

# Le Jumeau Numérique au cœur de l'excellence opérationnelle de SNCF Réseau





Comment assurer la transition vers une **construction et une exploitation ferroviaire plus efficiente**, plus fiable et plus respectueuse de l'environnement, aidant ainsi à **réduire globalement son impact sur le changement climatique tout en augmentant sa compétitivité** ?



# JUMEAU NUMERIQUE

## Principales étapes et objectifs



2022

2023

2025

2030

PREMIERS SERVICES  
JUMEAU NUMÉRIQUE  
DÉLIVRÉS

ROAD MAP  
STRATÉGIQUE ET  
ORGANISATION POUR  
RÉUSSIR

LES DÉCISIONS STRATÉGIQUES DE  
SNCF RÉSEAU SONT BASÉES SUR  
DES SERVICES JUMEAU  
NUMÉRIQUE

LE JUMEAU NUMÉRIQUE EST LE  
SOCLE DE DIGITALISATION DE  
L'ENTREPRISE

# Définition du JN

Le Jumeau Numérique d'un gestionnaire d'infrastructure de transport est **un ensemble d'outils digitaux** qui rendent disponibles toutes les informations relatives à la **description, l'état, l'usage les travaux, les opérations** ainsi que les **ressources** et le financement.

Le Jumeau Numérique couvre la totalité du **cycle de vie du système**, dans le passé, le présent et le futur. Le Jumeau Numérique offre notamment un ensemble de **services** associés, de **fonction d'analyse**, de **simulation**, de supports de décision.



#1

POURQUOI LE  
JUMEAU  
NUMERIQUE ?



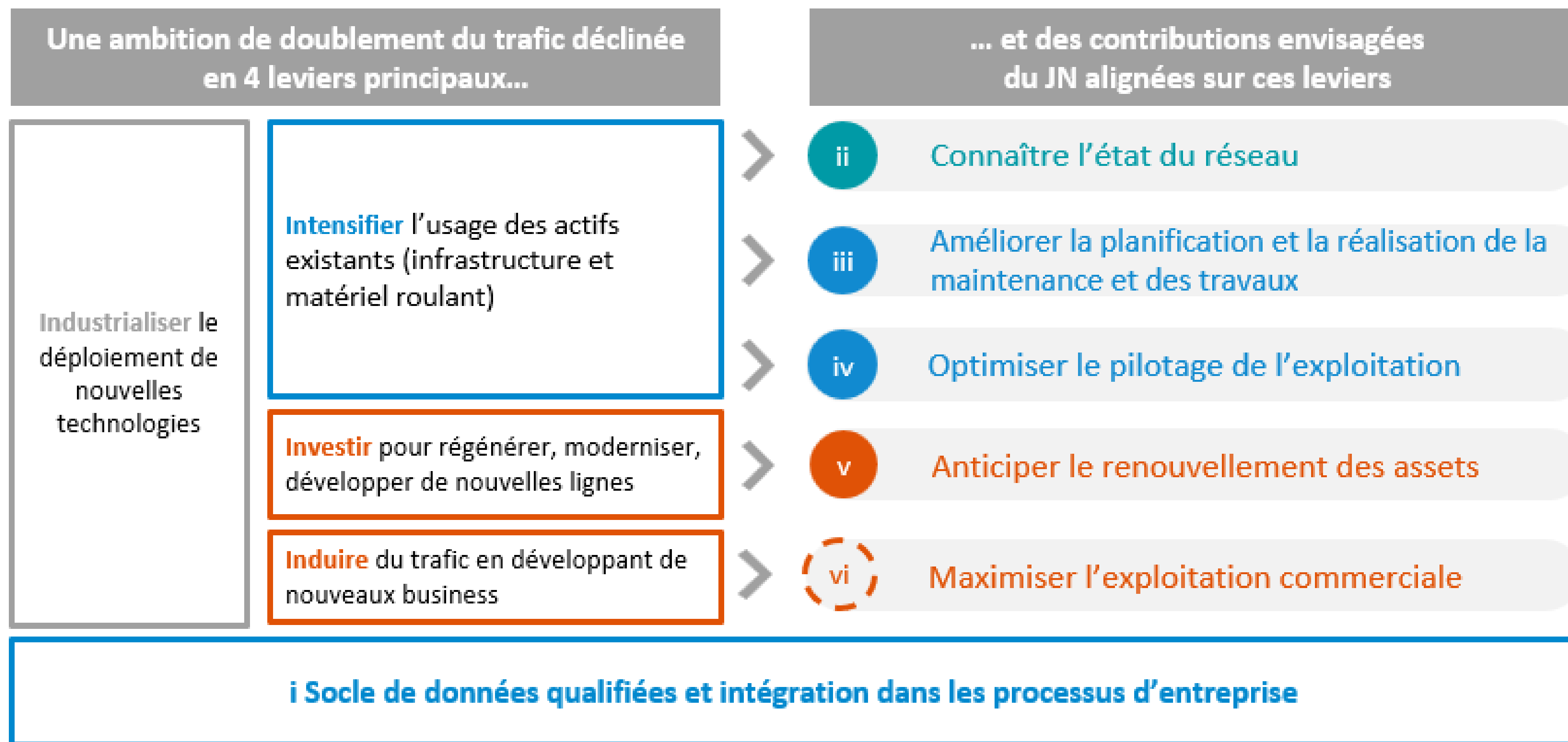
# Concilier nos enjeux de performance avec notre transformation digitale engagée

Le défi est de faire converger l'espace physique du système et son espace virtuel, pour réaliser un pilotage intelligent des opérations dans chaque processus métier critique



- Des enjeux forts de performance industrielle et économique qui nécessitent de changer de paradigme.
- De plus en plus de données, silotées, difficilement accessibles et donc difficilement exploitables.
- Une continuité de l'information sur le cycle de vie de nos assets bien trop partielle et donc insuffisante.

# Contribuer à la stratégie de l'entreprise du X2



# #2

COMMENT  
CONVAINCRE et  
DEPLOYER LE JN ?



# En Intelligence collective

EN S'APPUYANT SUR CE QUI  
EXISTE DÉJÀ DANS  
L'ENTREPRISE

EN DÉMONTRANT QU'IL EST  
POSSIBLE DE DÉLIVRER DES  
SERVICES AU JUSTE NÉCESSAIRE

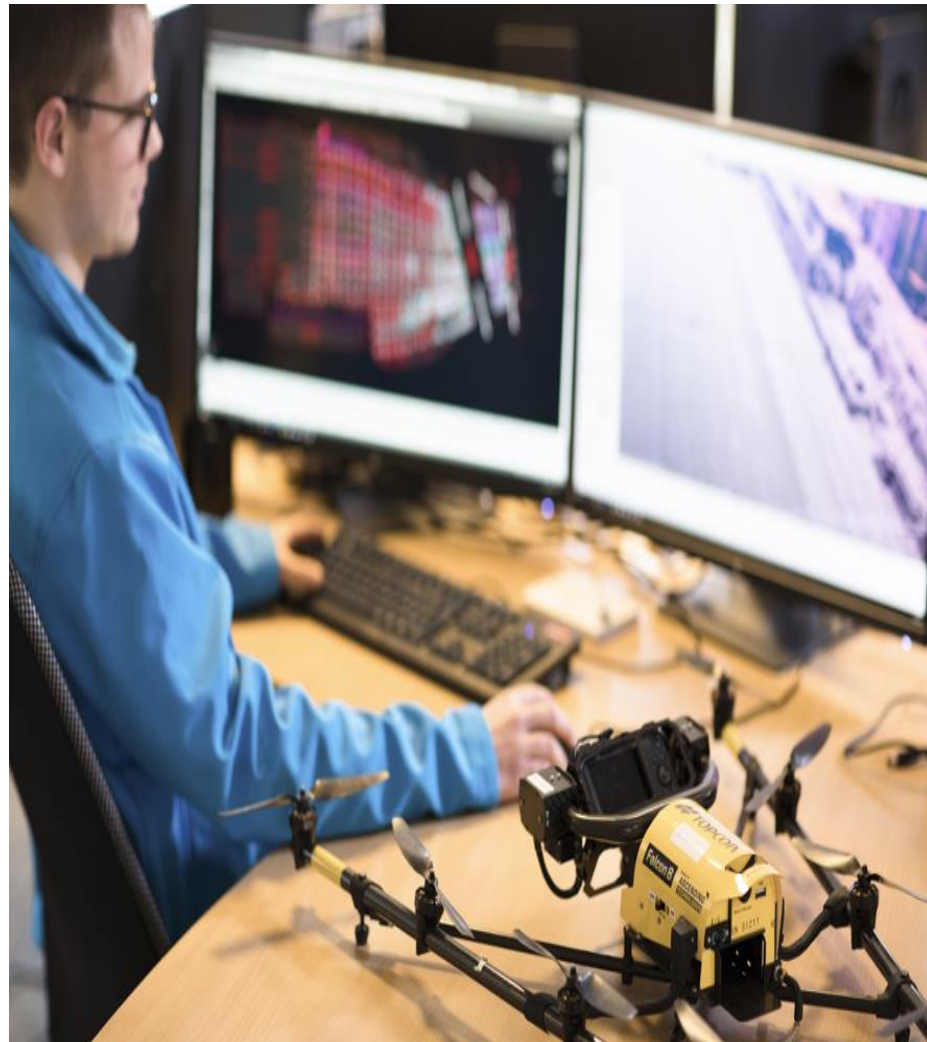
EN CONSTRUISANT EN INTELLIGENCE  
COLLECTIVE UN NOUVEAU MODELE DE  
COLLABORATION ENTRE L'HUMAIN ET LE  
DIGITAL



EN PROPOSANT DES SERVICES  
NUMÉRIQUES UTILES À TOUS



# En intégrant les enjeux de transformation nécessaire



Des enjeux technologiques et de mise en qualité de la Data

- Refonte du SI
- Rayonnement d'une culture Data



Enjeux d'usages

- Cas d'usages terrain
- Industrialisation des services
- Collaborations fortes



Enjeux de création de valeur

- Piloter par la valeur
- Apporter de la valeur à court terme sans abandonner l'investissement court terme

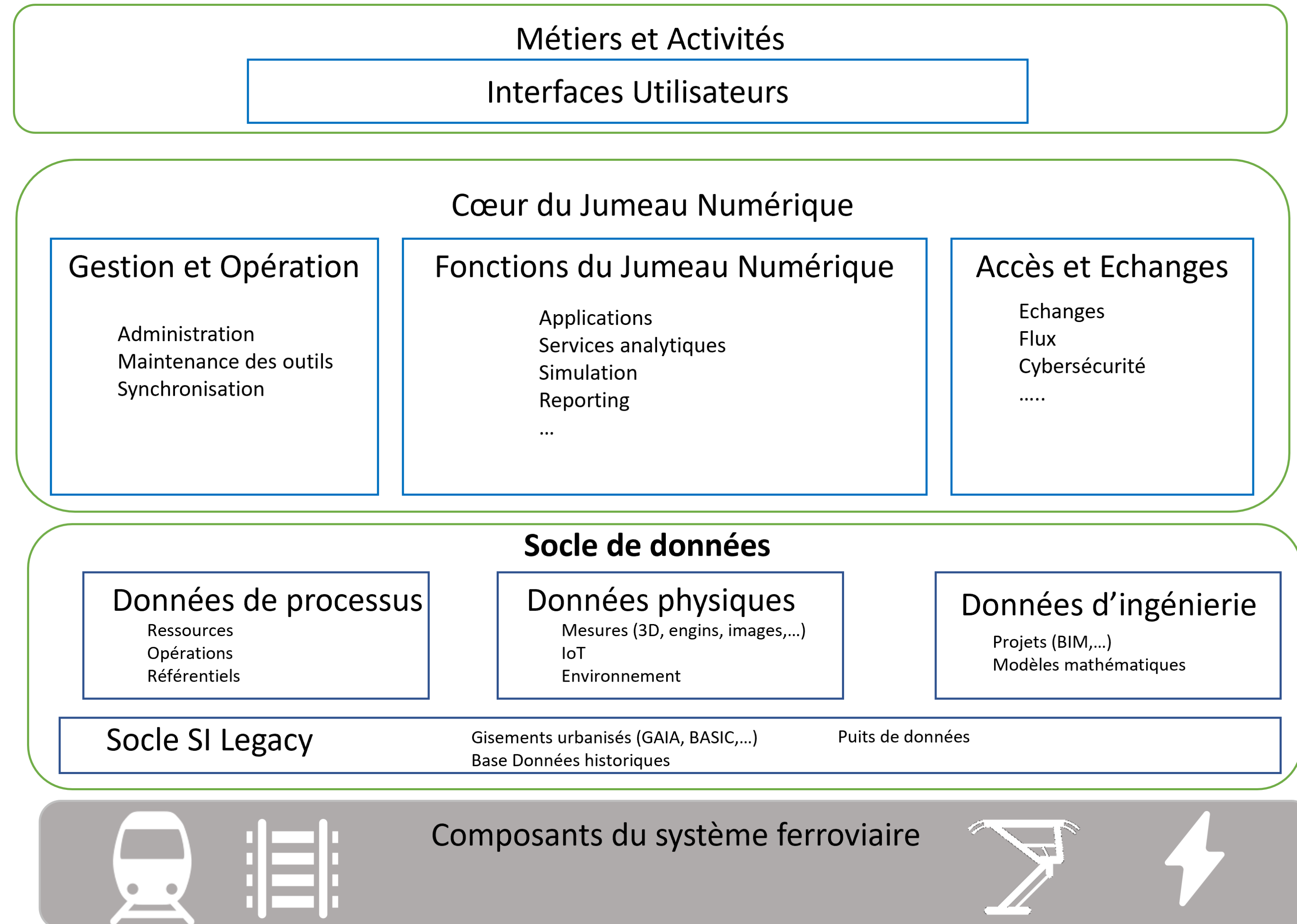


Enjeux de déploiement et d'acceptation

L'humain au centre de la démarche



# En s'appuyant sur une architecture partagée



Vue fonctionnelle de l'architecture de référence d'un Jumeau Numérique (ISO 23247)



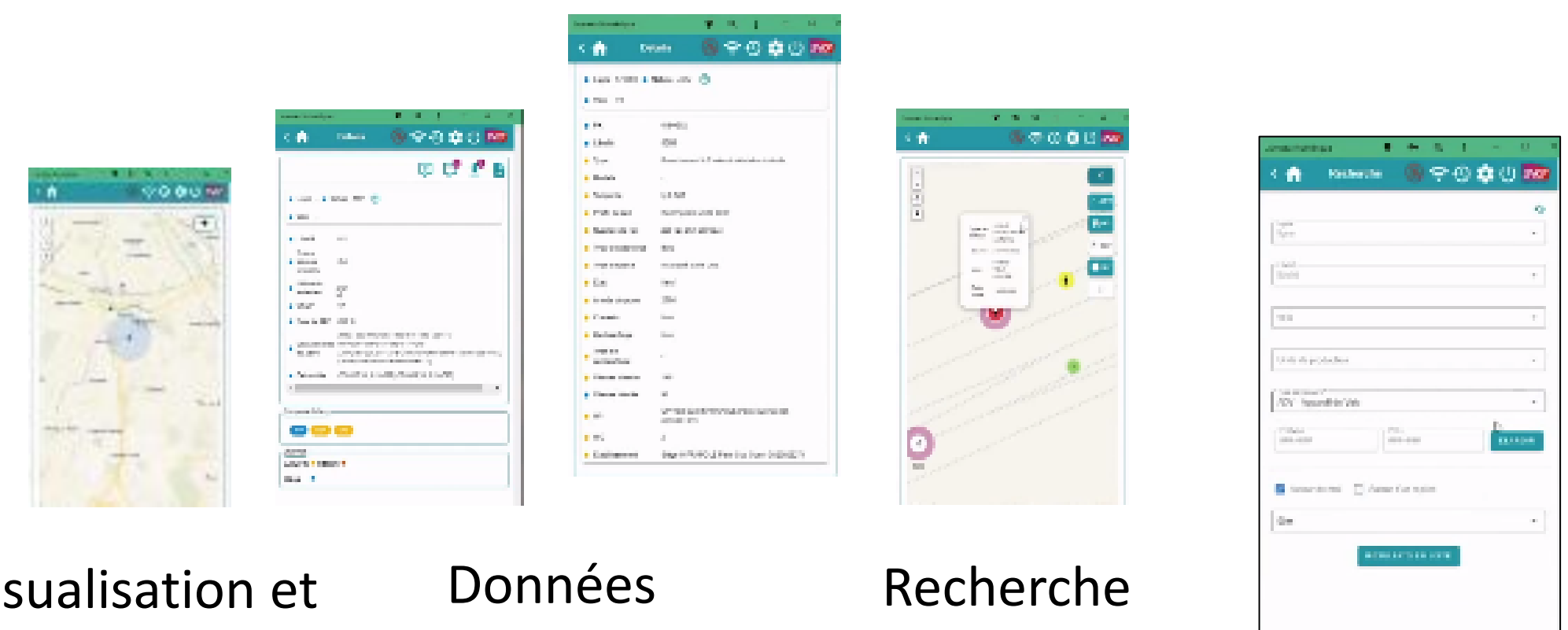
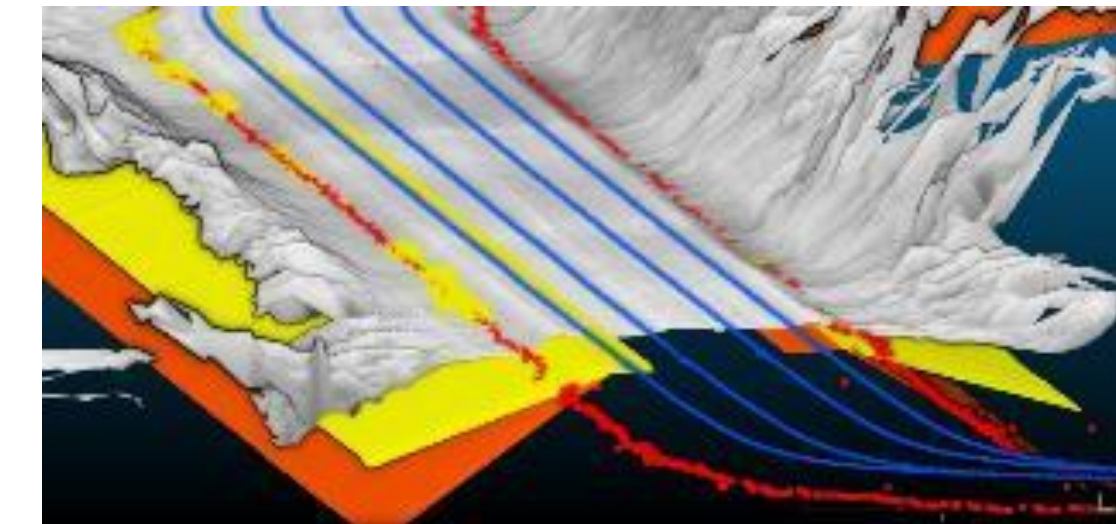
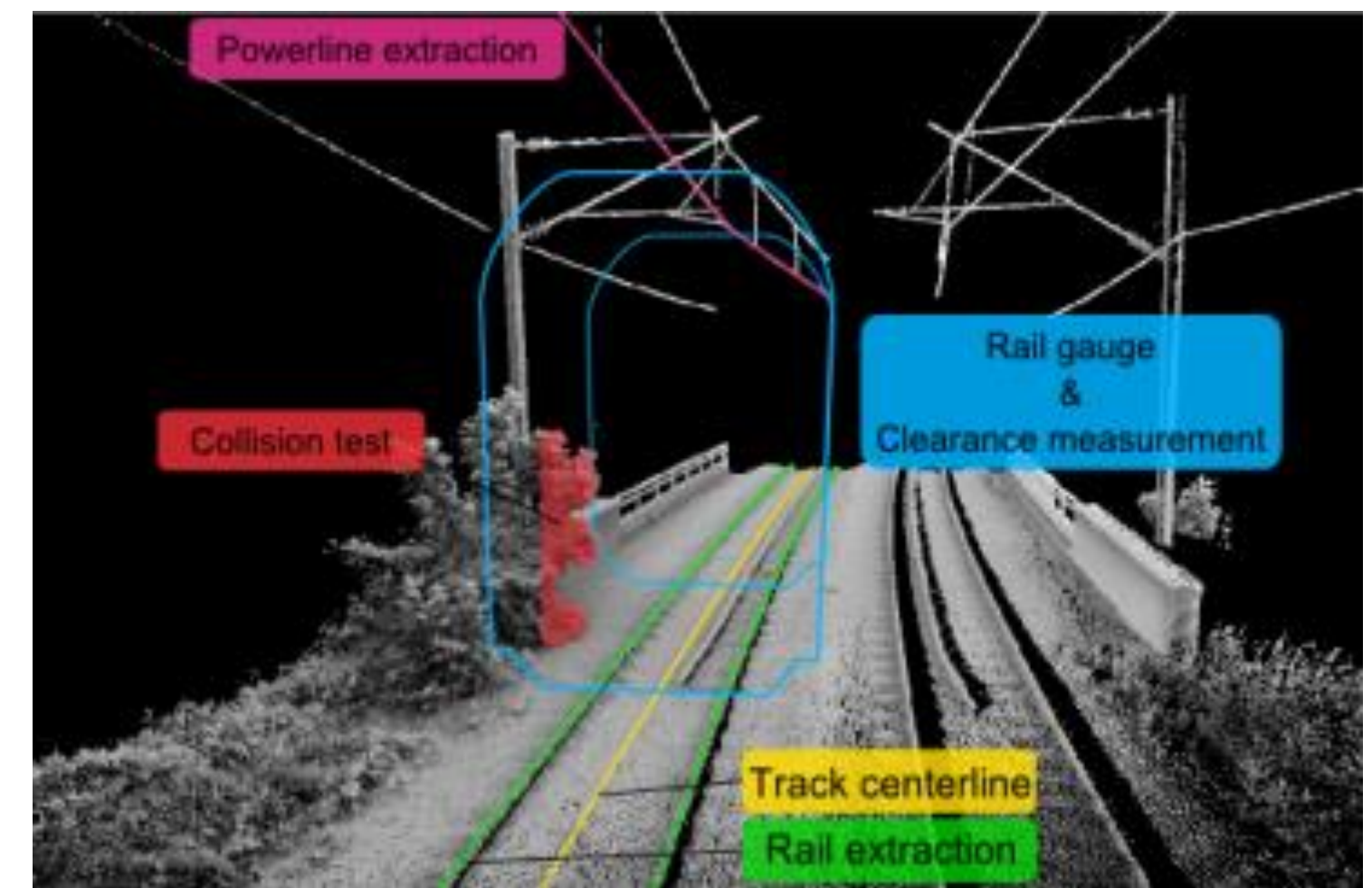
# #3

LE JN EST DÉJÀ UNE  
RÉALITÉ.  
CONCRÈTEMENT  
C'EST QUOI ?



# Etat du déploiement du Jumeau numérique

- Exploitation de nuages de points
  - Profil de ballast, dépôt d'objets, géométrie caténaire, gabarits
- Déploiement d'outils d'aide au pilotage de la maintenance : avatar
  - Une dizaine d'Infrapôles
- Programme de recherche
  - MINERVE, SHIFT2RAIL, ERJU
- Quick wins
  - Génération de nouveaux cas d'usages pour le JN



Visualisation et calculs géographiques

Données appareils de voie et actifs

Recherche multicritères



# Jumeau Numérique et nuages 3D

La technologie LIDAR

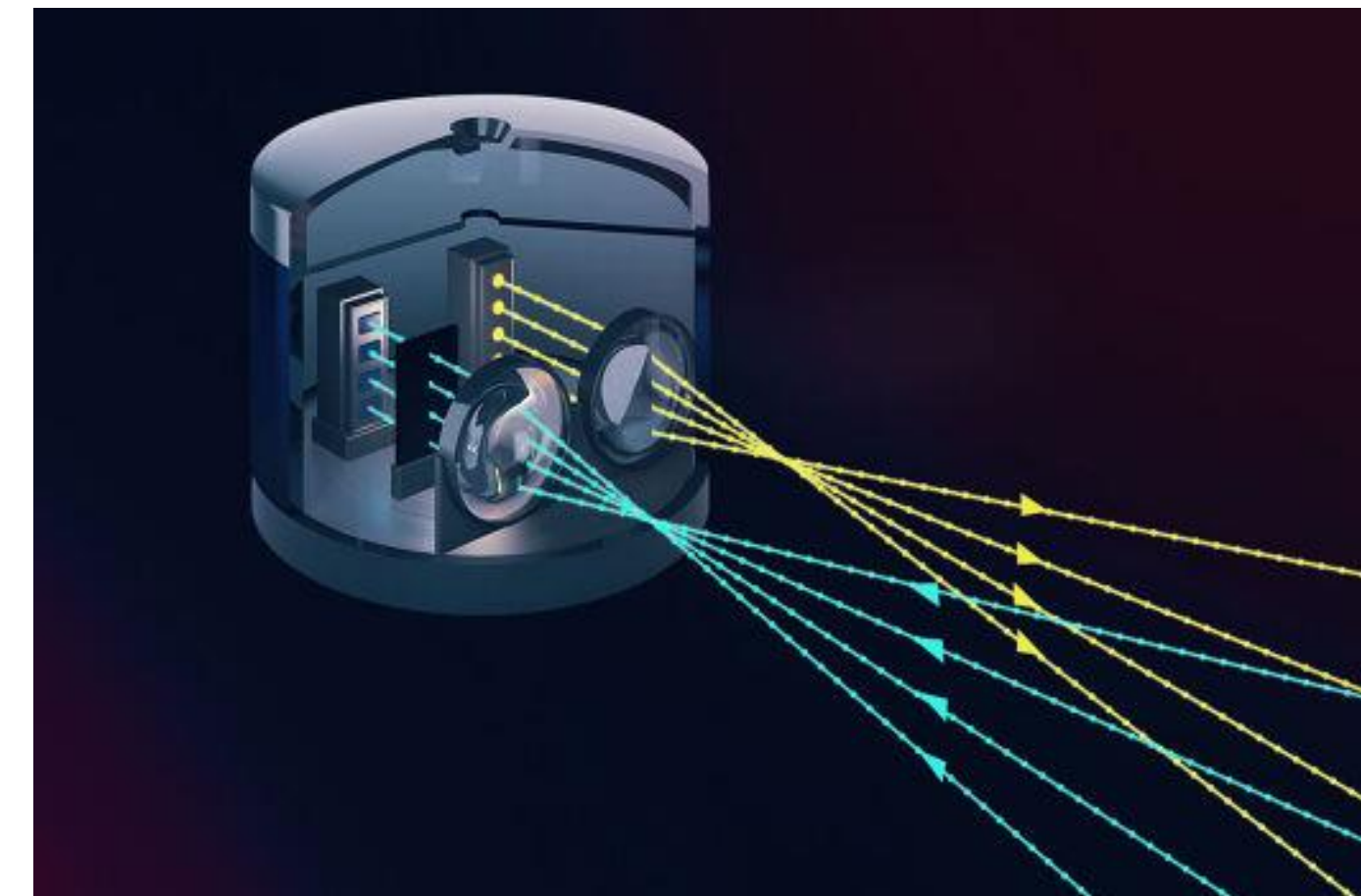


## LiDAR

Light Detection And Ranging

Système de mesure actif qui émet un faisceau laser et en reçoit les échos permettant de déterminer la distance et la position d'un objet.

3 trains de mesure équipés. 180 000 km par an de scan à partir de 2021.

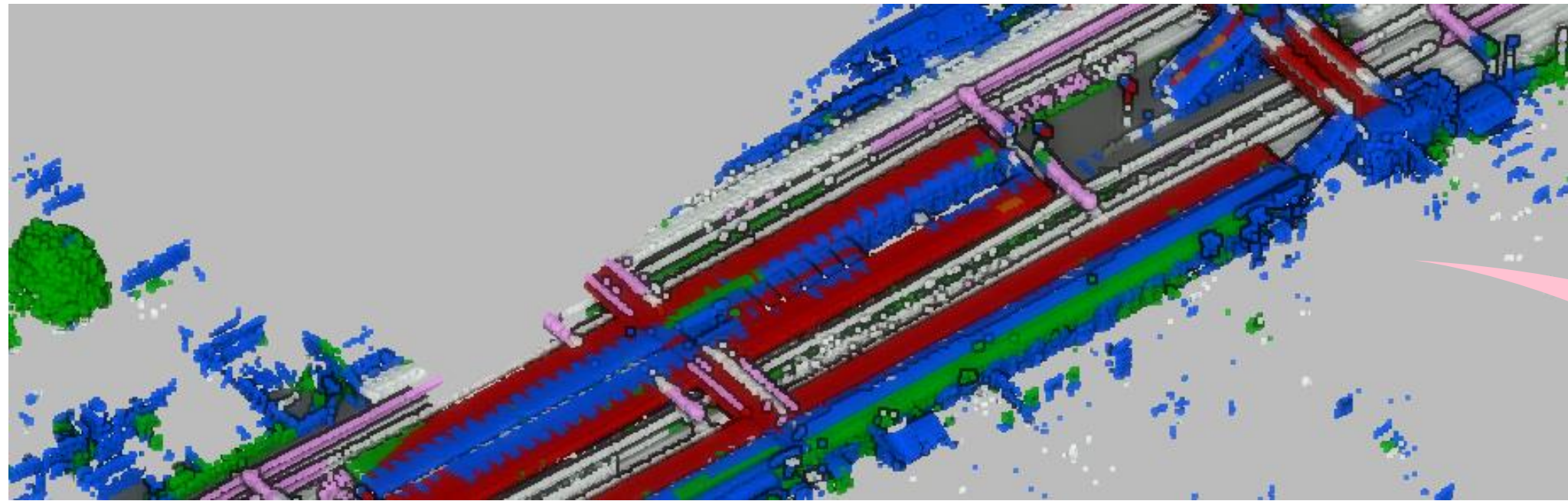


Environ 2Go/km avant compression

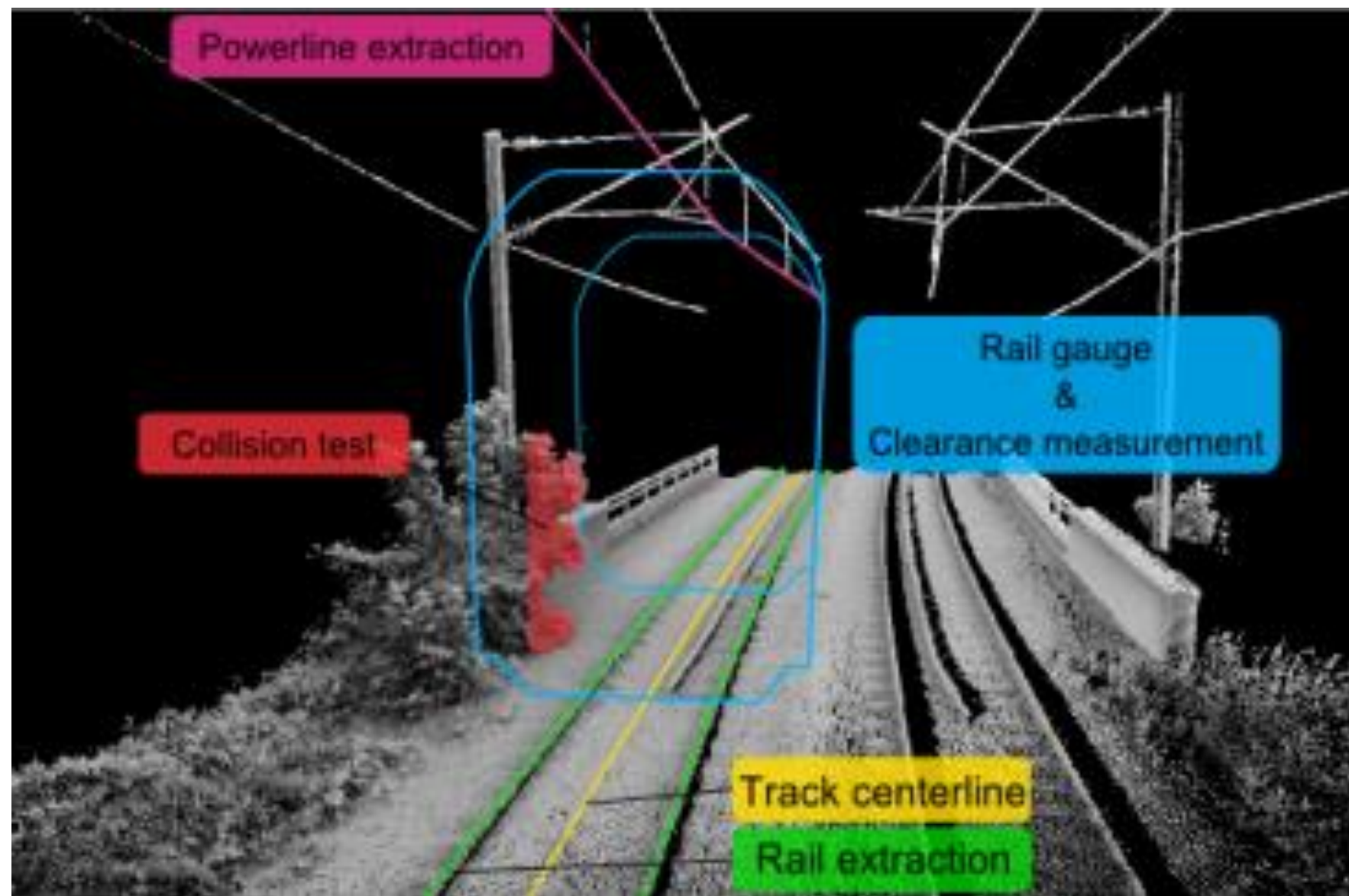
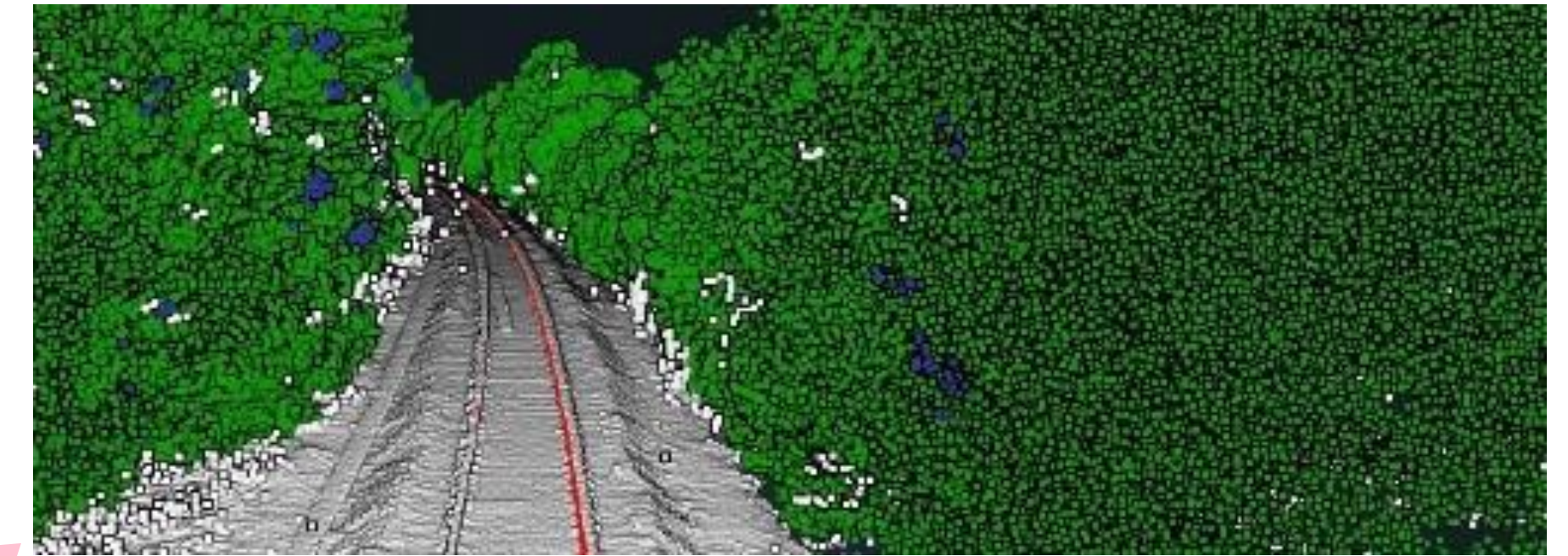


# Exploitation des nuages de points 3D

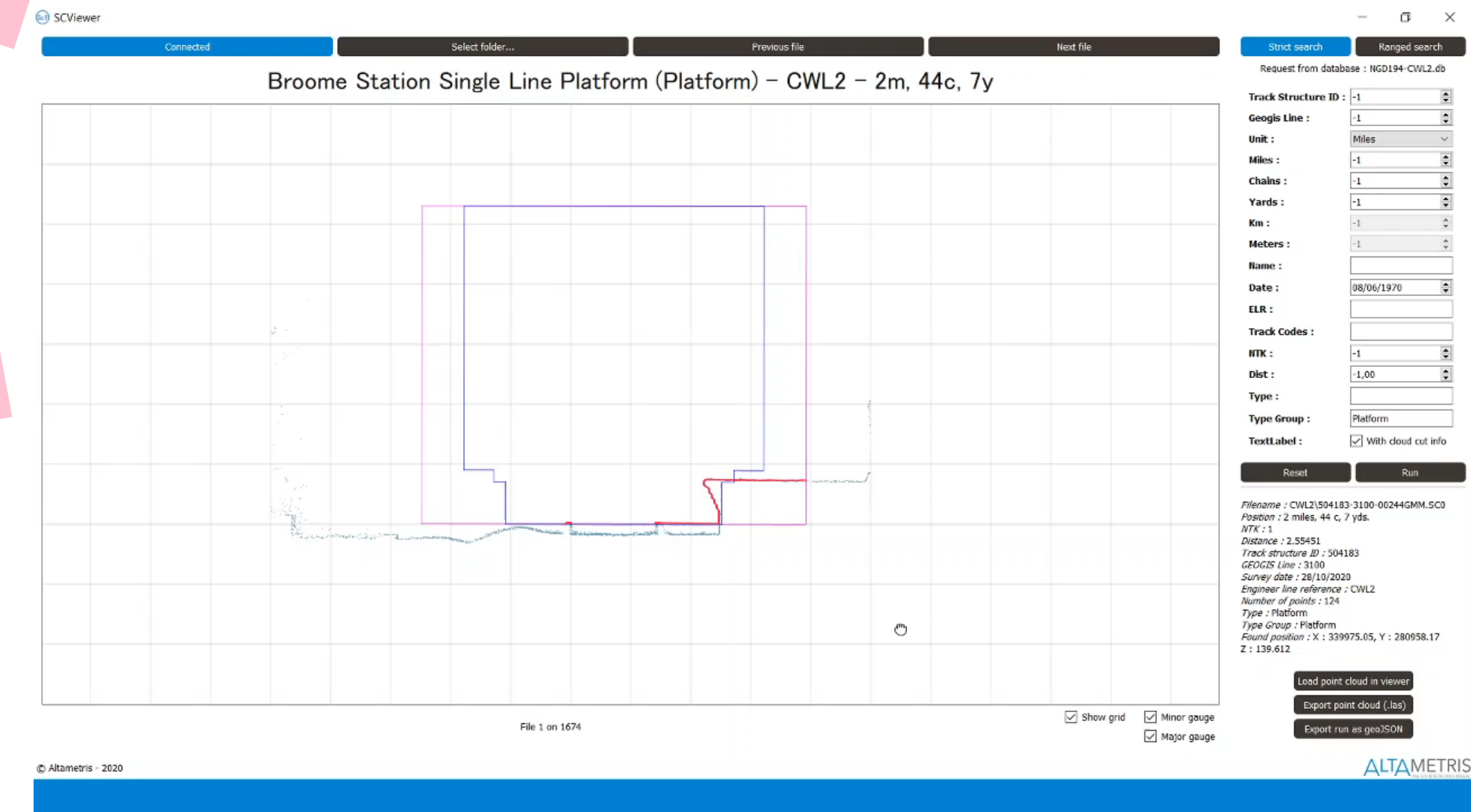
Détection d'infrastructure – Calcul automatique de Gabarits ferroviaires



Identification de 10 types d'infrastructures



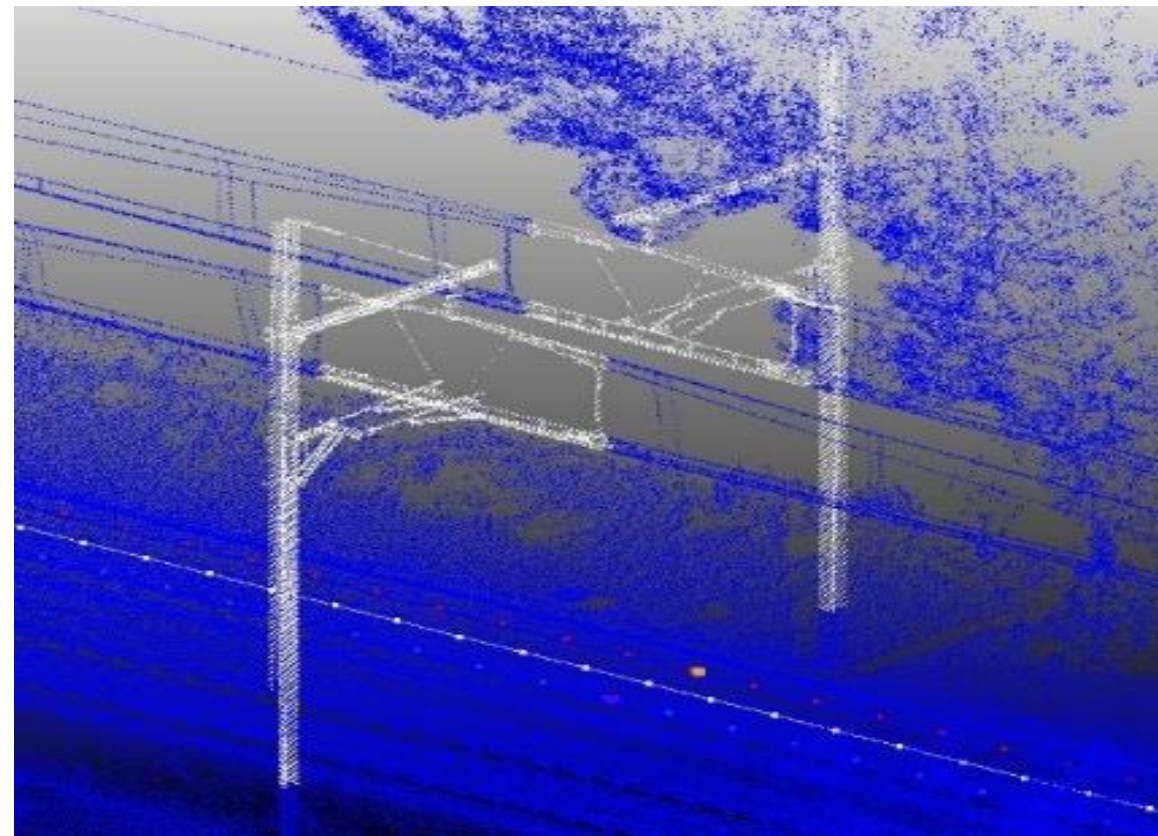
Calcul de coupes du dégagement disponibles



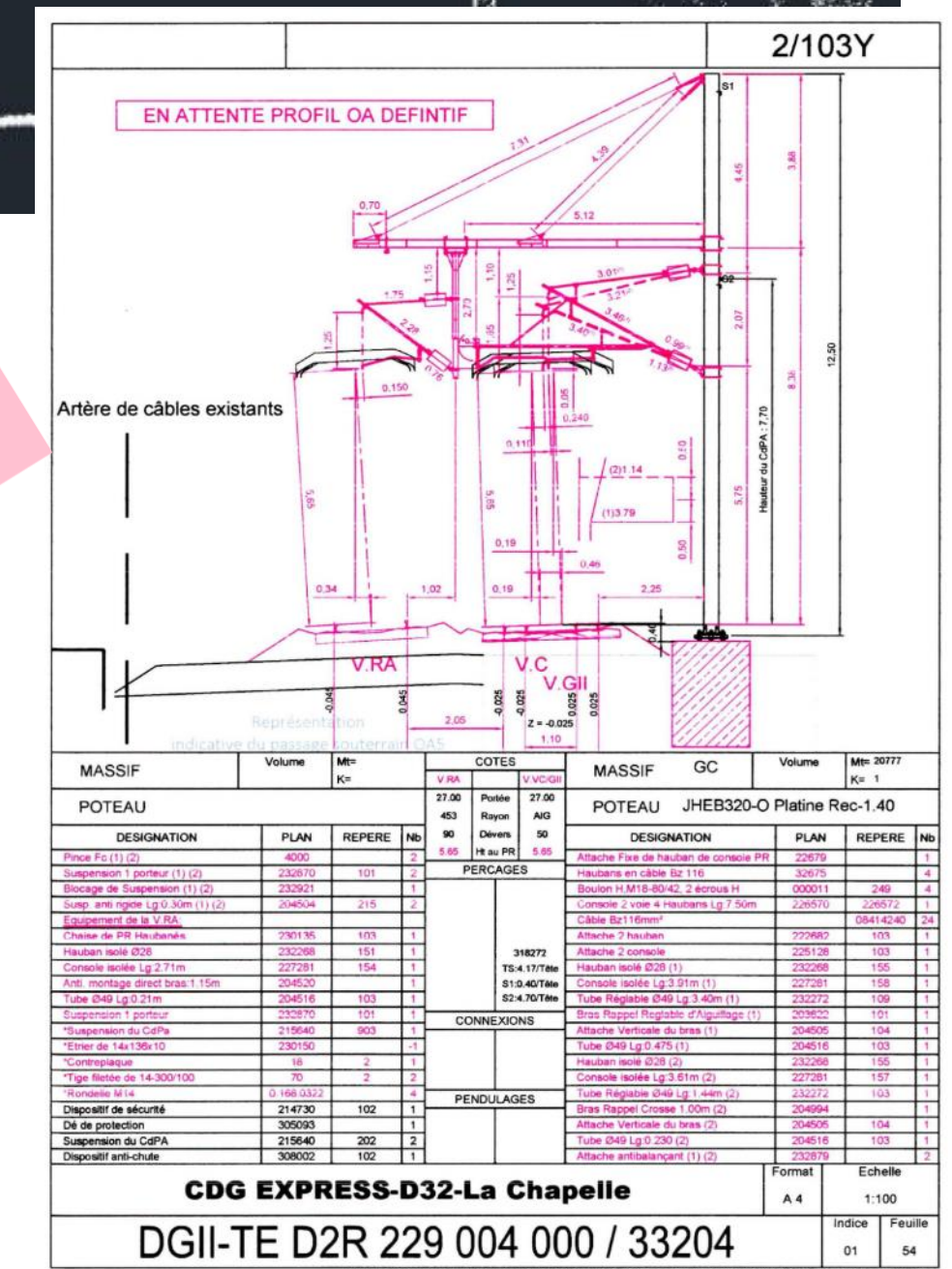
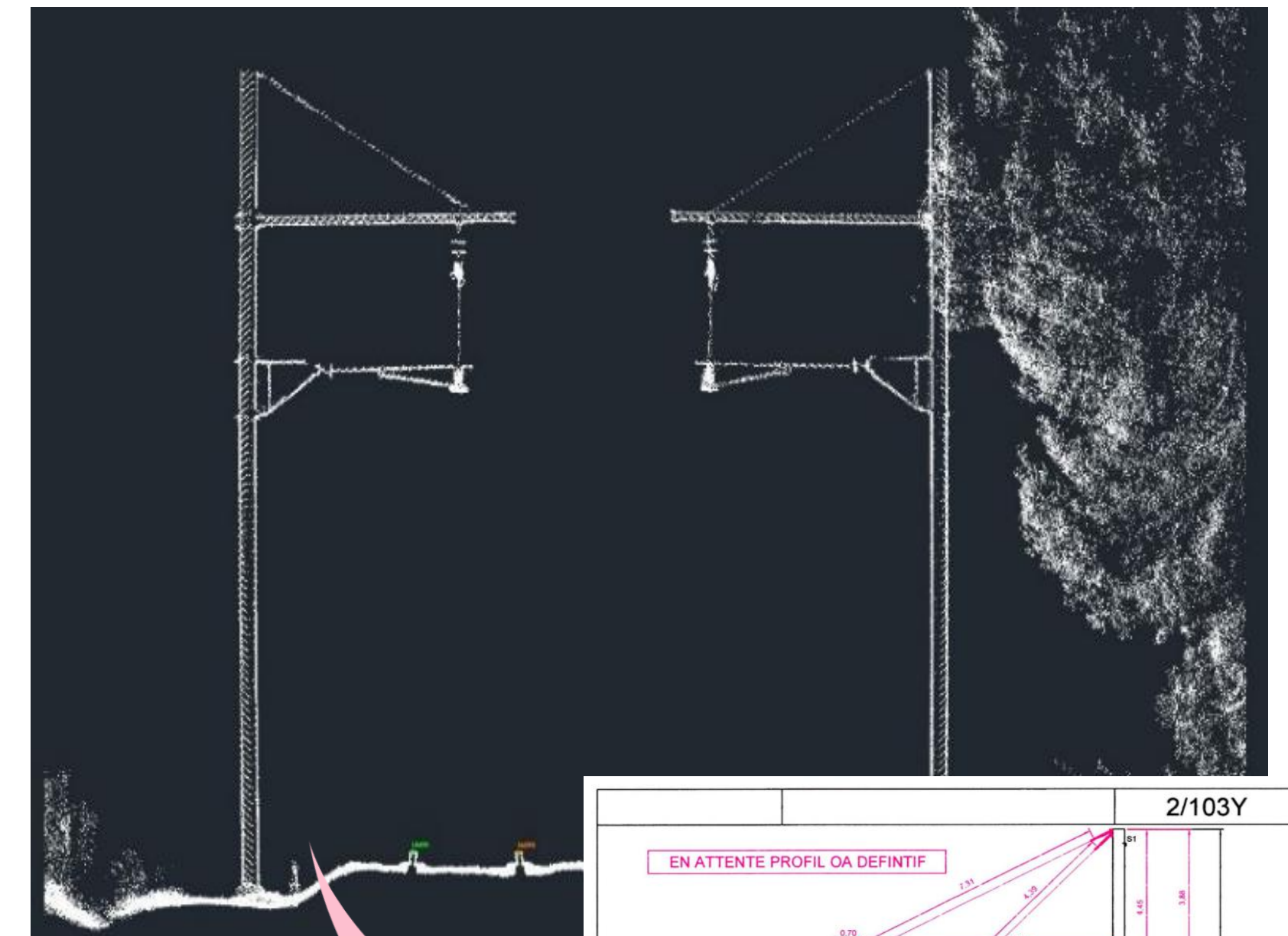
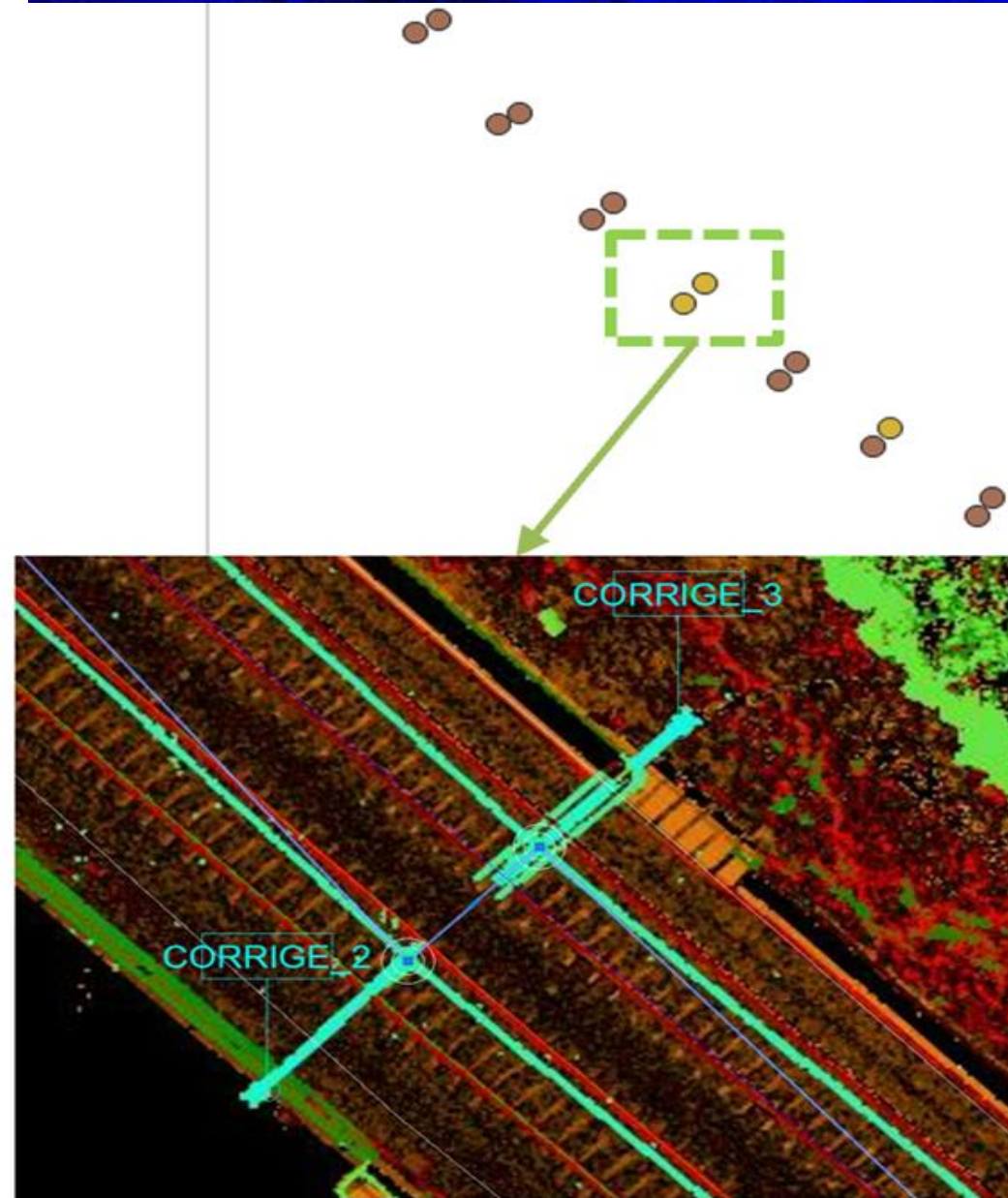
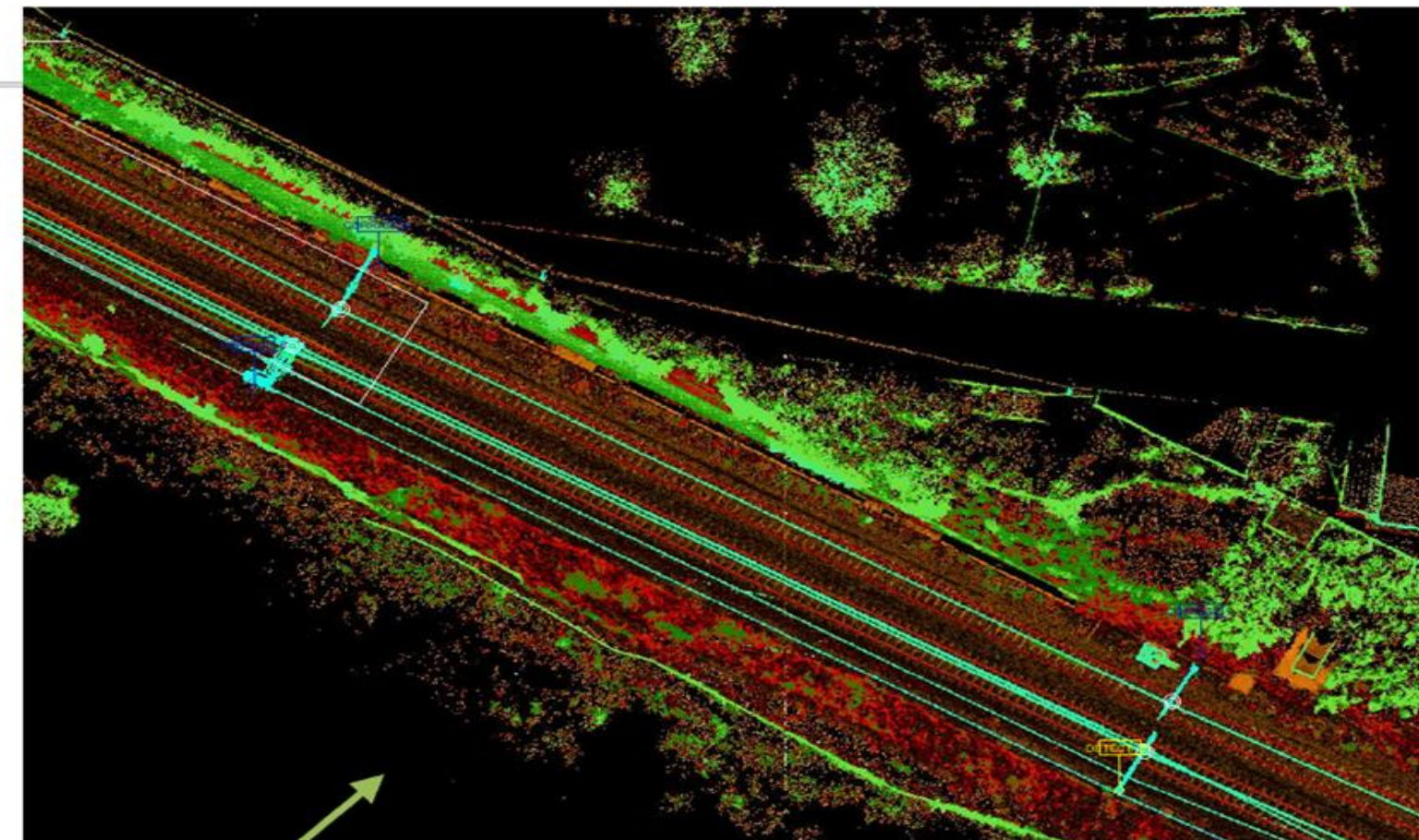


# Exploitation des nuages de points 3D

Détection de la caténaire – Calcul de côtes et création de plans



Détection automatique des poteaux caténaire dans le nuage de points

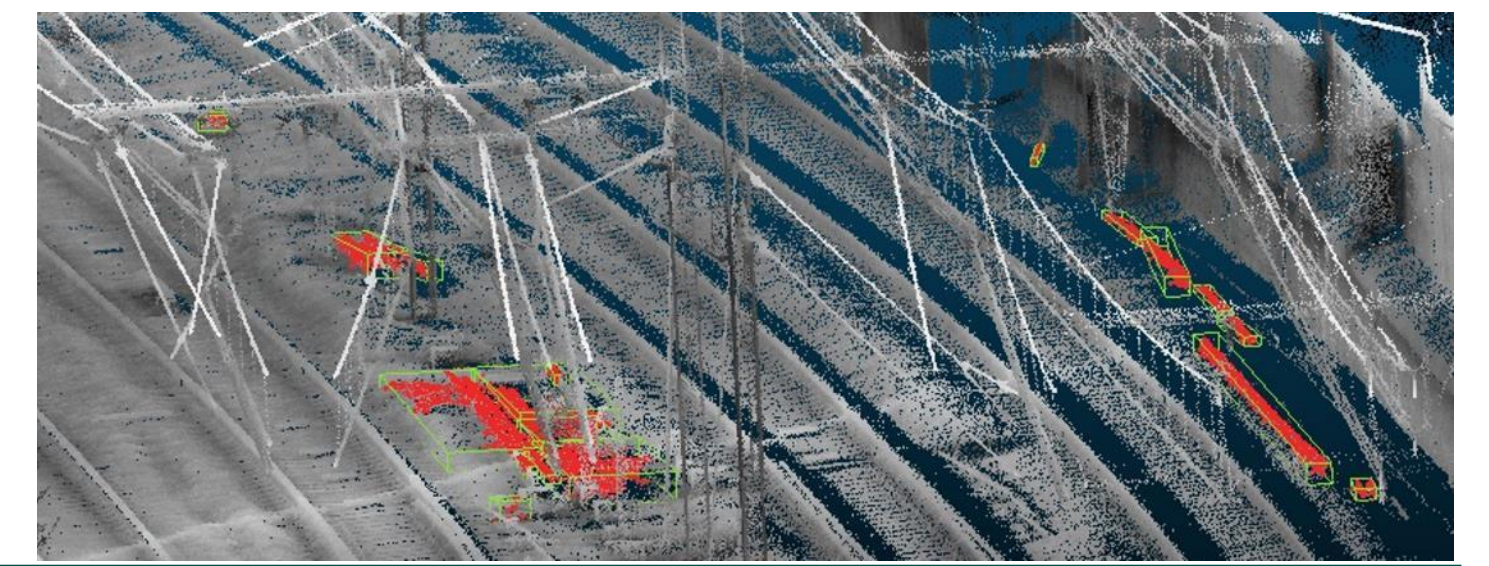


Pré-calcul automatique de cotes sur de gros volumes

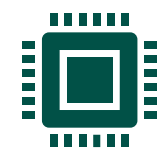


# Exploitation des nuages de points 3D

## Détection de dépôts d'objets dans le nuage de points



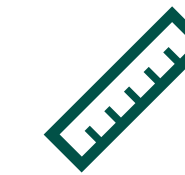
Pour les 3 axes



Traitement automatique dès réception des nouvelles acquisitions



UIC 2 à 6 : 1 passage toutes les 8 semaines  
UIC 7 à 9 : 1 passage toutes les 16 semaines  
TGV : Pas de passage à date



10 000 km analysés au minimum chaque année

DÉPÔT D'OBJET



« Nous identifions plus de 90% des objets de plus de 30 cm présents sur une nouvelle acquisition LiDAR »



Génération d'alertes à destination des acteurs terrain

LOCALISATION CLÔTURES



« Nous localisons les clôtures présentes sur l'ensemble des nouvelles acquisition LiDAR traitées dans le dispositif. »



Génération continue d'un table de localisation de patrimoine intégrable dans GAIA

DÉFAUTS DE CLÔTURES



Génération d'alertes à destination des acteurs terrain

Un impact direct Sécurité et suivi des recommandations EPSF



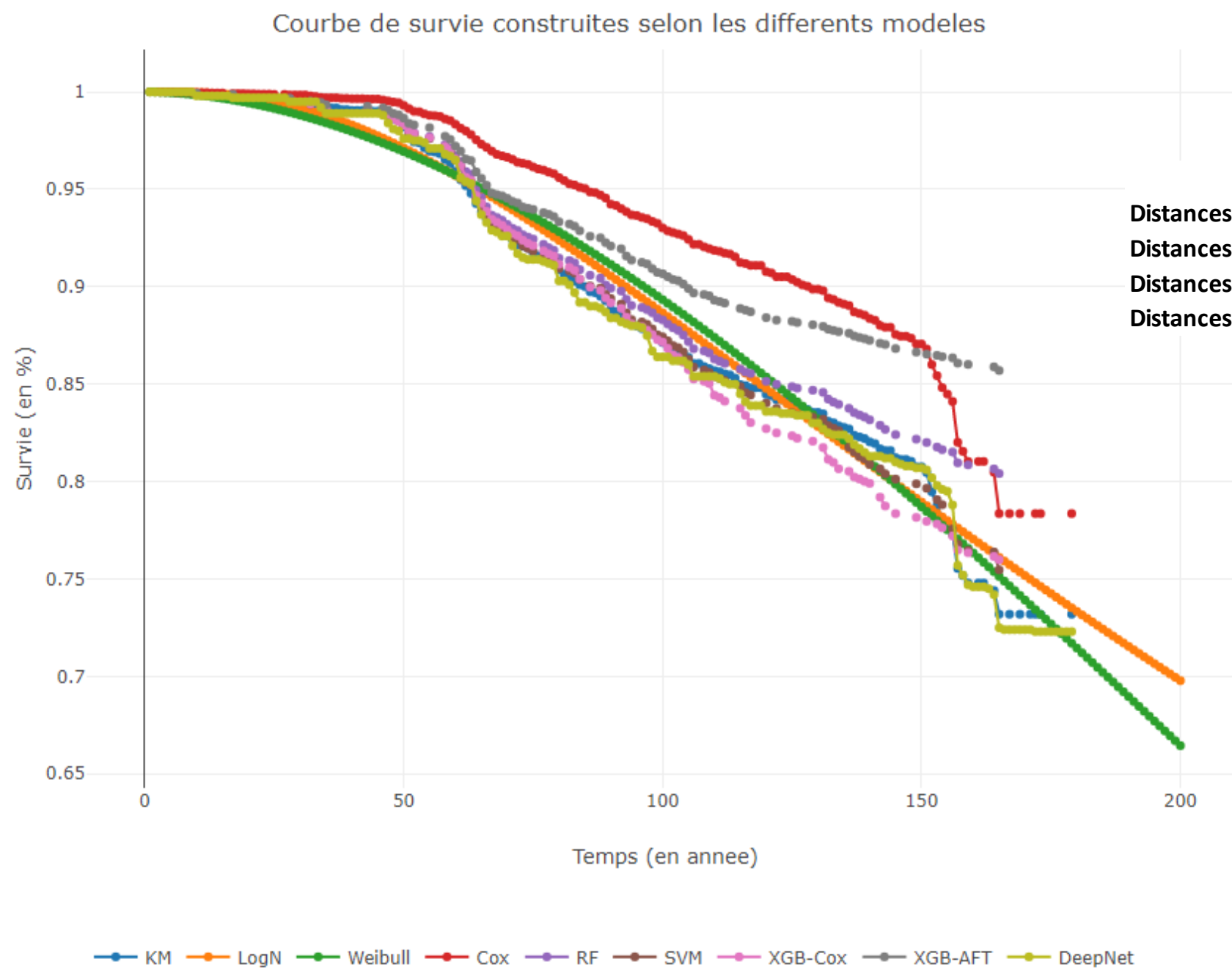
# DATA SCIENCE

Prédire la durée de vie des assets

## Quelques fonctions essentielles réalisées

- Mise en qualité des données
- Recherche du meilleur modèle prédictif
  - Apprentissage d'un panel de modèles prédictifs
  - Benchmark en vue d'identifier le meilleur
- Aide à l'appropriation & confiance dans les résultats fournis
  - Analyse des facteurs pris en compte, selon leur influence
- Calcul d'incertitudes

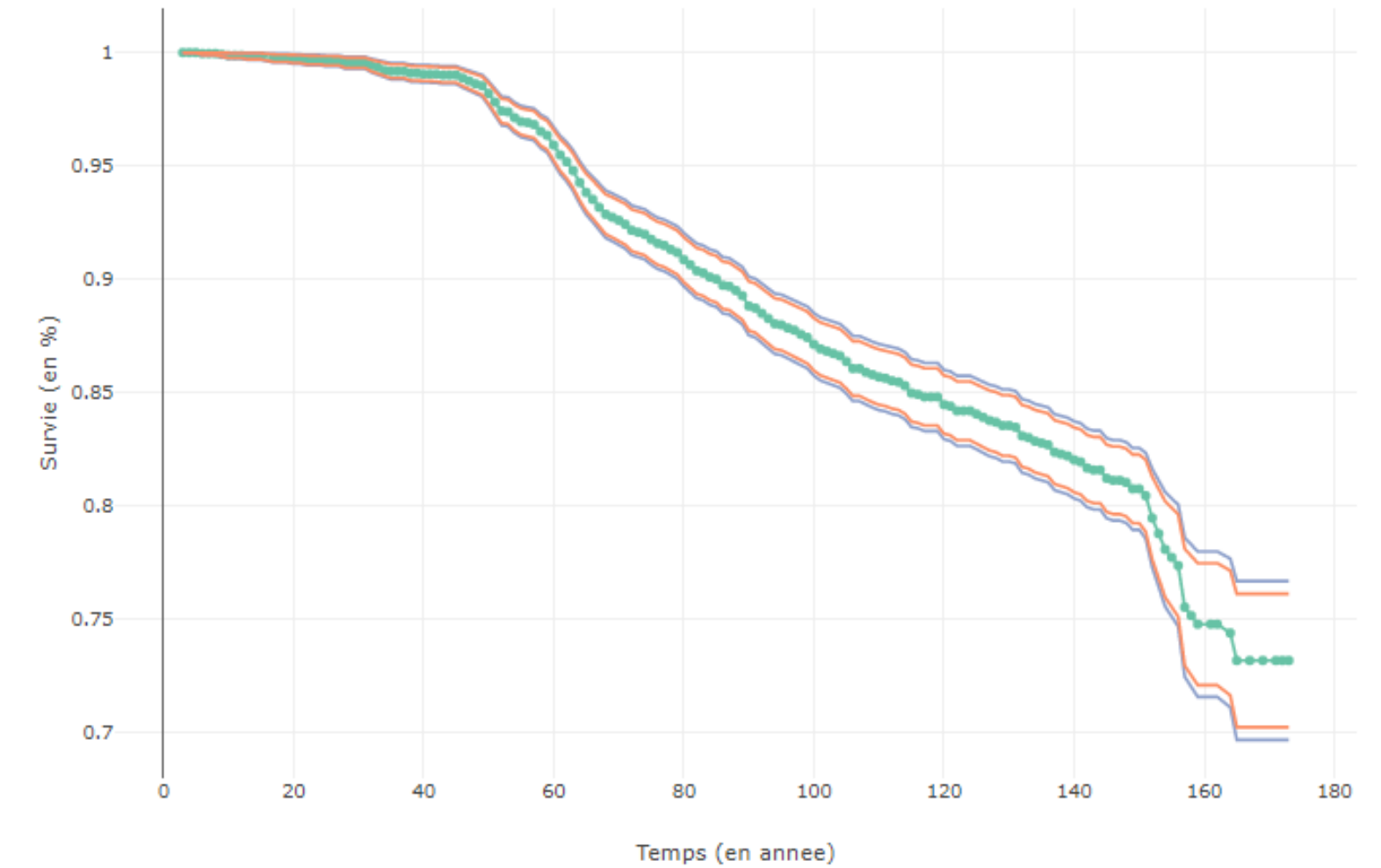
## Panel de modèles prédictifs



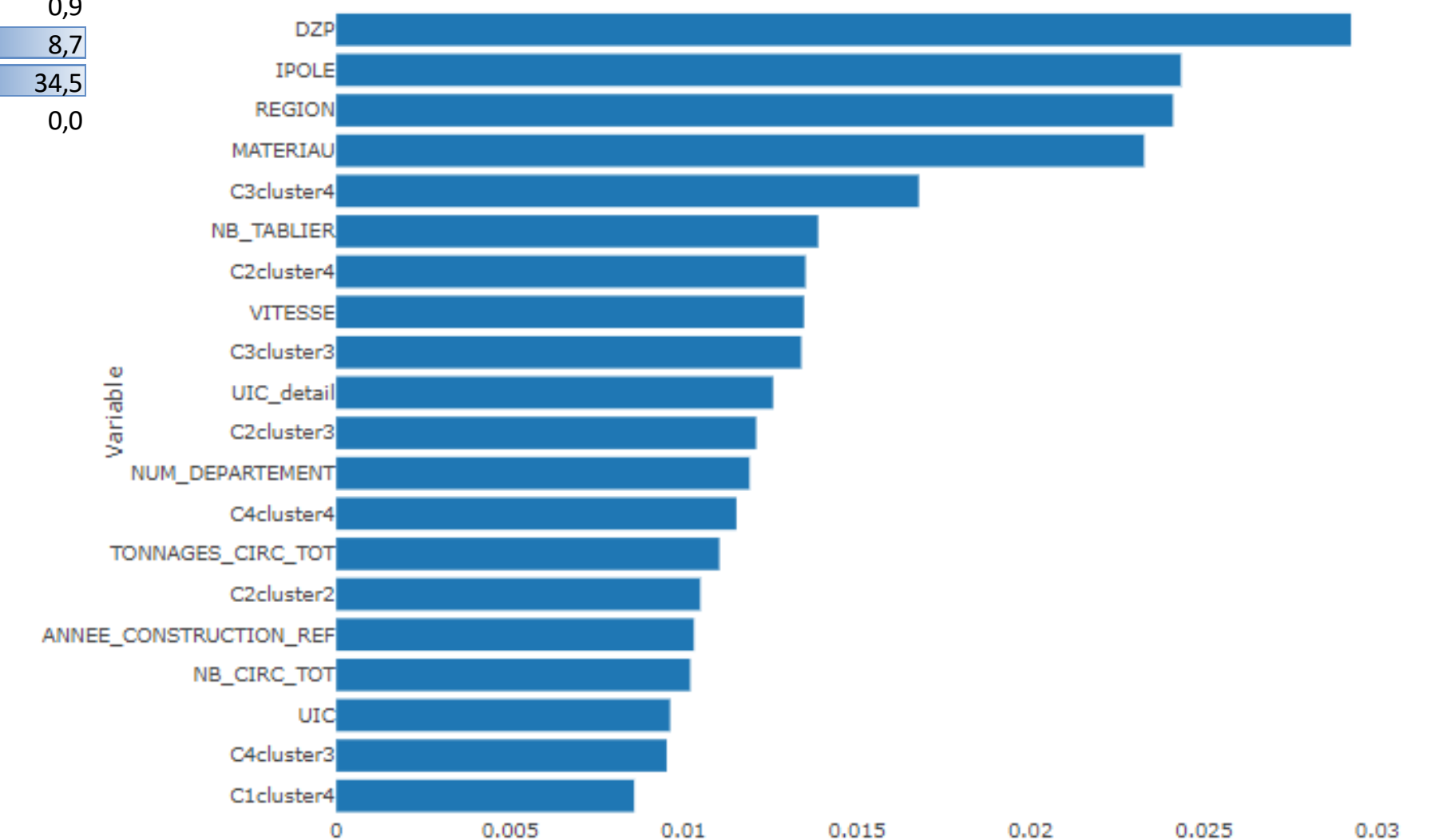
## Benchmark entre modèles

	Weibull	Cox	LogNormale	RF	SVM	XGB-Cox	XGBAFT	DeepNet
Distances Classiques	2,8	8,1	2,1	4,1	1,5	2,3	9,2	0,9
Distances Ponderees	5,0	4,8	4,4	2,6	3,5	3,2	5,6	8,7
Distances maximales	11,5	3,7	9,3	3,8	7,2	6,6	3,7	34,5
Distances entropiques	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,4	0,0

## Calcul d'incertitudes



## Importance de facteurs





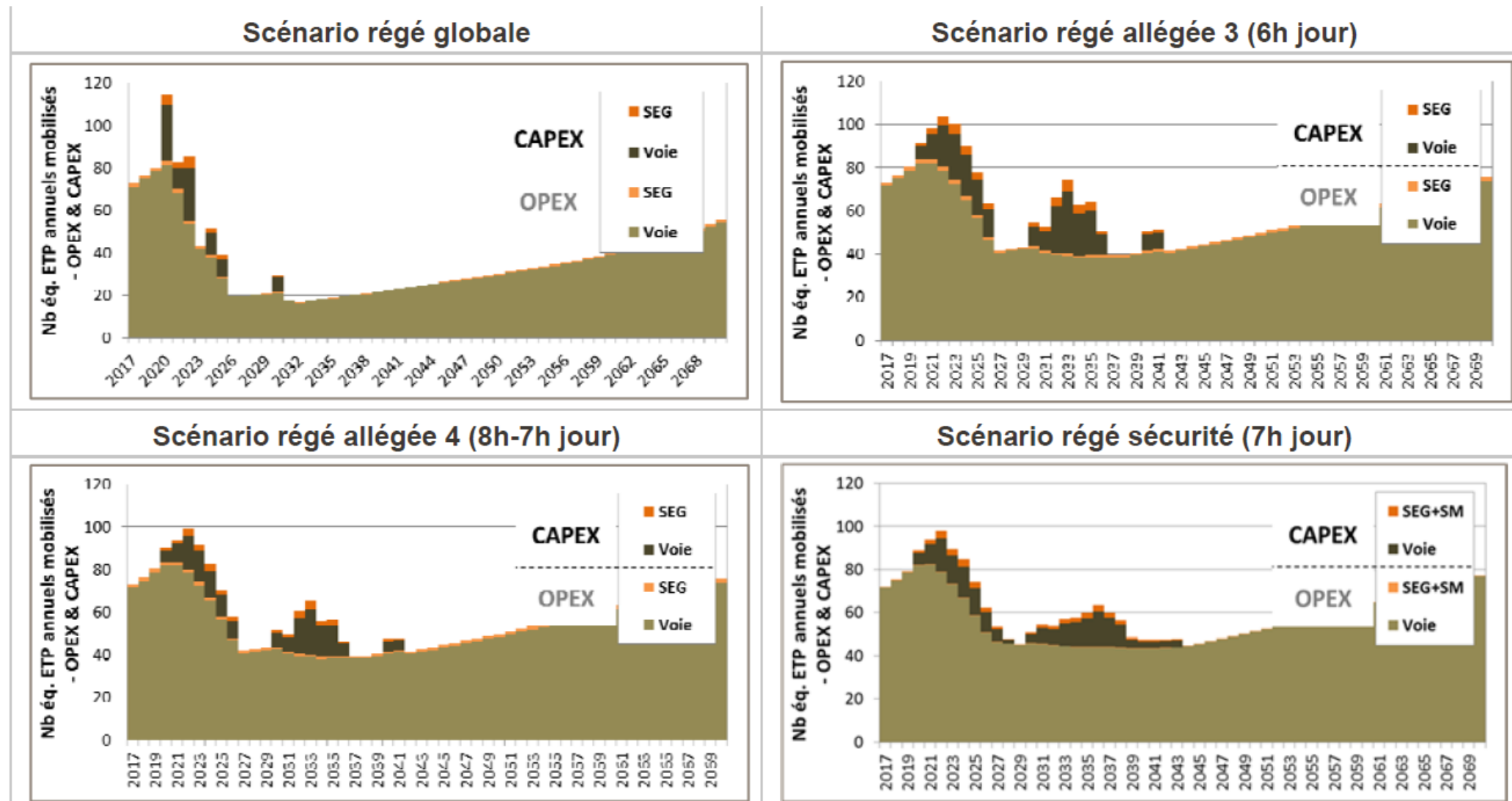
# DATA SCIENCE

## Simuler les plans de maintenance

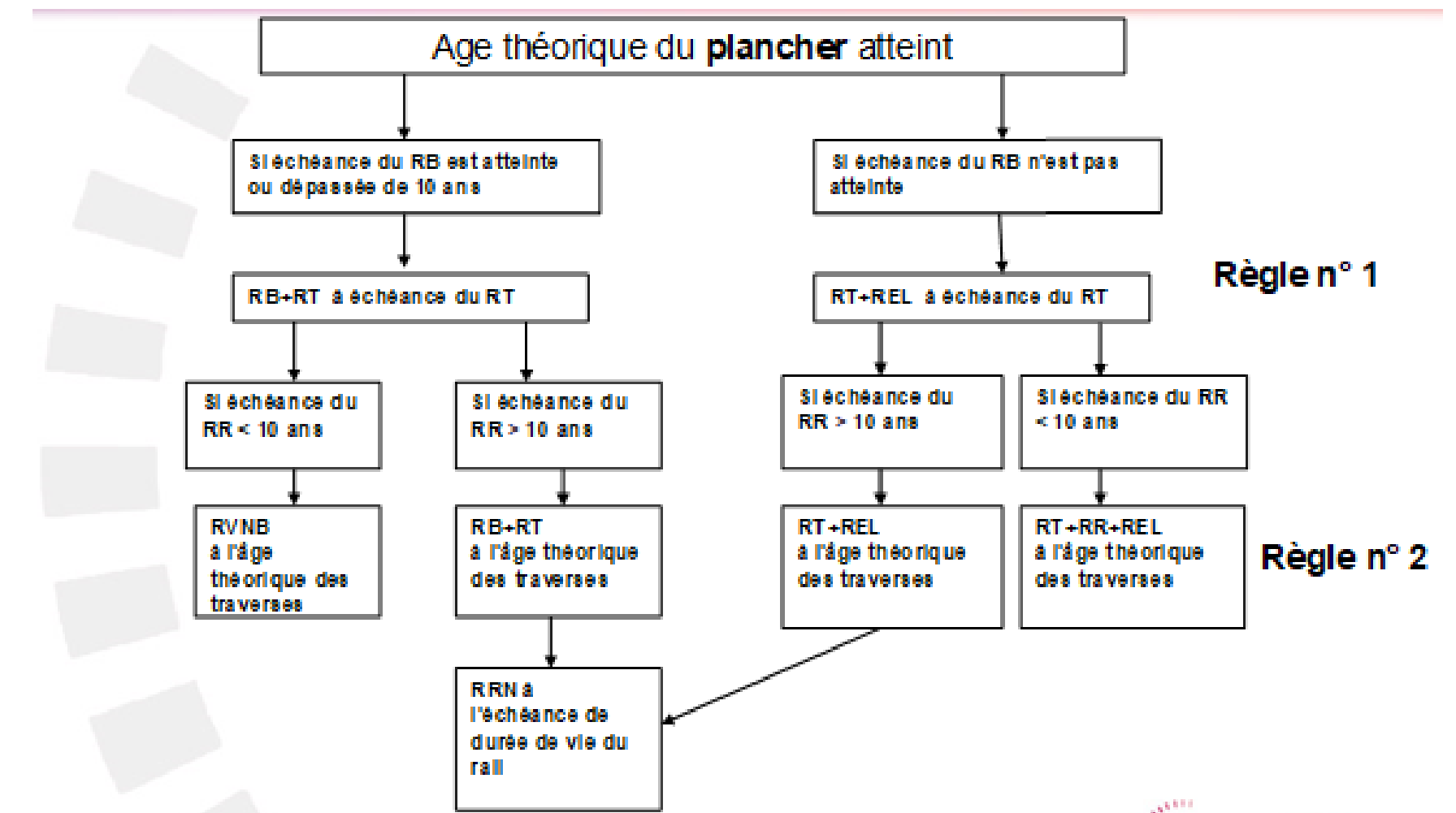
### Etudes prospectives

- Simuler l'application de plans de Maintenance
  - Application critères techniques et fréquences
  - Prédications de ressources consommées et de coûts
- Analyse d'impact de scénarios de régénération

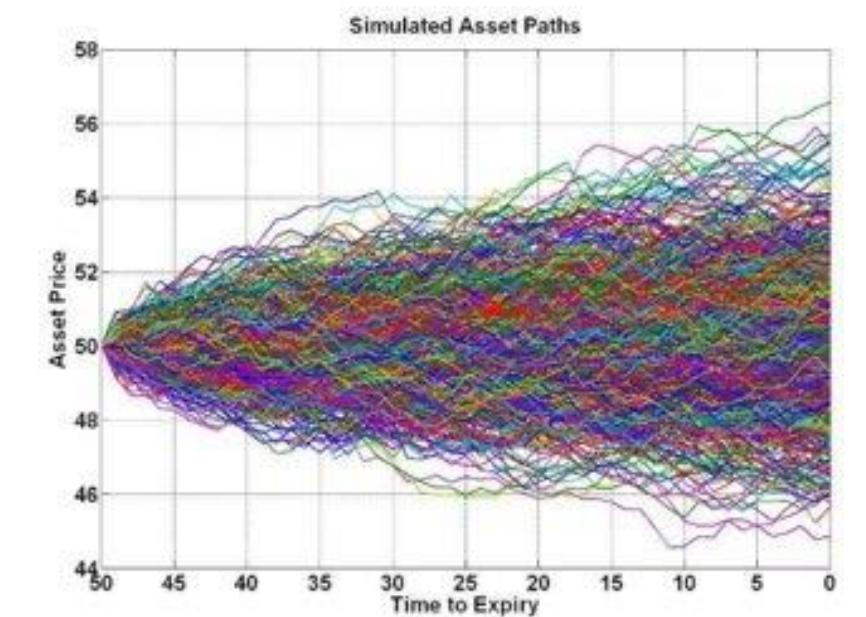
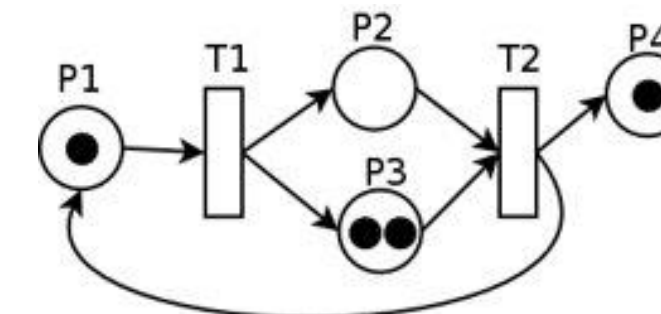
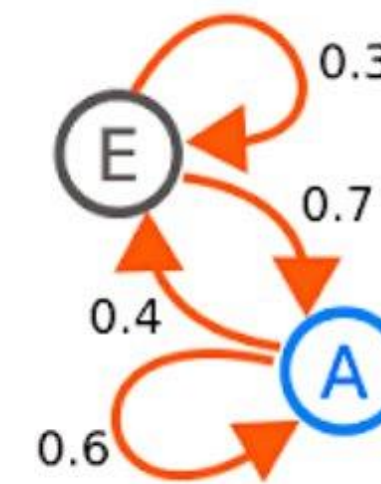
### Analyse d'impact de scénarios de régénération



### Implémentation d'arbres de décision de Maintenance



### Application de modèles + ou - perfectionnés





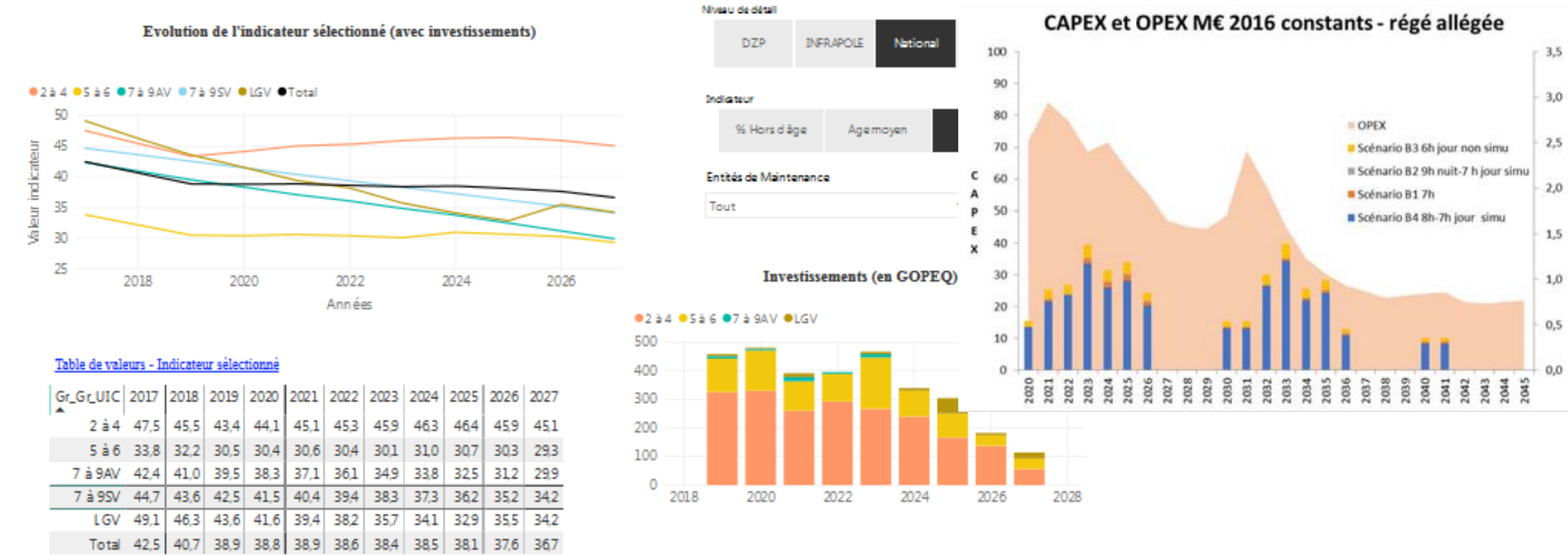
# DATA SCIENCE

## Aider à la décision de maintenance

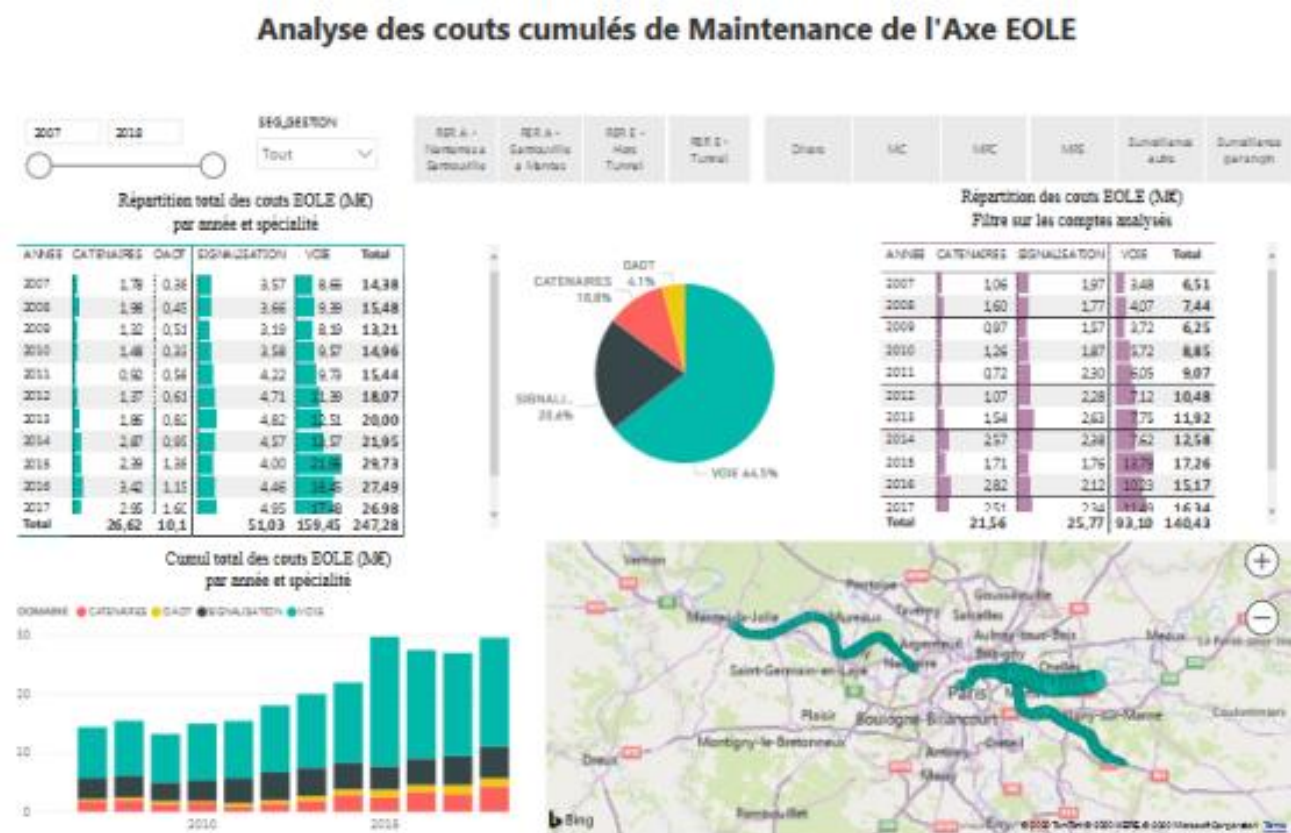
### Etudes prospectives et développement d'outils

- Evaluer l'impact de plans d'action, de changements de politiques de Maintenance,....
  - Volumes d'assets impactés & vieillissement de parcs
  - Ressources de Maintenance & coûts
- Appuyer la consolidation de trajectoires budgétaires Voie (en lien avec les négociations – contrat de performances SNCF Réseau)
- Benchmarkner plusieurs scénarios « what if »
- Aider à l'optimisation OPEX / CAPEX

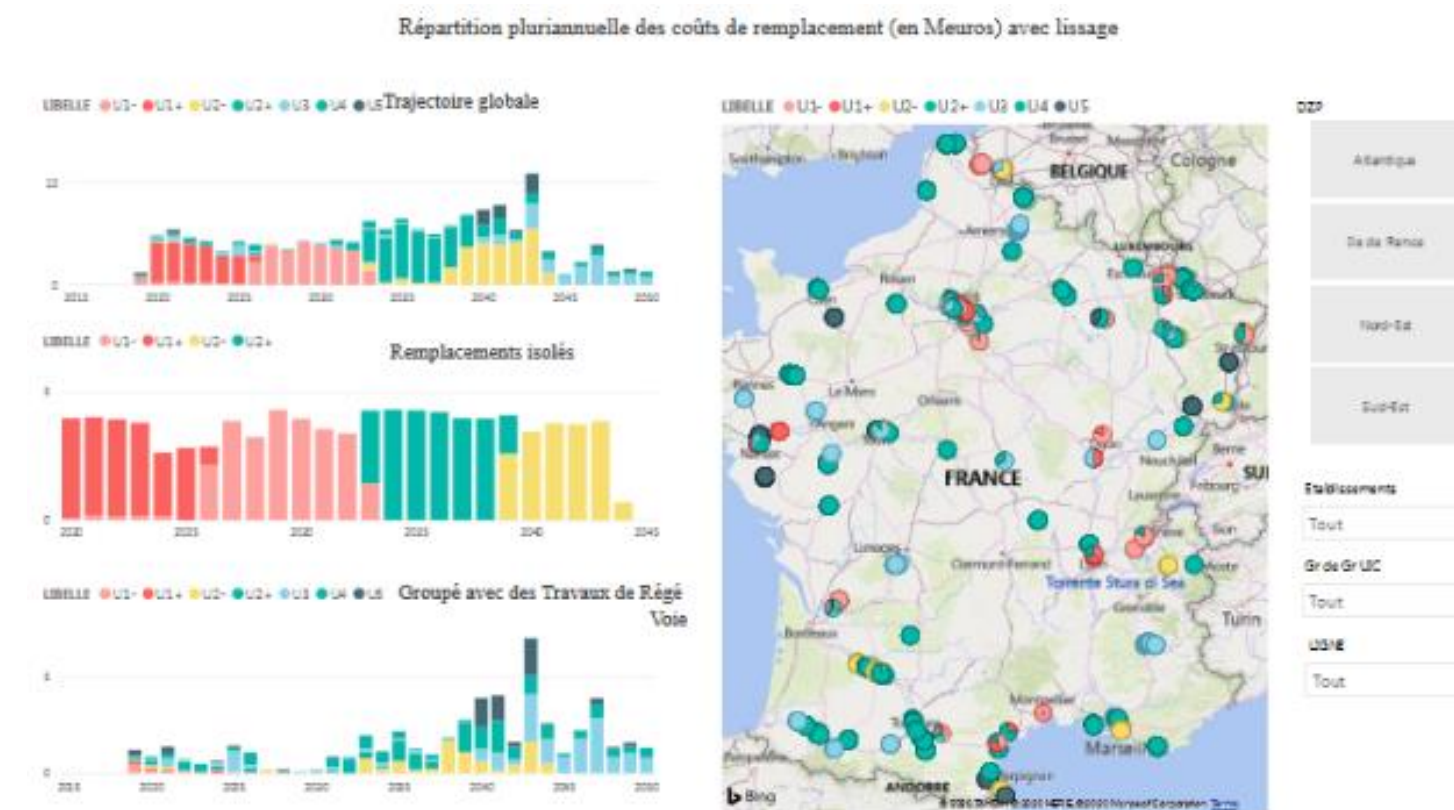
### Stratégie d'investissements Voie & AdV



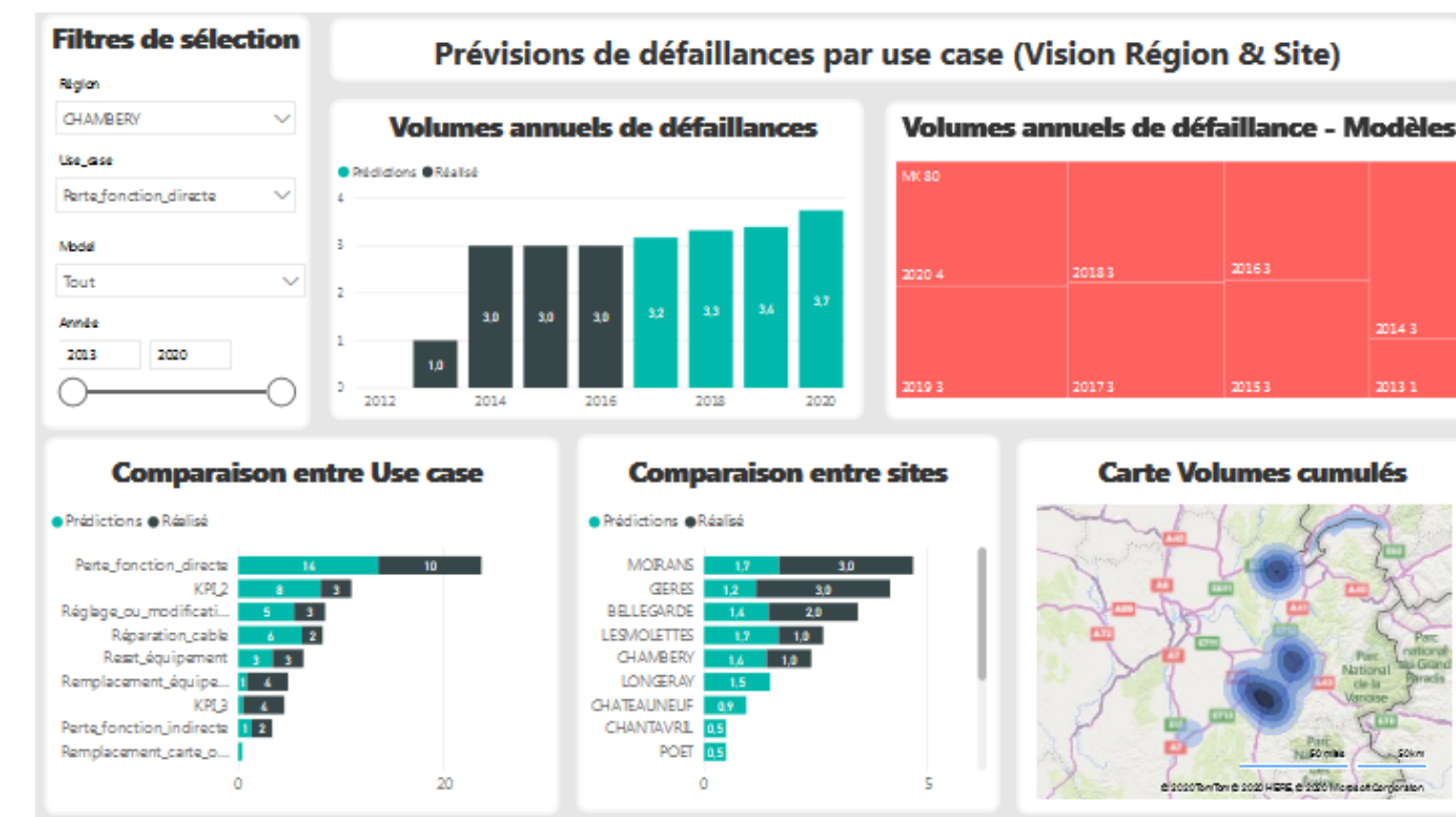
### Prospective Next EOLE



### Plan d'actions Attaches NP



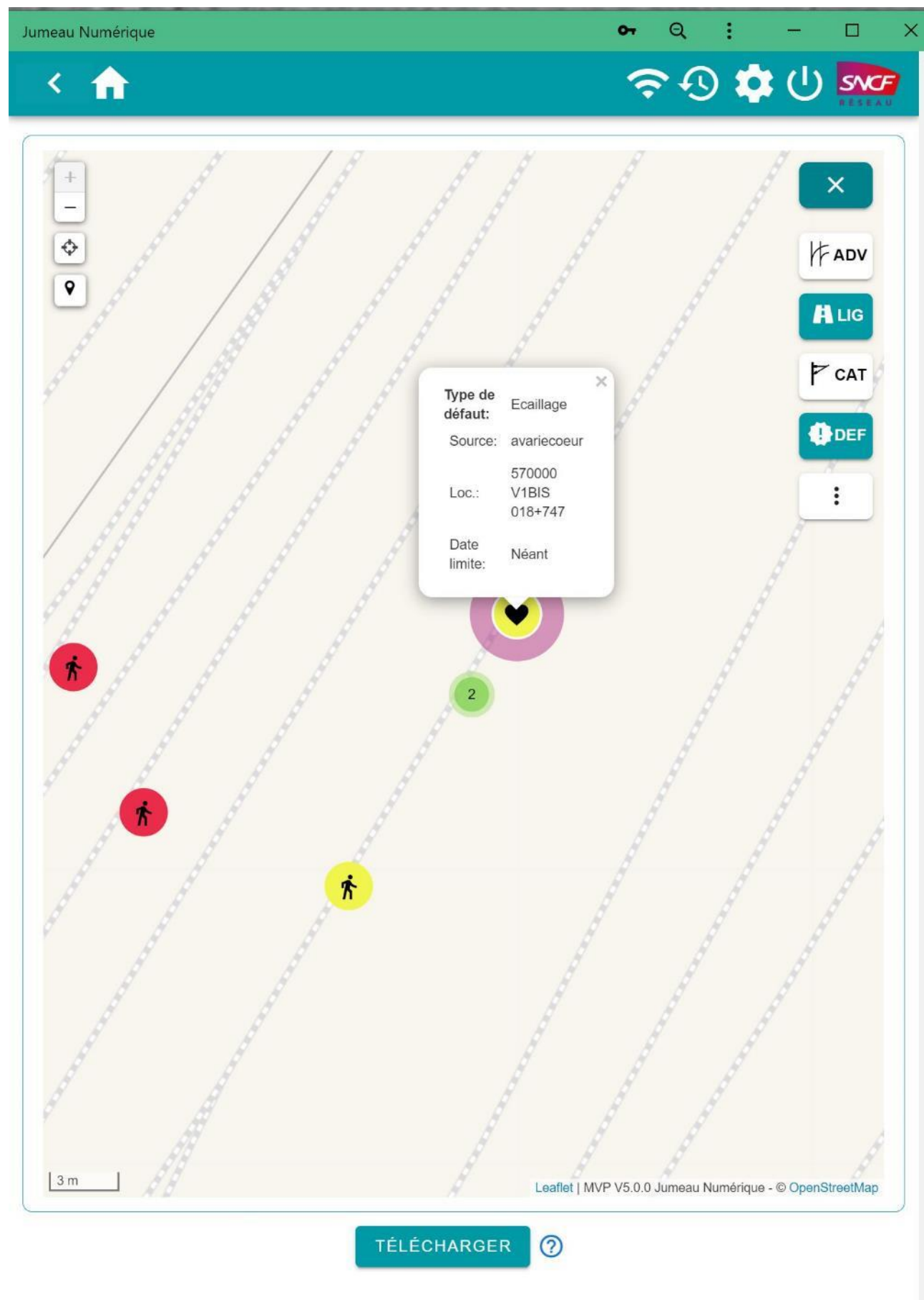
### Asset Management Télécom



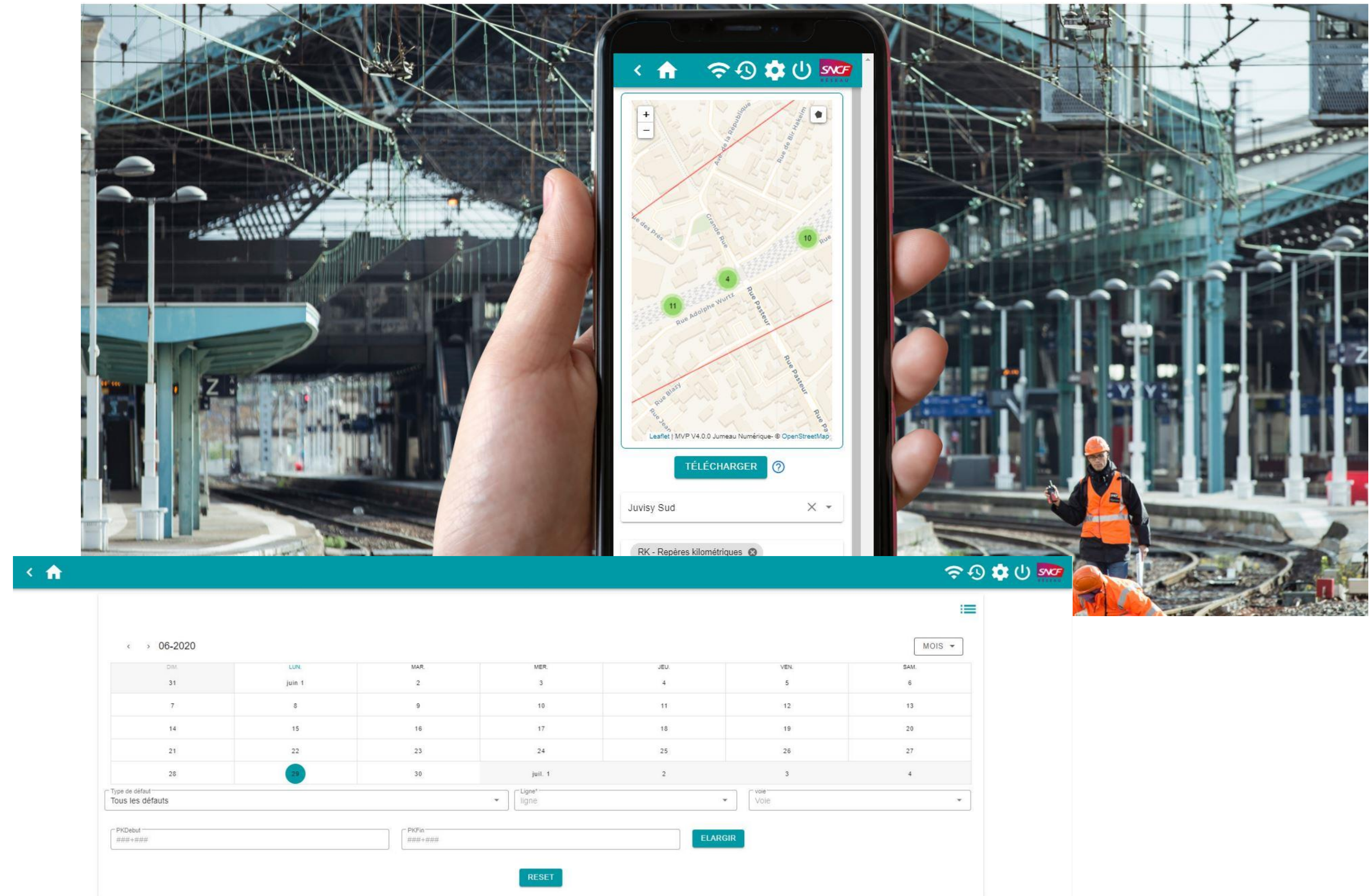


# Cas d'usage maintenance

Géolocalisation des assets – identification des défauts de la voie – planification des travaux de maintenance



Géolocalisation des assets et identification des défauts



Planification des interventions de maintenance



# Projet MINERVE

Projet de recherche sur 4 ans qui mobilise l'ensemble de la filière ferroviaire française

The diagram features a central box with a green border containing logos for SNCF Réseau, AREP, SNCF Gares & Connexions, CentraleSupélec, RATP, COLAS RAIL, KAYRROS, and IREX. A green box at the bottom of this central area contains the text "LEADER". To the right of the central box is a large green rounded rectangle containing the text "Budget total : 35 000 k€" and "Financement : 17 000 k€".

**LEADER**

**Budget total : 35 000 k€**  
**Financement : 17 000 k€**

A large green circle containing logos for SYSTRA, setec, egis, EIFFAGE, anteagroup, TSO, Université Gustave Eiffel, INGÉROP, ETF, and RAILENIUM (RAIL RESEARCH & INNOVATION).



# Adaptation au changement climatique

Modélisation des aléas : Indicateurs macro



**FEUX-DE-FORETS**



**RETRAIT GONFLEMENT  
DES ARGILES (RGA)**



**GLISSEMENT DE  
TERRAIN**



**SUBMERSION  
MARINE**



**RUISSELLEMENT**



**PRECIPITATIONS  
INTENSES**



**INONDATIONS PAR  
DEBORDEMENT**



**CHUTE DE NEIGE**



**TEMPERATURES  
NEGATIVES  
EXTREMES**



**TEMPERATURES  
POSITIVES  
EXTREMES**



**TEMPETES**



**AVALANCHES**

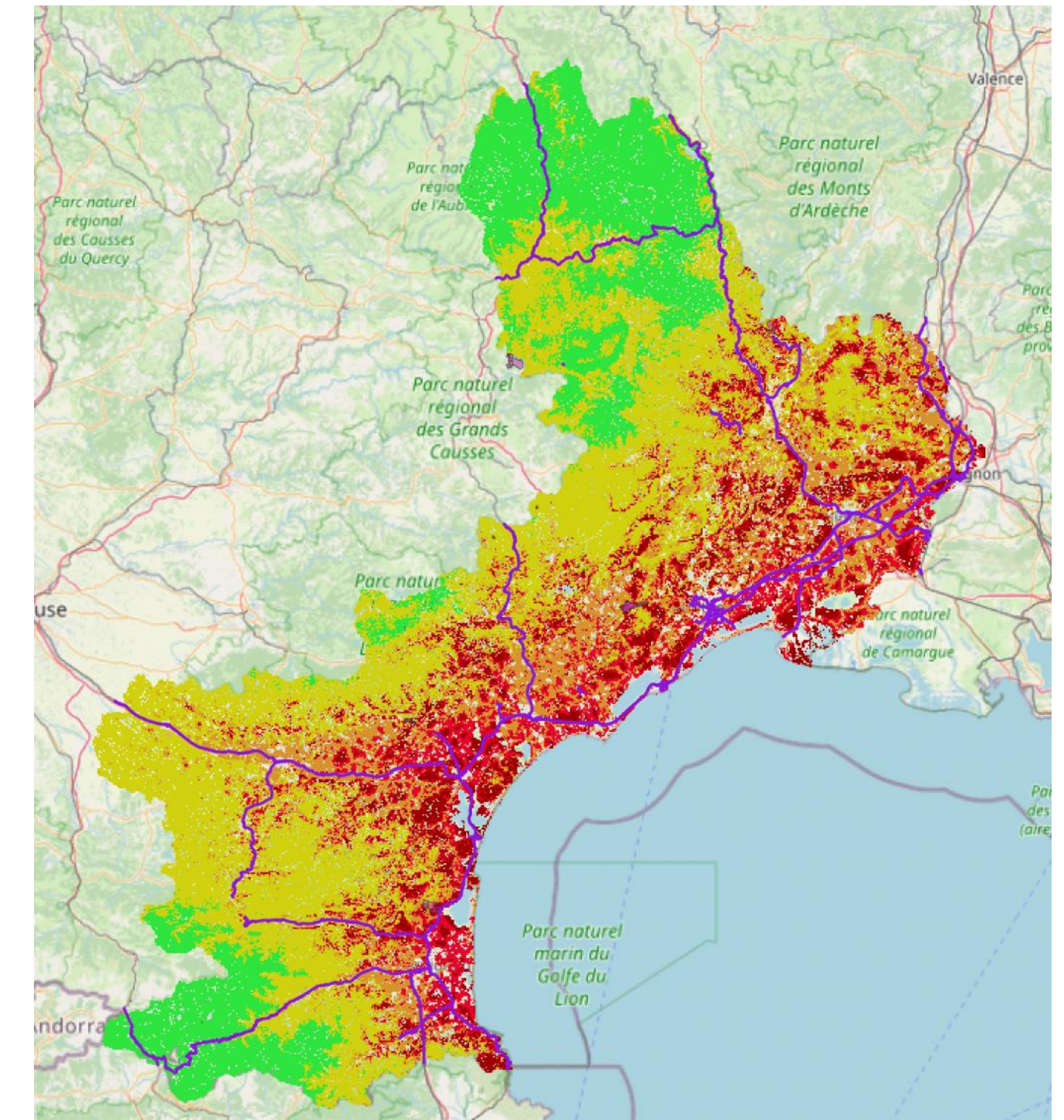
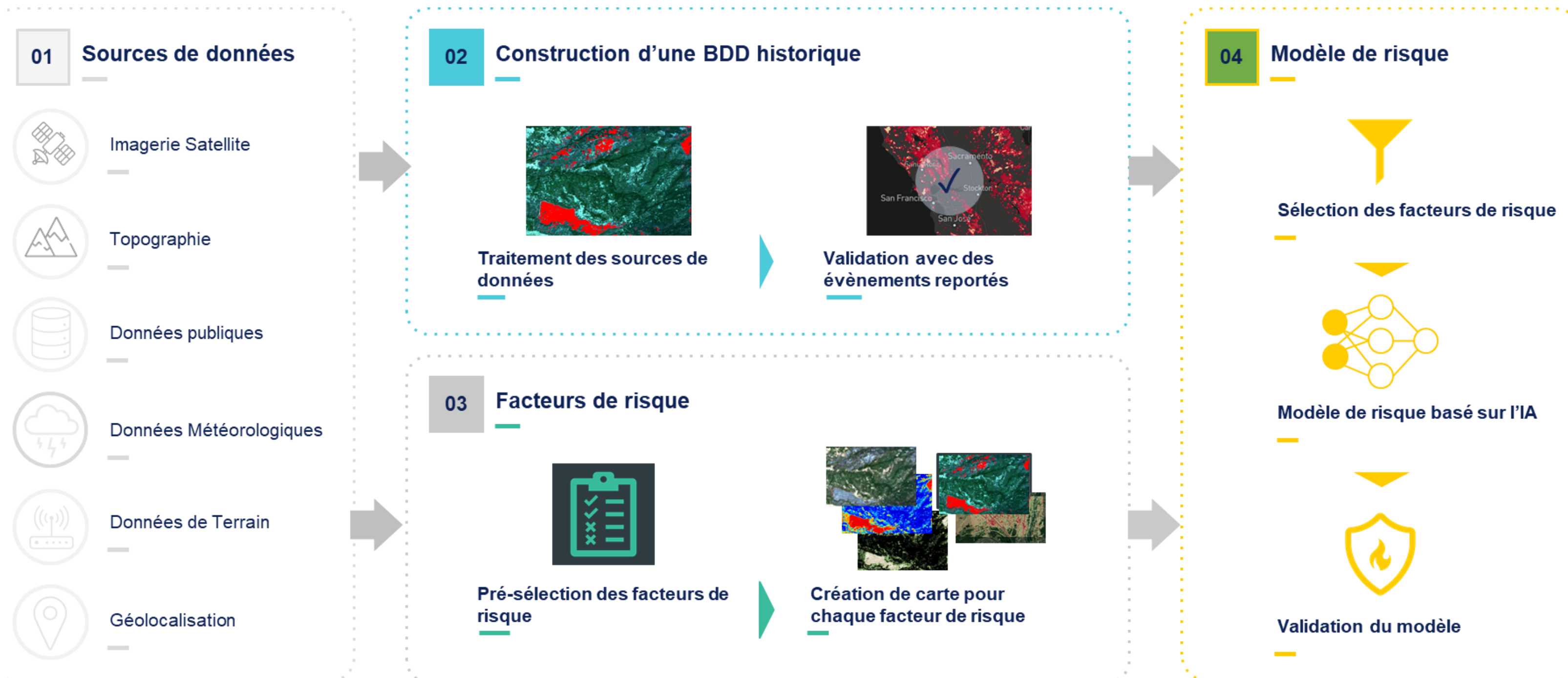


# Modélisation des aléas

Une caractérisation plus fine par l'IA et l'Imagerie Satellite



## FEUX-DE-FORETS





# Modélisation des aléas

## Décomposition des assets par composants

### COMPOSANTS

GENIE CIVIL

- Voies principales et voies secondaires (hors ouvrage)
- Ouvrage en terre
- Ouvrage d'art aérien
- Ouvrages d'art souterrains
- Gares et haltes (sous l'angle de l'accessibilité aux quais)

GENIE ELECTRIQUE

- Installations de traction électrique (ITE)
- Equipement d'alimentation électrique (EALE)
- Equipement de signalisation
- Equipement de télécommunication et de surveillance

Attribution d'une note de sensibilité face aux aléas à chaque composant (de 0 à 4)

	Asset				
		FEUX	RGA	CHAUD EXTREME (>35°C)	FROID EXTREME (<=0°C)
Genie civil	Voies principales et voies essentielles à l'exploitation (hors ouvrage)	2	2,5	3	1
	Ouvrage en terre	2	3	1	0,5
	Ouvrage d'art aérien	0,5	2,5	0,5	0,5
	Ouvrages d'art souterrains	0	2,5	0	0,5
	Gares et haltes (sous l'angle de l'accessibilité aux quais)	1	1,5	0,5	0,5
Genie électrique	Installations de traction électrique (ITE)	3,5	3	3,5	2
	Equipement d'alimentation électrique (EALE)	3,5	1,5	3	1,5
	Equipement de signalisation	3,5	1,5	3	2
	Equipement de télécommunication et de surveillance	3,5	0,5	3	2



# Projet MINERVE

Projet de recherche sur 4 ans qui mobilise l'ensemble de la filière ferroviaire française

1

**BIM FERROVIAIRE : PAS DE CONTINUITÉ & CONNAISSANCE DE L'EXISTANT**

- + **Méthodes et d'outils spécifiques ferroviaires** sur l'ensemble des spécialités, couvrant la **conception et les travaux**.
- + **Plateforme collaborative multi-métiers, multi-phases**.
- + **Production en masse** des maquettes BIM de l'existant : l'industrialisation de **l'identification des objets BIM utilisant l'IA**.

2

**JUMEAU NUMÉRIQUE : DONNÉES HÉTÉROGÈNES, INCOMPLÈTES, NON INTÉGRÉES**

- + **Architecture de référence** pour le Jumeau Numérique (facilitant l'utilisation de données /gisements hétérogènes).
- + Lois de vieillissement **adaptées à la prédiction en temps réel**.
- + **Algorithmes de replanification** en temps réel.
- + Le Jumeau Numérique comme **plateforme de référence pour la résilience vis-à-vis du changement climatique**.



#4

EN CONCLUSION



# JUMEAU NUMÉRIQUE SNCF RÉSEAU

## VISION

Les données et la technologie permettent à l'entreprise d'entrer dans une nouvelle ère de performance. Grâce aux différents projets Jumeau Numérique, chaque agent se verra soutenu, enrichi, augmenté grâce de puissants leviers digitaux que l'entreprise aura su créer et mobiliser.

## METHODE

Nous offrons aux acteurs de SNCF Réseau - acteurs terrain, acteurs de la prescription, décideurs - un cadre méthodologique, des ressources et une dynamique de construction pour engager concrètement la transformation industrielle de l'entreprise par le numérique.

## AMBITION

Nous agissons pour avoir un impact fort et concret sur la performance de l'entreprise ainsi que sur la réalité du quotidien professionnel de chaque agent. Nous créons les conditions de transformations majeures des processus métiers par le digital en mobilisant tous les acteurs pour qu'ils collaborent à la construction d'une entreprise augmentée.

## VALEURS

### · COLLABORATION

La transition Jumeau Numérique met en mouvement et consolide l'écosystème SNCF Réseau vers un but commun et partagé.

### · INNOVATION

Nous nous engageons à toujours nous positionner à la pointe du possible, en cherchant les meilleures opportunités d'évolutions positives et utiles.

### · PRAGMATISME

La transition Jumeau Numérique s'appuie sur l'existant pour créer les conditions de sa mutation agile et rapides afin d'apporter des gains concrets pour chacun.



# MERCI

