

Systeme de Maintenance Prédictive IOT

IOSS LLC – Cnam Liban

Présenté par Garen L. Arabkirlian

Soutenu le 29.11.2023

le **cnam**

iOSS

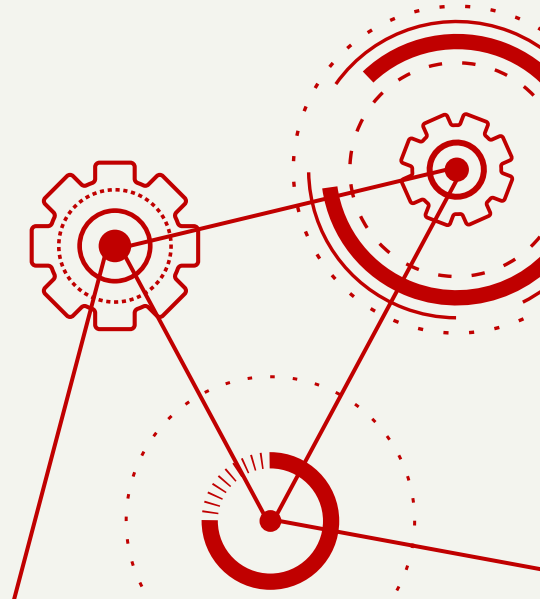
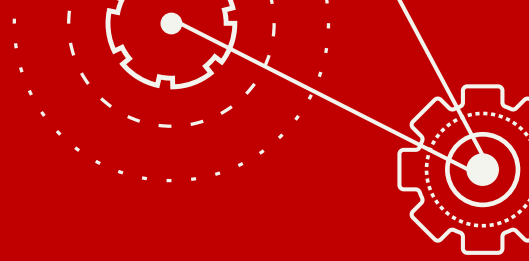


Table of **matière**



01 Introduction

Revue de la maintenance
des machines

02 Conception

Décomposition du
système

03 Développements

Solution IOT du
maintenance prédictive

04 Conclusion

De l'idée au produit

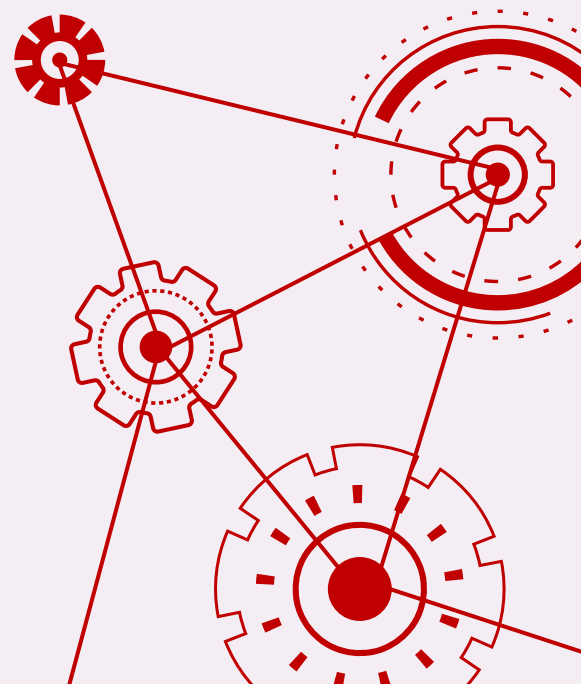
05 Perspectives

Future du projet et sous-
projets

01

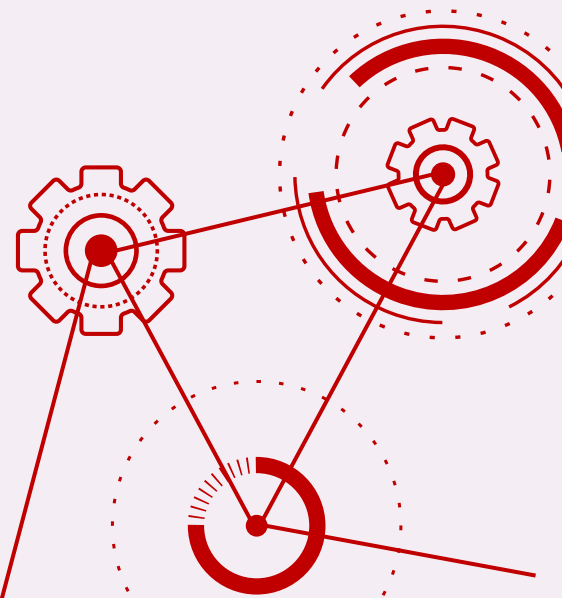
Introduction

Revue de la maintenance des machines
industrielles



\$50,000,000,000

Est le coût du temps d'arrêt imprévu estimé pour 1^e année.



les arrêts imprévus

Une enquête de 2005 publiée par « Thomas Industry Update » a révélé que le coût moyen des temps d'arrêt imprévus dans l'industrie automobile s'élevait à \$22000 par minute.



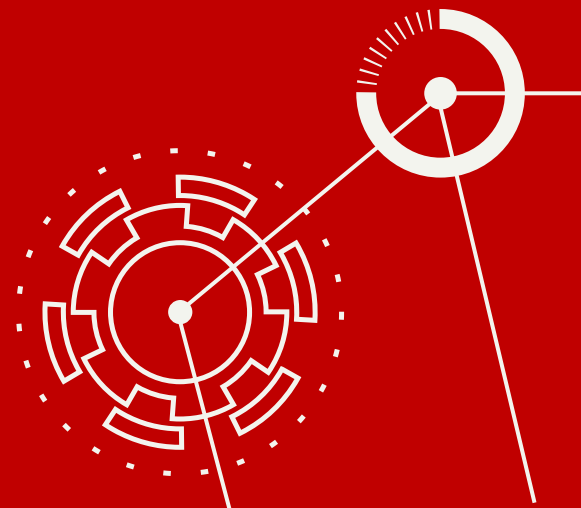
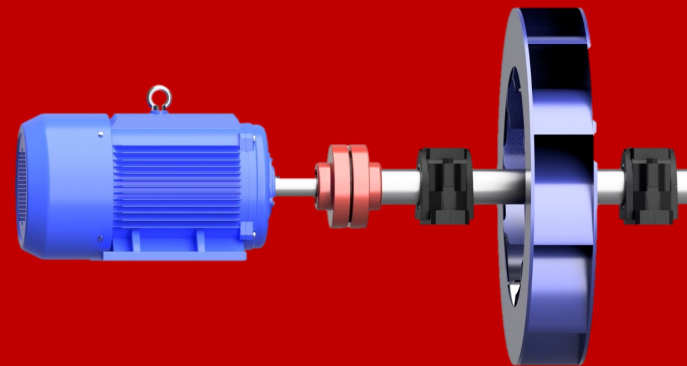
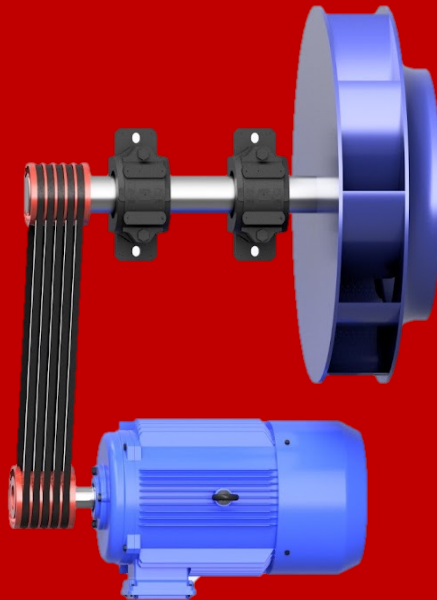
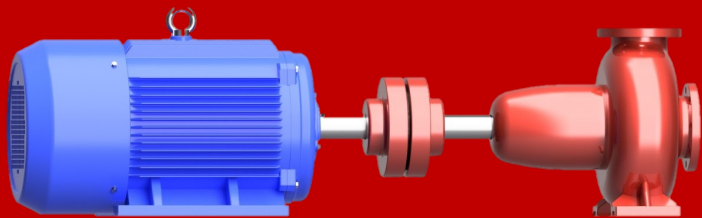
Fondamentales **des machines**

Utilisées dans la **fabrication**, la **logistique**, les **bâtiments**...



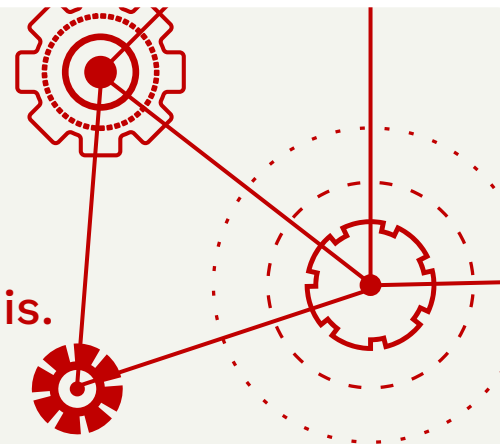
Exemples d'applications

- Système de pompage
- Ventilateurs industriels
- ligne de fabrication
- Compresseurs
- Etc ...



20 ans

Est l'âge moyen des machines industrielles aux États-Unis.



44%

De tous les temps d'arrêt imprévus est causé par des enceins équipements.

Défauts des machines

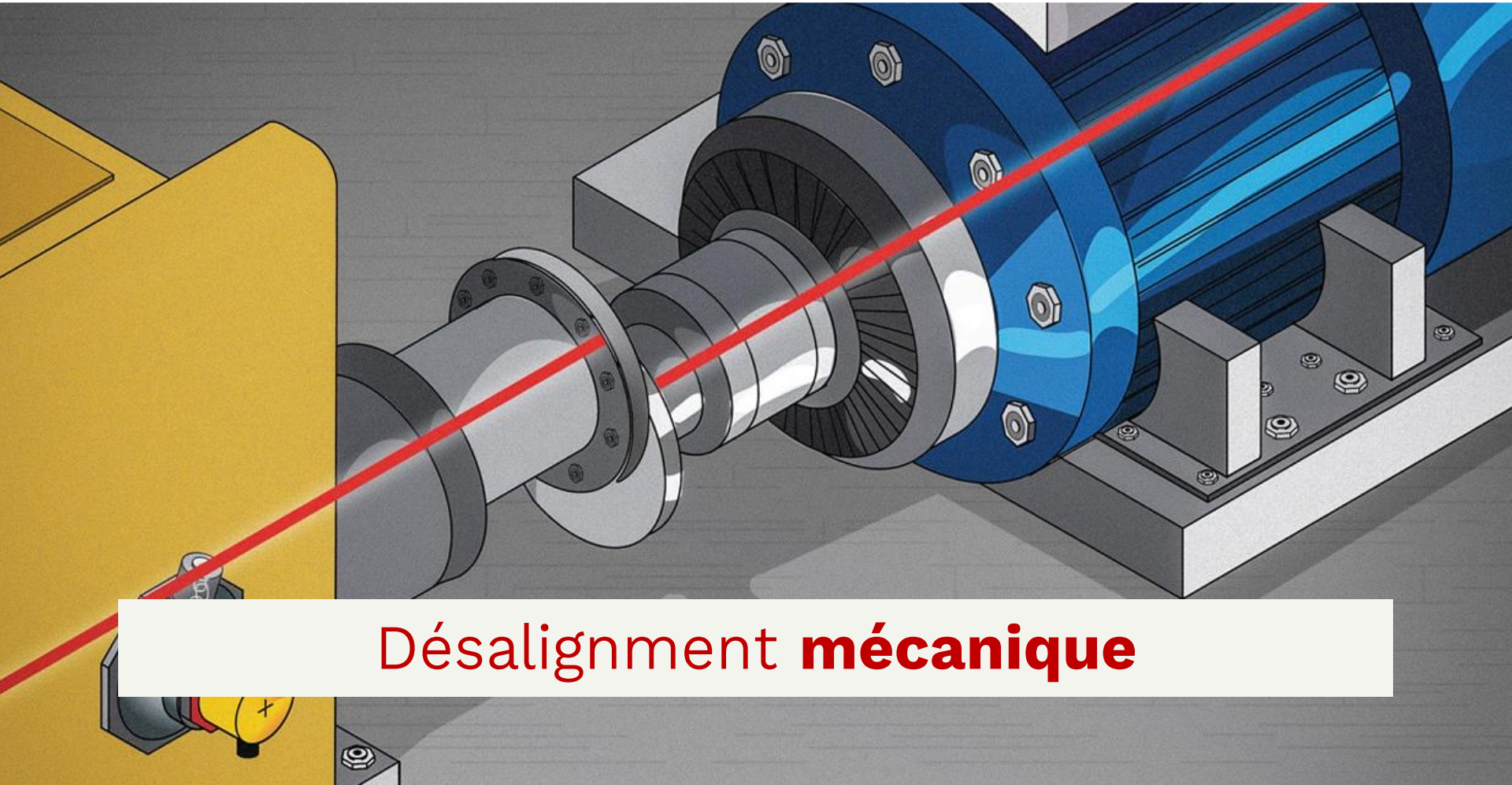
Ces problèmes sont très courants, et sont principalement causés par:

- Usage intensif
- Contamination et humidité
- Charges excessives
- Température élevée
- Manque de lubrification

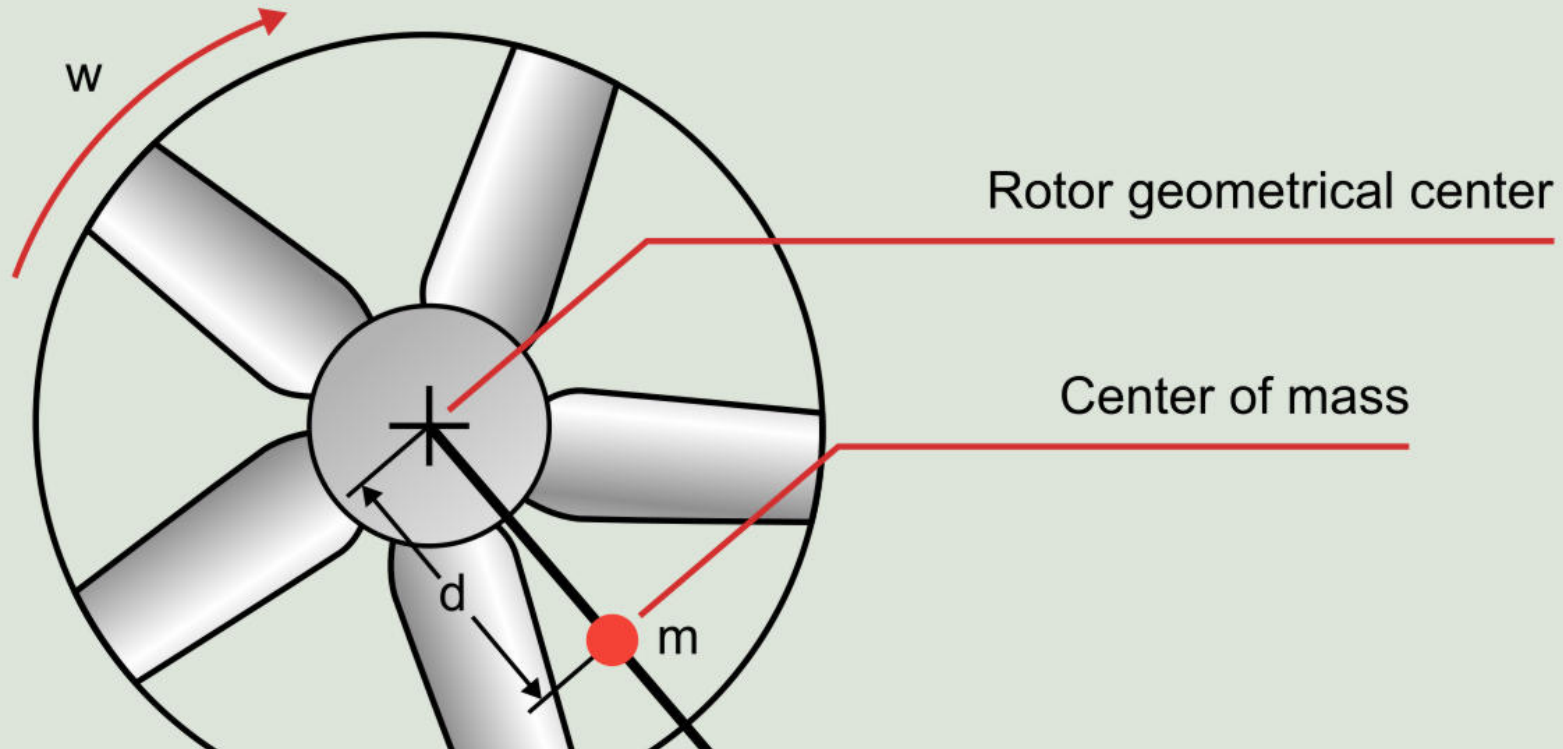




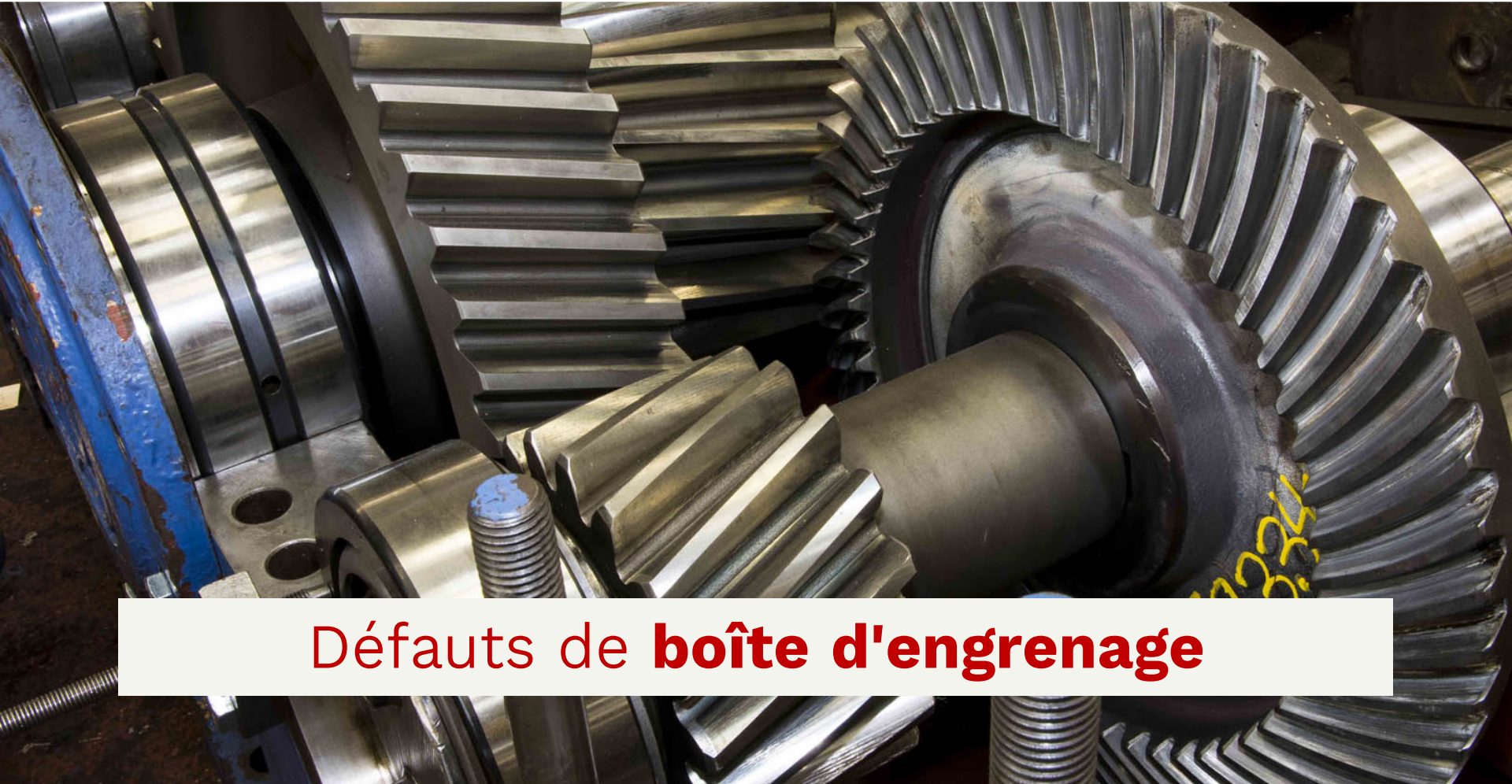
Défauts de **roulement**



Désalignement **mécanique**



Déséquilibre statique **et dynamique**

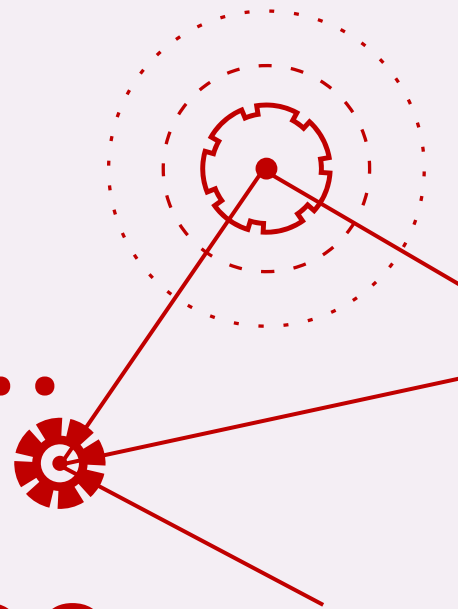


Défauts de **boîte d'engrenage**

Et beaucoup d'autres défauts...

Mais on n'est pas ici pour parler seuls des défauts!

Mais, comment les éviter?



Types de **maintenances**

Maintenance des machines

Pour minimiser ces défauts, il existe 3 principaux types de maintenance:



Maintenance **prédictive**

Analyse Spectrale

Nous pouvons effectuer une analyse vibratoire/de courant en utilisant la FFT du signal

Prédiction des défauts

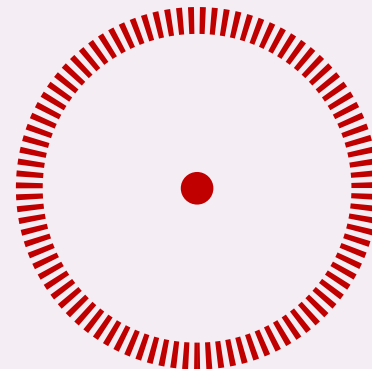
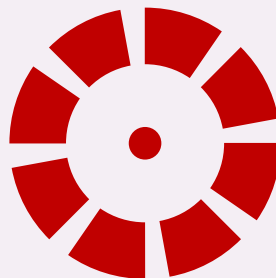
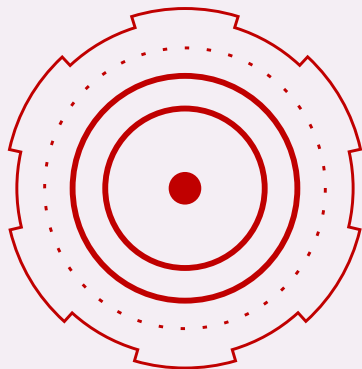
Chaque défaut a un comportement en fréquence exclusif

Non intrusive

L'acquisition de données est une méthode de maintenance non intrusive, avec peu de temps d'arrêt impliqué

La Pdm est rentable

La maintenance prédictive est très rentable, économisant environ **8% à 12%** par rapport à la maintenance **préventive** et jusqu'à **40%** par rapport à la maintenance **réactive** (selon le département américain de l'Énergie)



Bien, avons-nous inventé la maintenance prédictive? **Bien sûr que non!**

Voici la méthode traditionnelle:

Acquisition de données

Acquisitions peu fréquentes par analyseur vibratoire industriel



Coûts élevés

Manque de lectures fréquentes des données



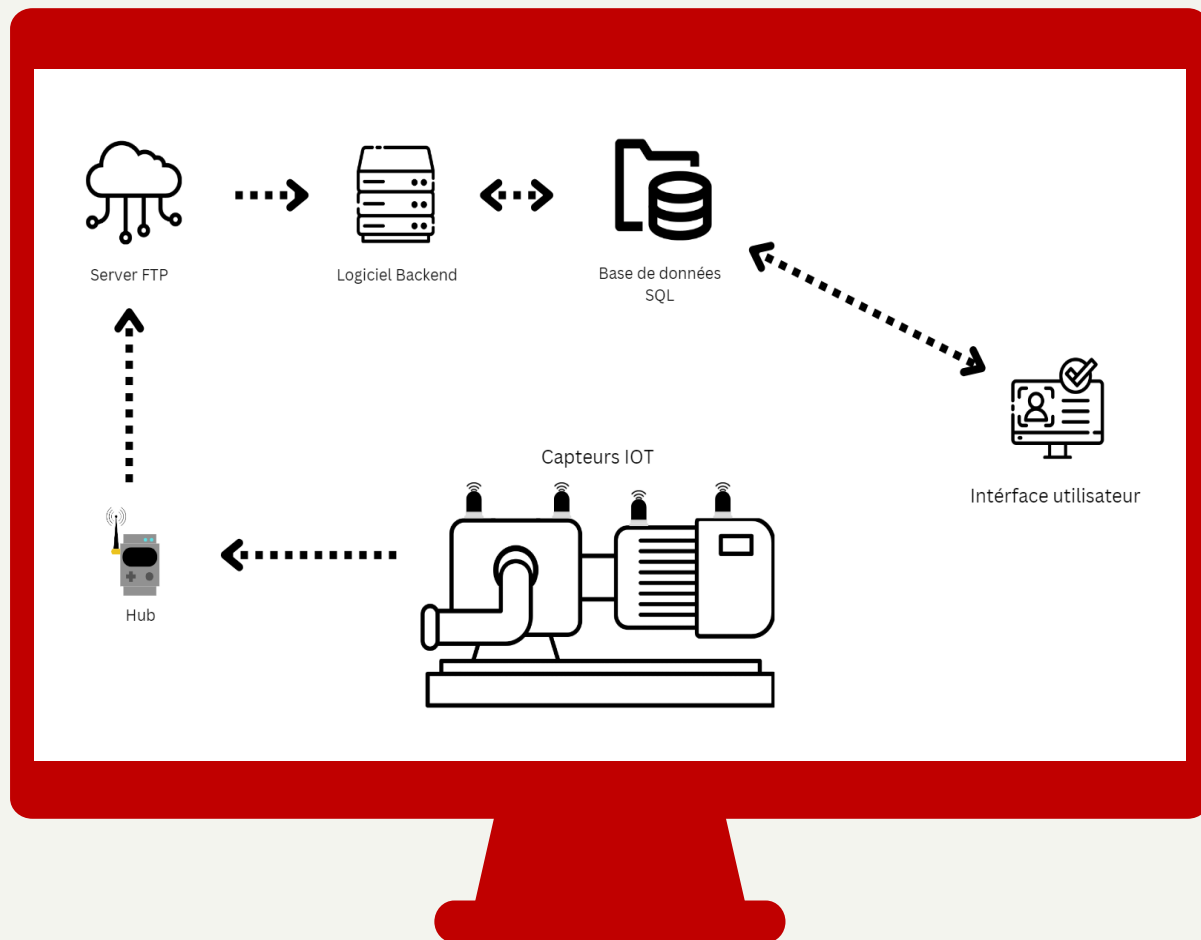
Concernes de sécurité

Dans des environnements industriels dangereux



Notre Solution

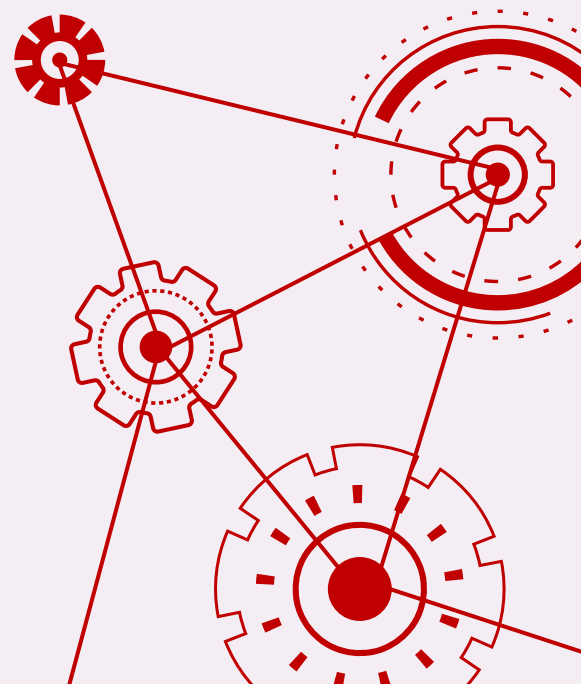
Un système IOT qui résout
tous les limitations de la
méthode traditionnelle



02

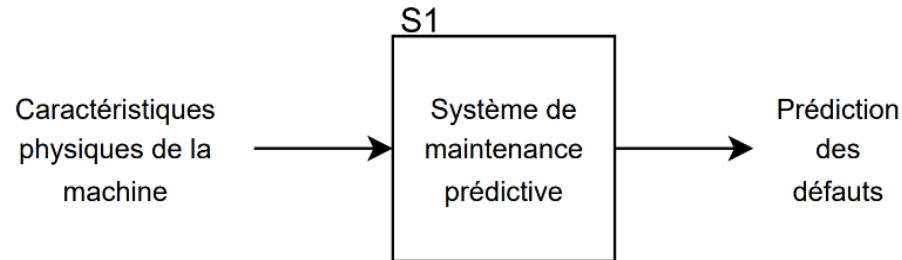
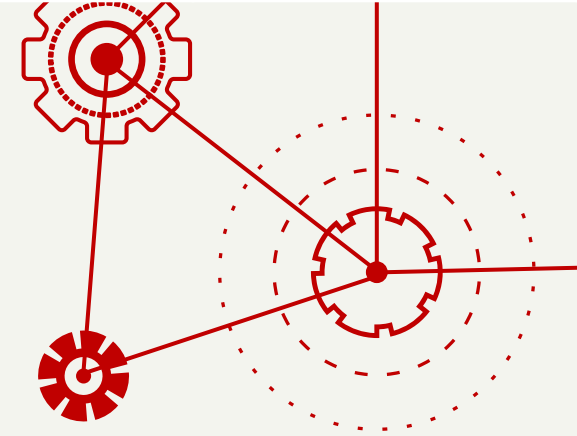
Conception

Conception du système



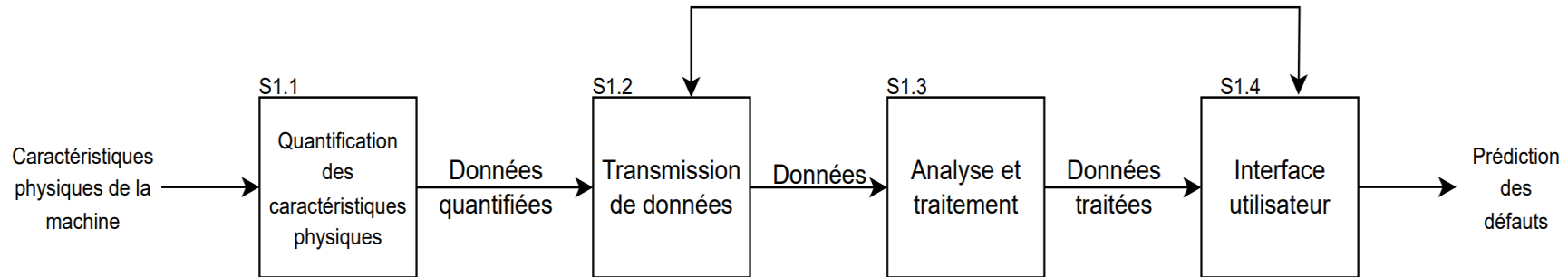
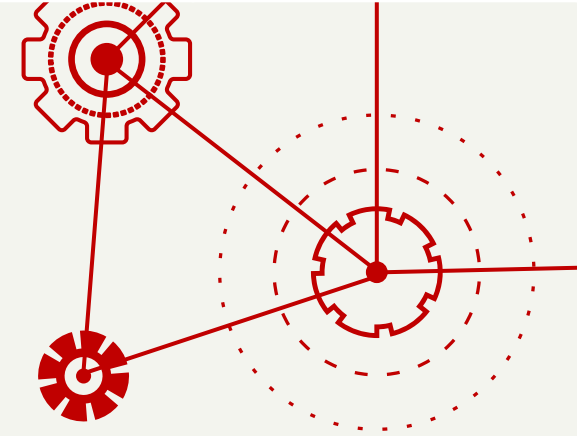
Système niveau 0

Vue de très haut niveau du système



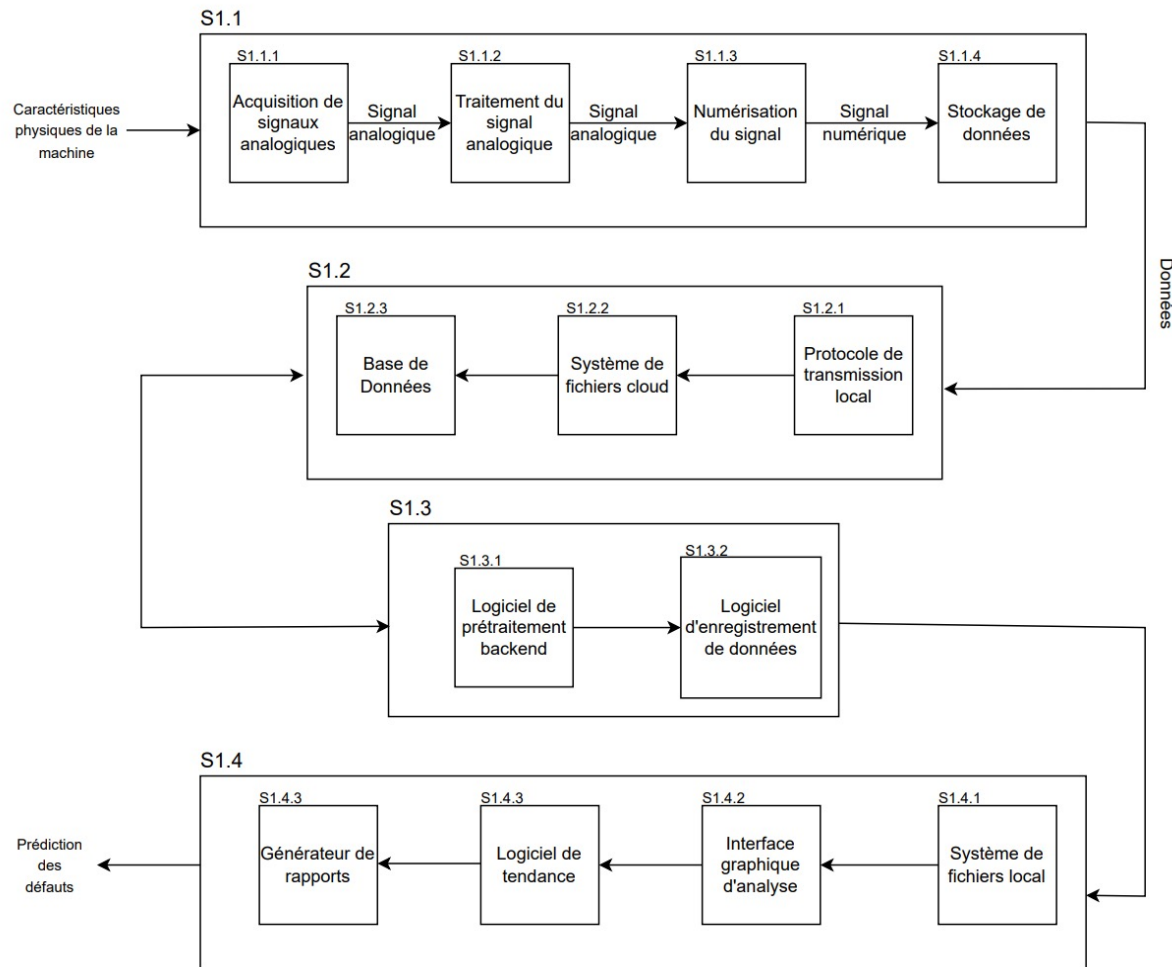
Système niveau -1

Décomposé en plusieurs sous-systèmes



Système niveau -2

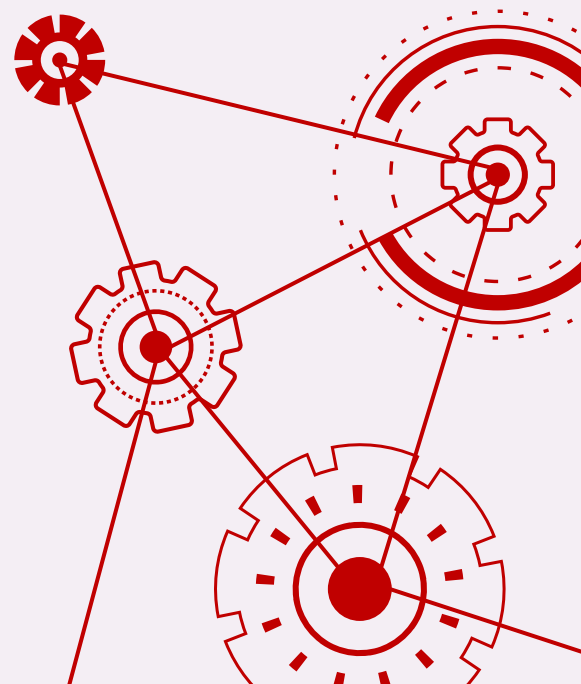
Décomposé en
plusieurs sous-
systèmes



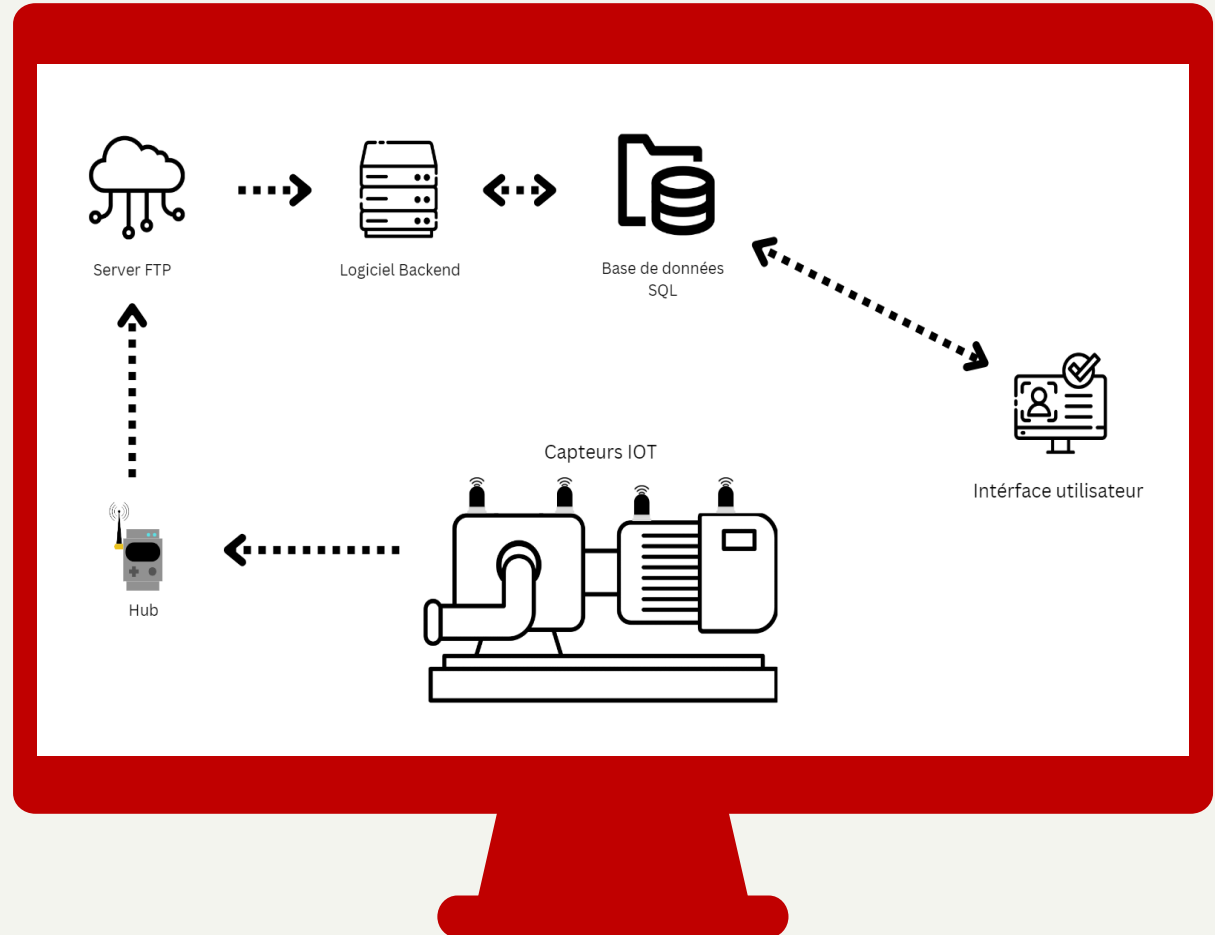
03

Développements

Développements du système



Overview du **système**



Capteurs **IOT**

SoC PSOC6

ARM Cortex M4 &
Cortex M0+

SAR CAN

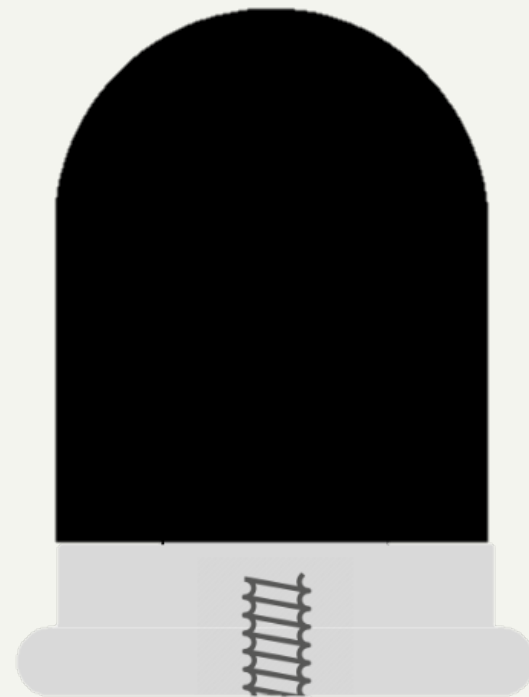
Fe max. de 1 MSPS
Résolution de 12 bits
6 Entrées simultanées

MEMS

Deux accéléromètres de
type MEMS
Bande passante de 10 KHz

BLE 5.0

Débit max. de 2 Mbps
Plage max. de 100 m



Capteurs **IOT**

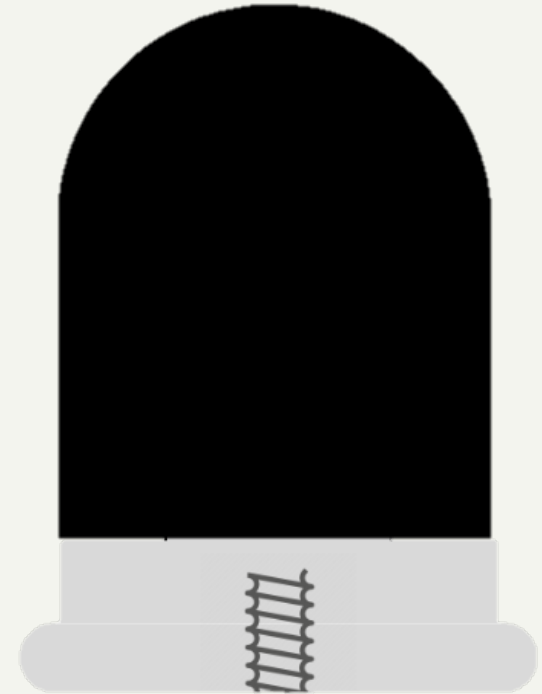
Châssis aluminium

Avec un vis standard de
 $\frac{1}{4}$ pouce



Pile CR123

Capacité de 1500 mAh



IOT Gateway

SoC ESP32S3

Dual-core
Xtensa LX7

Wifi/BLE 5.0

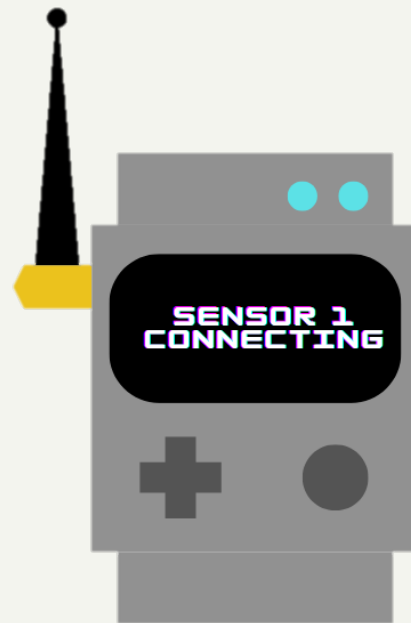
802.11 b/g/n, 2.4 GHz
Antennes externe

Écran OLED et Buttons

Menu interactive

Carte SD

Mémoire extérieur de 32
GB



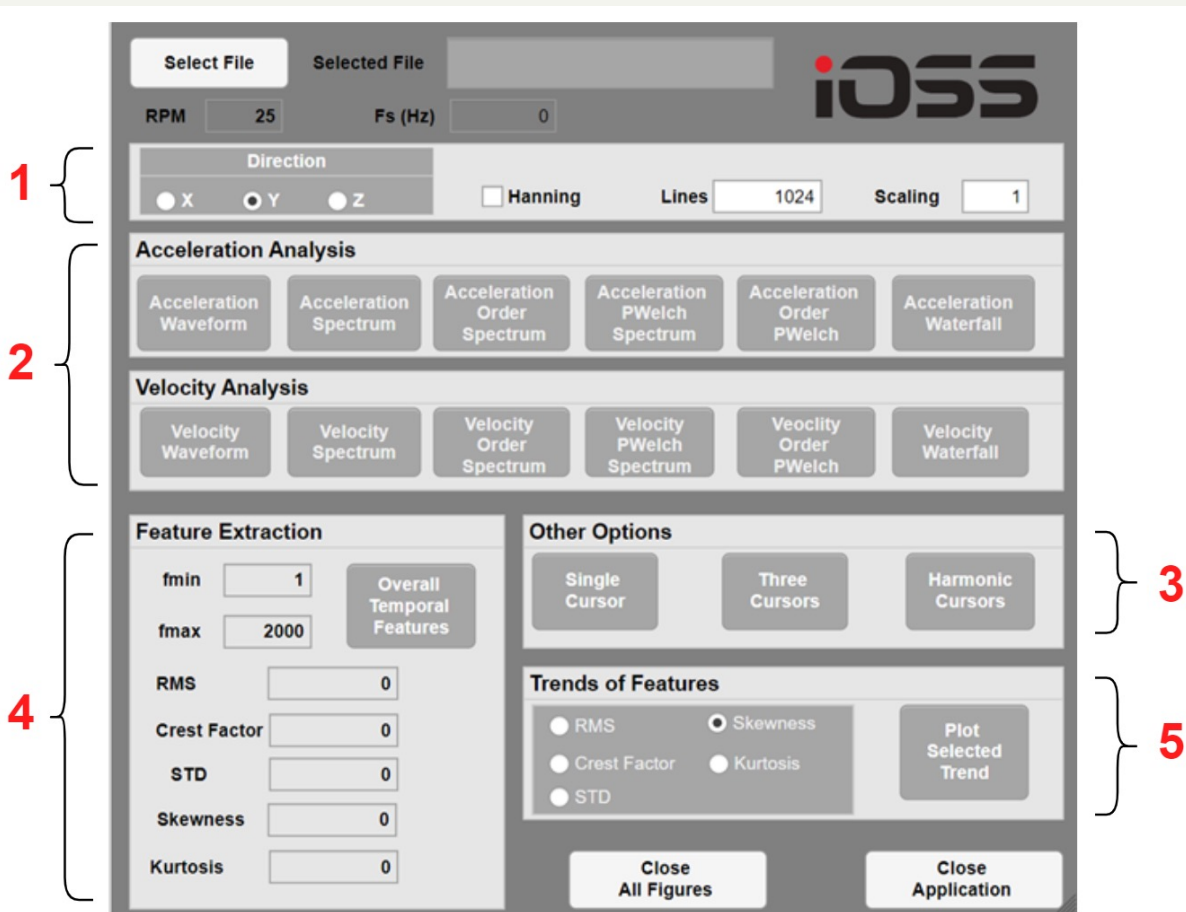
GUI

1. Sélection des paramètres

Sélection de l'axe, Filtre Hanning, Nombre de lignes spectrales, facteur d'échelle

2. Menu d'analyse

Pour effectuer une analyse vibratoire

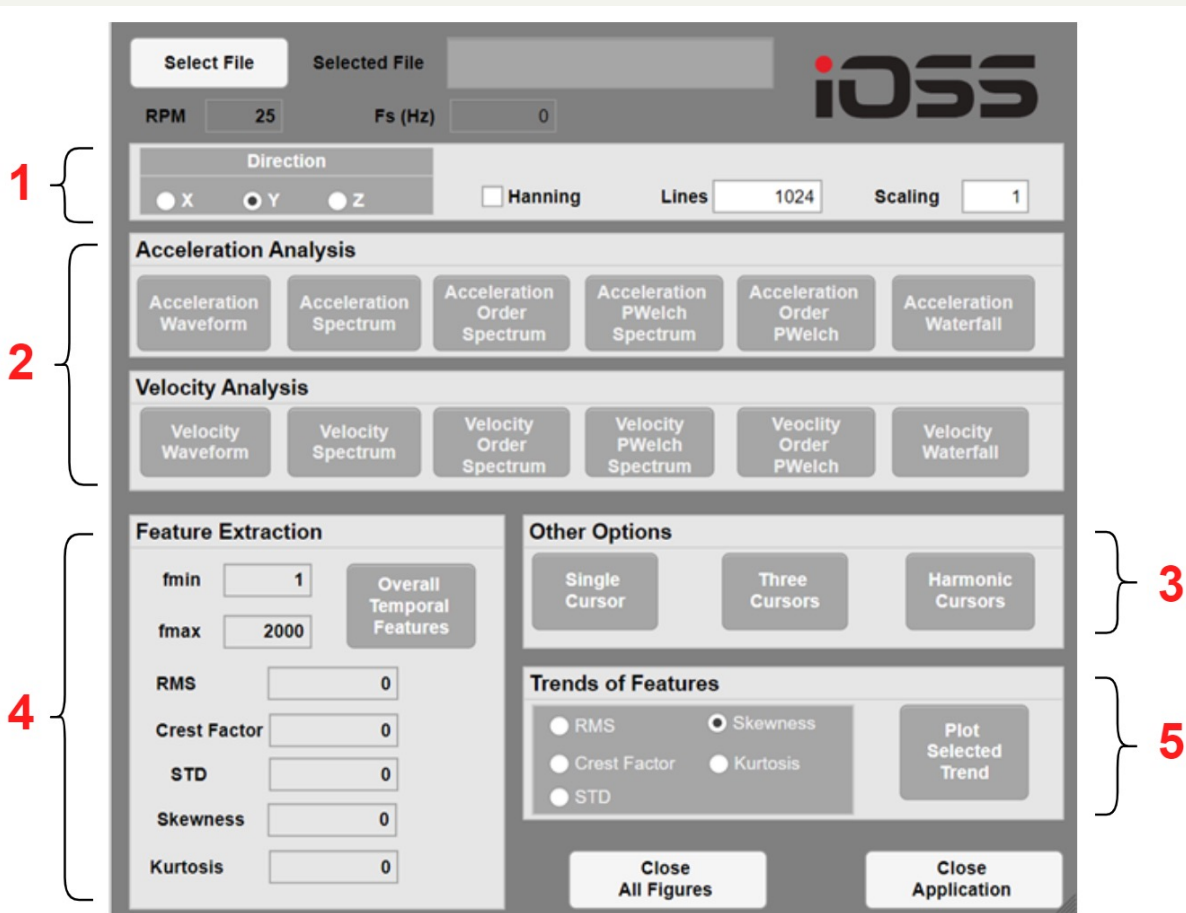


GUI

3. Outils d'analyse

Curseurs

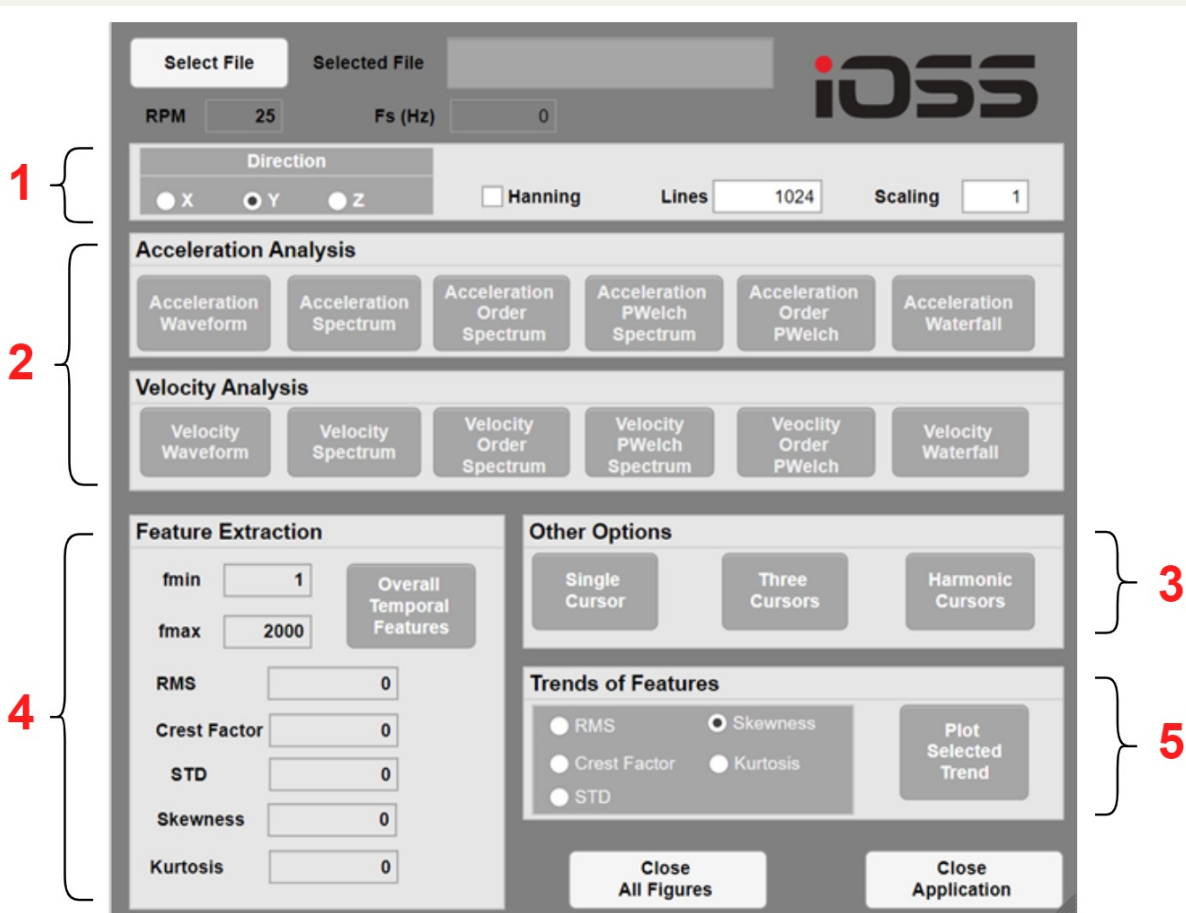
4. Caractéristiques statistiques

Calcul des
caractéristiques
statistiques

GUI

5. Trends des caractéristiques

Tracer la tendance des caractéristiques sélectionnées des données historiques



Tests & résultats

Test 1: Réponse fréquentiel

Tester la réponse fréquentiel analogique des deux accéléromètres

Test 2: Scaling

Mise en échelle des valeurs du capteur par rapport à celle du SKF microlog

Test 3: Comparaison avec Microlog

Comparaison de la réponse fréquentiel sur deux directions entre notre capteur et le SKF microlog



Tests & résultats

Test 4: Génération de défauts

Test du capteur sur une seul ou une combinaison de défauts sur le banc d'essai en laboratoire

Test 5: Field tests

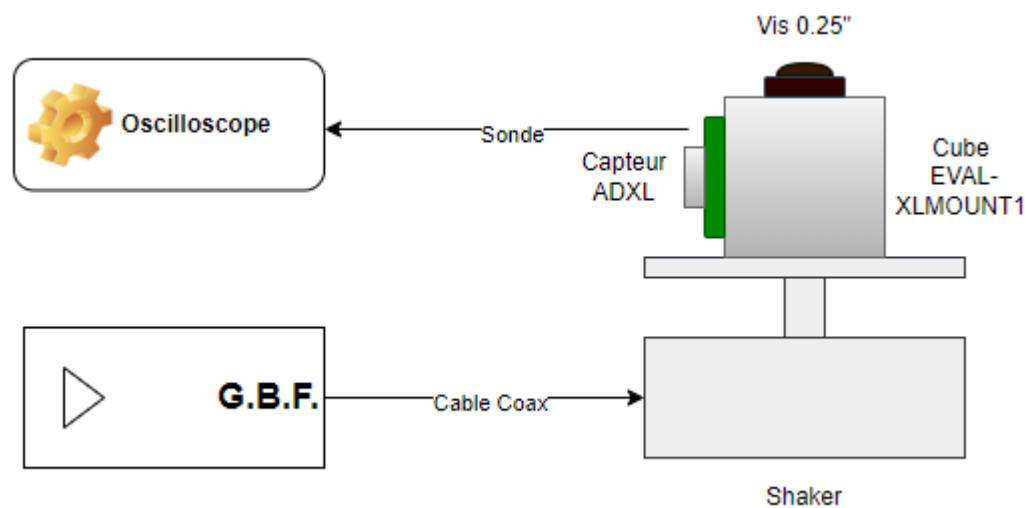
Effectuer plusieurs tests sur le terrain pour tester la fonctionnalité de l'ensemble du système

Test 6: Stress test

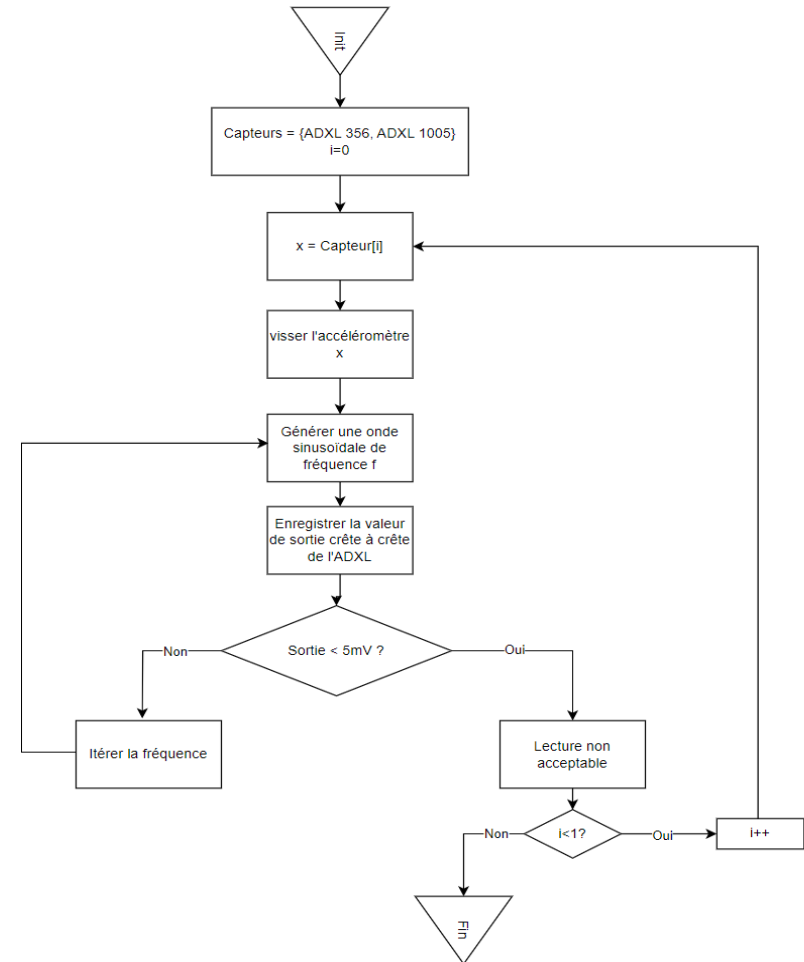
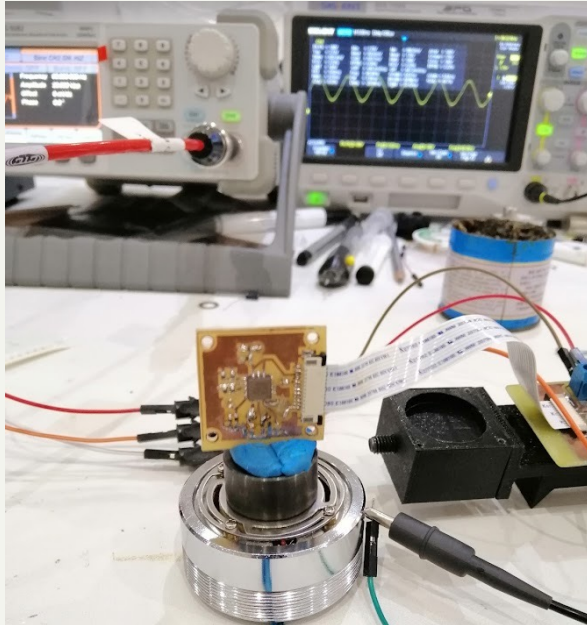
Utilisation du système dans un scénario réel et prévision des défauts sur une machine défectueuse



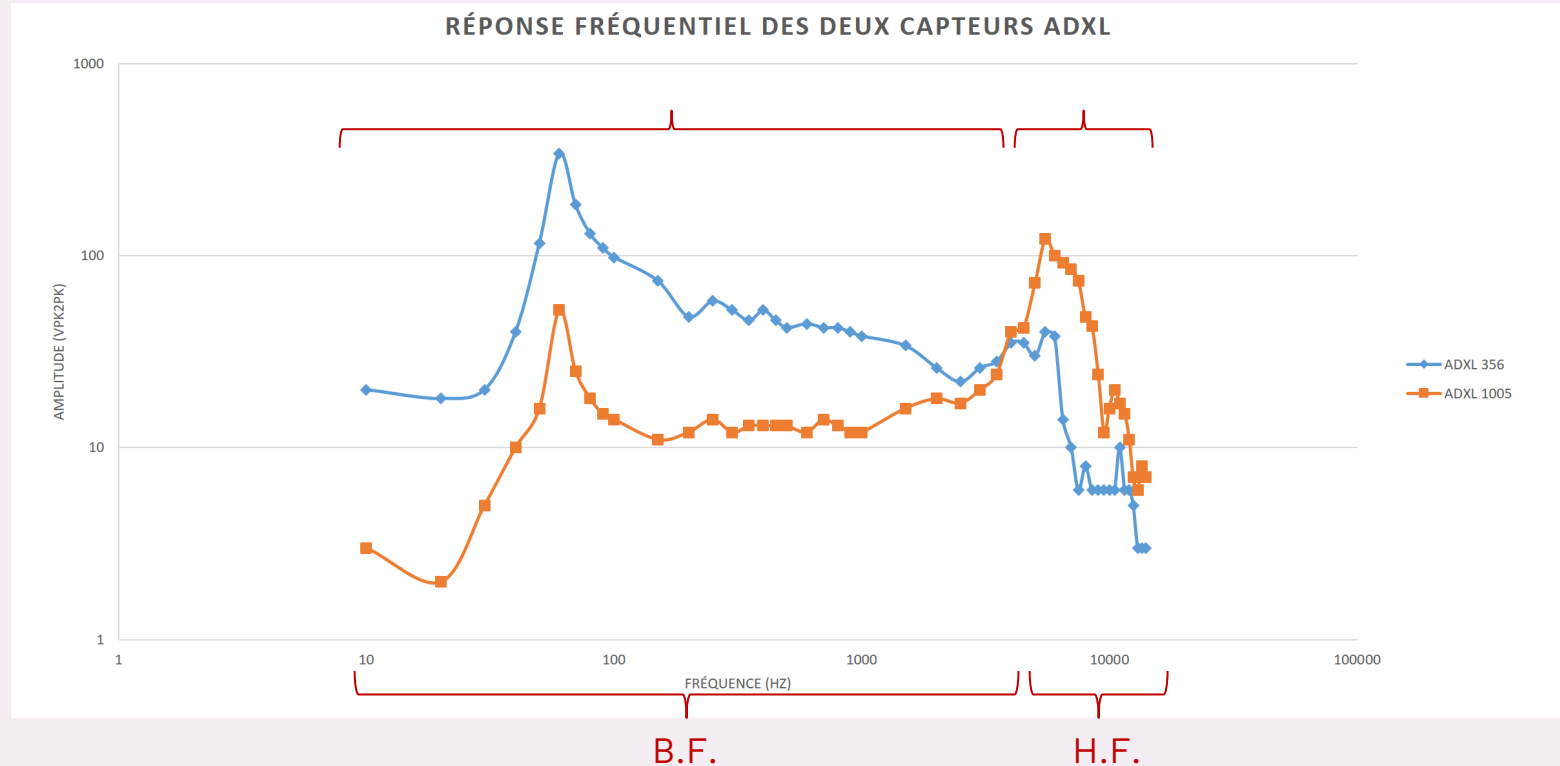
Test 1: Réponse fréquentiel



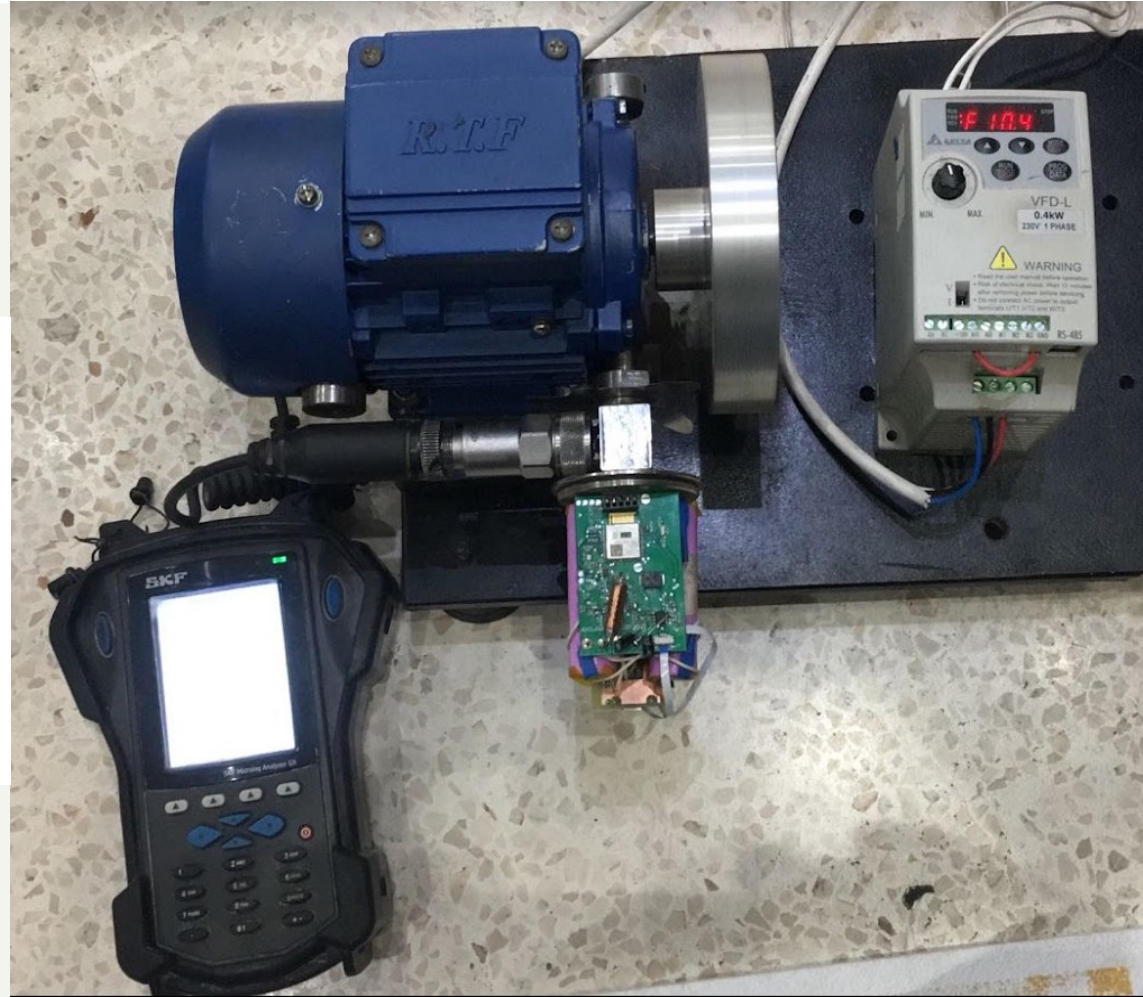
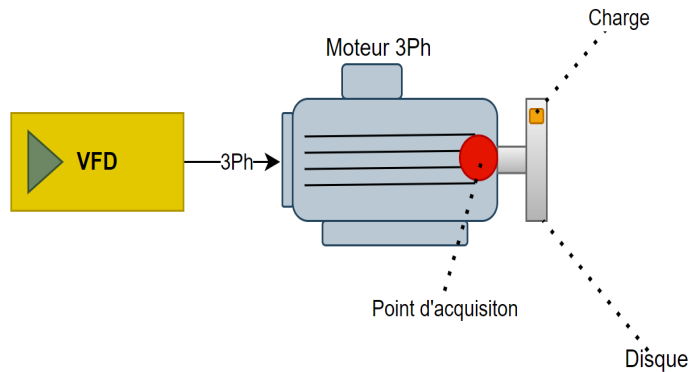
Test 1: Réponse fréquentiel



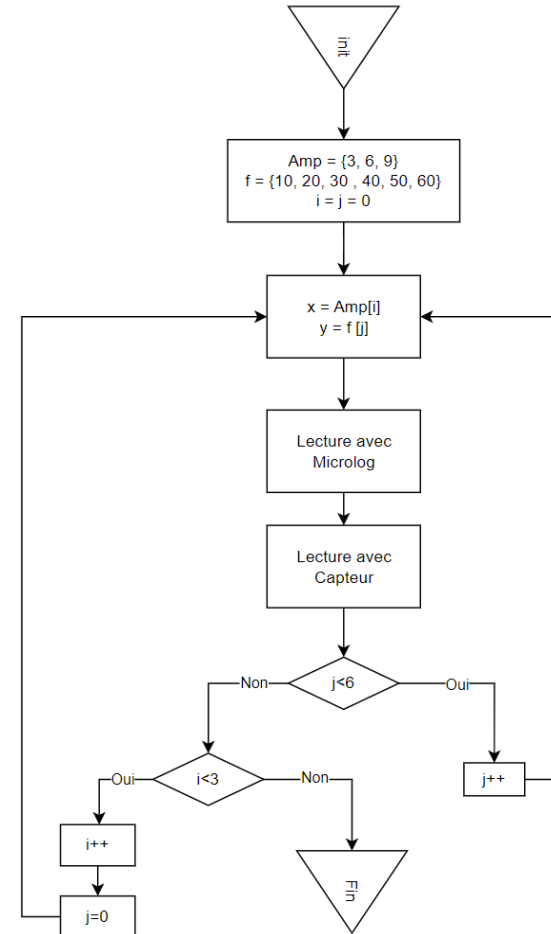
Test 1: Résultats



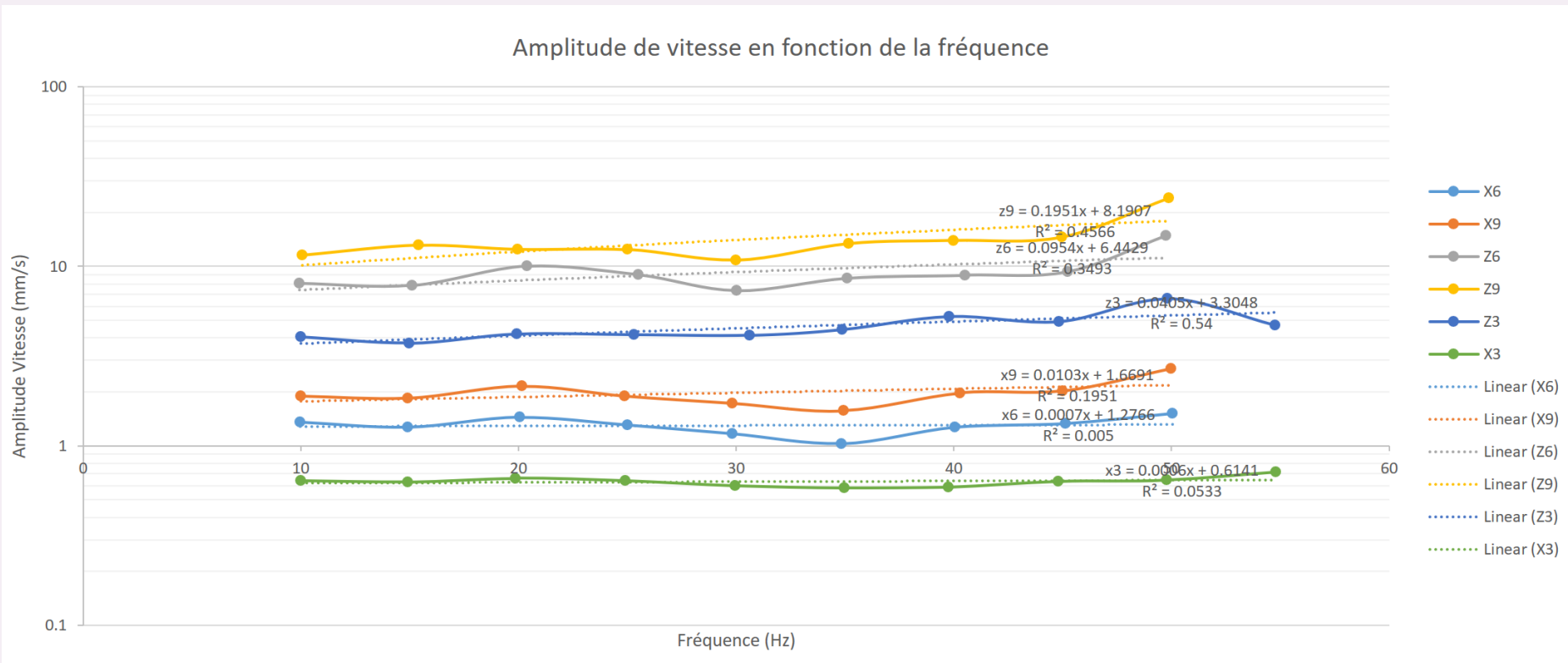
Test 2: **Scaling**



Test 2: **Scaling**

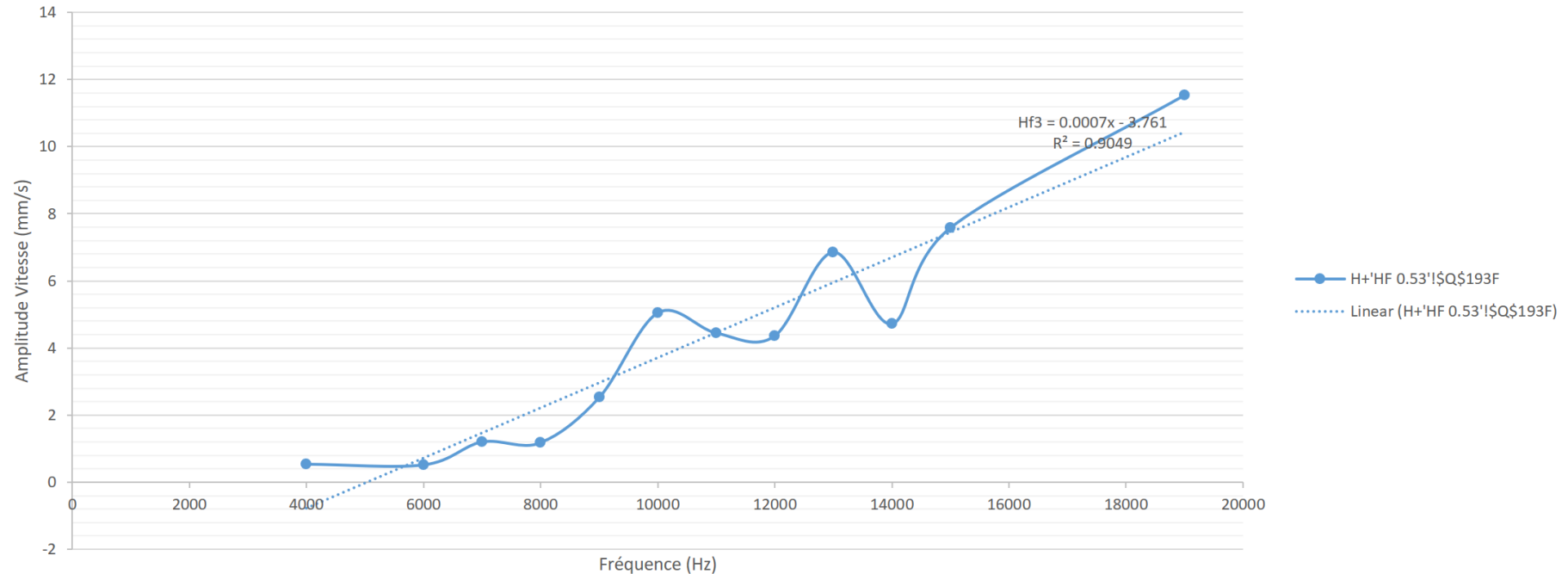


Test 2: Résultats

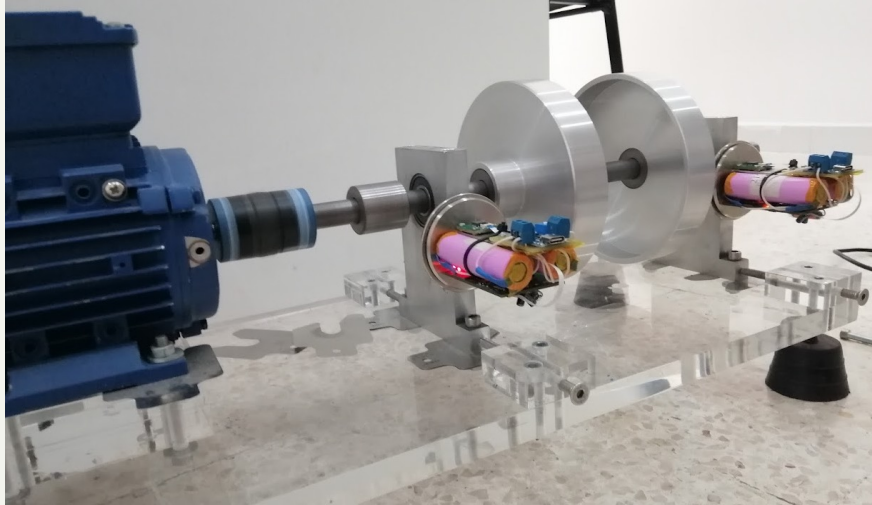


Test 3: Résultats

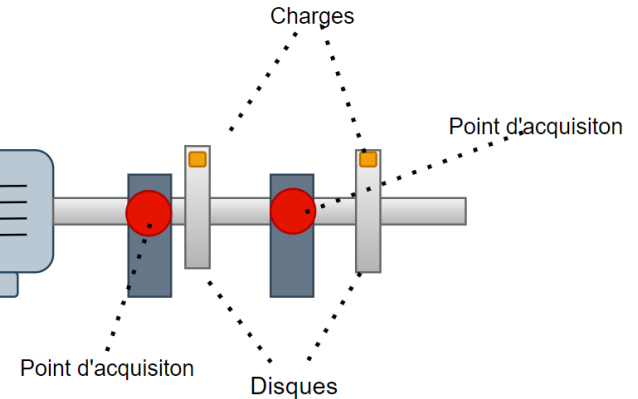
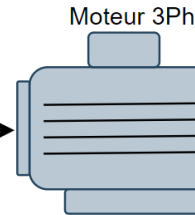
Amplitude de vitesse en fonction de la fréquence



Test 3: Comparaison avec le **Microlog**

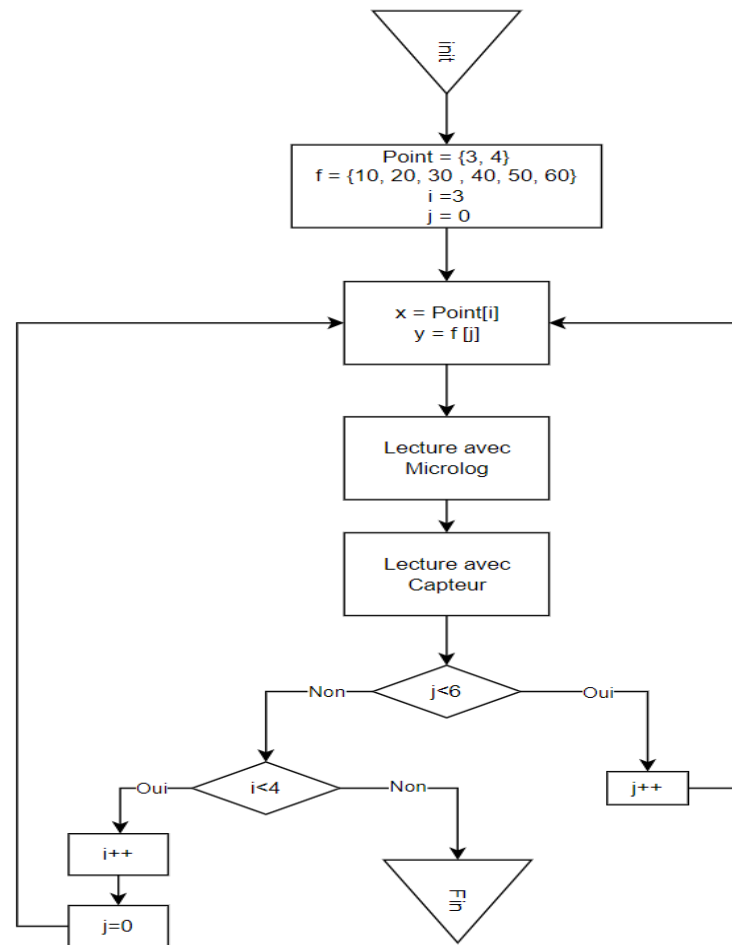
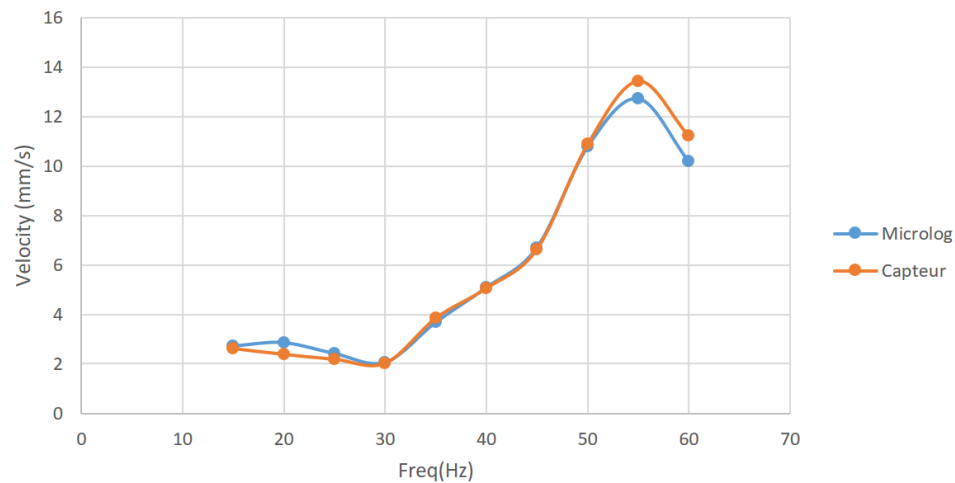


3Ph→



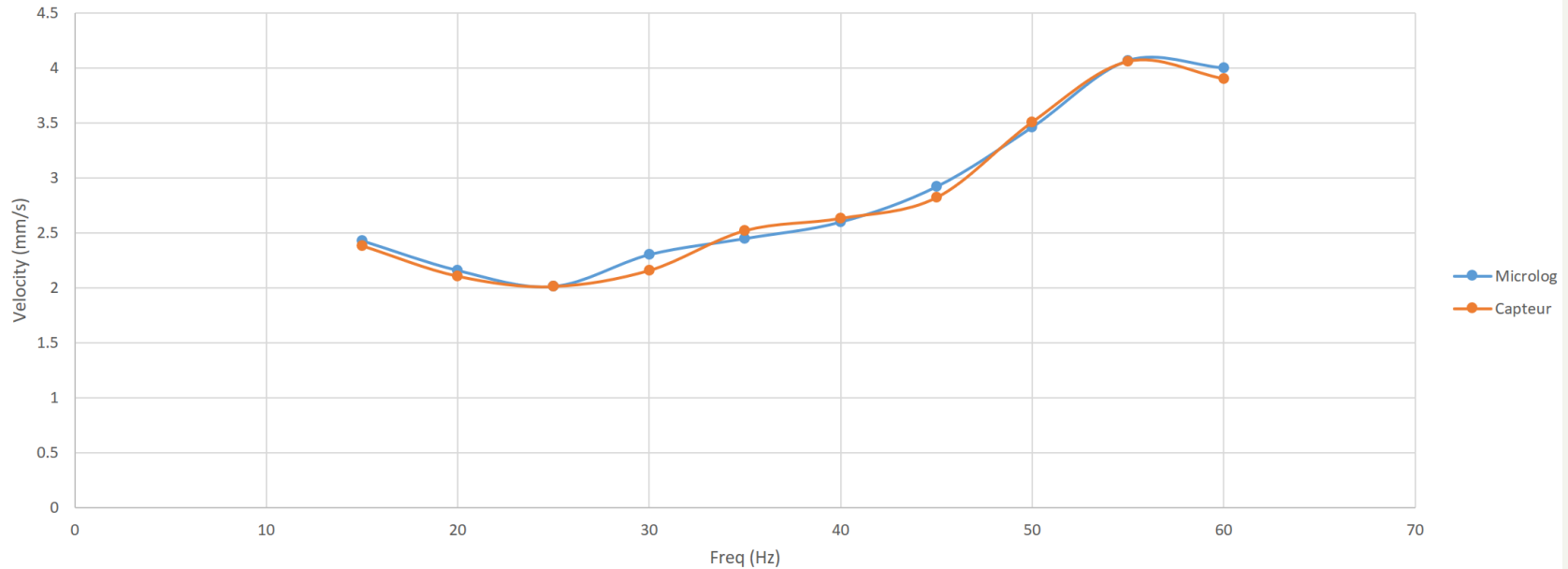
Test 3: Capteur vs Microlog

Comparaison capteur vs Microlog sur le point 3 (L-DE)

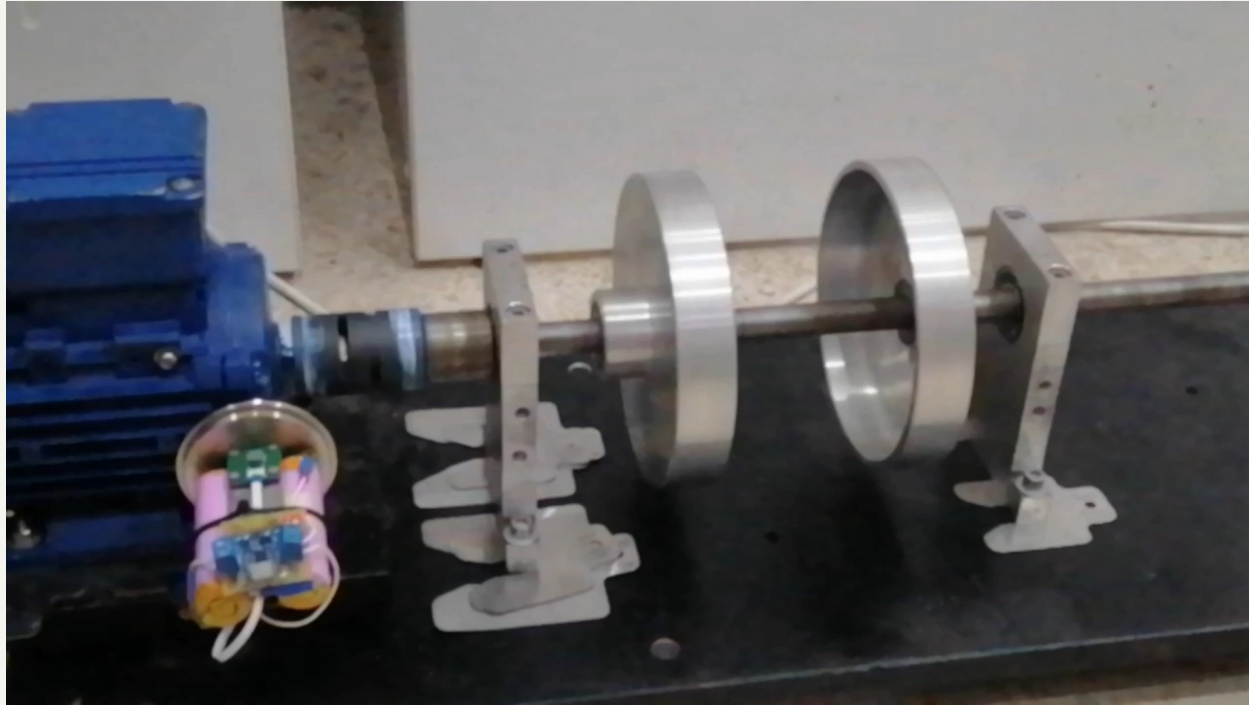


Test 3: Résultats

Comparaison capteur vs Microlog sur le point 4 (L-NDE)

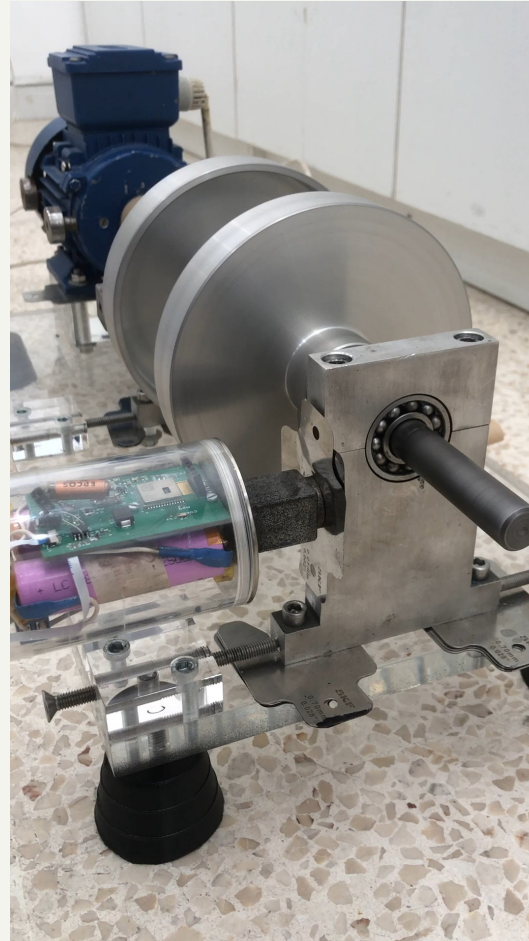


Test 4: **Génération des défauts**



Test 4:

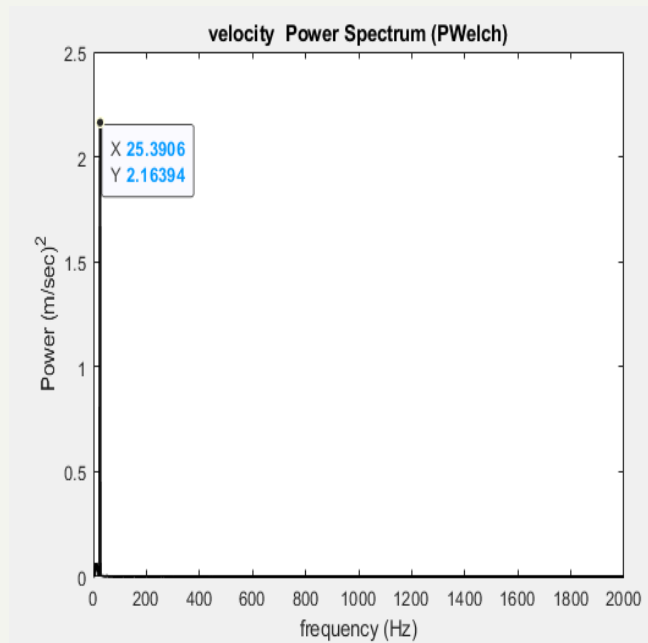
Génération des défauts



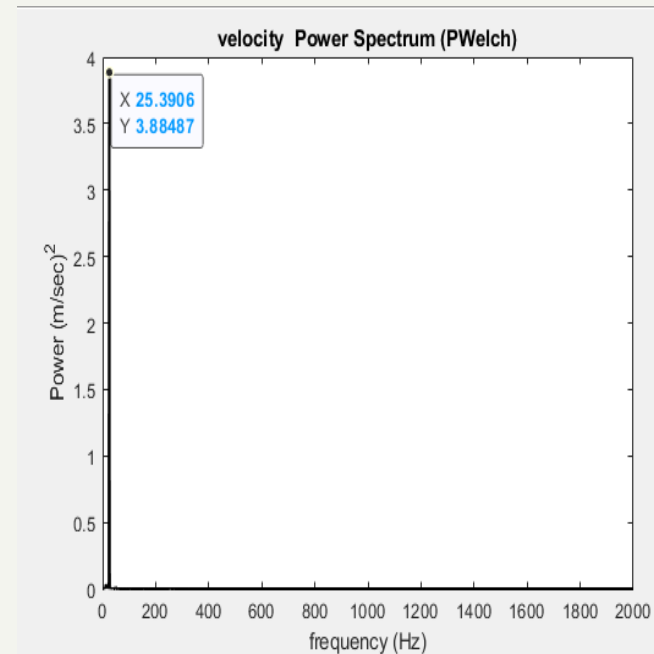
Test 4: Simulation des défauts

Test#	Défauts	Notes
1	Machine sans problème	équilibré et aligné
2	Déséquilibre statique	Charge Déséquilibré sur une des deux disques
3	Déséquilibre Dynamique	Charge Déséquilibré sur les deux disques
4	Roulement défectueuse au point 4	Défaut de BPFO
5	Roulement défectueuse au point 4	Défaut de BPFI
6	Désalignement	
7	Déséquilibre dynamique + Désalignement	
8	Roulement défectueuse au point 4 + Désalignement	Défaut de BPFO
9	Roulement défectueuse au point 4 + Roulement défectueuse au point 3 + Désalignement	Défaut de BPFO sur pt4 et BPFI sur pt3

Test 4.1: Déséquilibre statique et dynamique

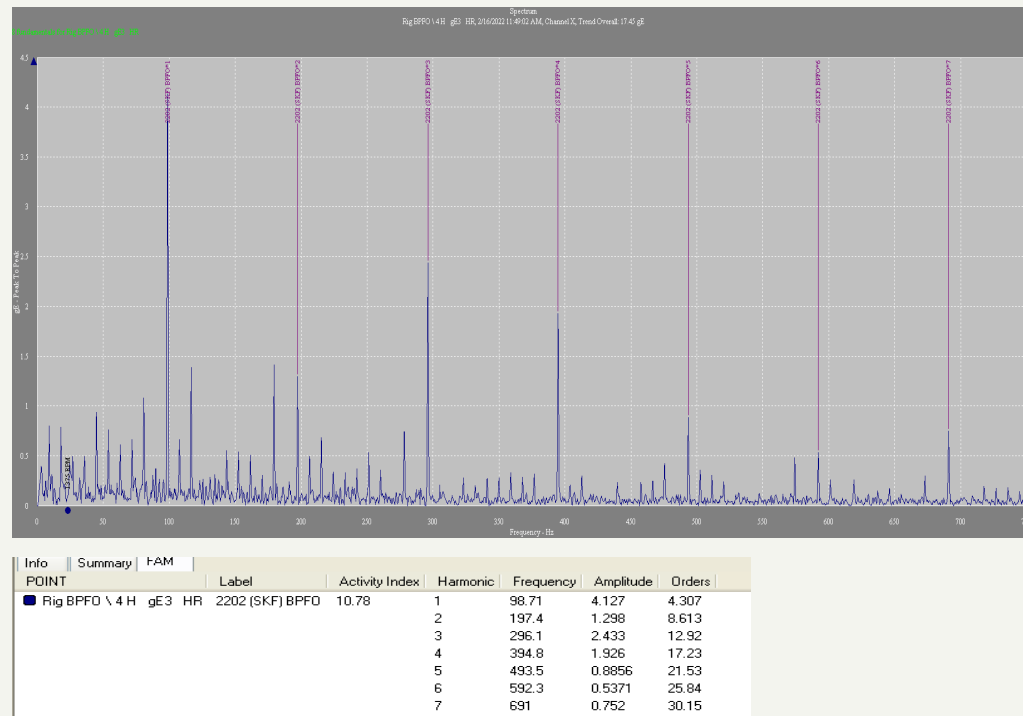
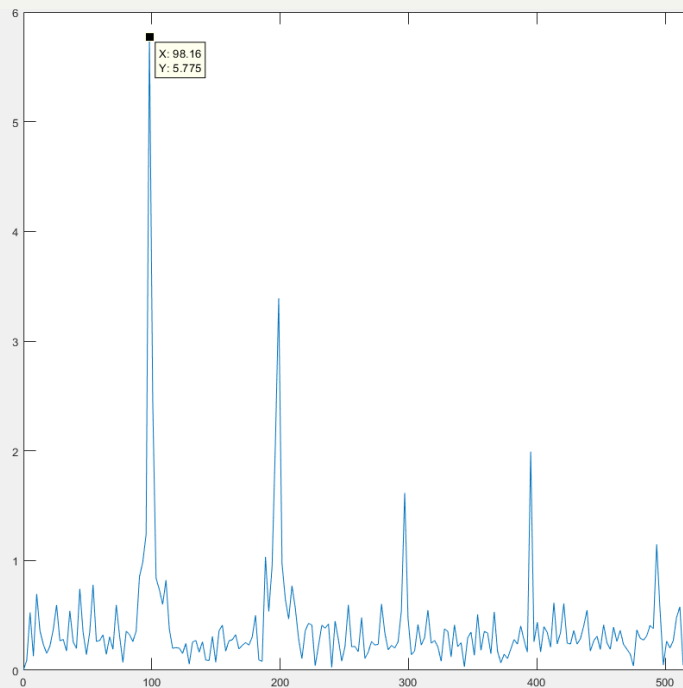


Déséquilibre statique

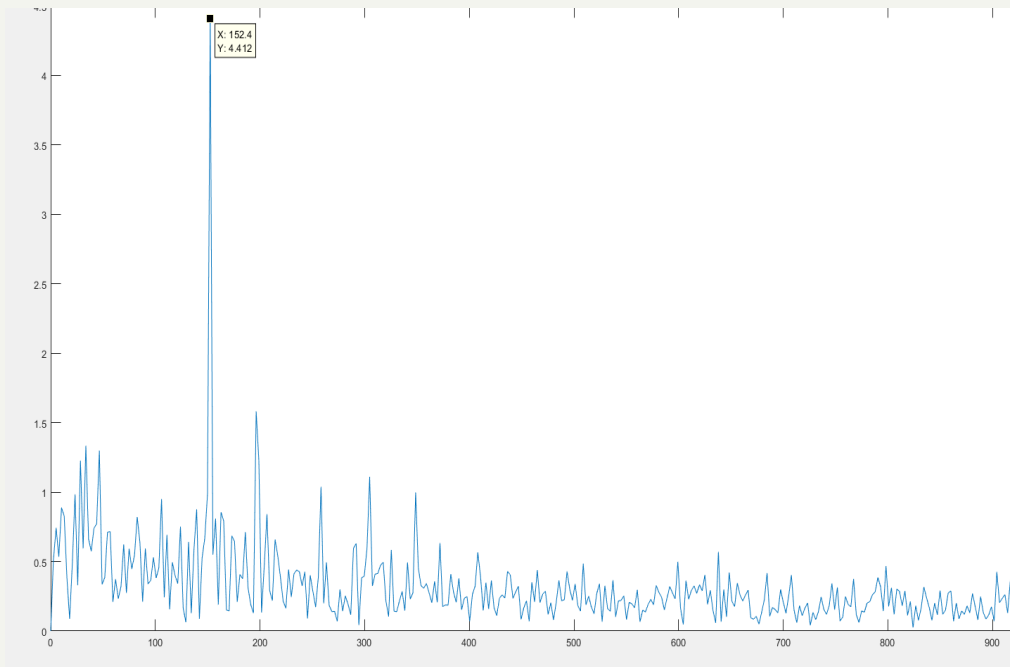


Déséquilibre dynamique

Test 4.2: Défauts de roulement BPFO

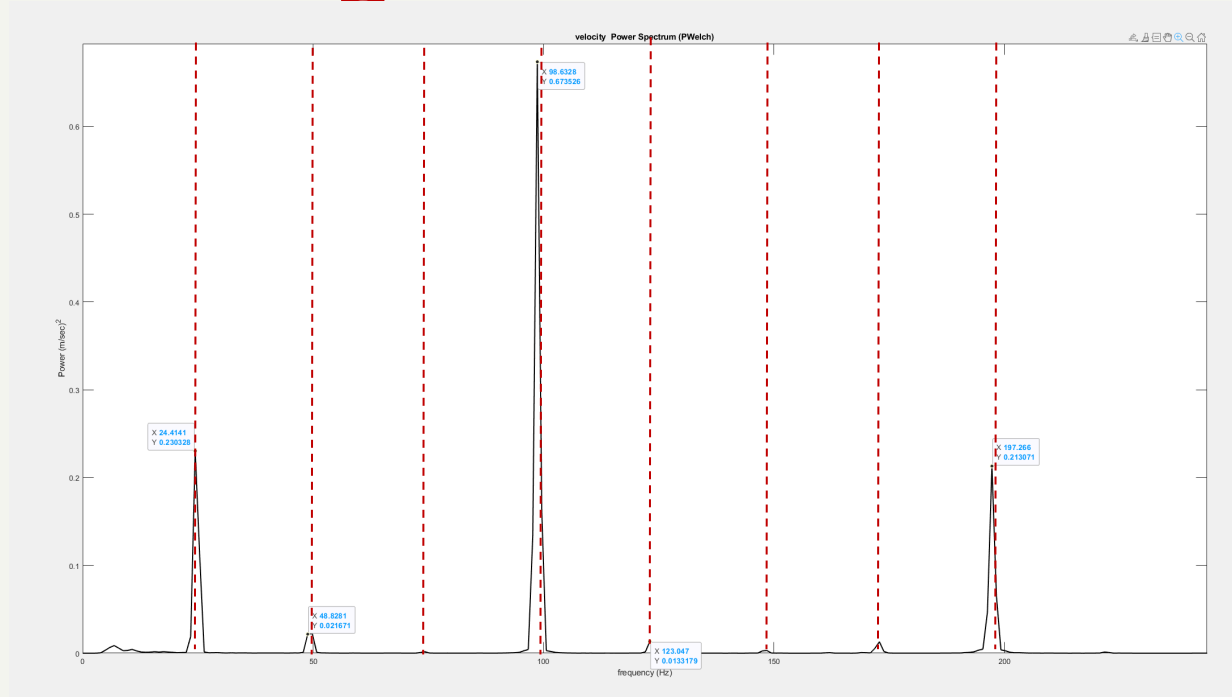


Test 4.3: Défauts de roulement BPFI



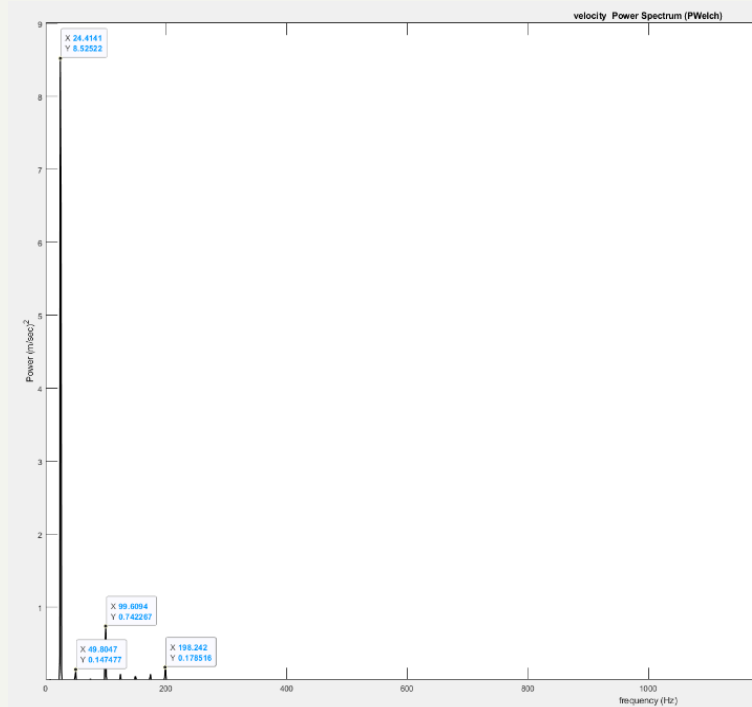
$$\begin{aligned} f &= BPFFI * f_{speed} = 6.1097 * 25 \\ &= 152.74 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Test 4.4: Désalignement

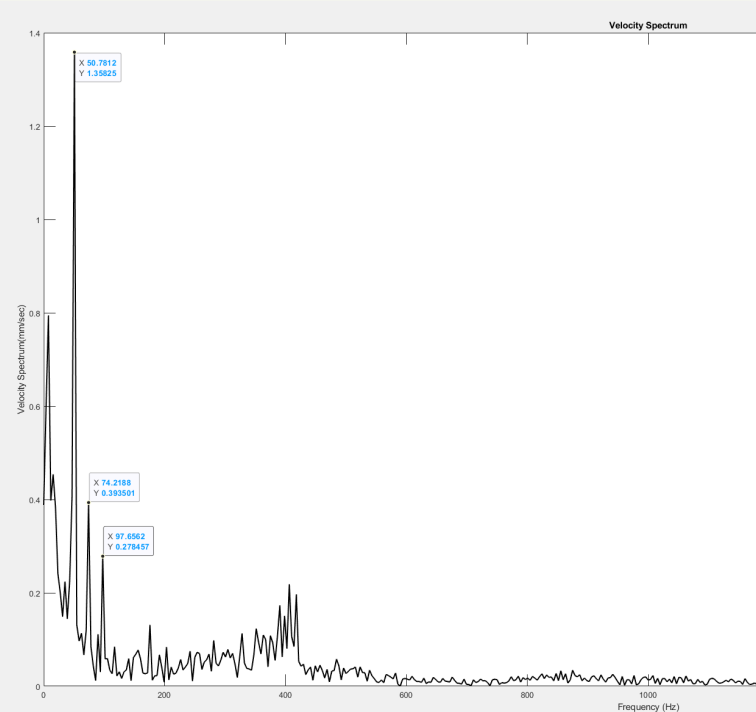


$$f_{\text{misalignment}} = \sum_{i=1}^4 i \times f_{\text{rotation}}$$

Test 4.5: Désalignement et déséquilibre

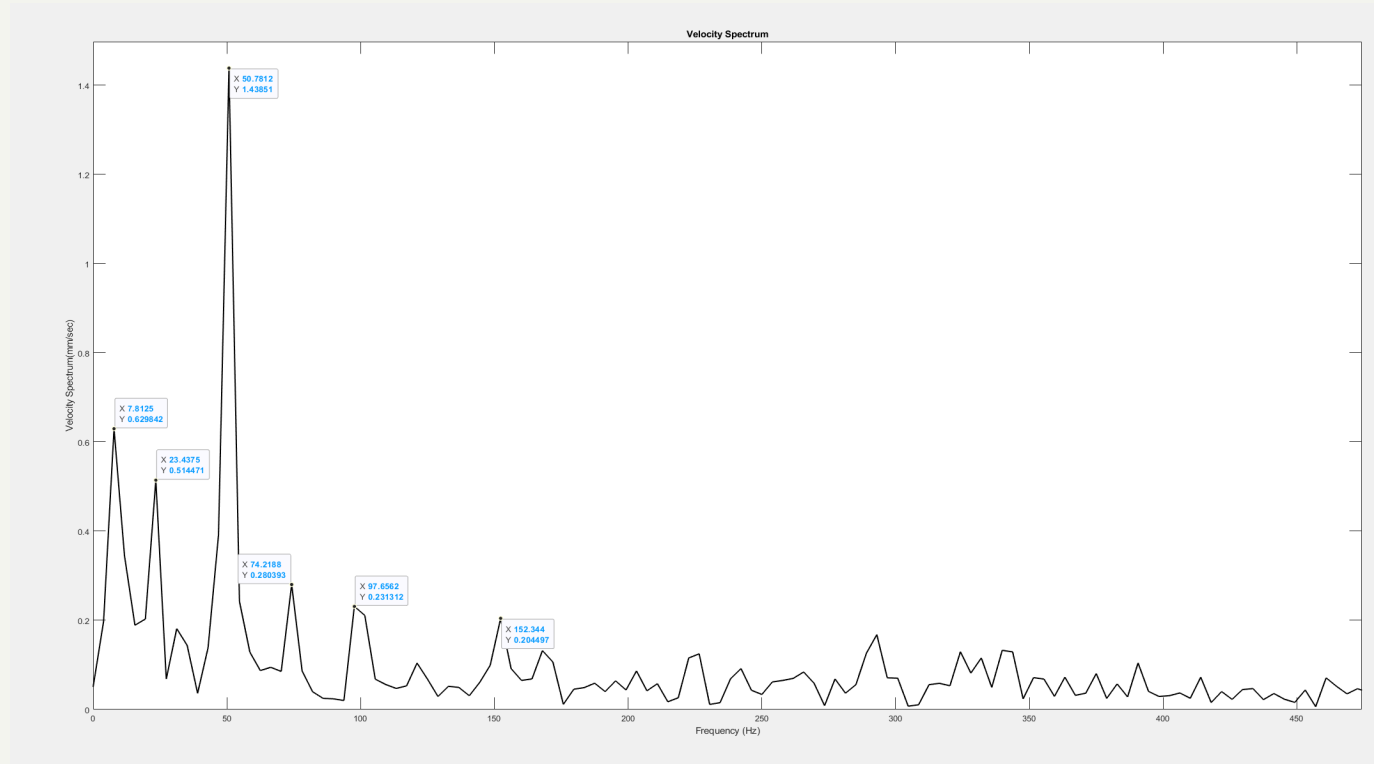


Déséquilibre dominant



Désalignement dominant

Test 4.6: **BPFO + BPFI + Désalignement**



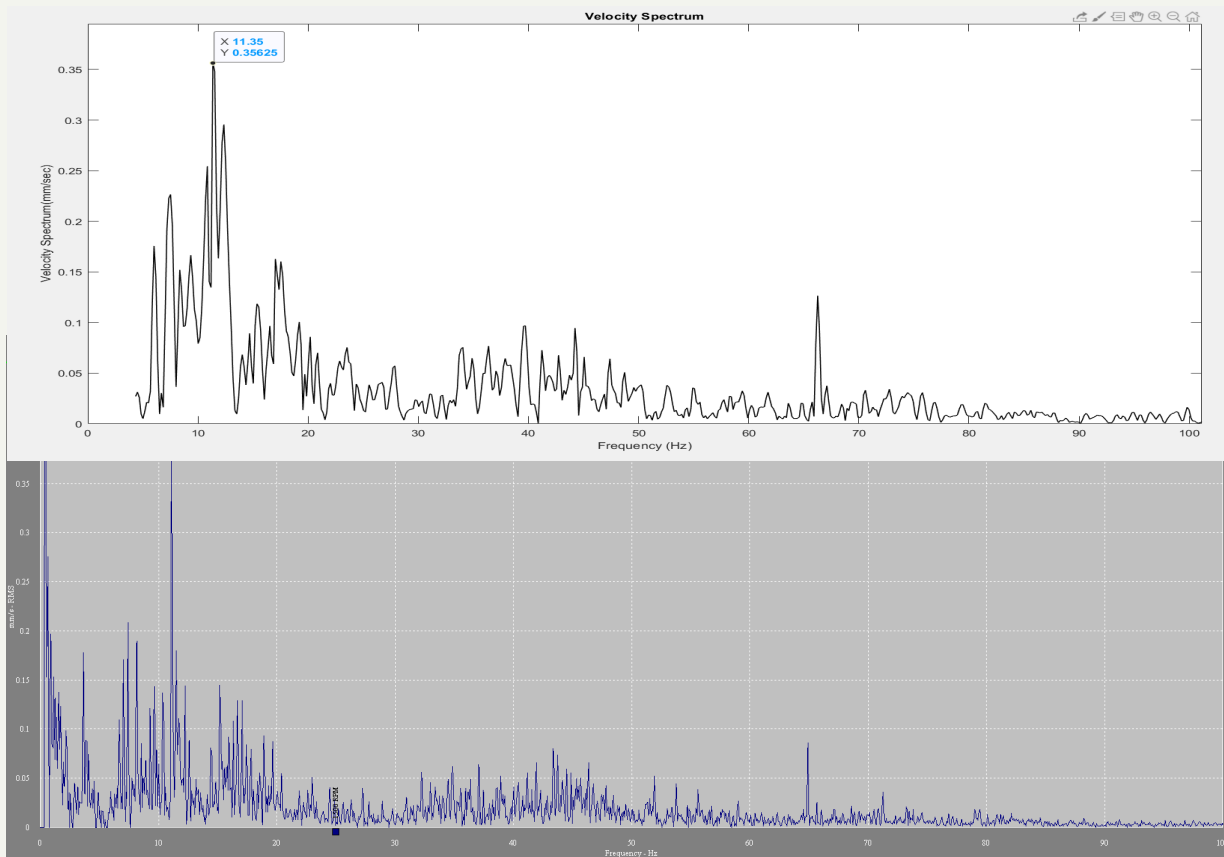
Test 5: **Field tests** **Sicomo**



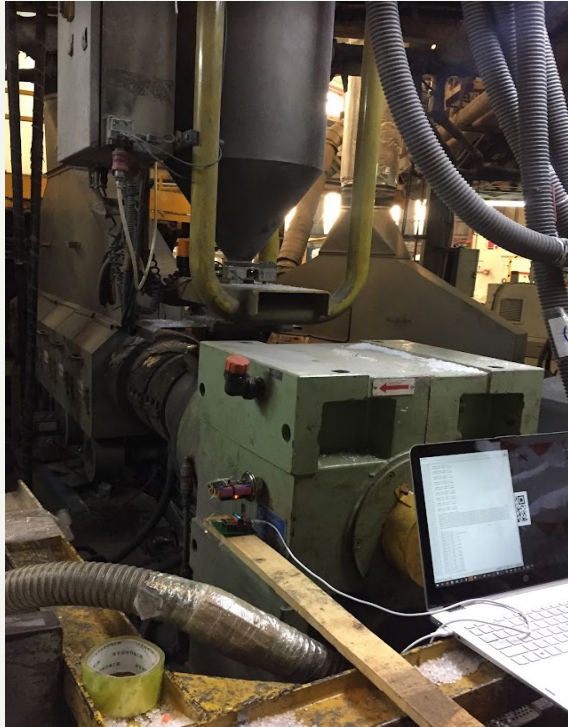
Test 5: **Field tests** **Sicomo**



Test 5: Field tests – Sicomo (Résultats)



Test 5: **Field tests** **Masterpak - Sanita**

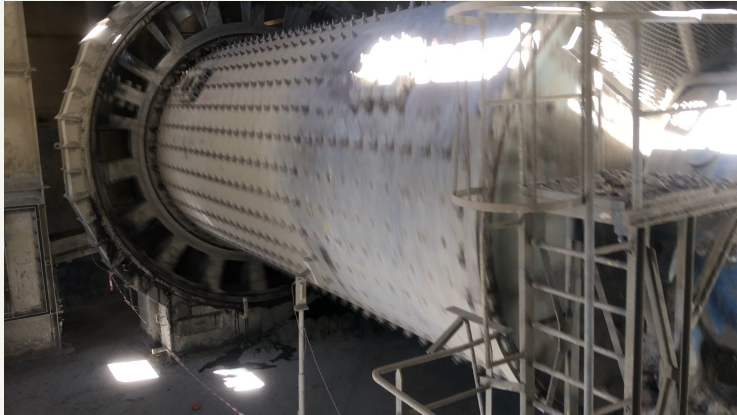


Test 5: **Field tests** **Cimenterie de Sibline**



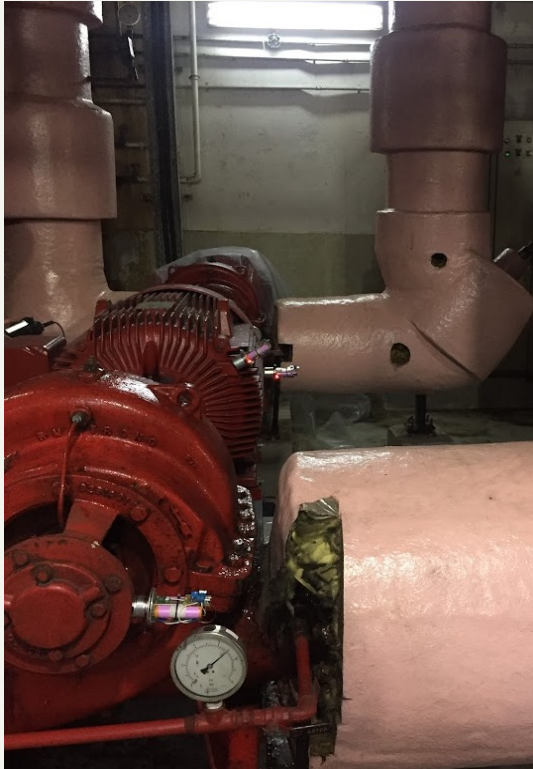
Test 5: **Field tests**

Cimenterie de Sibline

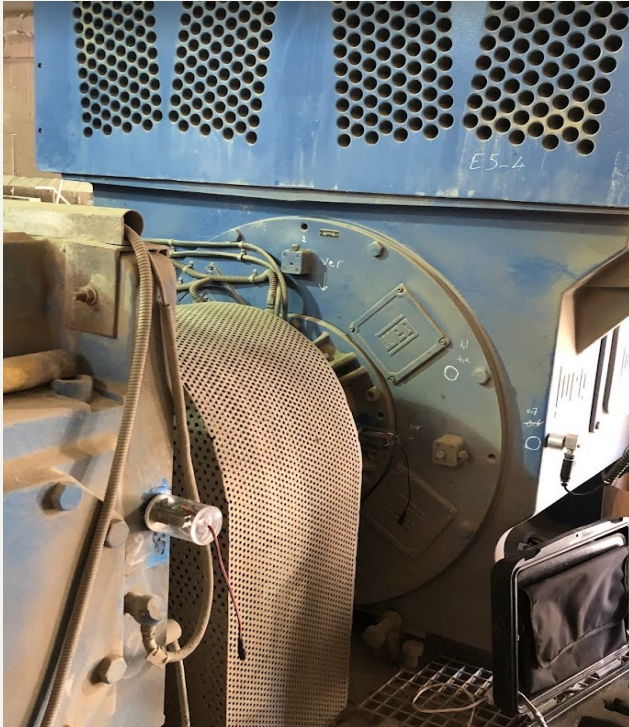


Test 5: **Field tests**

City Mall

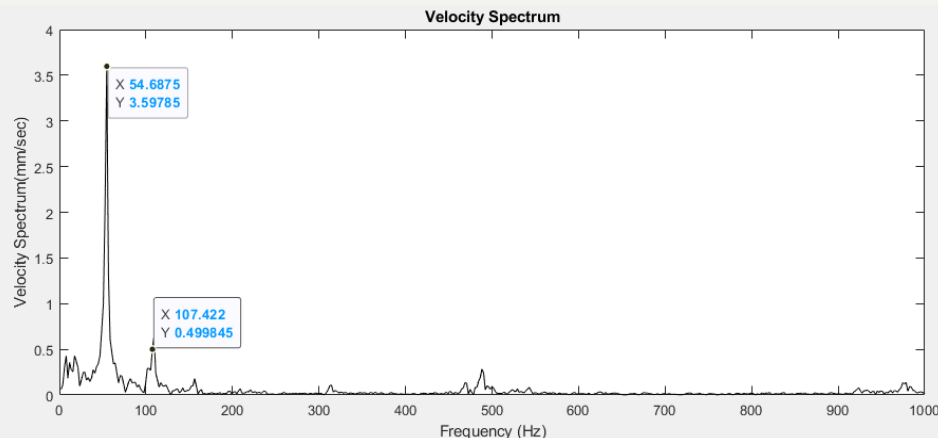


Test 6: **Stress Test** **Cimenterie Nationale**



Test 6: Stress Test

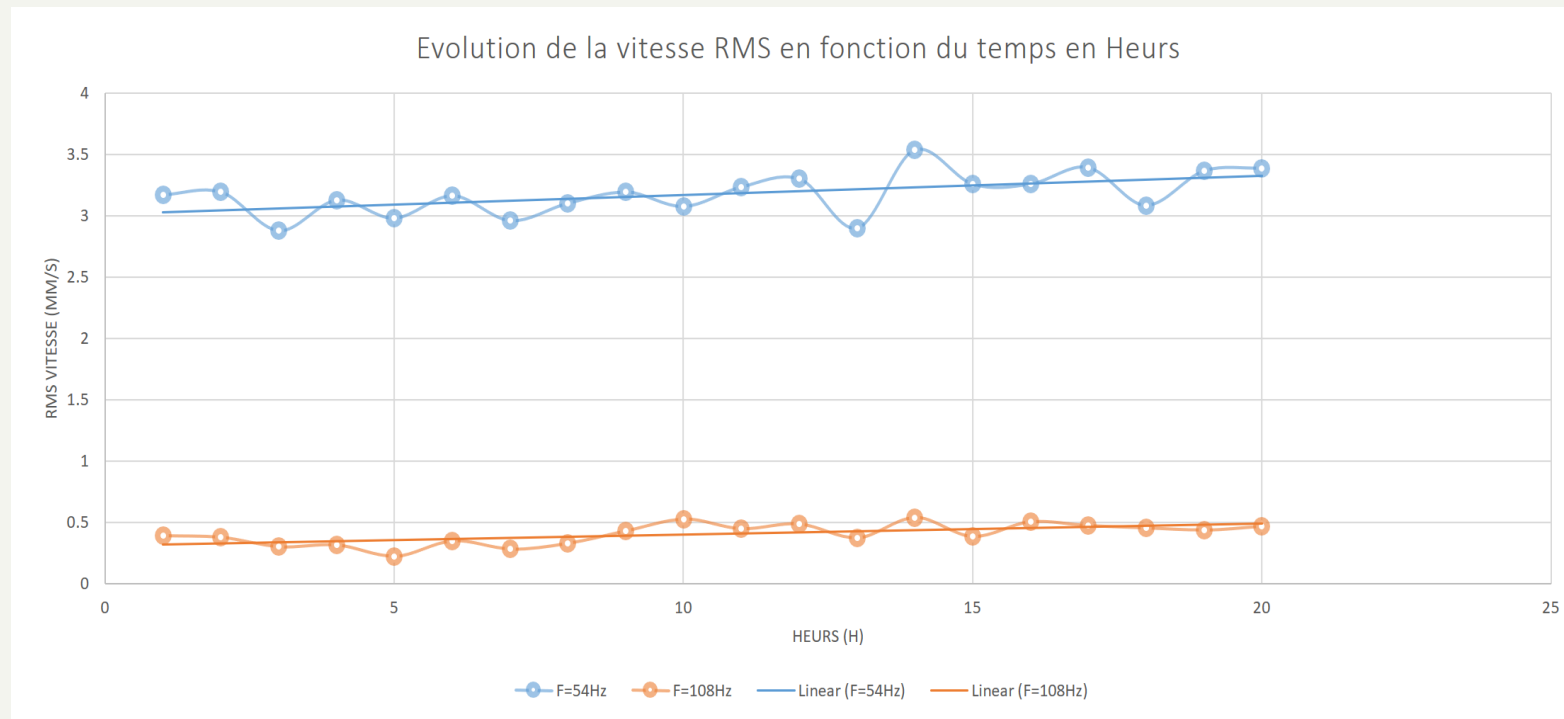
Cimenterie National - Résultats



Paramètre	Valeur (Hz)	Description
RPM	16.74	Vitesse de rotation en Hz
GMF1	53.66	Fréquence du Gear mesh 1
GMF2	108.32	Fréquence du Gear mesh 2

Test 6: Stress Test

Cimenterie National - Résultats



Test batterie

Opération #	Consommation de courant (mA)	Power mode	LED
3	7.63	System LP and CPU active	Blink rapide
4	3.43	System LP and CPU sleep	Allumé
5	7.61	System LP and CPU active	Blink rapide
6	0.007	System Hibernate	désactivé
7	7.61	System LP and CPU active	Blink rapide
8	3.89	System ULP and CPU active	Blink lente
9	2.13	System ULP and CPU sleep	Atténué
10	3.89	System ULP and CPU active	Blink lente
11	0.007	System Hibernate	désactivé
12	7.63	System LP and CPU active	Blink rapide

Test batterie

Composant	état	Consommation (mA)	Temps Actif (par cycle)	Cycles par heure	Temps total (h)	Activité (h)	Consommation (mAh)	Consommation (mAh/jour)
Psoc	Active	2.00	0.06	0.04	24.00	0.06	0.01	0.00
ADXL1005	Active	1.00	0.06	0.04	24.00	0.06	0.00	0.00
ADXL356	Active	0.15	0.06	0.04	24.00	0.06	0.00	0.00
Psoc	Sleep	0.01	0.94	0.04	0.00	23.94	0.01	0.17
ADXL1005	Sleep	0.00	0.94	0.04	0.00	23.94	0.00	0.00
ADXL356	Sleep	0.00	0.94	0.04	0.00	23.94	0.00	0.00

Test batterie: Résultats

Capacité du pile* (mAh)	1000
Consommation moyenne par heure (mAh)	0.0316075
Consommation total par jour (mAh)	0.75858
Durée de vie (h)	31638.06059
Durée de vie (J)	1318.25252
Durée de vie (A)	3.61165075

Projets futures



Conclusion

- Overview du mémoire
- Problème principale
- Résultat et taux de réussite
- Derniers mots



Merci!

