

Rapport de Stage

Réalisé au sein de LafargeHolcim de Meknès.



LafargeHolcim

Période de stage : du 17 juillet au 31 août.

NOM : KHALI

Encadrée par : Mr. ALLASSAK Nouredine

Prénom : Mohammed Adam

N° d'étudiant : ECC/CI/2022/094

REMERCIEMENT

En arrivant au terme de cette période de stage au sein de l'entreprise Lafarge Holcim, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à faire de cette expérience un moment mémorable et enrichissant.

Tout d'abord, je tiens à remercier chaleureusement mon superviseur de stage, ALLASSAK Nouredine , pour sa bienveillance, sa patience et sa disponibilité. Ses conseils avisés et ses orientations ont été d'une valeur inestimable pour mon développement professionnel et personnel au cours de ce stage.

Je tiens également à adresser mes remerciements les plus sincères à l'ensemble de l'équipe de Lafarge Holcim. Votre accueil chaleureux, votre esprit d'équipe et votre volonté de partager vos connaissances ont grandement contribué à mon intégration au sein de l'entreprise.

Mes remerciements vont également à mes proches, ma famille et mes amis, qui m'ont soutenu de près ou de loin tout au long de ce stage. Votre soutien indéfectible a été ma source d'inspiration et de motivation.

Enfin, je souhaite exprimer ma reconnaissance envers l'ensemble des collaborateurs de Lafarge Holcim, dont l'expertise et le professionnalisme ont façonné mon expérience de stage de manière significative.

Ce rapport de stage est le reflet de l'apprentissage et des opportunités qui m'ont été offertes au sein de l'entreprise. Chaque interaction, chaque expérience vécue a contribué à ma croissance personnelle et professionnelle.

SOMMAIRE

I.	Introduction	4
II.	Présentation de l'entreprise	5
	a) Historique.....	5
	b) Lafarge en quelque date.....	5
	c) Activités et implations	6
	d) LafargeHolcim-MEKNES	7
	e) Organigramme de LafargeHolcim Meknès	8
III.	La mission.....	9
	a) Motivation	9
	b) Définition	9
	c) Nature de la mission	10
	d) Approche méthodologiques	10
	e) Collaboration d'équipe	11
IV.	Présentation du project	12
	a) Présentation général.....	12
	b) Description du cahier de charge.....	13
V.	Réalisation.....	14
	a) Les données	14
	b) La matrices de corrélation	14
	c) Type du data	16
	d) Data cleaning.....	16
	e) La partie de prediction.....	18
	f) Conclusion	20
VI.	Analyse des apports du stage.....	22
	a) Point forts et points d'amélioration.....	22
	b) Compétences acquises	22
	c) Compétences manquantes.....	23
VII.	Conclusion.....	22

I. Introduction :

Au cœur de l'intersection entre l'ingénierie et l'analyse de données, mon stage en data science au sein de Lafarge Holcim en tant qu'élève ingénieur a ouvert une fenêtre passionnante sur l'industrie des matériaux de construction. Ce rapport illustre comment j'ai fusionné mes compétences techniques avec les pratiques avancées de l'analyse de données pour résoudre des défis opérationnels concrets. De la production de ciments aux méthodes d'analyse prédictive, ces dix semaines de stage ont marqué une immersion enrichissante dans le monde de la data science industrielle. Ce document expose les missions assignées, les approches employées, et les retombées obtenues au niveau des processus de l'entreprise. Il témoigne de l'essor de l'analytique dans les domaines opérationnels et de la valeur qu'un ingénieur peut apporter à l'évolution de l'industrie.

II. Présentation de l'entreprise :

a) Historique :

LafargeHolcim Maroc, chef de file national dans le domaine des matériaux de construction, représente la plus grande capitalisation industrielle à la Bourse de Casablanca. Possédé en grande partie par une coentreprise entre le Groupe Holcim, pionnier mondial des solutions constructives durables, et Al Mada-Positive Impact, fonds d'investissement privé panafricain basé à Casablanca, LafargeHolcim Maroc a joué un rôle clé dans la modernisation du secteur de la construction et l'économie marocaine depuis 1928. L'entreprise vise à être le partenaire de premier plan pour le développement national en apportant innovation et expertise au secteur de la construction, tout en adhérant aux principes de croissance durable, d'adaptation sociale et de respect environnemental.

b) Lafarge en quelque date :

LafargeHolcim Maroc est né de la fusion en 2016 de Lafarge Ciments et Holcim Maroc, donnant naissance au leader national des matériaux de construction. Cette fusion est la plus importante opération financière réalisée par la Bourse des valeurs de Casablanca, soit un montant de 9,1 Md Dh.

Depuis 1928, l'entreprise participe à la modernisation du secteur de la construction et à l'essor économique du pays, avec pour ambition d'être le partenaire de référence du développement national, et un acteur majeur du rayonnement du Maroc à l'échelle régionale.



c) Activités et implantations :



- **Ciment** : Composé de sept cimenteries et de trois centres de broyage, le dispositif de LafargeHolcim Maroc couvre toutes les régions du Royaume et permet la production d'une large gamme de produits à forte valeur ajoutée, parfaitement adaptés aux besoins des clients.
- **Béton** : LafargeHolcim Maroc déploie un réseau de 22 centrales à béton pour répondre aux besoins spécifiques des grands chantiers d'infrastructures et des bâtiments dans les différentes régions du Royaume.
- **Mortier** : Dans le cadre de sa stratégie d'innovation et de différenciation, LafargeHolcim Maroc a lancé dès 2016 son activité mortier pour répondre aux nouveaux besoins de ses clients. Une usine d'une capacité annuelle de 100.000 tonnes est dédiée au mortier de ciment à Bouskoura.

- **Granulats** : LafargeHolcim Maroc exploite une carrière de granulats. Les extractions sont traitées au niveau d'une station de concassage permettant de fournir différentes gammes de produits (sables, graves routières et graviers pour béton et enrobé).
- **Chaux** : Unique unité de production de chaux au Maroc, l'usine de Tlat Loulad dans la région de Ben Ahmed est le résultat d'une joint-venture avec le groupe espagnol Calcinor.

d) LAFARGEHOLCIM – MEKNES :

L'usine de Meknès est la 2ème cimenterie, en termes de capacité, du Groupe Lafarge Maroc. Elle y occupe une position majeure grâce à sa situation géographique.

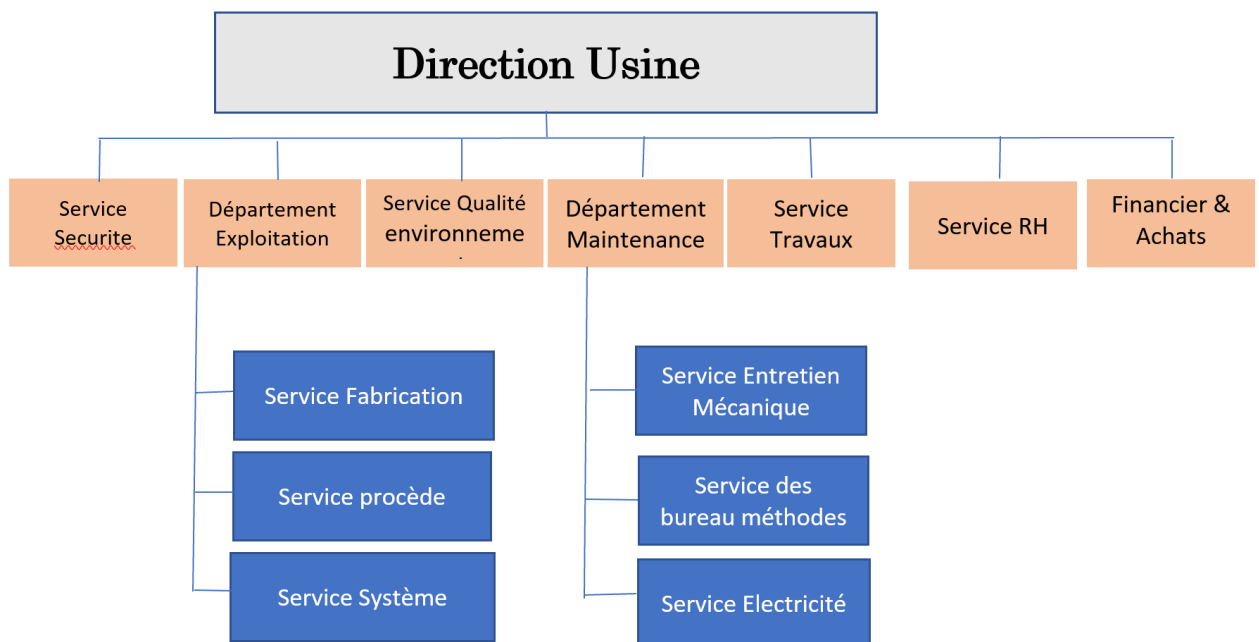
➤ Les dates clés :

- 1953 : Démarrage du premier four, en voie humide, 400 t/j
- 1971 : Extension des capacités avec l'installation d'un nouveau four de 650 t/j et augmentation de la capacité broyage ciment à 650.000 t.
- 1978 : Nouvelle extension du broyage ciment
- 1985 : Conversion du four 1 en voie sèche avec installation d'un mini précalcinateur
- 1993 : Nouvelle extension avec démarrage d'une seconde ligne de cuisson d'une capacité de 1.200 t/j clinker
- 1998 : Modification du précalcinateur du four 1
- 2001 : Installation d'un nouveau broyeur ciment portant la capacité de l'usine à 1.750.000 t
- 2002 : Certification ISO 14001.

➤ **Fiche technique :**

<u>Raison sociale :</u>	LafargeHolcim Ciments usine de Meknès	<u>Directeur :</u>	Mr. AGOUMI
<u>Siege social :</u>	CASABLANCA	<u>Capital :</u>	476 430 500 DH
<u>Forme juridique :</u>	Société anonyme	<u>Gamme de produits :</u>	-CPJ35 -CPJ45 -CPJ55
<u>Date de création :</u>	1995	<u>Certification :</u>	-ISO 9001 -ISO 14001
<u>Numéro patente :</u>	17045015	<u>Effectif du personnel</u>	340
<u>Adresse :</u>	KM 8 Route de Fès, BP 33 Meknès	<u>CNSS :</u>	1098343
<u>Téléphone :</u>	0335-52-26-44/45/46	<u>Registre de commerce :</u>	40779

e) Organigramme de LafargeHolcim Meknès :



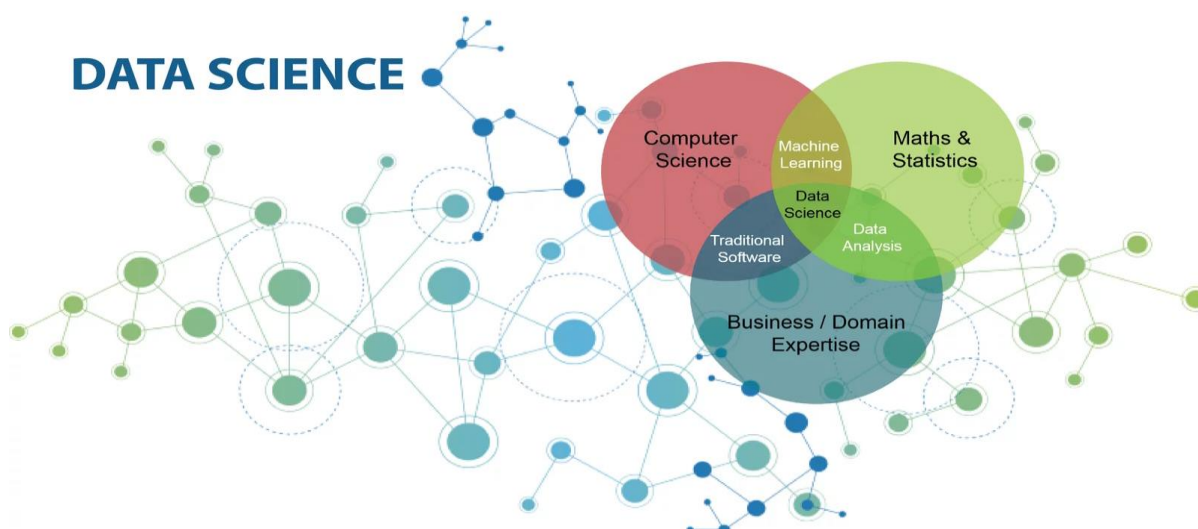
III. La mission :

a) Motivation :

Mon choix d'effectuer un stage de data science au sein de l'entreprise Lafarge Holcim a été guidé par un désir profond d'explorer l'intersection entre les compétences techniques de l'ingénierie et le pouvoir de l'analyse de données dans le contexte industriel. La révolution numérique en cours a ouvert de nouvelles perspectives pour optimiser les processus opérationnels, prendre des décisions éclairées et innover dans des secteurs traditionnels tels que celui des matériaux de construction.

b) Définition :

La data science est une discipline qui exploite des méthodes d'analyse statistique, d'apprentissage automatique et de traitement des données pour extraire des connaissances, des modèles et des informations exploitables à partir de jeux de données variés. Elle vise à transformer les données en aperçus significatifs pour soutenir la prise de décisions éclairées, résoudre des problèmes complexes et identifier des tendances pertinentes dans divers domaines.

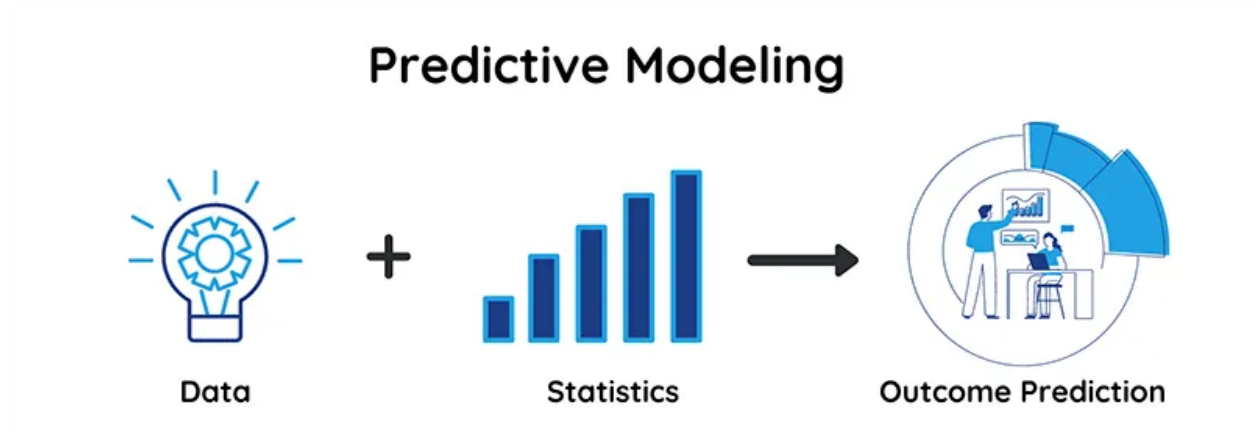


c) Nature de la Mission : Prédiction de la Date de Maintenance des Machines.

Au cœur de mon stage en data science, ma mission était de développer un modèle de prédiction pour anticiper la date de maintenance des machines industrielles de l'entreprise. Cette démarche visait à optimiser la gestion des ressources de maintenance, minimiser les temps d'arrêt non planifiés et améliorer l'efficacité opérationnelle.

d) Approche Méthodologique : Modèles Prédictifs pour la Maintenance.

Mon équipe et moi avons abordé ce défi en adoptant une approche basée sur l'apprentissage automatique. Nous avons utilisé des données en temps réel provenant des capteurs des machines ainsi que des données historiques de performances et de maintenance. Ces informations ont été exploitées pour former des modèles prédictifs capables d'identifier les signaux de dégradation et d'estimer le moment optimal pour la maintenance.



e) Collaboration d'Équipe : Synergie pour un Objectif Commun.

Le travail en groupe a été au cœur de notre approche. Chaque membre de l'équipe a apporté ses compétences distinctes. Certains se sont concentrés sur la collecte et la préparation des données, d'autres ont développé les modèles et les ont entraînés, tandis que d'autres ont évalué et optimisé les performances. Cette synergie a permis une approche holistique et efficace pour résoudre ce défi complexe.

IV. Présentation du projet : Analyse & Conception

a) Présentation générale :

- Problématique :

Comment optimiser la planification de la maintenance des machines industrielles nécessitant une vidange, en évitant les pertes de ressources dues à des opérations prématurées tout en minimisant les risques liés à un entretien tardif ?



- Solution :

Il s'agit d'un modèle prédictif conçu pour assister les usines en anticipant les dates de maintenance des machines.

b) Description du Cahier des Charges du Projet :

Le cahier des charges du projet de prédiction des dates de maintenance des machines se révèle d'une importance primordiale. Il énonce clairement les exigences de l'entreprise tout en proposant une solution concrète pour optimiser la gestion des opérations. Sa précision est essentielle pour orienter le développement du modèle. Une fois que les besoins ont été définis et validés dans le cahier des charges, l'étape de mise en œuvre concrète peut débuter. Le modèle doit être en mesure de :

- Analyser les données de capteurs en temps réel ainsi que les données historiques de performance et de maintenance pour prédire les dates de maintenance optimales.
- Déployer des algorithmes d'apprentissage automatique afin de détecter les signes avant-coureurs de défaillance.
- Intégrer le modèle dans le système actuel de gestion des machines industrielles.
- Effectuer des tests rigoureux, y compris des validations croisées et des évaluations sur des données réelles.
- Fournir des résultats fiables et précis pour guider la planification de la maintenance.

V. Réalisation :

a) La données :

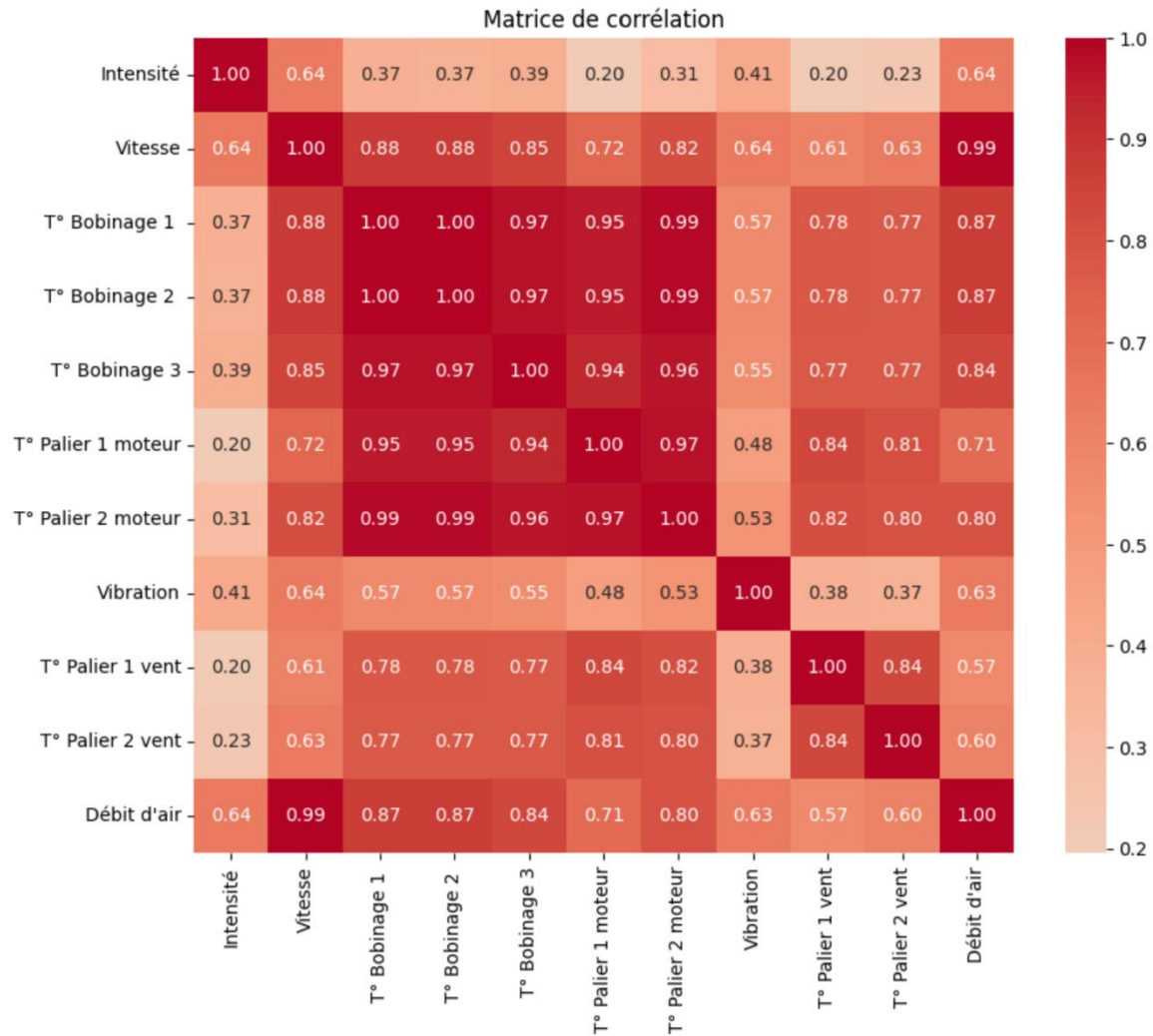
Les données utilisées dans ce projet de prédiction de maintenance sont des enregistrements collectés à partir des capteurs des machines industrielles. Elles comprennent des paramètres, recueillis en temps réel pendant le fonctionnement des machines. Ces données servent de base pour entraîner les modèles prédictifs, permettant d'identifier les schémas et les signes précurseurs de dégradation ou de défaillance, afin d'estimer le moment optimal pour la maintenance.

	Date	Intensité	Vitesse	T° Bobinage 1	T° Bobinage 2	T° Bobinage 3	T° Palier 1 moteur	T° Palier 2 moteur	Vibration	T° Palier 1 vent	T° Palier 2 vent	Débit d'air
0	2019-11-04 18:00:00	1149.19	877.14	107.75	104.91	102.90	73.31	61.07	1.79	65.42	45.67	210181.12
1	2019-11-04 19:00:00	85.75	65.37	93.91	92.26	89.31	69.11	60.59	0.56	59.21	47.46	15063.81
2	2019-11-04 20:00:00	0.00	0.00	80.04	79.04	73.95	59.61	56.94	0.44	43.30	35.15	0.00
3	2019-11-04 21:00:00	0.00	0.00	74.16	72.18	65.72	53.95	54.11	0.44	34.88	27.69	0.00
4	2019-11-04 22:00:00	0.00	0.00	69.57	66.83	60.32	50.40	51.16	0.44	30.16	23.29	0.00

b) La matrice de corrélation :

La matrice de corrélation est un outil statistique qui permet d'évaluer les relations et les interactions entre différentes variables au sein d'un ensemble de données, en mesurant leur degré de similarité ou de dépendance linéaire.

✓ Notre variable cible est la **vibration**



On voit que les variables a utilisé sont : Vitesse et Débit d'aire.
(on prend le seuil 0,63)

c) Type du data :

```
data.dtypes
```

Cette fonction nous aide à voir si il y'a une homogénéité entre les variables, dans notre cas tous les variables sont des réelles.

Date	datetime64[ns]
Intensité	float64
Vitesse	float64
T° Bobinage 1	float64
T° Bobinage 2	float64
T° Bobinage 3	float64
T° Palier 1 moteur	float64
T° Palier 2 moteur	float64
Vibration	float64
T° Palier 1 vent	float64
T° Palier 2 vent	float64
Débit d'air	float64
dtype:	object

d) Data cleaning :

Le data cleaning, également appelé nettoyage des données, désigne le processus consistant à identifier, corriger et supprimer les incohérences, les erreurs et les valeurs aberrantes dans un ensemble de données. L'objectif est d'assurer la qualité et l'intégrité des données en vue d'analyses et de modélisations précises et fiables.

La fonction qu'il faut utiliser pour voir si il y'a des valeurs manquantes ou des zéros :

```
data.isnull().values.any()
```

True

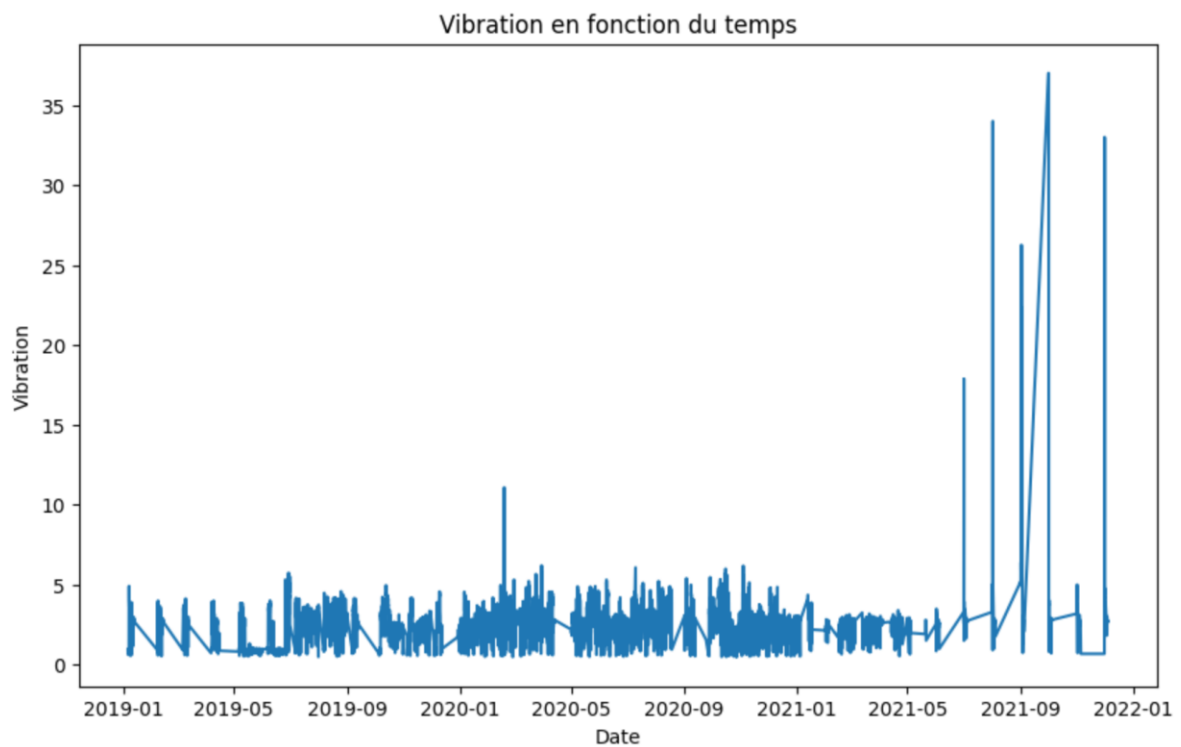
Puisque l'output c'est **True**, donc il faut le data cleaning :

```
data = data[data['Vibration'] != 0]
columns_to_check = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 7, 9, 10, 11]
# Indice des colonnes numériques à vérifier

for col_idx in columns_to_check:
    data = data[data.iloc[:, col_idx] != 0]

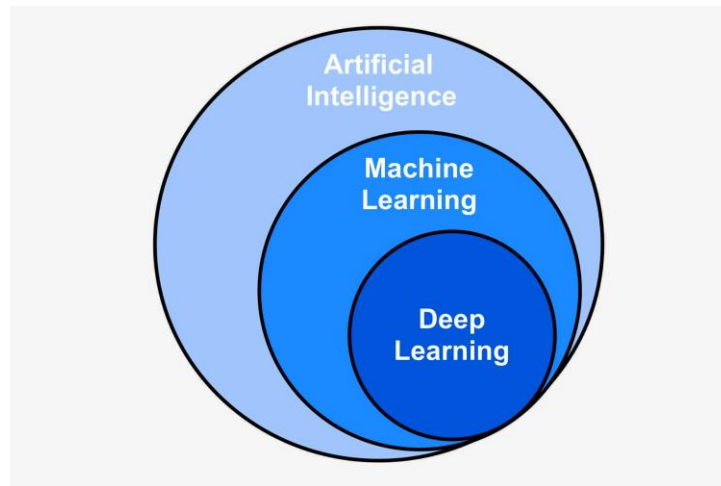
# Supprimer les lignes contenant des valeurs NaN
data = data.dropna()
```

Traçons donc le graphe de la vibration en fonction du temps :



e) La partie de prédiction : Machine Learning

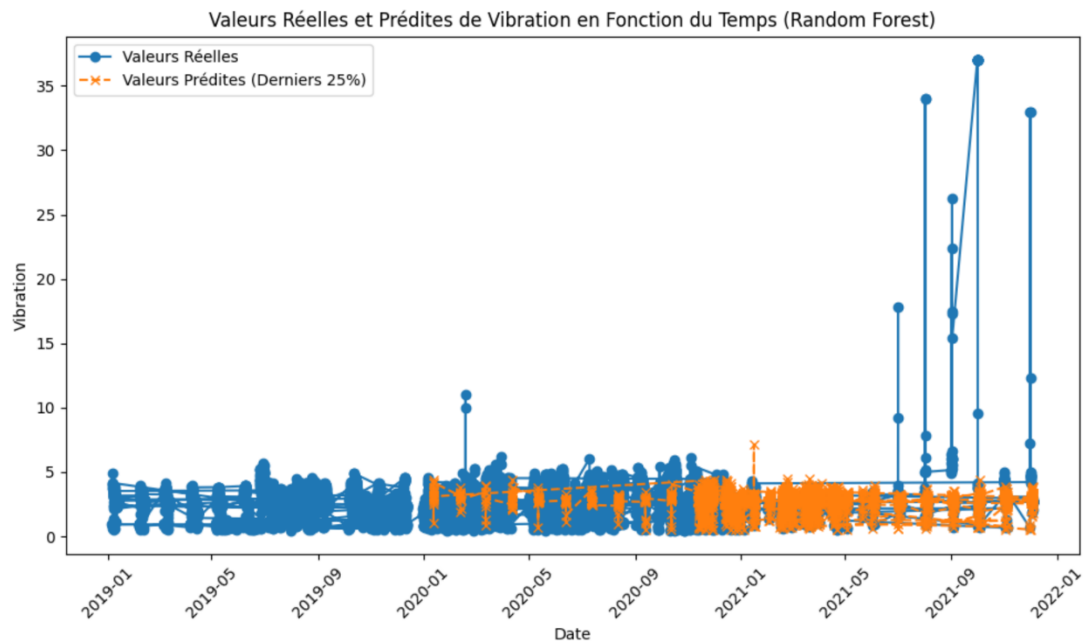
Le machine Learning, ou apprentissage automatique, est une branche de l'intelligence artificielle qui se focalise sur le développement de techniques et d'algorithmes permettant aux systèmes informatiques d'apprendre à partir de données et d'améliorer leurs performances au fil du temps, sans être explicitement programmés. Cela implique la création de modèles capables de détecter des schémas et de prendre des décisions basées sur des expériences passées.



Les modèles qu'on va utiliser sont :

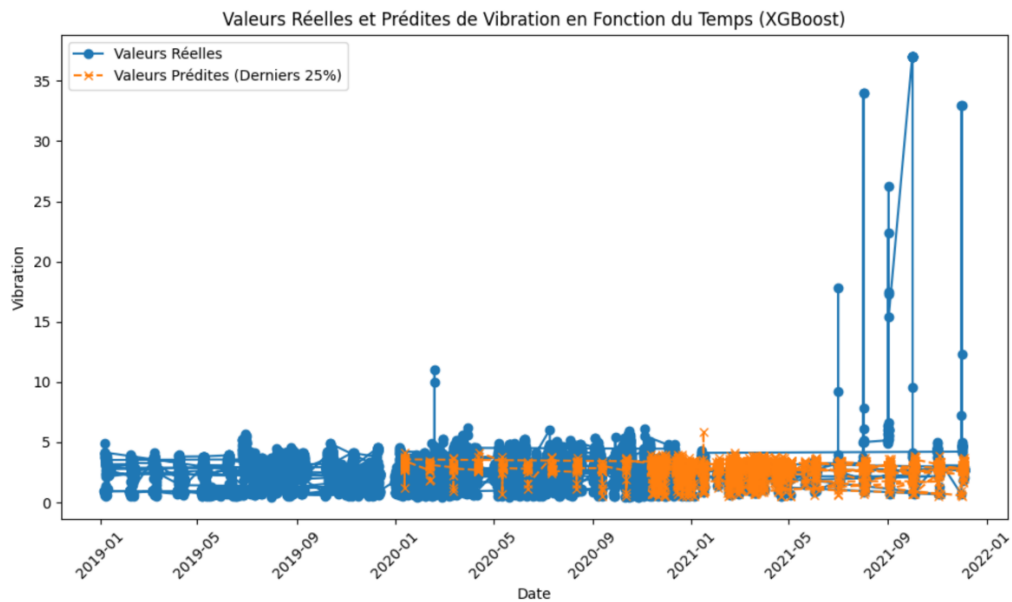
- Support vector machines (SVMs)
- Random Forest
- Linear Regression

1. SVM :



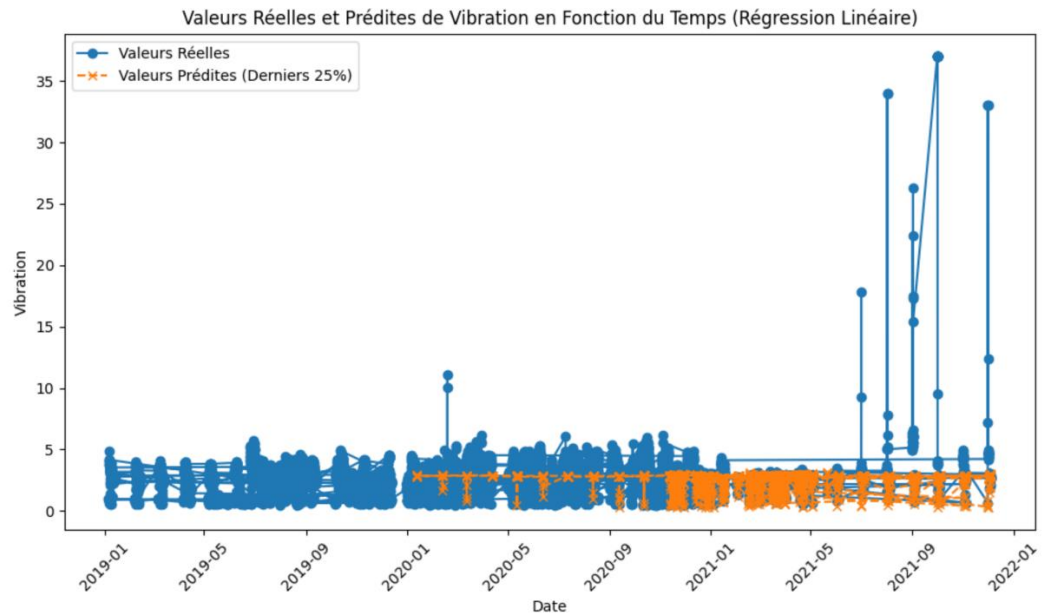
Avec une précision de 60%.

2. Random Forest :



Avec une précision de 86%.

3. Linear Regression :



Avec une précision de 71%.

f) Conclusion :

Puisque la précision du model de Random Forest est la plus grande donc il faut garder ce model et l'entraîner sur nos données.

VI. Analyse des Apports du Stage :

L'immersion dans le domaine de la data science au sein de Lafarge Holcim a procuré une expérience riche en enseignements, marquée par des points forts et des opportunités d'amélioration significatives.

a) Points Forts et Points d'amélioration :

Ce stage a fourni une plateforme pour comprendre de manière concrète les défis complexes de la maintenance industrielle. L'opportunité de travailler avec des données industrielles réelles a été inestimable, car elle a permis d'appréhender la complexité des facteurs affectant les opérations. Cependant, la variabilité et la qualité des données ont posé un défi majeur, nécessitant un effort substantiel pour nettoyer et préparer les données en vue de l'analyse.

b) Compétences Acquises :

Au cours de ce stage, j'ai considérablement développé mes compétences en prétraitement de données, en ingénierie des caractéristiques et en modélisation prédictive. J'ai appris à sélectionner judicieusement les algorithmes adéquats en fonction des caractéristiques des données, et à affiner ces choix pour améliorer les performances des modèles.

c) Compétences Manquantes :

L'expérience m'a mis en évidence l'importance de renforcer ma maîtrise de l'ingénierie des caractéristiques, en particulier dans le contexte de données multidimensionnelles. En outre, une connaissance plus approfondie des techniques d'optimisation des hyperparamètres pourrait améliorer la calibration des modèles. Application des Connaissances de la Première Année à l'ECC : Mon bagage de connaissances de ma première année à l'ECC a servi de fondement solide pour aborder les défis du stage. La compréhension

des concepts statistiques, la familiarité avec les langages de programmation et l'expérience préalable avec les algorithmes de Machine Learning ont été essentielles pour traiter, modéliser et évaluer les données.

d) Enseignements de l'Organisation de l'Entreprise :

Le stage m'a offert un aperçu précieux de la dynamique opérationnelle d'une grande entreprise industrielle. J'ai pu observer comment les décisions stratégiques sont prises en s'appuyant sur des données fiables et comment la collaboration entre les équipes techniques et administratives est cruciale pour le succès des projets. La communication transparente et les modes de partage d'informations ont été au cœur de l'efficacité de l'entreprise.

VII. Conclusion :

En définitive, ce stage a été une étape cruciale dans mon parcours d'ingénieur en data science. Il a façonné ma vision de la manière dont la technologie et les données peuvent transformer les secteurs traditionnels, tout en me préparant à relever des défis plus complexes à l'avenir. Je tiens à remercier l'équipe de Lafarge Holcim pour cette opportunité exceptionnelle et les précieux enseignements qu'elle m'a offerts. Ce stage a sans aucun doute consolidé ma passion pour la data science et renforcé ma détermination à continuer à explorer les frontières de cette discipline en constante évolution.