



Surveillance des structures L'apport des capteurs virtuels Quelques exemples

Jean-Yves DISSON - Expert surveillance des structures

Faciliter les prises de décisions grâce à des données et technologies fiables et précises

Collecter des données



Acoustique



Air et particules



Émissions et gaz



Vibration

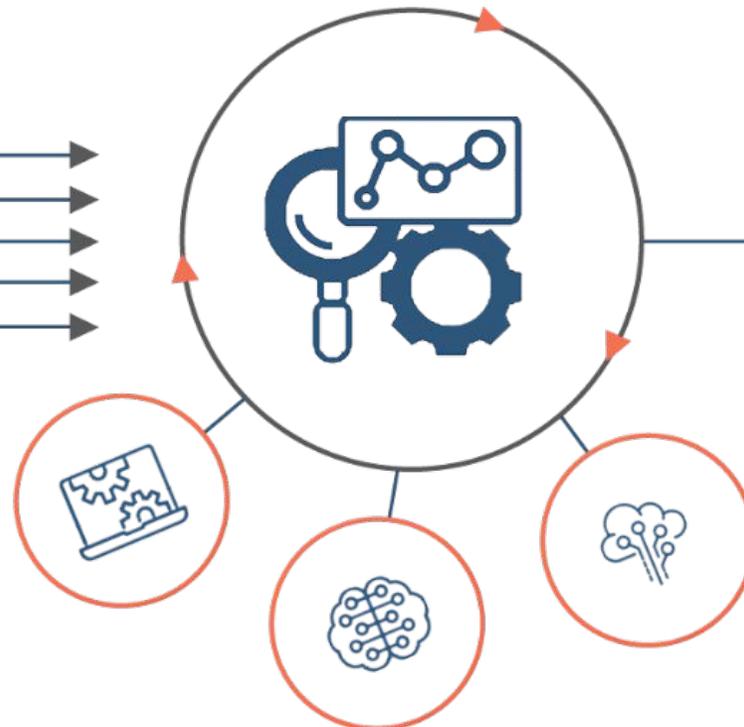


Alignement laser

Et plus encore

Collecte de données

Transformer les données en informations



Traitement des données avec IA

Pour atteindre l'équilibre



Prise de décision augmentée

+850 collaborateurs
+130 M€ CA



A large, bold white number '1' is positioned on the left side of the image. It is overlaid on a photograph of a rocky coastline. In the background, a seagull is perched on a rock, and an offshore oil rig is visible in the distance under a blue sky. The foreground shows some blurred green and yellow vegetation.

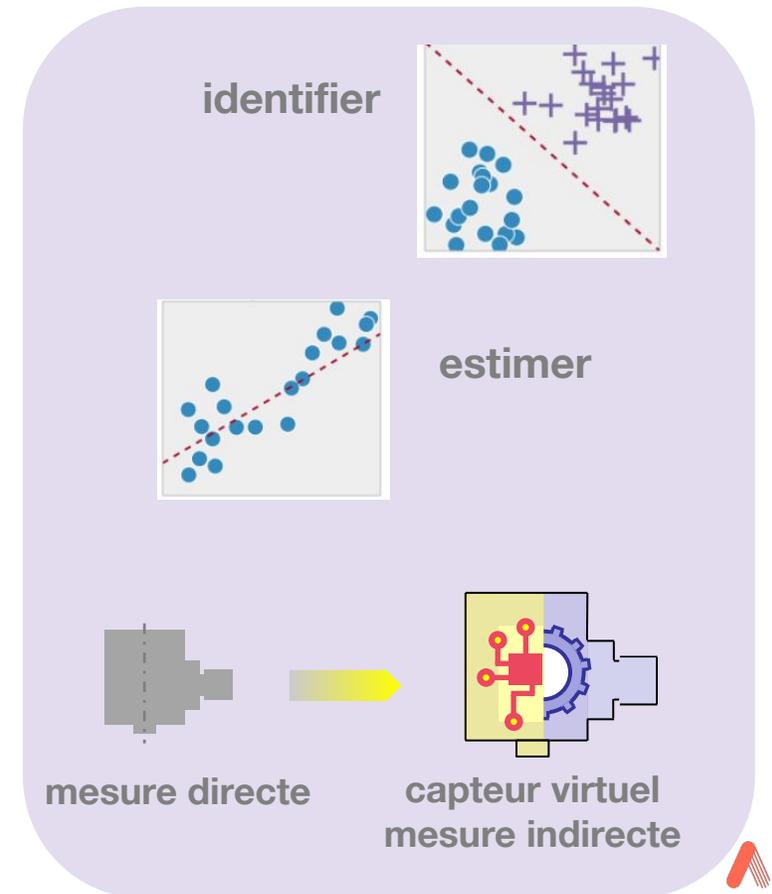
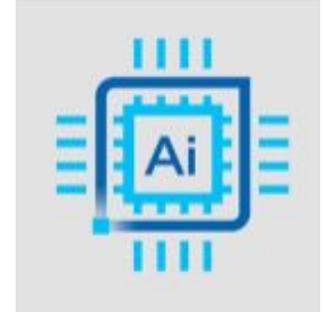
1

Introduction



Introduction

- Surveiller l'état de santé structurelle à tous les points fragiles peut nécessiter l'usage de beaucoup de capteurs, dans des zones parfois peu ou pas accessibles
- Metravib a développé des méthodes de surveillance "globale" en temps réel nécessitant peu de capteurs, capables de surveiller une structure en plusieurs points à partir de mesures indirectes.
- Ces méthodes sont basées sur un apprentissage issu des méthodes de machine learning
- Quelques exemples : de l'identification des usages associés au dommage, à la prédiction des dommages





2

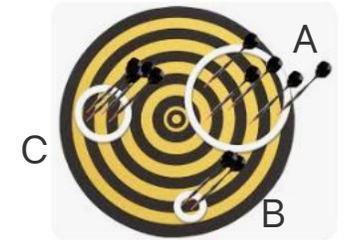
Surveillance des usages d'un véhicule



2- Classification des usages en roulage à partir des accélérations d'un véhicule

- Objectif : implémenter un **monitoring des usages pour la suspension de véhicule tout terrain**
=> **aide à la maintenance des organes critiques**

- Classifieur à 3 classes : A faiblement, B, moyennement, C fortement endommageant pour la suspension



- Une campagne d'essai est réalisée sur un véhicule sur les pistes de La Valbonne pour constituer une base de données de mesures.



- Des méthodes basées sur le machine learning sont mises en place afin d'entraîner puis valider le classifieur



2- Classification des usages en roulage à partir des accélérations d'un véhicule

•Instrumentation véhicule



GPS optionnel



Mesures directes

Capteur débattement suspension

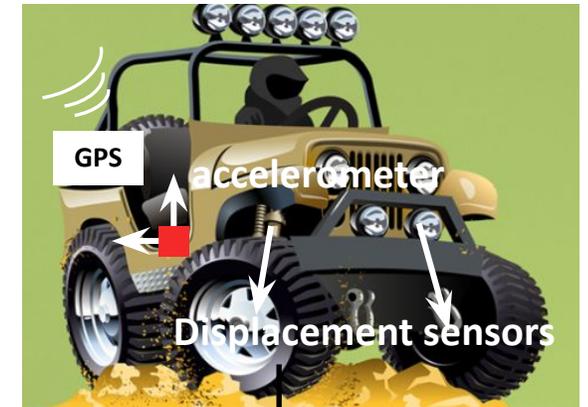
Fragile car soumise à l'environnement sévère
Utilisé uniquement pour l'apprentissage



Mesures indirectes

Accéléromètre triaxe
caisse véhicule

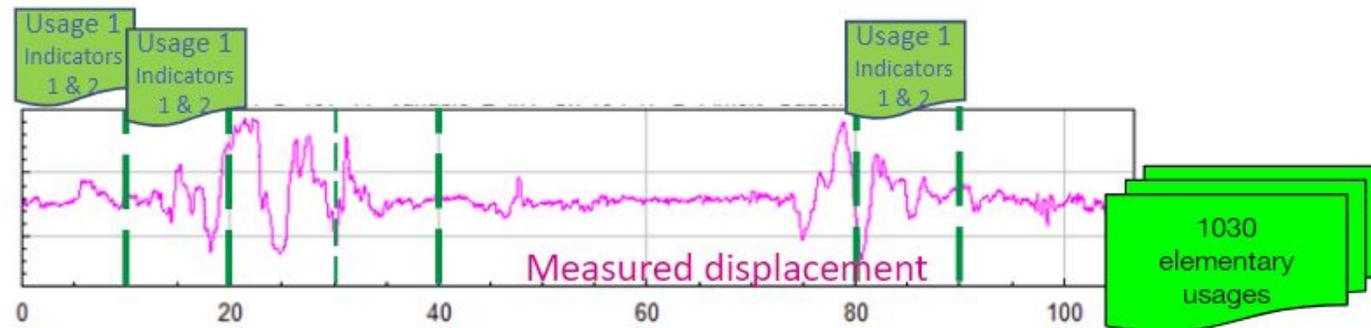
A l'abris de l'environnement
(boue, projection cailloux)



2- Classification des usages en roulage à partir des accélérations d'un véhicule

Exploitation des mesures directes (labellisation des données)

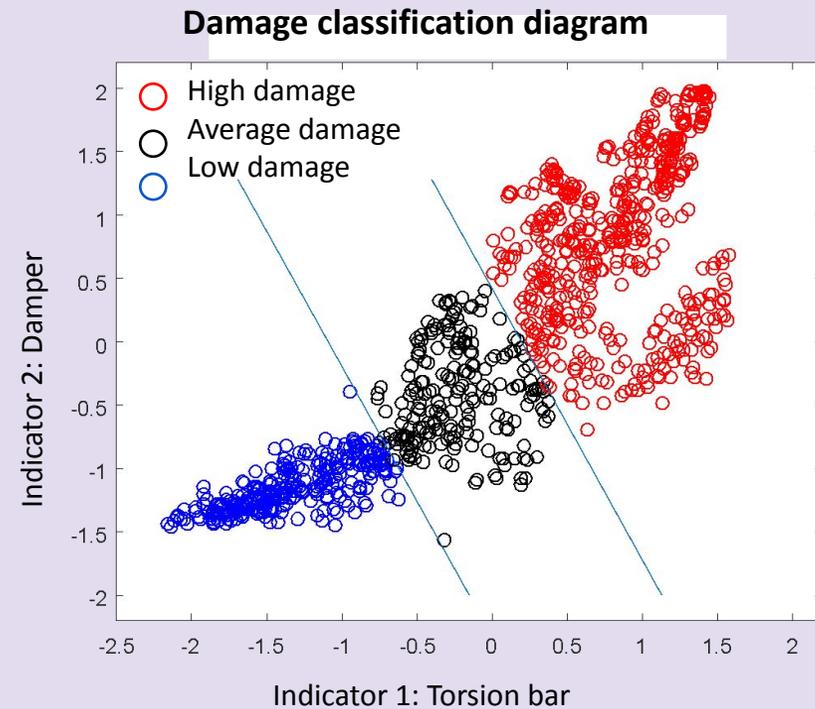
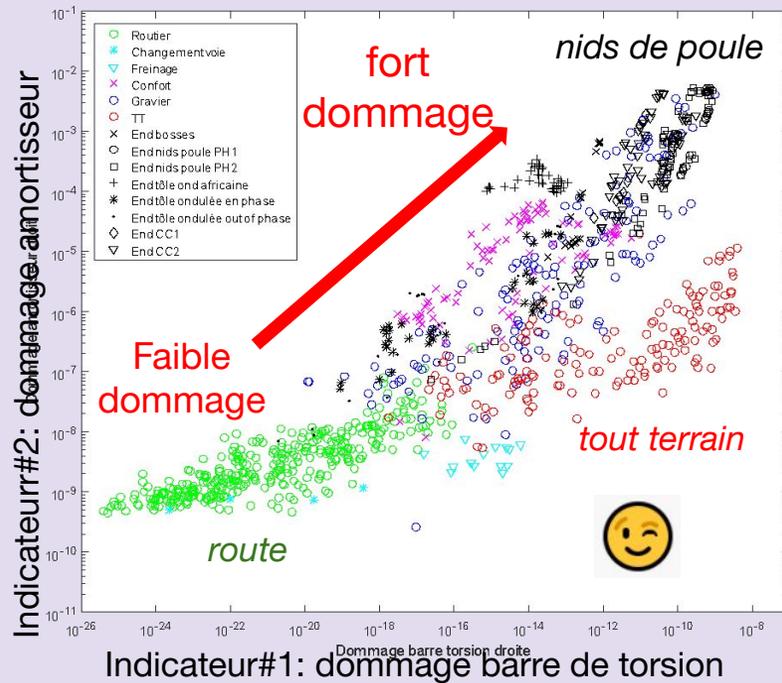
- le signal est découpé en blocs de 10 s que l'on appelle **usage élémentaire**
- Chaque usage élémentaire est "étiqueté" (A, B ou C) à partir des mesures directes à partir d'indicateurs d'endommagement permettant de classer la sévérité des usages
- On dispose au total de 1030 usages élémentaires étiquetés qui vont permettre d'utiliser les méthodes de machine learning



Découpage du signal débattement par blocs 10 s => usages élémentaires caractérisés par des indicateurs des mesures directes

2- Classification des usages en roulage à partir des accélérations d'un véhicule

Exploitation des mesures directes (labellisation des données)



2- Classification des usages en roulage à partir des accélérations d'un véhicule

● Exploitation des mesures indirectes

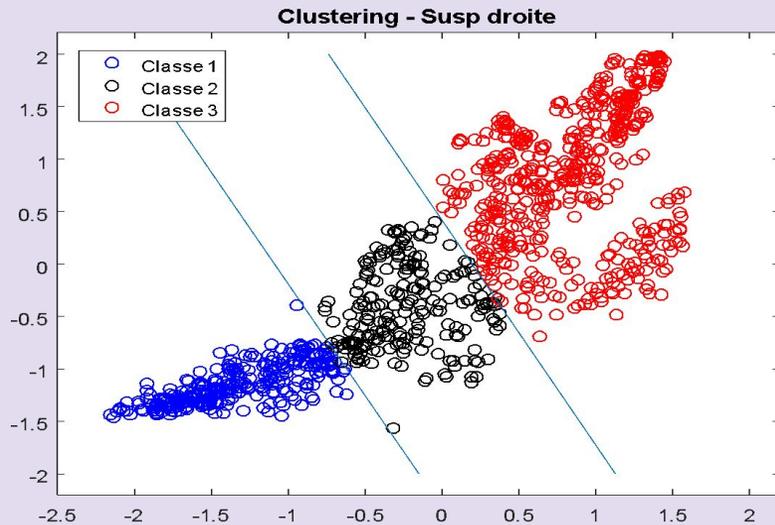
- Les accélérations sont filtrées avec un ensemble de filtres basse fréquence (représentatifs des sollicitations de roulage)
- **36 indicateurs** calculés pour chaque usage élémentaire à partir des signaux d'accélération filtrés, dont la pertinence est sélectionnée avec des méthode ML (t-SNE)
- Entraînement d'un modèle Support Vector Machine (SVM) et validation des performances à partir d'une base de validation non utilisée pour l'apprentissage



2- Classification des usages en roulage à partir des accélérations d'un véhicule

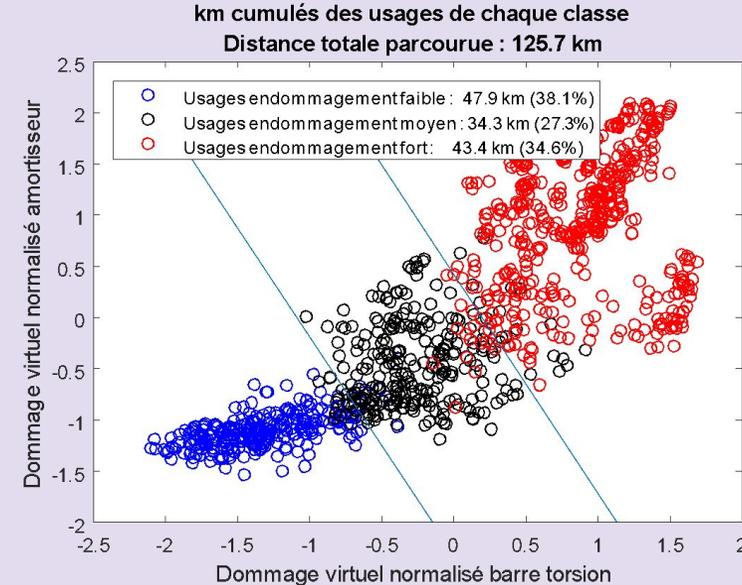
• Exploitation des mesures indirectes / résultats

Données labellisées / mesures directes

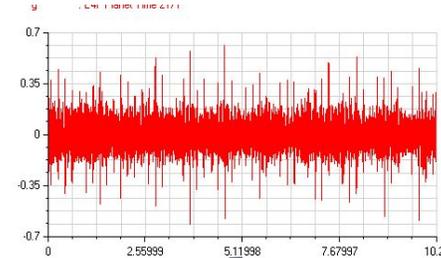


apprentissage

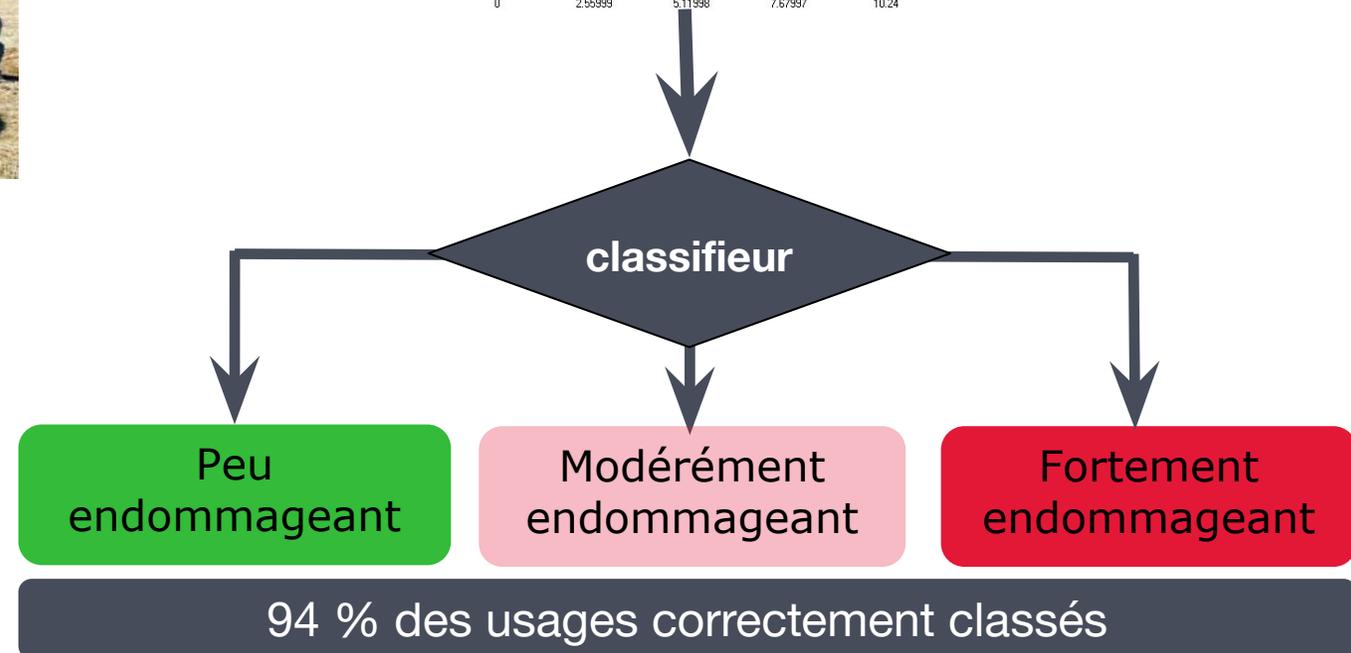
Prédictions avec mesures indirectes



2- Classification des usages en roulage à partir des accélérations d'un véhicule



*Mesures indirectes :
accélérations de la
caisse en roulage*



A large white number 3 is positioned on the left side of the image. It is overlaid on a photograph of a rocky coastline. In the background, a seagull is perched on a rock, and an offshore oil rig is visible in the distance. The foreground shows some blurred yellow-green vegetation. The right side of the image is a solid dark blue background.

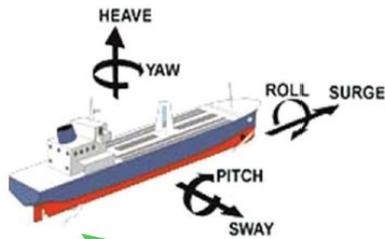
3

Surveillance risers

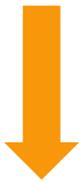


3- Surveillance des risers (Oil & Gas)

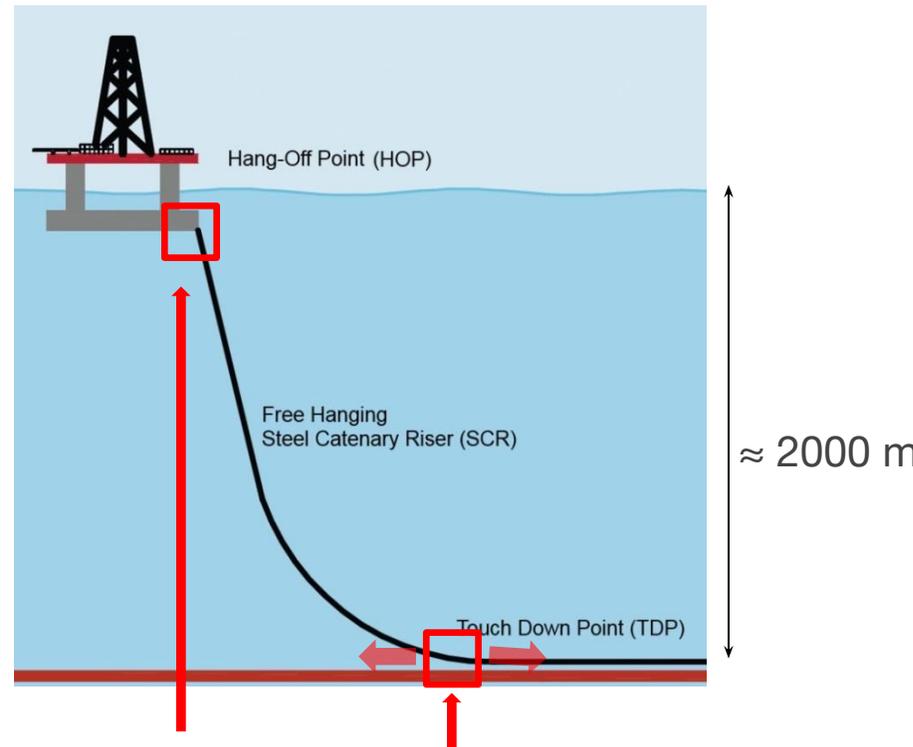
- Objectif : Outil de **monitoring** du **dommage** d'un riser (SCR) fixé au flotteur soumis aux mouvements de la houle



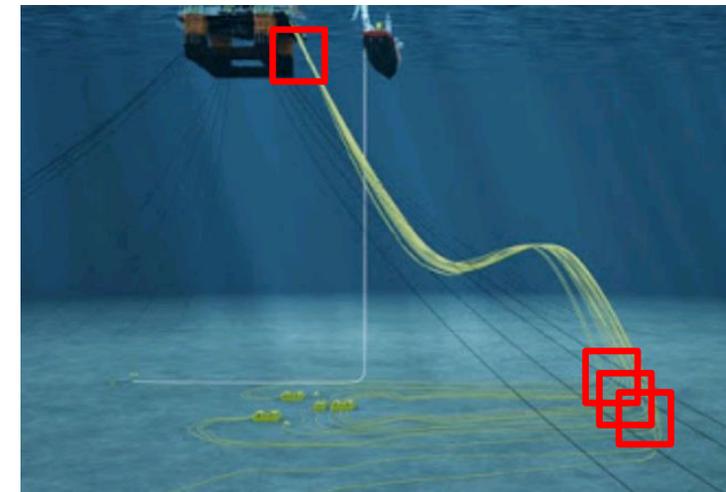
Mesures mouvements FPSO



« Fatigue mètre » :
Dommages par fatigue dans les zones critiques

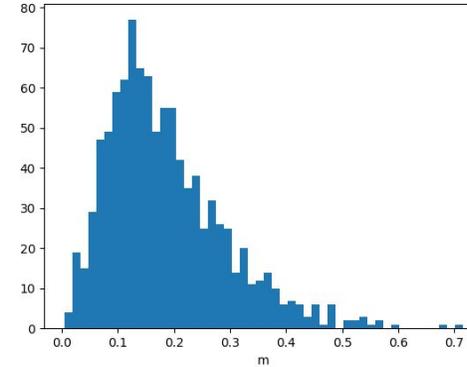


Zones critiques fortement endommagées

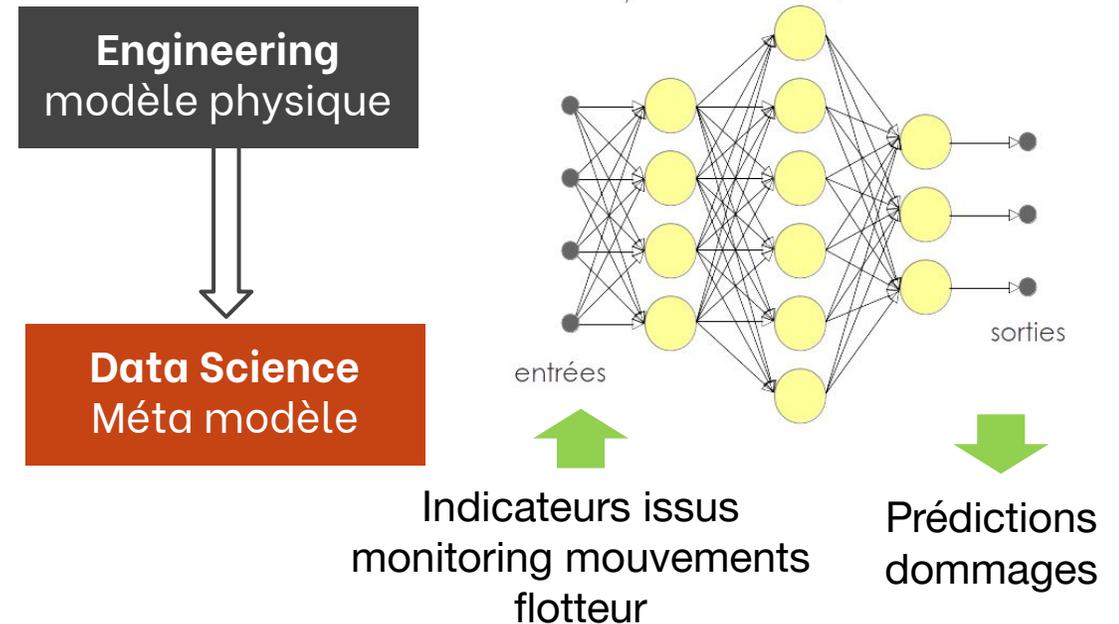


3- Surveillance des risers (Oil & Gas)

- Méthode basée sur des prédictions réalisées à partir de mesures indirectes
 - Construction d'un "jumeau numérique" = **modèle physique** éléments finis
 - Calculs des signaux et dommages aux points critiques pour 1000 états de mer différents avec le jumeau numérique (durée 1 heure / état de mer) => base d'entraînement
 - Construction d'un **Méta Modèle** (MM) à partir d'un réseau de neurones dont les entrées sont des indicateurs calculés à partir des mouvements du flotteur et corrélés aux dommages à prédire
 - Le Méta Modèle est entraîné à prédire l'endommagement par fatigue dans les zones critiques



Histogramme déplacements verticaux (Heave) normalisés (filtrés PB [0,09 - 0,13 Hz])



3- Surveillance des risers (Oil & Gas)

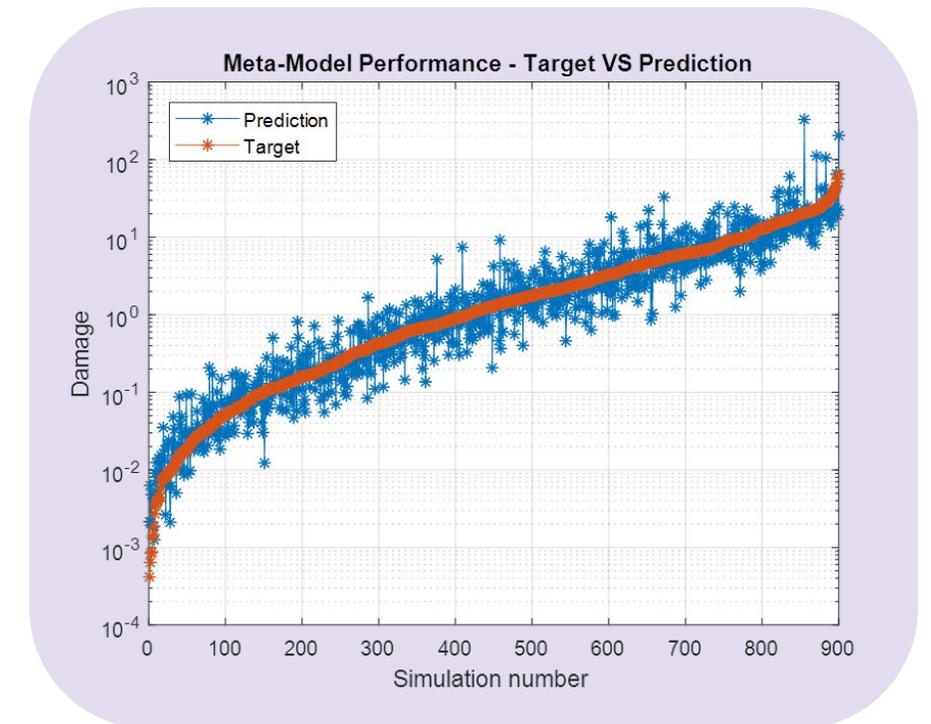
● Performances du Méta Modèle

- Erreurs inférieures à 10 % pour le dommage cumulé

● Perspectives

- Monitoring 24h/24 des mouvements de la plateforme avec une centrale inertielle
- Prédiction des dommages à partir du méta modèle embarqué dans le data logger
- Affichage du dommage et durée de vie restante
- Méthode générique applicable à d'autres structures

Exemple: dommages pour différents états de mer
Dommages calculés avec le modèle physique
Dommages prédits avec le Méta Modèle entraîné à partir des mesures indirectes





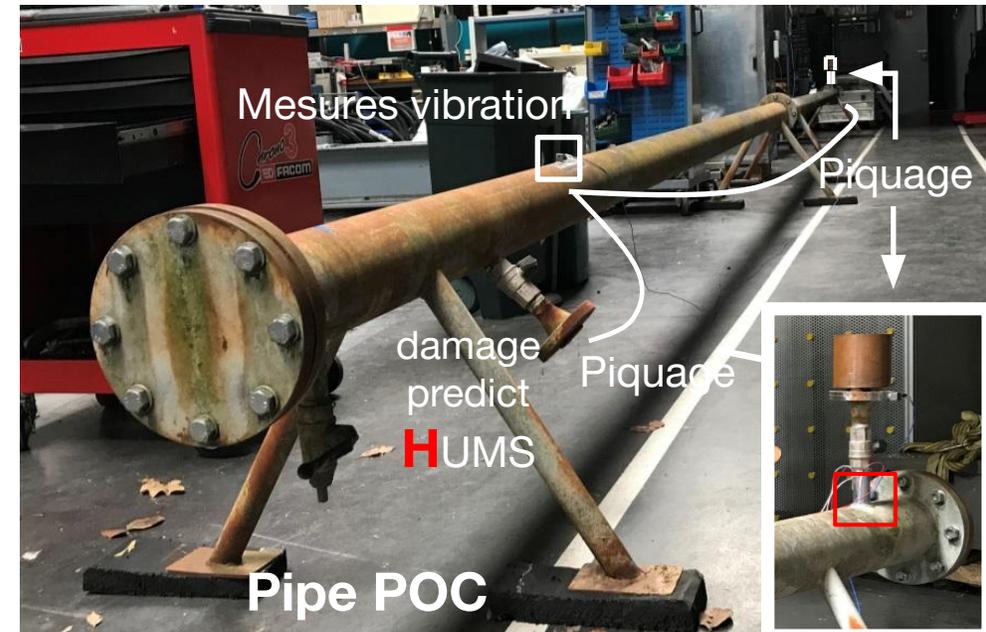
4

Surveillance piquages sensibles



4. Monitoring piquages sensibles

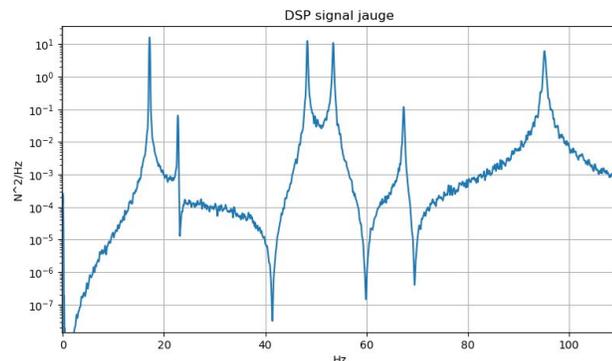
- Proof of Concept dédié au monitoring de “piquages sensibles”
 - Maquette : collecteur excité par différents types d’écoulements
 - Éléments fragiles à surveiller : soudures en pied des piquages
 - Dommages estimés en pied de piquage :
 - À partir des accélérations mesurées sur le collecteur à 6 ou 11 mètres du piquage
 - Avec des modèles entraînés



4. Monitoring piquages sensibles

● Performances du modèle de prédiction

- Maquette : collecteur excité par différents types d'écoulements
- Éléments fragiles à surveiller : soudures en pied des piquages
- Dommages estimés en pied de piquage :
 - À partir des accélérations mesurées sur le collecteur à 6 ou 11 mètres du piquage
 - Erreur de 1% vs. le dommage cumulé, même lorsque la prédiction est effectuée à partir d'écoulements non utilisés pour l'entraînement

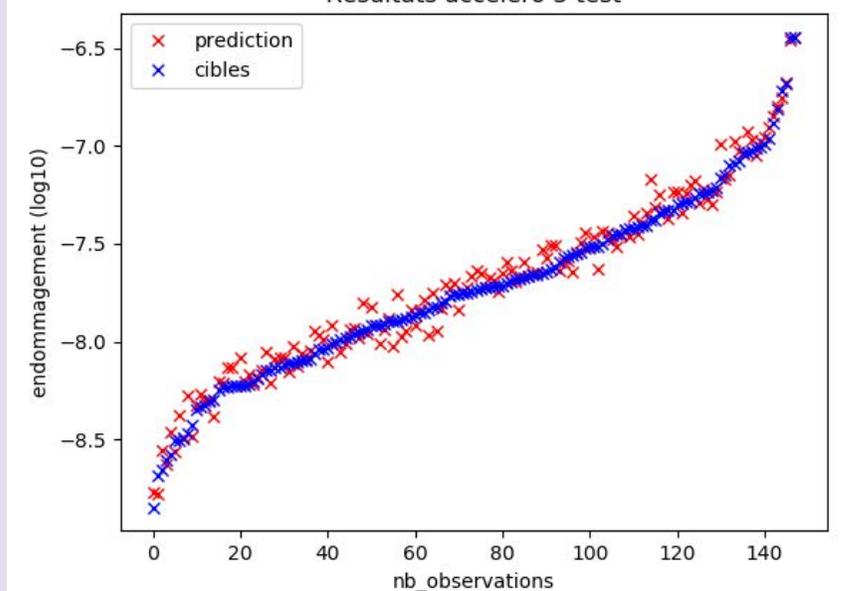


Modes propres excités par l'écoulement

Résultats obtenus à partir de l'accéléromètre à 6 m du piquage et pour la base de test non utilisée pour l'entraînement

x Dommage réels

x Dommages estimés (erreur dommage cumulé 1%)



A large white number '5' is the central focus, positioned on the left side of the frame. It is overlaid on a photograph of a rocky coastline. A seagull is perched on a rock to the left of the number's stem. In the background, an offshore oil platform is visible in the ocean. The right side of the image is a solid dark blue background.

5

Hydroptère 2.0





Smart Structure Monitoring Hydroptere 2.0

Projet Smart Structure Monitoring Hydroptère2.0

Un concept technologique innovant

- ❑ Système de **Surveillance temps réel** de l'état de chargement des zones critiques
- ❑ **Alertes** si dépassements de seuils & **Historique** de l'endommagement
- ❑ **Instrumentation ultra-light** combinée à une **Intelligence Artificielle** embarquée et un **jumeau numérique** (concept de capteurs virtuels)

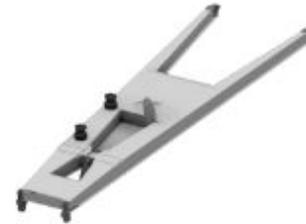


Un consortium soudé & complémentaire



Une plateforme "démonstrateur"

- ❑ Démonstrateur technologique
- ❑ Complexité structurelle
- ❑ Découpage par sous-ensembles
- ❑ Mutualisation essais en mer
- ❑ Combinaison des technologies pour la validation



Des marques de soutien et des perspectives Business

- ❑ Labellisation **Pôle EMC2**
- ❑ Labellisation **Pôle Mer Bretagne Atlantique**
- ❑ Phase de sélection **CORIMER 2022 / BPI France**
- ❑ Marché visé : Surveillance digitalisée de structures maritimes



Thank you

metravib-design.com

 Metravib Design

