



DIAGNOSTIC NON INVASIF DES DÉFAUTS STATORIQUES DANS LES MACHINES SYNCHRONES PAR ANALYSE DE LA CORRÉLATION DU CHAMP MAGNÉTIQUE EXTERNE

Présentée par : Mouad Talbaoui

Doctorant en 2^e année

07 Novembre 2024

INTRODUCTION

Applications variées

- Industrie
- Transport
- Production d'énergie
- Infrastructures



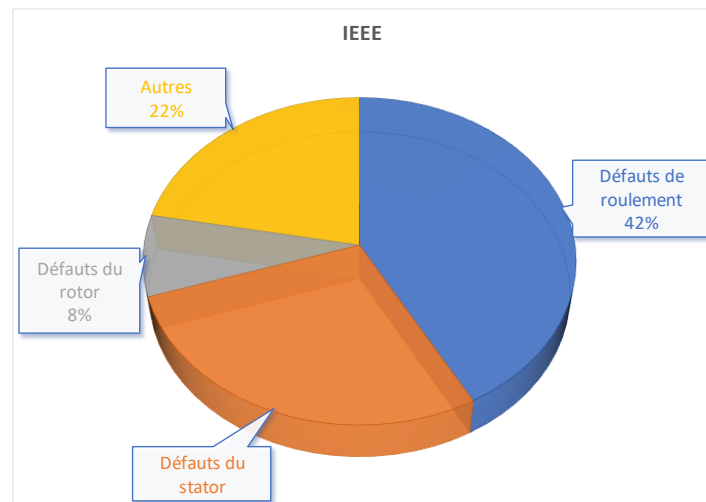
Objectifs

- Surveillance proactive
- Diagnostic fiable des défauts

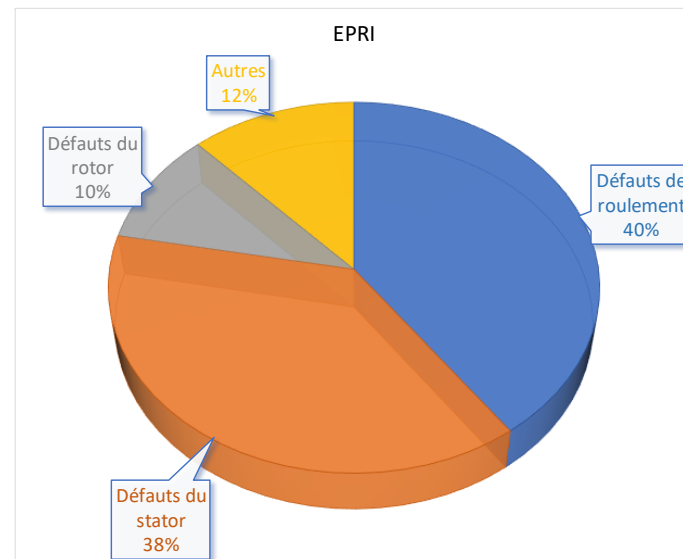
Conséquences des dégradations

- Diminution des performances
- Augmentation des coûts de maintenance
- Interruptions opérationnelles imprévues

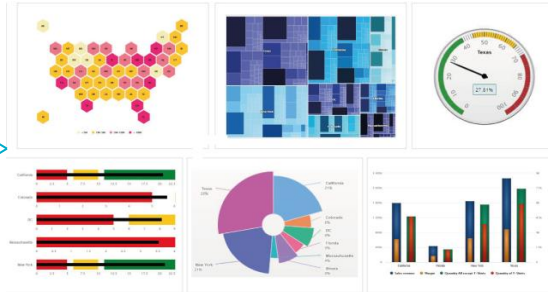
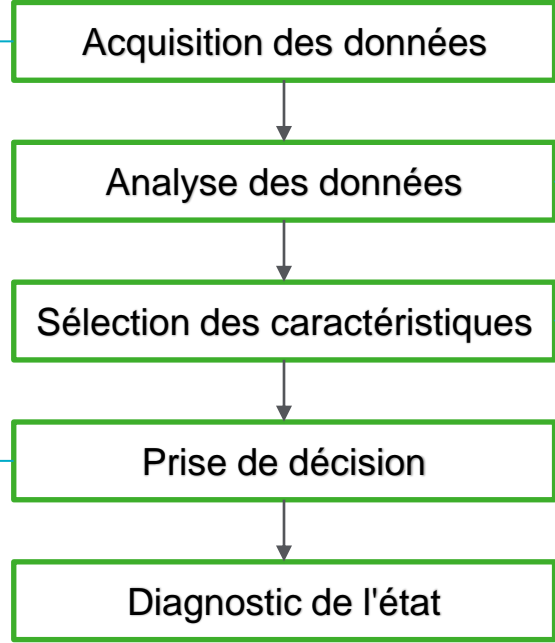
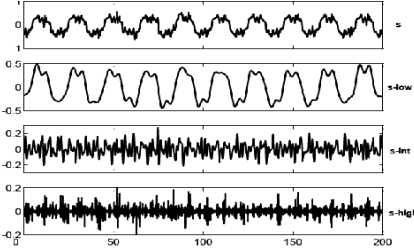
Distributions des défauts des moteurs à induction selon les études de l'IEEE et de l'EPRI [1].



IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers



EPRI: Electric Power Research Institute



Surveillance des vibrations

- Mesure des vibrations pour identifier des anomalies mécaniques et des déséquilibres.

Surveillance acoustique

- Utilisation de l'audio pour détecter des bruits anormaux liés à des défauts internes.

Surveillance de la température

- Suivi des températures pour prévenir les surchauffes et les défaillances.

Surveillance du couple

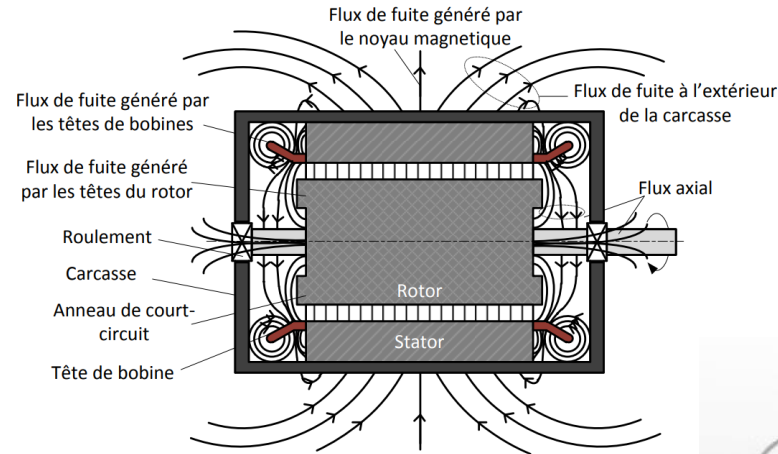
- Analyse du couple pour évaluer la performance et détecter des anomalies dans le fonctionnement.

Analyse de la signature de courant

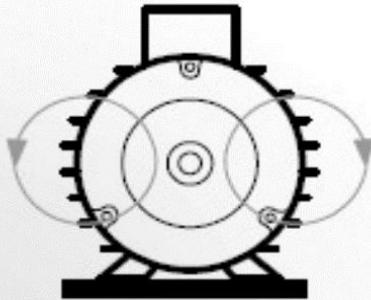
- Examen des variations du courant électrique pour diagnostiquer des problèmes de fonctionnement.

CHAMP DE DISPERSION

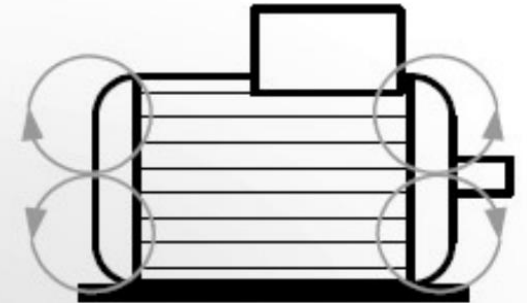
Champ de dispersion des machines à courant alternatif

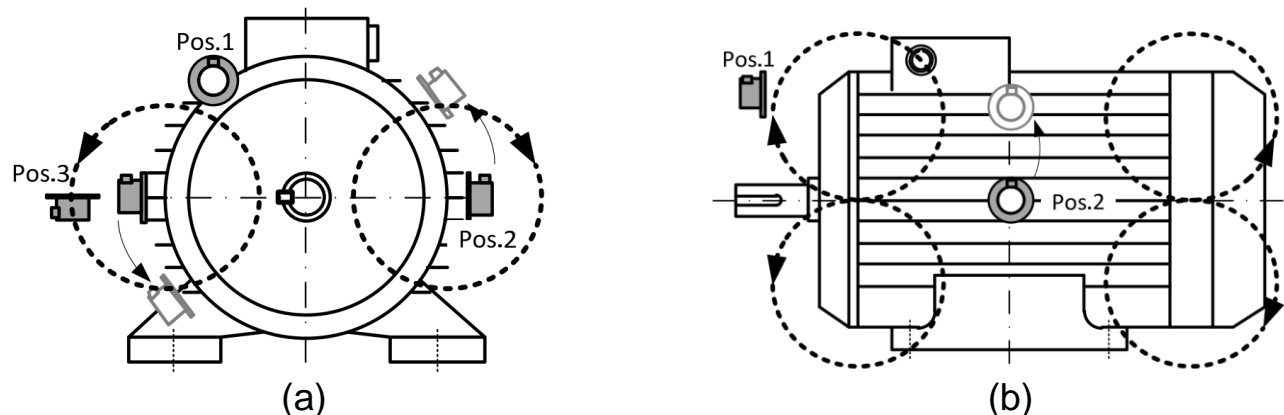


Champ Radial



Champ Axial

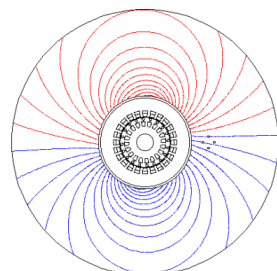




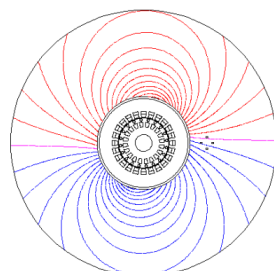
Positionnement des capteurs pour mesurer le champ de dispersion
 (a): Champ Radial, (b): Champ Axial

- Position 1 (Pos.1): elle va mesurer le champ axial.
- Position 2 (Pos.2): elle va mesurer le champ radial, mais elle peut également embrasser une partie du champ axial.
- Position 3 (Pos.3): correspond à la mesure du champ qualifié de "radial pure".

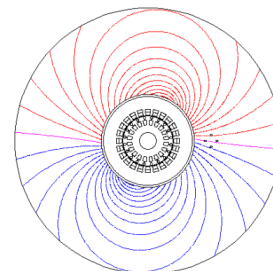
Pour une machine électrique tournante saine, les lignes de champ magnétique opposé restent symétriques. [2]



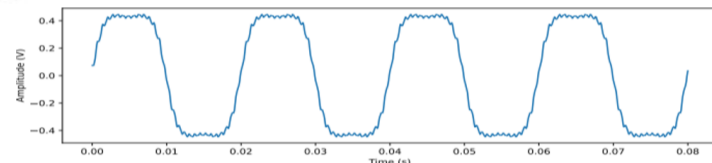
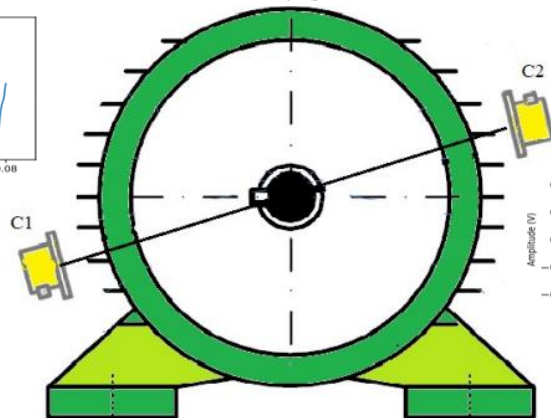
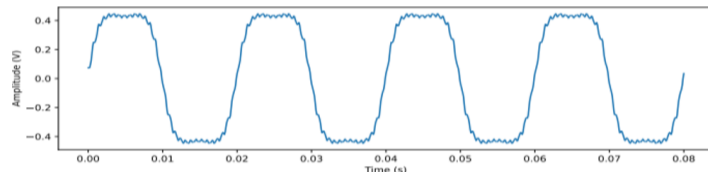
1 s



1.4 s

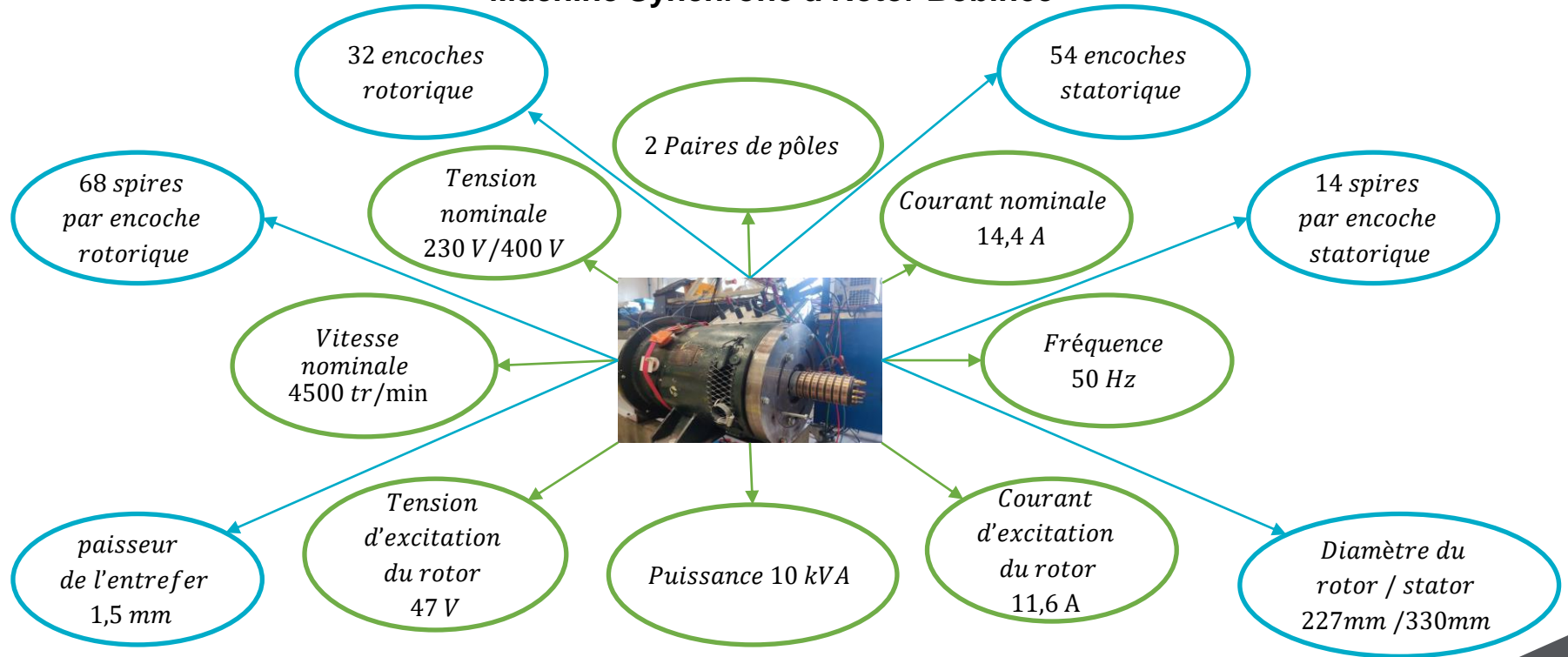


1.8 s



MODÉLISATION ÉLÉMENTS FINIS

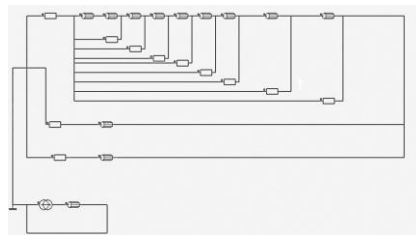
Machine Synchrones à Rotor Bobinée



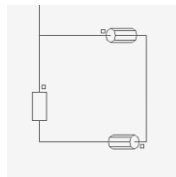
Altair® Flux®



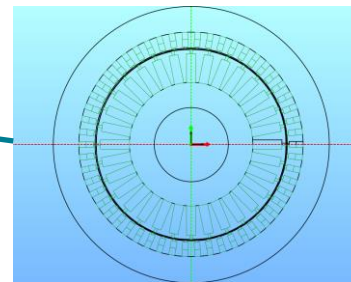
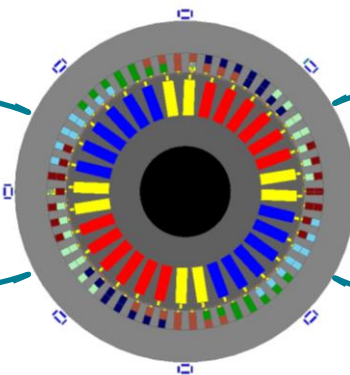
ALTAIR



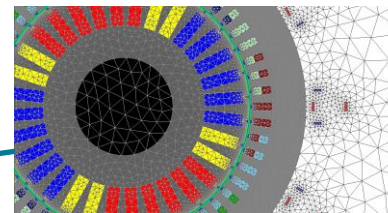
Circuit électrique modélisé pour la machine



Circuit électrique modélisé pour un capteur



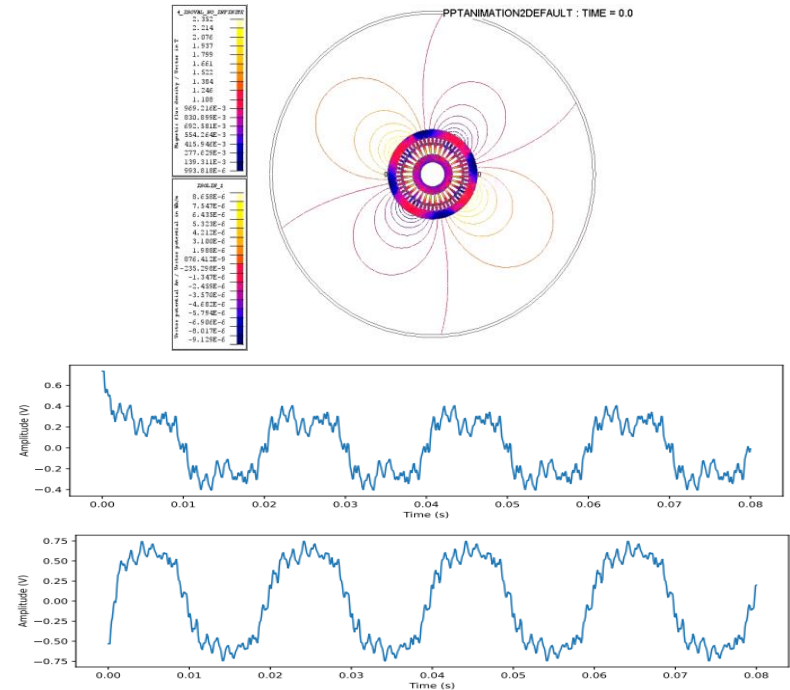
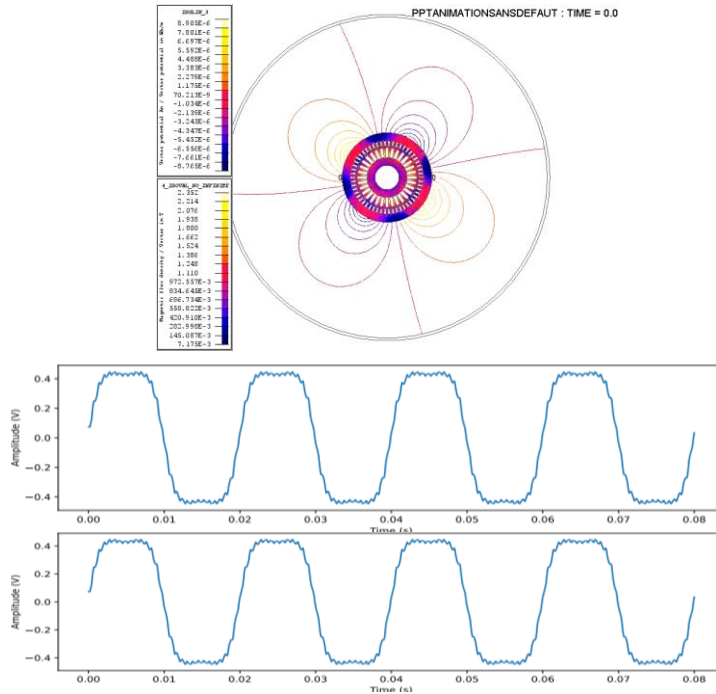
Géométrie de la machine modélisé



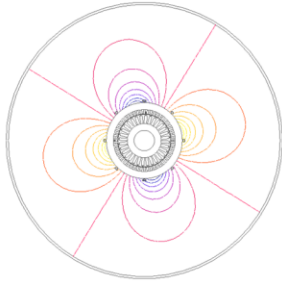
Maillage

Modélisation de la machine synchrone en bon état

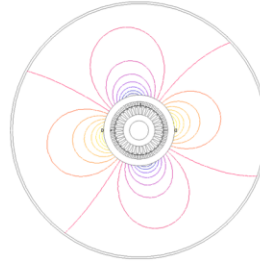
Modélisation de la machine synchrone avec défaut statorique



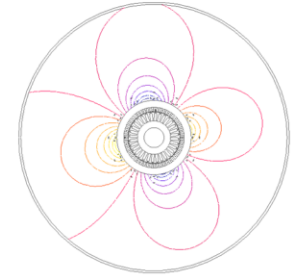
Machine sans défaut



Machine avec un défaut de 3 spires

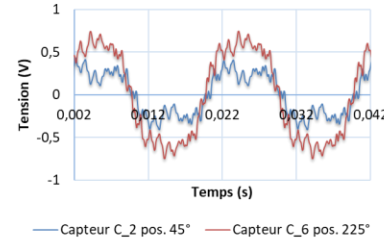
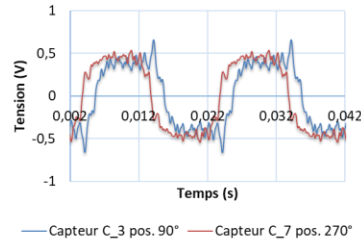
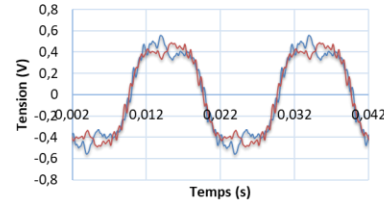
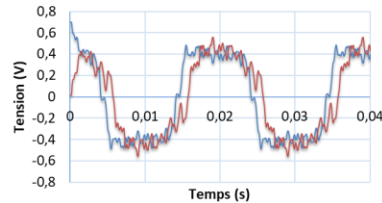
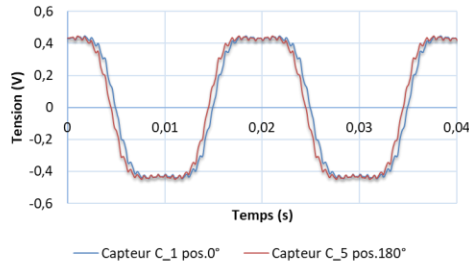


Machine avec un défaut de 5 spires

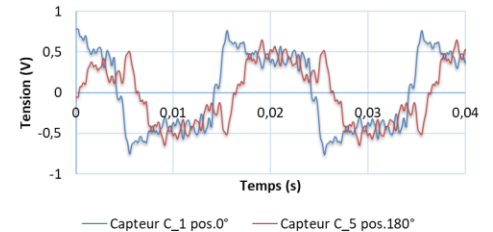


Tension induite délivrée par les capteurs du champ externe mesurée pour la machine présentant un défaut de 3 spires

Tension induite délivrée par les capteurs du champ externe mesurée pour la machine sans défaut



Tension induite délivrée par les capteurs du champ externe mesurée pour la machine avec un défaut de 5 spires



COEFFICIENT DE CORRÉLATION DE PEARSON

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

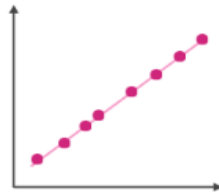
où :

x : représente le premier signal

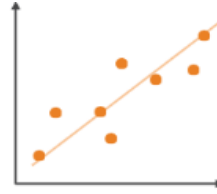
y : le deuxième signal

\bar{x} et \bar{y} sont les moyennes des signaux x et y

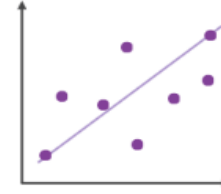
n est le nombre d'échantillons.



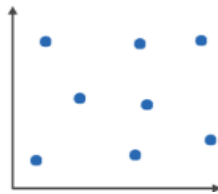
$r = 1$



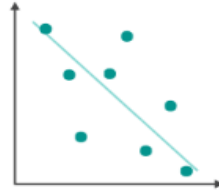
$0,5 \leq r < 1$



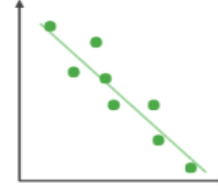
$0 < r < 0,5$



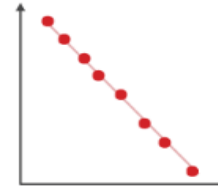
$r = 0$



$-0,5 < r < 0$

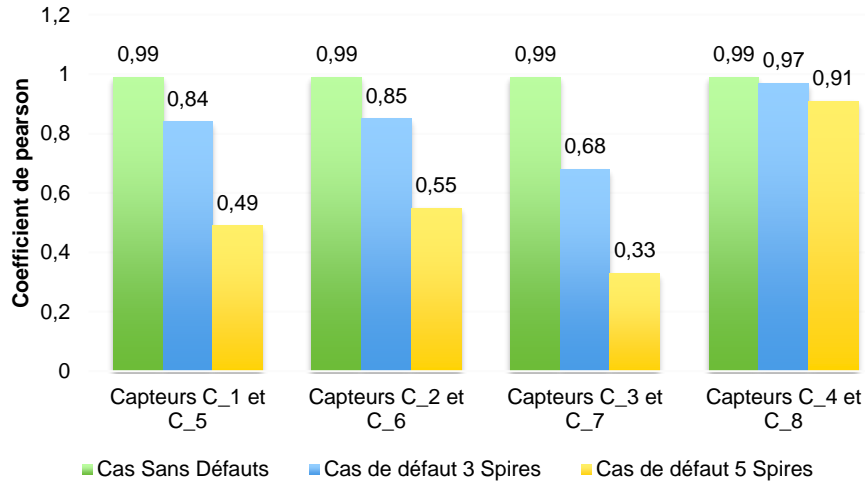


$-1 < r \leq -0,5$

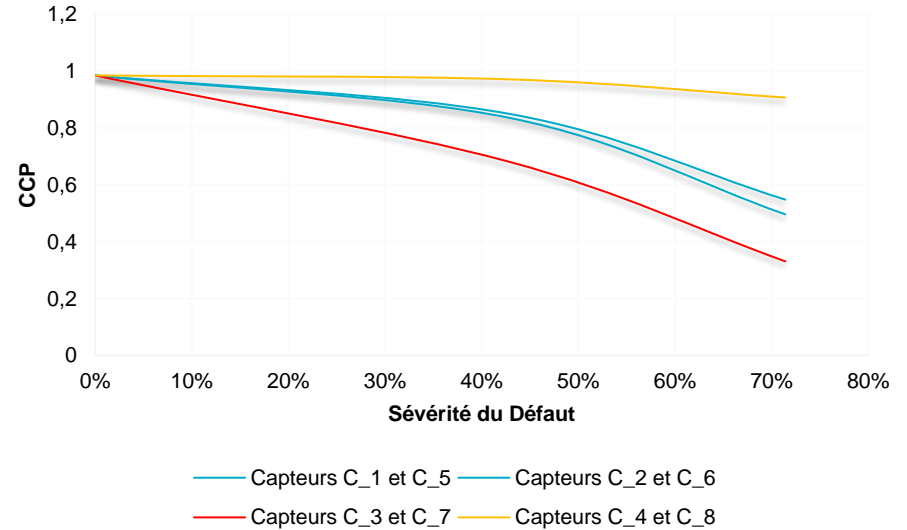


$r = -1$

Comparaison des valeurs du CCP pour différents scénarios de simulation en fonction des positions des capteurs



Relation entre le CCP et le pourcentage de spires en défaut pour chaque paire de capteurs



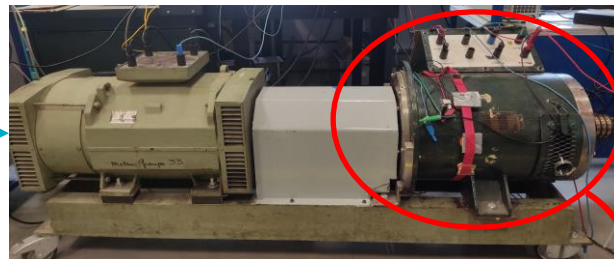
EXPÉRIMENTALEMENT

Banc d'essai

Variateur
de vitesse



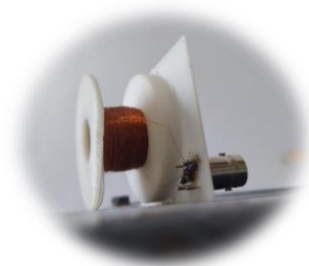
Machine a courant continu + Machine synchrone



Charge



Capteur bobiné de 1200
spires

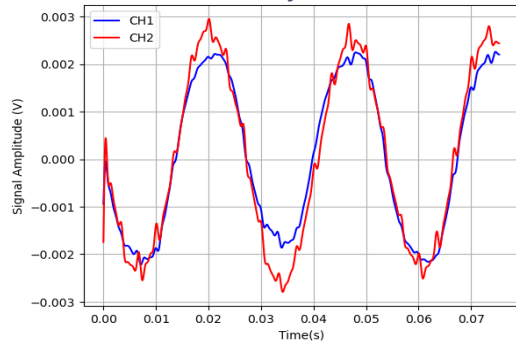


Installer les capteurs autour de la machine

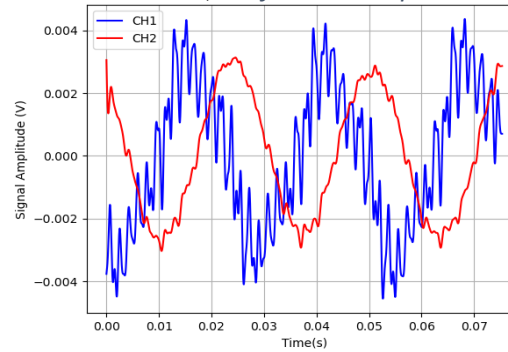
Cartes d'acquisition Pixie NI



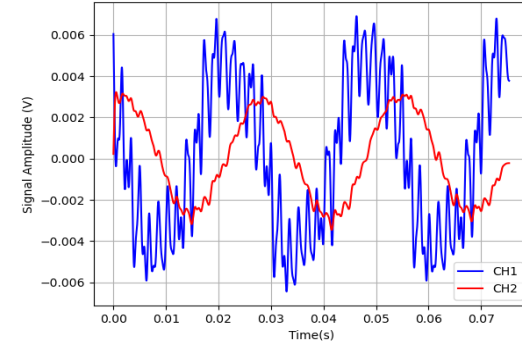
Sans défauts



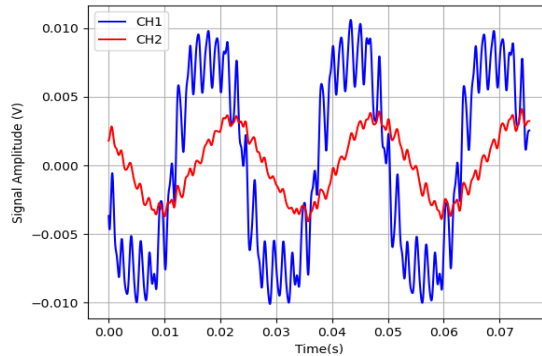
Avec défaut d'une spire



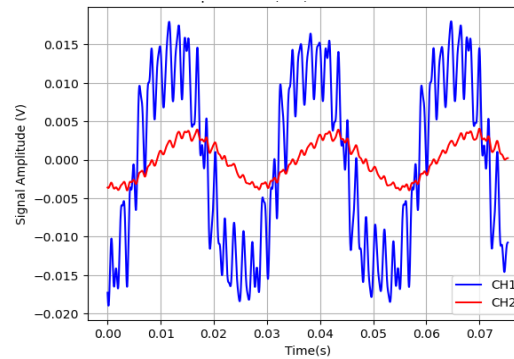
Avec défaut de 2 spires



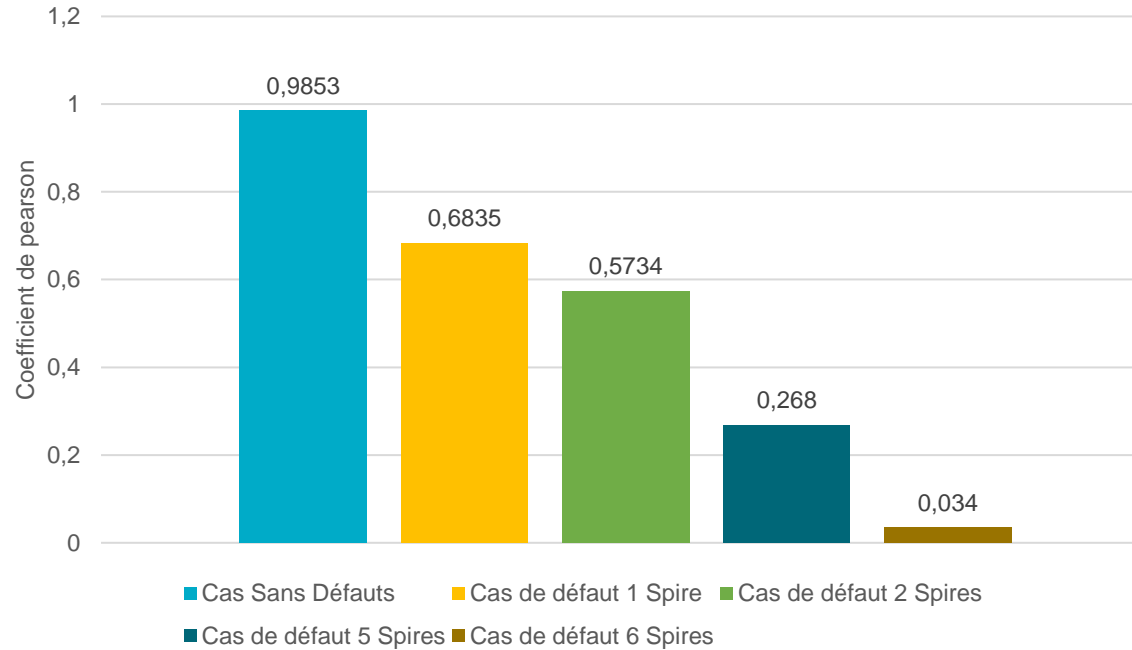
Avec défaut de 5 spires



Avec défaut de 6 spires



Comparaison des valeurs du CCP pour différents cas de fonctionnement de la machine



CONCLUSION



DIAGNOSTIC NON INVASIF DES DÉFAUTS STATORIQUES DANS LES MACHINES SYNCHRONES PAR ANALYSE DE LA CORRÉLATION DU CHAMP MAGNÉTIQUE EXTERNE

Présentée par : Mouad Talbaoui

Doctorant en 2^e année

07 Novembre 2024