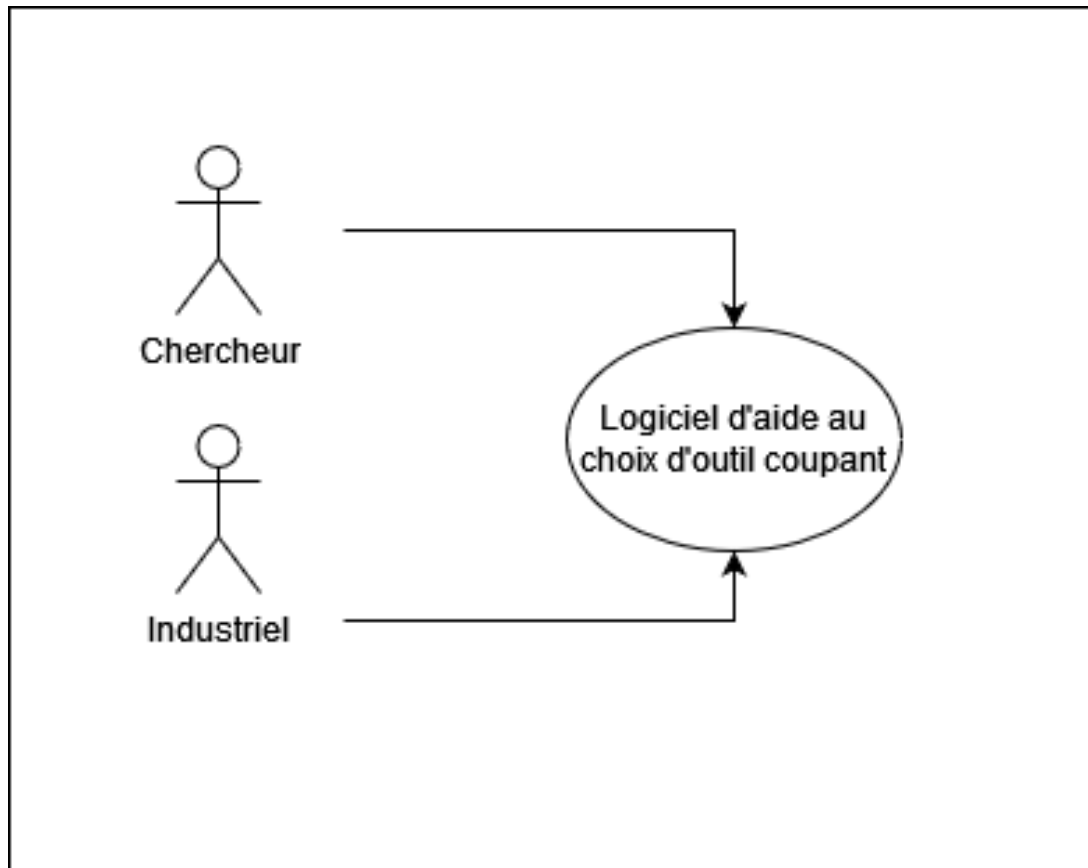
2 Caractéristiques des utilisateurs

Le logiciel comporte deux types d'utilisateurs. Il n'y a cependant pas d'authentification ni de droits d'accès spécifiques, c'est à dire que tous les utilisateurs du logiciel auront accès aux mêmes fonctionnalités et aux mêmes interfaces.

Cependant, certaines fonctionnalités sont destinées à un type d'utilisateur précis. Le logiciel comporte deux grands types d'utilisateurs : les chercheurs et les industriels.

Les chercheurs auront plus tendance à alimenter la base de données de données d'expériences, et de visualiser ces dernières sous la forme de graphiques.

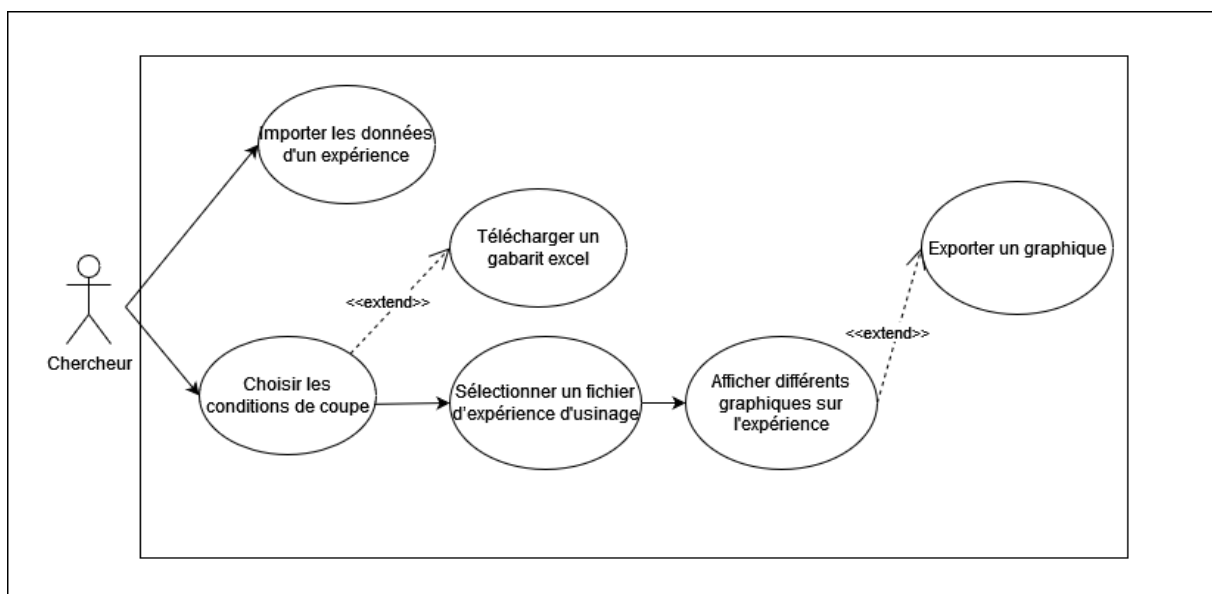
En revanche, les industriels vont plus chercher à obtenir le bon outil coupant en fonction de différents paramètres qu'ils renseigneront.



3 Fonctionnalités du système

Dans cette partie, nous allons détailler chaque cas d'utilisation des deux types d'utilisateurs.

3.1 Chercheur



Importer les données

Le chercheur pourra importer les données d'une expérience sous la forme d'un gabarit excel rempli (téléchargeable depuis le logiciel). Ces données seront ensuite automatiquement ajoutées à la base de données. Toutefois, l'importation pourra échouer si jamais le fichier est corrompu, mal formaté, ou non correctement rempli.

Choisir les conditions de coupe

Le chercheur pourra accéder depuis la page d'accueil du logiciel à l'interface permettant de visualiser les données d'une expérience qu'il devra importer.

Télécharger un gabarit excel

Depuis la page "Choisir les conditions de coupe", le chercheur pourra, s'il le souhaite, télécharger les différents types de gabarit excel supportés par le logiciel. Voici la liste des différents gabarits :

- les contraintes résiduelles
- la durée de vie d'un outil
- la dureté
- les efforts de coupe
- la rugosité
- la température

Sélectionner un fichier d'expérience d'usinage

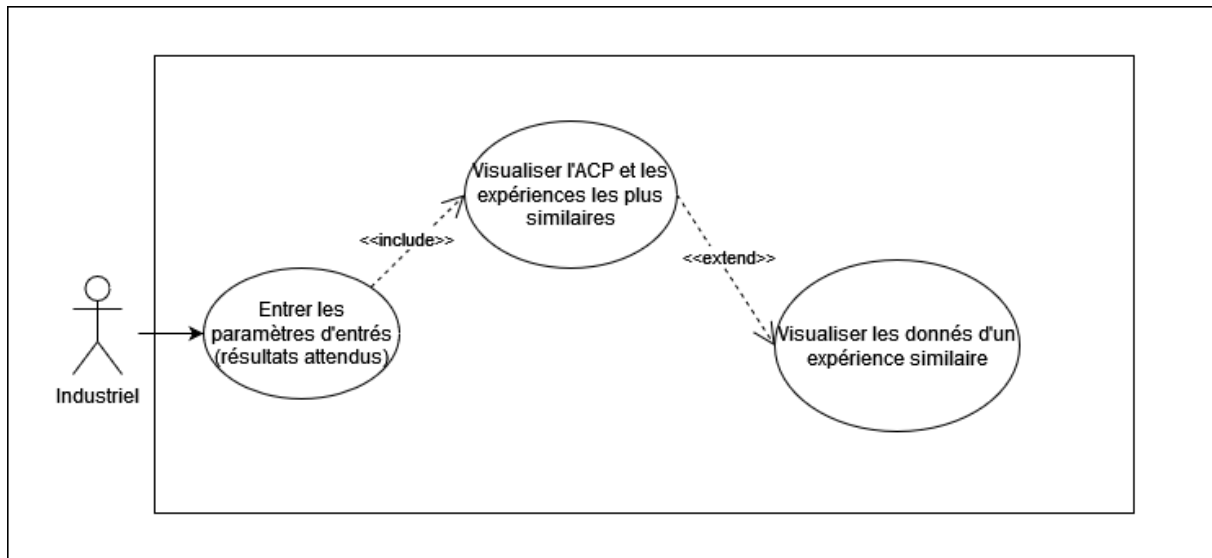
Depuis la page "Choisir les conditions de coupe", le chercheur pourra sélectionner un fichier d'expérience d'usinage (sous la forme d'un tableur respectant la forme des gabarits de type téléchargeable). Ces données seront ensuite automatiquement ajoutées à la base de données. Toutefois, l'importation pourra échouer si jamais le fichier est corrompu, mal formaté, ou non correctement rempli.

Afficher différents graphiques sur l'expérience

Depuis la page "Choisir les conditions de coupe" et après avoir sélectionné un fichier d'expérience d'usinage, le chercheur pourra choisir quelles variables/grandeurs représentées sous la forme d'un graphique en deux ou trois dimensions, en nuage de points ou bien sous la forme d'une courbe (plan pour trois dimensions).

Exporter un graphique

Depuis la page affichant un graphique d'une expérience d'usinage, le chercheur pourra, s'il le souhaite, exporter ce dernier en image ou bien dans un document pdf.



Entrer les paramètres d'entrées (résultats attendus)

L'industriel, pourra depuis la page d'accueil, via le bouton "Choix Outil Coupant", accéder à l'interface permettant de rentrer les résultats attendus de l'expérience afin qu'il détermine le bon outil coupant adapté à sa demande. L'utilisateur aura la possibilité de choisir quelles variables il souhaite prendre en compte dans le calcul de l'**Analyse par composantes principales (ACP)**.

Un lancement de calcul d'ACP (Analyse par composantes principales) devra se lancer. Toutefois, il est possible que le calcul ne se lance pas si jamais la base de données n'est pas assez rempli pour déterminer un outil réellement adapté, ou bien si les données rentrées par l'utilisateur ne correspondent pas au type attendu (type de données : textuel, valeur numérique, etc..).

Visualiser l'ACP et les expériences les plus similaires

Après avoir rentré les résultats attendus de l'expérience et que le calcul se soit bien déroulé, l'utilisateur pourra avoir accès à plusieurs informations :

- un graphique en deux ou trois dimensions représentant les deux ou trois axes factoriels principaux de l'analyse par composante principale. Le nombre de dimension sera déterminé en fonction de l'importance de chaque axe factoriel.
- un autre graphique en deux dimension représentant la corrélation entre les individus (expériences précédemment enregistrées + un individu représentant les résultats attendus entrés par l'utilisateur) et les variables (grandeurs choisies par l'utilisateur lors de l'étape précédente).
- une liste des expériences les plus similaires avec un bref résumé de ces dernières et un bouton pour les visualiser en détail.

Visualiser les données d'une expérience similaire

Après avoir rentré les résultats attendus de l'expérience et que le calcul se soit bien déroulé, l'industriel aura la possibilité de visualiser les données d'une expérience similaire aux résultats attendus. L'utilisateur atterrira sur une page contenant les informations détaillées de l'expérience.

4 Structure générale du système

Le diagramme ci-dessous montre la structure générale du système souhaitée à l'issue de la fin de ce projet de recherche et de développement. Ce projet est la suite de l'ancien PRD réalisé par Colin DEFENAS en

2020-2021, cette suite va directement s'incruster dans l'architecture MVC de l'ancien projet.

Les seuls composants qui devront évoluer seront les contrôleurs ainsi que les vues (interfaces). En effet, la structure de base de données ne changera pas, et donc, par conséquent, le modèle ne changera pas non plus.

Par exemple, les contrôleurs devront comporter des modules permettant de générer des **ACP** en fonctions de différents paramètres et les **Interface homme-machine (IHM)** (vues) vont s'étoffer avec l'arrivée d'interfaces pour la visualisation des **ACP**.

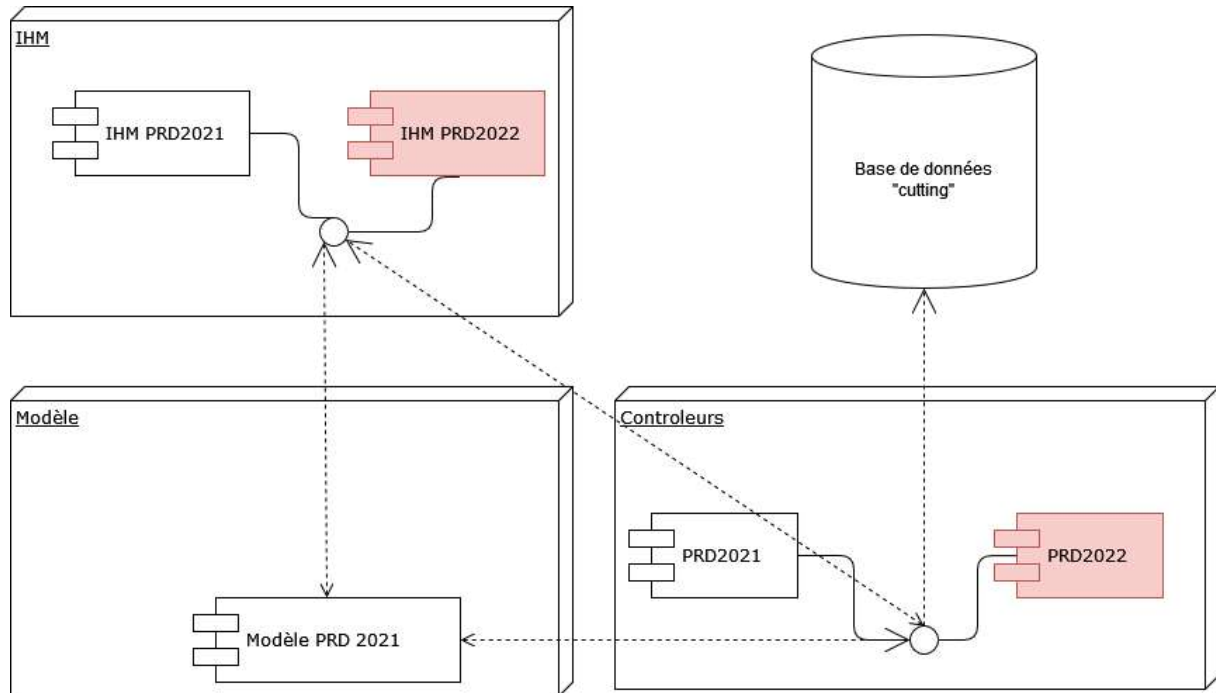


Figure 2.1 – Structure générale du système

3

État de l'art / Veille technologique

Concernant l'état de l'art de ce projet, ce dernier comporte une veille technologique.

Un logiciel a été développé en 2020-2021 par Colin DEFIENAS, qui était alors un élève ingénieur de cinquième année à l'école polytechnique de l'Université de Tours. Ce projet a été réalisé dans la cadre d'un projet de recherche et développement.

Dans cette partie, nous allons voir qu'est-ce que comporte ce logiciel et comment a-t-il été implémenté.

1 Fonctionnalités

Le but du logiciel était de fournir un outil capable d'assister un humain sur les choix d'un outil coupant ainsi que d'enregistrer différentes données issues d'expériences d'usinage. Le logiciel est destiné aussi bien à des chercheurs qu'à des industriels. Ce logiciel fonctionnera à l'aide de différentes interfaces logicielles ainsi qu'une base de données MySQL.

Ce dernier comporte deux principales fonctionnalités. La première est la possibilité de visualiser différents données sous la forme de graphiques (en deux ou trois dimensions) issues d'expériences d'usinage. La seconde est l'aide à la décision pour choisir un outil coupant. Le but est en fonction des certains paramètres (par exemple : durée de vie outil, matériau de la pièce, rugosité de la pièce, dureté de la pièce,...), recommander un ou plusieurs type d'outil coupant à l'utilisateur. Cette fonctionnalité n'a pas été développée dans le logiciel fourni par Colin. Cette dernière sera donc un point majeur dans les tâches à effectuer lors de la réalisation de mon projet de recherche et de développement.

2 Environnement technique

Ce logiciel a été réalisé sous le langage Python en utilisant les librairies citées ci-dessous :

| Package | Version | Latest version |
|------------------------|---------|----------------|
| Pillow | 8.1.2 | ▲ 8.2.0 |
| SQLAlchemy | 1.4.4 | ▲ 1.4.5 |
| XlsxWriter | 1.3.8 | 1.3.8 |
| cyder | 0.10.0 | 0.10.0 |
| et-xmlfile | 1.0.1 | |
| greenlet | 1.0.0 | 1.0.0 |
| kiwisolver | 1.3.1 | 1.3.1 |
| matplotlib | 3.4.1 | 3.4.1 |
| mysql | 0.0.2 | 0.0.2 |
| mysql-connector-python | 8.0.23 | 8.0.23 |
| mysqldbent | 2.0.3 | 2.0.3 |
| numpy | 1.20.2 | 1.20.2 |
| openpyxl | 3.0.7 | 3.0.7 |
| pandas | 1.2.3 | 1.2.3 |
| pip | 21.0.1 | 21.0.1 |
| protobuf | 3.15.6 | ▲ 3.15.7 |
| pyarsing | 2.4.7 | 2.4.7 |
| python-dateutil | 2.8.1 | 2.8.1 |
| pytz | 2021.1 | 2021.1 |
| setuptools | 54.2.0 | 54.2.0 |
| six | 1.15.0 | 1.15.0 |
| xlrd | 2.0.1 | 2.0.1 |

Figure 3.1 – Listes des librairies utilisées pour le logiciel

Le logiciel utilise MySQL en tant que **Système de gestion de base de données relationnelles (SGBDR)**. L'interface homme/machine est possible grâce à l'utilisation de la bibliothèque graphique Tkinter.

L'architecture du projet est l'architecture **Modèle Vue Contrôleur (MVC)**. Ce design pattern très connu permet de différencier le modèle, la vue, et le contrôleur. Voici un résumé du rôle de chaque partie :

- le modèle : contient la définition des classes qui représentent les tables de la base de données.
- la vue : contient la définition des classes permettant la création des différentes interfaces.
- le contrôleur : contient la définition des classes qui manipulent les données. Le contrôleur fait le lien entre la vue et le modèle.

3 Schéma

La base de données sert à garder en mémoire les différentes expériences insérées depuis le logiciel. Il est possible de stocker les données issues de différents types d'expériences, à savoir :

- les contraintes résiduelles
- la durée de vie d'un outil
- la dureté
- les efforts de coupe
- la rugosité
- la température

Il existe aussi un type d'expérience appelé "complet" qui regroupe une grande partie dans expériences citées précédemment. Chaque expérience comporte ses propres variables à enregistrer. Pour stocker ces dernières, on va enregistrer les variables génériques (propre à toutes les expériences), à savoir le temps, vc (vitesse de coupe), fz (vitesse d'avance), ap (profondeur de passe), la géométrie de l'outil, le type de lubrification de l'outil, le type de fabrication de la pièce ainsi que la matériau de la pièce ; on enregistre

ensuite les variables spécifiques au type d'expérience ; par exemple, dans l'expérience portant sur les efforts de coupe, on enregistrera les efforts de coupe f_x , f_y , f_z (composante de l'effort sur chaque axe de l'espace dans un plan en trois dimensions).

Tous ces besoins ont été pris en compte pour réaliser la structure de base de données suivantes :

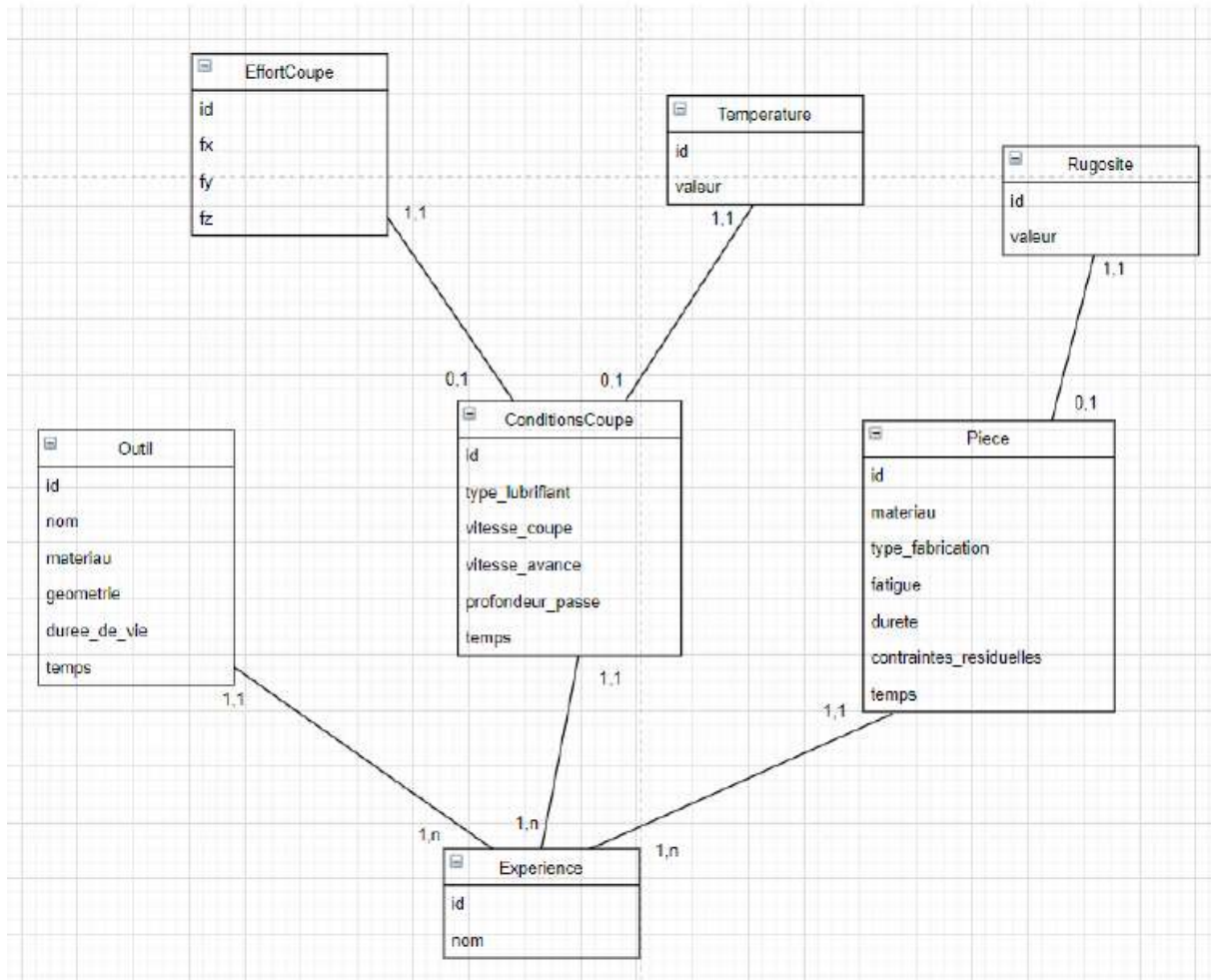


Figure 3.2 – Schéma de la base de données existante

La schéma de la base de données comporte sept tables, voici leur significations :

La table Expérience :

- id : identifiant de l'expérience
- nom : nom de l'expérience (varchar)

La table Outil :

- id : identifiant de l'outil
- nom : nom de l'outil (varchar)
- matériau : matériau de l'outil (varchar)
- géométrie : géométrie de l'outil (varchar)
- durée_de_vie : durée de vie de l'outil, exprimé en secondes (float)
- temps : temps, exprimé en secondes (float)

La table Pièce :

- id : identifiant de la pièce
- matériau : matériau de la pièce (varchar)
- type_fabrication : type de fabrication de la pièce (varchar)

- fatigue : fatigue de la pièce, exprimé en MPa (float)
- durete : durete de la pièce, exprimé en MPa (float)
- contraintes_residuelles : contraintes résiduelles de la pièce, exprimé en MPa (float)
- temps : temps, exprimé en secondes (float)
- id_exp : clé étrangère, correspond à l'identifiant de l'expérience liée à cette pièce

La table Rugosité :

- id : identifiant de la rugosité
- valeur : valeur de la rugosité, exprimé en micro mètre (float)
- id_piece : clé étrangère, identifiant de la pièce liée à cette rugosité

La table ConditionsCoupe :

- id : identifiant de cette condition de coupe
- type_lubrifiant : type de lubrifiant (varchar)
- vitesse_coupe : vitesse de coupe, exprimé en m/min (float)
- vitesse_avance : vitesse d'avance, exprimé en m/min (float)
- profondeur_passe : profondeur de passe, exprimé en mm
- temps : temps, exprimé en secondes (float)

La table EffortCoupe :

- id : identifiant de l'effort de coupe
- fx : effort sur x, exprimé en N (Newton) (float)
- fy : effort sur y, exprimé en N (float)
- fz : effort sur z, exprimé en N (float)
- id_cc : clé étrangère, identifiant de la condition de coupe liée à ces efforts

La table Température :

- id : identifiant de cette température
- valeur : température, exprimé en degrés (float)
- id_cc : clé étrangère, identifiant de la condition de coupe liée à ces efforts

4 Interfaces

Dans cette partie, nous allons détailler et expliquer les différentes interfaces réalisées dans le logiciel actuel.

La première interface (3.3) correspond à la page d'accueil du logiciel. Cette interface est composée d'un fond d'écran et de trois boutons :

- le bouton "Importer données" ouvre un exploreur afin de sélectionner un fichier tableur de sa machine pour enregistrer des données d'expérience dans la base de données du logiciel.
- le bouton "Choisir conditions de coupe" ouvre une autre interface (3.5) permettant de manipuler les données d'une expérience.
- le bouton "Choisir outil coupant" envoie vers une autre interface (??(Chapitre 4)) permettant de choisir les conditions de coupe idéales pour un outil. Cette fonctionnalité n'a pas été encore développée.

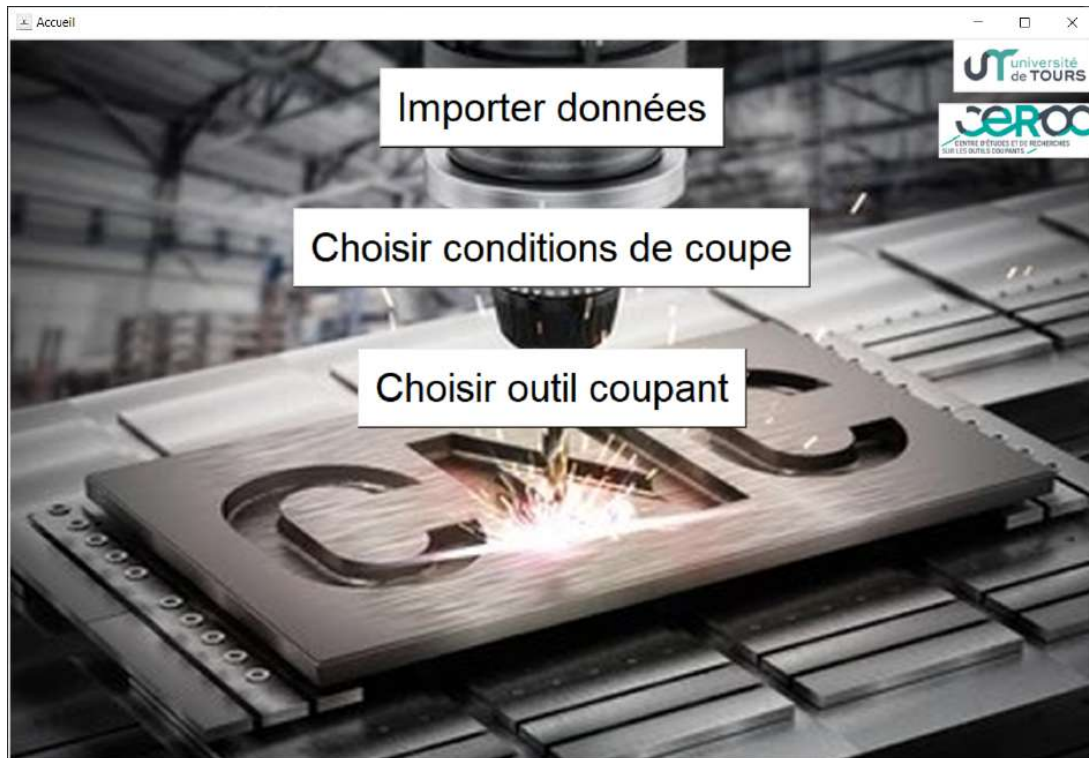


Figure 3.3 – Page d'accueil du logiciel

Voici un exemple de fichier tableur servant de gabarit. Il existe sept type de gabarit téléchargeable depuis l'interface 3.5 :

- les contraintes résiduelles
- la durée de vie d'un outil
- la dureté
- les efforts de coupe
- la rugosité
- la température

Chaque colonne du tableur est reliée a un attribut de la base de données. Chaque tableur importé depuis le logiciel ajoutera une expérience dans la base de données. Il y a une vérification si les données sont bien dans le bon format et si le tableur est suffisamment complet (contient les colonnes obligatoires) afin d'enregistrer cette expérience ou non dans la base de données.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|----|-------|----|----|----|-----------------|-----------------|------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------|----------|-------------|
| 1 | temps | vc | fz | ap | géométrie outil | type lubrifiant | type fabrication pièce | matériau pièce | effort de coupe fx | effort de coupe fy | effort de coupe fz | contraintes résiduelles | durée de vie outil | dureté | rugosité | température |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figure 3.4 – Exemple de gabarit excel

L'interface (3.5) est accessible depuis l'accueil en cliquant sur le bouton "Choisir conditions de coupe". Le bouton "Télécharger le gabarit excel type" ouvre la fenêtre (3.6) afin de choisir quel fichier tableur gabarit nous voulons télécharger.

Le bouton "Sélectionner un fichier d'une expérience d'usinage" ouvre un exploreur afin de sélectionner un fichier tableur de sa machine pour importer des données et les visualiser sous forme de graphiques. Il est important de savoir que ces données importées seront ajoutées à la base de données.

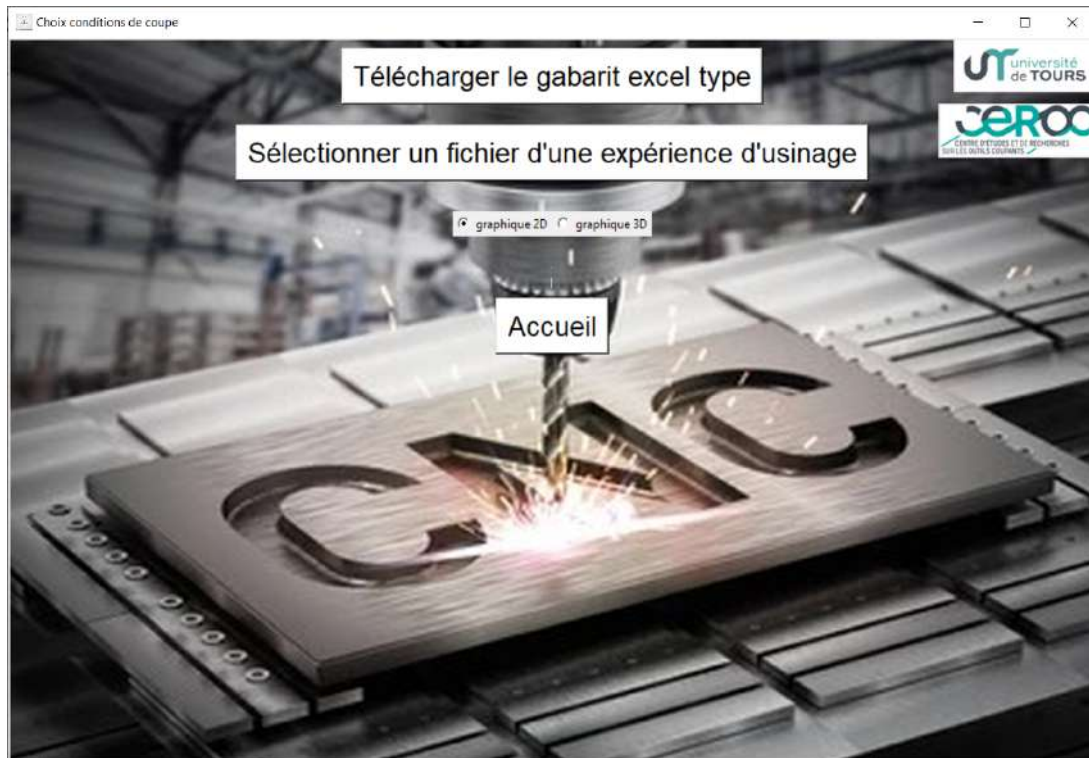


Figure 3.5 – Page d'affichage des expériences d'usinage

Lorsque nous cliquons sur le bouton "Télécharger" de la fenêtre (3.6), cela enregistrera le gabarit sélectionné dans les téléchargement de l'utilisateur sous forme de fichier ".xlsx".

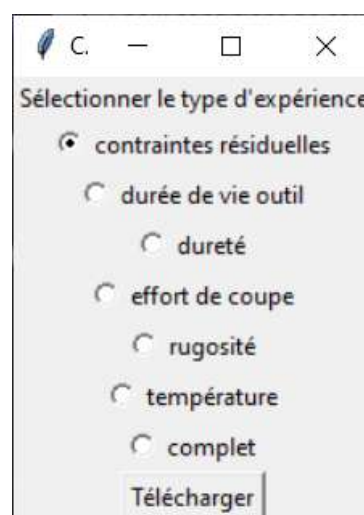


Figure 3.6 – Boite de message permettant de télécharger les gabarits

Lorsque nous avons sélectionné un fichier gabarit à importer via la bouton "Sélectionner un fichier d'une expérience d'usinage", nous obtenons l'affichage suivant : (cela génère un message d'erreur si le gabarit n'est pas complet ou pas correctement rempli)

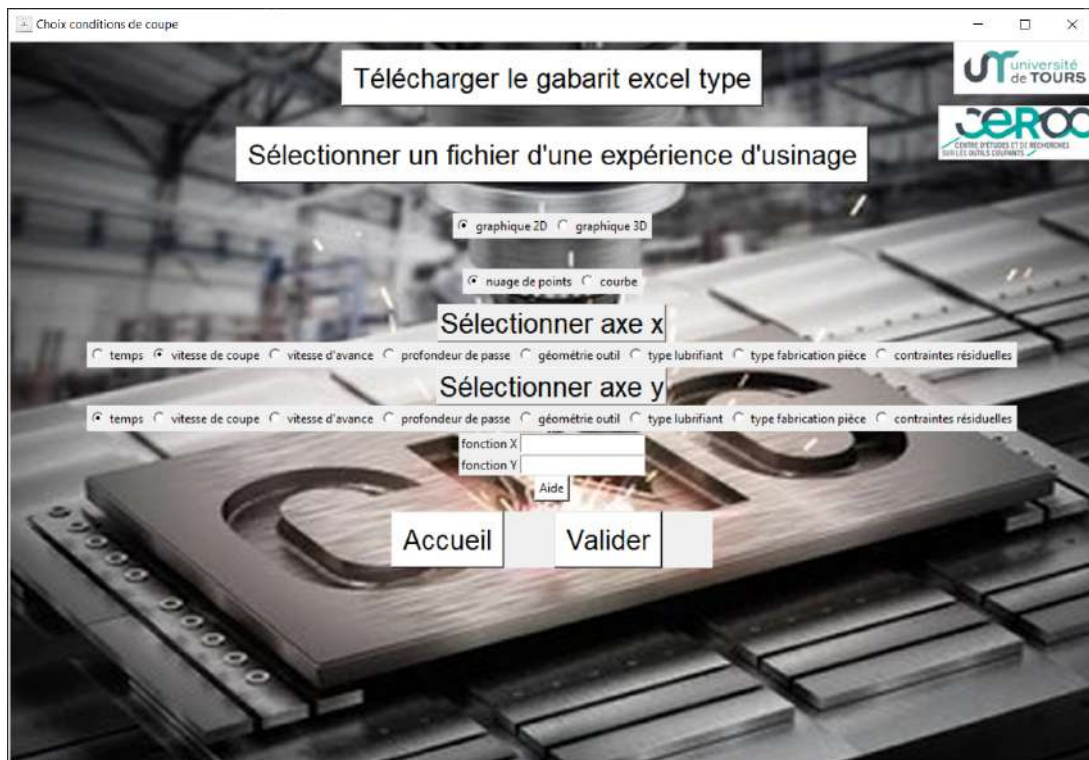


Figure 3.7 – Option d'affichage de graphiques des expériences d'usinage

Différentes options vont alors se rajouter à l'interface. Le but de ces options est de pouvoir visualiser les données de l'expérience sous forme de graphiques de la manière dont on le souhaite.

Il est possible de visualiser un graphique deux dimensions ou trois dimensions. Ensuite, nous pouvons choisir quel seront les deux (ou trois) axes de notre graphique en fonction du type d'expérience rentrée dans le logiciel. Nous pouvons également décider de la manière dont les données seront reliées, soit pas de liant (nuage de point), ou soit en liant les points sous la forme d'une courbe.

L'utilisateur a la possibilité de modifier les axes en leur appliquant des fonctions mathématiques. Les indications sur comment renseigner les différentes fonctions applicables sont écrites dans la boîte de message qui s'ouvre en appuyant sur le bouton "Aide".

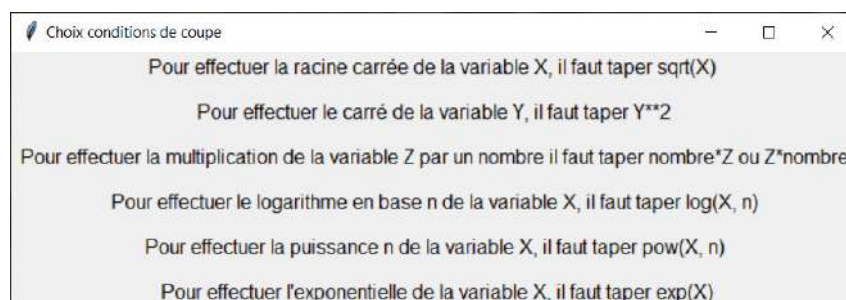


Figure 3.8 – Boîte de message pour les fonctions applicables

Nous pouvons observer ci-dessous des exemples d'affichages de représentations d'une expérience. Notons que ces exemples figurent des données fictives uniquement créées dans le but de montrer différents types de graphiques.

La figure (3.9) est un graphique en deux dimensions représentant la vitesse de coupe en fonction du temps.

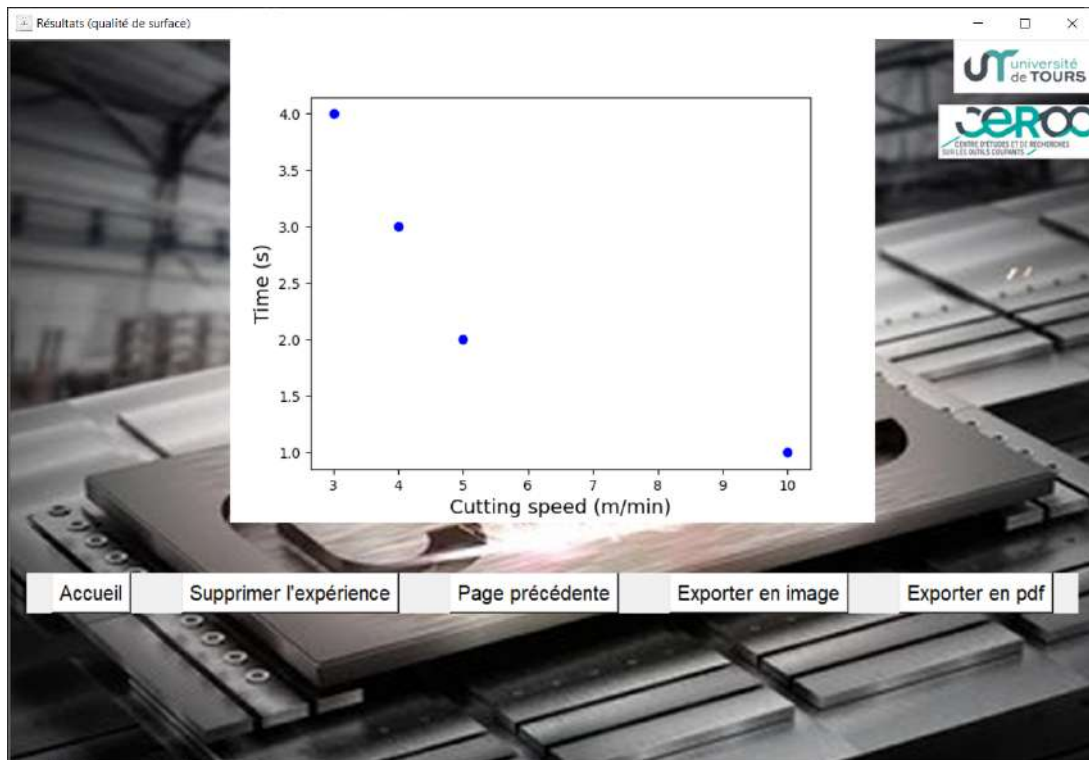


Figure 3.9 – Exemple de graphique 2D

Hormis la possibilité de visualiser un graphique, cette interface comporte d'autres fonctionnalités. Il est possible de supprimer l'expérience, de revenir au menu précédent afin d'analyser d'autres graphiques portant sur la même expérience.

Enfin, l'utilisateur peut, s'il le souhaite, exporter le graphique en image ou bien sous la forme d'un document "pdf".

La figure (4.2(Chapitre 4)) est un graphique en trois dimensions qui affiche les relations entre la vitesse de coupe, les contraintes résiduelles et le temps.

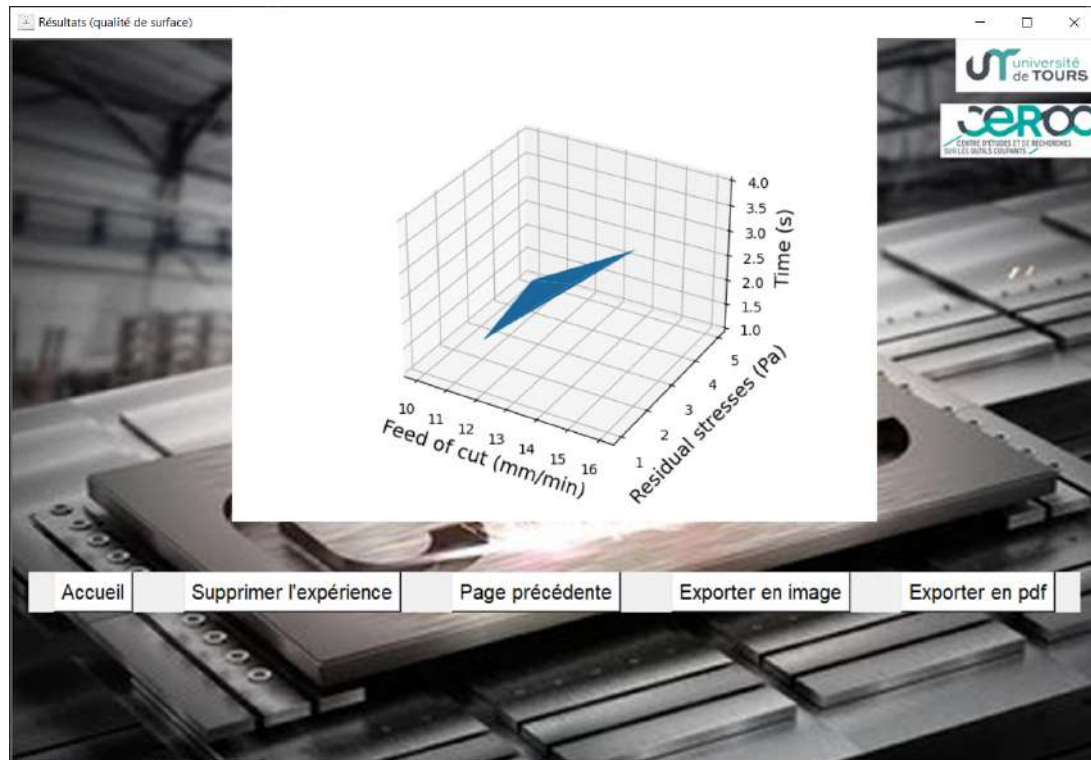


Figure 3.10 – Exemple de graphique 3D

La dernière interface du logiciel est accessible depuis le bouton "Choix outil coupant" depuis la page d'accueil (3.3). Le but de cette interface était de rentrer des paramètres souhaités d'usinage afin que le logiciel prédise le bon outil coupant adapté afin d'obtenir ces paramètres.

Cette fonctionnalité n'a pas été développée pendant le PRD de Colin DEFIENAS. En revanche, cela sera la principale fonctionnalité à développer durant mon PRD.

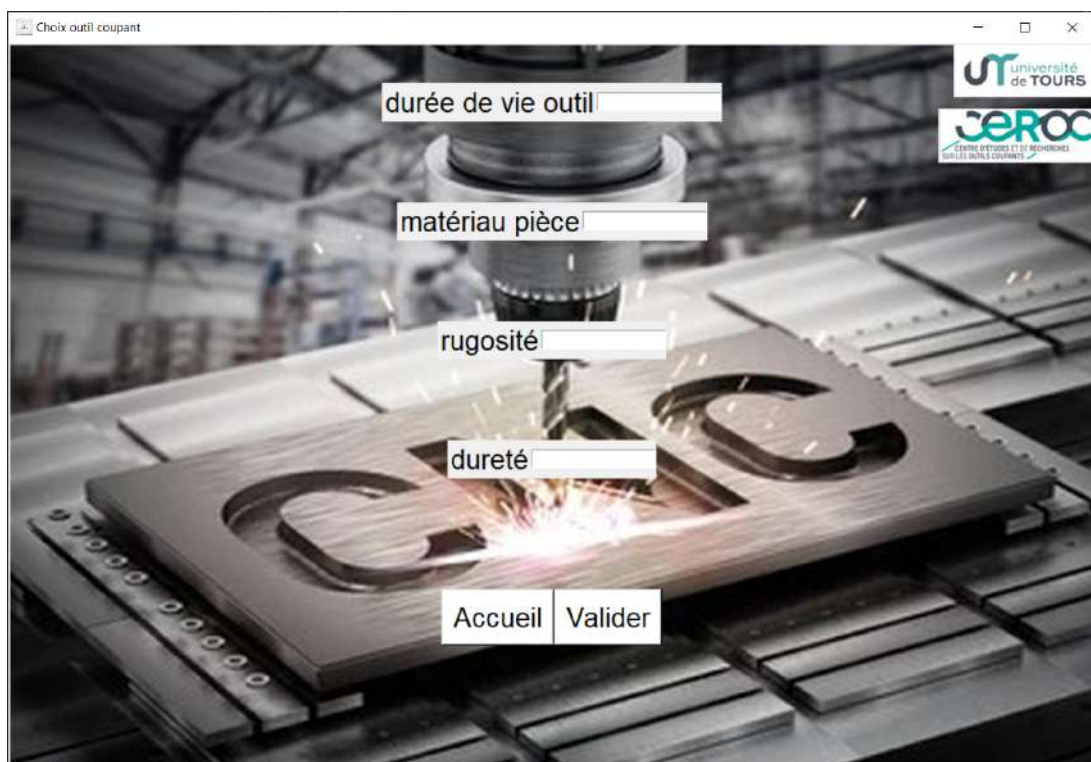


Figure 3.11 – Page Choix Outil Coupant

4

Analyse et conception

1 Analyse par composantes principales

1.1 Objectif

L'analyse par composantes principales, ou **ACP** est une technique d'analyse de données basée sur la réduction de dimensions et sur la décorrélation entre les variables.

Le principal objectif est de résumer une représentation de données multi-dimensionnelles en une représentation comportant le moins de dimensions possibles tout en essayant de perdre le moins d'informations possibles.

L'ACP permet également d'observer le lien entre deux individus ou bien entre deux variables. Le premier cas va nous intéresser puisque l'ACP va pouvoir nous dire quelle expérience (premier individu) est la plus proche/similaire des résultats souhaités (deuxième individu).

1.2 Définition

L'ACP travaille sur un tableau individus / variables. Les variables sont des variables quantitatives. Le tableau est une matrice $X_{(n \times p)}$ où les n lignes sont les individus et les p colonnes sont les variables :

Soit X le tableau représentant les données :

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & \ddots & & & \vdots \\ x_{31} & & x_{ij} \in \mathbb{R} & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & \dots & \dots & x_{np} \end{pmatrix} \leftarrow \text{individu 1}$$

Le but est de transformer ces p variables en un nombre plus petit de nouvelles variables, appelées variables synthétiques.

$$V_{new} = \alpha V_1 + \beta V_2 + \dots + \gamma V_p$$

Ces nouvelles variables seront des combinaisons linéaires des anciennes variables. Le but est de réussir à déterminer leurs coefficients afin de perdre le moins d'informations possibles. On essaie de garder que deux ou trois variables afin que la représentation soit projetable dans un plan en deux ou trois dimensions.

Les axes déterminés par l'analyse par composantes principales sont appelés des axes factoriels.

Voici les différentes étapes pour parvenir à ces axes :

- on calcule $X^t X \Rightarrow V$
- on détermine les vecteurs propres de V afin de déterminer les coefficients des combinaisons linéaires
- on peut ensuite calculer les différentes coordonnées des nouveaux individus dans le nouveau repère

2 Interprétation de l'ACP

Il existe plusieurs outils pour interpréter une ACP. Certains outils vont être des graphiques afin de visualiser l'ACP, d'autre vont être des indicateurs qui vont permettre de quantifier par exemple la fiabilité des données, la perte d'information, etc..

Dans notre cas, l'utilisateur aura besoin d'avoir accès à des informations simples, qui nécessitent pas de connaissance particulière sur l'ACP, il n'est donc pas question d'afficher pleins d'indicateurs statistiques à l'utilisateur.

L'affichage de l'ACP se basera uniquement sur la visualisation de deux graphiques que nous allons expliquer dans les parties suivantes.

2.1 Représentation en fonction des axes factoriels

Le premier graphique qui sera montré à l'utilisateur sera la représentation des données, une fois l'ACP réalisée, sur les nouveaux axes factoriels. Le nombre d'axes factoriels (2 ou 3) sera déterminé par la quantité d'information que chaque axe détient.

En effet, chaque axe PC_i contient λ_i pourcent de l'information totale des données d'origine avec comme relation :

$$\sum_{i=1}^p \lambda_i = 1$$

Cela signifie que si on considère tous les axes factoriels, alors on ne perd aucune information. Cependant, l'intérêt de l'ACP est de ne garder que les axes avec le λ_i le plus élevé.

Si $\lambda_2 \sim \lambda_3$, alors il faudra considérer l'axe factoriel numéro trois et donc, par conséquent, la représentation en trois dimension, sinon une représentation en deux dimensions suffira.

Notre but est de maximiser cette fonction de façon à perdre le moins d'informations :

$$\max \sum_{i=1}^{2/3} \lambda_i$$

Dans la figure (4.1), nous voyons une représentation en trois dimensions d'une ACP avec différentes classes. Dans notre cas, les classes seront le type de lubrifiant utilisé par expérience. (*source* : <https://plotly.com/python/pca-visualization/>)

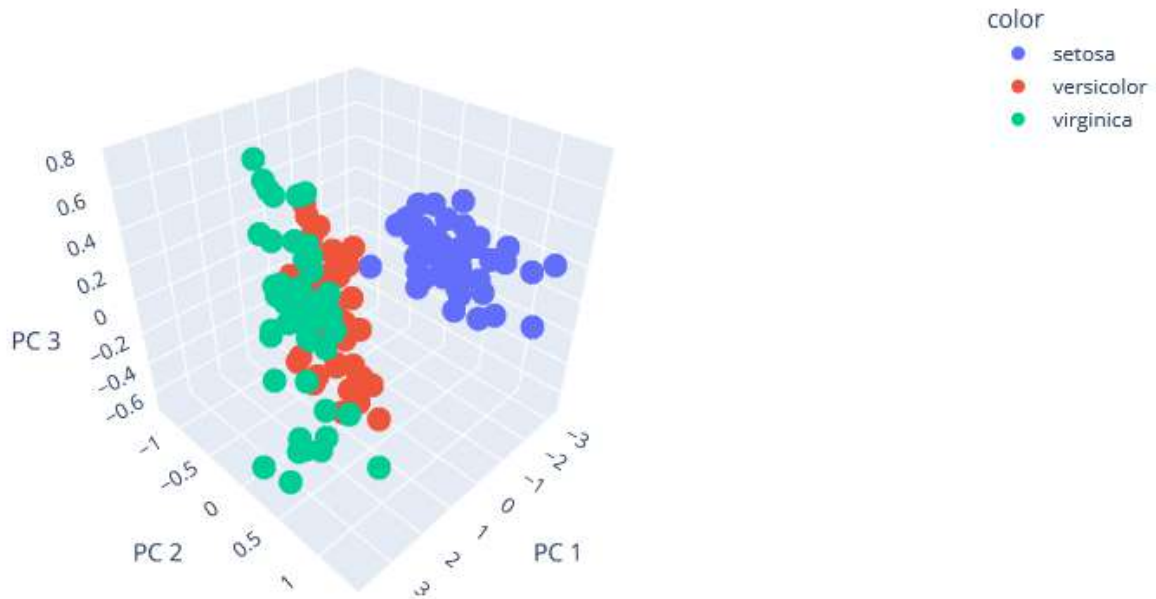


Figure 4.1 – Représentation en fonction des axes factoriels

2.2 Cercle de corrélation individus/variables

Le deuxième graphique qui sera montré à l'utilisateur sera le cercle de corrélation individus/variables. Il regroupe trois informations :

- Nous pouvons voir la proximité des individus au sein des deux axes factoriels principaux
- Nous pouvons voir la proximité des variables au sein des deux axes factoriels principaux
- Nous pouvons voir la proximité entre un individu et une variable au sein des deux axes factoriels principaux

Par soucis de lisibilité, nous afficherons ce graphique en deux dimensions.

Voici ci-dessous un exemple de cercle de corrélation individus/variables :

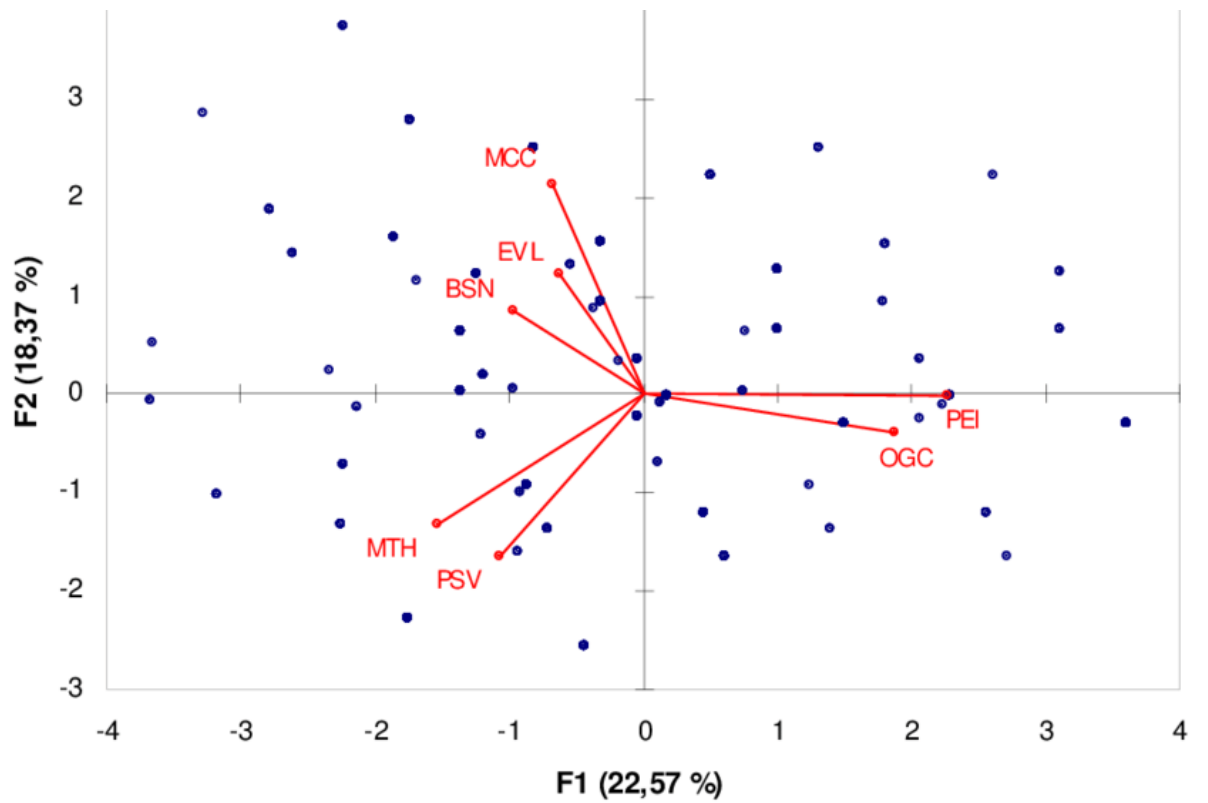


Figure 4.2 – Cercle de corrélation individus/variables

source : (https://www.researchgate.net/figure/Analyse-en-composantes-principales-ACP-a-deux-dimensions-realisee-sur-les-variables_fig1_46479126)

3 Préparation des données

L'ACP se réalise sur un tableau individus / variables. Les variables sont des variables quantitatives, ce qui veut dire que le tableau ne peut pas comporter de variables littérales.

3.1 Variables descriptives

Une seule variable descriptive peut exister au sein de l'ACP, elle sera considérée comme la variable définissant une classe d'appartenance d'un individu.

Dans notre cas, et dans notre base de données, nous avons trois variables littérales :

- Le type de matériau de la pièce
- Le type de fabrication de la pièce
- Le type de lubrifiant de l'outil

Ces trois informations ne pourront donc pas vraisemblablement être inclus dans l'analyse. Cependant, après de diverses discussions et réunions avec les clients, nous nous sommes rendus que dans la pratique, le chercheur connaîtrait toujours le type de matériau et fabrication de la pièce avant son analyse.

Par conséquent, le tableau de l'ACP va se réduire à un tableau contenant uniquement les expériences qui ont le couple type de matériau/fabrication demandé par le chercheur. De même, le type de lubrifiant de l'outil sera donc notre manière de former différentes classes au sein de l'ACP.

3.2 Gestion des données dépendantes du temps

La valeur de la variable d'un individu doit être une unique valeur dans le calcul d'une ACP. Cependant, dans notre cas, certaines variables d'expérience (par exemple la température) sont des variables qui dépendent du temps (plusieurs valeurs de la température sont rentrées dans la base de données pour une seule expérience). Ces variables ne peuvent donc pas être mise sans pré-traitement dans la tableau de l'ACP.

La première solution a été de diviser ce genre de variables en deux variables distincts. Ces deux variables correspondraient soit au minimum et maximum de la valeur pendant toute l'expérience, ou bien à la valeur initiale et finale, dépendamment de ce qu'on souhaite observer. Cela permettrait de pouvoir observer, dans les résultats de l'ACP, la variation de cette variable dans le temps.

Le principal problème de cette solution est que, vu que cette variable sera divisée en deux, elle aura deux fois plus d'impact dans les résultats de l'ACP. Elle influencerait donc trop et les résultats seraient biaisés.

La deuxième solution fut d'analyser l'évolution général d'une variable dans le temps afin de déterminer une métrique cohérente pour son incrustation dans le tableau de l'ACP.

Des exemples d'expériences m'ont été données par M.DUCHOSAL. De ce fait, j'ai pu afficher les évolutions de certaines grandeurs en fonction du temps. Les seules variables dépendantes du temps présentes dans les données de M.DUCHOSAL étaient celles relatifs aux efforts (Effort de coupe Fx, Effort de coupe Fy, Effort de coupe Fz).

Voici un graphique représentant les efforts relevés en fonction du temps d'une expérience :

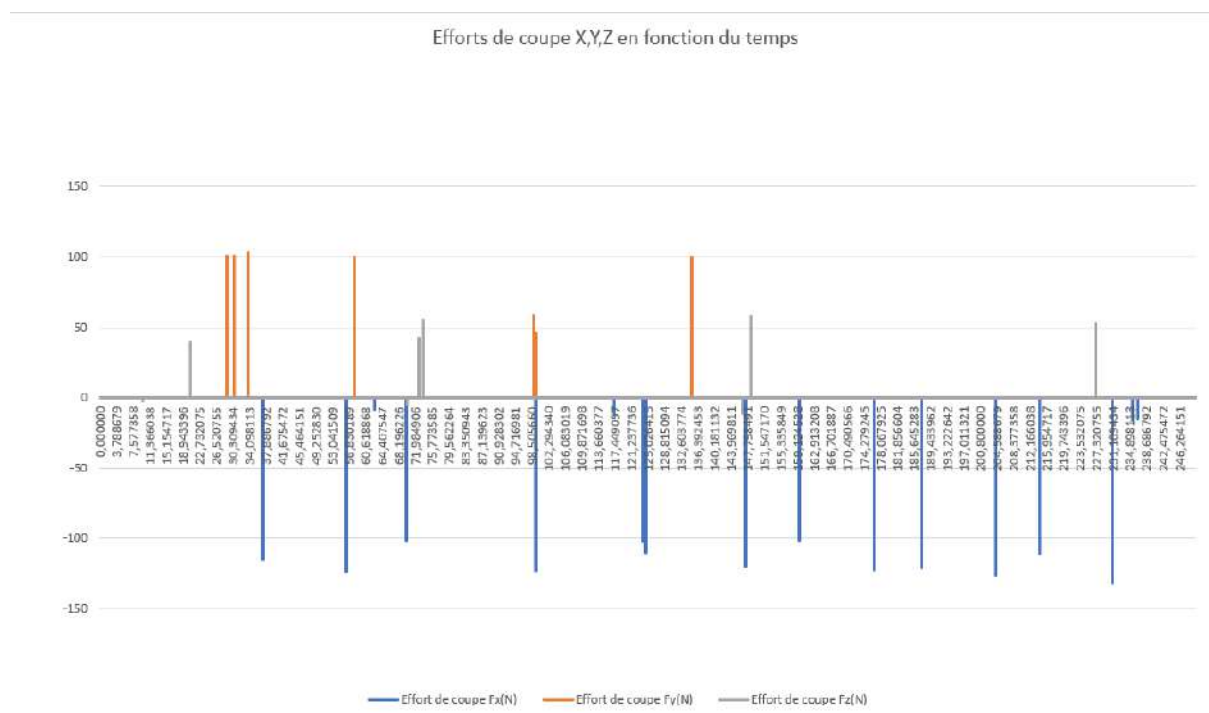


Figure 4.3 – Efforts de coupe en fonction du temps

Nous pouvons constater que les efforts sont des pics à des instants très précis. A noter que les données ont été relevées toutes les millisecondes, c'est pour cela que nous observons des pics et non pas une vraie courbe.

J'ai alors décidé de garder comme information le maximum (en valeur absolue) de chaque composante. De ce fait, chaque effort représente qu'une variable et les données ne seront pas biaisées. Une autre solution aurait été de réaliser des moyennes glissantes pour se rendre compte de l'évolution de la courbe. Cependant, retranscrire une évolution de courbe avec un seul attribut est difficile.

Concernant les autres attributs qui dépendent du temps :

- Durée de vie de l'outil : Valeur généralement unique dans les relevés des expériences des chercheurs : Moyenne dans le temps
- Dureté : Valeur généralement unique dans les relevés des expériences des chercheurs : Moyenne dans le temps
- Contraintes résiduelles : Valeur généralement unique dans les relevés des expériences des chercheurs : Moyenne dans le temps
- Rugosité : Valeur généralement unique dans les relevés des expériences des chercheurs : Moyenne dans le temps
- Température : Valeur évoluant dans le temps dans les relevés des expériences des chercheurs : Moyenne dans le temps donc peu précis et peu pertinent

4 Calcul de distance entre expériences

Une analyse a été portée sur la manière de concevoir une métrique qui calcul la distance entre deux expériences. Cette métrique va nous permettre de savoir quelle expérience est la plus proche de l'expérience rentrée depuis le formulaire du choix de l'outil coupant.

Voici la formule utilisée pour calculer les distances entre expériences :

$$d = \sum_{n=1}^N C_n \times (y_n - x_n)^2$$

avec :

- N : le nombre d'axes factoriels de l'ACP \Leftrightarrow nombre composantes
- n : numéro de l'axe factoriel actuel
- C_n : coefficient de l'axe factoriel : pourcentage d'information qu'il contient
- y_n : valeur du projeté de l'expérience du formulaire dans l'axe factoriel n
- x_n : valeur du projeté de l'expérience à comparer dans l'axe factoriel n

Nous pouvons voir que cette formule équivaut à la formule de la distance euclidienne à un coefficient près. Ce coefficient C_n va servir de pondération de chaque dimension (axe) en fonction de son importance, de sa quantité d'information.

De cette manière, même si notre ACP ne s'affiche qu'en deux ou trois dimensions, nous prendrons compte dans le calcul de la distance toutes les autres dimensions ne pouvant pas être affichées, bien qu'elles soient généralement négligeables vu qu'elles contiennent peu d'informations.

Cela sera intéressant notamment lorsque que la base de données sera remplie de pleins d'expériences diversifiées, ou bien lorsque que le logiciel pourra prendre en compte plus de variables physiques. Les deux ou trois principaux axes factoriels ne contiendraient pas toutes les informations de l'ACP et ainsi la distance sera plus précise avec une métrique qui prend en compte toutes les dimensions.

5

Mise en oeuvre

Dans ce chapitre, nous résumerons nos productions et leurs modes de réalisations.

1 Outils et librairies utilisés

Ce projet a été développé en Python 3.9.7 en utilisant principalement la librairie Tkinter qui gère toute l'interface graphique.

Voici une liste des divers outils et librairies utilisées pour chaque tâche :

- Numpy a été utilisé pour réaliser divers opérations sur des tableaux et des matrices
- Les dataframes de Pandas ont été utilisés pour réaliser et manipuler le tableau individus/variable de l'ACP. Les données requêtées depuis la base de données sont également formatées en dataframe pour une homogénéisation du code.
- SciKitLearn a été utilisé pour réaliser l'ACP.
- Plotly a été utilisé afin de proposer une interface moderne et pratique de visualisation de l'ACP.

Plotly est une bibliothèque très complète qui permet à l'utilisateur d'explorer un graphique aisément. Voici un résumé des différentes fonctionnalités graphiques de Plotly :

- Téléchargement du graphique en format .png
- Zoom avant/arrière
- Translation au sein du graphique
- Sélection d'une partie du graphique (crop)
- Remise à zéros des axes
- Autoscale



Figure 5.1 – Outils de Plotly

Ces fonctionnalités vont être très utiles aux utilisateurs du logiciel de façon à ce que l'analyse des données soit encore plus intuitive et détaillée.

2 Structure du projet

L'architecture de notre projet est l'architecture MVC. Notre projet comporte donc trois packages : le package controller, le package view et le package model :

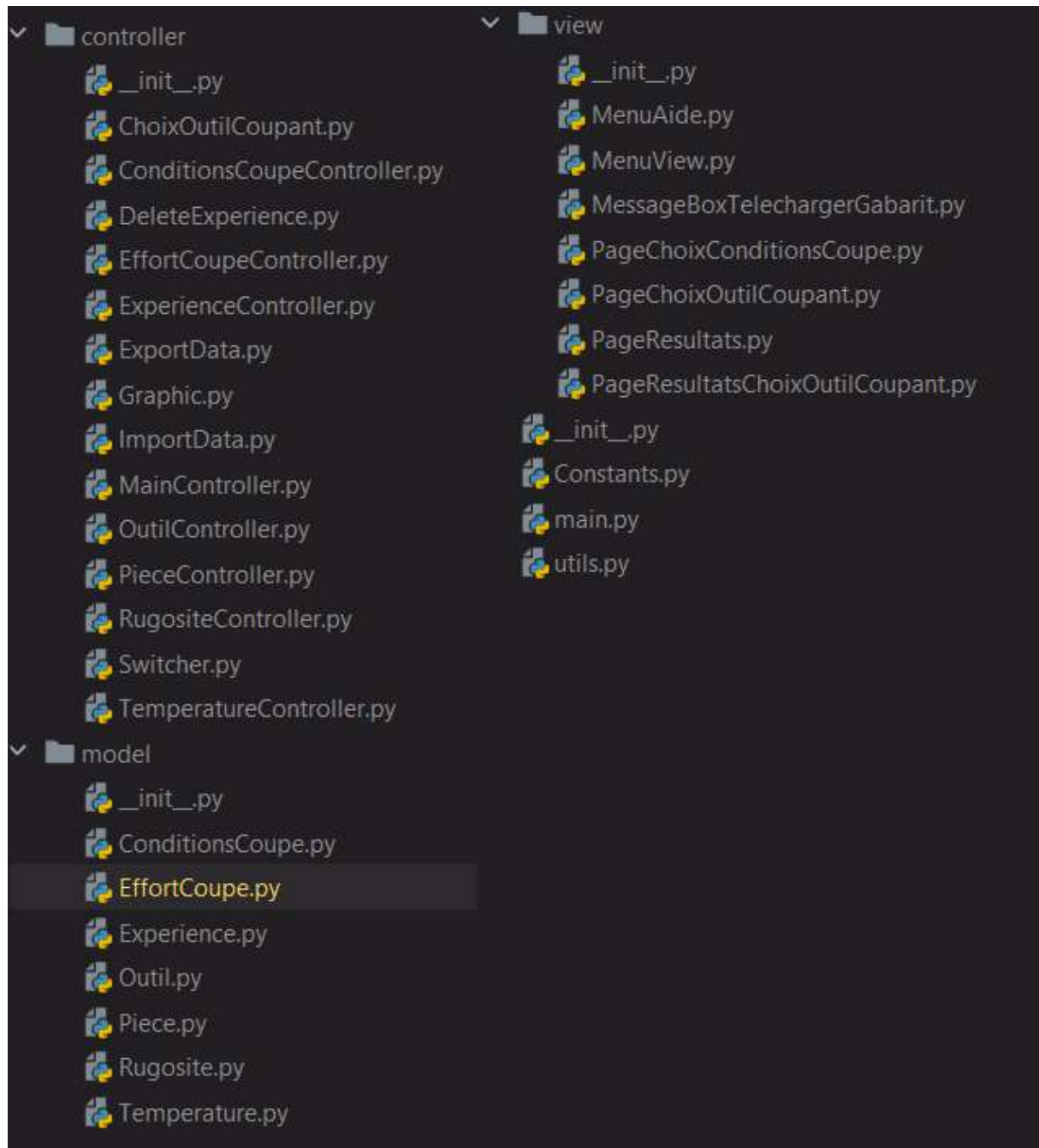


Figure 5.2 – Listes des packages

Le modèle MVC comporte comme avantage qu'il est facile à comprendre et à reprendre. De ce fait, la réutilisabilité de projet est élevée, ce qui est important lorsqu'un projet comporte différents développeurs lors de son développement, comme ici avec les projets de recherche et développement.

Chaque package comporte plusieurs fichiers. Un fichier dans ces trois packages représente systématiquement une et une seule classe.

3 Modification des fichiers gabarits

La première étape de la mise en oeuvre du projet fut la modification des fichiers gabarits. En effet les anciens fichiers gabarits ne faisaient pas réellement la distinction entre les variables qui dépendent du temps et celles qui n'en dépendent pas.

Voici la modélisation proposée :

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|------------------|
| 1 | Vitesse de coupe (mm/min) | | | | | | | | |
| 2 | Vitesse d'avance fz (mm/min) | | | | | | | | |
| 3 | Profondeur de passe (mm) | | | | | | | | |
| 4 | Géométrie outil | | | | | | | | |
| 5 | Type lubrifiant | | | | | | | | |
| 6 | Type fabrication pièce | | | | | | | | |
| 7 | Matériau pièce | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | Temps (s) | Effort de coupe Fx (N) | Effort de coupe Fy (N) | Effort de coupe Fz (N) | Contraintes résiduelles (MPa) | Durée de vie de l'outil | Dureté (MPa) | Rugosité (µm) | Température (°C) |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | |

Figure 5.3 – Gabarit excel

De cette façon, nous pouvons voir que les données non dépendantes du temps comporte bien une et une seule case/valeur à remplir (Vitesse de coupe, vitesse d'avance, profondeur de passe, géométrie outil, type lubrifiant, type de fabrication pièce et type matériau pièce). Les données dépendantes du temps sont situées plus bas et peuvent être remplies sur leur colonne respective qui dépend du temps (Effort de coupe Fx, Fy, Fz, contraintes résiduelles, durée de vie de l'outil, dureté, rugosité et température).

Bien sûr, ce template (gabarit_complet) n'est pas le seul existant, il existe aussi toutes les autres déclinaisons :

- gabarit_contraintes_residuelles : pour les expériences portant uniquement sur les contraintes résiduelles.
- gabarit_duree_vie_outil : pour les expériences portant uniquement sur la durée de vie.
- gabarit_durete : pour les expériences portant uniquement sur la dureté.
- gabarit_effort_coupe : pour les expériences portant uniquement sur les différents efforts de coupe.
- gabarit_rugosite : pour les expériences portant uniquement sur la rugosité.
- gabarit_temperature : pour les expériences portant uniquement sur la température.

La classe *ExportData* a également été modifiée pour prendre en compte ces changements. Cette classe permet de générer des gabarits vides afin que l'utilisateur puisse les télécharger pour commencer à remplir les données de ses expériences en vue de leur importation dans le logiciel.

4 Principales Classes

Dans cette partie, nous allons détailler les principales classes que j'ai été amené à modifier ou à créer lors de mon projet de recherche et de développement.

4.1 Vues

4.1.1 PageChoixOutilCoupant

Cette classe est contenue dans le package view. Elle contient uniquement un constructeur qui initialise l'interface servant du formulaire. Voici ce que crée le constructeur :

Figure 5.4 – Page Choix Outil Coupant

Dans cette page, nous pouvons y remplir le formulaire pour l'analyse de données en vue du choix d'un outil coupant, l'analyse et l'interprétation du formulaire sera gérée par la classe *MainController* (4.2.1).

4.1.2 PageResultatsChoixOutilCoupant

Cette classe est contenue dans le package view. Elle contient uniquement un constructeur qui initialise l'interface des résultats de l'analyse du formulaire. Voici ce que crée le constructeur :

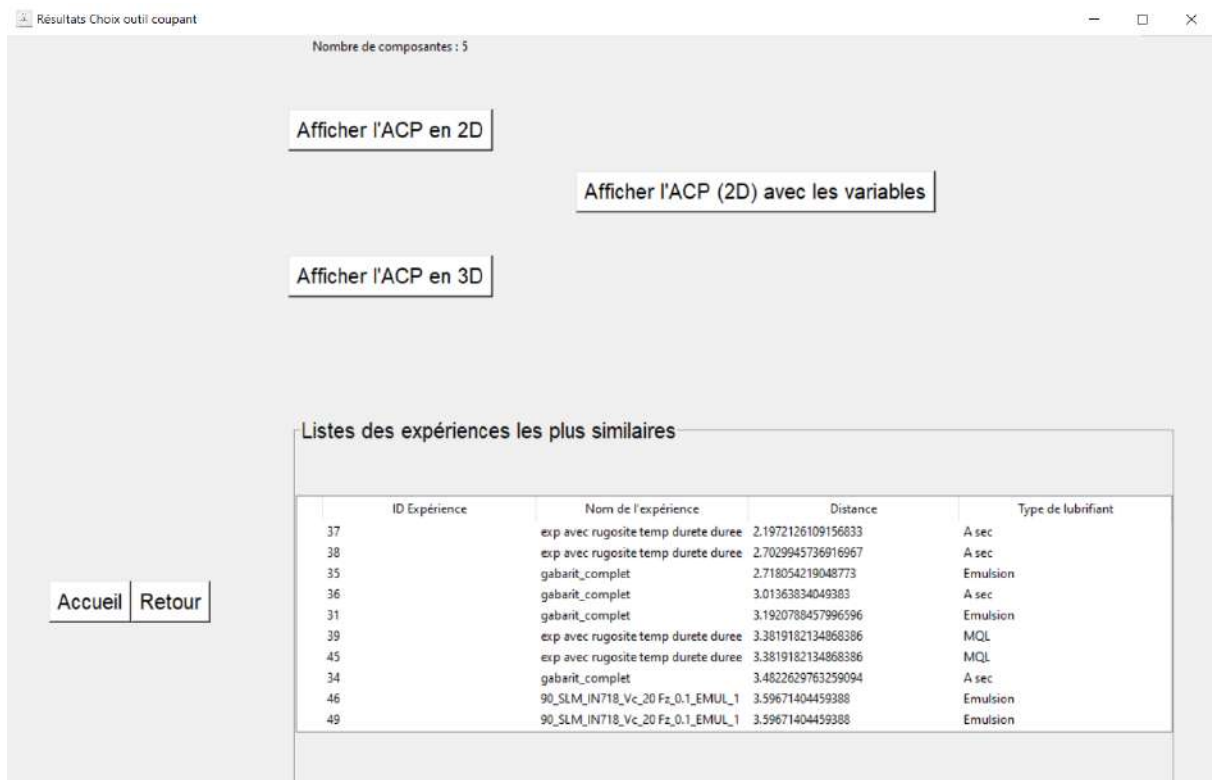


Figure 5.5 – Page Résultats Choix Outil Coupant

Dans cette page, nous pouvons voir les informations sur l'analyse de l'ACP. Cette dernière a été calculée au préalable via la classe *ChoixOutilCoupant* (4.2.6). Cette affichage ne parvient que si le formulaire a été correctement rempli et que le calcul n'a pas généré d'erreurs.

Nous pouvons voir un tableau résumant les expériences les plus proches, calculées via la métrique de distance mise en place ici 4 (Chapitre 4), ainsi que le nombre de composantes de l'ACP. Enfin, nous avons plusieurs boutons permettant d'afficher l'ACP sous diverses formes (2D, 3D ou bien 2D avec l'influence des variables).

Voici des exemples d'affichage d'ACP de vraies expériences via notre logiciel et ploty :

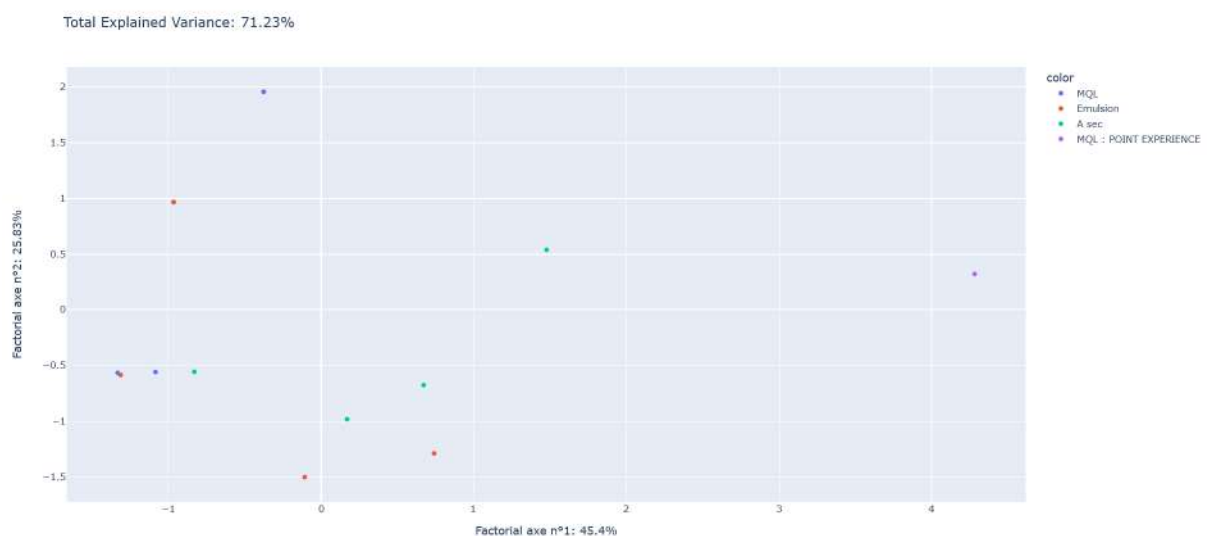


Figure 5.6 – ACP en deux dimensions

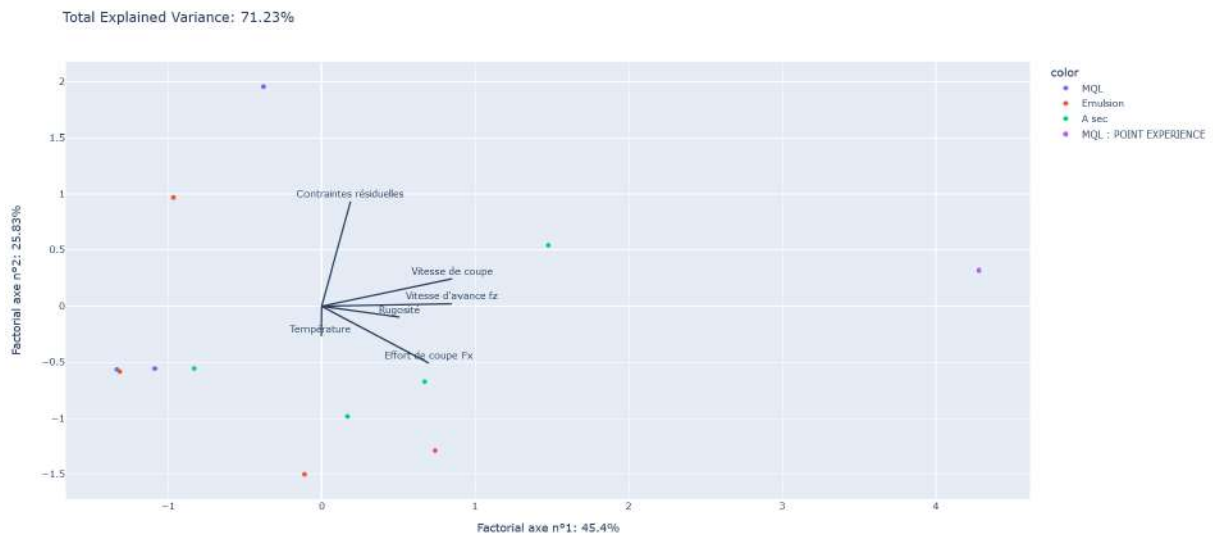


Figure 5.7 – ACP en deux dimensions avec l'influence des variables

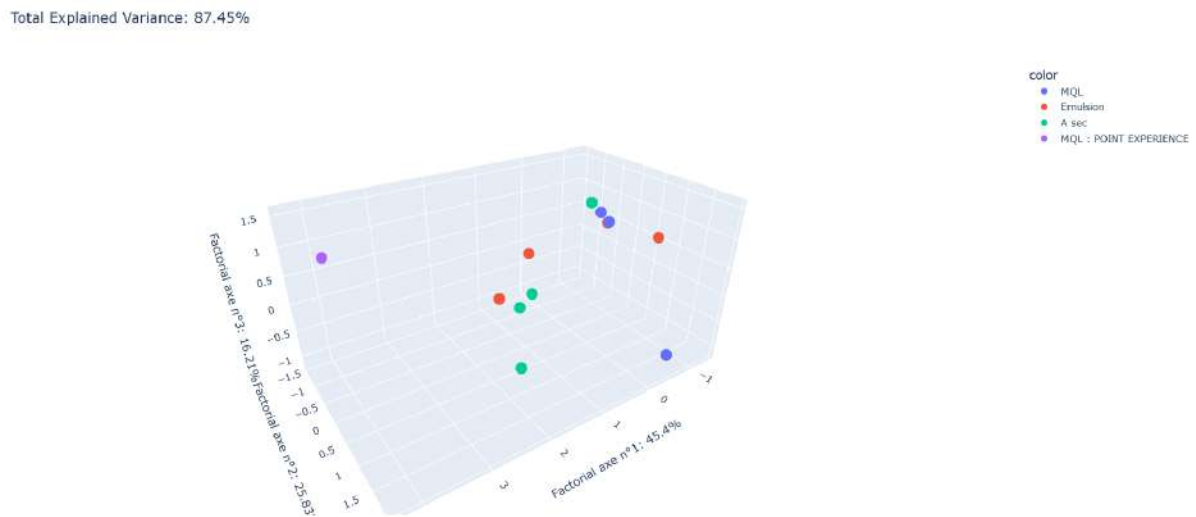


Figure 5.8 – ACP en trois dimensions

Ces graphiques sont affichés sur un navigateur en local grâce au serveur web Apache. Nous pouvons observer comme informations :

- classe de chaque expérience (le point qui correspond aux données du formulaire est dans sa classe unique, ici en violet)
- proximité d'une expérience à une autre
- quantité d'informations contenu dans un axe factoriel
- quantité d'informations contenu dans tout le graphique (Total Explained Variance)

4.2 Contrôleurs

4.2.1 MainController

La classe *MainController* est la classe centrale de l'application, elle permet aussi bien d'effectuer toutes les redirections entre les différentes interfaces, que de gérer certains calculs rapides. Les calculs plus spécifiques se feront dans leur classes contrôleurs associées (par exemple tous les calculs et la préparation des données se fait via le contrôleur *ChoixOutilCoupant*).

J'ai donc ajouté à cette classe les fonctionnalités suivantes :

- Afficher la page choix outil coupant
- Valider la cohérence des données du formulaire
- Afficher la page des résultats du choix de l'outil coupant
- Remplir les données du formulaire
- Méthode permettant de passer de la page choix outil coupant au menu
- Méthode permettant de passer de la page résultats choix outil coupant à la page choix outil coupant

4.2.2 ImportData

Refonte complète de la manière d'importer les données dans la base afin que les données puisse être importées depuis les nouveaux gabarits, mais également pour que la maintenabilité de la classe soit meilleure ; de façon à ce que, si un jour on devra être amené à ajouter de nouvelles variables, ceci se fera plus aisément.

4.2.3 ExportData

Modification des méthodes permettant de créer les gabarits de façon à ce qu'on puisse télécharger les nouveaux gabarits.

4.2.4 ConditionsCoupeController

Ajout d'une méthode requêtant la base de données afin de renvoyer une liste des différents types de lubrifiants.

4.2.5 PieceController

- Ajout d'une méthode requêtant la base de données afin de renvoyer une liste des différents types de matériau des pièces.
- Ajout d'une méthode requêtant la base de données afin de renvoyer une liste des différents types de fabrication des pièces.

4.2.6 ChoixOutilCoupant

La classe *ChoixOutilCoupant* est la plus grosse classe de l'application niveau complexité. Elle permet de faire toute la partie création des données nécessaires à l'ACP et son calcul. Elle gère aussi la création des graphiques permettant de visualiser l'ACP.

Voici une liste des fonctionnalités complètes de la classe :

- Affichage des graphiques
- Création du dataframe utile au calcul de l'ACP
 - Récupération des informations dans la base concernant les conditions de coupe des autres expériences
 - Récupération des informations dans la base concernant les efforts de coupe des autres expériences
 - Récupération des informations dans la base concernant la rugosité des autres expériences
 - Récupération des informations dans la base concernant la température des autres expériences
 - Récupération des informations dans la base concernant la pièce des autres expériences
 - Récupération des informations dans la base concernant l'outil des autres expériences
 - Récupération et formattage des informations du formulaire de l'utilisateur
- Calcul de l'ACP
- Création du graphique en deux dimensions avec ou sans l'influence des variables
- Création du graphique en trois dimensions
- Calcul des expériences les plus proches
- Récupérer les données à envoyer dans le tableau des expériences les plus proches de la page résultats du choix de l'outil coupant
- Méthode qui renvoie le maximum en valeur absolue sur chaque colonne d'un dataframe par expérience distincte
- Méthode qui renvoie la moyenne sur chaque colonne d'un dataframe par expérience distincte

4.3 Autres classes & fichiers

4.3.1 utils

Le fichier *utils.py* est un nouveau fichier qui vise à contenir des fonctions utilitaires qui peuvent être appelées sur tout le périmètre du projet. Le but est de faire un fichier regroupant pleins de fonctions bénines afin de casser la redondance du code. Pour l'instant, le fichier contient uniquement une fonction permettant de calculer une distance euclidienne avec ou sans pondération. Cette fonction est utile pour calculer notre métrique de distance (4(Chapitre 4)).

4.3.2 Constants

Le fichier *Constants.py* contient toutes les chaînes de caractères qui pourraient être réutilisables dans tout le projet. L'avantage de rassembler ce genre de variable est qu'il est facile de changer une chaîne de caractère qui apparaît dans tout le logiciel. De cette façon, le projet est plus facilement maintenable.

```

GRAPH3D = "Graphique 3D"
GRAPH2D = "Graphique 2D"

COMPLET = "Complet"
EFFORT_COUPE = "Effort de coupe"

VITESSE_COUPE_U = "Vitesse de coupe (mm/min)"
VITESSE_COUPE = "Vitesse de coupe"
VITESSE_AVANCE_U = "Vitesse d'avance fz (mm/min)"
VITESSE_AVANCE = "Vitesse d'avance fz"
PROFONDEUR_PASSE_U = "Profondeur de passe (mm)"
PROFONDEUR_PASSE = "Profondeur de passe"
GEOMETRIE_OUTIL = "Géométrie outil"
TYPE_LUBRIFIANT = "Type lubrifiant"
TYPE_FAB_PIECE = "Type fabrication pièce"
TYPE_MAT_PIECE = "Type matériau pièce"
TEMPS_U = "Temps (s)"
TEMPS = "Temps"

DURETE_U = "Durété (MPa)"
DURETE = "Durété"
CONSTRAINTES_RESIDUELLES_U = "Contraintes résiduelles (MPa)"
CONSTRAINTES_RESIDUELLES = "Contraintes résiduelles"

```

Figure 5.9 – Quelques exemples de constantes du fichier Constants.py

5 Analyse de l'ACP

L'analyse par composantes principales est un outil statistique pour mettre au point une représentation des données plus facilement interprétable. Cependant, son analyse peut être parfois compliqué si l'on ne sait pas comment elle fonctionne.

C'est pour cela que l'idée d'un graphique de l'ACP avec l'influence des variables était une bonne idée selon moi et cela à tout de suite plu aux clients.

Voici comment nous pouvons analyser la figure 5.7 :

- L'axe n°1 contient 45.4% de l'information totale contenu dans toutes les données des expériences.
- L'axe n°2 contient 25.8% de l'information totale
- Le graphique contient 71.2% de l'information totale

- La température et la rugosité ne sont pas des variables qui influent énormément dans cette ensemble de données d'expériences. (i. e. que les valeurs de la température et de la rugosité sont sensiblement les mêmes pour toutes les expériences).
- Au contraire, les contraintes résiduelles et les efforts de coups Fx sont des variables qui influent.
- Les contraintes résiduelles et la température sont représentés majoritairement selon le deuxième axe factoriel.
- Les autres variables sont représentés majoritairement selon le premier axe factoriel.
- Le point de l'expérience du formulaire semble réellement différent de ceux des expériences du même couple (Type fabrication pièce/Type matériau pièce).

6 Qualité de code

Pour évaluer la qualité de mon code, j'ai utilisé SonarQube.

Voici un résumé global du rapport d'exécution de SonarQube :

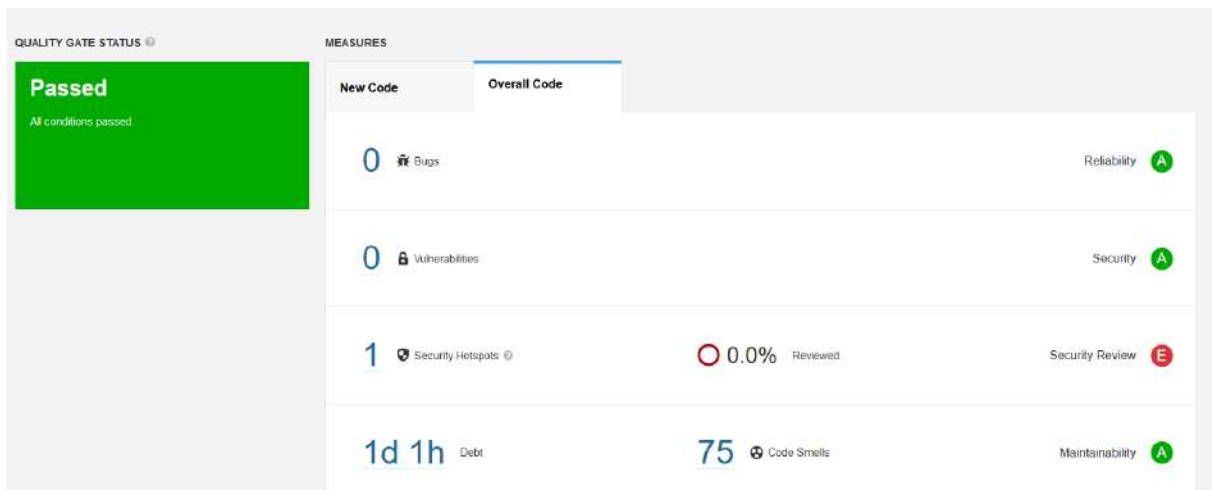


Figure 5.10 – Rapport global SonarQube

Nous pouvons observer :

- 0 bug
- 0 vulnérabilité
- 1 faille de sécurité (le mot de passe de la base de données est en dur dans le code, cela n'est pas grave dans notre cas car seul le client disposera du logiciel et aura besoin de l'accès à la base).
- 75 anomalies représentant un jour et une heure de travail

Et voici un détail des anomalies :

Ces anomalies correspondent à celle que pourrait proposer un linter, un outil d'analyse de code qui permet de détecter les petites erreurs du code et les divers problèmes de syntaxe. (exemple : problème d'import, convention de nommages, respect des normes concernant les commentaires, etc ...)

The screenshot shows a code quality tool interface. On the left, there is a sidebar with filters. The 'Type' filter is set to 'CODE SMELL', showing 75 items. The 'Severity' filter shows counts for Blocker (0), Critical (25), Major (8), Minor (42), and Info (0). The main panel displays a list of issues. The first issue is 'Import only needed names or import the module and then use its members.' in 'controller/Choi/Cout/Coupant.py'. The second issue is 'Refactor this function to reduce its Cognitive Complexity from 16 to the 15 allowed.' in 'controller/ConditionsCoupController.py'. The third issue is 'Import only needed names or import the module and then use its members.' in 'controller/Graphic.py'. The fourth issue is 'Rename this parameter "type_graphique_2D" to match the regular expression ^[_a-z][a-z0-9_]*\$.' in 'controller/Graphic.py'. The fifth issue is 'Refactor this function to reduce its Cognitive Complexity from 61 to the 15 allowed.' in 'controller/Graphic.py'. The sixth issue is 'Rename this parameter "type_graphique_2D" to match the regular expression ^[_a-z][a-z0-9_]*\$.' in 'controller/Graphic.py'.

| File | Issue Description | Severity | Effort | Assignee |
|--|--|----------|--------------|----------------|
| controller/Choi/Cout/Coupant.py | Import only needed names or import the module and then use its members. Why is this an issue? | Critical | 5min effort | pifal |
| controller/ConditionsCoupController.py | Refactor this function to reduce its Cognitive Complexity from 16 to the 15 allowed. Why is this an issue? | Critical | 8min effort | brain-overload |
| controller/Graphic.py | Import only needed names or import the module and then use its members. Why is this an issue? | Critical | 5min effort | pifal |
| controller/Graphic.py | Rename this parameter "type_graphique_2D" to match the regular expression ^[_a-z][a-z0-9_]*\$. Why is this an issue? | Minor | 2min effort | convention |
| controller/Graphic.py | Refactor this function to reduce its Cognitive Complexity from 61 to the 15 allowed. Why is this an issue? | Critical | 51min effort | brain-overload |
| controller/Graphic.py | Rename this parameter "type_graphique_2D" to match the regular expression ^[_a-z][a-z0-9_]*\$. Why is this an issue? | Minor | 2min effort | convention |

Figure 5.11 – Rapport des anomalies du code du projet

6

Bilan et conclusion

1 Bilan du semestre 9

Durant le semestre 9 de ce projet de recherche et développement, j'ai réalisé les tâches suivantes :

- Prise en main du sujet
- Lecture et compréhension des documents liés au projet
- Analyse du besoin
- Prise en main du logiciel et de ses fonctionnalités
- Analyse de l'ancienne ACP
- Réflexion sur de nouveaux paramètres d'usinages
- Rédaction de la partie État de l'art
- Test de bibliothèques Python pour l'analyse de données
- Réalisation de maquettes du logiciel
- Rédaction du cahier des spécifications
- Réunions pour valider les spécifications
- Préparation pour la soutenance

Je suis relativement satisfait de l'avancée du projet durant le semestre 9. J'ai réalisé les tâches planifiées au début du semestre 9 (cf. annexe) en respectant relativement correctement le planning.

Cependant, la validation des spécifications s'est fait plus tard que prévu et cela m'a un peu retardé dans la préparation du développement pour le semestre 10 (par exemple, analyse et réflexion mathématique de l'ACP, etc.).

2 Tâches du semestre 10

Durant le semestre 10, je souhaiterais effectuer les tâches suivantes :

- Modifications et améliorations des fichiers gabarits
- Développement de la partie choix paramètres de l'ACP
- Développement du calcul de l'ACP
- Développement de l'affichage des résultats de l'ACP
- Développement d'un calcul de score d'optimalité d'un outil
- Développement de l'affichage de données d'une expérience similaire
- Rédaction de la suite du rapport
- Préparation en vue de la soutenance du semestre 10

Il est important de noter que ces tâches devront au maximum être séparées par des réunions avec les clients afin de valider la dernière tâche réalisée et de poursuivre l'avancée du projet.

Dans le cas où la tâche n'est pas validée, il faudra alors l'allonger dans le temps et retravailler dessus tant qu'elle ne sera pas validée.

3 Bilan du semestre 10

Durant le semestre 10 de ce projet de recherche et développement, j'ai réalisé les tâches suivantes :

- Modifications et améliorations des fichiers gabarits
- Développement de la partie choix paramètres de l'ACP
- Développement du calcul de l'ACP
- Développement de l'affichage des résultats de l'ACP
- Calcul des expériences similaires
- Rédaction de la suite du rapport
- Préparation en vue de la soutenance du semestre 10

J'ai pu réaliser quasiment toutes les tâches que je souhaitais durant le semestre 10 hormis la tâche sur le développement de l'affichage de données d'une expérience similaire qui n'a pas pu se faire par manque de temps.

Cela est dû au fait que certaines tâches ont pris du retard pendant ce semestre. Ces points là sont expliqués en détail en annexe.

4 Analyse et conclusion

Durant tout au long de ce projet, j'ai pu m'initier à la gestion de projet. Je me suis trouvé compétent dans la manière d'aborder et de préparer les réunions avec mon tuteur et les clients (à travers des démos de mon application, des questions que je posais par mail en amont des réunions, des résumés papier, etc ...).

En revanche, mes axes d'améliorations sont sur le fait de mieux me préparer à d'éventuelles tâches qui ne pourraient pas avoir lieu ou alors être remplacées. Je pourrais éventuellement prévoir une échelle de risque sur chaque tâche, et m'imaginer, pour les tâches les plus risquées, quels scénarios appliquer en cas d'échec.

Annexes

A

Planification, gestion de projet

1 Semestre 9

1.1 Évolution du projet

Voici le diagramme de Gantt initial des différentes tâches à réaliser pendant le semestre 9 :

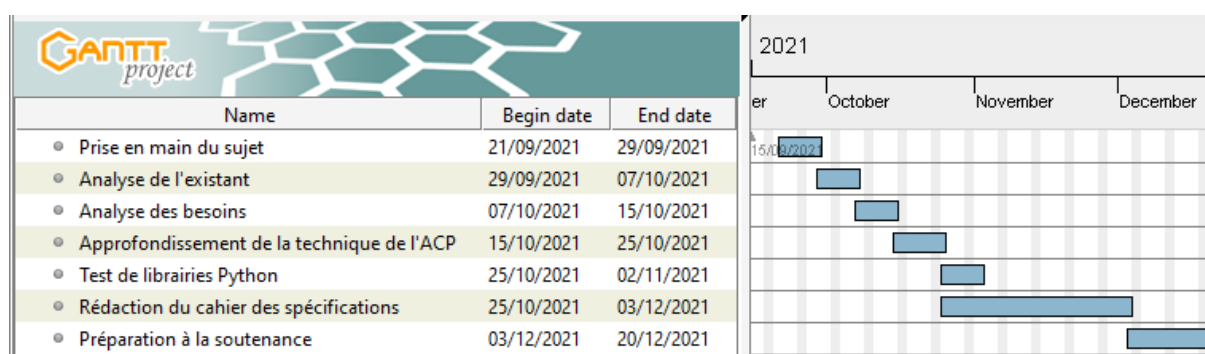


Figure A.1 – Diagramme de Gantt initial du semestre 9

Voici le diagramme de Gantt représentatif des différentes tâches réalisées pendant le semestre 9 :

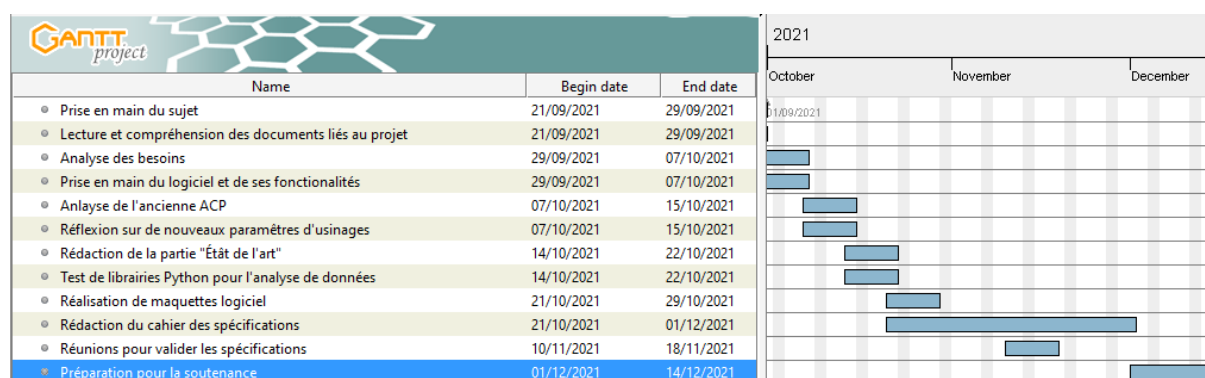


Figure A.2 – Diagramme de Gantt final du semestre 9

Les deux diagrammes de Gantt ne sont évidemment pas les mêmes. Cela s'explique par le fait que des tâches ont été divisées en plusieurs sous tâches. Par exemple la tâche "Rédaction du cahier des spécifications" à été divisée en deux avec l'apparition dans le diagramme de Gantt final de la tâche "Rédaction de la partie 'État de l'art'".

Il y a eu aussi une semaine de projet consacrée en partie à la réflexion sur la faisabilité et l'intérêt de rajouter de nouveaux paramètres d'usinage (i.e. de nouvelles variables et attributs pour enrichir la base de données).

On peut voir que les tâches se sont globalement déroulées dans l'ordre souhaité. Cependant, les spécifications ont été validées que très tardivement (semaine du 10/11 au 18/11) par mon tuteur M. MARTINEAU ainsi que par un des clients enseignant chercheur M. ALTMAYER, car mon tuteur n'avait pas la possibilité de trouver un créneau libre afin d'effectuer une voire plusieurs réunions pour valider les spécifications.

Le cahier des spécification a été validé par M. MARTINEAU et M. ALTMAYER à la suite d'une réunion organisé la mercredi 17 novembre 2021. Quelques modifications (notamment sur l'organisation de certaines interfaces logiciels) ont été évoquées durant cette réunion. Le cahier des spécification a donc été revu afin d'être en accord avec tous les sujets et points évoqués lors de cette réunion.

1.2 Description des tâches

Voici ci-dessous la liste des tâches expliquées du diagramme de Gantt final.

Tâche 1 : Prise en main du sujet

- Date de début : 21/09/2021
- Date de fin : 29/09/2021
- Durée : 7 jours
- Description : réception des différents documents, colonage du code, premier entretien avec M. MARTINEAU sur les attendus et l'environnement du projet.

Tâche 2 : Lecture et compréhension des documents liés au projet

- Date de début : 21/09/2021
- Date de fin : 29/09/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Lecture et compréhension des documents liés au projet à savoir le cahier des spécifications, différents documents sur la réalisation d'ACP.

Tâche 3 : Analyse du besoin

- Date de début : 29/09/2021
- Date de fin : 07/10/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Lectures de différents articles scientifiques sur l'aide aux choix des outils coupants ainsi que sur l'usinage en général.

Tâche 4 : Prise en main du logiciel et de ses fonctionnalités

- Date de début : 29/09/2021
- Date de fin : 07/10/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Lancement de l'application, analyse des différentes interfaces. Analyse générale sur la structure du code. Teste d'une bonne partie des différentes fonctionnalités du logiciel.

Tâche 5 : Analyse de l'ancienne ACP

- Date de début : 07/10/2021
- Date de fin : 15/10/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Analyse de l'ancienne analyse par composantes principales réalisée par Colin DEFIE-NAS.

Tâche 6 : Réflexion sur de nouveaux paramètres d'usinages

- Date de début : 07/10/2021
- Date de fin : 15/10/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Réflexion sur la possibilité et l'intérêt d'ajouter de nouveaux paramètres d'usinages, de nouvelles variables sur lesquelles l'analyse de données pourra s'appuyer.

Tâche 7 : Rédaction de la partie État de l'art

- Date de début : 14/10/2021
- Date de fin : 22/10/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Rédaction de la partie sur l'état de l'art, description du logiciel et ses différentes interfaces/fonctionnalités.

Tâche 8 : Test de bibliothèques Python pour l'analyse de données

- Date de début : 07/10/2021
- Date de fin : 15/10/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Test des bibliothèques Python Numpy/Sklearn/Pyplot/Ploty pour l'analyse de données. Analyse sur les points positifs et négatifs de chaque bibliothèque.

Tâche 9 : Réalisation de maquettes du logiciel

- Date de début : 21/10/2021
- Date de fin : 29/10/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Réalisation de maquettes logiciel décrivant les différentes interface homme/machine via le logiciel libre Pencil.

Tâche 10 : Rédaction du cahier des spécifications

- Date de début : 21/10/2021
- Date de fin : 01/12/2021
- Durée : 39 jours
- Description : Rédaction complète du cahier des spécifications version semestre 9.

Tâche 11 : Réunions pour valider les spécifications

- Date de début : 10/11/2021
- Date de fin : 18/11/2021
- Durée : 7 jours
- Description : Réunions avec M. MARTINEAU et M. ALTMAYER pour valider les maquettes, le besoin et les fonctionnalités du logiciel.

Tâche 12 : Préparation pour la soutenance

- Date de début : 01/12/2021
- Date de fin : 14/12/2021
- Durée : 13 jours
- Description : Préparation des diapositives pour la soutenance oral de fin du semestre 9.

2 Semestre 10

2.1 Évolution du projet

Voici le diagramme de Gantt initial des différentes tâches à réaliser pendant le semestre 10 :



Figure A.3 – Diagramme de Gantt initial du semestre 10

Voici le diagramme de Gantt représentatif des différentes tâches réalisées pendant le semestre 10 :



Figure A.4 – Diagramme de Gantt final du semestre 10

Nous pouvons noter qu'il a eu trois principaux problèmes rencontrés.

Le premier problème est le retard dans la tâche : "Développement calcul de l'ACP". En effet, certains problèmes techniques m'ont fait accuser du retard sur cette tâche, notamment dû au fait les données d'entrées pour réaliser le calcul de l'ACP n'étaient pas exactement celles souhaitées par la librairie.

Cela a entraîné un retard sur les tâches suivantes. Elles ont dû être réalisées plus rapidement. Cependant, j'ai effectué le début du développement de l'affichage de l'ACP en parallèle de cette tâche.

Par conséquent, le tâche "Développement de l'affichage des résultats de l'ACP" a pris du retard du fait que je réalisais deux tâches en simultanées.

La tâche "Développement du score de l'outil" a été annulée car elle a été finalement jugée non pertinente après de nouvelles études et réunions. Cette tâche a été remplacée par une tâche pour développer une métrique qui permet de calculer les expériences les plus similaires de l'expérience souhaitée.

La tâche "Développement de l'affichage des données d'une expérience" a été annulée car cette tâche était plus difficile que prévu du fait de l'architecture de l'application et du manque de temps avant les prochaines tâches (rédaction rapport et préparation de l'oral) obligatoires.

2.2 Description des tâches

Voici ci-dessous la liste des tâches expliquées du diagramme de Gantt final du semestre 10.

Tâche 1 : Modifications et améliorations des fichiers gabarits

- Date de début : 05/01/2022
- Date de fin : 13/01/2022
- Durée : 8 jours
- Description : Modifications et améliorations des fichiers gabarits pour qu'il différencie mieux les variables non dépendantes du temps de celles qui en sont dépendantes.

Tâche 2 : Développement de la partie choix paramètres de l'ACP

- Date de début : 12/01/2022
- Date de fin : 31/01/2022
- Durée : 19 jours
- Description : Développement de la première interface qui sert de formulaire au client afin de renseigner les variables utiles pour l'ACP ainsi que des valeurs références.

Tâche 3 : Développement du calcul de l'ACP

- Date de début : 31/01/2022
- Date de fin : 28/02/2022
- Durée : 29 jours
- Description : Développement d'un contrôleur permettant le calcul de l'ACP en récupérant toutes les informations nécessaires de la base de données et en effectuant divers traitement à postériori.

Tâche 4 : Développement de l'affichage des résultats de l'ACP

- Date de début : 17/02/2022
- Date de fin : 08/03/2022
- Durée : 19 jours
- Description : Développement de la vue et d'un contrôleur permettant à l'utilisateur de voir les résultats de l'exécution de l'ACP. La vue contient divers graphiques et autres informations.

Tâche 5 : Calcul des expériences les plus similaires

- Date de début : 10/03/2022
- Date de fin : 18/03/2022
- Durée : 7 jours
- Description : Développement d'une métrique qui permet de calculer les expériences les plus similaires de l'expérience souhaitée.

Tâche 6 : Rédaction de la suite du rapport

- Date de début : 23/03/2022
- Date de fin : 01/04/2022
- Durée : 8 jours
- Description : Rédaction de la partie cahier de développeur, analyse et conception, mise en oeuvre, guide d'installation et guide d'utilisation.

Tâche 7 : Préparation en vue de la soutenance du semestre 10

- Date de début : 31/03/2022
- Date de fin : 08/04/2022
- Durée : 8 jours
- Description : Préparation des diapositives pour la soutenance oral de fin du semestre 10.

B

Description des interfaces

1 Interfaces logicielles/logicielles

Le logiciel communiquera avec une base de données relationnelles MySQL. Ce logiciel sera l'unique serveur relié à cette base et la connexion sera établie dès lors que le logiciel se lance et se terminera uniquement quand le logiciel se fermera. Le logiciel ne se lancera pas si la connexion avec la base de données n'aura pas pu être établie.

2 Interfaces homme/machine

L'interface homme/machine comporterait au total cinq pages lors de la première version du logiciel. Ces différentes interfaces ont été montrées, détaillées, et expliquées lors du chapitre 3.

On va s'intéresser ici aux trois nouvelles interfaces qui devront être développées lors de ce projet.

La première interface est accessible en cliquant sur le bouton "Choix outil coupant" depuis la page d'accueil. Cette page comportera toute l'interface nécessaire à la préparation au calcul de l'ACP. Le but de cette page est que l'utilisateur puisse choisir les paramètres importants, déterminants et nécessaires afin que le logiciel lui retourne et lui conseille le meilleur outil coupant afin de satisfaire ces besoins.

Toutes les variables et grandeurs enregistrées dans la base de données peuvent avoir un impact lors du calcul de l'ACP. C'est pourquoi cette interface comporte toutes les variables de la base de données hormis celle relatives à l'outil bien évidemment (à part la dureté de l'outil qui peut avoir son intérêt lors du calcul). Chaque paramètre contient sa propre case où l'utilisateur pourra entrer la valeur souhaitée pour cette variable, il pourra aussi cocher cette case pour prendre en compte cette variable lors du calcul. Les paramètres qui ne peuvent pas se remplir via des valeurs numériques seront des "combobox" (liste à plusieurs choix qui seront les choix déjà présent dans la base de données).

Choix Outil Coupant

| Conditions sur l'outil et la pièce | | Conditions sur l'expérience | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Durée de vie de l'outil | <input type="checkbox"/> | Type lubrifiant | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Matériau pièce | <input checked="" type="checkbox"/> | Vitesse de coupe (mm/min) | <input type="checkbox"/> |
| Type fabrication pièce | <input type="checkbox"/> | Vitesse d'avance (mm/min) | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Dureté pièce (MPa) | <input type="checkbox"/> | Profondeur de passe (mm) | <input checked="" type="checkbox"/> |
| C. résiduelles pièce (MPa) | <input checked="" type="checkbox"/> | Effort Fx (N) | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Rugosité pièce (µm) | <input checked="" type="checkbox"/> | Effort Fy (N) | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Fatigue pièce (MPa) | <input checked="" type="checkbox"/> | Effort Fz (N) | <input type="checkbox"/> |
| | | Température (°C) | |

Accueil **Valider**

Figure B.1 – Maquette interface du choix des paramètres souhaités

La deuxième interface est la visualisation du calcul de l'ACP. Elle sera accessible une fois que l'utilisateur aura actionné le bouton "Valider" de la première interface et que le calcul se soit correctement déroulé. Cette interface comporte plusieurs informations :

- un graphique en deux ou trois dimensions qui comporte la visualisation de l'ACP avec ses deux ou trois axes factoriels principaux (le nombre de dimension sera déterminé selon l'importance de chaque axe).
- un graphique qui montrera la corrélation entre les individus (expériences) et les variables.
- un tableau qui récapitulera les expériences les plus similaires aux résultats attendus avec quelques premières indications sur ces derniers (ici on voit le nom de l'outil utilisé, le type d'expérience ainsi que la matériau de la pièce. Ce tableau comportera aussi un bouton amenant vers une page pour visualiser en détail une expérience.
- Enfin, il y aura un score (pourcentage) récapitulatif pour les outils les plus recommandés.

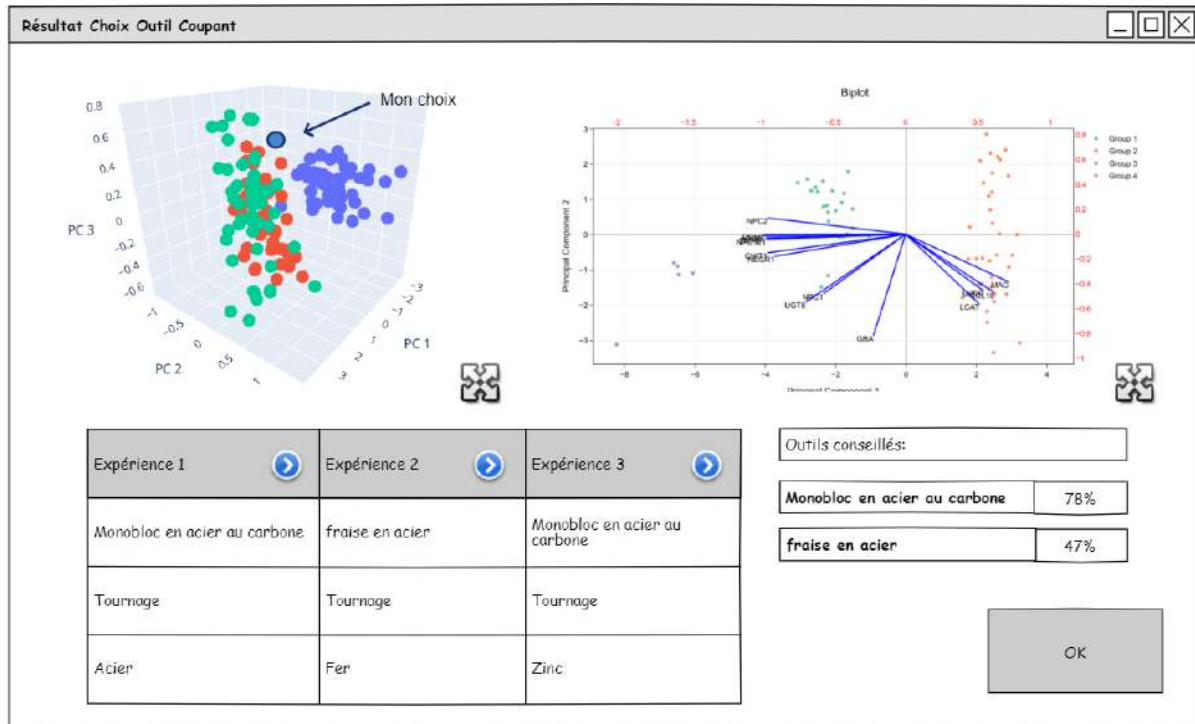


Figure B.2 – Maquette interface du résultat de l'ACP

La troisième interface sera une interface similaire à l'interface "Choix conditions de coupe" (3.7(Chapitre 3)) si ce n'est qu'elle ne comportera pas les boutons "Télécharger le gabarit excel type" et "Sélectionner un fichier d'une expérience d'usinage".

La configuration de l'expérience sera ainsi chargée et l'utilisateur pourra afficher les graphiques qu'il souhaite grâce aux contrôleurs et interfaces déjà créées précédemment durant l'ancien projet.



Cahier de Spécifications

1 spécifications Fonctionnelles

1.1 Partie choix paramètres de l'ACP

Bouton pour valider les données pour choix outil coupant

Entrée : Différentes variables enregistrées depuis l'interface homme/machine.

Sortie : /

Préconditions : Être sur la page "choix outil coupant".

Postconditions : Déclenchement d'un calcul d'une **ACP**.

Exception 1 : S'il manque une ou plusieurs variables obligatoires.

Exception 2 : Si la base de données ne comporte pas d'anciennes expériences, alors le calcul de l'**ACP** ne peut pas se faire.

Exception 3 : Si une ou plusieurs variables sont mal typée(s) ou mal formatée(s).

Bouton retour

Entrée : /

Sortie : /

Préconditions : Être sur la page "choix outil coupant"

Postconditions : Retour sur la page d'accueil du logiciel.

1.2 Affichage des données résultats du l'ACP sur la page "Résultant choix outil coupant"

Calcul de l'ACP

Entrée : Différentes variables enregistrées depuis l'interface homme/machine.

Sortie : Objets graphiques, expérience les plus similaires et valeurs sur le taux de correspondance des expériences les plus proches comparé aux variables enregistrées.

Préconditions : L'utilisateur aura précédemment validé les différents paramètres de l'expérience depuis la page qui permet de choisir les paramètres.

Postconditions : Les graphiques devront être affichés.

Exception 1 : Si une erreur de calcul se produit.

Affichage des différents graphiques

Entrée : Objets graphiques et valeurs sur le taux de correspondance des expériences les plus proches comparé aux variables enregistrées.

Sortie : /

Préconditions : Un calcul aura été lancé précédemment.

Postconditions : Les graphiques représentant les résultats de l'ACP avec ses différents axes factoriels devront être affichés à l'aide la bibliothèque PyPlot.

Bouton pour afficher une des expériences les plus corrélées aux données souhaitées

Entrée : Identifiant de l'expérience souhaité

Sortie : Donnés et graphiques résumant l'expérience

Préconditions : Être sur la page "Résultant choix outil coupant".

Postconditions : L'utilisateur sera amené sur une page affichant des visualisations pertinentes pour l'expérience.

Exception 1 : L'expérience à été supprimée entre la visualisation et le moment du clic sur ce bouton.

Bouton OK

Entrée : /

Sortie : /

Préconditions : Être sur la page "Résultant choix outil coupant"

Postconditions : Retour sur la page d'accueil du logiciel.

1.3 Affichage de données d'une expérience**Affichage de données**

Entrée : Type de graphique à afficher demandé par l'utilisateur.

Sortie : /

Préconditions : Être sur la page "Affichage de donnés d'une expérience"

Postconditions : Les données et graphiques devront être affichés.

Exception 1 : L'expérience ne comporte pas de données pour permettre l'affichage du graphique souhaité.

Exception 2 : Les fonctions appliquées à un ou plusieurs axe(s) sont mal formulées.

Bouton Retour

Entrée : /

Sortie : /

Préconditions : Être sur la page "Affichage de donnés d'une expérience"

Postconditions : Retour sur la page "Résultant choix outil coupant" de l'ACP réalisé précédemment.

2 Spécifications non fonctionnelles**2.1 Contraintes de développement et conception**

Langage : Python

IDE : Pycharm

Système d'exploitation : le projet doit être développable aussi bien sous Windows que sous Ubuntu/Unix.

Librairies imposées : Tkinter pour gérer l'affichage et matplotlib pour créer des graphiques.

Les principales librairies ajoutées à ce logiciel lors de ce projet seront :

- Sklearn : afin de calculer les **ACP**.
- Plotly : afin d'afficher les résultats de l' **ACP** sous forme d'un graphique (en deux ou trois dimensions) interactif. On pourra par exemple zoomer lors de la visualisation de l' **ACP**, avoir des précisions sur chaque individus, etc...

2.2 Contraintes de fonctionnement et d'exploitation

Cette section contient les quatre contraintes de fonctionnement et d'exploitation, à savoir les performances, les capacités, la contrôlabilité et la sécurité du logiciel.

2.2.1 Performances

Le fonctionnalité la plus demandante au logiciel sera le calcul de l' **ACP**. Le calcul de l'analyse par composante principale devra être suffisamment rapide pour permettre à l'utilisateur d'avoir un résultat rapidement (moins de deux minutes). Les autres fonctionnalités du logiciel ne devraient pas posées du soucis niveau performance.

2.2.2 Capacités

Afin que les visualisations de graphiques portant sur l' **ACP** soient agréables et intéressants à lire, on limitera le nombre d'individus affichés à 100.

Pour une question de lisibilité, on limitera également le nombre de détails d'expériences similaires lors de l'interface (**B.2**(Annexe B)) à 3.

Le nombre de dimension de la représentation de l'ACP sera compris entre deux et trois.

Le nombre de dimension du cercle qui montre la corrélation entre les individus et les variables sera de deux.

2.2.3 Contrôlabilité

Le logiciel comporte suffisamment d'interface homme/machine afin que l'utilisateur garde toujours le contrôle et qu'il sache toujours ce qu'il fait, et ce qu'il engendre.

L'utilisateur a la possibilité, après qu'il ait visualisé les données d'une expérience, à supprimer cette dernière de la base de données.

Concernant la partie aide au choix de l'outil coupant, toutes les actions n'engendreront pas de modifications sur les données enregistrées.

2.2.4 Sécurité

La sécurité n'est pas un enjeu majeure dans ce projet. En effet, tous les utilisateurs auront accès à toutes les fonctionnalités du logiciel. On estime que tous les utilisateurs seront des utilisateurs avertis et que personne ne modifiera ou supprimera les données relatives aux expériences de la base de données.

On estime également que personne rentrera des données d'expérience fictives ou erronées.

Il est donc du ressort de l'utilisateur du logiciel de ne pas saccager le travail des autres utilisateurs.

1 Introduction

Ce cahier du développeur a pour but de recenser tous les diagrammes et autres informations importantes afin de comprendre la structure du projet et que ce dernier soit facilement maintenable.

2 Diagrammes architecturaux et UML

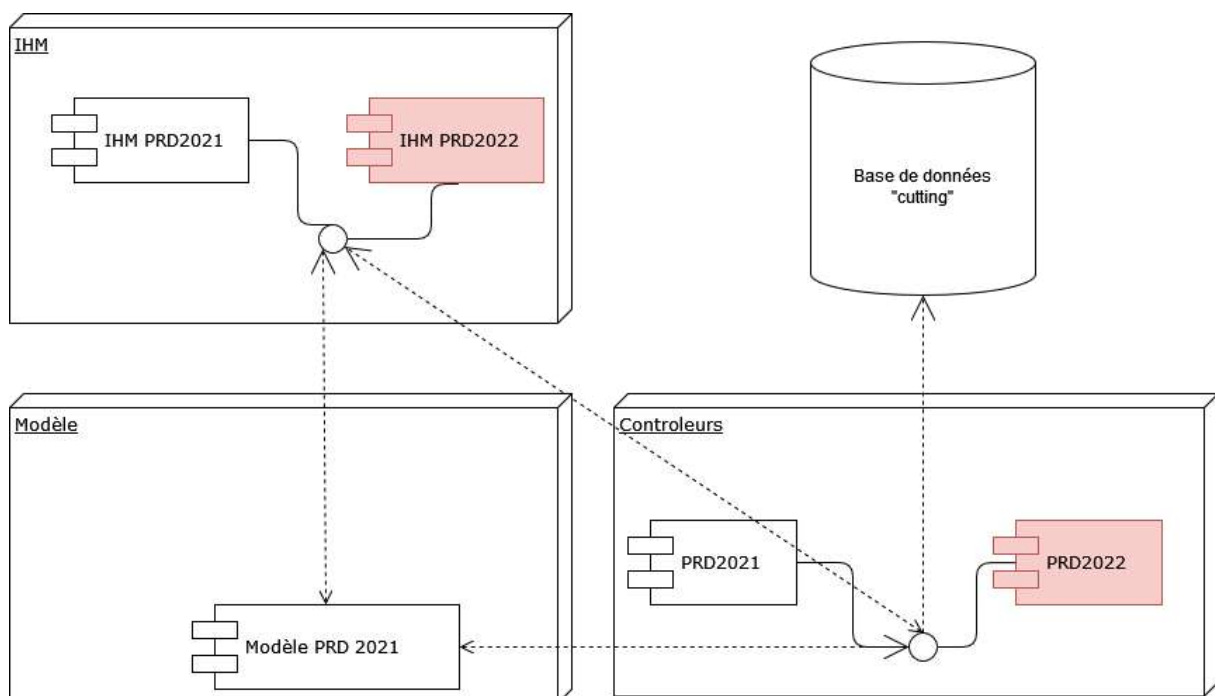


Figure D.1 – Architecture du projet

3 Descriptions détaillées des classes, modules, réalisations

3.1 Base de données

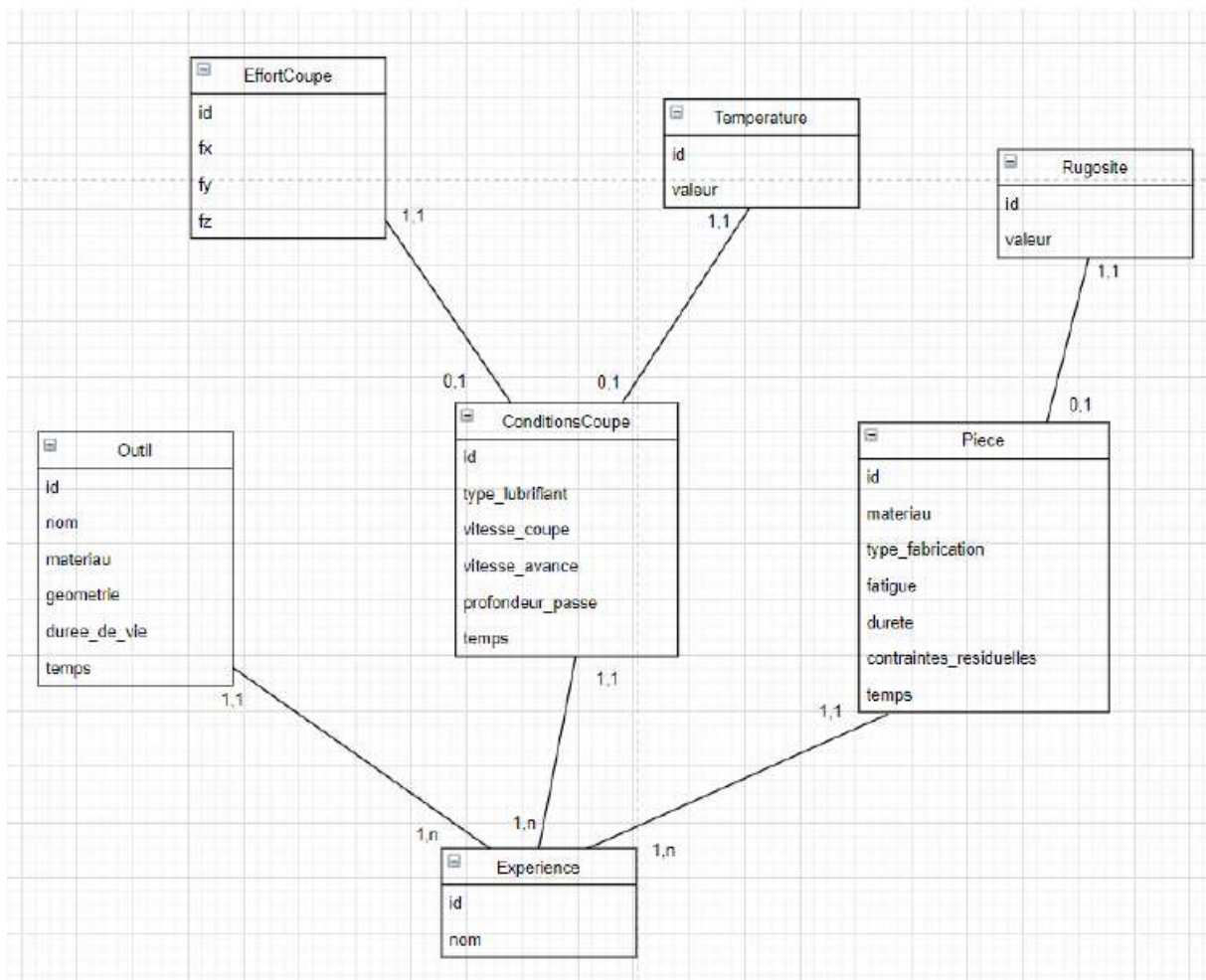


Figure D.2 – Schéma de la base de données

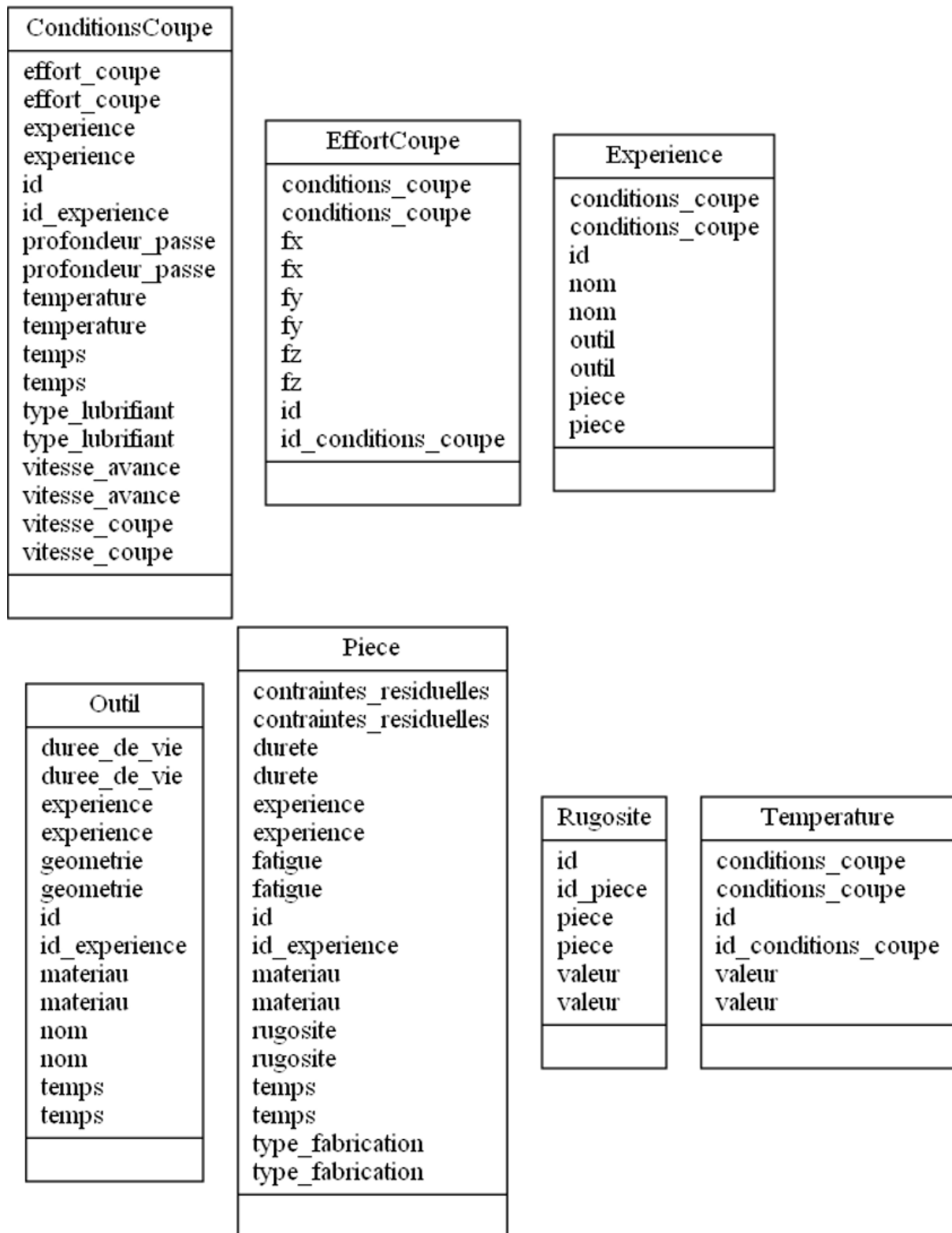
3.2 Architecture MVC

Dans cette partie, est détaillé tous les attributs et méthodes de chaque classe contenue dans l'architecture Modèle-Vue-Contrôleur.

De façon à ce que la compréhension soit plus claire, ces diagrammes représentent l'entièreté du projet et non pas seulement le travail effectué cette année.

Ces diagrammes ont été générés avec PyReverse et mise sous forme d'image via GraphViz.

3.2.1 Modèles



3.2.2 Vues & Contrôleurs

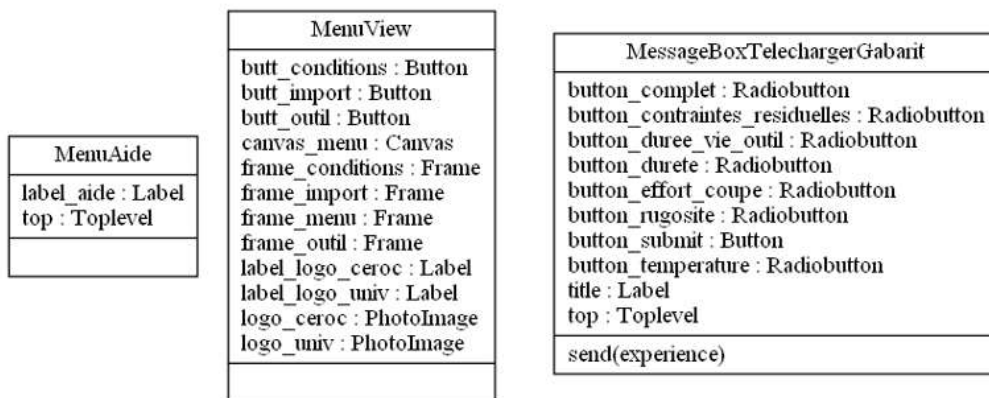
Voici les différents classes représentant les vues. Une classe représente une vue.

| PageChoixConditionsCoupe |
|--|
| butt_accueil : Button butt_selectionner_fichier : Button butt_telechargement : Button butt_valider : Button button_2d : Radiobutton button_3d : Radiobutton button_aide : Button button_courbe : Radiobutton button_points : Radiobutton canvas_choix_cond : Canvas entry_abcisse : Entry entry_cote : Entry entry_ordonnee : Entry frame_aide : Frame frame_cb : Frame frame_cb_abcisse : Frame frame_cb_cote : Frame frame_cb_ordonnee : Frame frame_choix_cond : Frame frame_func_var : Frame frame_label_abcisse : Frame frame_label_cote : Frame frame_label_ordonnee : Frame frame_selectionner_fichier : Frame frame_south : Frame frame_telechargement : Frame frame_text_abcisse : Frame frame_text_cote : Frame frame_text_ordonnee : Frame frame_type_graph_2D : Frame label_abcisse : Label label_cote : Label label_logo_ceroc : Label label_logo_univ : Label label_ordonnee : Label label_selectionner_abcisse : Label label_selectionner_cote : Label label_selectionner_ordonnee : Label list_cb_ab : list list_cb_co : list list_cb_or : list list_res : list list_texts : list logo_ceroc : PhotoImage logo_univ : PhotoImage type_graphique : StringVar type_graphique_2D : StringVar var_abcisse : StringVar var_cote : StringVar var_ordonnee : StringVar |

| PageChoixOutilCoupant |
|---|
| bool_ap : BooleanVar bool_cr : BooleanVar bool_duree_vie_outil : BooleanVar bool_durete : BooleanVar bool_effort_x : BooleanVar bool_effort_y : BooleanVar bool_effort_z : BooleanVar bool_fz : BooleanVar bool_rugosite : BooleanVar bool_tnp : BooleanVar bool_type_hub : BooleanVar bool_vc : BooleanVar button_accueil : Button button_valider : Button checkbox_ap : Checkbutton checkbox_cr : Checkbutton checkbox_duree_vie_outil : Checkbutton checkbox_durete : Checkbutton checkbox_effort_x : Checkbutton checkbox_effort_y : Checkbutton checkbox_effort_z : Checkbutton checkbox_fz : Checkbutton checkbox_rugosite : Checkbutton checkbox_tnp : Checkbutton checkbox_type_hub : Checkbutton checkbox_vc : Checkbutton combobox_type_fab_piece : Combobox combobox_type_hub : Combobox combobox_type_materiau_piece : Combobox con_coupe_controller entries : list entry_ap : Entry entry_cr : Entry entry_duree_vie_outil : Entry entry_durete : Entry entry_effort_x : Entry entry_effort_y : Entry entry_effort_z : Entry entry_fz : Entry entry_rugosite : Entry entry_tnp : Entry entry_vc : Entry frame_ap : Frame frame_choix_outil : Frame frame_cr : Frame frame_duree_vie_outil : Frame frame_durete : Frame frame_effort_x : Frame frame_effort_y : Frame frame_effort_z : Frame frame_fz : Frame frame_left : Frame frame_left_bot : Frame frame_left_top : LabelFrame frame_left_top_bot : Frame frame_left_top_top : LabelFrame frame_right : LabelFrame frame_rugosite : Frame frame_south : Frame frame_tnp : Frame frame_type_fab_piece : Frame frame_type_hub : Frame frame_type_materiau_piece : Frame frame_vc : Frame label_ap : Label label_cr : Label label_duree_vie_outil : Label label_durete : Label label_effort_x : Label label_effort_y : Label label_effort_z : Label label_fz : Label label_rugosite : Label label_tnp : Label label_type_fab_piece : Label label_type_hub : Label label_type_materiau_piece : Label label_vc : Label pie_controller |

| PageResultatsChoixOutilCoupant |
|---|
| butt_accueil : Button butt_acp_2d : Button butt_acp_3d : Button butt_acp_params : Button butt_retour : Button frame_bot : Frame frame_bot_left : Frame frame_bot_right : LabelFrame frame_resultats : Frame frame_top : Frame frame_top_left : Frame frame_top_right : Frame label_composants : Label n_components_str : StringVar tableau : Treeview |

| PageResultats |
|---|
| butt_accueil : Button butt_choix_conditions_coupe : Button butt_export_image : Button butt_export_pdf : Button butt_supprimer_experience : Button canvas_resultats : Canvas frame_graphic : Frame frame_resultats : Frame frame_south : Frame label_logo_ceroc : Label label_logo_univ : Label logo_ceroc : PhotoImage logo_univ : PhotoImage |



| ImportData |
|---|
| ap : NoneType bad_columns : list chemin : bytes, str column_headers : list column_names : list columns_not_provided : list con_coupe_controller eff_coupe_controller errors : str exp_controller fixe_line_names : list fz : NoneType geometrie_outil : str, NoneType list_contraintes_residuelles : list list_duree_vie_outil : list list_durete : list list_effort_coupe : list list_rugosite : list list_temperature : list list_temps : list matériau_piece : str, NoneType number_lines : int numerical_values : list ou_controller pie_controller rep_file : NoneType required_fields : list ru_controller set_ap : set set_contraintes_residuelles : set set_duree_vie_outil : set set_durete : set set_fz : set set_geometrie_outil : set set_matériau_piece : set set_type_fabrication_piece : set set_type_lubrifiant : set set_vc : set temp_controller type_fabrication_piece : NoneType, str type_file : str type_lubrifiant : str, NoneType vc : NoneType |
| add_general_data(row, i) check_experience_type(row) check_header(row) check_lines(row, i) check_numerical_value(row, i) clean_data() empty_column() error_column() expected_numerical_value() extra_column() import_data() manage_errors() missing_value() persist_data() |

| MainController |
|---|
| background_image : PhotoImage controller_choix_outil_coupant delete : NoneType experiences form_datas : dict graphic : NoneType image : NoneType img_copy import_data_object menu_view page_choix_conditions_coupe page_choix_outil_coupant page_resultats page_resultats_choix_outil_coupant window : Tk |
| back_from_page_choix_conditions_coupe_to_menu_view() back_from_page_choix_outil_coupant_to_menu_view() back_from_page_resultats_to_menu_view() back_from_page_resultats_to_page_conditions_coupe() back_from_resultats_page_choix_outil_coupant_to_menu_view() back_from_resultats_page_choix_outil_coupant_to_page_choix_outil_coupant() configure_action_button_page_resultats() configure_action_buttons_page_choix_conditions_coupe() configure_action_buttons_page_choix_outil_coupant() configure_action_buttons_page_resultats_choix_outil_coupant() determine_checked_attributes() display_aide() display_experience_checkbox(list_bool) display_page_choix_outil_coupant() display_page_conditions_coupe() display_page_resultats() display_page_resultats_choix_outil_coupant() export_image() export_pdf() import_file(check) initialize_checkbox() open_download_dialog() remove_experience() resize_image(event) resize_image_menu(event) resize_image_page_choix_conditions_coupe(event) resize_image_page_resultats(event) validate_page_resultats_choix_outil_coupant_form() |

| PieceController |
|--|
| <p>piece</p> <p>create_piece(matériau, type_fabrication, fatigue, dureté, contraintes_residuelles, temps, rugosite_valeur, nom_experience)</p> <p>get_manufacturing_types()</p> <p>get_materials_types()</p> |

| OutilController |
|--|
| <p>outil</p> <p>create_outil(nom, matériau, geometrie, duree_vie, temps, nom_experience)</p> |

| RugositeController |
|--|
| <p>rugosite</p> <p>create_rugosite(valeur, matériau_piece)</p> |

| Switcher |
|--|
| <p>experience : NoneType</p> <p>mycursor</p> <p>contraintes_residuelles()</p> <p>duree_vie_outil()</p> <p>durete()</p> <p>effort_coupe_fx()</p> <p>effort_coupe_fy()</p> <p>effort_coupe_fz()</p> <p>geometrie_outil()</p> <p>indirect(name)</p> <p>profondeur_passe()</p> <p>rugosite()</p> <p>temperature()</p> <p>temps()</p> <p>type_fabrication_piece()</p> <p>type_lubrifiant()</p> <p>vitesse_avance()</p> <p>vitesse_coupe()</p> |

| ChoixOutilCompant | Graphic |
|---|--|
| <p>classes_df : NoneType</p> <p>components : NoneType</p> <p>exp_noms : NoneType</p> <p>features : NoneType</p> <p>fig_2d : NoneType, Figure</p> <p>fig_3d : Figure, NoneType</p> <p>form_datas : NoneType</p> <p>ids : NoneType</p> <p>loadings : NoneType</p> <p>pca : PCA, NoneType</p> <p>total_var : NoneType</p> <p>compute_closest_experiences()</p> <p>compute_pca(form_datas)</p> <p>create_and_display_fig_2d(with_variable)</p> <p>create_and_display_fig_3d()</p> <p>create_pca_dataframes(form_datas)</p> <p>get_info_cc()</p> <p>get_info_effort_coupe_max_df()</p> <p>get_info_outil_mean_df()</p> <p>get_info_piece_mean_df()</p> <p>get_info_rugosite_mean_df()</p> <p>get_info_temp_mean_df()</p> <p>get_max_per_exp(info_multi_row_per_exp_df)</p> <p>get_mean_per_exp(info_multi_row_per_exp_df)</p> <p>get_user_df()</p> | <p>error_syntax_abcisse : bool</p> <p>error_syntax_cote : bool</p> <p>error_syntax_ordonnee : bool</p> <p>fig : Figure</p> <p>lst_abcisse</p> <p>lst_cote</p> <p>lst_ordonnee</p> <p>switcher</p> <p>change_name_axes(test)</p> <p>plot_dataframe_graphic(var_abcisse, var_ordonnee, var_cote, type_graphique, entry_abcisse, entry_ordonnee, entry_cote, type_graphique_2D)</p> |

| TemperatureController |
|--|
| <p>temperature</p> <p>create_temperature(valeur, type_lubrifiant_conditions_coupe)</p> |

| ConditionsCoupeController |
|---|
| <p>conditions_coupe</p> <p>create_conditions_coupe(type_lubrifiant, vitesse_coupe, vitesse_avance, profondeur_passe, temps, effort_coupe_valeur, temperature_valeur, nom_experience)</p> <p>get_lubrication_types()</p> |

| DeleteExperience |
|--|
| <p>mycursor</p> <p>delete_experience()</p> |

| EffortCoupeController |
|--|
| <p>effort_coupe</p> <p>create_effort_coupe(fx, fy, fz, type_lubrifiant_conditions_coupe)</p> |

| ExperienceController |
|---|
| <p>experience</p> <p>create_experience(nom)</p> |

| ExportData |
|--|
| <p>type_experience</p> <p>export_data(check)</p> |

E

Document d'installation

Ce paragraphe regroupe toutes les informations nécessaires pour l'installation du projet sur les machines, ainsi que pour sa mise en production.

Il faut tout d'abord installer un package AMP (Apache MySQL PHP), tel que WampServer (<http://www.wampserver.com/>). Ensuite, il faut créer une base de données qu'on appellera « cutting » dans PhpMyAdmin. Il faut ensuite importer le fichier sql nommé « cutting.sql » situé dans le dossier *database* sur le projet dans PhpMyAdmin à la « main » ou en ligne de commande (par exemple sous Windows via la commande : `mysql -h @ipserveur -u root -p cutting < chemin/fichiersql`).

L'image ci-dessous montre les librairies utilisées pour le lancement du logiciel :

| Package | Version | | |
|-----------------|---------|---------------------------|----------|
| Pillow | 9.0.0 | numpy | 1.22.0 |
| SQLAlchemy | 1.4.29 | openpyxl | 3.0.9 |
| XlsxWriter | 3.0.2 | packaging | 21.3 |
| altgraph | 0.17.2 | pandas | 1.3.5 |
| constants | 0.6.0 | pefile | 2021.9.3 |
| cycler | 0.11.0 | pip | 22.0.4 |
| et-xmlfile | 1.1.0 | plotly | 5.5.0 |
| fonttools | 4.28.5 | pyinstaller | 4.10 |
| future | 0.18.2 | pyinstaller-hooks-contrib | 2022.2 |
| greenlet | 1.1.2 | pyparsing | 3.0.6 |
| joblib | 1.1.0 | python-dateutil | 2.8.2 |
| kiwisolver | 1.3.2 | pytz | 2021.3 |
| matplotlib | 3.5.1 | pywin32-ctypes | 0.2.0 |
| mysql | 0.0.3 | scikit-learn | 1.0.2 |
| mysql-connector | 2.2.9 | scipy | 1.7.3 |
| mysqlclient | 2.1.0 | setuptools | 57.4.0 |
| | | six | 1.16.0 |
| | | sklearn | 0.0 |
| | | sources | 1.1.0 |
| | | tenacity | 8.0.1 |
| | | threadpoolctl | 3.0.0 |
| | | tkinterweb | 3.10.7 |

Les librairies peuvent être installées depuis la racine du projet GitHub (cutting_tool/.) en effectuant la commande : `pip install -r requirements.txt`

F

Document d'utilisation

Ce chapitre fait office de guide d'utilisation de la partie choix outil coupant du logiciel. Chaque interface sera détaillée et expliquée, ainsi que tous les liens entre les différentes interfaces.

1 Sélection des paramètres de l'analyse

Afin de réaliser une analyse sur un type d'expérience souhaitée, il faudra alors cliquer sur le bouton "Choisir outil coupant" du menu d'accueil de l'application **F.1**.

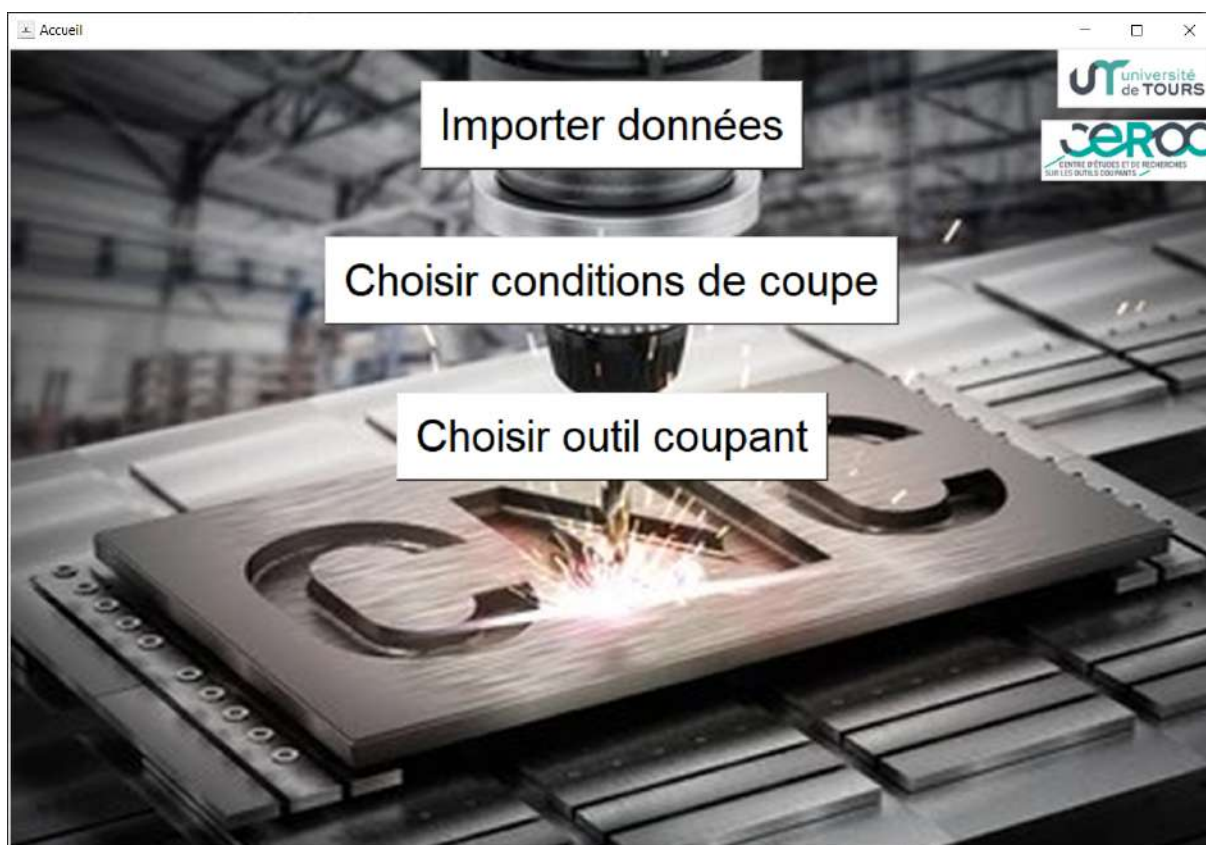


Figure F.1 – Accueil de l'application

Ce bouton nous fait arriver sur une autre interface qui est le formulaire à remplir pour réaliser notre analyse. Nous pouvons diviser ce formulaire en deux parties, l'une comprend les conditions sur l'outil et la pièce ; l'autre, comprend les conditions sur l'expérience.

Il y a deux champs requis, qui sont le type de matériau de la pièce et le type de fabrication de la pièce. L'analyse va s'effectuer uniquement sur des expériences portant le même couple (Type matériau/Type fabrication pièce) que celui du formulaire.

Les autres champs sont facultatifs, si l'utilisateur souhaite prendre en compte cette variable dans l'analyse, alors il doit renseigner une valeur (faire attention à l'unité) ainsi que cocher la case à droite de la variable. Les variables correspondant aux efforts de coupe selon chaque composante de l'espace x,y et z sont des valeurs absolues, il est inutile de renseigner une valeur négative.

Le bouton "Retour" permet de retourner à l'accueil de l'application. Le bouton "Valider" permet de valider le formulaire et de débiter le calcul de l'analyse. Si toutefois une erreur est présente dans le formulaire, alors un message d'erreur s'affichera et l'utilisateur devra corriger les champs erronés.

Figure F.2 – Formulaire de choix de l'outil coupant

Voici un exemple de formulaire correctement rempli :

Figure F.3 – Formulaire de choix de l'outil coupant rempli

2 Affichage des résultats

Une fois le formulaire rempli et validé, le calcul de l'analyse de données et la réalisation d'une ACP se produit. Une nouvelle interface va venir à l'écran. Cette interface est un résumé des résultats de l'ACP.

Cette interface contient trois boutons permettant d'afficher trois graphiques sur navigateur en local :

- "Afficher l'ACP en 2D" : affiche l'ACP avec seulement les deux principaux axes factoriels (F.5).
- "Afficher l'ACP en 3D" : affiche l'ACP avec les trois principaux axes factoriels (F.6).
- "Afficher l'ACP (2D) avec les variables" : affiche l'ACP en 2D avec l'influence des variables selon les axes factoriels (F.7).

Un tableau résumant des informations sur les expériences les plus similaires est aussi présent. Les expériences sont triées de la plus proche (que le formulaire) à la plus éloignée dans la limite de 10.

Le tableau contient les informations suivantes :

- l'identifiant de l'expérience dans la base de données
- le nom de l'expérience (nom du fichier Excel lors de l'importation dans le logiciel)
- la distance de l'expérience avec les données du formulaire (plus de détail ici : **Calcul de distance entre expériences**)
- le type de lubrifiant de l'expérience (classe de l'ACP)

Le bouton "Accueil" permet de retourner à l'accueil de l'application. Le bouton "Retour" permet de revenir sur la page du formulaire en gardant les choix précédent, cela est utile pour modifier légèrement les valeurs ou les variables prises en compte dans le formulaire afin de constater les divers changements dans l'analyse.

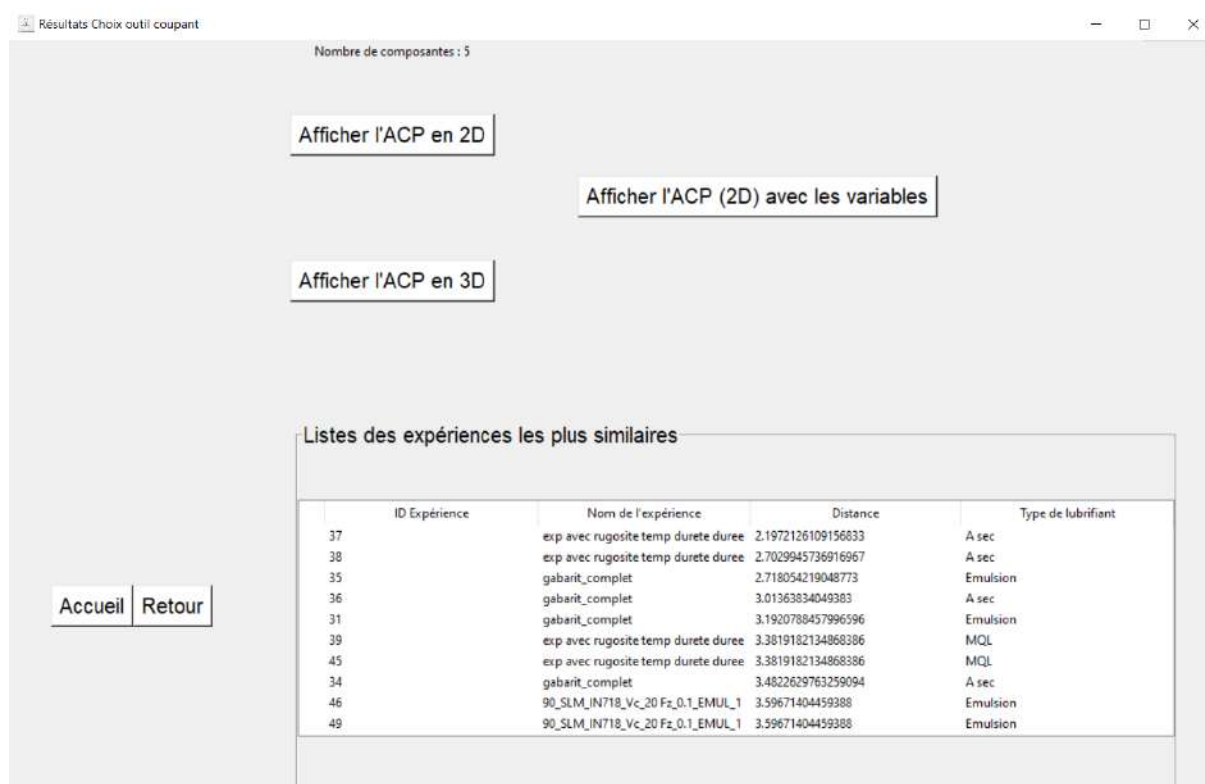


Figure F.4 – Affichage du résumé des résultats de l'analyse

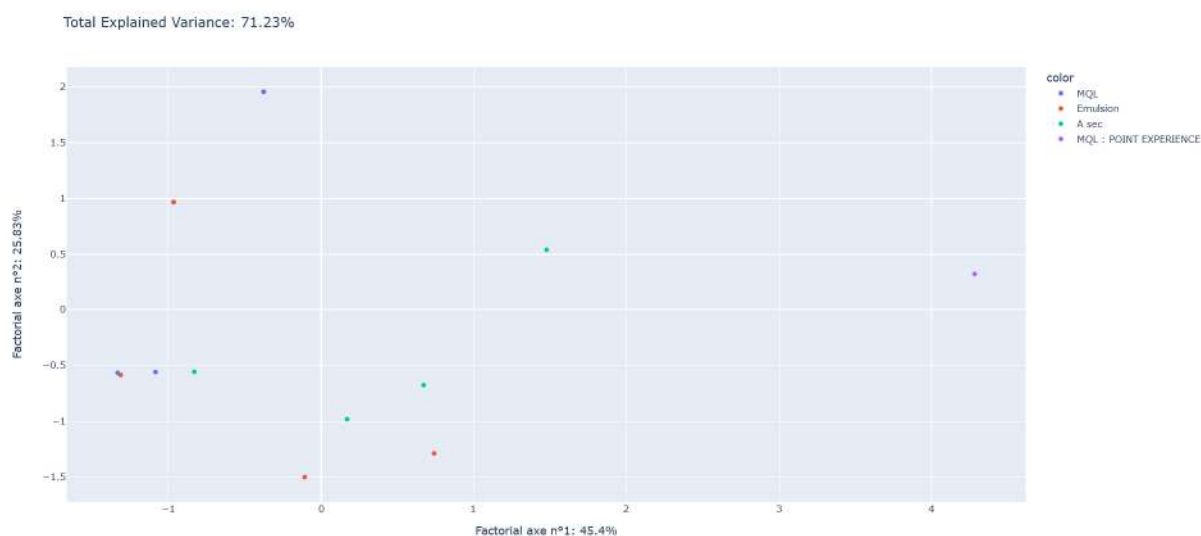


Figure F.5 – ACP en deux dimensions

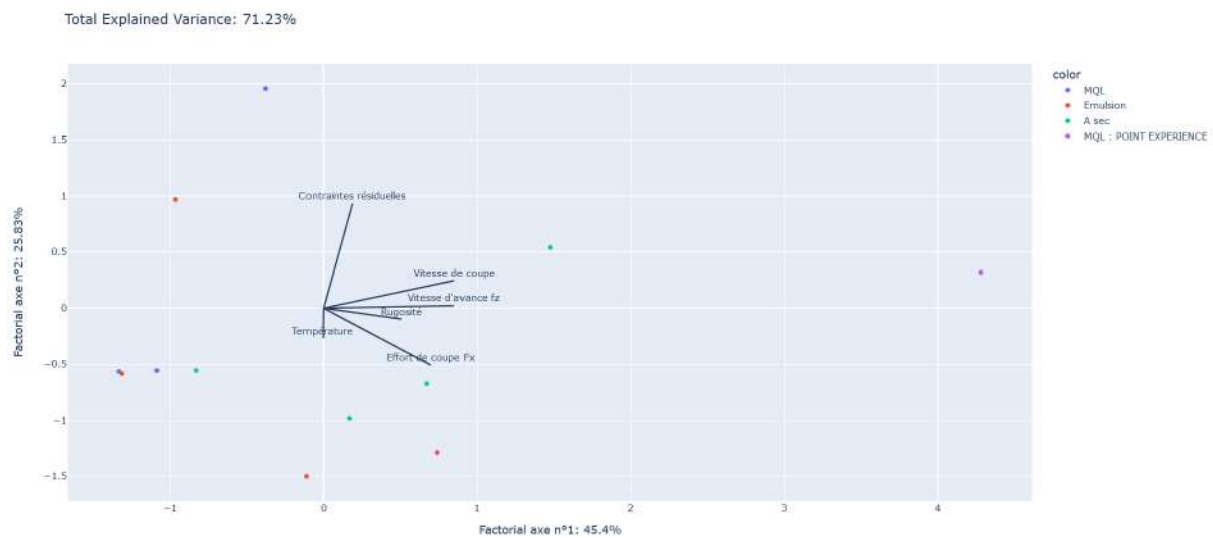


Figure F.6 – ACP en deux dimensions avec l'influence des variables

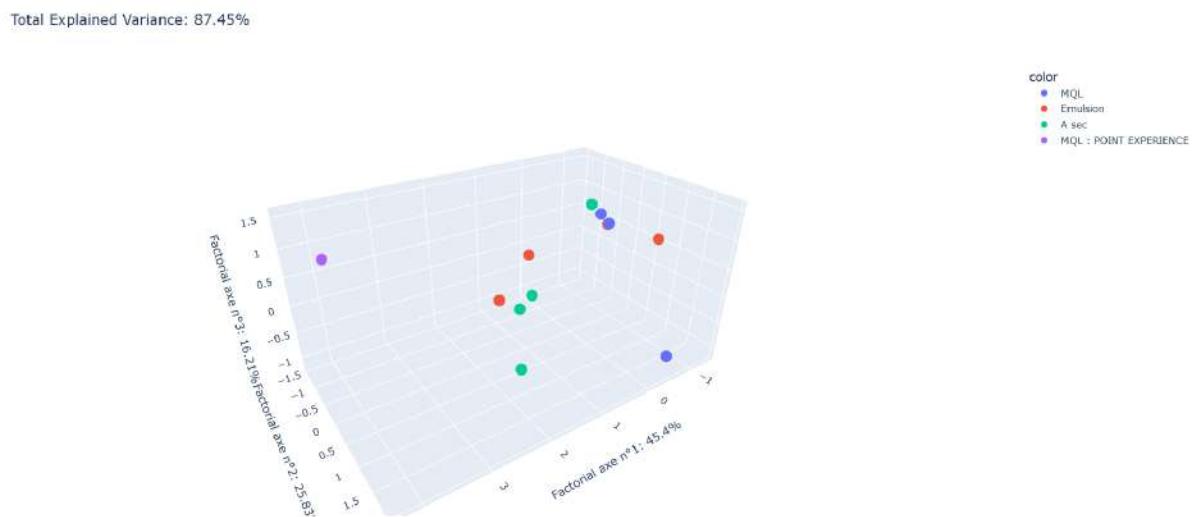


Figure F.7 – ACP en trois dimensions

G

Acronymes

ACP Analyse par composantes principales. 6, 7, 18, 44, 45, 47–49

IDE Integrated Development Environment. 3

IHM Interface homme-machine. 7

MOA Maîtrise d'ouvrage. 1

MOE Maîtrise d'oeuvre. 1

MVC Modèle Vue Contrôleur. 9

SGBDR Système de gestion de base de données relationnelles. 9

UML Unified Modeling Language. 3

Développement d'un outil d'analyse de données issues d'essais d'usinage : ECOLE1

William BESNARD

Encadrement : Patrick MARTINEAU

Objectifs

- Contexte: Usinage (fraisage/tournage) de matériaux dans un laboratoire
- Mettre au point un outil d'analyse de données pour les chercheurs et les industriels.
- Pourvoir définir des conditions d'expériences grâce à l'analyse de données



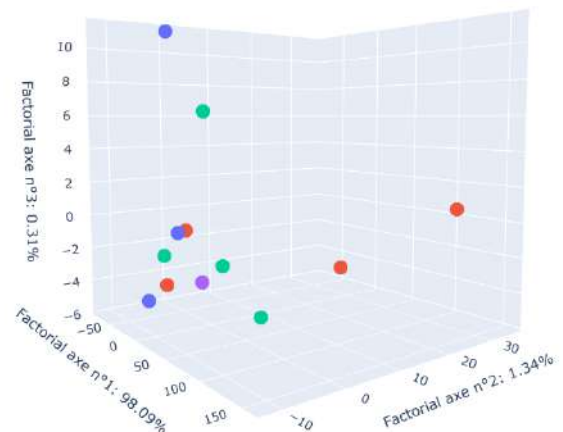
Mise en œuvre

1. Logiciel conçu en Python
2. Avec TKinter pour gérer l'affichage
3. Pandas/Numpy/SciKitLearn/Plotly pour la partie scientifique



Résultats

Divers graphiques et métriques de performances. Utilisation de l'analyse par composantes principales. Affichage 3D.



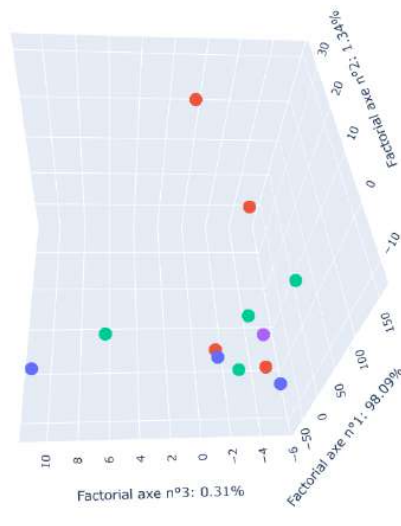
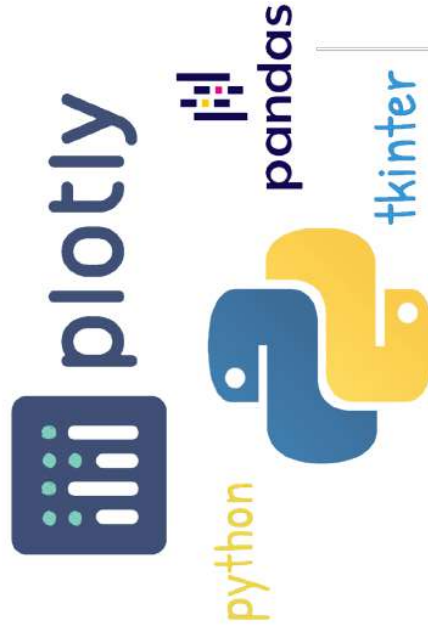
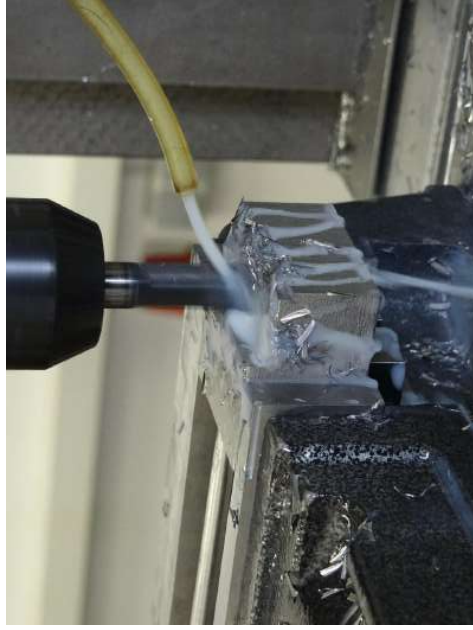
Développement d'un outil d'analyse de données issues d'essais d'usinage : ECOLEI

William BESNARD

Encadrement : Patrick MARTINEAU

Objectifs

- Contexte: Usinage (fraisage/tournage) de matériaux dans un laboratoire
- Mettre au point un outil d'analyse de données pour les chercheurs et les industriels.
- Pourvoir définir des conditions d'expériences grâce à l'analyse de données



Mise en œuvre

1. Logiciel conçu en Python
2. Avec TKinter pour gérer l'affichage
3. Pandas/Numpy/SciKitLearn/Plotly pour la partie scientifique

Résultats

Divers graphiques et métriques de performances. Utilisation de l'analyse par composantes principales. Affichage 3D.

Développement d'un outil d'analyse de données issues d'essais d'usinage

ECOLE1

Résumé

L'objectif principal du projet est de compléter un logiciel d'aide à l'analyse de données issues d'usinage, précédemment développé par un ancien élève. Ce logiciel est aussi bien destiné à des chercheurs qu'à des industriels. Le coeur du projet consiste à étudier la faisabilité d'un outil d'aide au choix d'un outil coupant en fonction du type d'usinage à réaliser et certains paramètres attendus.

Mots-clés

mécanique, outil coupant, analyse de données, ACP, Python, logiciel

Abstract

The main objective of the project is to complete a software for the analysis of data from machining, previously developed by a former student. This software is intended for machining researchers as well as for industrialists. The project's goal is to study the feasibility of a software to help in the choice of a cutting tool according to the type of machining to be done and some expected parameters.

Keywords

machining, cutting tool, data analysis, PCA, Python, software