



**HAL**  
open science

## MINERVE - Un jumeau numérique pour gérer l'infrastructure ferroviaire

Mouhammed Achhab, Emmanuelle Baudry, Didier Clouteau, R El Mesri,  
Amélie Fau, Hugo Gabrielidis, Filippo Gatti, Fabrice Gatuingt, Pierre-Etienne  
Gautier, Cédric Giry, et al.

### ► To cite this version:

Mouhammed Achhab, Emmanuelle Baudry, Didier Clouteau, R El Mesri, Amélie Fau, et al.. MIN-  
ERVE - Un jumeau numérique pour gérer l'infrastructure ferroviaire. Colloque Jumeaux Numériques,  
Feb 2023, Gif-sur-Yvette, France. , 2023. hal-03999654

**HAL Id: hal-03999654**

**<https://hal.science/hal-03999654>**

Submitted on 21 Feb 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License



# Un jumeau numérique pour gérer l'infrastructure ferroviaire

M. Achhab<sup>1</sup>, E. Baudry<sup>2</sup>, D. Clouteau<sup>1</sup>, R. El Mesri<sup>1</sup>, A. Fau<sup>1</sup>, H. Gabrielidis<sup>1,3</sup>, F. Gatti<sup>1</sup>, F. Gatuingt<sup>1</sup>, P.-É. Gautier<sup>6</sup>, C. Giry<sup>1</sup>, C. Hudelot<sup>5</sup>, P. Jehel<sup>1</sup>, F. Lopez-Caballero<sup>1</sup>, É. Massoulié<sup>1</sup>, G. Quercini<sup>3</sup>, F. Ragueneau<sup>1</sup>, E. Vazquez<sup>4</sup>, S. Vialle<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, ENS Paris-Saclay, CNRS, LMPS - Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay, 91190, Gif-sur-Yvette, France

<sup>2</sup> Université Paris-Saclay, CNRS, AgroParisTech, ESE - Écologie Systématique et Évolution, 91190, Gif-sur-Yvette, France

<sup>3</sup> Université Paris-Saclay, CNRS, LISN - Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique, 91405, Orsay, France

<sup>4</sup> Université Paris-Saclay, CNRS, CentraleSupélec, L2S - Laboratoire des signaux et systèmes, 91190, Gif-sur-Yvette, France

<sup>5</sup> Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, MICS - Mathématiques et Informatique pour la Complexité et les Systèmes, 91190, Gif-sur-Yvette, France

<sup>6</sup> SNCF Réseau, DGII - Direction Générale Industrielle & Ingénierie, 93570, La-Plaine-Saint-Denis, France



© Network Rail



© SNCF Réseau

## Objectifs de performance pour la gestion de l'infrastructure ferroviaire :

- Fiabilité et efficacité
- Réduction de l'impact environnemental
- Résilience vis-à-vis du changement climatique

Les objectifs sont-ils atteints avant / après action sur l'infrastructure ? Quelles actions entreprendre ?

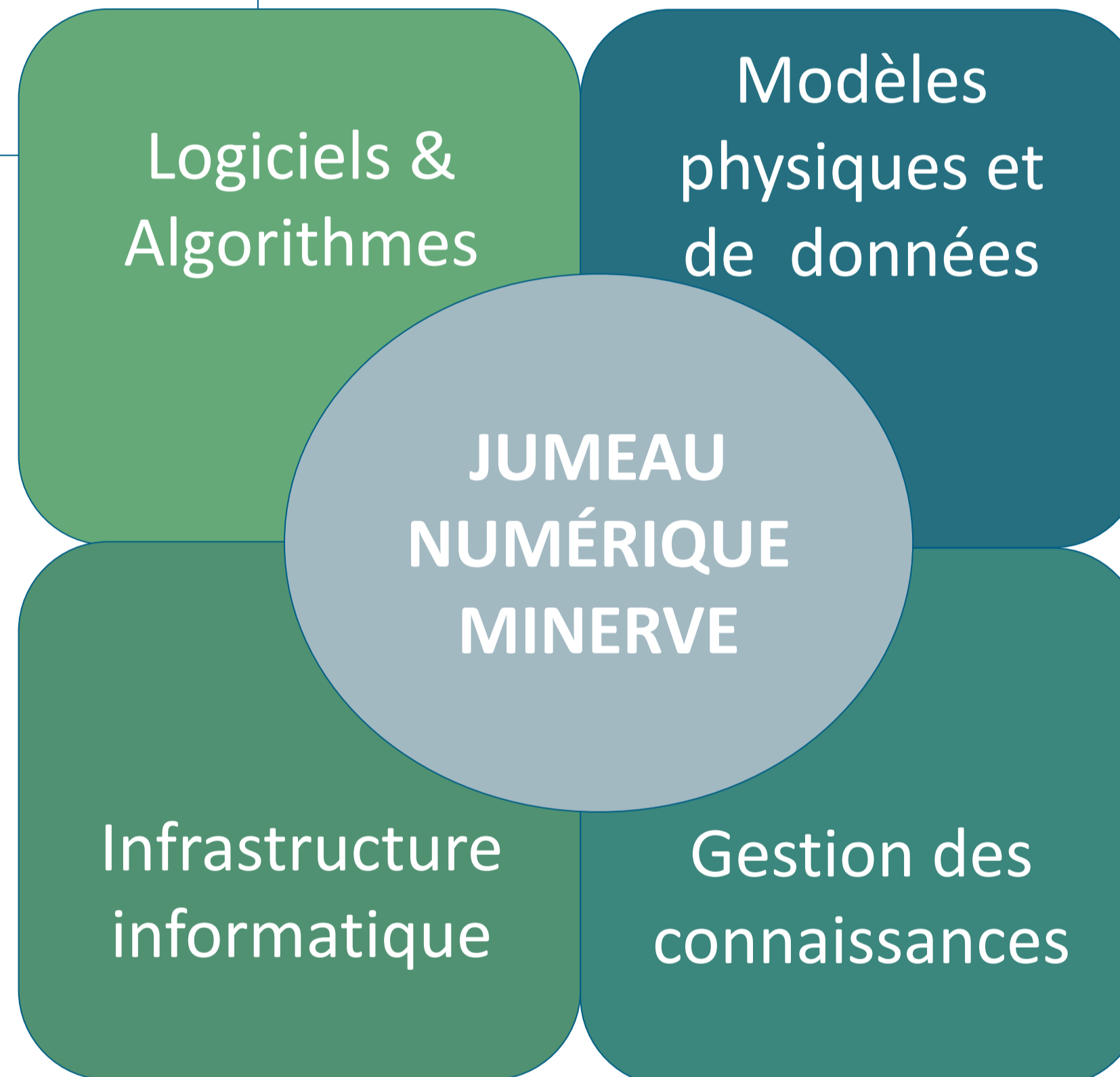
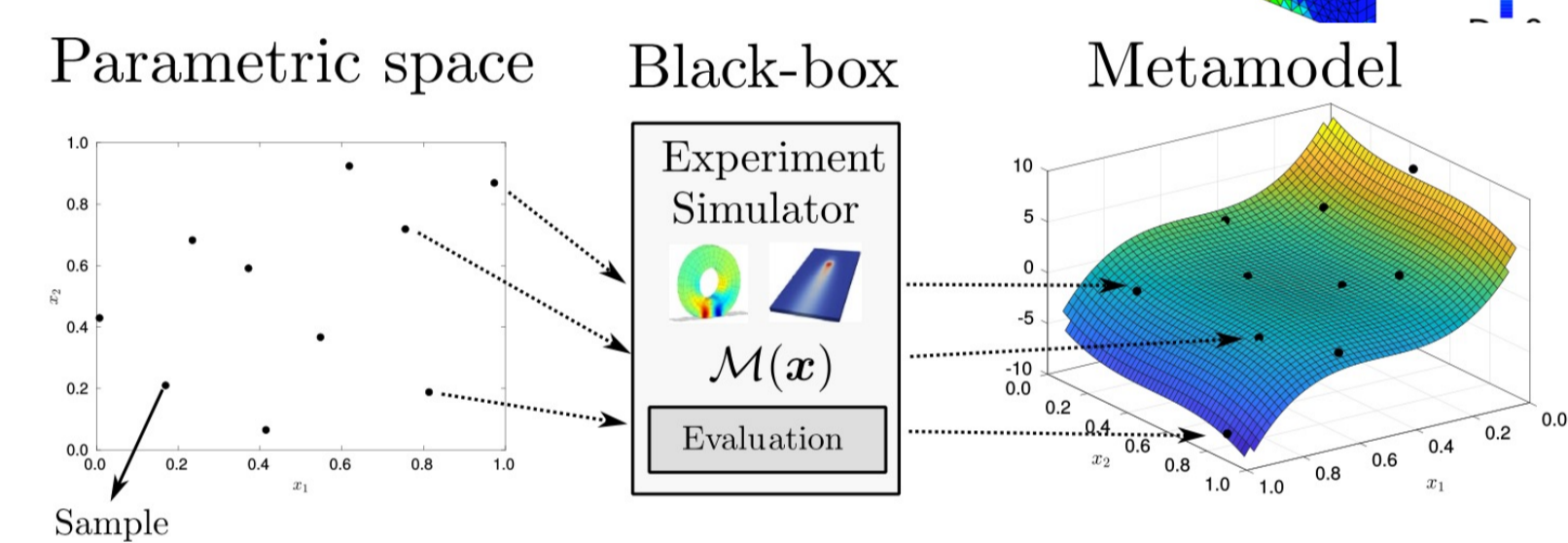
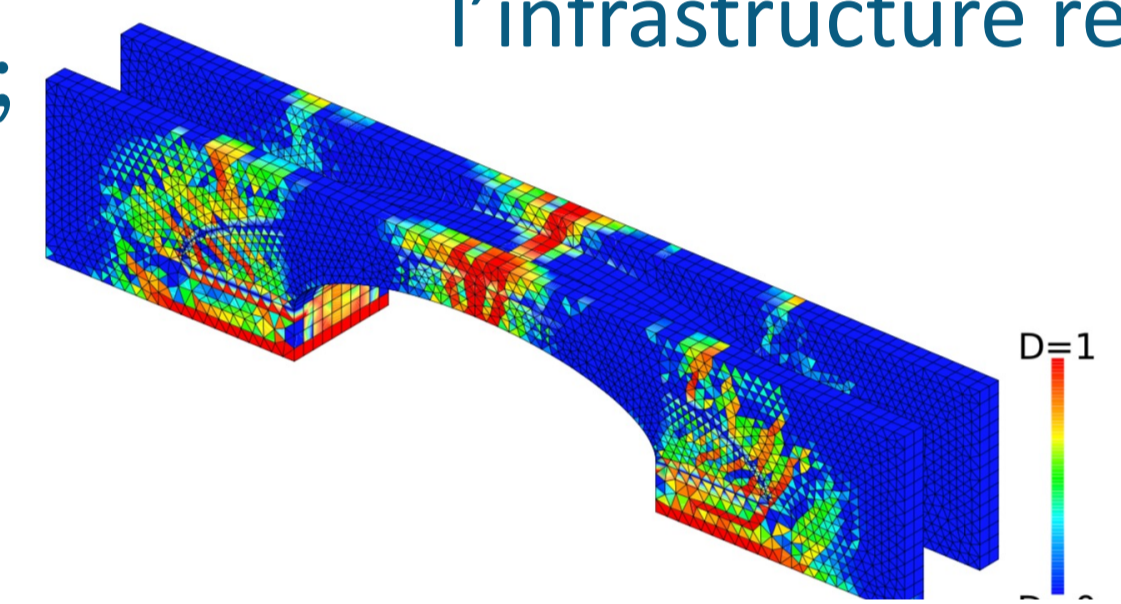
Des actions sont commandées sur l'infrastructure réelle

Optimisation multi-objectifs ; Apprentissage machine

$$\begin{cases} \text{Minimize} & f(x) \\ \text{Subject to} & x \in \mathbb{X} \text{ and } c(x) \leq 0 \end{cases}$$

- $f = (f_j)_{1 \leq j \leq p}$  is a **vector** of objective functions to be minimized.
- $\mathbb{X} \subset \mathbb{R}^d$  is the design space.
- $c = (c_i)_{1 \leq i \leq q}$  is the **vector** of constraint functions.

Modèles par éléments finis ;  
Meta-modèles statistiques ;  
Prédiction de scénarios



Indicateurs ; Quantités d'intérêt

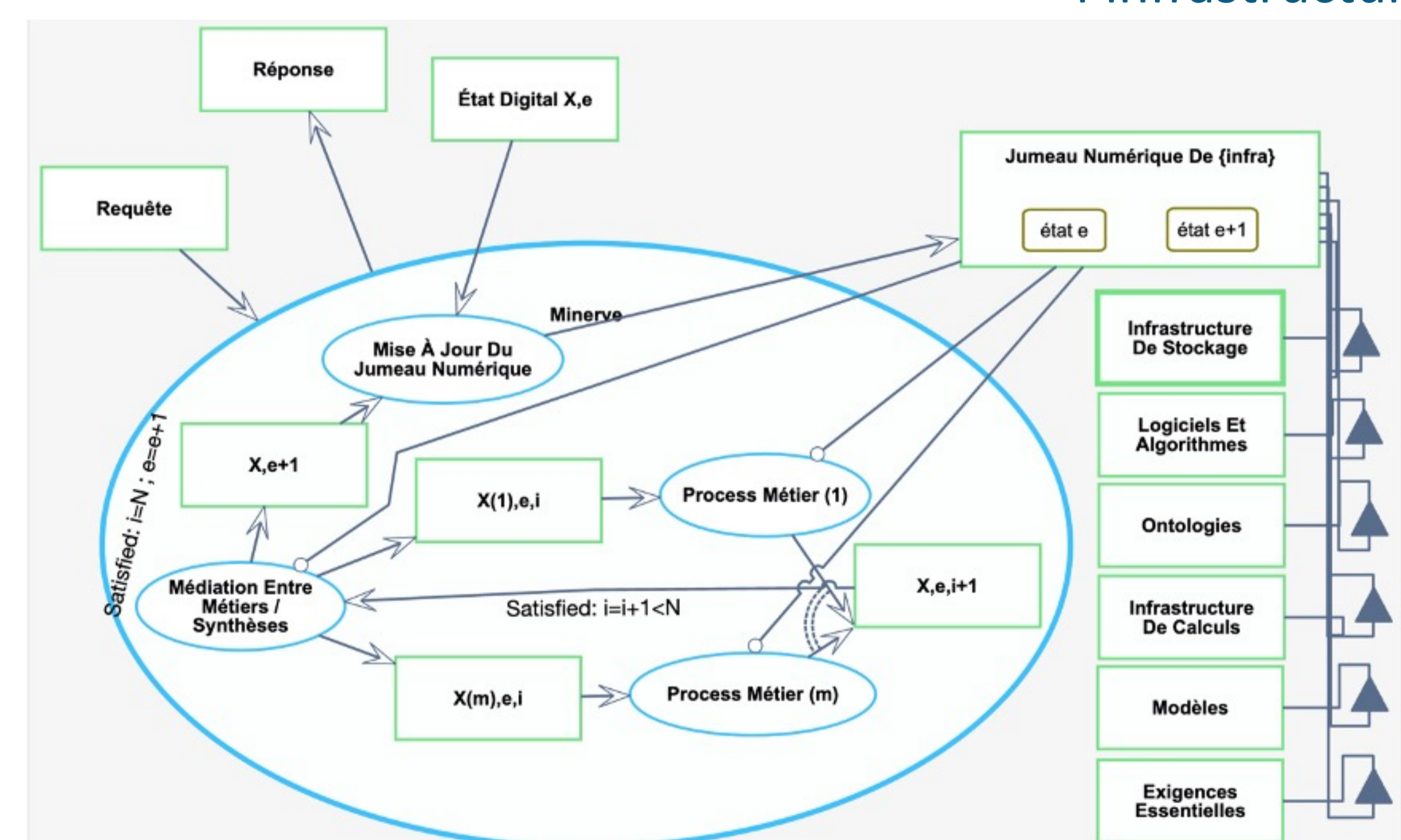
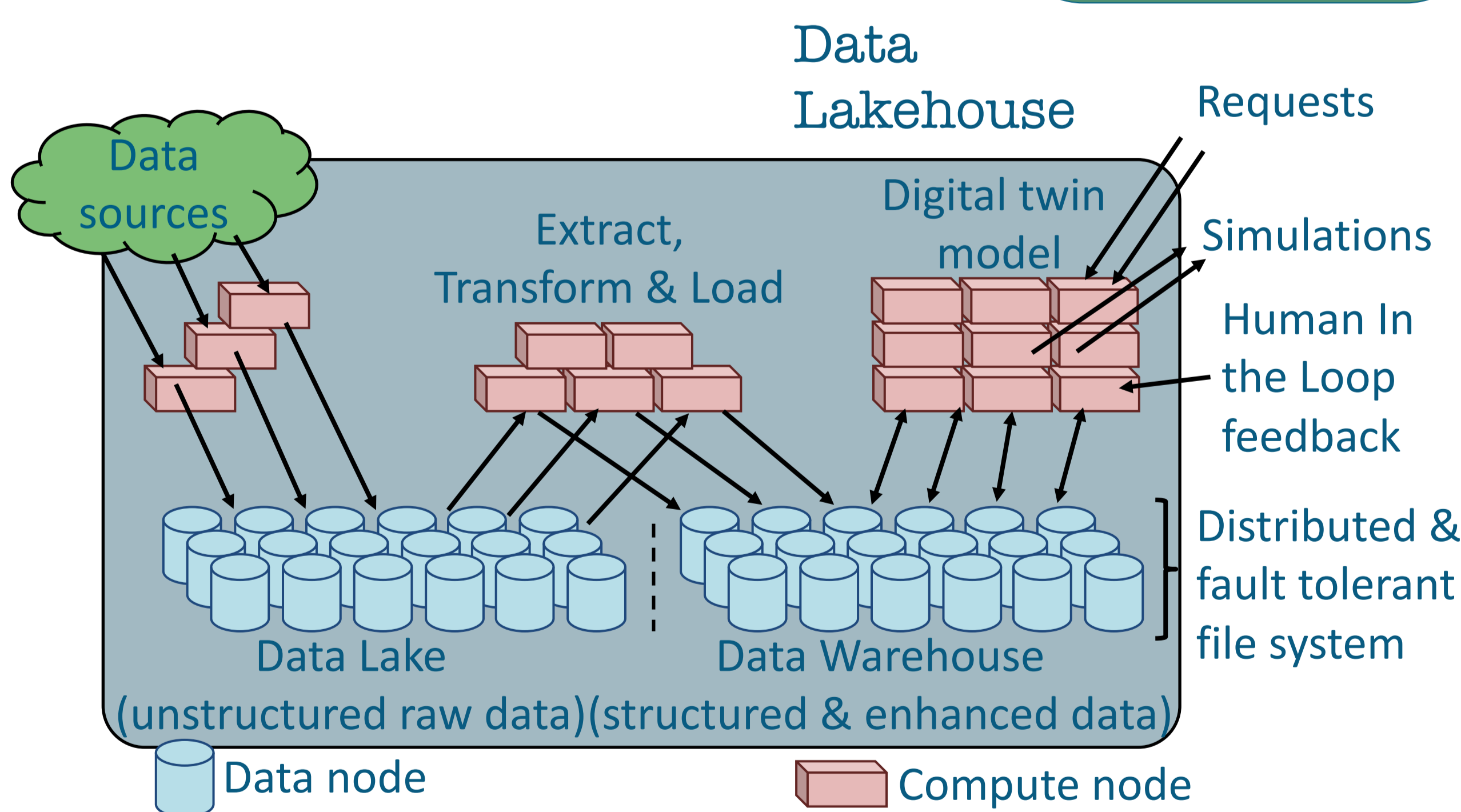
Aide à la décision

Quelles décisions prendre pour agir sur l'infrastructure ?

Relevé et stockage de l'état de l'infrastructure

Mise à jour du Jumeau Numérique

Données géométriques, géographiques, matérielles, environnementales, biodiversité...



Les métiers (voie, ouvrages d'art, signalisation, traction électrique...) travaillent avec des données actualisées

Processus métiers (humains)

Les métiers collaborent au cours d'une série de synthèses qui s'achève quand les différentes contraintes sont satisfaites

Synthèse entre métiers

Optimisation ; Uniformisation ; Marges d'action



MINERVE : méthodes et outils pour la collaboration sectorielle et la continuité numérique sur le cycle de vie de l'infrastructure ferroviaire. Le projet MINERVE a été financé par le gouvernement dans le cadre de France 2030. Le consortium comprend : SNCF Réseau (pilote), CentraleSupélec | Université Paris-Saclay, Colas Rail, IREX, Kayros, RATP Infrastructures.