

ÉNERGIE
ÉLECTRIQUE 4.0



MEDEE



Maîtrise Energétique des Entraînements Electriques

COMITE DE SUIVI EE4.0-MEDEE

Présentation d'ARGOS
10 avril 2026



Données du projet

Nom du projet : Instrumentation des équipements de conversion d'énergie électrique en vue de leur diagnostic

Nom du porteur : Abdelmounaïm Tounzi

Partenaires impliqués :

Laboratoires GE : L2EP – LSEE - IEMN

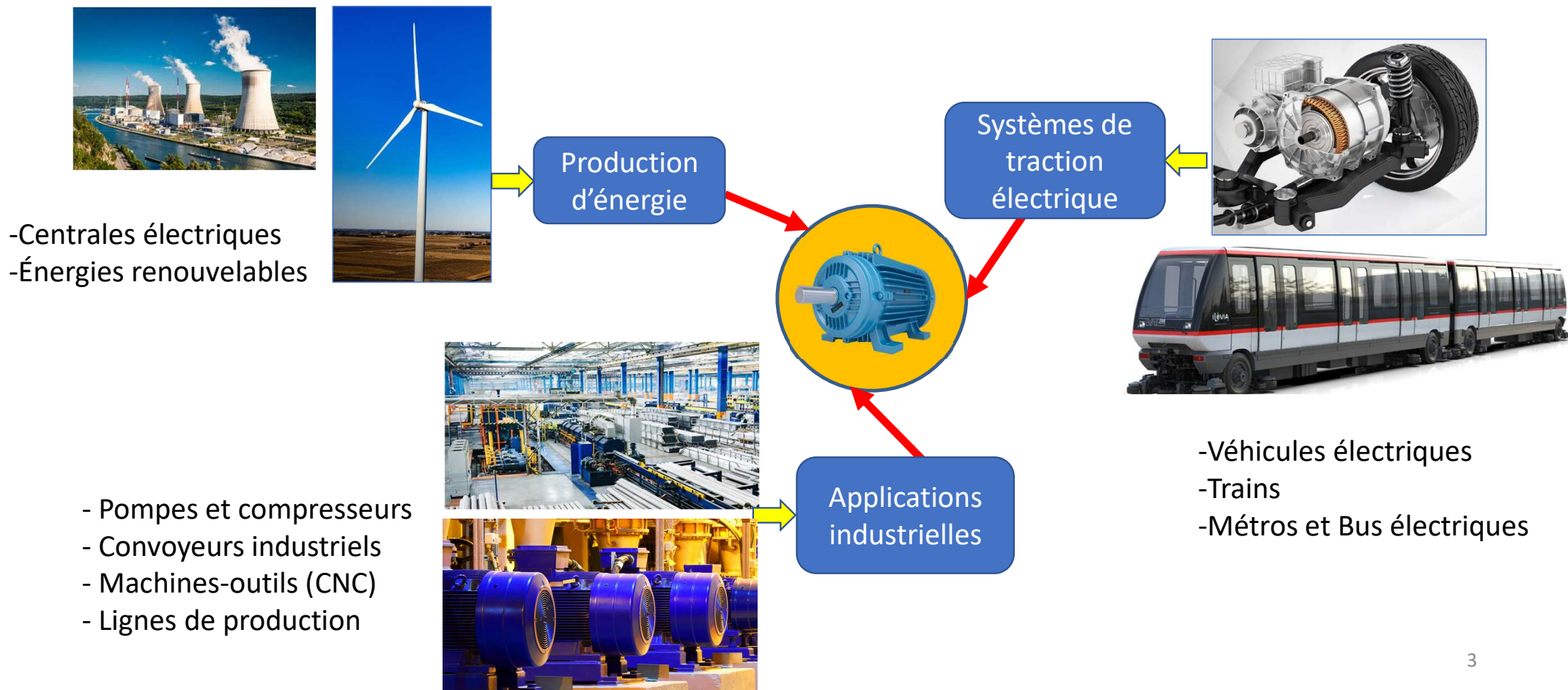
Laboratoires hors GE : -

Autres partenaires : -



Subventions : 2024 : 333 600€

Application des machines électriques



Etat de l'art

Impact économique majeur sur l'industrie



Coût horaire élevé
($\approx 25\text{k€} - 40\text{k€}/\text{h}$)



Défaillances des moteurs
électriques sont une cause
majeure



20 à 25 % des moteurs électriques
sont essentiels au fonctionnement
des installations industrielles

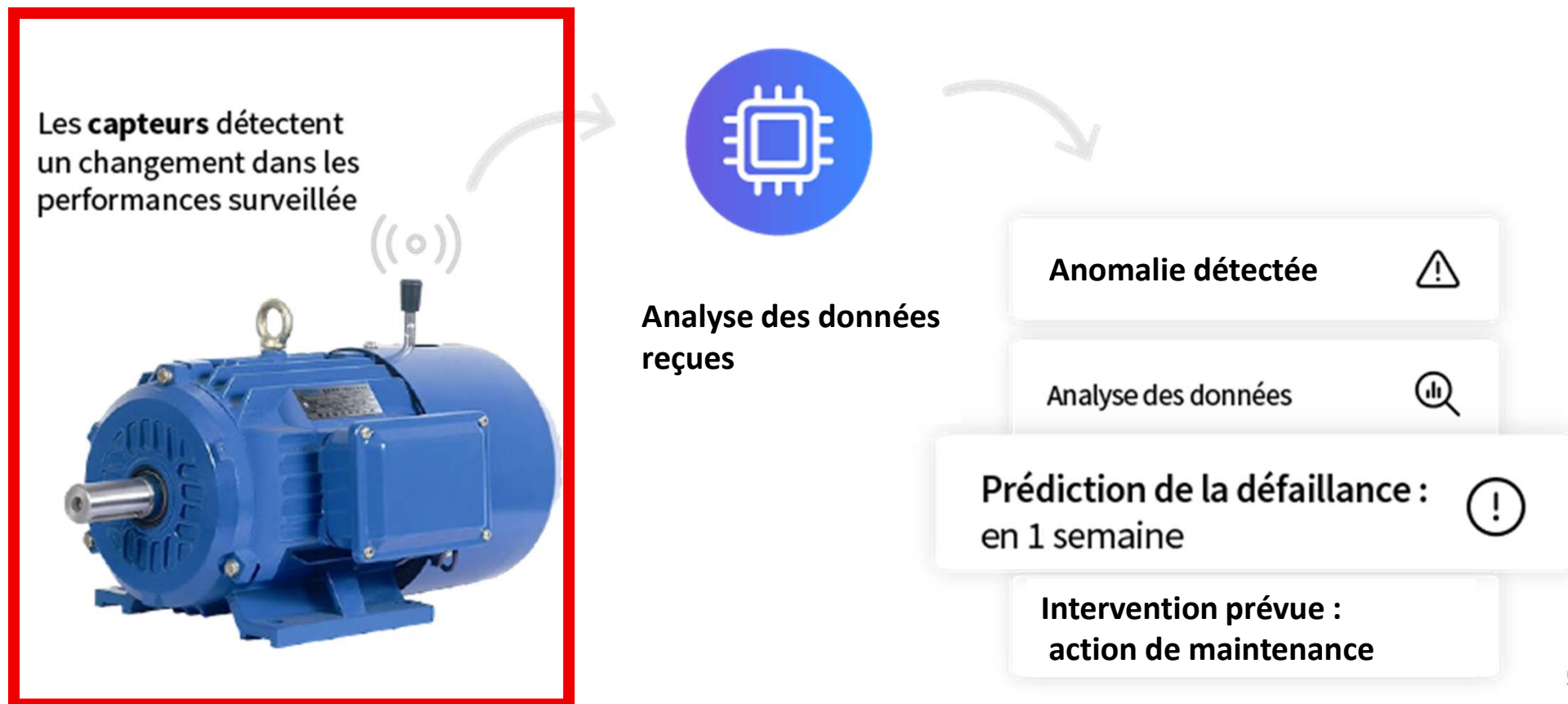


Taux de défaillance pouvant
atteindre 7 % par an



**Une détection précoce
des défauts est nécessaire**

Maintenance Prédicative



Techniques de détection dans la littérature



Analyse des courants (MCSA)

- Basée sur des grandeurs globales
- Détection de défauts (rotor, stator)

Limites :

- Faux diagnostics possibles
- Sensible au bruit

Mesures physiques classiques

- Vibrations
- Température
- Bruit acoustique

Limites :

Informations limitées pour certains défauts

Analyse du flux magnétique (airgap / rayonné)

Permet de détecter :

- barres cassées
- excentricité
- défauts d'isolement

- ✓ Plus robuste que MCSA
- ✓ Détection plus précoce



Capteurs utilisés

Bobines de recherche / Capteurs à effet Hall

Limites: - Placement des capteurs critique

- Intégration difficile dans la machine vue impossible (dans l'entrefer)
- Sensibilité aux perturbations

Les méthodes basées sur le flux sont prometteuses, mais nécessitent une optimisation des capteurs et de leur positionnement pour un diagnostic fiable

Objectifs

Modélisation et simulation

- Modéliser la machine asynchrone (modèle élément fini)
- Simuler des fonctionnements sains et en défaut

Expérimentation

- Développement et instrumentation d'un banc de test à vitesse variable
- Commande de la machine Asynchrone (acquisition de données, capteurs, analyse des signaux)

Instrumentation

- Intégrer des capteurs SAW (flux magnétique)
- Positionnement extérieur et intérieur de la machine
- Acquisition des données via une centrale



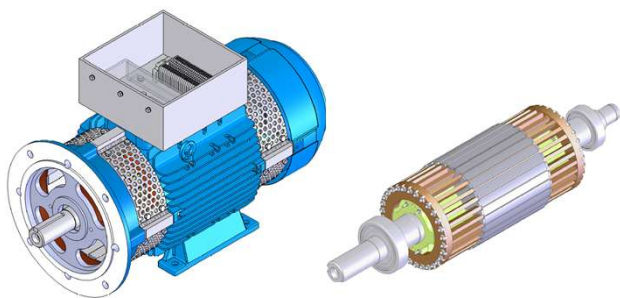
Capteur SAW autoalimenté, de taille micrométrique, pouvant être intégré dans l'entrefer



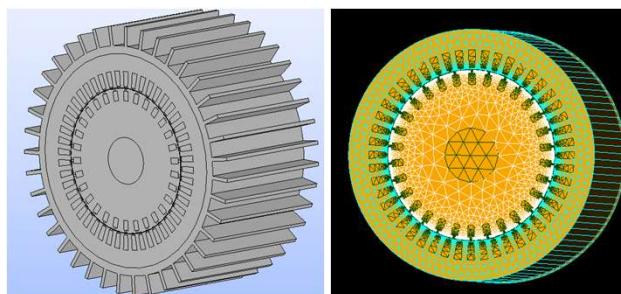
Travaux effectués

Modélisation et simulation

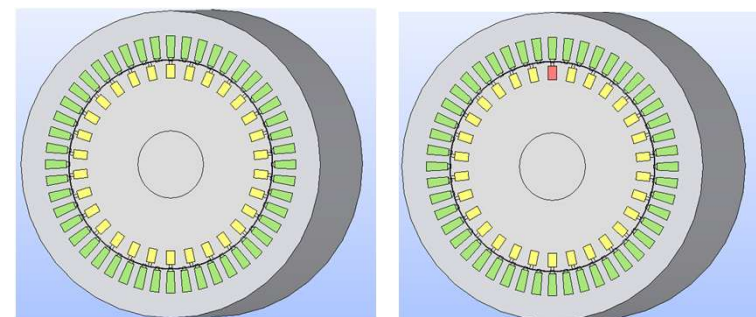
Machine à étudier



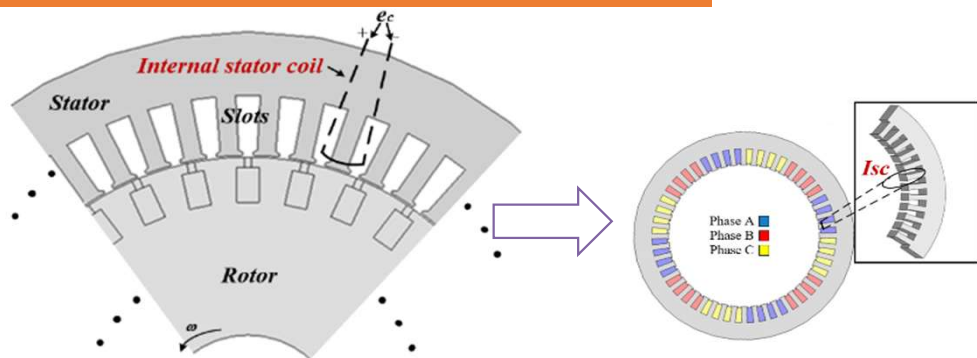
Modèle 3d et FEM



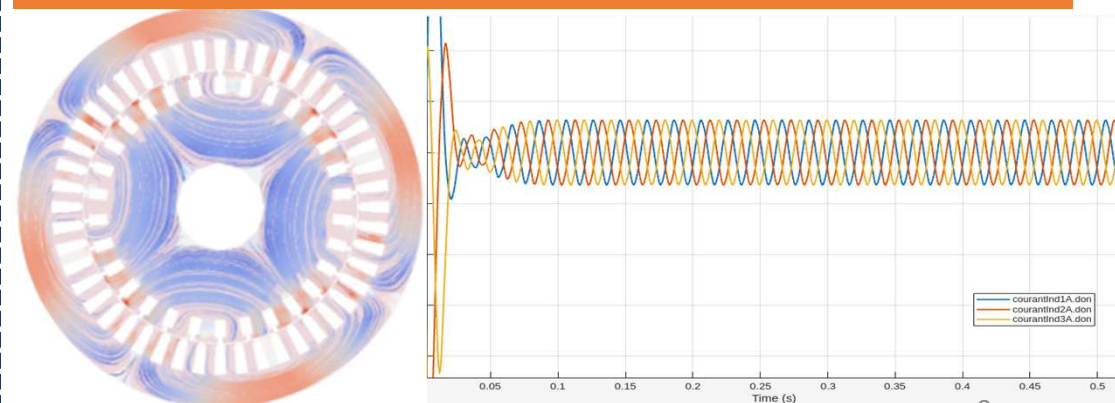
Cas de simulation



Modélisation de boucle de flux interne



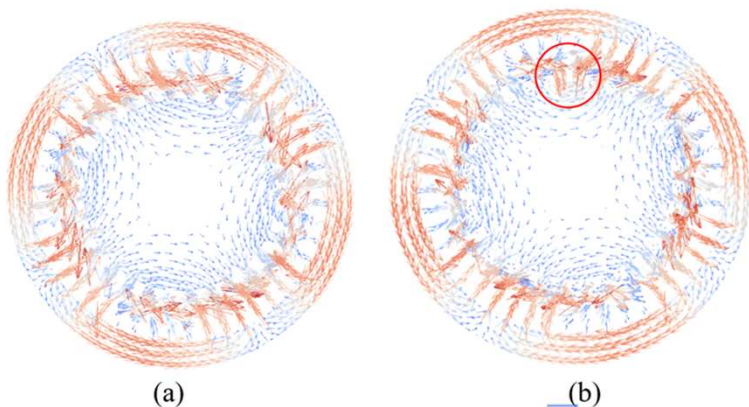
Distribution de ligne de flux et courants statorique cas sain



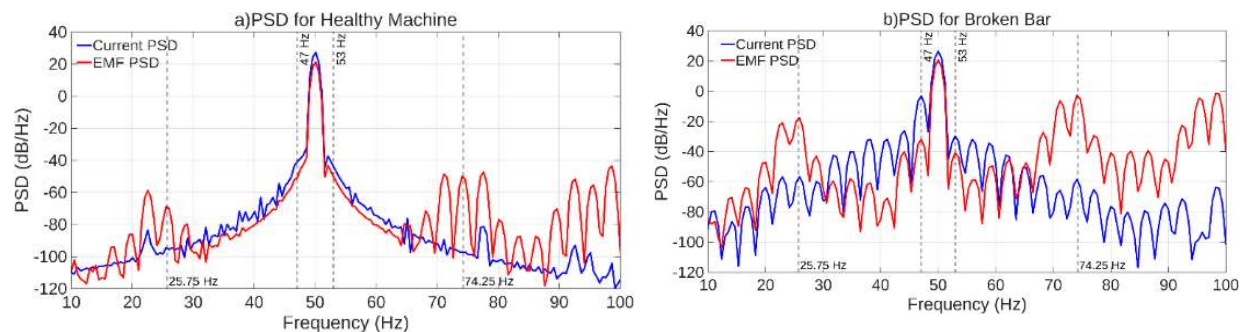
Travaux effectués

Modélisation et simulation

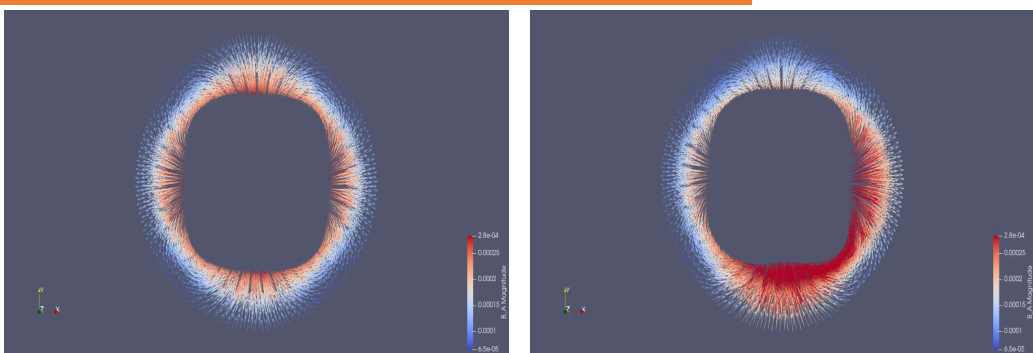
Cartes de champs (a) sain (b) avec défaut



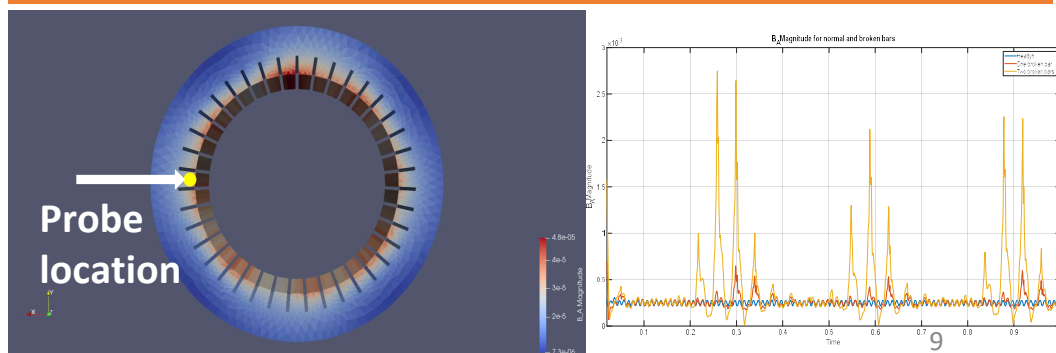
PSD cas sain et avec défaut (boucle de flux et courant statorique)



Champs rayonnée cas sain et avec défaut

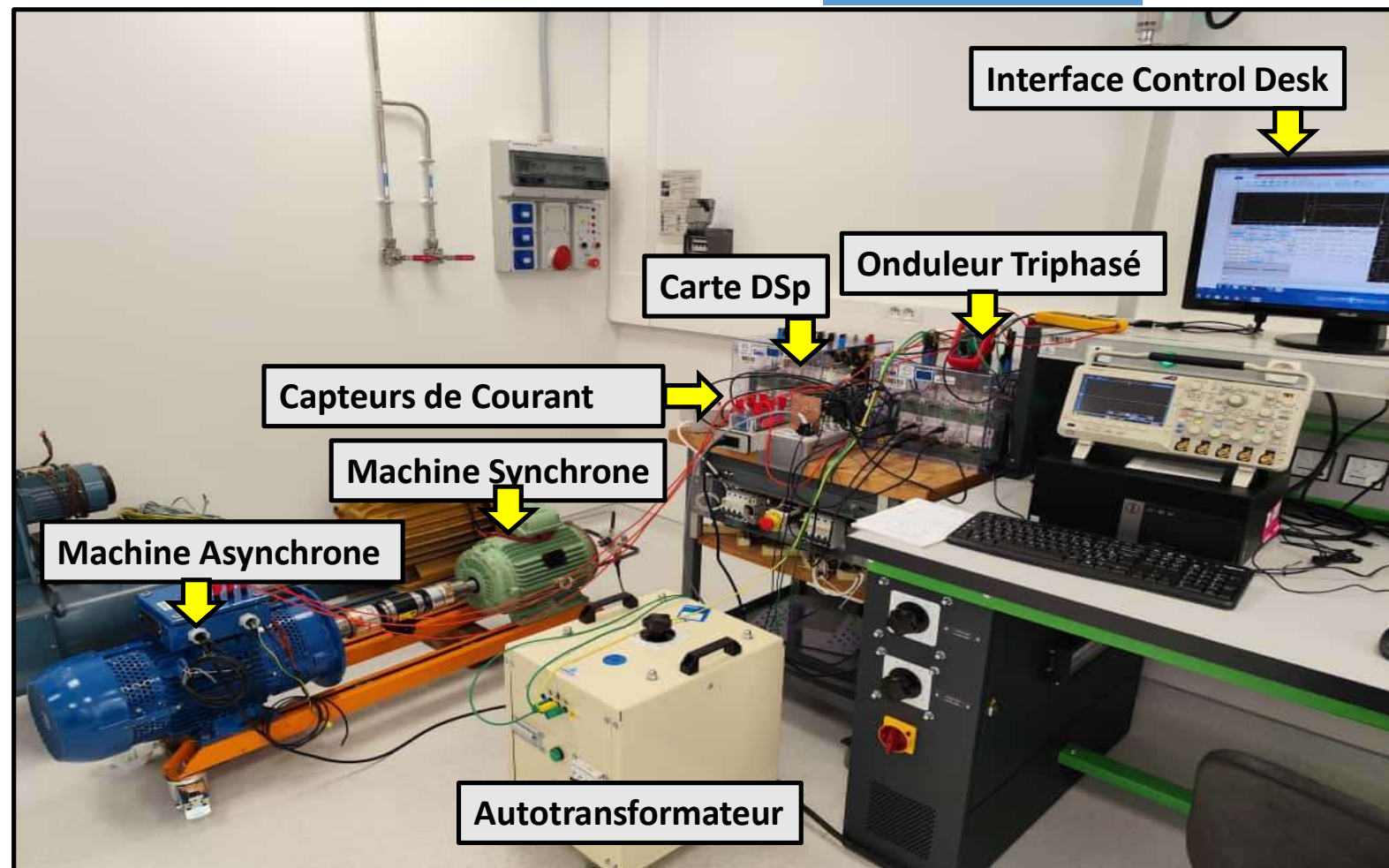


Analyse temporelle du champ rayonnée (sain / défaut)



Plateforme/équipements

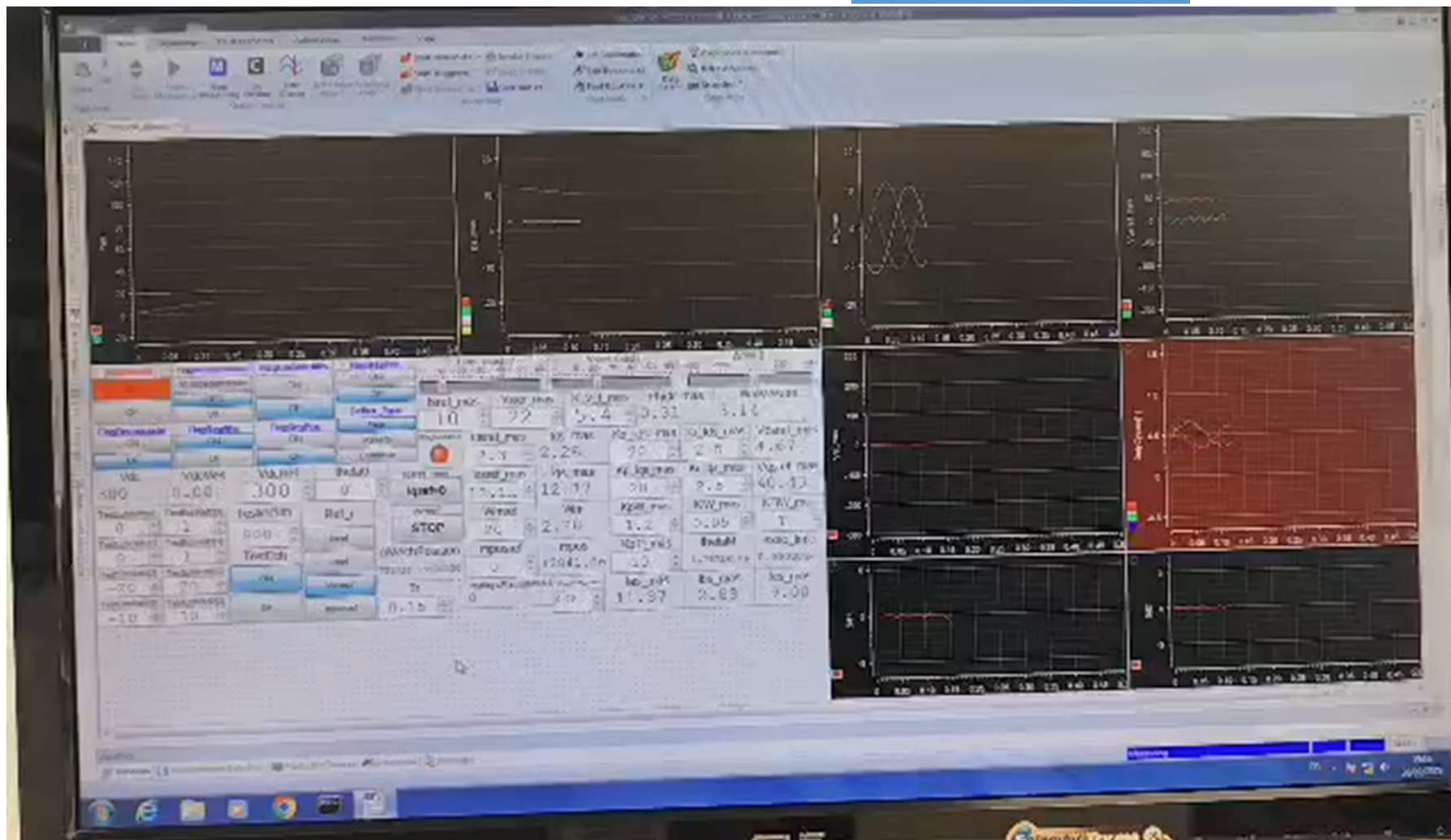
Expérimentation



- Plateforme de test pour machines électriques
- Machine asynchrone couplée à une machine synchrone
- Alimentation via un onduleur triphasé
- Pilotage par carte DSP
- Acquisition des signaux via capteurs
- Intégration de capteurs SAW pour le flux magnétique

Plateforme/équipements

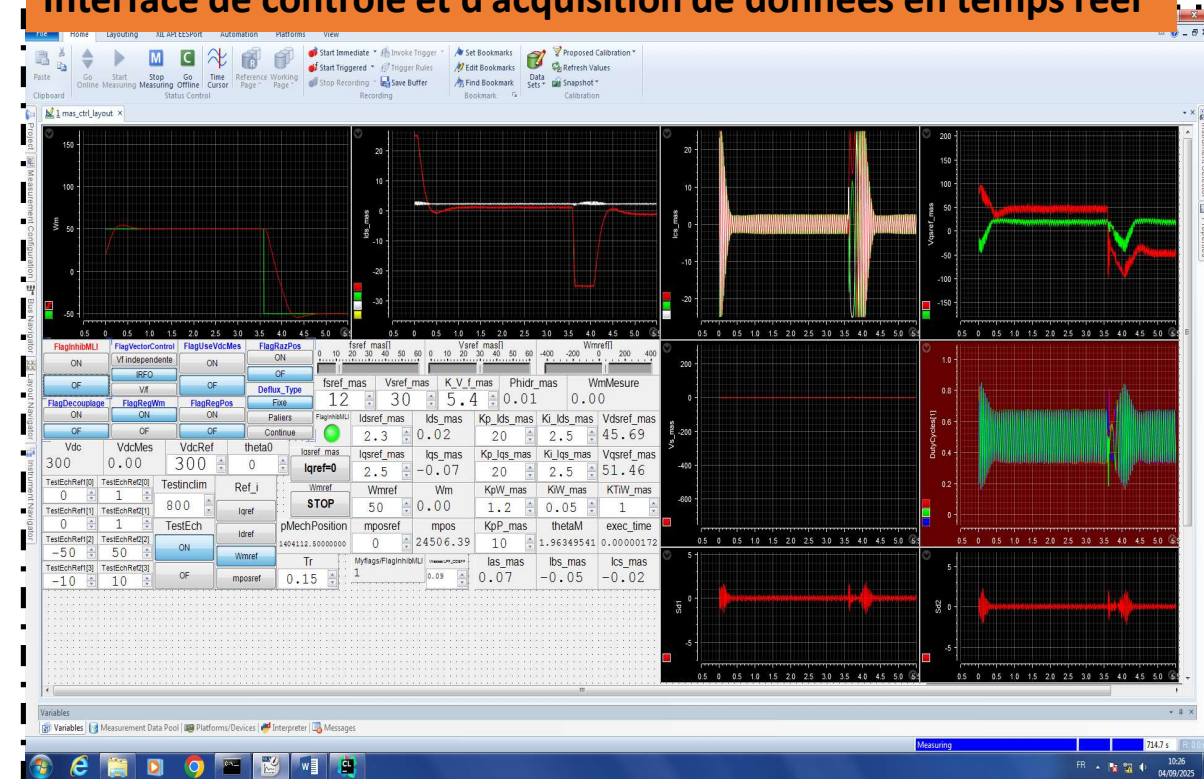
Expérimentation



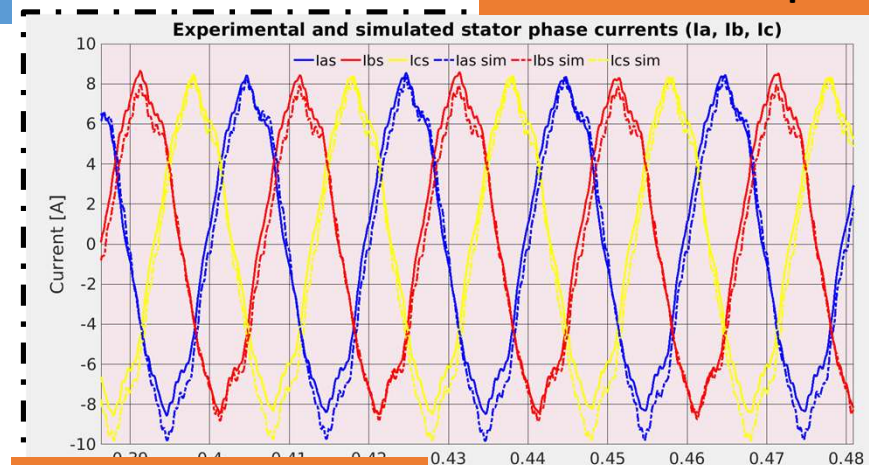
- Plateforme de test pour machines électriques
- Machine asynchrone couplée à une machine synchrone
- Alimentation via un onduleur triphasé
- Pilotage par carte DSP
- Acquisition des signaux via capteurs
- Intégration de capteurs SAW pour le flux magnétique

Expérimentation

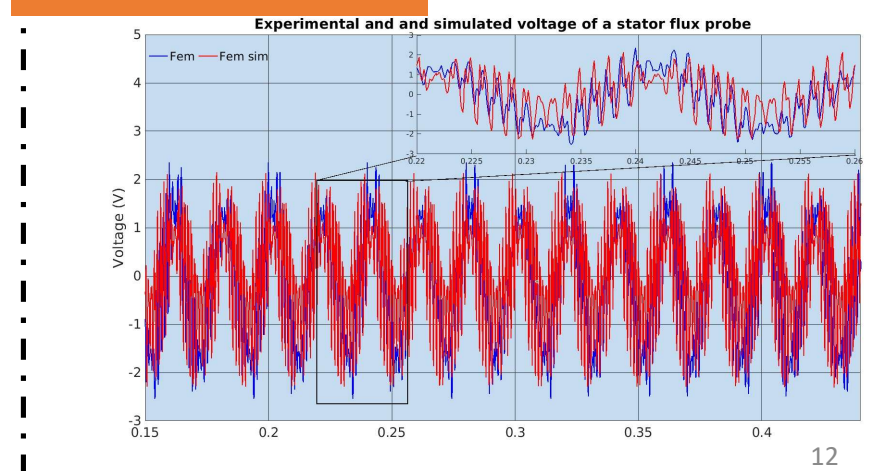
Interface de contrôle et d'acquisition de données en temps réel



Courants statoriques



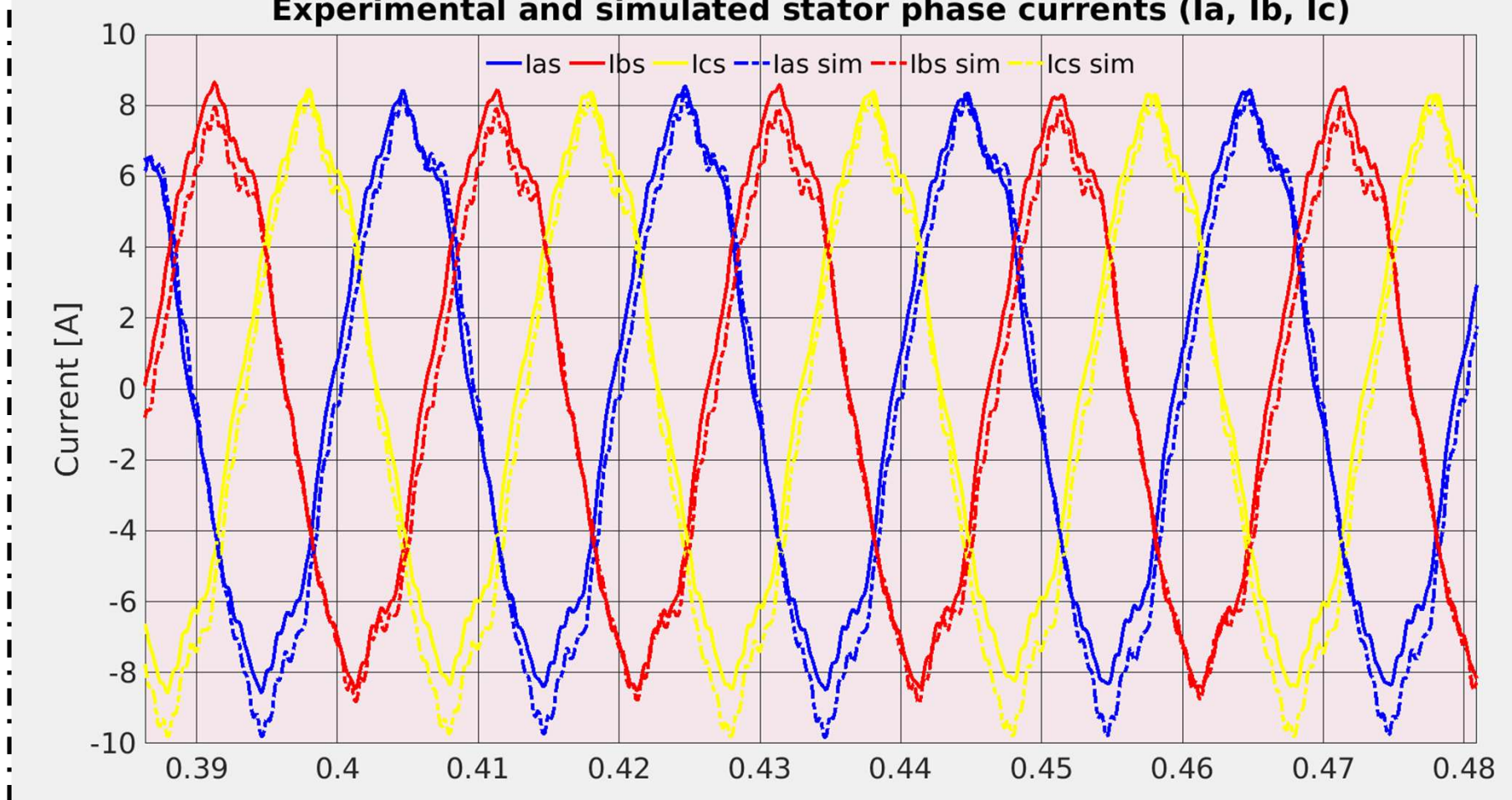
Boucle de flux interne



Expérimentation

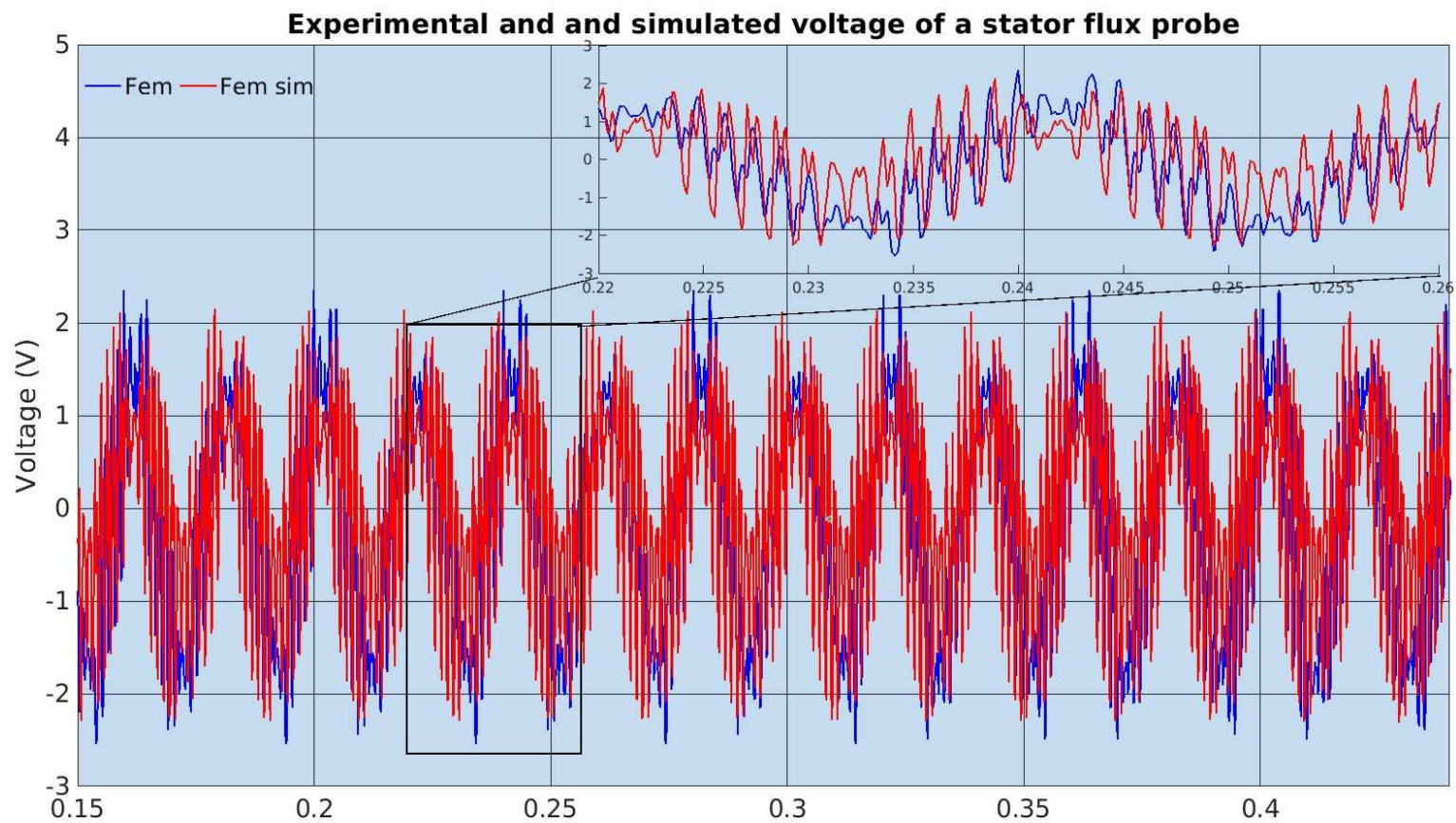
Courants statoriques

Experimental and simulated stator phase currents (I_a , I_b , I_c)



Expérimentation

Boucle de flux interne

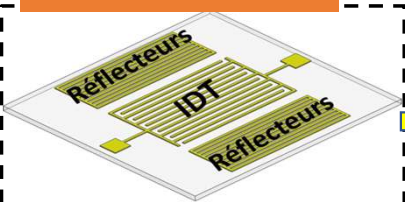


Plateforme/équipements

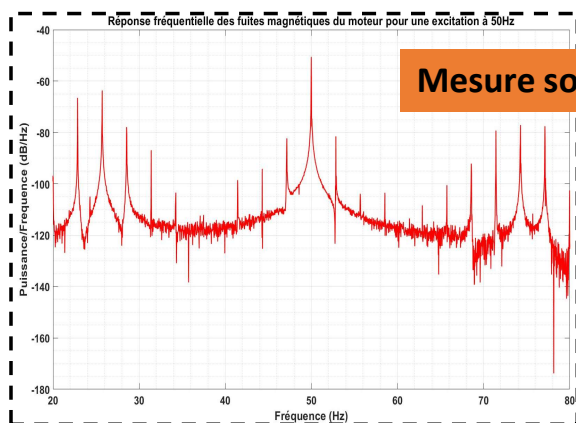
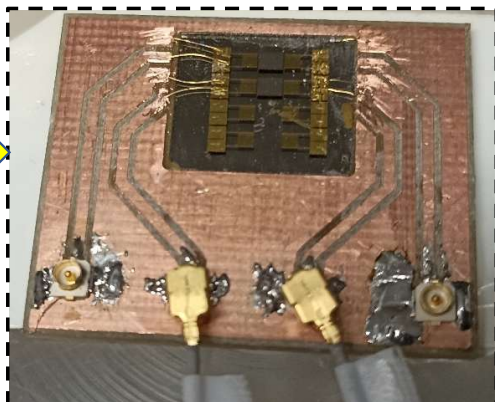
Instrumentation

Développement de capteurs à ondes acoustiques de surface magnétiques en salle blanche de l'IEMN

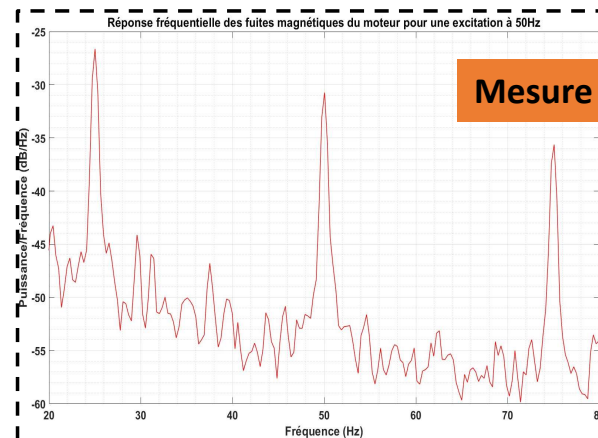
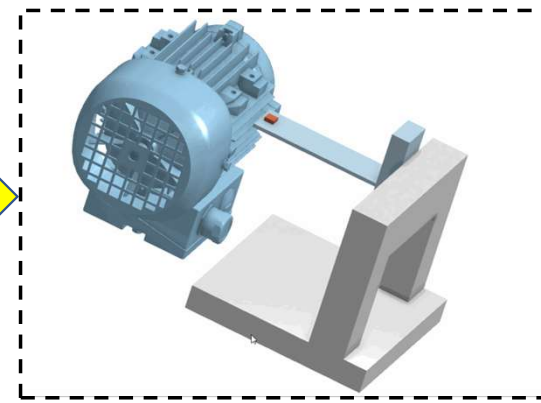
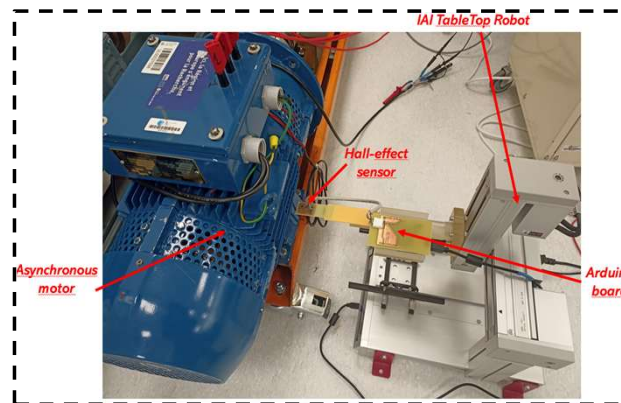
Capteur SAW



- Multiphysique
- Sans fil
- Compact (moins d' 1mm^2 de surface)



Cartographie du flux magnétique de fuite du moteur asynchrone avec capteur SAW et capteur industriel



• **Articles et conférences**

- Article en cours de révision – IEEE Transactions on Magnetics
- **Deux soumissions acceptées** pour la **conférence InterMag**
(Royaume-Uni, Avril 2026)
 - *FEM Analysis of an Internal Stator Tooth Coil for Broken Rotor Bar Detection*
 - Magnetic Sensitivity Enhancement in a TbCo₂/FeCo Quartz Shear Acoustic Waveguide SAW Sensor

Perspective



Rapprochement avec le laboratoire LSEE, expert en diagnostic par champ magnétique rayonné



Développement des capteurs SAW à plage de détection élargie visant leur intégration dans l'entrefer par l'IEMN.



Au L2EP, comparaison des approches internes et externes pour évaluer les performances et la robustesse en conditions variables

Fin de la présentation

