

# NRTW 2026

## National **Reliability** Technology Workshop

Mercredi 1<sup>er</sup> & jeudi 2 avril 2026 | Grenoble

### IA parcimonieuse Fiabilité prédictive des composants électroniques

Nicolas GARDAN  
XILAB3D+  
[ngardan@xilab.tech](mailto:ngardan@xilab.tech)



Organisé par :



Financé par :



1. Qui sommes nous ?
2. Définitions
3. L'IA parcimonieuse avec NeurEco
4. Cas concrets

# Qui sommes nous

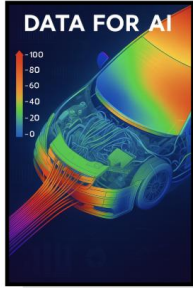
MINISTÈRE
   
 CHARGÉ
   
 DE L'ENSEIGNEMENT
   
 SUPÉRIEUR
   
 ET DE LA RECHERCHE
   
Liberté
  
Égalité
  
Fraternité

**JEI**
  
 Jeune
   
 entreprise
   
 innovante

DEPUIS
   
 2024



20 ans
   
 d'expérience
   
 fondateurs



1

**Ingénierie agile**

FEM, CFD, IA Parcimonieuse, FA

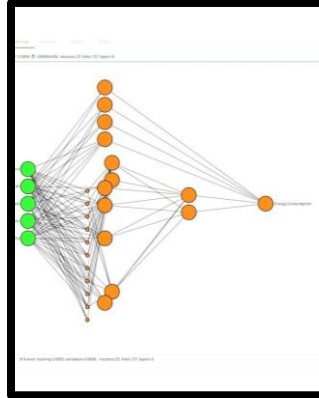
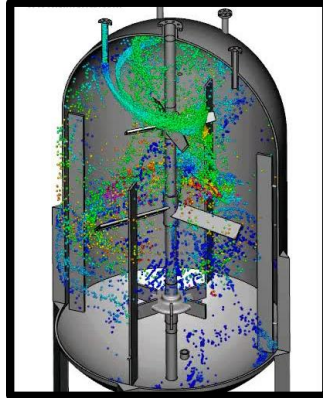
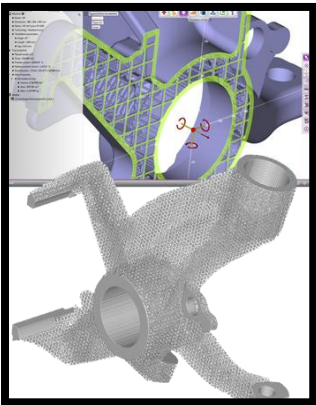
2

**Jumeaux numériques**

R&D, POC, développement logiciels



L'innovation
   
 a du goût
   
 Le mouton à
   
 5 pattes de
   
 Sisteron



Nous nous appuyons sur un réseau



Expert IA Move2Digital



Responsable atelier IA



**digit'alpes**  
DU SUD

# Définitions (1/4) : positionnement

Jumeaux  
Numériques

## IA GENERATIVE

Assistant de bureau et de création



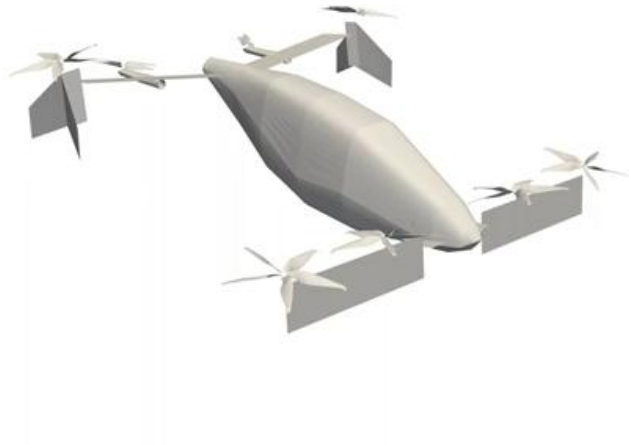
## IA PHYSIQUE

Assistant de terrain et d'action



Impact écologique et éthique

# Définitions (2/4) : les jumeaux numériques



(src : FLOWUnsteady)

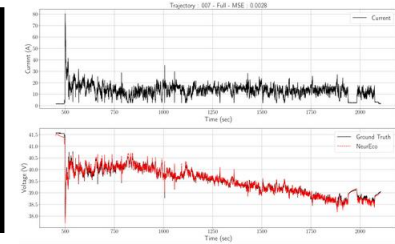
Virtual Twin

**Creation of a digital twin of the battery**

- **Input:** Intensity, Ambient temperature, State of charge/health estimation
- **Output:** the voltage
- **Model:** NeurEco dynamic (embeddable)

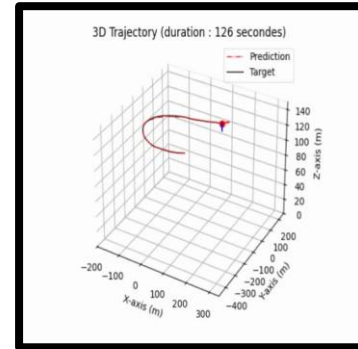
The digital twin allows to estimate

- SoH (State of Health of the battery)
- SoC (State of Charge of the battery)
- Optimal battery management



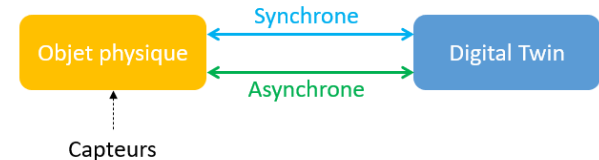
DELAIR

NEURECO

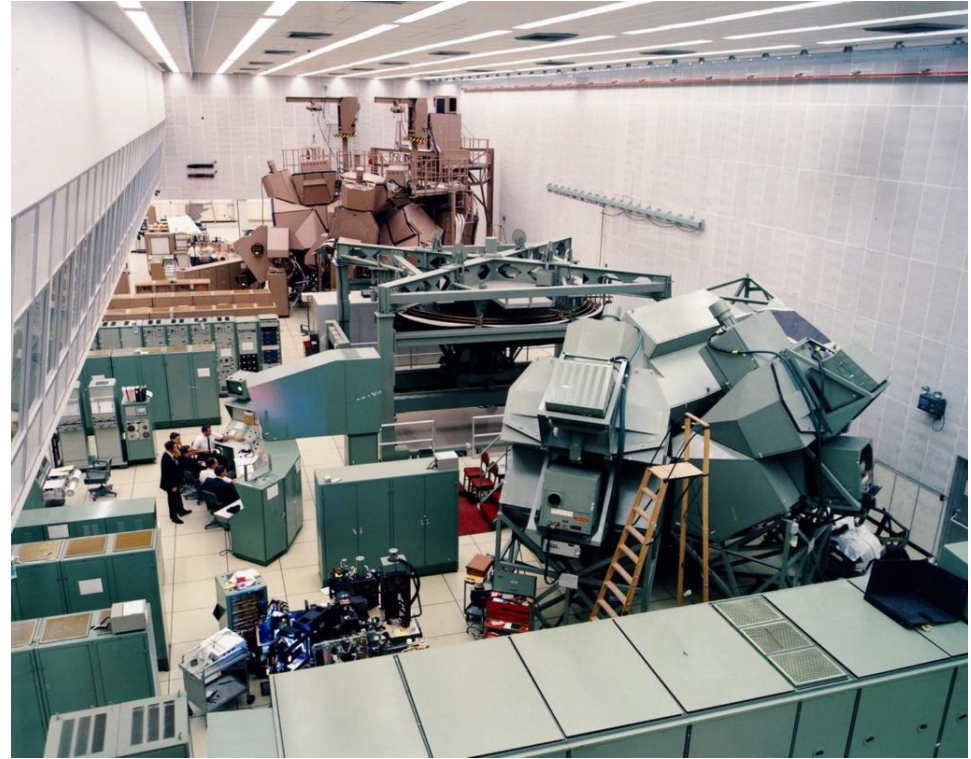


Digital Twin

Relier un simulateur numérique à un objet physique en fonctionnement à l'aide de capteurs



# Définitions (3/4) : les jumeaux numériques



```

02 07 50 58  CC  13, we've got one more item for you, when you
02 07 53 06  CMP  Okay.
02 07 53 07  CC  -- for looking at the Comet Bennett, if you
02 07 53 12  CMP  Okay. Stand by.
02 07 55 19  LMP  Okay, Houston --
02 07 55 20  CDR  I believe we've had a problem here.
02 07 55 28  CC  This is Houston. Say again, please.
02 07 55 35  CDR  Houston, we've had a problem. We've had a
02 07 55 42  CC  Roger. MAIN B UNDERVOLT.
02 07 55 58  CC  Okay, stand by, 13. We're looking at it.
    
```

Asynchrone vs Synchronne

15 simulateurs

Digital Twin > John Vickers 2002

# Définitions (4/4) : L'IA frugale ou parcimonieuse

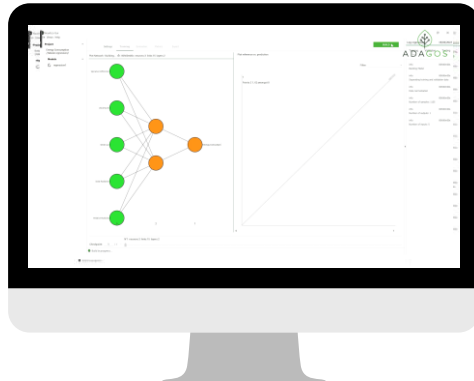
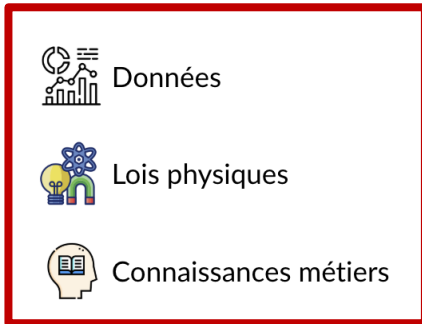
Rasoir d'Ockham

Privilégie l'utilisation minimale de **ressources computationnelles**, **énergétiques** et de **données**, tout en maintenant des **performances élevées**

RNN informé par la physique

Lien de causes à effets nécessaire : capteurs thermiques, vibratoires, IMU, ...

Domaine en mouvement constant  
→ maintenir une veille régulière



Jumeaux numérique  
Systèmes embarqués

Précision avec peu de données

IA orientée ingénierie

Réduction consommation ressources  
informatiques

# L'IA frugale : exemple avec le moteur NeurEco

**Gradient Topologique  $G(x)$**  est une fonction qui prédit l'impact de la nucléation (création d'un vide)

$$\psi(\Omega_\varepsilon) = \psi(\Omega) + f(\varepsilon)G(x) + o(f(\varepsilon))$$

**Décision** : Si  $G(x) < 0$  : création d'une cellule de vide (nucléation) améliore la performance globale du système

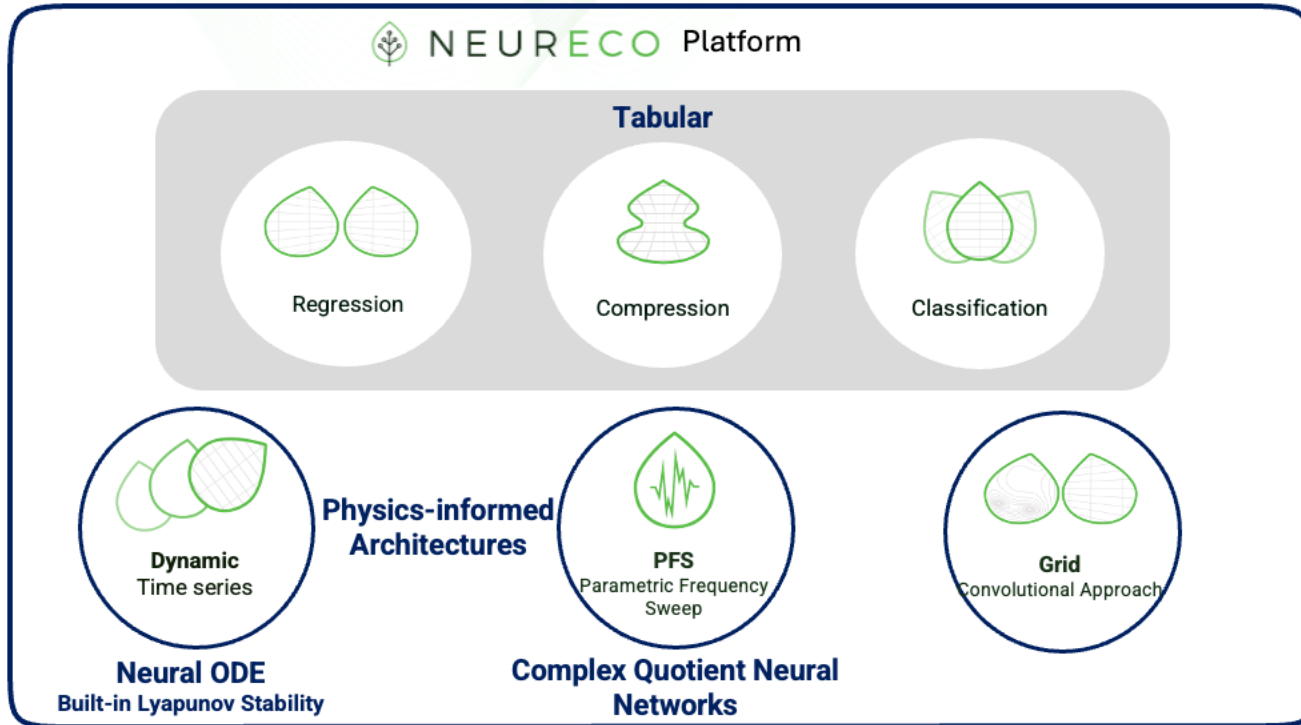
> **Stabilité Mathématique** : théorie de **Lyapunov** intégrée à l'architecture du réseau

> **Frugalité** : besoin de **10 à 100 fois moins de données** qu'un réseau de neurones standard pour converger



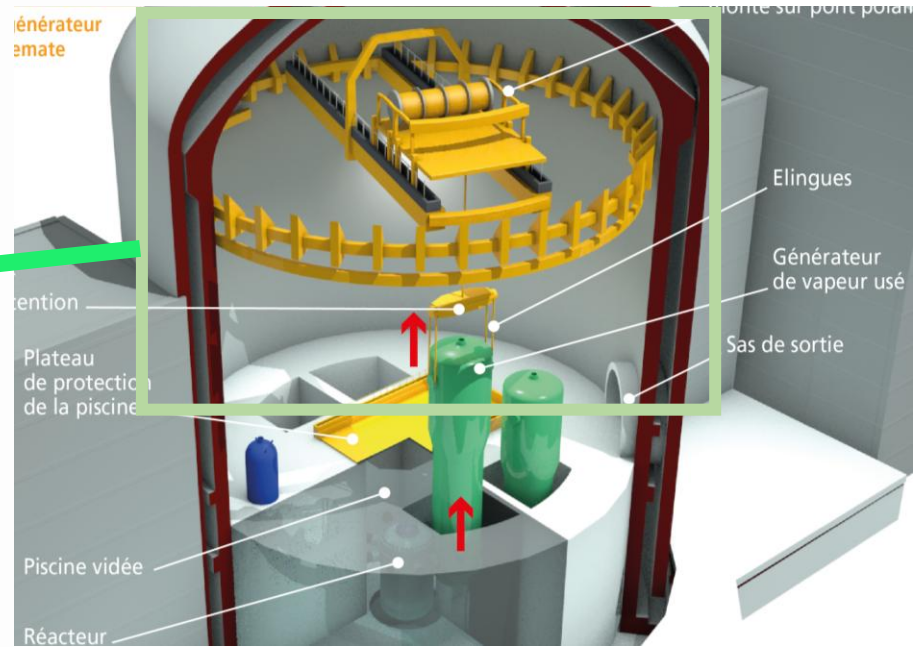
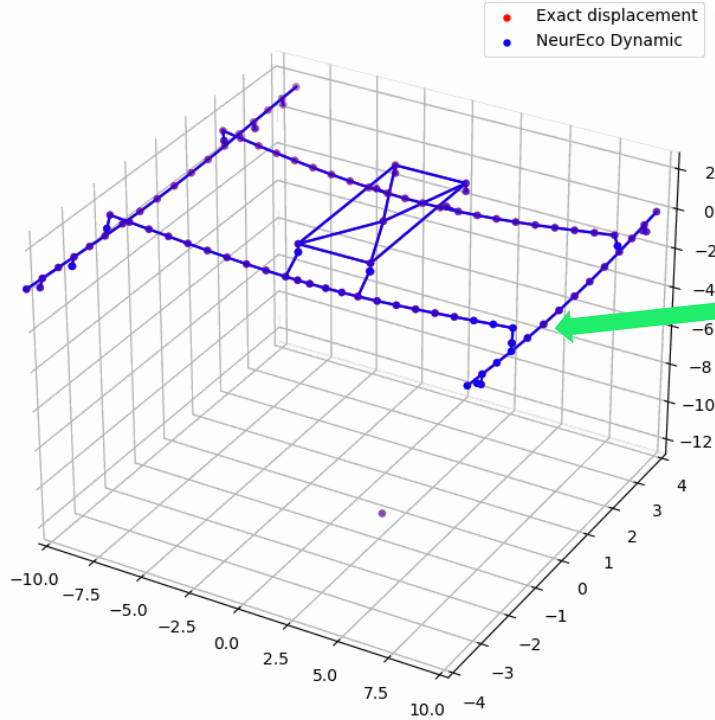
Métrique	Réseaux de Neurones Standard	Moteur NeurEco
Nombre de paramètres	Élevé (Sur-paramétrisation)	Minimal (Principe de parcimonie)
Risque d'Overfitting	Fort (nécessite régularisation)	Quasi-nul (construction incrémentale)
Vitesse d'inférence	Moyenne	Ultra-rapide (quelques ko de mémoire)

# L'IA frugale : cas concrets



# L'IA frugale : cas concrets > simulation sismique d'un portique

test\_1\_2



**Données d'entrée :**

- Résultats de simulation
- Caractéristiques du véhicule

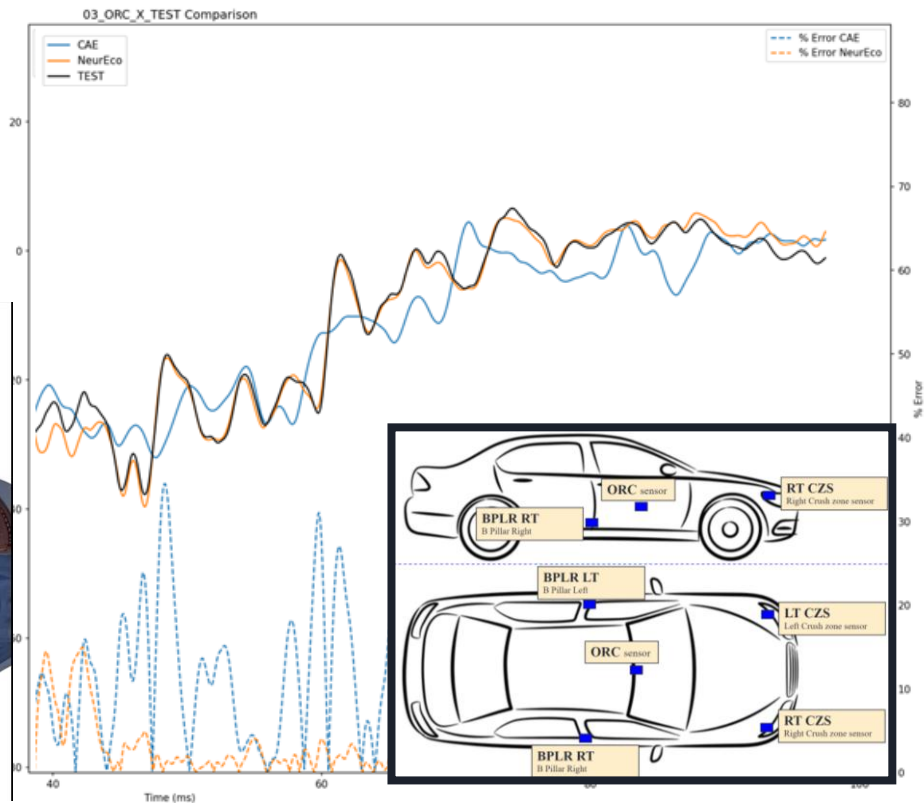
**Cibles :**

- Accélérations mesurées (essais de crash)

**Objectif :**

- De meilleures prédictions des accélérations pour un déploiement précis des airbags

Pour illustrer  
) simulation  
crash  
Src Tesla



# L'IA frugale : cas concrets > détection d'anomalie de cellules de batterie



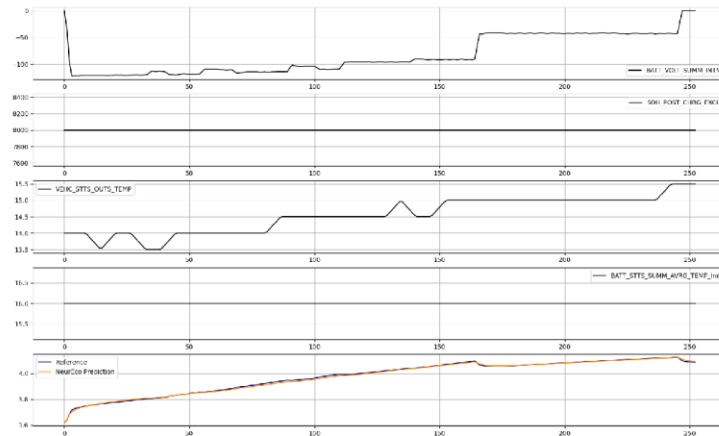
Entrées

## Ensemble de données

- Données collectées pendant la recharge rapide
- Mesure de la tension pour chaque cellule

## Entrées

- Courant
- État de santé estimé
- Température extérieure de la cellule
- Paramètres latents caractérisant l'emplacement de la cellule au sein de la batterie (coefficients d'échange thermique)



Sorties

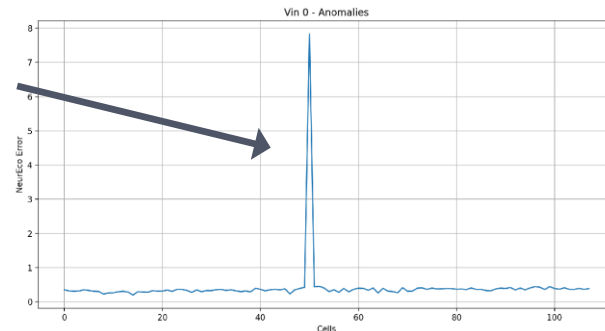
## Sortie

- Tension

Une anomalie a été détectée, la tension mesurée s'écartant de la valeur nominale prévue

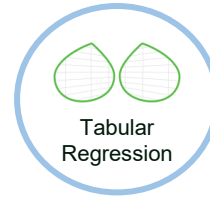
Le modèle NeurEco prédit avec précision le comportement nominal de toutes les cellules de la batterie.

Tout écart par rapport aux mesures permet de détecter rapidement les anomalies. La prédiction nominale du modèle NeurEco améliore également considérablement la classification des anomalies.



Différence entre la prédiction nominale de NeurEco et la tension mesurée

# L'IA frugale : cas concrets > Modèle de contrôle de la combustion en temps réel

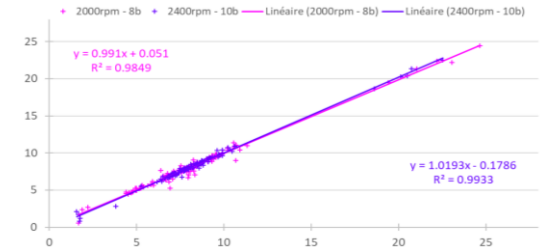
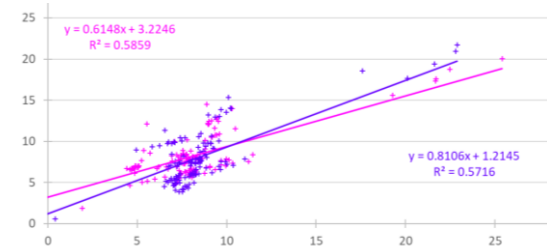
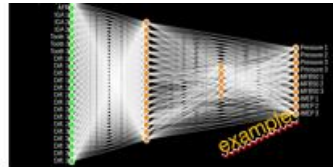


● **Objectif : créer un petit modèle capable de traiter les signaux du moteur afin d'estimer les paramètres nécessaires à son contrôle en boucle fermée : une solution de détection intelligente et économique.**

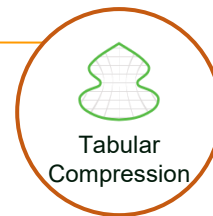


Sensors

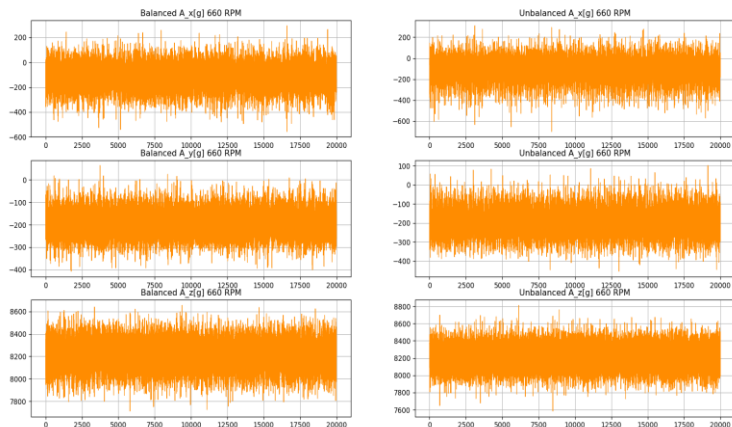
Actuators signal



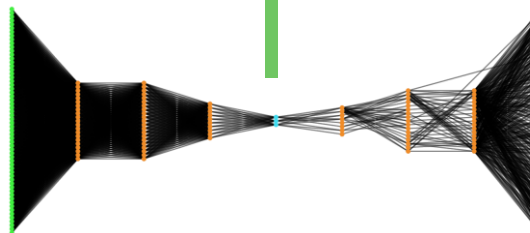
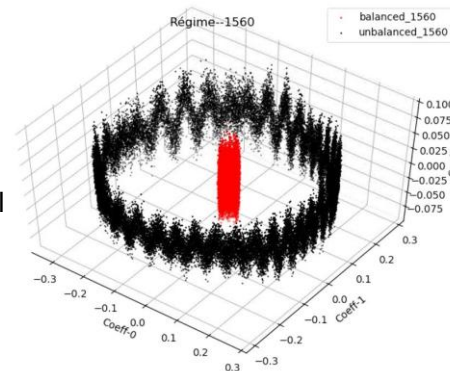
# L'IA frugale : cas concrets > Moteur électrique à cardan



● **Objectif : identifier les moteurs déséquilibrés à partir de leurs données d'accélération.**



De l'espace étendu à l'espace tridimensionnel



D'après les données initiales, il est impossible de distinguer les moteurs équilibrés des moteurs déséquilibrés.

# L'IA frugale : cas concrets > Jumeau numérique de batterie pour drones électriques à longue autonomie

**DELAIR**  
AERIAL INTELLIGENCE



## Entrées du modèle parcimonieux NeurEco :

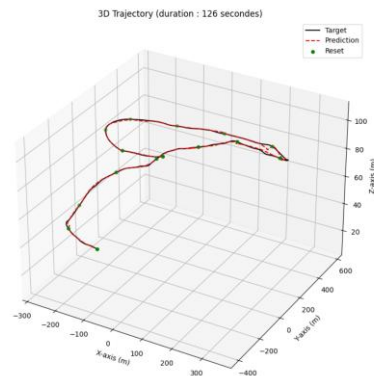
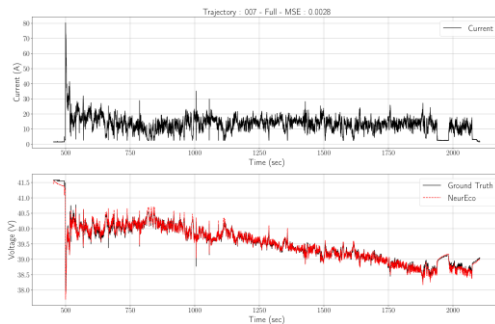
- Données IMU (accéléromètre, gyroscope)
- Données du magnétomètre
- Température de l'IMU

## Sorties :

- Accélérations et vitesses angulaires corrigées
- Orientation et vitesse
- Position par intégration

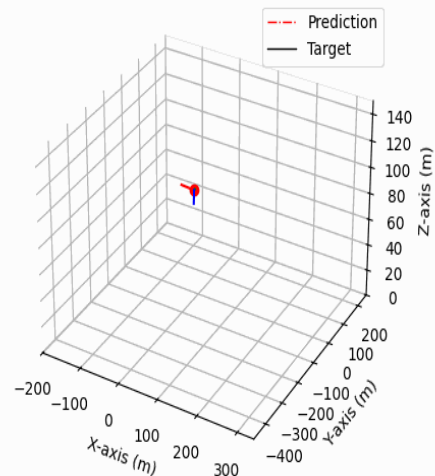
## Avantages :

- Géolocalisation précise du drone, même en environnement sans GPS
- Très faible coût de calcul
- Amélioration du contrôle du drone

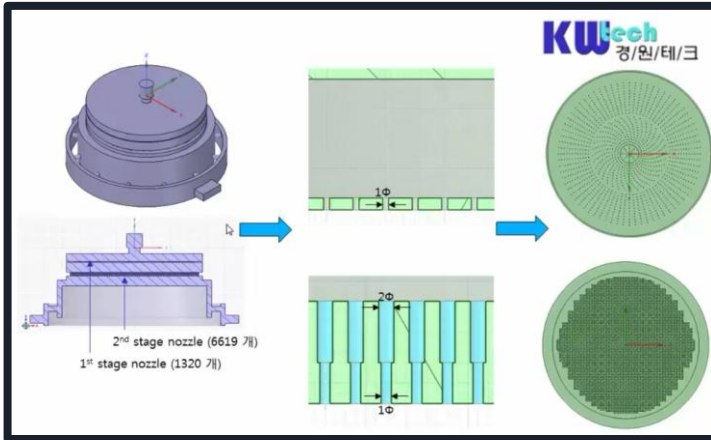


NEURECO  ADAGOS 

3D Trajectory (duration : 126 secondes)



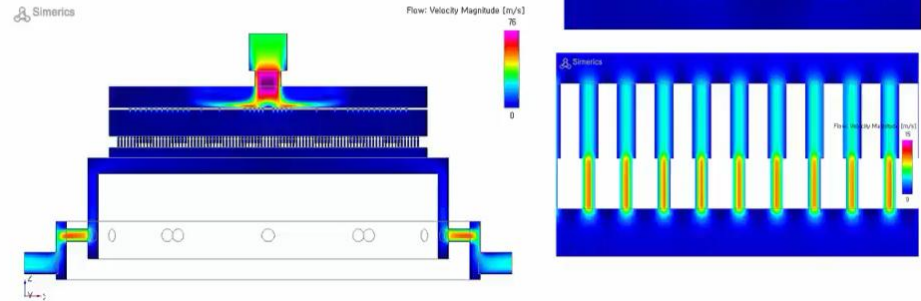
# L'IA frugale : cas concrets > Gain de temps en simulation numérique CFD



## Simerics MP : Flow through a Semiconductor Reactor Showerhead

Mesh Type : 3D CAB (Cartesian Adaptive Mesh)  
 Number of Cells : 40 Million  
 Analysis: Flow (Laminar), Heat,  
 Ideal Gas (Compressible effect under low pressure)

Mesh generation time : ~ 1.5 hours  
 Analysis Time : ~ 6 hours  
 Computer : intel Xeon2 CPU Hexa core 128G memory



**Masmoudi, M.** (2002). *The Topological Gradient*. In: Hammer, P.S. (eds) Optimization and Control.

**Amstutz, S., Horchani, I., & Masmoudi, M.** (2005). *Crack detection by the topological gradient method*. Control and Cybernetics.

**Bécache, E., et al.** (2000). *The topological derivative for the Helmholtz equation*. Direct and Inverse Problems of Mathematical Physics.

**Bendsøe, M. P., & Kikuchi, N. (1988).** > "Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method." > **Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering**, 71(2), 197-224.



# NRTW 2026

## National **Reliability** Technology Workshop

Mercredi 1<sup>er</sup> & jeudi 2 avril 2026 | Grenoble

# merci pour votre écoute !

Organisé par :



Financé par :

