



# **S A E**

## **All**

# **Analyse Vibratoire d'un Moteur**

**Responsable : Didier PIOT**

# Maël BRUGIERE Youni LEMAIRE Romaric PRADEAU GEII S4 2023-2024

# 0 : Sommaire

## Table des matières

0 : Sommaire .....	2
1. Présentation du projet .....	2
2. Planning et répartition des taches .....	3
3. Récupération des informations nécessaire .....	3
L'analyseur de vibration.....	4
La programmation .....	4
4. Différente solution.....	4
Le choix du moteur.....	4
Le choix du déséquilibre.....	4
Le choix de l'automate .....	5
Les courbes de test.....	5
Témoins 1 .....	6
Témoins 2 .....	6
Tests avec poids.....	6
Tests avec décalage d'axe .....	7
5. Résultat.....	7
6. Réalité Virtuelle .....	9
7. Annexe .....	10

## 1. Présentation du projet

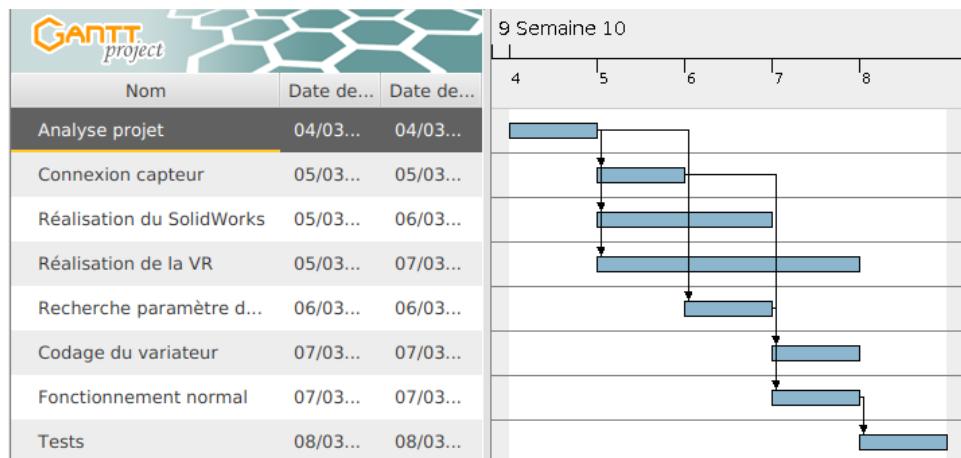
Le but de cette SAE est de réaliser une analyse vibratoire sur un moteur afin de détecter d'éventuels problèmes ou signes d'usure. Dans le contexte d'une usine de traitement de l'eau, notre objectif est d'assurer le bon fonctionnement de la pompe qui traite et achemine l'eau vers un château d'eau.

L'Analyse Vibratoire des Machines Tournantes est une méthode de maintenance préventive qui permet de détecter et de diagnostiquer les défauts mécaniques des machines en rotation, tels que les moteurs, les pompes, les ventilateurs et les turbines. Cette technique consiste à mesurer les vibrations émises par ces machines et à analyser les signaux obtenus pour évaluer leur état de santé. En identifiant les problèmes potentiels à un stade précoce, il est possible de planifier les réparations nécessaires et de prévenir les pannes, ce qui contribue à améliorer la fiabilité et la durée de vie des équipements.

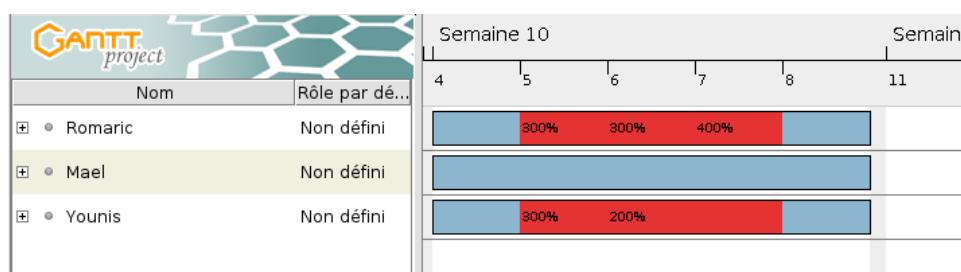
Afin d'identifier les informations de vibration dans diffèrent cas, nous avons adopté une démarche de recherche. Nous avons commencé par faire des tests avec un moteur en fonctionnement normal pour connaitre les informations nécessaires. Nous avons ensuite provoqué des dysfonctionnements pour comparer les résultats et déterminer les signes révélateurs d'un problème ou d'une usure.

## 2. Planning et répartition des tâches

Nous reprenons dans le tableau ci-dessous les différentes tâches et quand elles ont été réalisée.



Avec en dessous le diagramme des ressources.



### 3. Récupération des informations nécessaire

## La programmation

### A. Espace de travail

Pour coder l'automate, nous devons utiliser un système de programmation ancien. De ce fait, nous simulons une machine virtuelle qui tourne sur Windows XP en 32 bits. Nous utilisons *Oracle VM VirtualBox* qui est un logiciel de génération de machine virtuel.

Sur cette machine nous configurons tout le nécessaire pour programmer notre automate, on pense bien particulièrement de mettre en *Accès par pont* sur la carte réseau. Cela permettra de partager la carte réseau de l'ordi hôte avec l'ordinateur virtuel, et de ce fait, la machine virtuelle à accès au réseau où se trouver l'automate.

Pour enfin programmer notre automate, nous utilisons le logiciel RSLogix.

### B. Initialisation du programme

Avant de ce lancé dans le code ladder, nous avons, sur papier, dessiné les courbes qu'on souhaite avoir, et par la même occasion, on réalise un programme en grafset qu'on se servira comme logigramme.

Le programme est réparti en 3 fichiers : un qui permet de gérer les boutons et l'arrêt-marche du variateur, une seconde pour les différents timers, et enfin une dernière qui permet de gérer toutes les étapes du cycle.

### C. Explication du programme

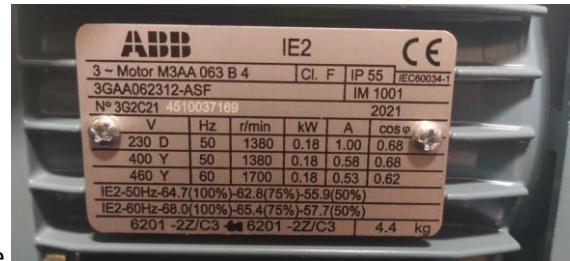
Le fonctionnement est très simple au niveau de la programmation. On pilote le moteur en changeant sa fréquence. Pour cela, nous utilisons la fonction MOV pour initialiser une variable d'un réelle qui se nomme vitesse. Celle-ci est directement rediriger sur la fréquence du moteur.

### 4. Différente solution.

## Le choix du moteur

Au début, nous avions l'intention d'utiliser un moteur plus grand que celui que nous avons finalement choisi. Ce moteur était installé sur un socle et se trouvait dans une cage. Cependant, nous avons rencontré deux problèmes : l'absence de plaque signalétique sur le moteur et la difficulté à monter notre capteur de vibration.

En conséquence, nous avons opté pour un moteur sur lequel toutes les informations nécessaires étaient disponibles. Le fonctionnement de base de ce moteur était en montage étoile, mais comme notre régulateur ne pouvait pas fournir une tension triphasée 400V avec ce montage, nous avons utilisé un montage en triangle, qui n'était pas prévu à l'origine pour ce moteur. La plaque



signalétique correspondante est présentée ci-contre.

## Le choix du déséquilibre

Nous avons envisagé différentes options pour créer des dysfonctionnements. Nous avions besoin de deux scénarios, alors nous avons d'abord opté pour la solution la plus simple : ajouter du poids à un endroit de l'hélice. Pour ce faire, nous avons ajouté des trous dans notre support afin d'y insérer des vis. Cette modification pourrait représenter la présence d'un caillou ou d'un autre objet

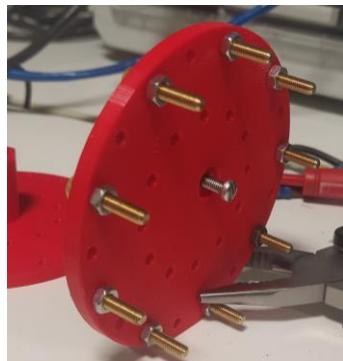


étranger dans la pompe. Le résultat est présenté ci-contre.

Ensuite, nous avons pensé à créer un axe légèrement décalé, ce qui entraînerait une rotation non centrée sur un point. Cette situation pourrait représenter un jeu entre l'axe du moteur et l'hélice. Cependant, cette solution s'est avérée complexe à mettre en œuvre, car elle nécessitait de créer un embranchement décalé par rapport à l'original, ce qui dépassait nos compétences sous SolidWorks.

Nous avons donc imaginé une autre solution : un axe excentré par rapport à l'hélice. Cela pourrait représenter une déformation ou une cassure entraînant un désalignement de l'hélice. Comme le premier test n'était pas immensément concluant, nous avons rajouté du poids tout autour

de notre axe à l'aide de vis. Notre solution est visible sur la photo ci-contre.



Ainsi, nos deux solutions permettent de mesurer de manière exagérée les informations qui devraient nous alerter. Bien que nous ayons créé des déséquilibres importants, cette approche met réellement en lumière les données à surveiller. Il serait ensuite nécessaire d'effectuer des tests en conditions réelles avec un moteur et une hélice appropriée pour approfondir les résultats et pouvoir créer à l'aide d'un analyseur de donnée automatisé, une alerte à l'in des techniciens en cas de problème.

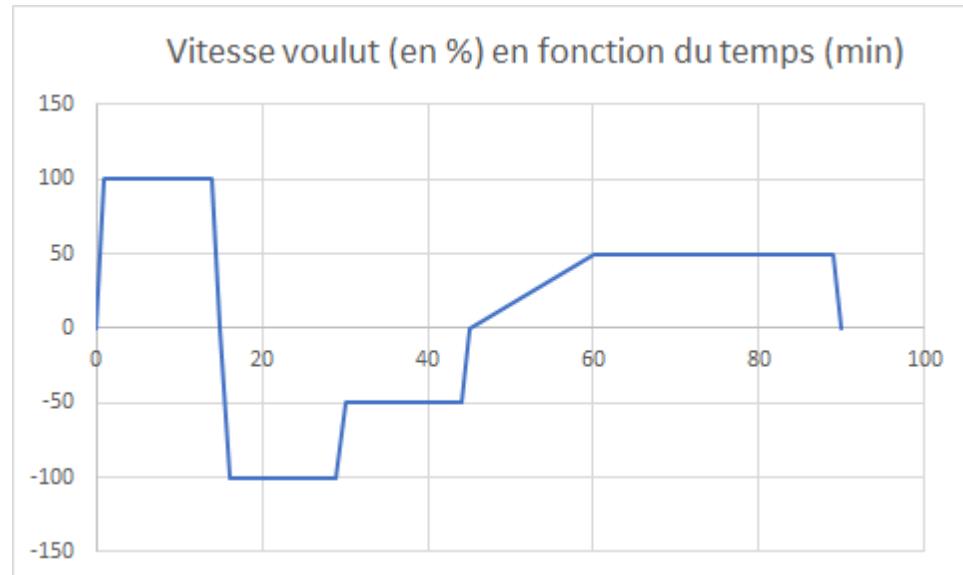
## Le choix de l'automate

Au départ, nous souhaitions utiliser un automate Schneider pour contrôler notre variateur. Toutefois, nous nous sommes rapidement aperçus qu'il nous faudrait un module spécifique, car notre variateur fonctionnait avec le protocole Ethernet IP, tandis que Schneider utilise l'Ethernet standard. Étant donné le coût élevé de ce module et notre besoin urgent d'une solution, nous nous sommes tournés vers l'utilisation d'un automate Rockwell, qui prend nativement en charge le protocole Ethernet IP.

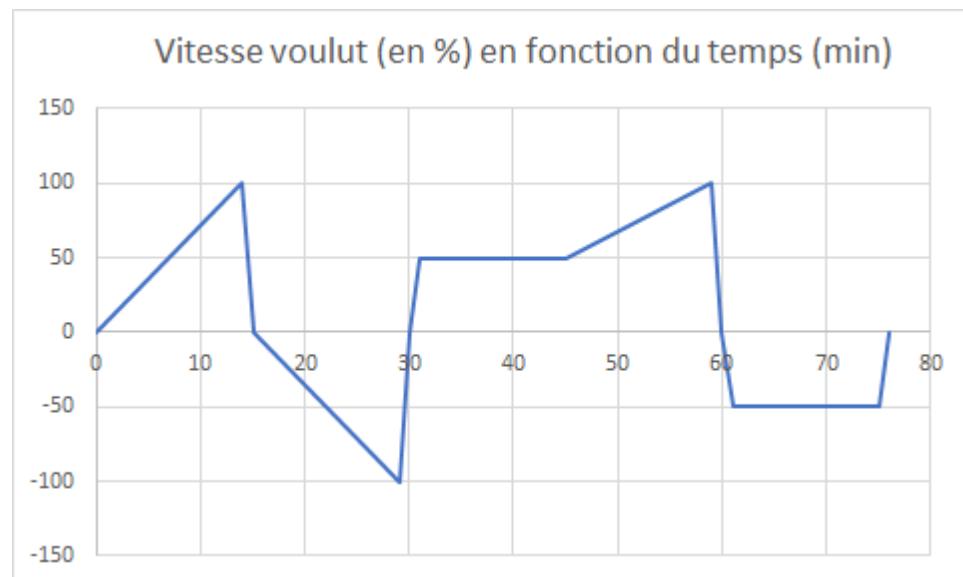
## Les courbes de test

Nous avons effectué plusieurs tests distincts pour collecter les informations souhaitées. Cette approche nous a permis d'analyser les données sur une large plage et dans différents scénarios. Nous voulions faire deux tests sans dysfonctionnement et deux autres avec des dysfonctionnements différents. Bien que les configurations des tests soient distinctes, les procédures suivies sont identiques. Par manque de temps nous n'avons pu finalement faire qu'un fonctionnement témoin. Les courbes de vitesse en fonction du temps que nous avions prévue sont présentées dans les sections ci-dessous. Entre chaque fonctionnement, nous avons respecté un intervalle d'au moins un quart d'heure, car notre capteur a une fréquence d'échantillonnage minimale de 15 minutes.

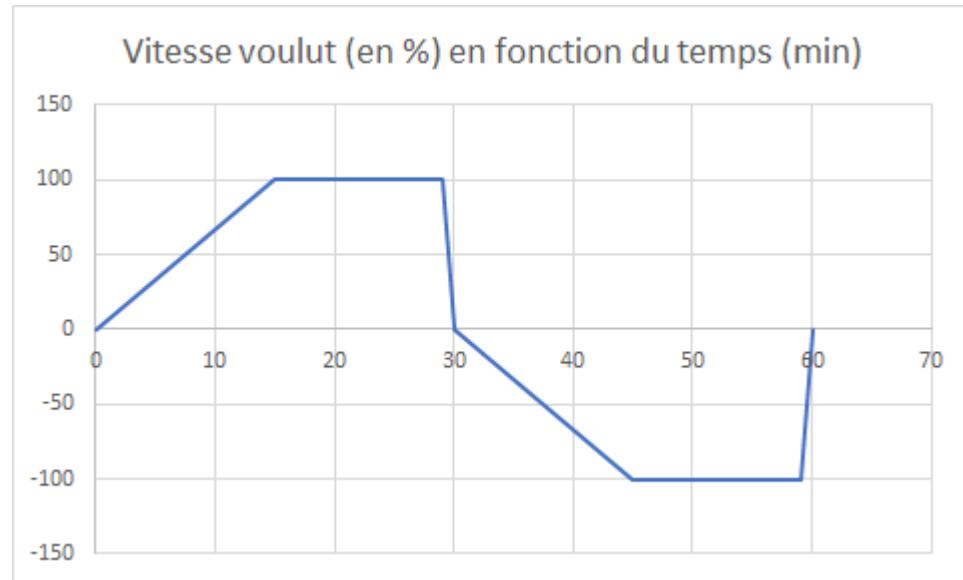
Témoins 1



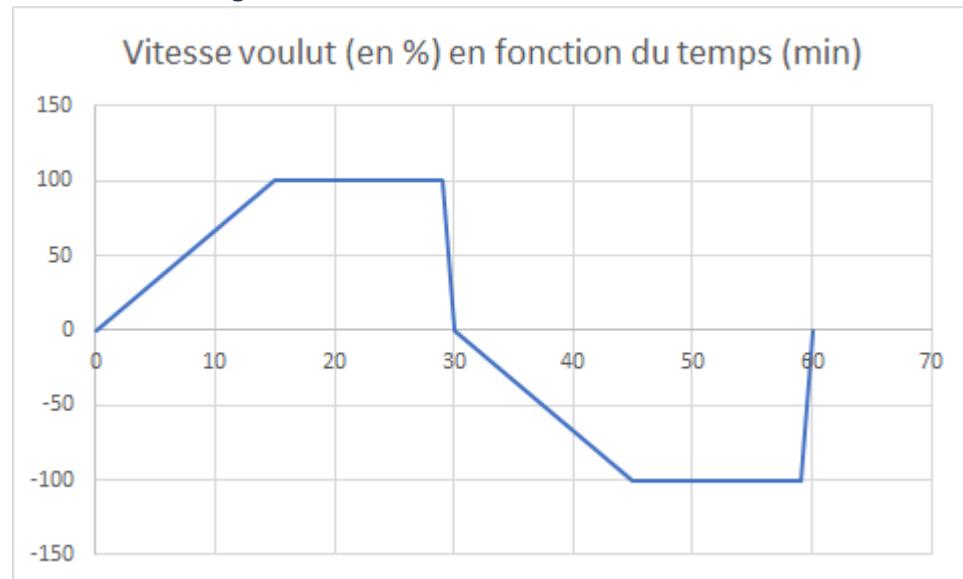
Témoins 2



Tests avec poids

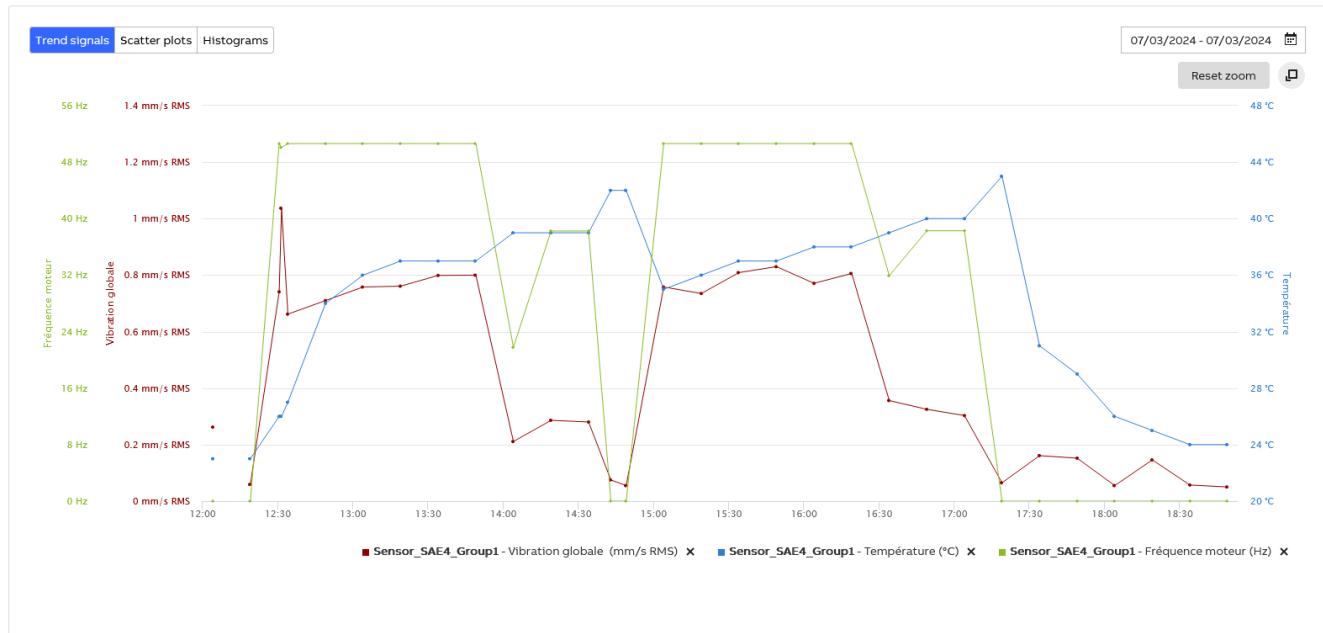


Tests avec décalage d'axe



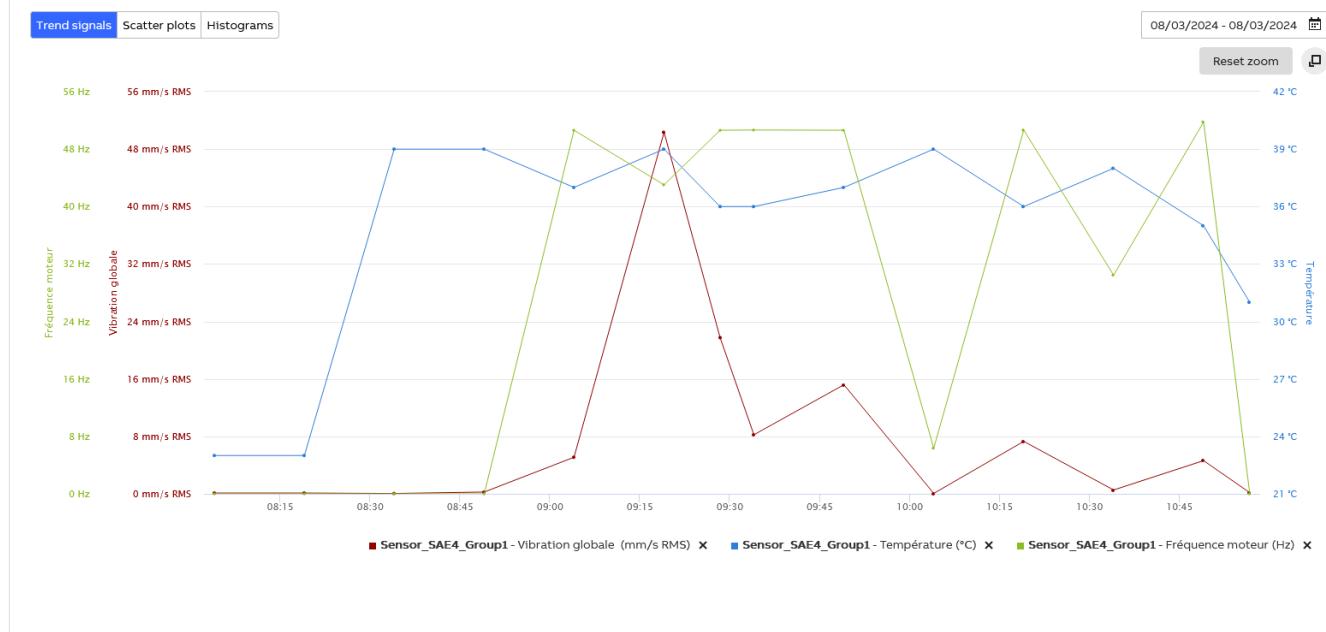
## 5. Résultat

Après le lancement du moteur on peut donc comparer nos courbes de base à ce que nous avons en résultat. Ceci ne montre pas de variation sur la vitesse si l'on chance.



Pour ce premier test, nous en avons lancé deux l'un après l'autre. D'où le fait qu'en fréquence nous ayant de structure identique l'une après l'autre.

Au niveau de la température, celle-ci reste assez constante sur tout le fonctionnement, entre 39 et 40 °C. Elle augmente à la fin au moment où le ventilateur s'éteint et que la température se discipline. Pour la vibration reste constante, vers 0,8 mm/s à pleine vitesse et 0,3 mm/s à vitesse moins grande.



Sur ces deuxièmes courbes nous retrouvons de 8h45 à 10 h le premier test avec un déséquilibré et de 10h à 11 h le second, avec l'axe mal positionné. On peut très vite voir que cycles ne sont pas aussi bien marqués que les premiers fonctionnements. Cependant on peut tout de même voir ce que nous voulions.

Avant de commenter les courbes il faut savoir que nous avons dû empêcher le moteur de trop bouger, car il vibrait tellement que nous avons dû l'empêcher de bouger. On peut voir cette très grande vibration par le point à 50 mm/s. Tout le reste du premier test reste tout de même très haut en terme de vibration.

Pour le deuxième test, les vibrations sont beaucoup moins marquées, voire pas du tout.

Pour faire ces tests il aurait cependant fallu plus de temps pour avoir plus de points, ou alors pouvoir prendre plus de mesures.

## 6. Réalité Virtuelle

Pour ce projet, nous avons pensé que la réalité virtuelle serait une solution intéressante permettant de voir le résultat des différents tests réalisés sur le moteur sans pour autant en posséder un, ou risquer de l'endommager. Nous avons donc dû apprendre l'utilisation de différents logiciels comme Unity et Blender.

- Unity est un logiciel de développement d'application ou de jeu sur lequel il est possible d'implémenter la VR et toutes ses fonctionnalités.
- Blender est un logiciel de développement 3D qui permet aussi de créer du mouvement dans nos créations (utilisé pour la rotation et les vibrations).

Nous avons travaillé environ 20 heures en dehors des heures de cours pour permettre à notre projet de voir le jour. Ces heures comprennent le développement de l'environnement VR et les programmes intégrés au jeu.



Pour développer le "jeu" nous avons donc créé un environnement virtuel qui correspond à la zone dans laquelle nous pourrons nous déplacer et interagir. Cette dernière correspond à un bureau et une salle de test dans laquelle nous pourrons observer le moteur sous différentes configurations. Le moteur aussi a été réalisé par nos soins pour permettre de répondre aux besoins du projet. Le moteur est une pièce animée puisqu'il a une partie qui tourne permettant de simuler les différents cas et aussi une vibration globale à appliquer au moteur lorsqu'elle est nécessaire.



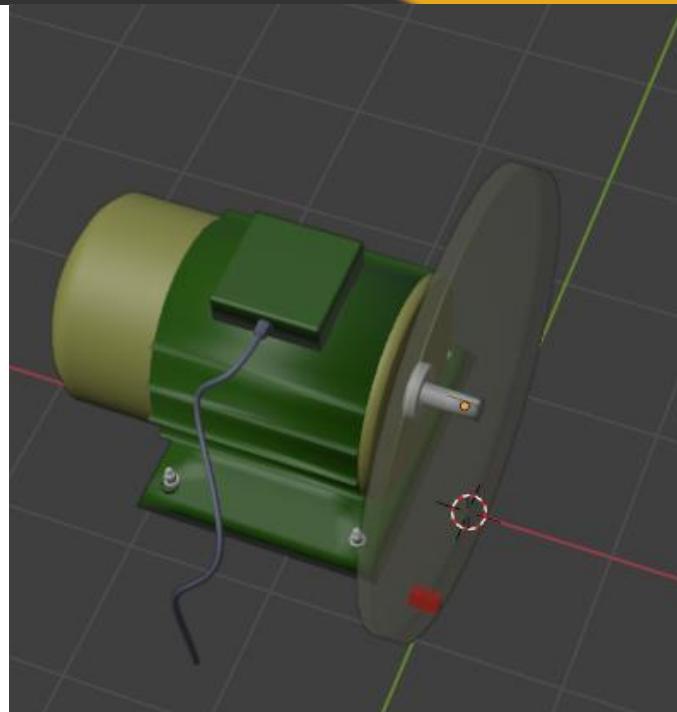
En ce qui concerne le développement sur UNITY nous avons importé les fichiers réalisés sur Blender pour pouvoir ajouter notre environnement et les différents ameublements. Ensuite grâce à une application "démô" sur UNITY nous avons pu récupérer facilement certain fonctionnement comme l'implémentation VR ou encore le déplacement. Nous avons dû implémenter des zones de collisions pour éviter de passer à travers les murs ou le sol. Nous avons aussi appliqué des boutons cliquables permettant la sélection des différents moteurs.

Si nous avions eu plus de temps à consacrer à cette partie, nous aurions aimé complexifier notre réalité virtuelle pour implémenter des fonctionnalités comme la gravité ou encore une création de courbe de vibration en direct avec le fonctionnement du moteur.

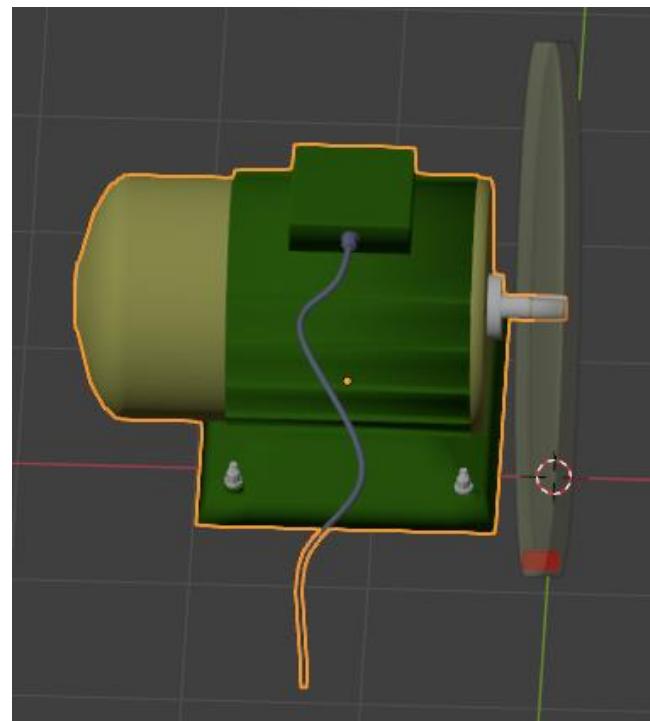
Cette partie du projet nous a permis d'apprendre deux nouveaux logiciels très intéressants à utiliser et assez complexes. Il nous donne accès à une connaissance de base de ces logiciels qui mériterait d'être approfondie dans le futur, car nous jugeons que la réalité virtuelle qui fait déjà partie du monde d'aujourd'hui le sera encore plus dans le monde de demain et potentiellement plus présente dans la maintenance.

S

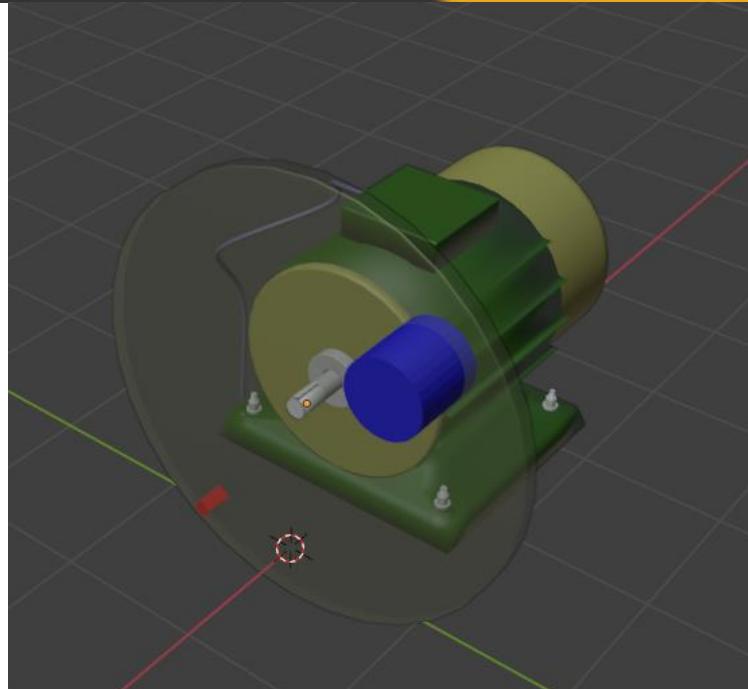
## 7.Annexe



Moteur 1 réalisé sur Blender



Moteur 2 réalisé sur Blender



Moteur 3 réalisé sur Blender