EASYTECH

DÉCOUVREZ LES COMPÉTENCES DES LABORATOIRES QUI INTERVIENNENT DANS LE PROGRAMME EASYTECH

NANOELEC.

20 ANS MINALOGIC Auvergne-Rhône-Alpes

Le programme

EASYTECH
L'INNOVATION FACILE POUR LES PME

De

NANOELEC.

Partenaires ORDC

CAP'TRONIC

GRENOBLE INP UGA

cea

Focus

microélectronique, photonique/systèmes embarqués

Soutenu par

FRANCE 2030

clermont auvergne métropole

SÉM SAINT-ÉTIENNE la métropole

valence romans AGGLO

Laboratoire Signaux et Systèmes Capteurs – LSSC

Franck VIAL

CEA-Leti

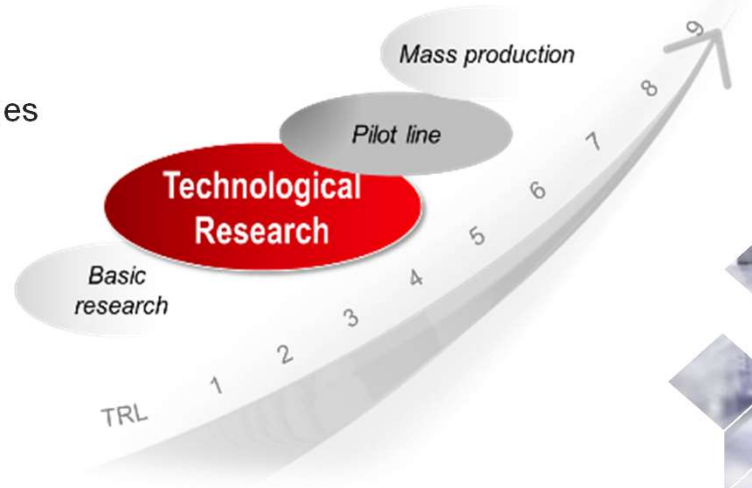
Chiffres clés

Créé en **1967**
2 000 employés

+300 brevets / an (3 200 brevets en portefeuille)
75 startups créées ces 20 dernières années
3 500 emplois associés

700 équipements
11 000 m² de salles blanches

300 M€ de budget
85 % de contrats de R&D

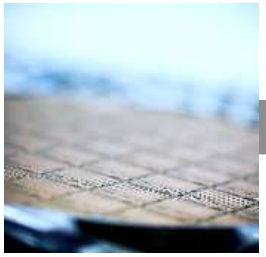


Technologies pour la **médecine** du **futur**

Technologies pour la **transition numérique**

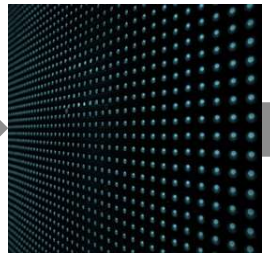
Technologies pour la **transition énergétique**

System Division: roots in hardware, application-driven



Materials

SOI, SiC GaN, III-V, 2D materials…



Foundry Processes

Si Photonic, CMOS FDSOI, PCRAM, OXRAM, 3D Hybrid Bonding, MEMS…

Components Devices

µLED, T-MOS, RF Switch, Passive (L,C), eNVM, 3D interfaces, PMUT, 3-Axis MEMS…

Functions & Architectures

Optical links, Display, Lidar RF Front-end, Transceivers, Sensors & actuators, Power converters, BMS, Root-of-trust, Secured Elements

Middleware & Algorithms

Smart monitoring, Protocol & Network layers, Data fusion, tracking & classification algorithms, cybersecurity…

Services & Products

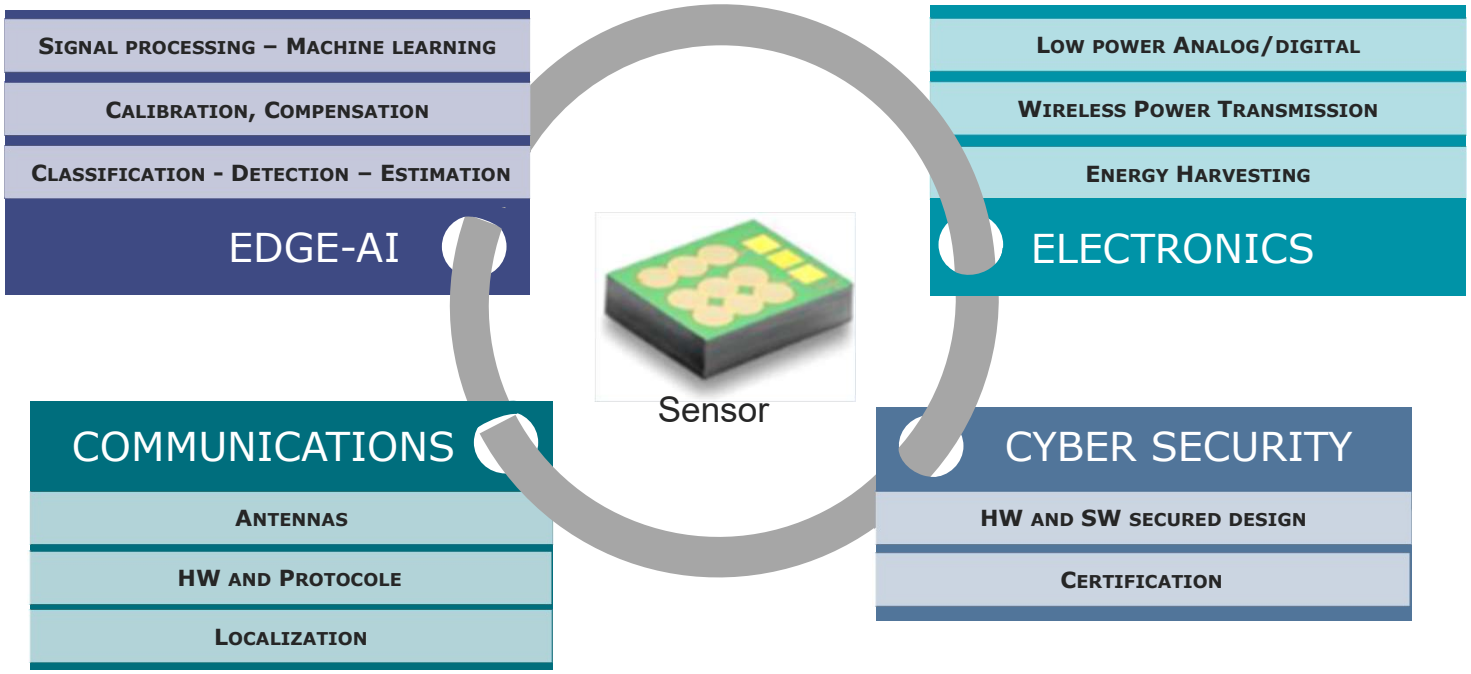
Localization, ADAS, Private networks, Power management, Space & Defense specific products, Bioproduction…

Leti Technology Divisions

Leti System Division

- **Wireless communication**
- **Power electronics**
- **Cyber security**
- **Sensors systems**

Sensor(s) systems at DSYS



COMPLEX ENVIRONMENTS

- Harsh environments
- Constrained environments

ECO INNOVATION

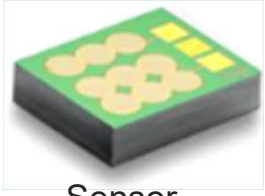
- Sustainable tech
- Tech for sustainability

Sensor(s) systems at DSYS

LSSC

EDGE-AI
- Signal processing – Machine learning
- Calibration, Compensation
- Classification - Detection – Estimation

ELECTRONICS
- Low power Analog/digital
- Wireless Power Transmission
- Energy Harvesting



Sensor

COMMUNICATIONS
- Antennas
- HW and Protocole
- Localization

CYBER SECURITY
- HW and SW secured design
- Certification

COMPLEX ENVIRONMENTS
- Harsh environments
- Constrained environments

ECO INNOVATION
- Sustainable tech
- Tech for sustainability

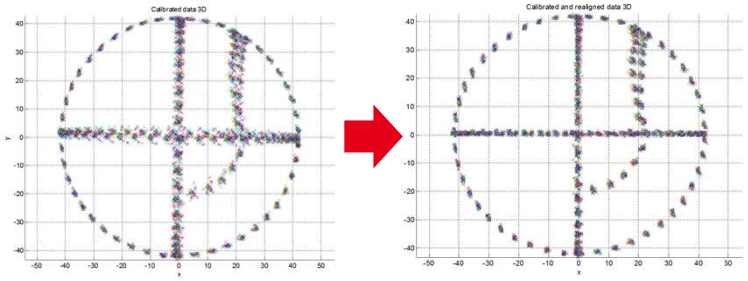
Fiabilisation des données

➔ **Un prérequis incontournable !**

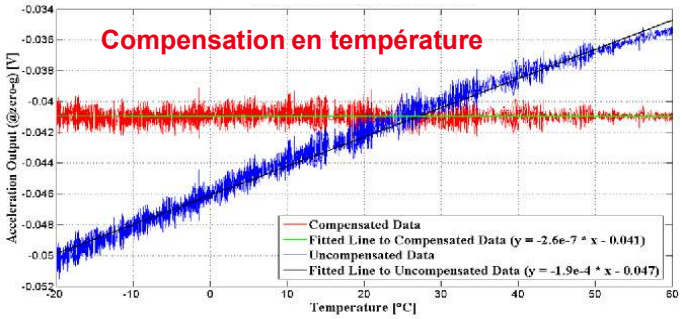
✓ **Calibration**
- ⇒ En ajustant la mesure par rapport à une référence connue
- ⇒ Erreur systématique – correction initiale et périodique

Ré-orthogonalisation d'un capteur tri-axe

***Avant** calibration* ***Après** calibration*



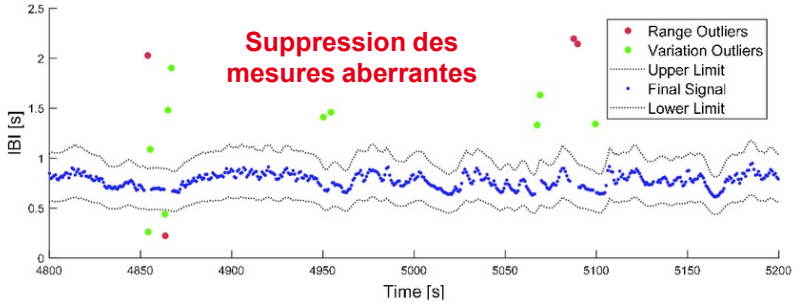
✓ **Compensation**
- ⇒ En corrigeant la mesure en fonction des paramètres influents
- ⇒ Erreur évolutive - correction dynamique



Source : T. Kose & Al, Temperature compensation of a capacitive MEMS accelerometer by using a MEMS oscillator, IEEE Inertial 2016

✓ **Nettoyage des données**
- Etiquetage temporel des mesures
- Synchronisation des flux de mesures
- Correction des mesures manquantes / aberrantes
- Annotation des mesures

…



Développement de l'algorithme

De nombreuses techniques à disposition, dont le choix dépend :

- Du type de problème à résoudre :
  - **Estimation** (signal ou paramètres – valeurs continues)
  - **Classification** (classes prédéfinies – valeurs discrètes)
  - **Détection** (apparition d'un évènement – valeur binaire)

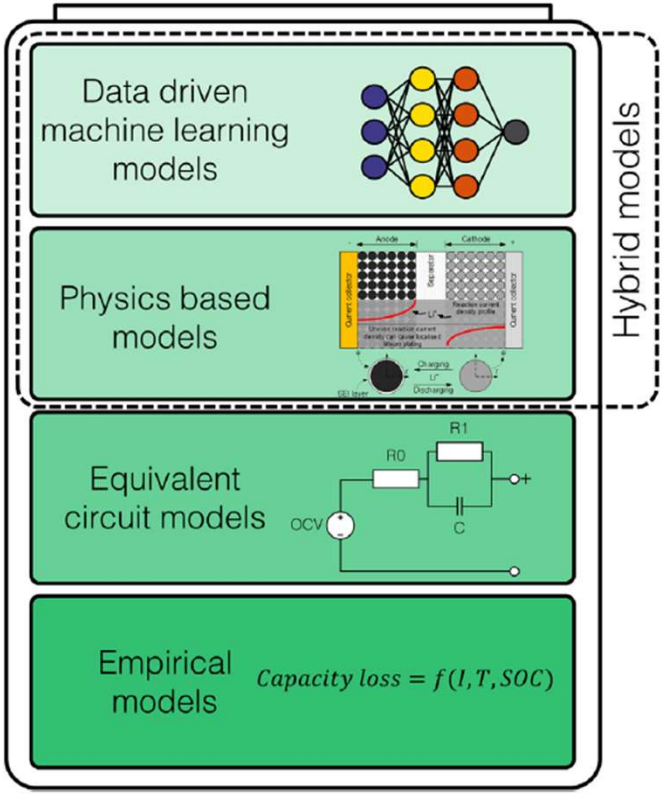
Estimation

Classification

- Des **contraintes de l'application**
  - Nombre et type des capteurs
  - Limitations matérielles (capacités CPU / mémoire)
  - Réactivité
  - Autonomie énergétique

Développement de l'algorithme

Différentes approches peuvent être utilisées :



Critère	Data-Based	Physics-Informed	Model-Based
Capacité de découverte de relations complexes	Forte	Moyenne	Faible
Dépendance à la donnée	Forte	Moyenne	Faible
Pouvoir de généralisation	Faible - moyen	Moyen - fort	Fort
Explicabilité	Faible	Moyenne - forte	Forte

Taille de base de données requise

\+ -

➔ **L'IA (data-based) n'est pas toujours LA solution**

LSSC activities overview

Characterization
Calibration
Compensation

Sensors knowledge

Characterization test bench

Data collection

Data acquisition SW platform

Detection
Estimation
Classification

Data processing

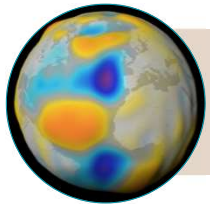
Machine learning SW platform

Demo SW HMI

- ✓ Database quality
- ✓ **Optimal algorithm**

- ✓ Sensor specification
- ✓ CPU specification

Motion Observer
Falls detection
Gesture estimation



Environment Observer
Magnetic surveillance
Radar sensing

Predictive Maintenance
Anomaly detection
Advanced estimators

Motion Observer

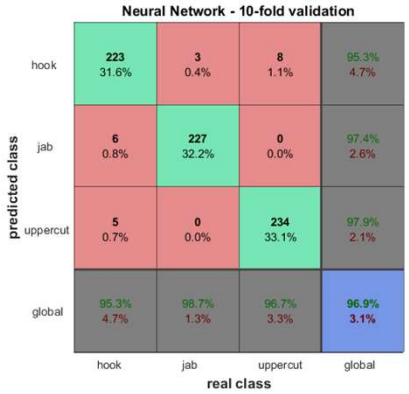
➢ Exemple : **reconnaissance des gestes de boxe**

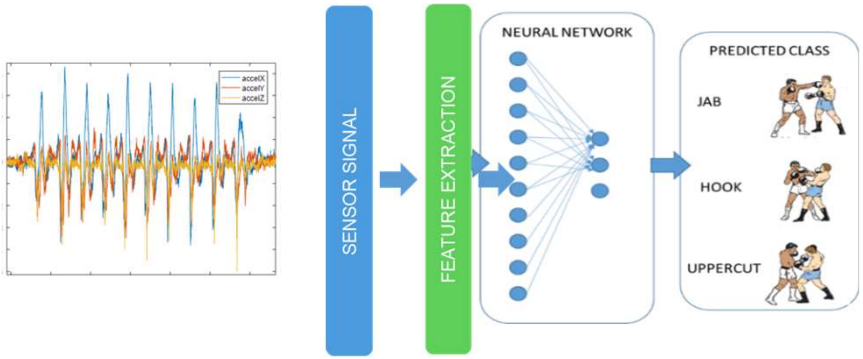
- Développement d'un bracelet de reconnaissance de gestes à partir de capteurs inertiels (AG), lors d'une séquence continue de gestes

- Résultats :
  - ✓ Constitution d'une base de données supervisée (~800 gestes - 9 boxeurs)
  - ✓ Machine d'état pour isoler les signaux d'intérêt
  - ✓ Algorithme de classification des gestes (IA) compatible temps réel
  - ✓ Portage sur microcontrolleur STM32 cortex M4
  - ✓ Evaluation des performances
    - ➔ Taux de reconnaissance : ~85% sur nouveau boxer (>95% sur boxer appris)

breveté

Confusion matrix

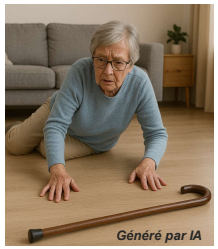




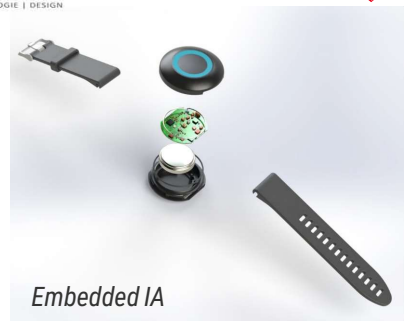
CPU Arm Cortex M4

Implementation type	Accuracy (%)	Execution (us)	Sizes (kBytes)	Power (nWh)
Raw code	99,43	76	1,53	0,618

Motion Observer



SOLEM
INNOVATION | TECHNOLOGIE | DESIGN



© SOLEM

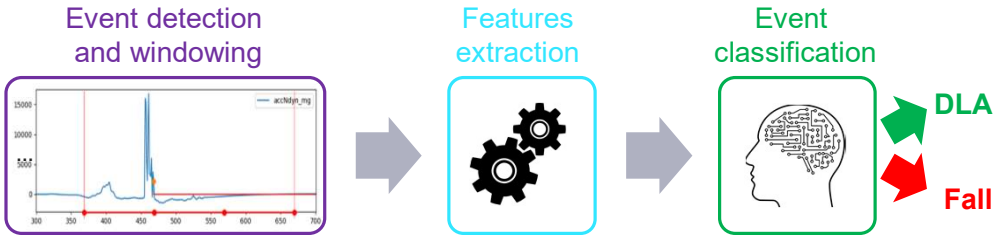
➢ Exemple : **détecteur de chute pour personnes âgées**

- Développement d'un algorithme de détection des chutes intégré à un bracelet ou à un pendentif
- Objectifs :
  - Détection de chute : sensibilité >60%
  - Robustesse aux fausses alarmes causées par les activités de la vie quotidienne : FA<1/semaine, spécificité >98%

- Résultats :
  - Solution basée sur accéléromètre basse consommation
  - Machine d'états + classifieur de type Random Forest Regressor
  - ✓ Performances de classification au-delà des objectifs
  - ✓ Compatible avec microcontrôleur cortex M4
  - ✓ **Autonomie >1,5 an** avec pile bouton 600mAh

breveté

➔ *Commercialisé depuis octobre 2024*



Classification Performance	Random Forest Regressor	*Database*
Bracelet	Specificity : 99.5% Sensivity : 69.4%	*1272 Falls* *32589 DLA*
Pendant	Specificity : 99.1% Sensitivity : 91.0%	*1217 Falls* *8193 DLA*

Motion Observer

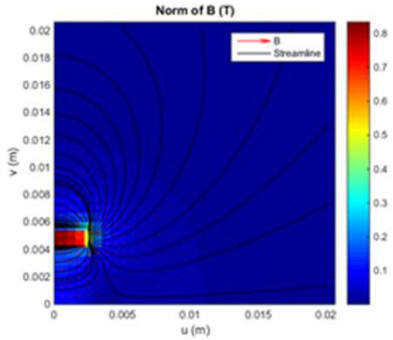
© ami

© ami

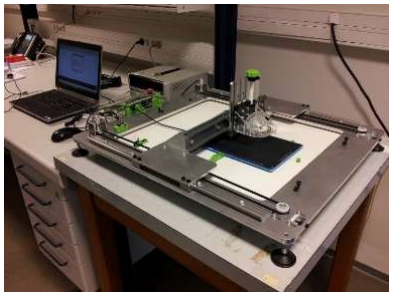
- Exemple : **numérisation de l'écriture**

  - ✓ Localisation 5D d'un aimant, avec précision submillimetrique
  - ✓ Algorithme embarqué sur microcontrôleur basse consommation
  - ✓ Estimation de trajectoire @140Hz

breveté



  - ✓ Banc de calibration
  - ✓ Banc de caractérisation amagnétique dédié

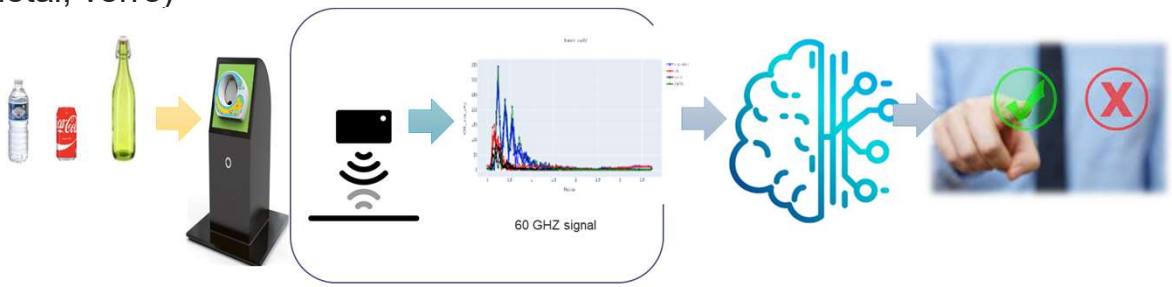


Environment Observer
Radar sensing

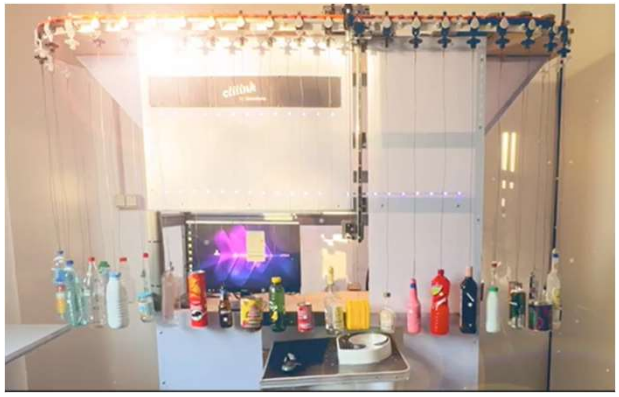
terradona

EASYTECH
L'INNOVATION FACILE POUR LES PME

- **Incitation au tri des déchets**
  - Conteneur connecté, avec programme de récompense
  - Identification des matériaux (plastique, métal, verre)
  - Environnement sévère



- **Solution**
  - Système radar 60GHz
  - Réalisation du dispositif expérimental
  - Acquisition d'une base de données annotée
  - Développement de l'algorithme de classification



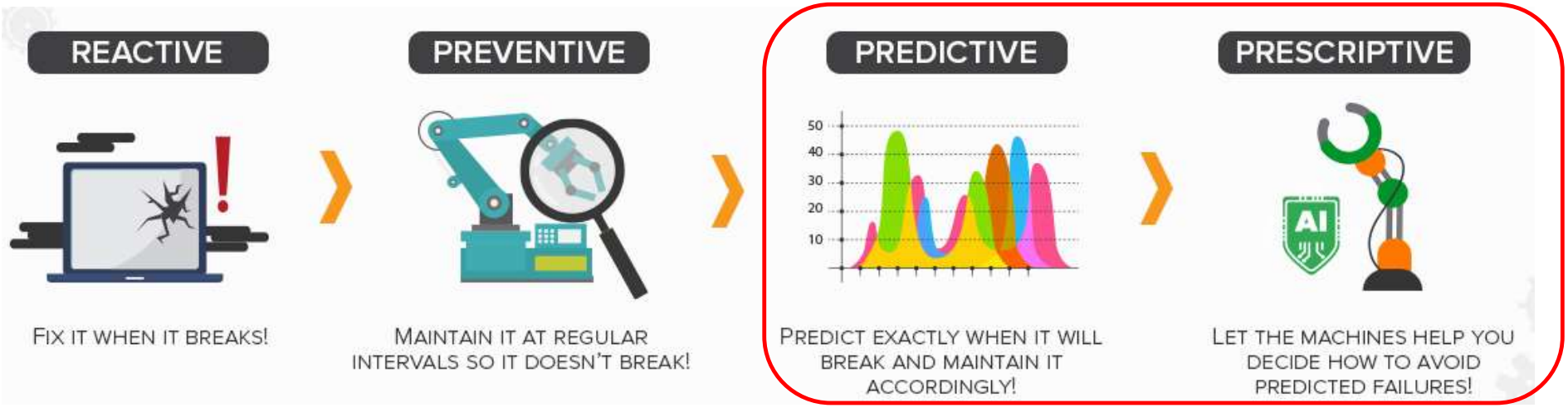
© terradona

- Intégration produit par Terradona
- Commercialisé depuis 2024 (4500 conteneurs)

Cliiink®

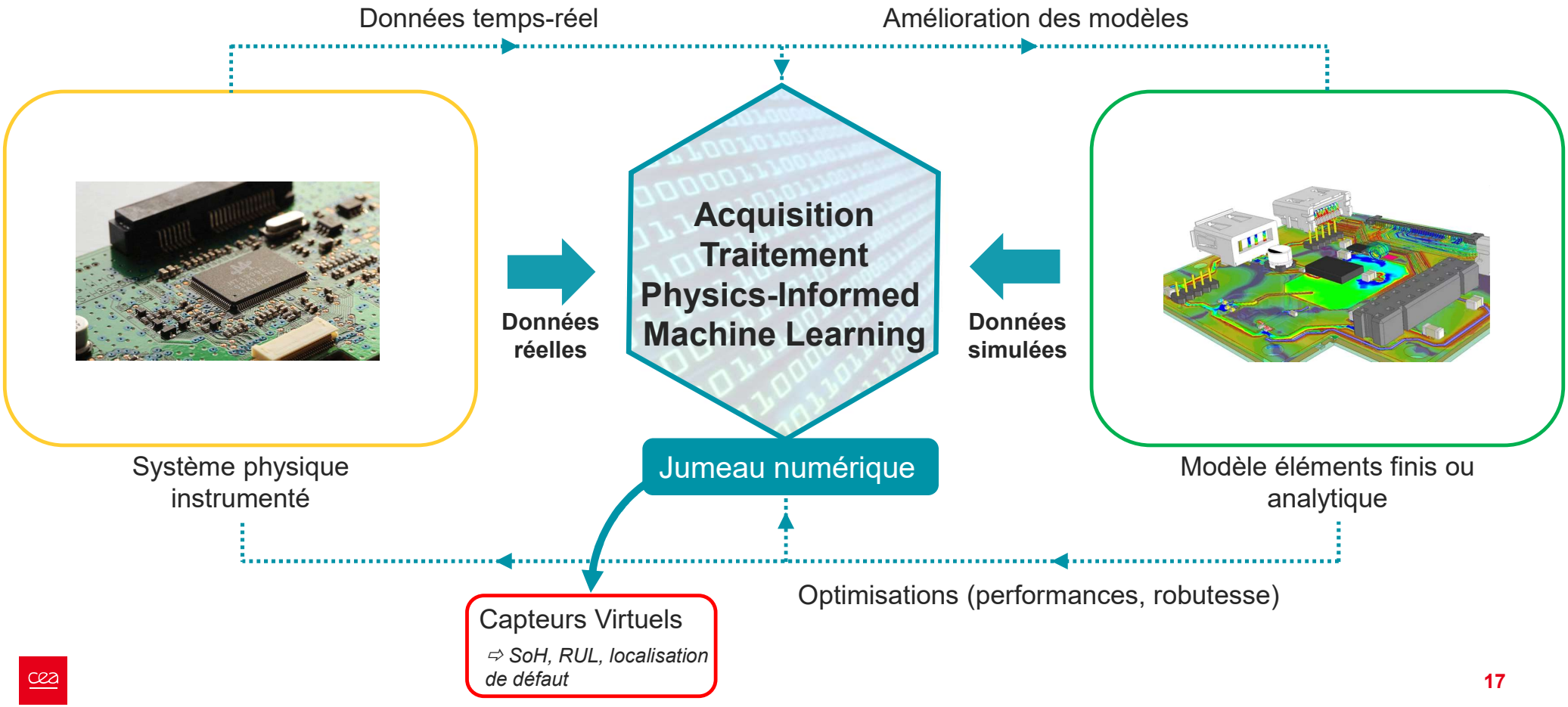
© terradona

Industrie 4.0
Maintenance prescriptive



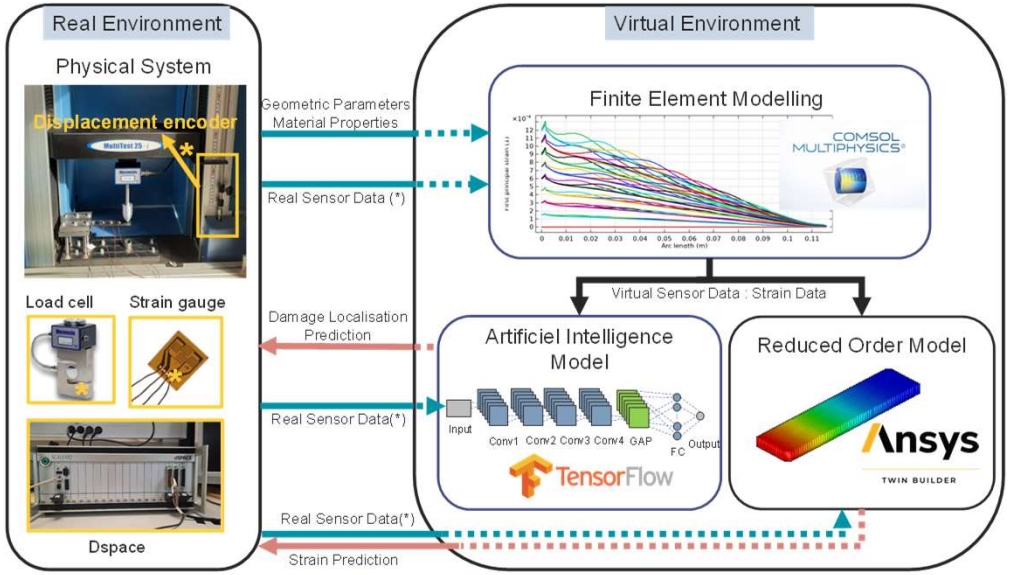
- Maintenance **prévisionnelle**:
  - Prévoit l'évolution des performances du système dans le temps
  - Prévoit les pannes avant qu'elles ne se produisent et maintient les performances
- Maintenance **prescriptive**:
  - Prévoit l'évolution des performances du système dans le temps
  - Introduit une rétro-action sur le système pour maintenir ses performances sur la durée

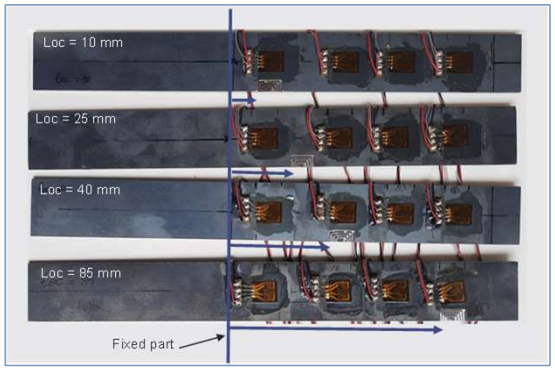
Industrie 4.0
Maintenance prescriptive : jumeau numérique et capteurs virtuels



Industrie 4.0

Maintenance predictive : application à la localisation de défauts





Location	True Notch Location(mm)	Predicted Notch Location(mm)	Error Location [a](mm)
1	10	11.21	1.21
2	25	25.91	0.91
3	40	44.79	4.79

Industrie 4.0

Maintenance prescriptive : estimateur de santé d'un convertisseur

Estimation du rendement du convertisseur de puissance, par ultrasons

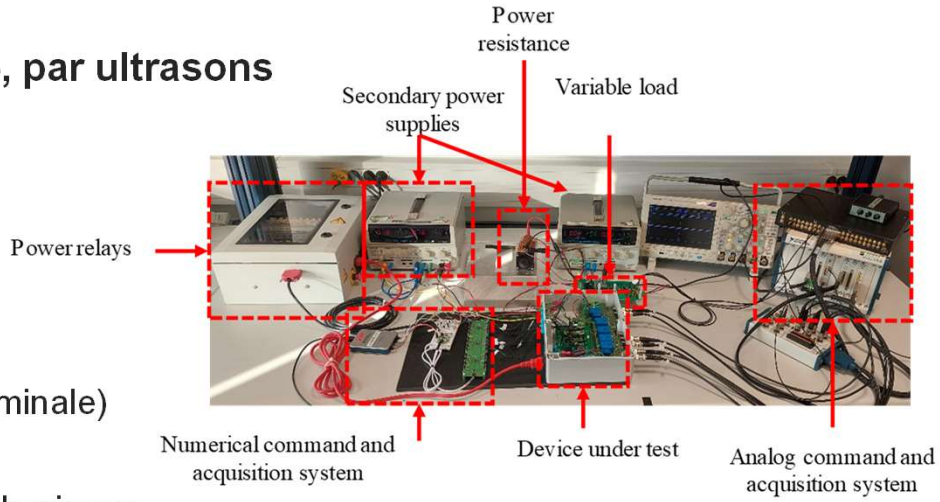
- Avantages de la modalité ultrason:
  - Instrumentation peu intrusive
  - Détection de signes précurseurs de défaillance

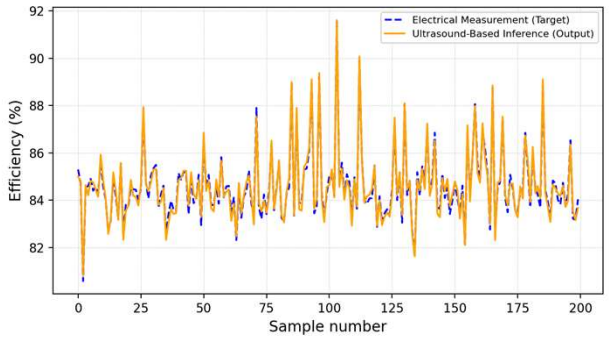
- Création d'une base de données avec banc de mesure dédié
  - Différentes conditions de charge (80% à 120% de la valeur nominale)

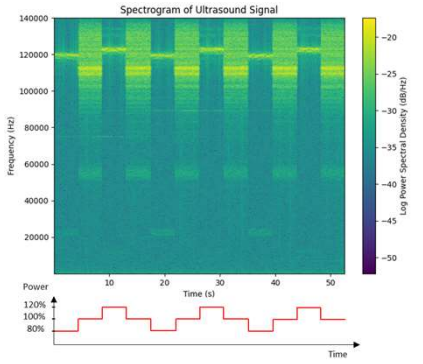
- Approche **PIML :** auto-encodeur + intégration de considérations physiques dans la fonction de coût

- Erreur moyenne sur l'estimation du rendement **< 0,8%**

breveté







➔ **Suite :**

- ✓ Etablissement d'un modèle rendement vs vieillissement et estimation de RUL
- ✓ Extension à d'autres composants, pour contrôle optimal / préconisations seconde vie

Conclusion

Les messages clés:

- Le LSSC développe des algorithmes **proches capteurs, frugaux en énergie et/ou en données**
- **Les objectifs et les exigences de l'application doivent être clairement définis** afin de proposer et de mettre en œuvre la solution la plus appropriée (système de capteurs et traitement des données)
- Il faut soigner la **qualité des données** et mener les campagnes de mesures en conséquence
- **L'IA n'est pas une baguette magique**… et nécessite des données d'entrée de qualité et en quantité
- Le **PIML est une approche intéressante pour réduire les besoins en données** tout en compensant les limitations des modèles physiques

Merci

CEA-Leti, Grenoble, France

cea-leti.com

franck.vial@cea.fr

T. + 33 (0)4 38 78 62 65

Florent BOUVIER

Responsable Programme Easytech
Référent Programme Partenariats Innovation
Minalogic
florent.bouvier@minalogic.com

Franck VIAL

Chef du Laboratoire Signaux et Systèmes de Capteurs
CEA-Leti
CEA
franck.vial@cea.fr