

# Introduction aux oscillations de couple et couple de crantage

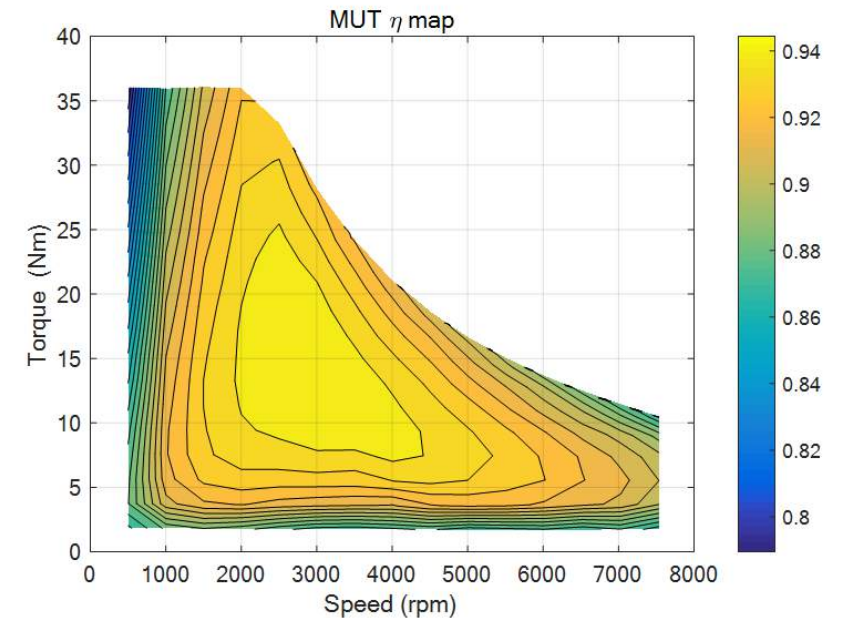
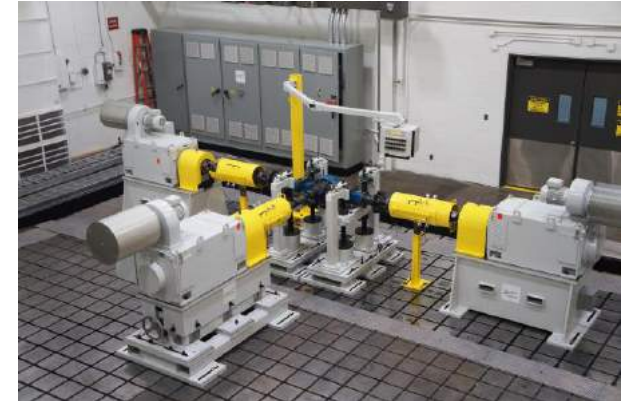
# Agenda

1. Introduction
2. Les sources d'oscillations (Internes/Externes)
3. Pourquoi se soucier des oscillations de couple
4. Les contraintes des chaînes de mesure pour l'évaluer correctement

# Introduction

# Cas Classique et limitations

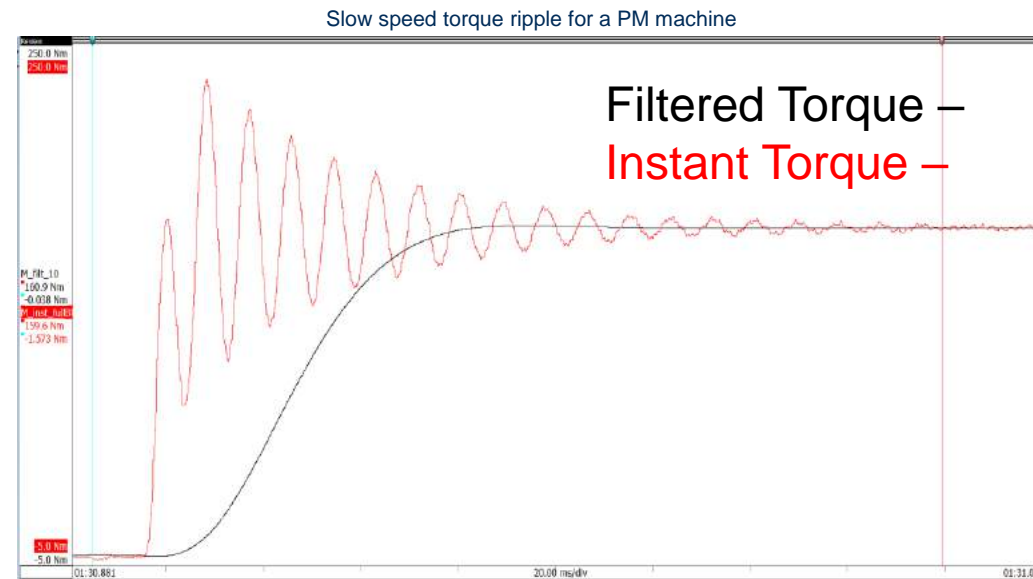
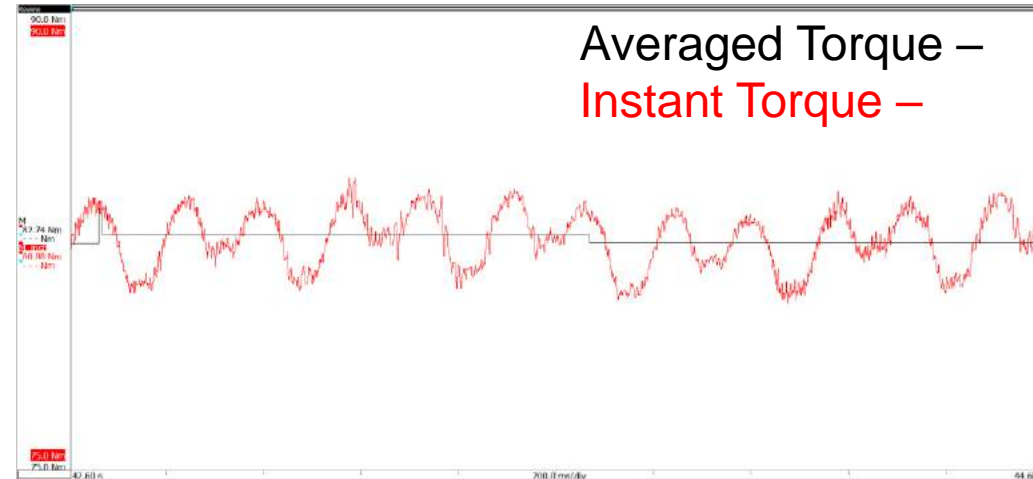
- Dans la majorité des cas, les mesures de couples et de puissance électriques visent à déterminer une efficacité
  - Tests réalisés sur des points de fonctionnement précis
  - Test automatisés pour l'obtention d'une cartographie
- Les mesures tendent à être moyennées et/ou filtrées afin d'obtenir une bonne reproductibilité
  - Peut on espérer un enchainement de conditions simples et stabilisées lors d'un profil de conduit réel ?
  - Comment appréhender les phénomènes dynamiques (bruit, vibrations...)
  - L'endurance des composants est elle réellement celle envisagée ?



# Les sources d'oscillations

# L'oscillation de couple → Distorsions périodique du couple

- Le couple n'est pas statique
- Le couple présente des oscillations dont l'origine est interne ou externe au moteur
- La plupart des bancs d'essais filtrent le signal de couple
- Le signal à un contenu fréquentiel et un niveau



Transient torque fluctuations and high speed torque ripple

# D'où viennent les oscillations ?

## Aimants permanents

- Interaction des aimants avec les fentes du stator
  - Couple de crantage
- Les aimants ne peuvent pas être "éteints")

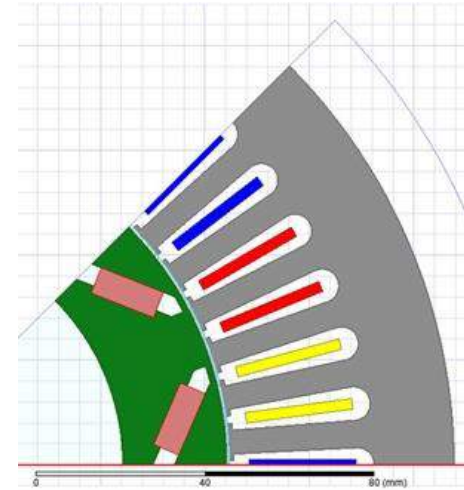
## Reluctance Variable

- Pics de courant
- Couple très périodique

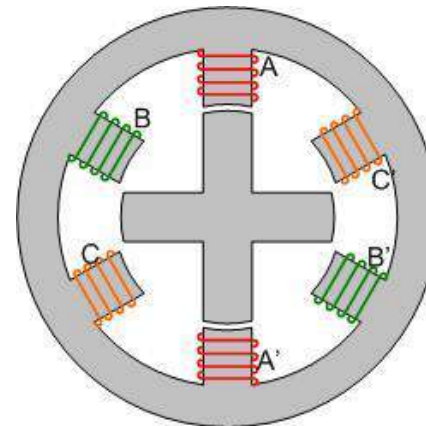
## Machines à induction

- Champ magnétique induit dans le rotor
- Les barres interagissent avec les fentes

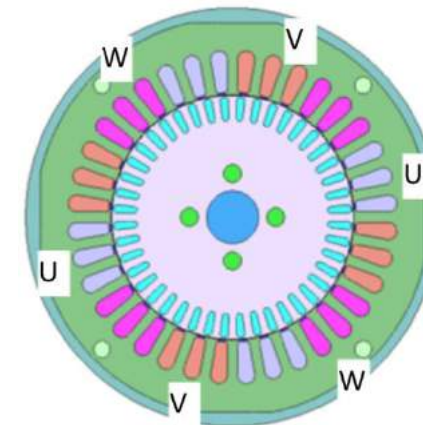
## Moteur à aimants permanents



## Reluctance Variable



## Machine à induction

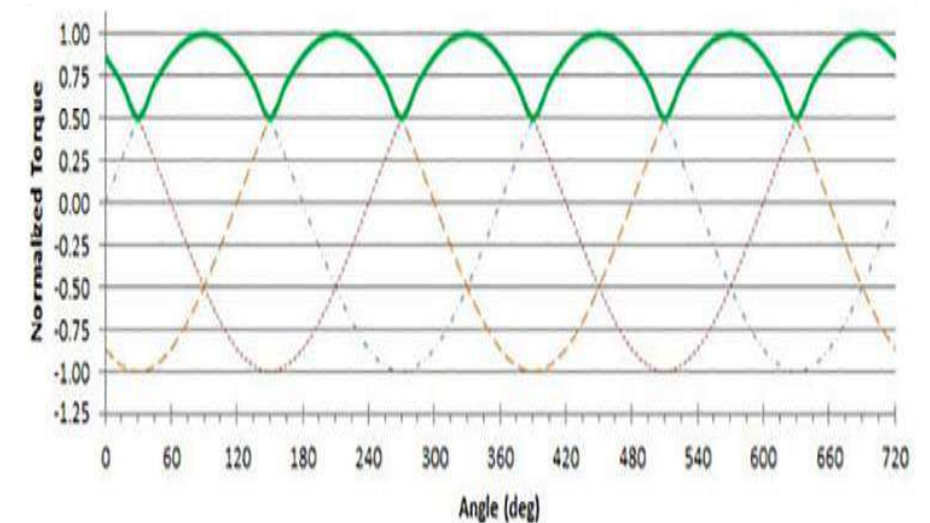
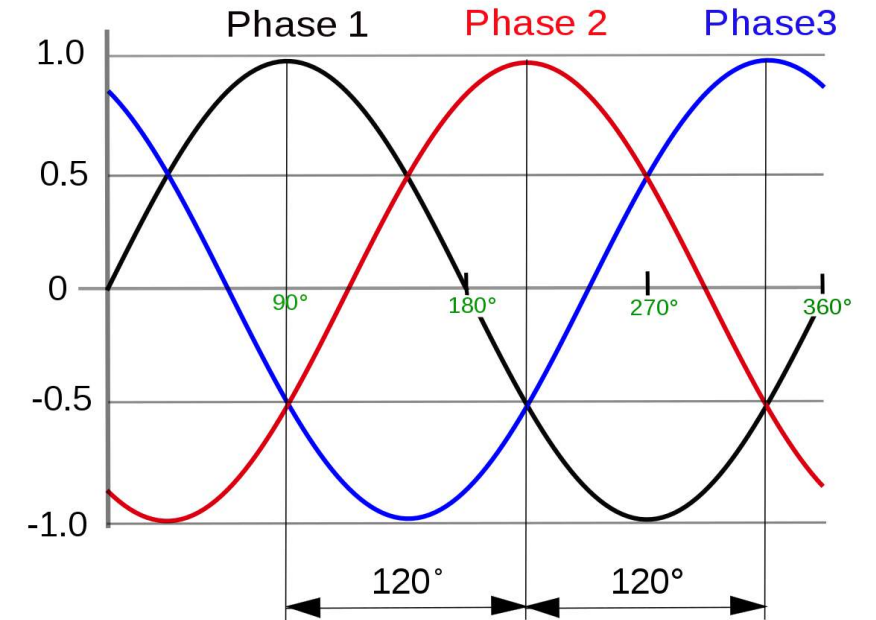


Different machine types will have different types of torque ripple

# D'où viennent les oscillations ?

## Excitation AC

- Le couple suit les variations de courant
- Influencé par le bobinage de la machine
- Réponse au contenu harmonique du courant
  - Technique de variation
  - Fréquence de hachage
- Les fréquences et amplitudes sont liées au nombre de phases et au régime

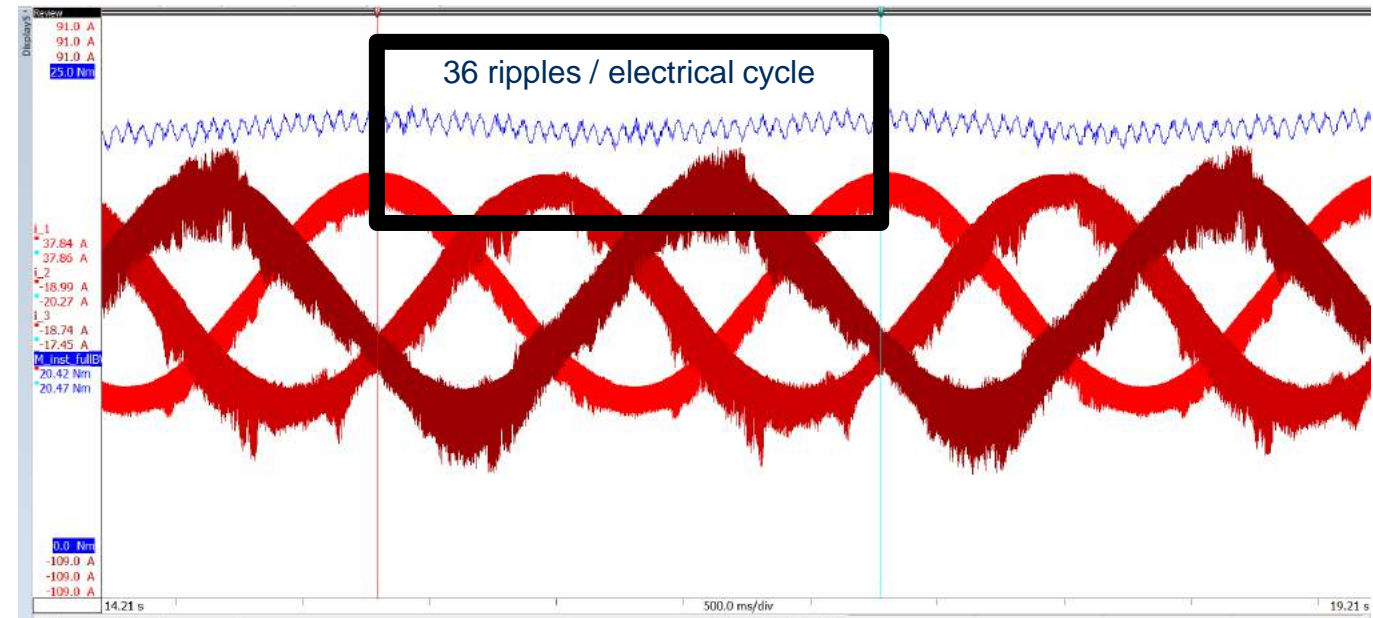


Three phase excitation and the resulting torque output



# Exemple sur un moteur à aimant permanents

- Test à faible vitesse
- Couple très perturbé
  - Interaction Aimants/Stator
  - Alimentation
  - Fréquence de hachage
- Les oscillations peuvent être intrinsèques à la machine
- Une partie des oscillations est générée par la logique du variateurs

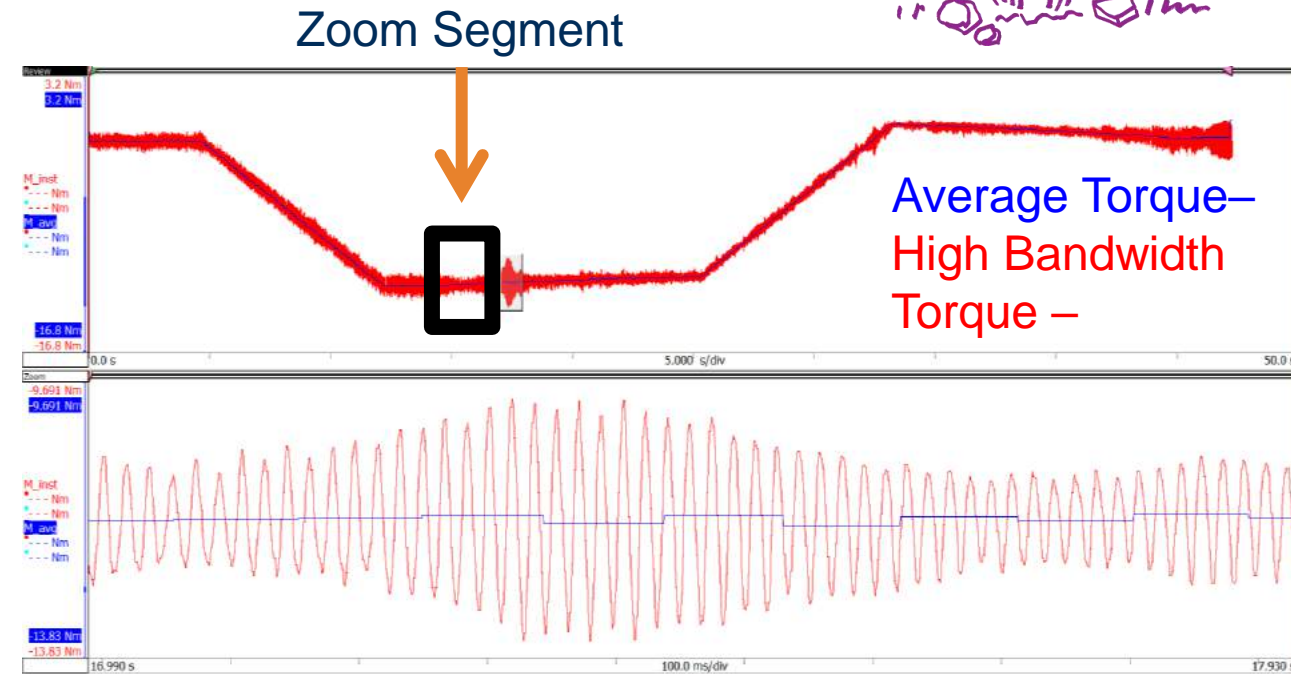


Three phase motor excitation in red and resultant torque ripple in blue

# Pourquoi s'intéresser aux oscillations de couple

# Vibration, bruit, et fatigue

- Les oscillations provoquent des vibrations
  - Bruit d'engrenage dans les boîtes
  - Problèmes de durabilité
- Les oscillations peuvent exciter les structures
  - Bruit
  - Résonnances
- Les oscillations dépendent de la construction et de l'alimentation
  - Ajustement des méthode pilotage possible
- Les moteurs tournent à haut régime entrainant une augmentation de ces phénomènes



# Pourquoi le couple doit être évalué précisément → Efficacité

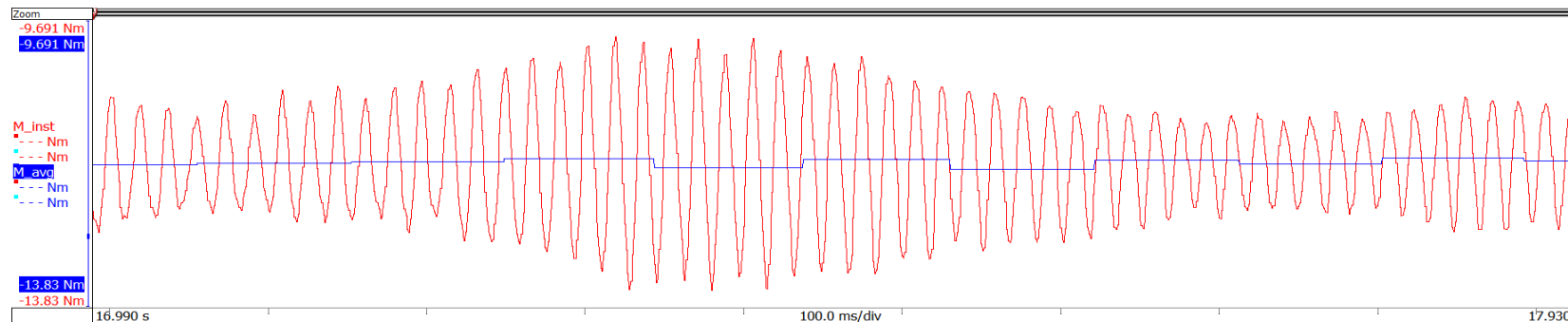
## Moteur à combustion

- Efficacité : 30-40%
- Une erreur de 3% sur le couple implique une efficacité de 39% au lieu de 36%
- C'est plausible

## Moteur Electriques

- Efficacité : 85-98%
- Une erreur de 3% sur le couple implique une efficacité de 101% au lieu de 98%
- C'est impossible

- Besoin d'une mesure de Vitesse et de couple qui prend en compte les **PETITES** perturbations non visibles dans la moyenne
- 80 kW @ 20k RPM → 2093 Rad/sec x 38.22 Nm → 0.25 Nm donne une erreur de 500 W → .625 %



# Expérience utilisateur

- Parfait les oscillation sont perceptibles et non souhaitées
  - Vehicle
- Dans certains cas, c'est l'inverse
  - Perceuse
- Elle peuvent causer des soucis de sécurité
  - Aile d'avion

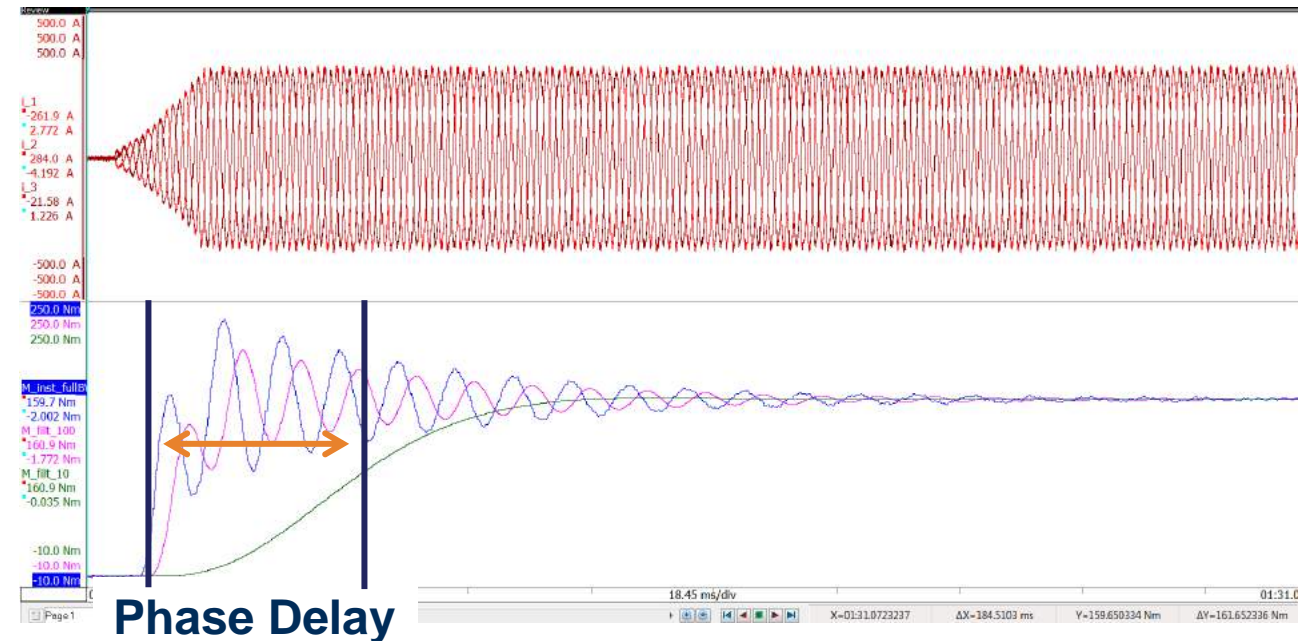


# Mesurer Les oscillations

# Précision, alignment temporel et phase

- Exemple d'un saut de charge
- La version filtrée présente une amplitude sous-estimée et un décalage de phase
- L'alignement temporel est indispensable pour ajuster les logiques de contrôle
- Les filtres ont un impact sur les mesures d'efficacité
  - Test lents
  - Données prises en compte incorrectes

Full Bandwidth Torque –  
100Hz Filtered Torque –  
10 Hz Filtered Torque –



Top – three phase excitation for an electric machine with a load step  
Bottom – cyclical torque with different filter rates



# Contraintes experimentales

- Capteurs de couples avec la précision et la bande passante nécessaire pour acquérir ces phénomènes
- Un conditionnement du couple insensible au bruit
  - Les signaux analogiques sont fortement perturbés en présence de hachage haute tension
  - L'utilisation de fréquence porteuse est indiquée
- Une fréquence d'échantillonnage élevée (>1MS/s)
- Une acquisition synchronisée des différentes grandeurs physiques
  - Electrique
  - Couple
  - Vibrations





# Questions?

Philippe Potereau  
Business Developer at HBK



# HBK Electric Power Test

