

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ  
وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ



# Soutenance de mémoire

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de  
Master Académique En Électrotechnique  
Spécialité : Machines électriques

## THÈME

**Analyse Vibratoire des Machines sur un Banc d'Essai  
- Cas d'un Disque Tournant -**

**Présenté par :**

Said KOUIDRI  
Kouider GHRIS

**Proposé par :** M. SAROUTE

**Dirigé par :** M. SAROUTE & M. HAMIDAT

**Suivi pratique par :** K. HACHANI

**Soutenu le :** 05 / 06 / 2022

# PLAN DE TRAVAIL

1

*Introduction*

2

*Maintenance et Principaux Défauts de la Machine Asynchrone*

3

*Simulation d'un défaut du balourd sur kit simulateur*

4

*Procédure d'équilibrage du rotor*

5

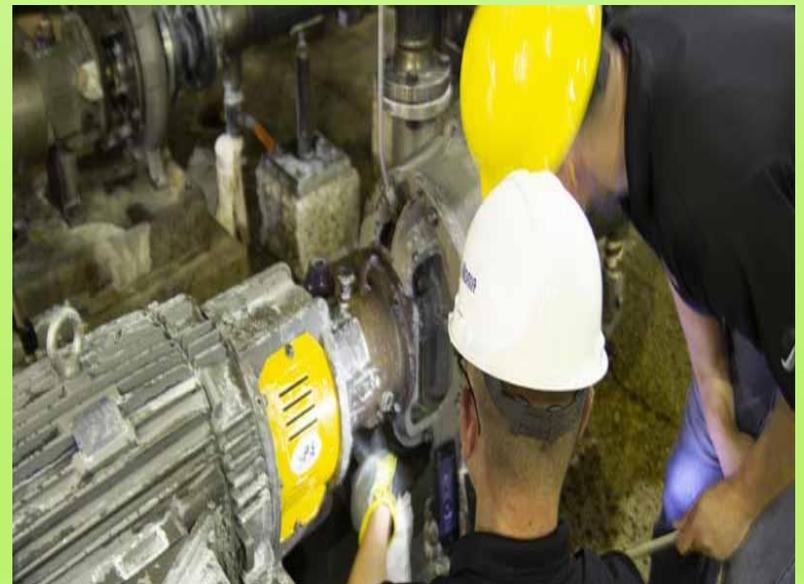
*Interprétation*

6

*Conclusion et Perspectives*

# Introduction

La dépendance totale vis-à-vis des machines asynchrones a conduit à l'apparition de certains problèmes tels que les vibrations. Le sujet de ce travail désigné pour résoudre ou bien éliminer ces problèmes. La méthode présentée est basée sur les analyses vibratoires extraites de ces machines.



# OBJECTIFS

- Outils et méthodes de diagnostic les défauts.
- Les procédures de maintenance.
- Les méthodes d'équilibrage.
- Rechercher des approches pouvant contribuer à la production des capteurs de vibrations en Algérie.

***Maintenance et Principaux Défauts  
de la Machine Asynchrone***

# Les composants d'un moteur asynchrone

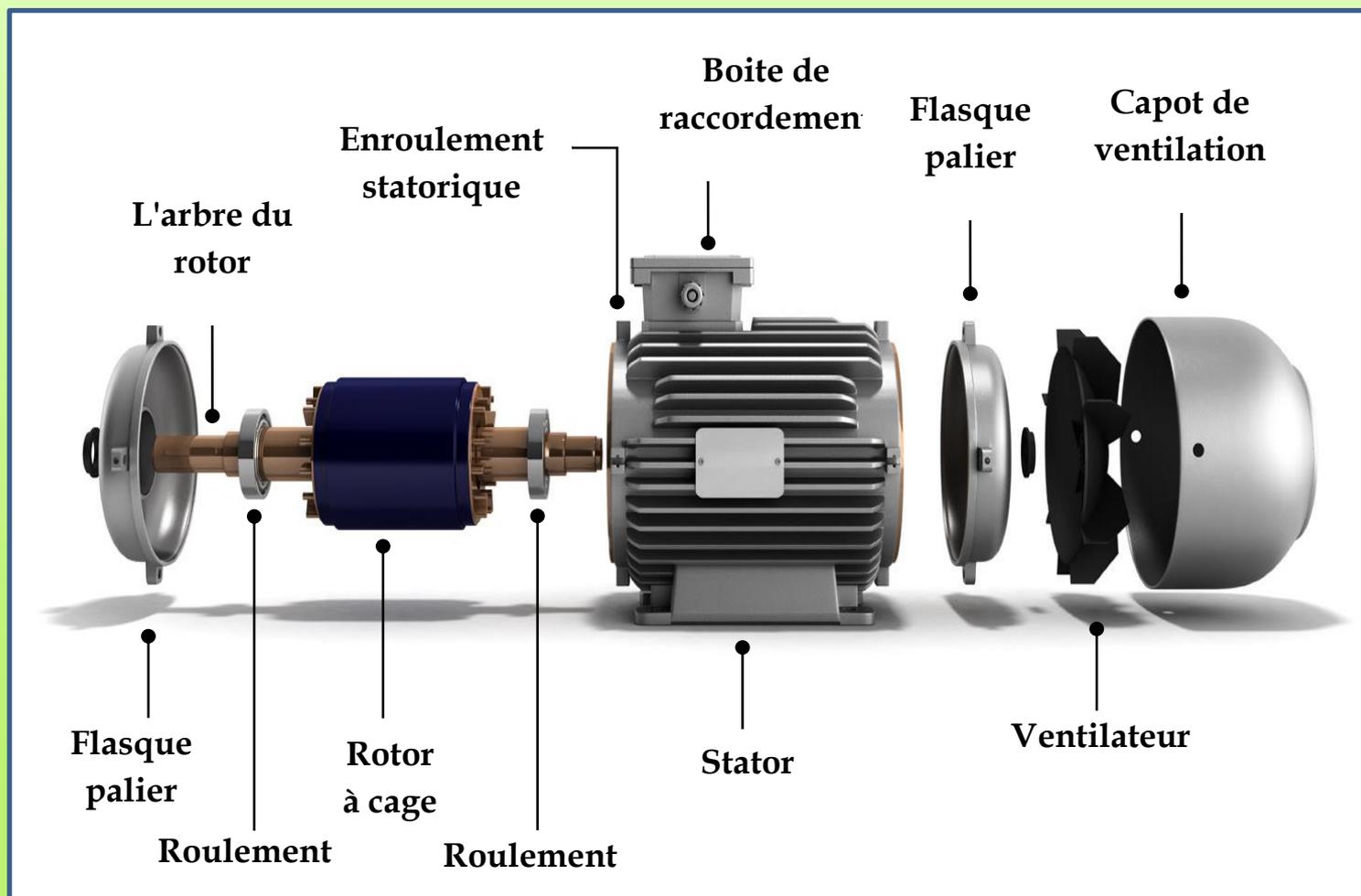


Figure 1 : Moteur asynchrone décomposé

# Types de maintenance

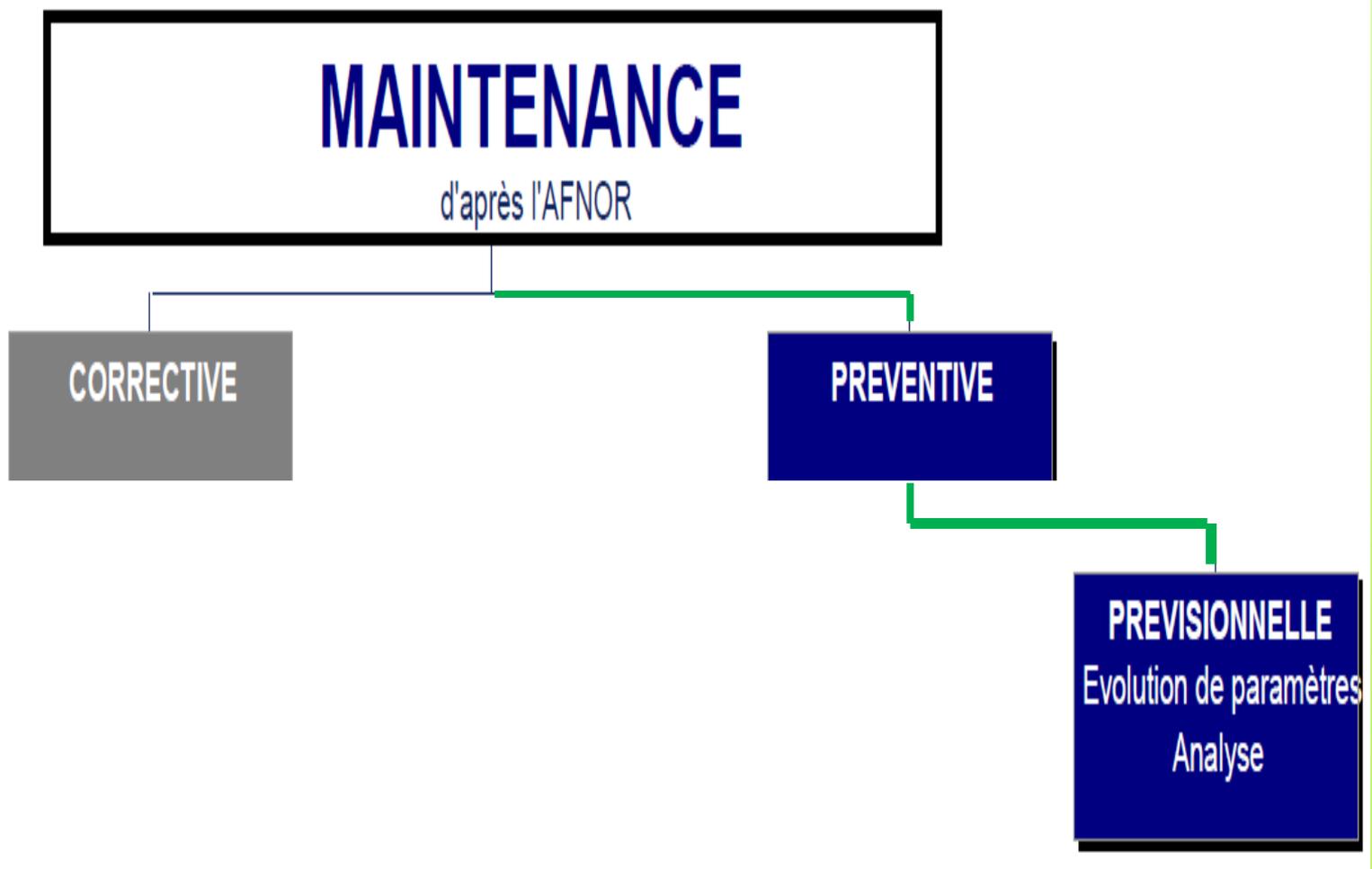


Figure 2 : Direction de Maintenance

## Niveau critique de maintenance :

La maintenance est basée sur l'analyse de l'évolution dans le temps de paramètres significatifs.

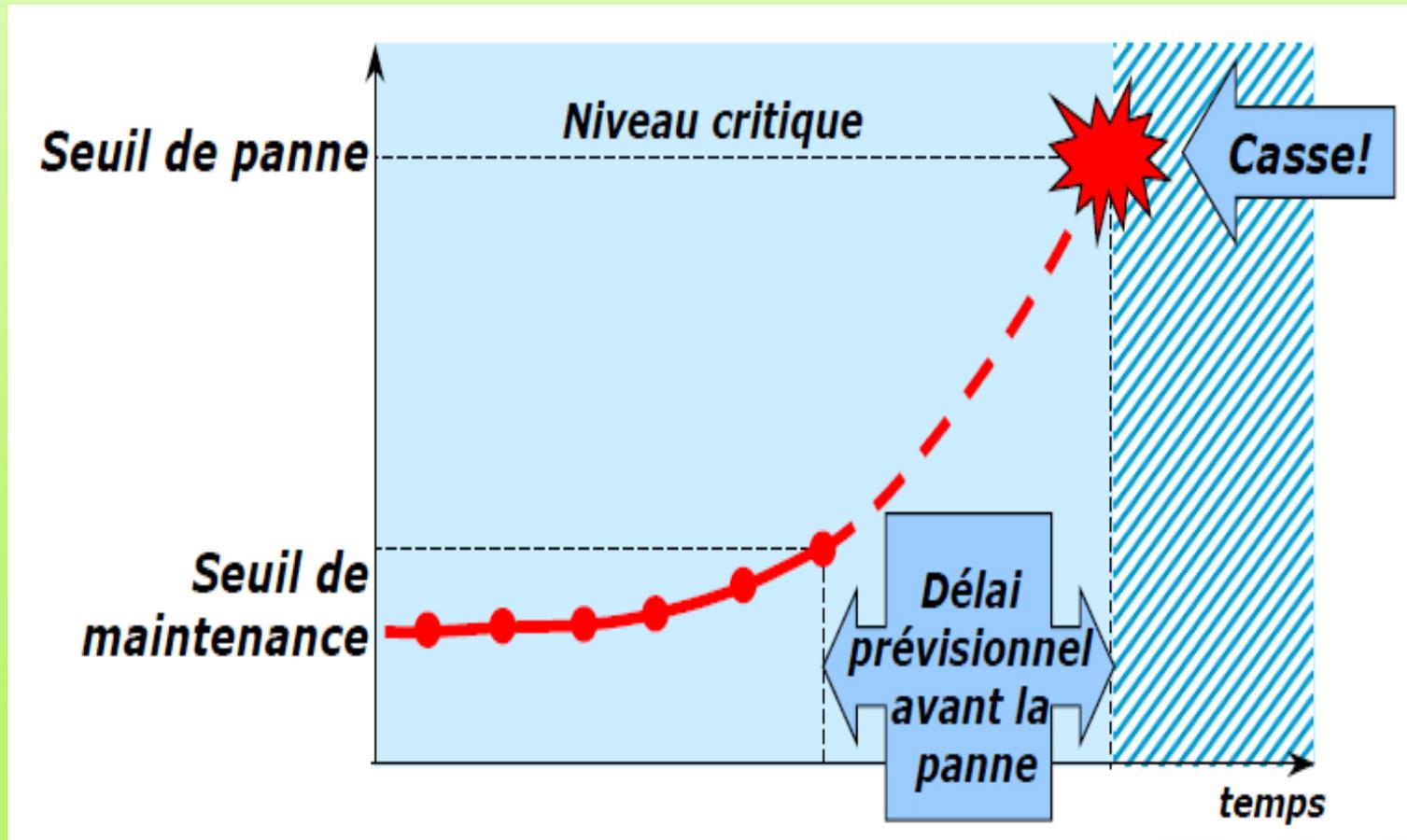
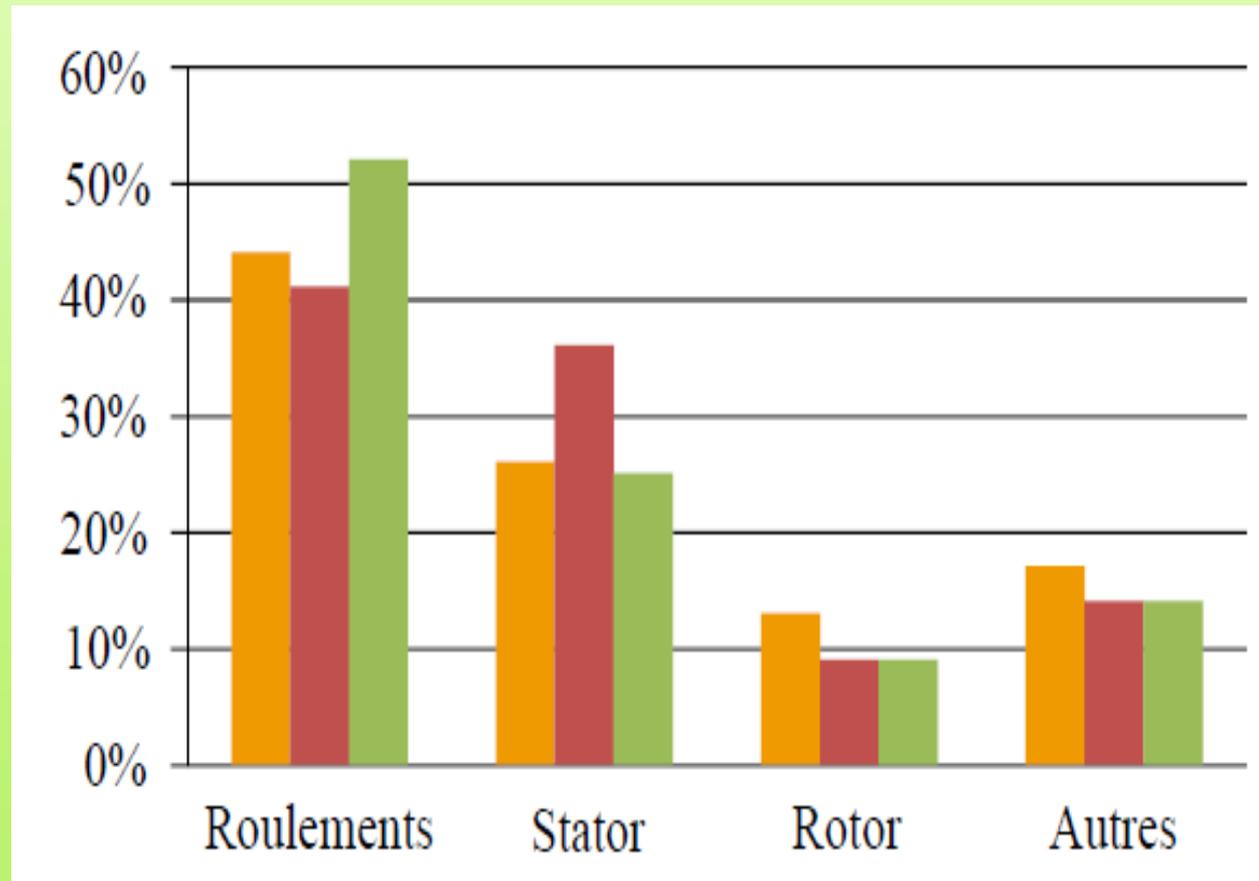


Figure 3 : Seuil de maintenance

## Statistiques du niveau des défauts



**Figure 4 :** Répartition des défauts rencontrés dans les entrainements asynchrones selon 3 études

## Défauts statoriques et rotoriques

Une portion d'anneau    Deux portions d'anneaux

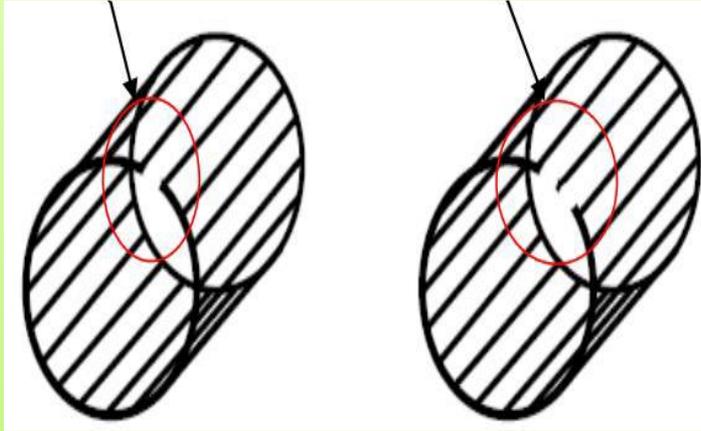


Figure 5 : Rupture d'un anneau.

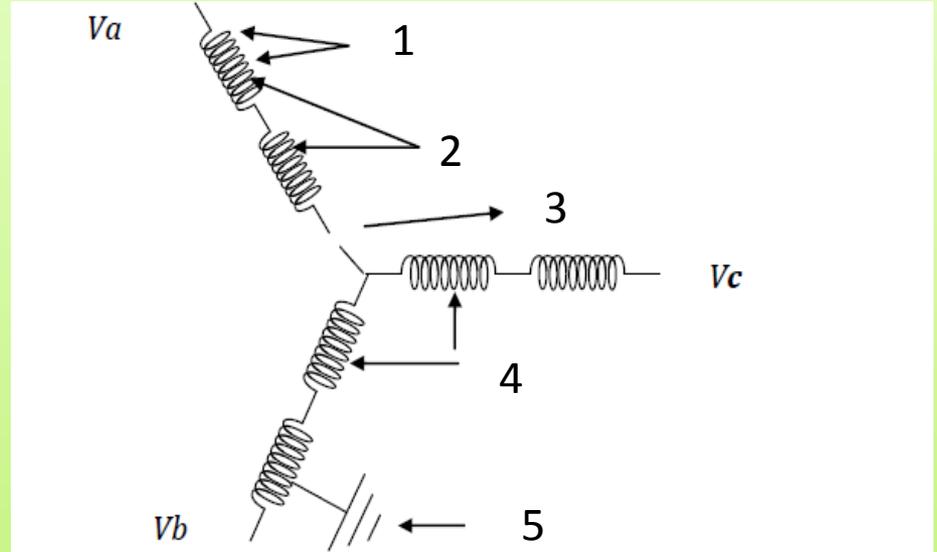


Figure 6 : Différents types de défauts statorique

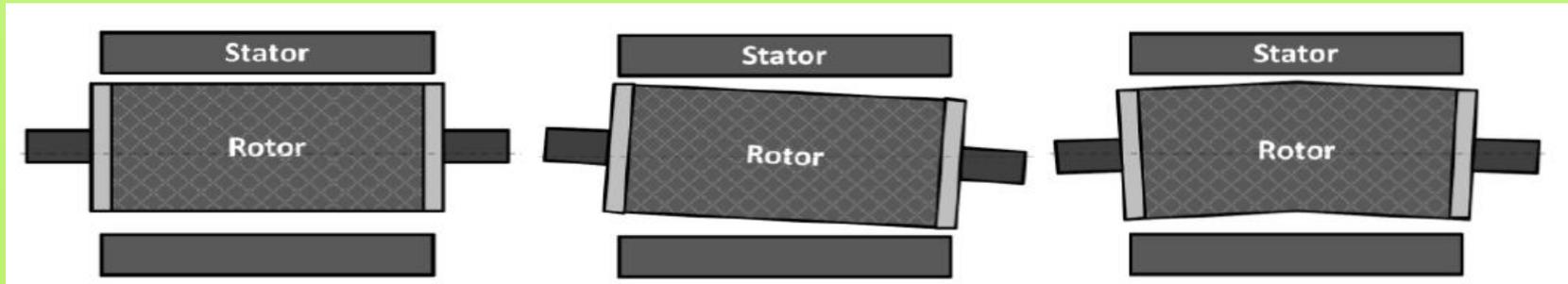
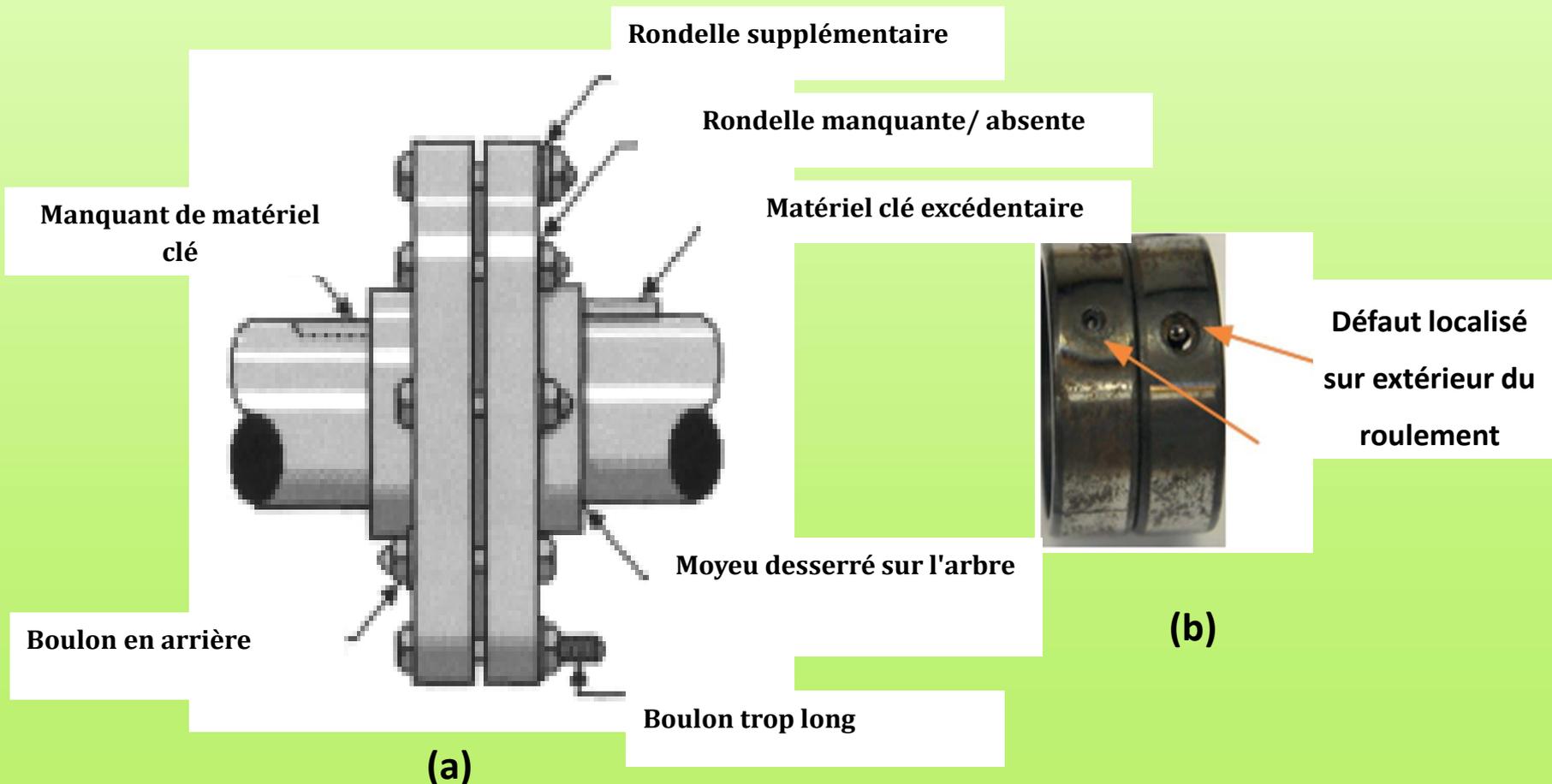


Figure 7 : Types d'excentricités statiques (a), dynamique (b) et mixte (c)

## Le déséquilibre (balourd)

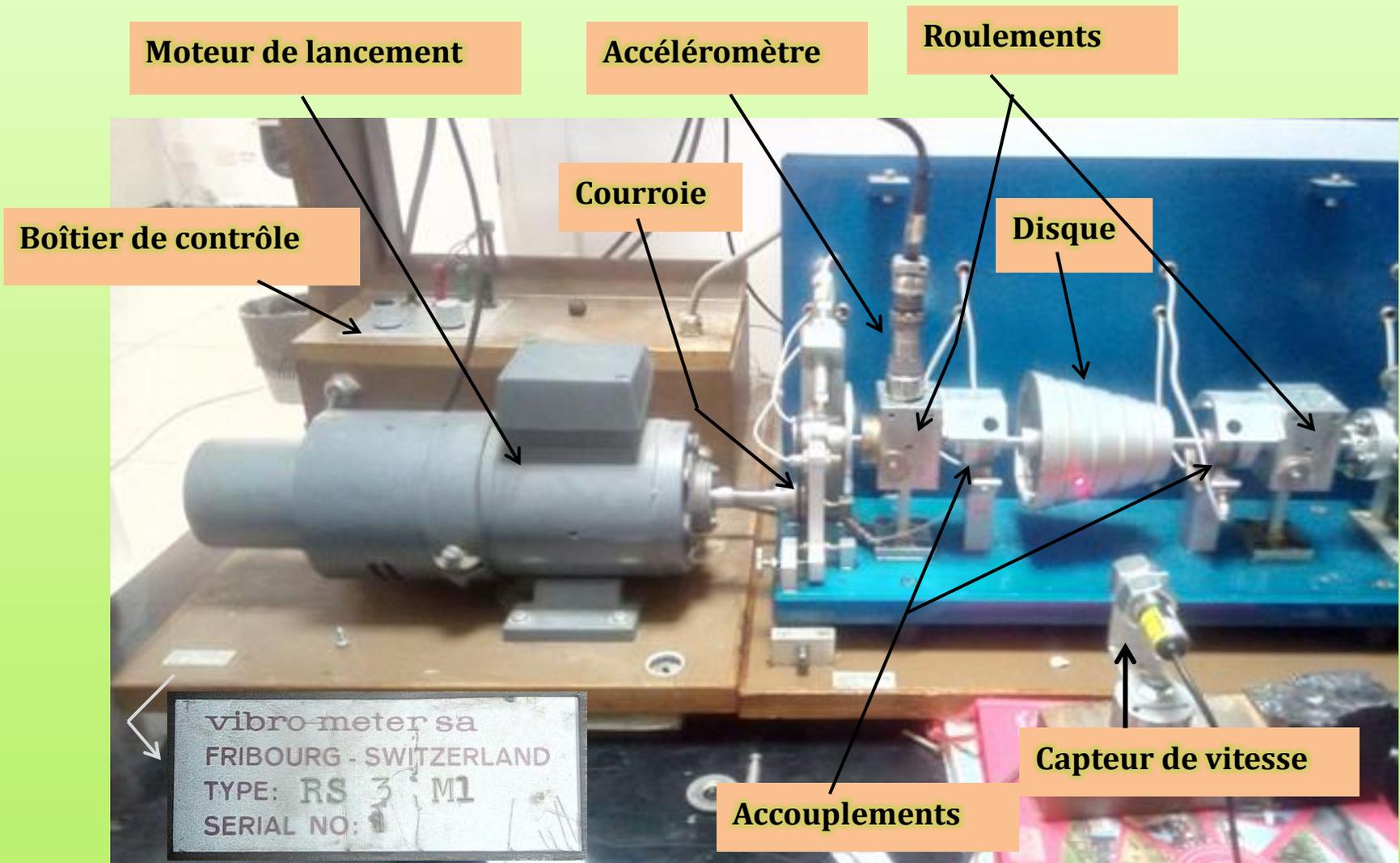
On trouve que le déséquilibre est une cause de dégradation des roulements



**Figure 8:** (a) les sources de déséquilibre - (b) un défaut de roulement

# Simulation d'un défaut du balourd sur kit simulateur

On fait des essais pour apprendre les effets d'un balourd sur notre kit-simulateur. Ce kit simulateur est une machine de classe 1 car la puissance qui demande est inférieure à 15 KW et considérant la taille. Ce kit simule quelques défauts qui se produisent dans les machines asynchrones et toutes les machines tournantes.



**Figure 9 :** Kit simulateur des défauts au laboratoire de l'unité de vibration DML (SONATRACH – Laghouat 2022)

## Le montage des Capteurs utilisé



Figure 10 : Capteur de vitesse (photoélectrique)

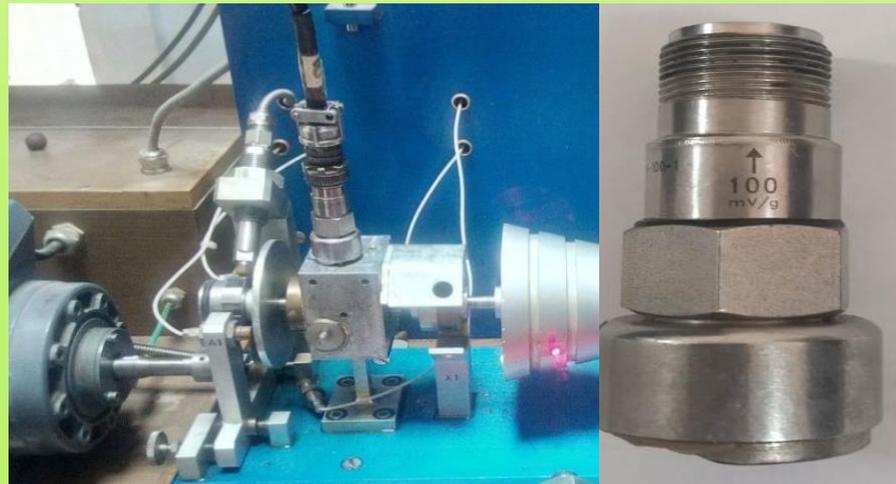


Figure 11 : Un accéléromètre (piézoélectrique)

## Création d'un balourd dans le disque

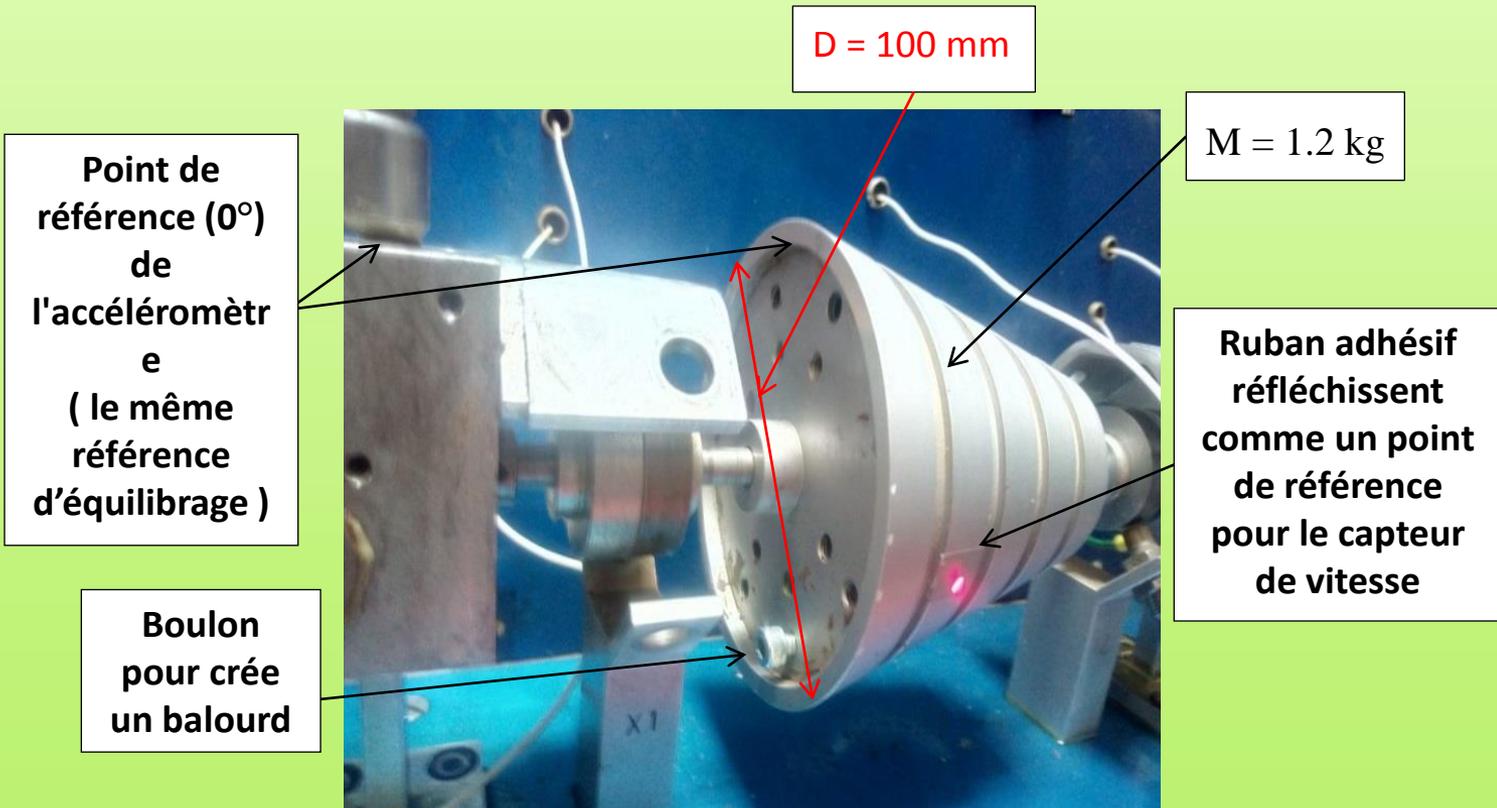


Figure 12 : Disque en déséquilibre

# Carte d'acquisition et logiciel de traitement de signal VIB360 STUDIO



Figure 13 : Carte d'acquisition

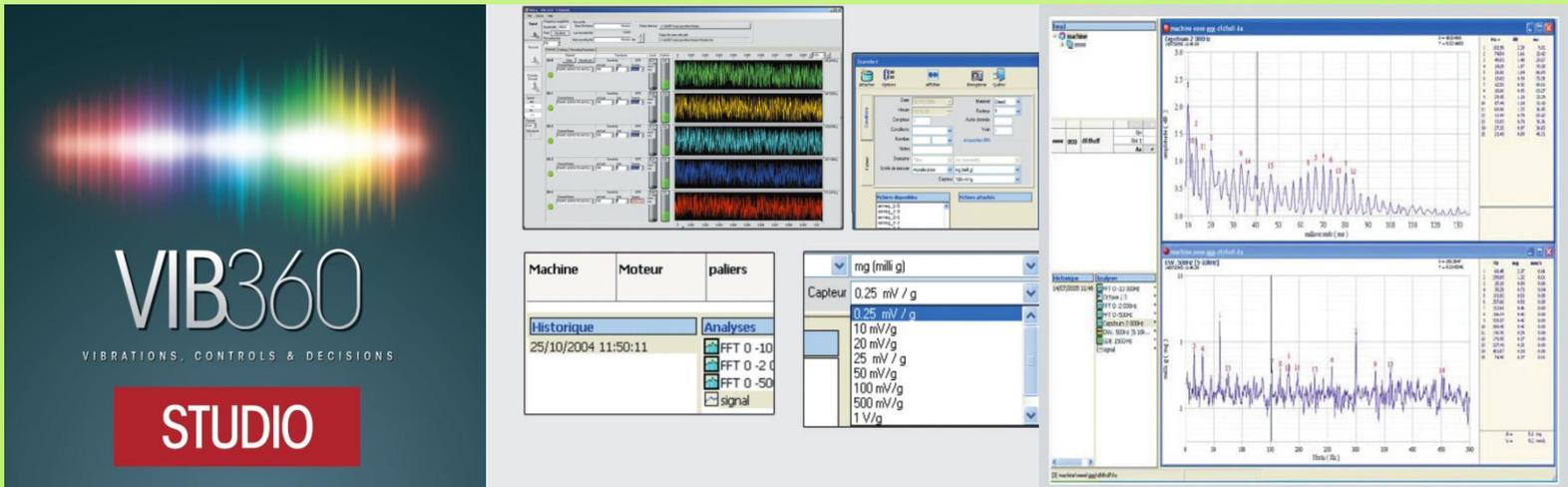


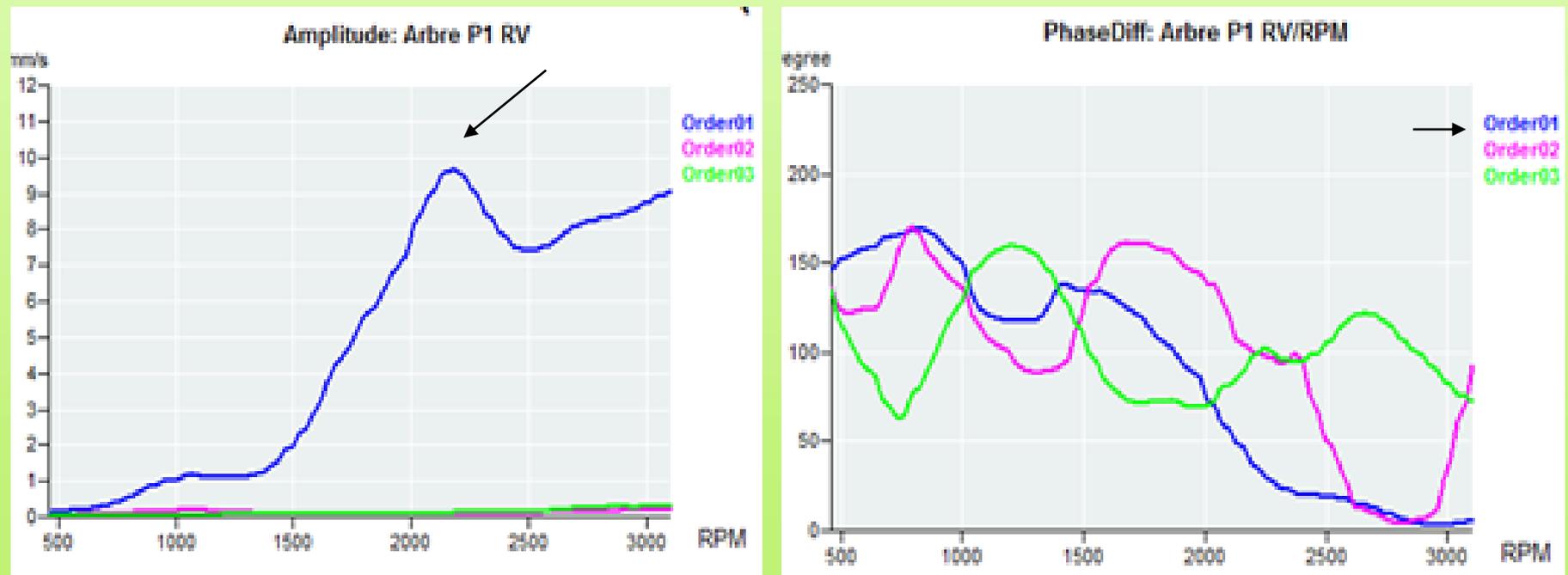
Figure 14 : Interface logiciel VIB360

## La procédure d'équilibrage :

### Lancement 1 (balourd initial) :

**1.1 Analyse d'ordre** : Avec un démarrage monté en vitesse pour voir les ordres dominants (0-3000 tr/min).

#### Résultats :



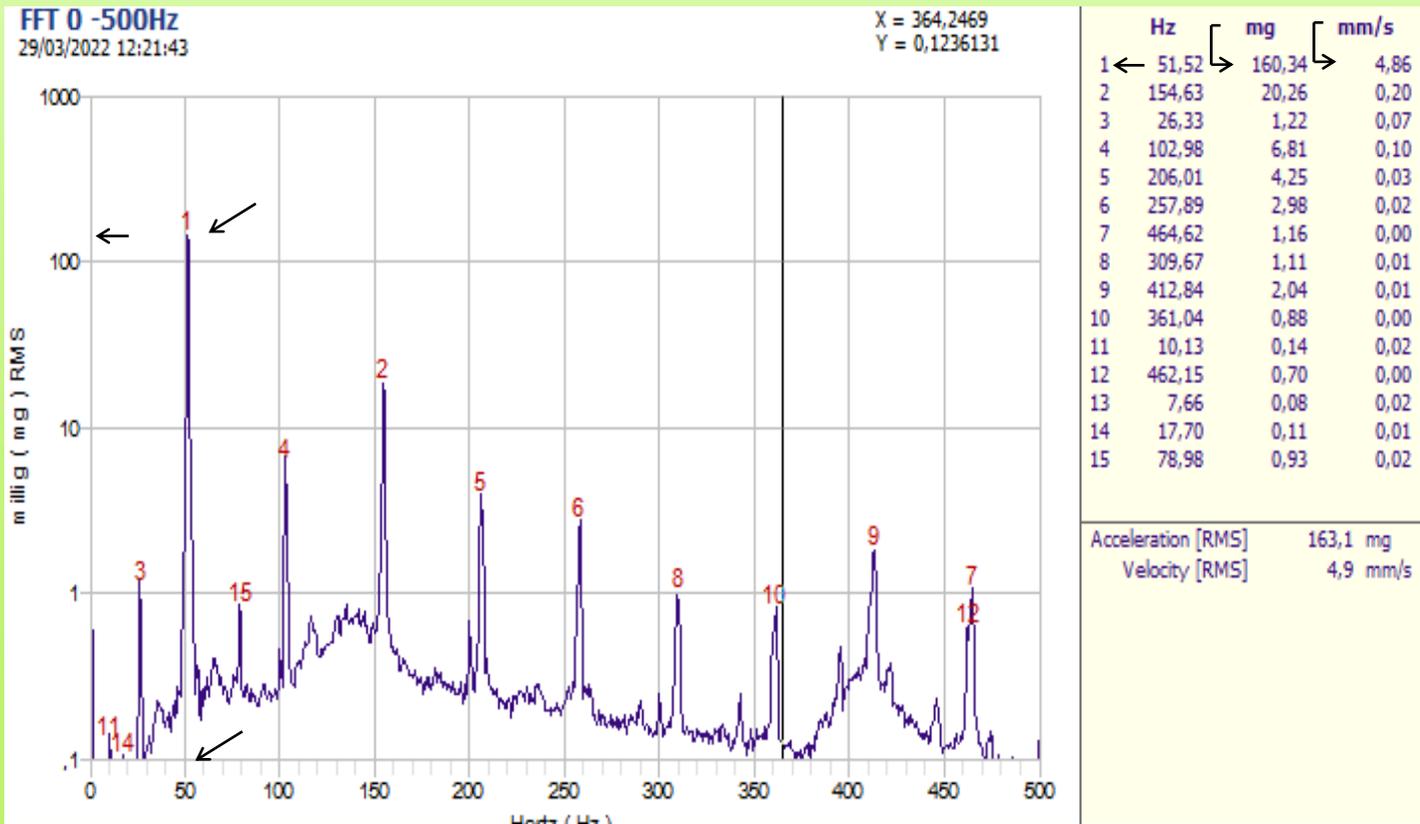
**Figure 15** : Trends de démarrage Amplitude / Phase.

- Ordre **1** dominant et la rotation de la phase  $180^\circ$  au  $0^\circ$  explique clairement un problème du balourd.
- Le rotor est classe (quasi-flexible).

## 1.2 Analyses spectral (FFT) de balourd initial

Consiste d'abord à mesurer la vibration causée par le déséquilibre du rotor , à vitesse de fonctionnement de 3091 RPM (51,52 Hz)

### Résultats :



### Balourd initial :

Amplitude  
d'accélération  
 $A_{A0} = 160.34 \text{ mg}$

Amplitude de  
vitesse

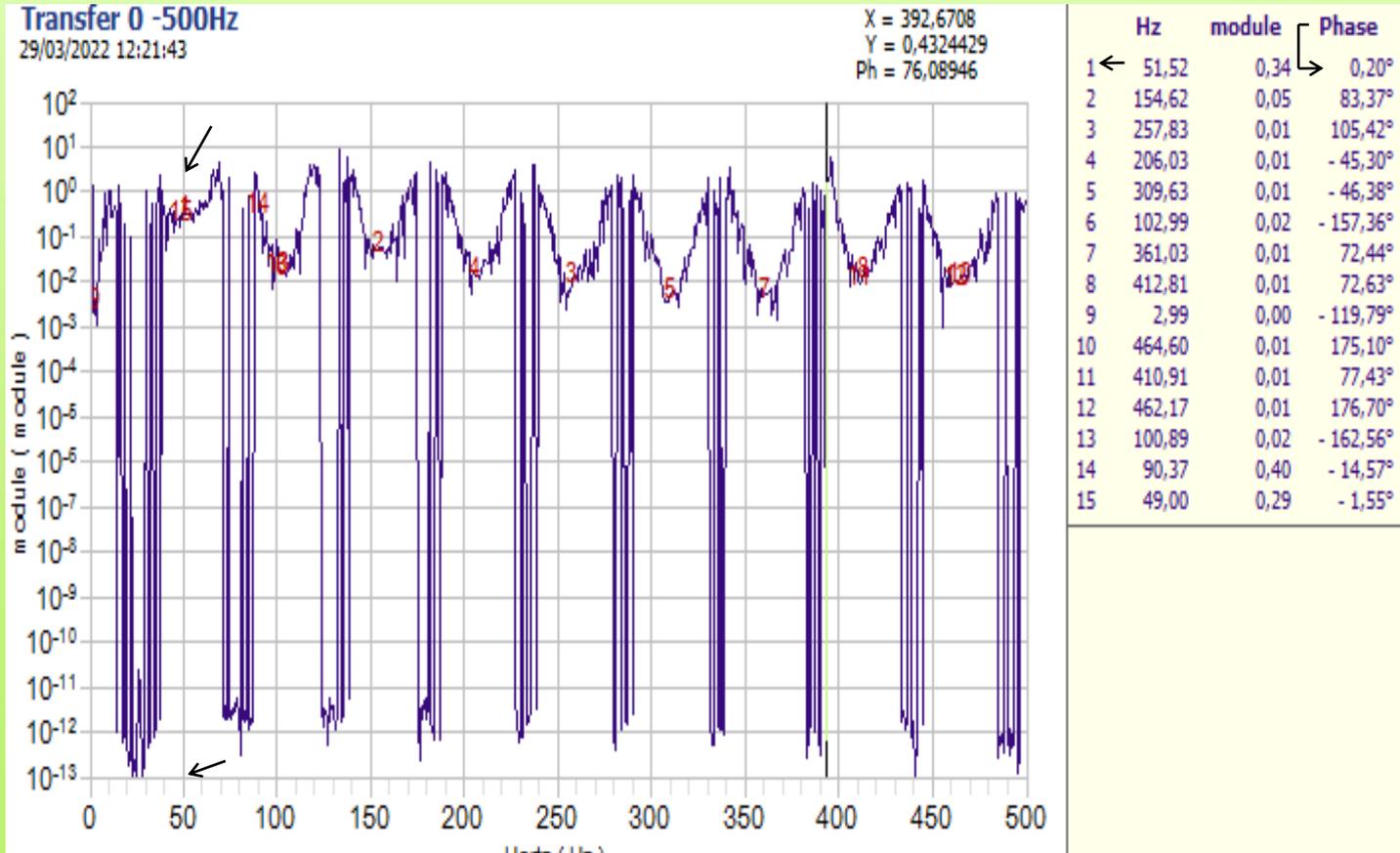
$A_{V0} = 4,86 \text{ mm/s.}$

$1X = 51.52 \text{ Hz}$   
(3091 RPM)

Figure 16: Signal FFT d'un capteur accéléromètre position vertical.

## 1.3 Angle de phase du signal vibratoire

Résultats :



**Balourd initial :**

Angle de phase  
 $\phi_0 = 0,20^\circ$

**Figure 17 :** Signal indique un balourd initial avec un phase  $\varphi_0 = 0,20^\circ$

## Lancement 2 : (Balourd résultant avec une masse d'essai )

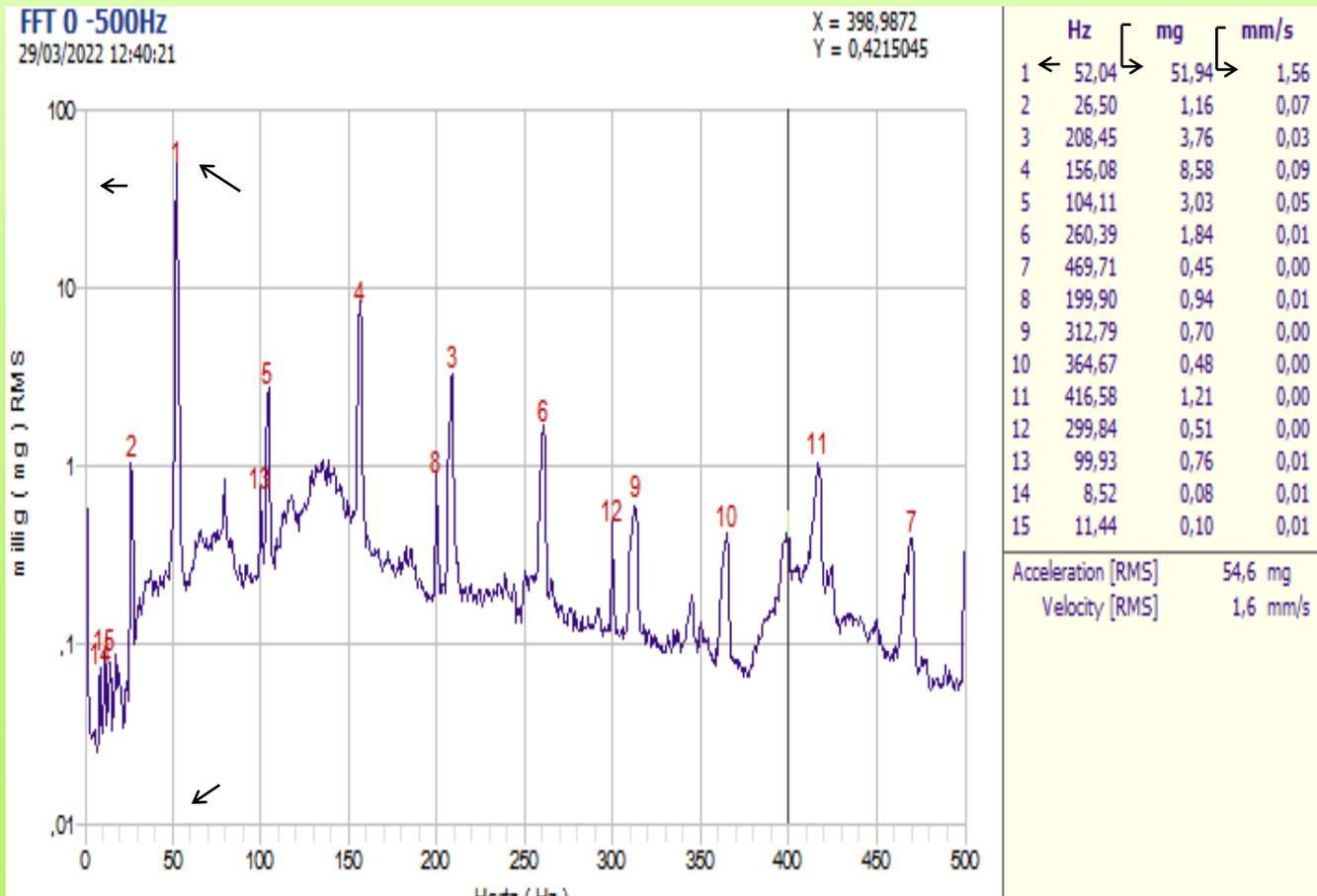
- On choisit une masse d'essai  $m_{ess}=1,6\text{ g}$  selon l'expérience de l'ingénieur.
- La masse d'essai situé à  $\varphi_{ess} = 0^\circ$  (comme un référence d'équilibrage).
- Mesure le poids de la masse d'essai,  $m_{ess} = 1.6\text{g}$ .



**Figure 18** : Poids de la masse d'essai

## 2.1 Analyses spectral (FFT) : A vitesse de fonctionnement de 3122.4 RPM (52.04 Hz)

### Résultats :



**Balourd résultant :**

Amplitude d'accélération

$$A_{A1} = 51.94 \text{ mg}$$

Amplitude de vitesse

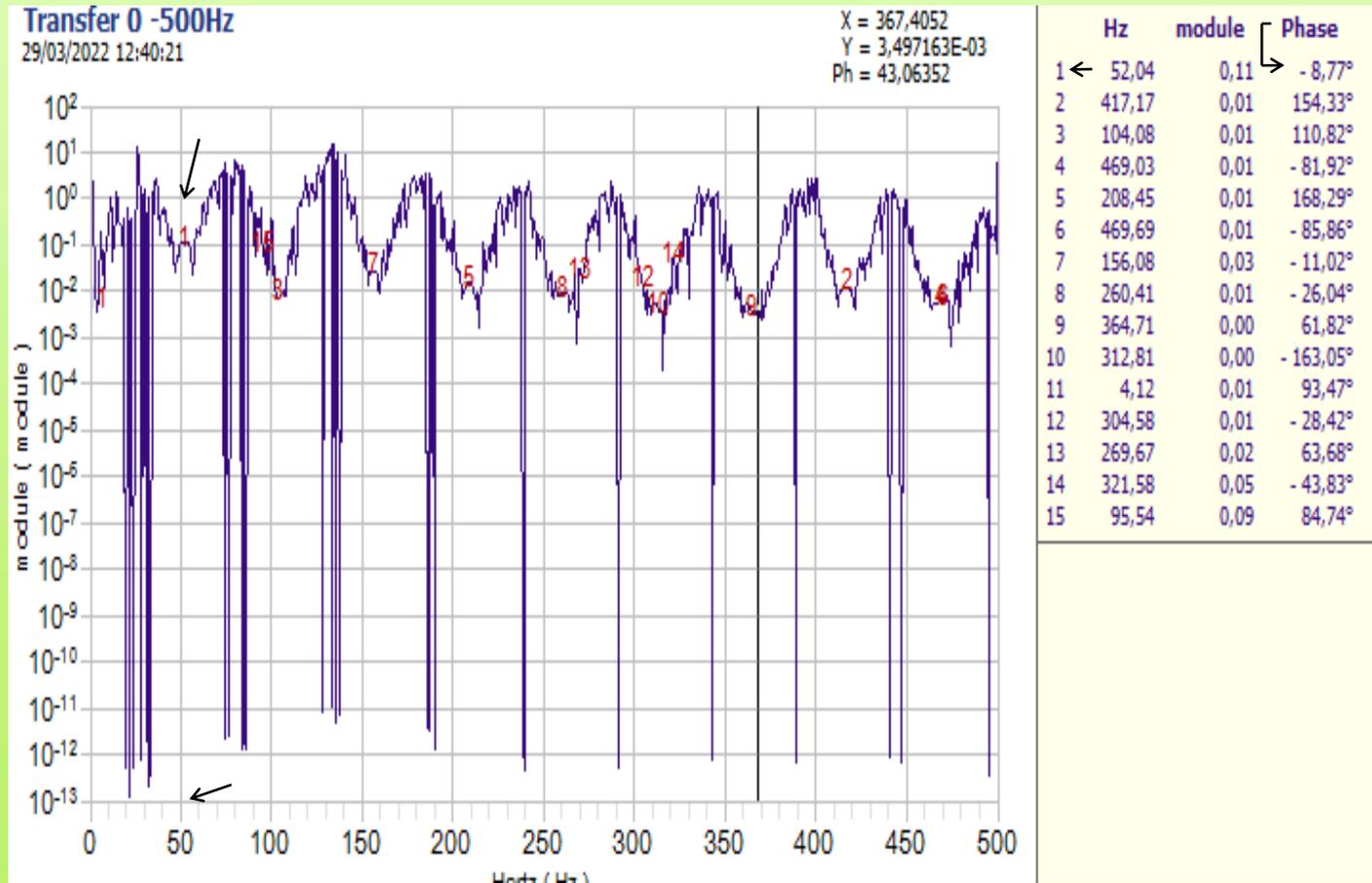
$$A_{V1} = 1,56 \text{ mm/s.}$$

**1X = 52.04 Hz (3122.4 RPM)**

**Figure 19 :** Signal FFT d'un capteur accéléromètre position vertical

## 2.2 Angle de phase du signal vibratoire

Résultats :



Balourd résultant :

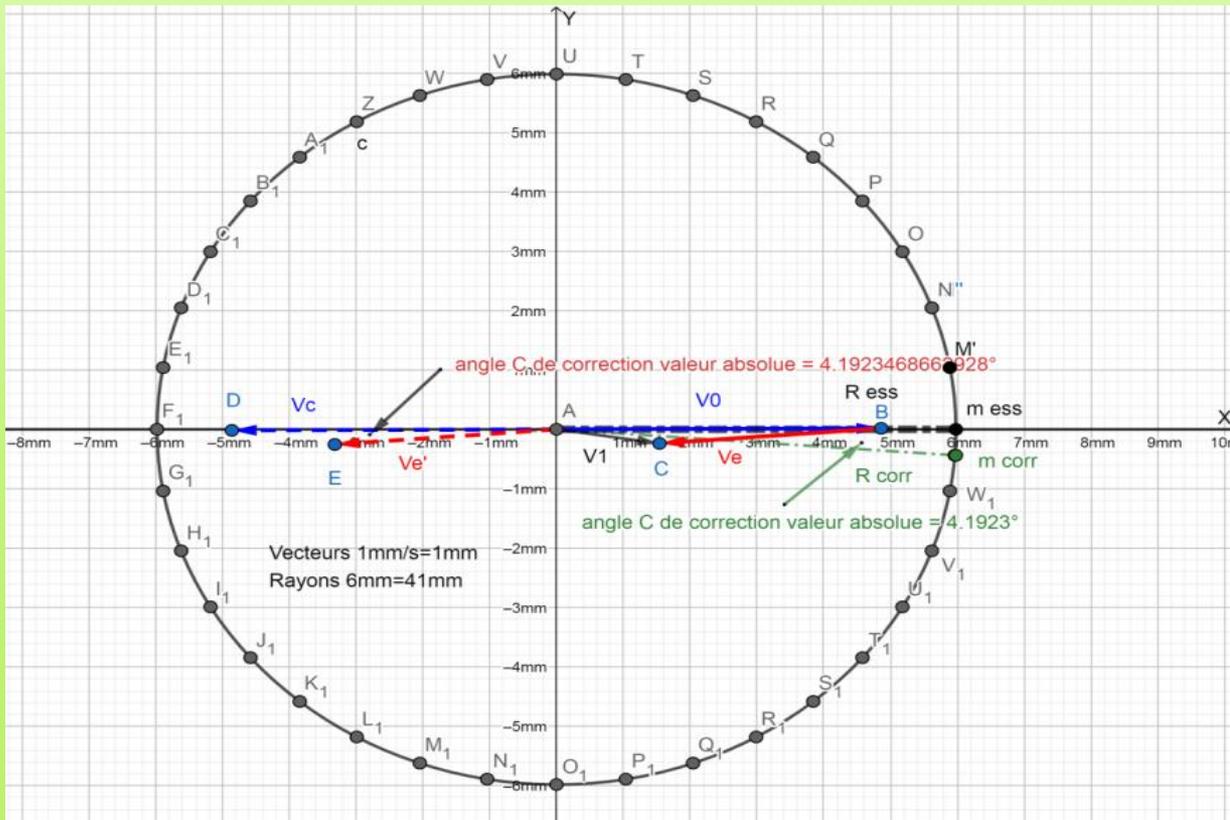
Angle de phase  
 $\varphi_1 = - 8,77^\circ$ .

Figure 20 : Signal indique un balourd résultant avec un phase  $\varphi_1 = - 8,77^\circ$

### Lancement 3 : Avec une masse de correction (Vibration résiduelle)

L'étape suivante consiste à calculer la masse et l'angle de correction requis. Il existe deux méthodes pour trouver ces valeurs : par le tracé d'un diagramme vectoriel ou par le recours à un programme d'équilibrage.

#### 3.1 Par méthode graphique (Diagramme vectoriel) : Nous crée ce diagramme dans un site.



$$m_c = m_{ess} \frac{V_0}{V_{e'}} = 2.33 g$$

$$\varphi_c = \varphi_{vc} - \varphi_{ve'} = -4.19^\circ$$

Figure 22 : Diagramme vectoriel de  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_e$ ,  $V_{e'}$  et  $V_c$  pour l'unité : 1 mm x=0,05mm

### 3.2 Par méthode numérique ( Un logiciel )

Maintenant, nous allons montrer les résultats d'équilibrage à l'aide d'un logiciel de calcul d'équilibrage au DML

**EQUILIBRAGE 1 PLAN**

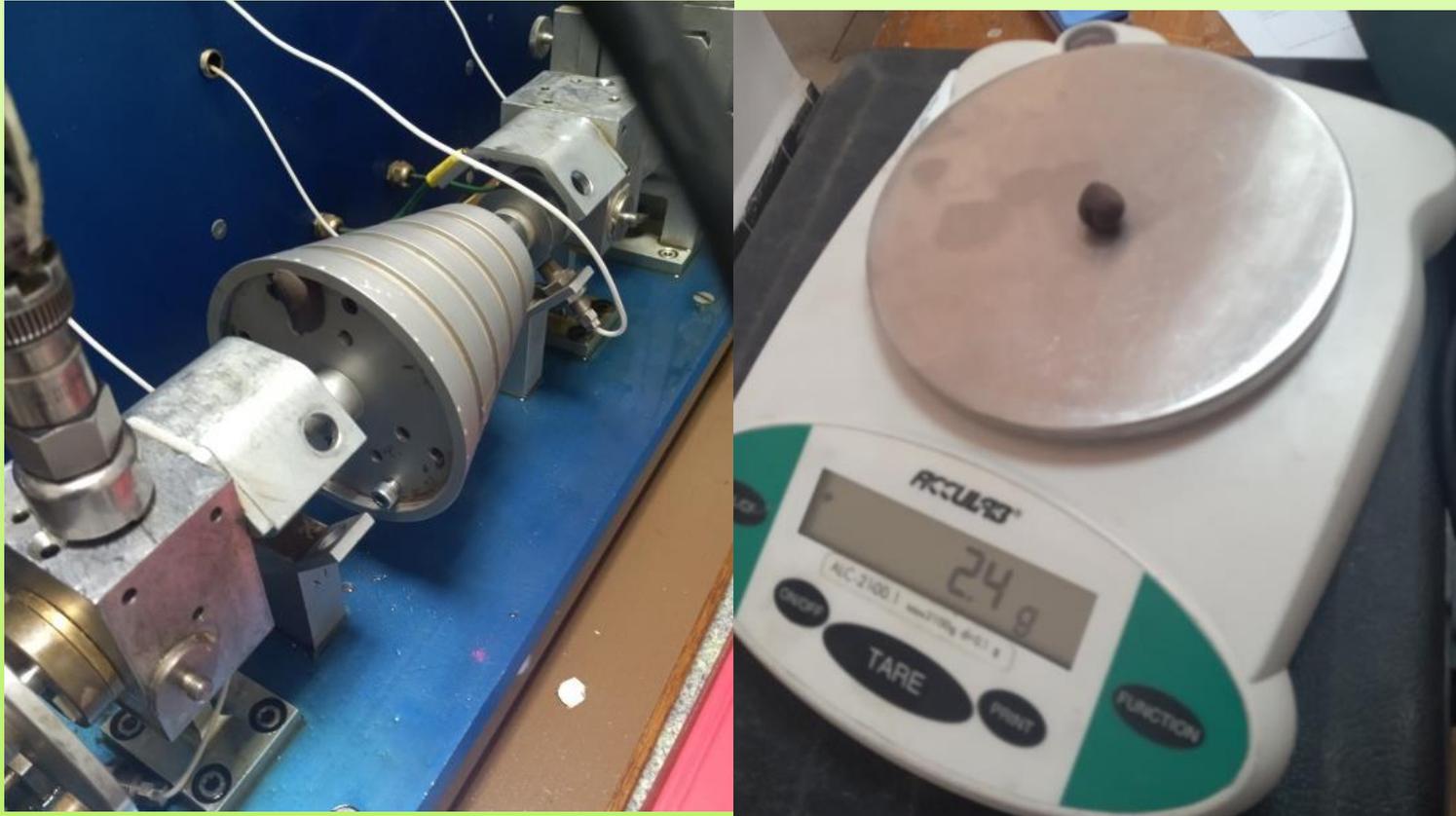
Choix du système → **ANGULAIRE** (selected) **SECTEURS** **QUITTER**

<b>ESSAI INITIAL</b>	<b>AMPLITUDE</b> 4.86	<b>PHASE</b> 0°
<b>MASSE D'ESSAI (0°)</b>	<b>MASSE</b> 1.6	
<b>ESSAI AVEC MASSE D'ESSAI</b>	<b>AMPLITUDE</b> 1.56	<b>PHASE</b> -8°
<b>MASSE DE COMPENSATION</b>	<b>MASSE</b> 2.34	<b>ANGLE / MASSE D'ESSAI</b> -4°

**NOTE :**  
Sélectionner le type de mesure des angles : Angulaire (degrés) ou Secteurs (N° de 0 à Nb-1)  
Connexion Studiovib :  
\* Voie 1 = cellule (alimentation IEPE OFF)  
\* Voie 2 = capteur (alimentation IEPE ON)  
La valeur "Amplitude" correspond à l'amplitude la raie de de rotation sur le spectre du capteur (voie 2)  
La valeur "Phase" correspond à la phase mesurée avec la fonction de transfert (voie 2 / voie 1) sur la raie de rotation

Figure 23 : Interface de logiciel d'équilibrage

On déplace la masse d'essai et placer une masse de correction  $m_c = 2,4 \text{ g}$  a situé à  $\varphi_c = -4^\circ$ .



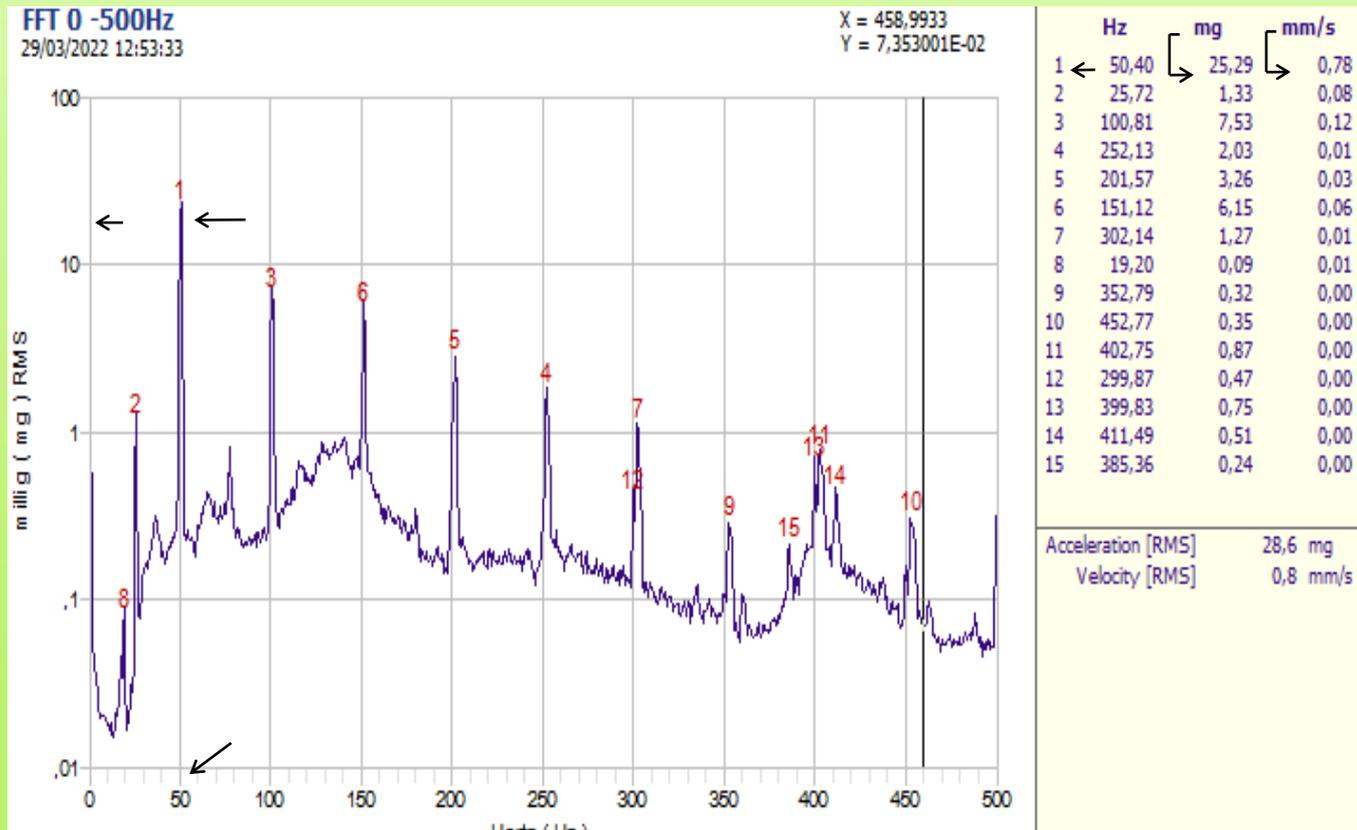
**Figure 24 :** Poids et positionnement de la masse de correction.

### 3.3 Analyses spectral (FFT) de résultat final (Vibration résiduelle)

A vitesse de fonctionnement de 3024 RPM (50.40 Hz)

Il reste maintenant de poser la masse de correction à l'endroit approprié sur le rotor et à mesurer de nouveau l'amplitude de la vibration.

#### Résultats :



Amplitude d'accélération  
 $A_{A2} = 25.29$

Amplitude de vitesse  
 $A_{v2} = 0,78 \text{ mm/s.}$

Figure 25 : Signale FFT après l'équilibrage

## Interprétation

**Tableau 1** : Mesures de vibration dans les 3 Lancements

Mesures de vibration	Amplitude de vitesse	Amplitude d'accélération
Avant l'équilibrage (Balourd initial)	$A_{V0} = 4,86 \text{ mm/s}$	$A_{A0} = 160.34 \text{ mg}$
Balourd résultant avec une masse d'essai	$A_{V1} = 1,56 \text{ mm/s}$	$A_{A1} = 51.94 \text{ mg}$
Après l'équilibrage avec une masse de correction	$A_{V2} = 0,78 \text{ mm/s}$	$A_{A2} = 25.29 \text{ mg}$

La procédure d'équilibrage est effective.

## Comparaison entre les programmes de calcul

Nous avons créé un programme sous MATLAB (**Annexe**) qui permet d'effectuer une opération d'équilibrage plan 1 qui :

- Estime une gamme pour sélectionner une masse d'essai
- Calcule la masse de correction
- Calcule l'angle de la masse de correction
- En plus, donner la possibilité de choisir un nouveau rayon de la masse de correction.

Ce tableau présente une comparaison entre le logiciel (DML) et notre programme réaliser par MATLAB de la masse de correction pour les mêmes donnes :

**Tableau 2** : Comparaison des résultats de la masse de correction

		<b>Amplitude (mm/s)</b>	<b>Phase (°)</b>
<b>Essai initial</b>	Logiciel	4.86	0°
	Programme MATLAB	4.86	0°
		<b>Masse (g)</b>	
<b>Masse d'essai (0°)</b>	Logiciel	1.6	
	Programme MATLAB	1.6	
		<b>Amplitude (mm/s)</b>	<b>Phase (°)</b>
<b>Essai avec masse d'essai</b>	Logiciel	1.56	- 8
	Programme MATLAB	1.56	- 8
		<b>Masse (g)</b>	<b>Angle de masse d'essai (°)</b>
<b>Masse de correction</b>	Logiciel	2.34	- 4
	Programme MATLAB	2.3404	- 3.7469

## Conclusion et perspectives

Le travail réalisé dans le cadre de ce mémoire présente une étude d'analyse vibratoire avec une tentative d'équilibrage d'un cas de balourd du MAS. Nous avons présenté les techniques d'identification des défauts et leurs solutions de maintenance sur un MAS.

Notons que l'analyse vibratoire ne concerne pas seulement aux défauts mécaniques elles concerne aussi avec les défauts électriques, et chacun défaut à leur méthodes de reconnaissances et leur techniques de réparations.

Finalement, nous proposons comme perspectives du présent travail, une comparaison expérimentale - sur un moteur asynchrone - d'un capteur d'accélération fait maison avec un capteur d'accélération préfabriqué par des entreprises de premier plan pour trouver les coefficients de correction des niveaux de signal. Afin d'utiliser les logiciel d'accompagnement de celui-ci.



The background is a vibrant green with a bokeh effect of translucent, overlapping circles in various shades of green and yellow. A bright lens flare is visible in the lower-left quadrant, radiating light across the scene.

*Merci pour votre  
attention*