



INFRABEL

Smarter Maintenance

10/06/2026

Suppliers Day Infrabel





SuppliersDay
INFR/ABEL

Smarter Maintenance

Pieter Verlinden

Complexité de la gestion des actifs



Voies principales	6585 Km	
Passages à niveau	1601	#
Aiguillages en voies principales	3981	#
Signaux	10269	#
Génie civil	11705	#
Personnes	6000+	#

Sites avec fonction	> 1.000.000#
Équipements	> 4.000.000#

Objectifs Gestion des actifs numériques



Sécurité des passagers
Sécurité des techniciens
Ponctualité
Fiabilité
Rapidité des interventions



€ Productivité
Augmentation,
plus de capacité

Contrat de performance 2023



Trafic voyageurs +30%

d'ici 2032.

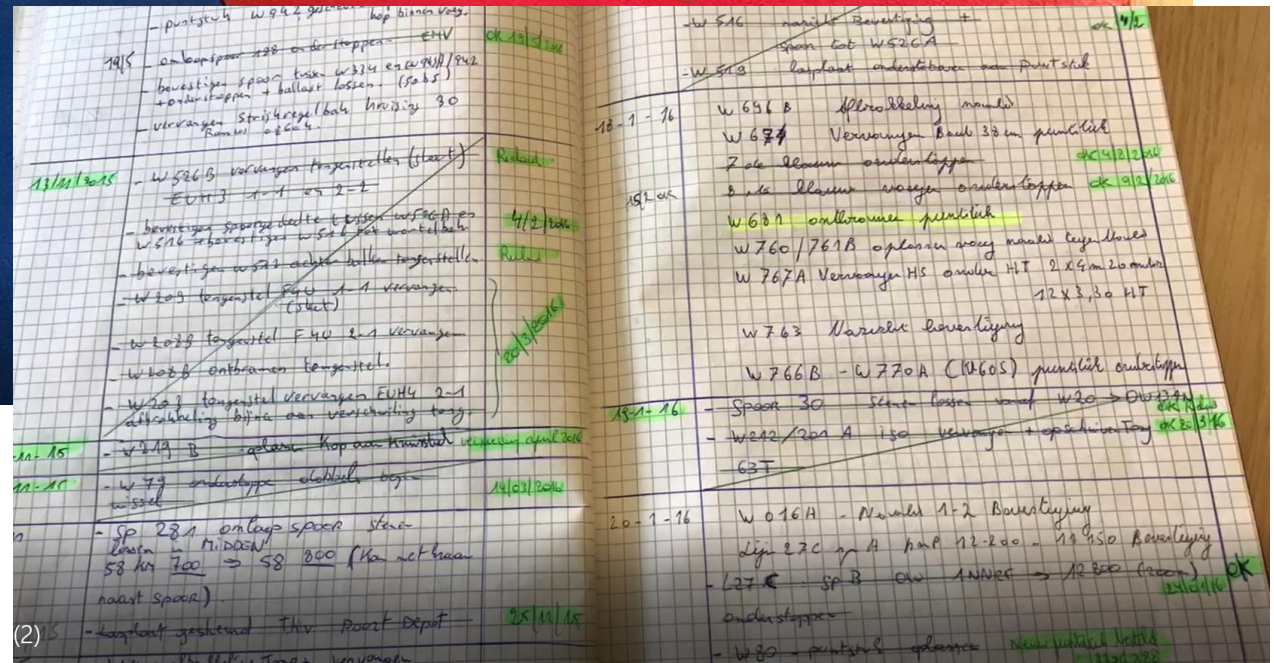
Trains plus rapides (meilleure qualité des voies)

d'ici 2030.

Déploiement de l'ETCS

d'ici 2025.

Exécuter les travaux de maintenance commandés

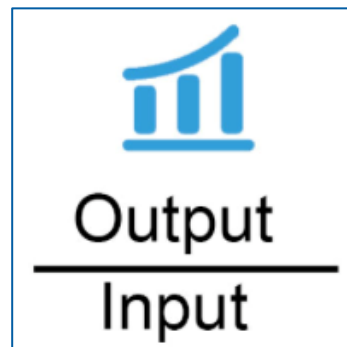


Objectifs de la maintenance intelligente ? 2014



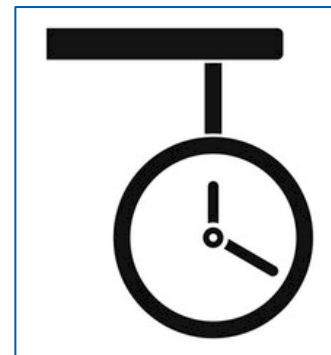
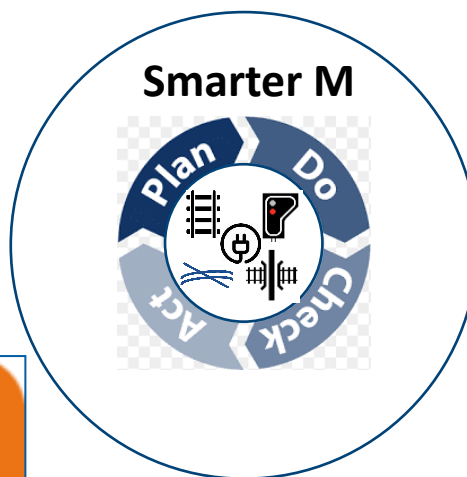
Sécurité accrue

- Réduire les inspections manuelles sur le terrain
- Procédures de sécurité numériques
- Signalement des incidents de sécurité



Améliorer la productivité :

- Outils numériques pour réduire le travail manuel
- Processus fluides et intégrés – sans transferts, sans erreurs
- Sans papier



Des trains à l'heure

- Maintenance dans les délais : fiabilité accrue
- Temps d'intervention réduit
- Limiter les temps d'arrêt de maintenance

Points d'intérêt : IoT

Nous avons désormais
des actifs intelligents

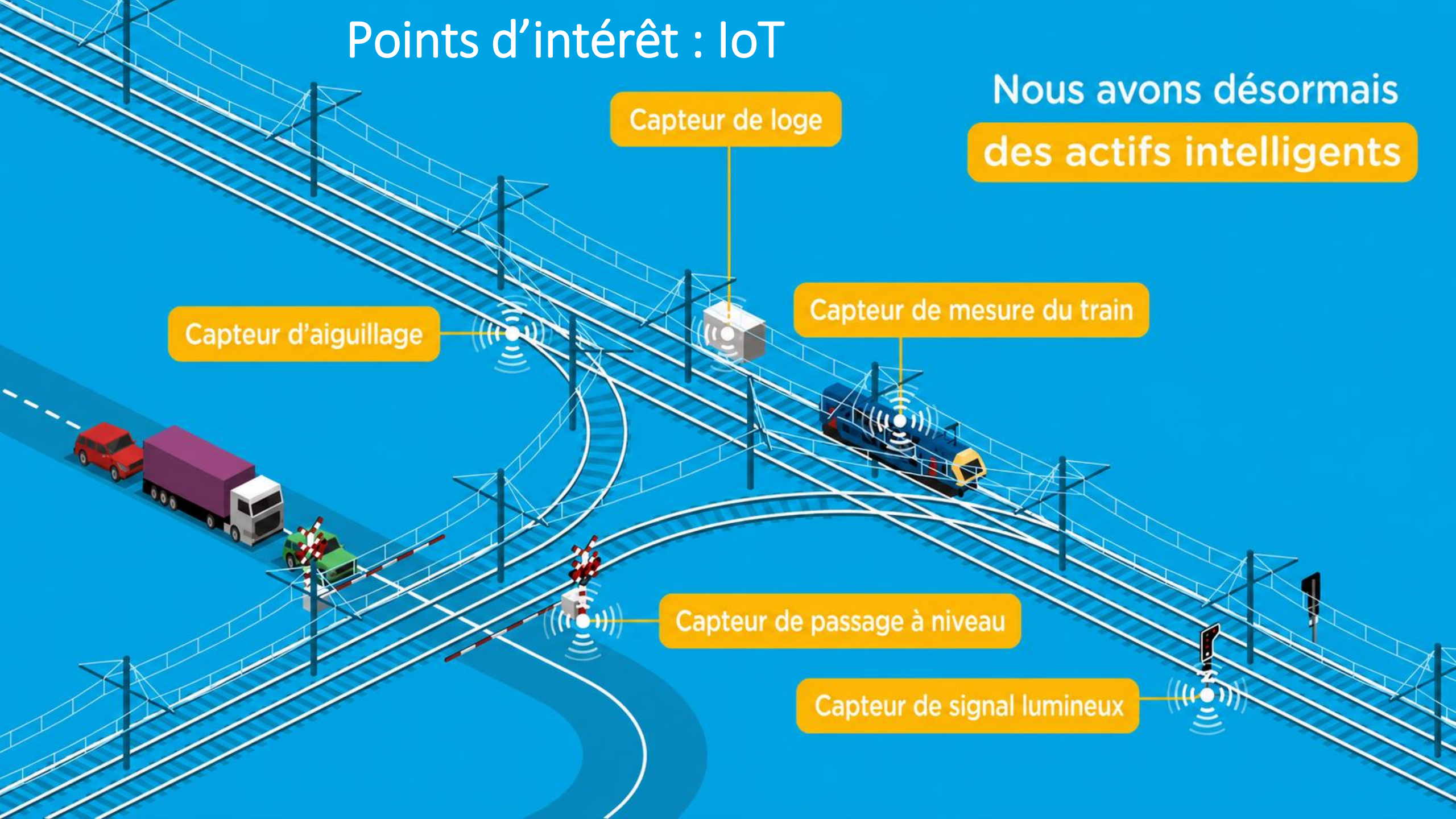
Capteur d'aiguillage

Capteur de loge

Capteur de mesure du train

Capteur de passage à niveau

Capteur de signal lumineux



INFRABEL



Données de mesure

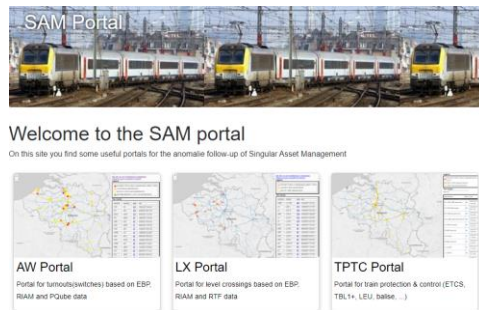
Trains commerciaux

Poste d'enclenchement informatique

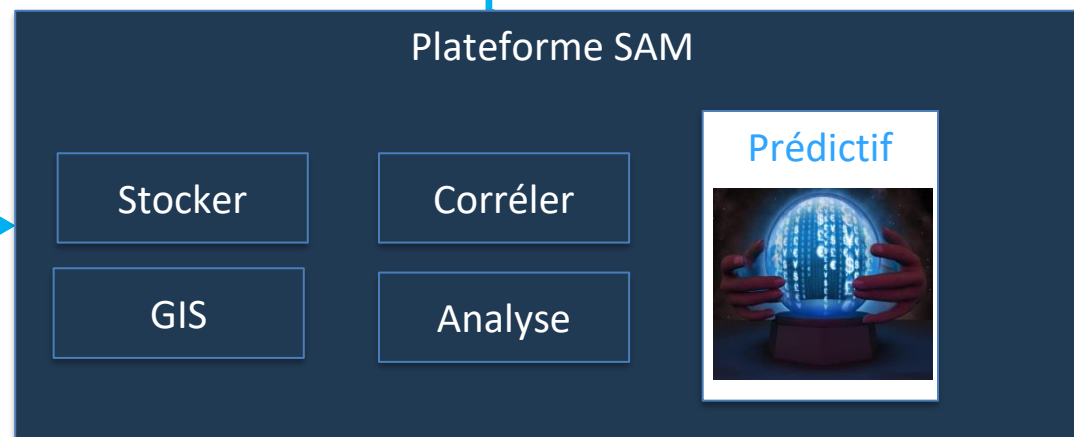
Journaux informatiques



IoT



Ingénieur



Prédicatif

Basé sur l'état & l'usage



MASTER DATA

Réactif



Technicien



Intervention

Dysfonctionnement

Incident



Planner



SAP Maintenance

Basé sur le temps



Qu'est-ce que la maintenance prédictive ?



**The only impossible journey
is the one you don't begin**



Ce que nous avons
rencontré en chemin

Débuter le parcours des données

**The only impossible journey
is the one you don't begin**



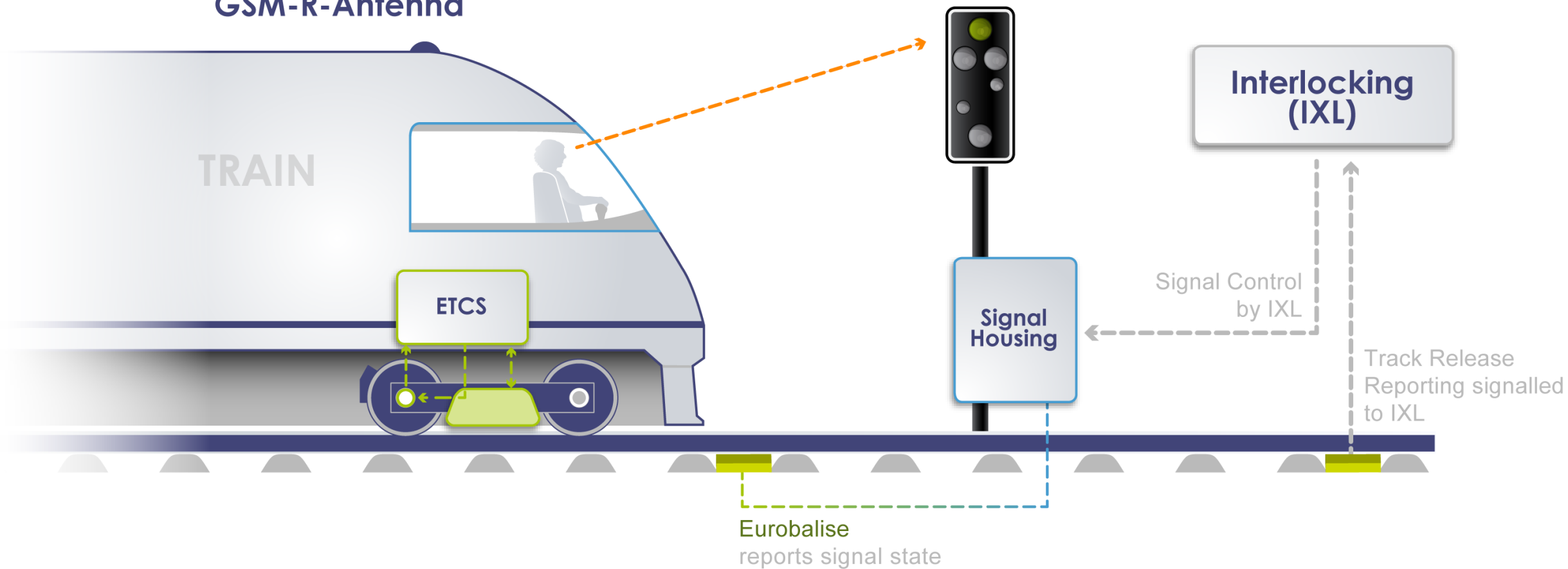
Surveillance ETCS

A high-speed train, possibly a TGV, is shown in motion, blurred background, with the text 'Surveillance ETCS' overlaid. The train is white with yellow and red accents. The background is dark and out of focus.

AMÉLIORER LES OPÉRATIONS
FERROVIAIRES GRÂCE À DES TECHNIQUES
DE SURVEILLANCE EFFICACES.

ETCS Niveau 1

GSM-R-Antenna



ETCS Niveau 2

GSM-R-Antenna

TRAIN

ETCS

Track Data

Position Reports

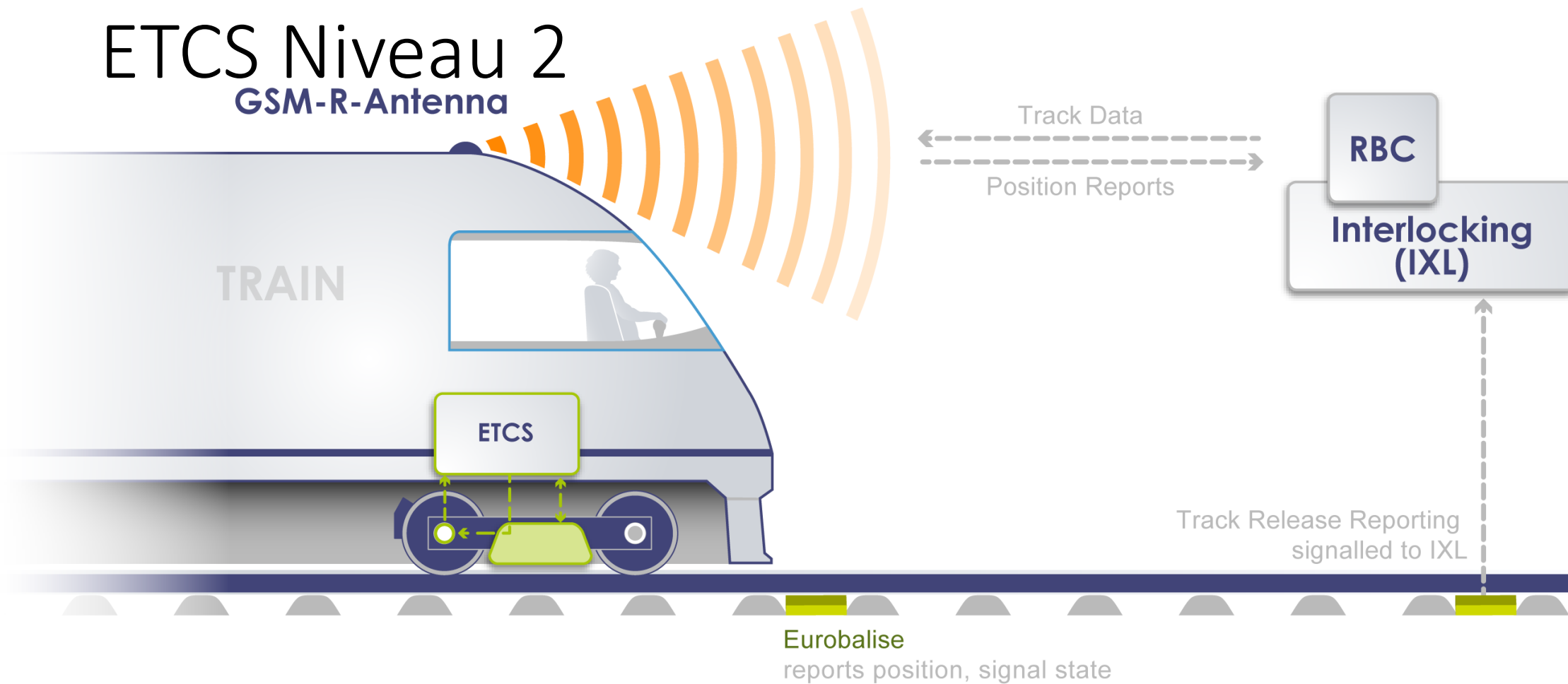
RBC

Interlocking
(IXL)

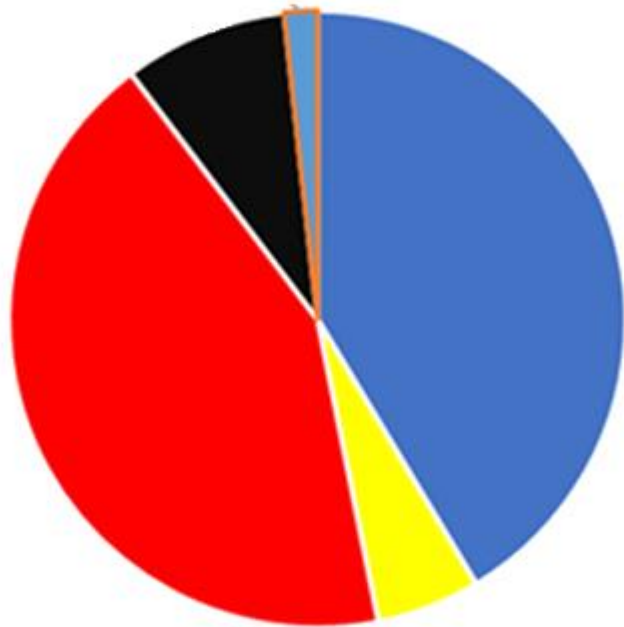
Track Release Reporting
signalled to IXL

Eurobalise

reports position, signal state

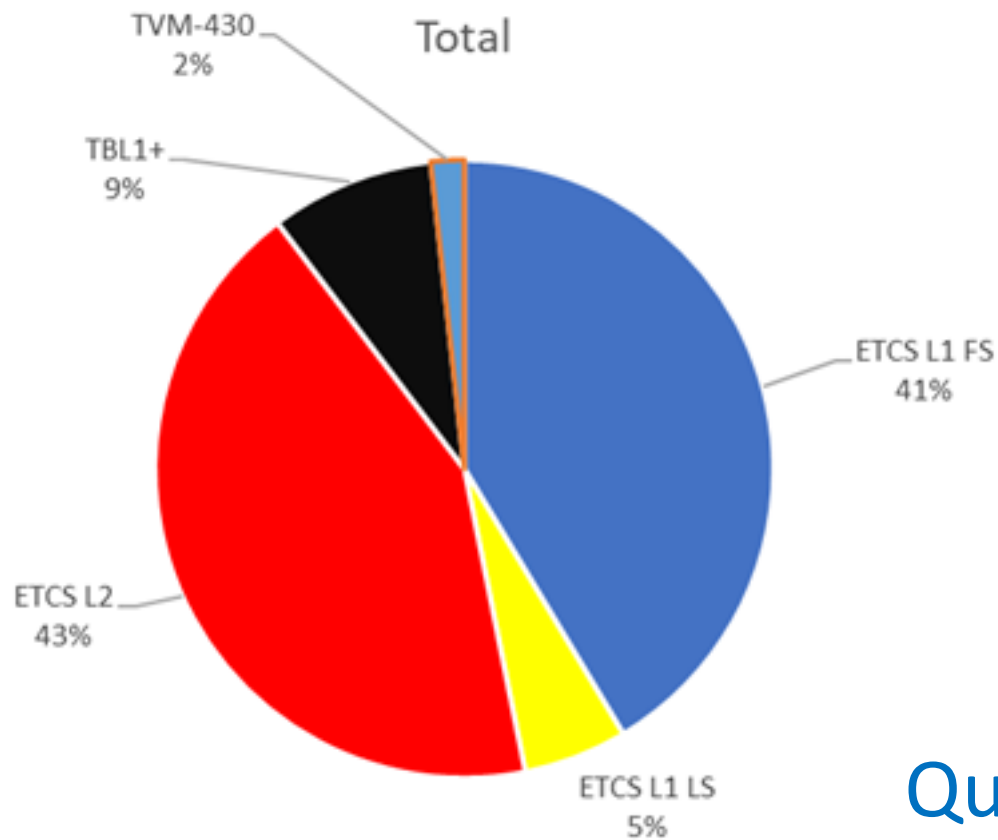


Pourcentage des kilomètres-trains par système de protection automatique des trains



Que signifient 100 % de kilomètres ETCS pour les kilomètres-trains ?

Pourcentage des kilomètres-trains par système de protection automatique des trains



TVM-430 : système national français
TBL1+ : système national belge
(mode de secours pour l'ETCS jusqu'à fin 2027)
LS : Supervision limitée
FS : Supervision complète
Opérateurs ferroviaires à équiper d'ici fin 2027

Que signifient 100 % de kilomètres
ETCS pour les kilomètres-trains ?

Nombre d'eurobalises en Belgique ?

Surveillance ETCS



Données TRU
Baseline 2 ou 3

Cycle de maintenance

RBC
ETCS L2

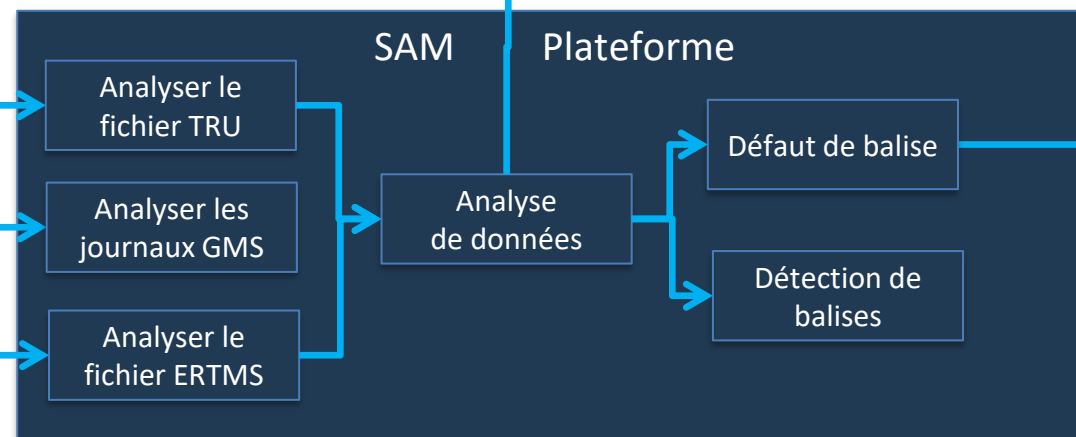
GMS

Temps réel



IoT: OBMT

Temps réel



DONNÉES DE RÉFÉRENCE

SAP
Maintenance

Dysfonctionnement

Intervention

Centre
d'exploitation

Ingénieur



Technicien





TRU / JRU

Pendant le cycle de maintenance / enregistrement juridique périodique sur les trains commerciaux.

	Infrabel work train		Alstom Break MS80
	Siemens Desiro ML MS08		Alstom MS96
	Alstom Autorail 41 AR41		Siemens EuroSprinter HLE18/19





TRU / JRU

Pendant le cycle de maintenance / enregistrement juridique périodique sur les trains commerciaux.

	Bombardier / Alstom M7 bilevel		BN / ACEC MS75



OBT

IoT sur les trains commerciaux. Vérification en temps réel de l'équipement ETCS

Problème
de connexion



MVB
bus

Antenne
GPS

Antenne
GSM



Balise
endommagée



DEPRECATED



Données en temps réel vers le système de diagnostic et traitement par le centre d'exploitation

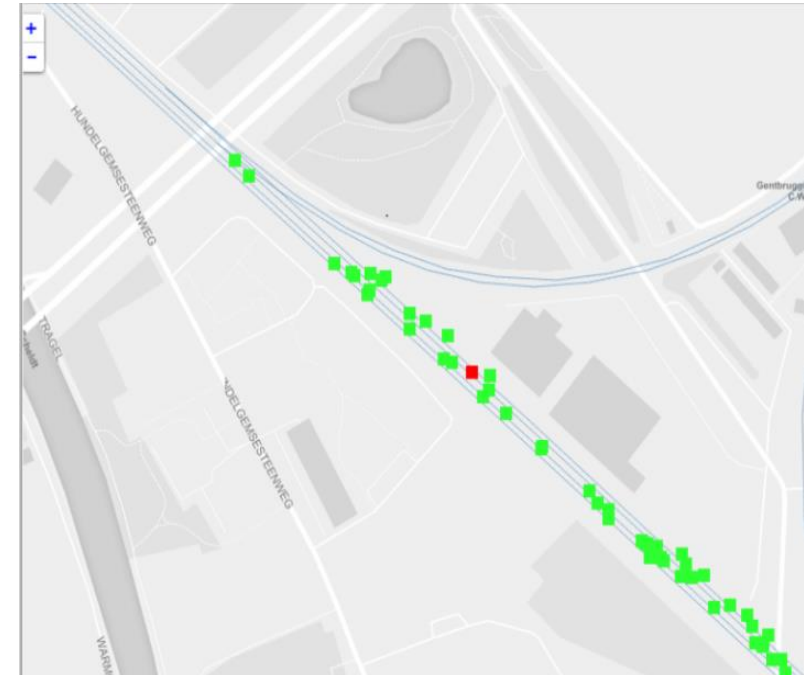
- 5 véhicules commerciaux
- Retrait progressif
- ⇒ 1 restant
- ⇒ 25k balises => 9k balises

M7 Vérification en temps réel des équipements ETCS

Problème de connexion



Balise endommagée

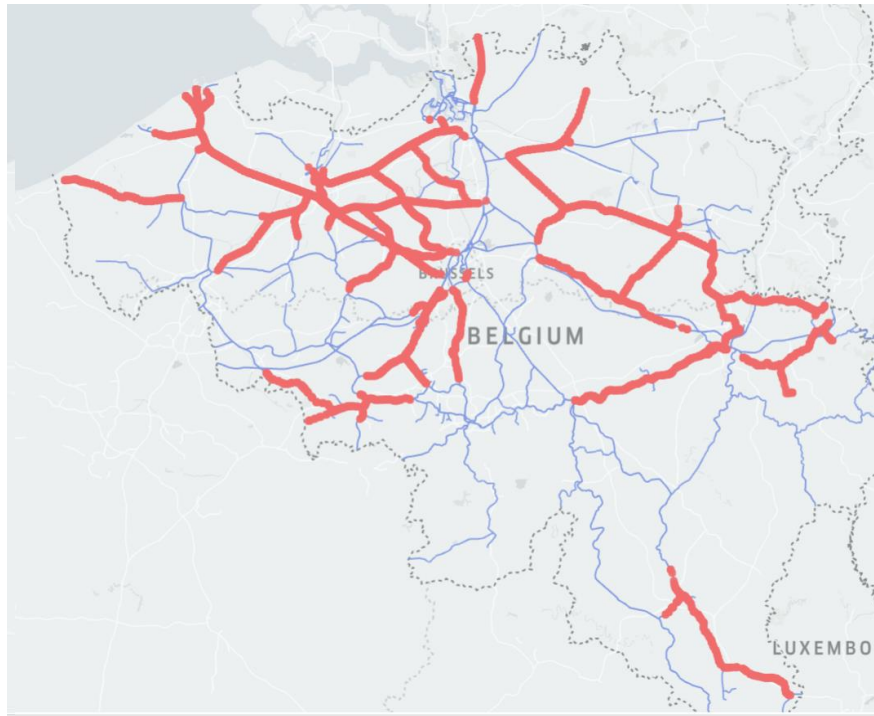


- 2250 véhicules commerciaux
- 26k balises surveillées en temps réel

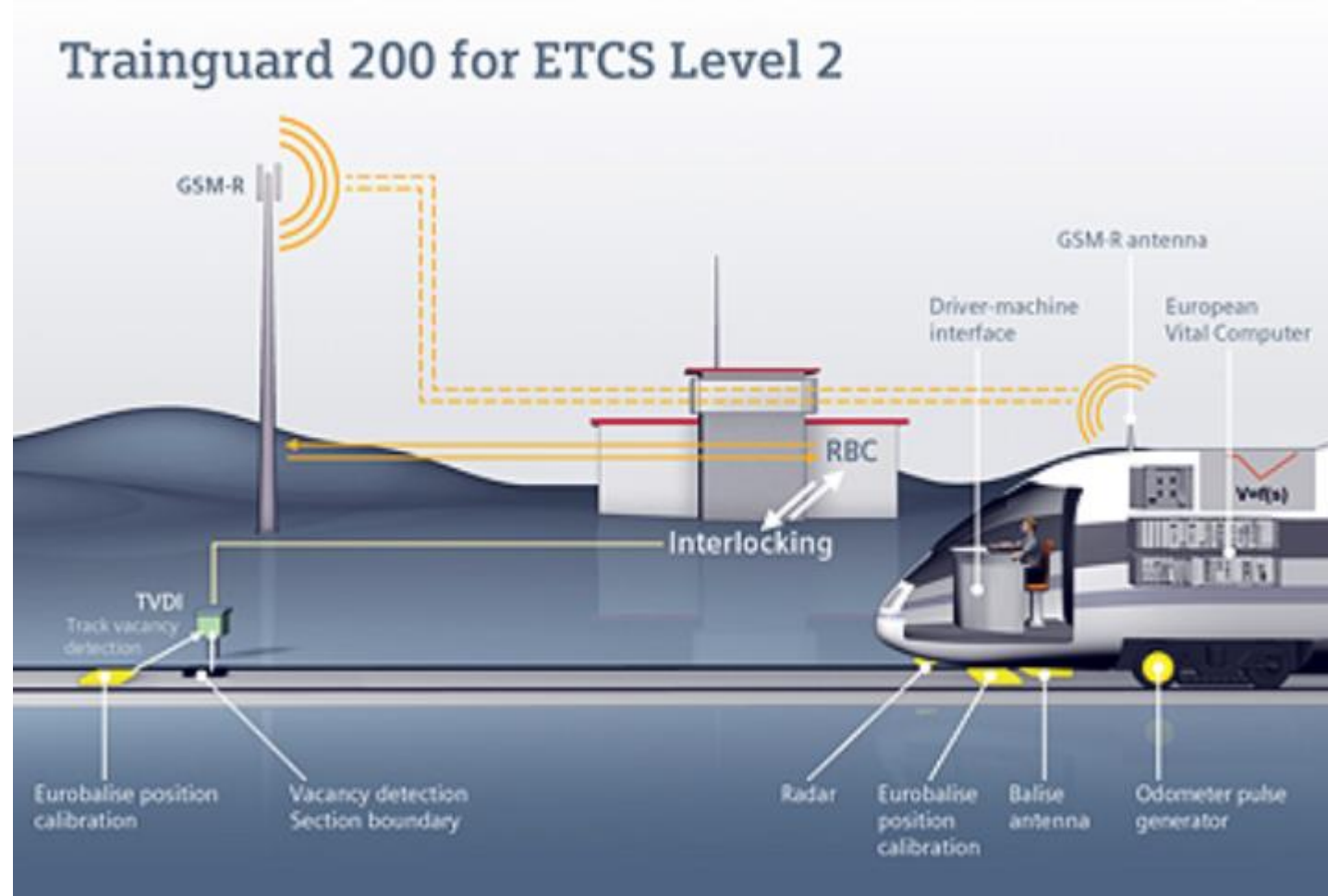
Données en temps réel vers le système de diagnostic et traitement par le centre d'exploitation

SIMIS/W RBC

Analyse des données RBC. Vérification en temps réel de l'équipement ETCS



- ETCS L2 Siemens
- 22k balises inspectées

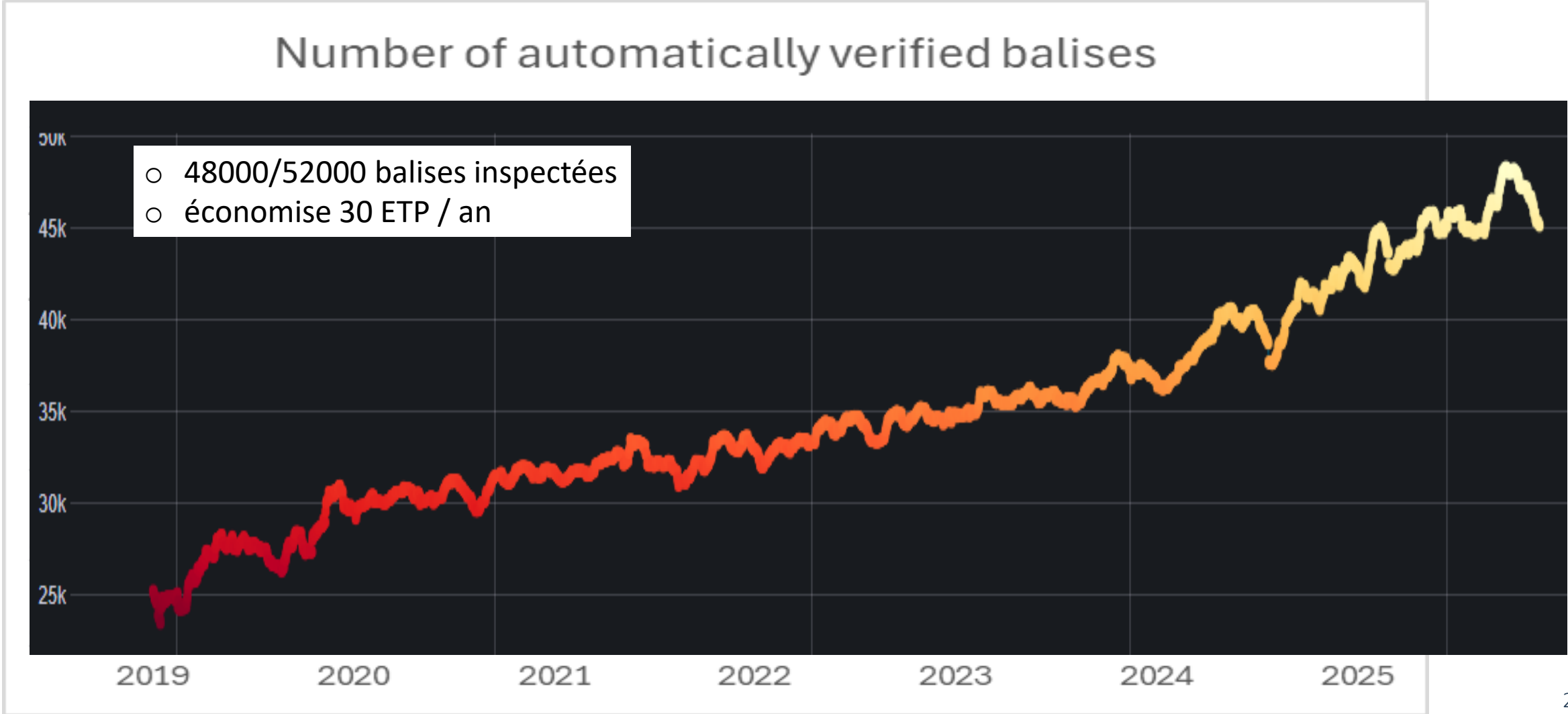


Données en temps réel vers le système de diagnostic et traitement par le Centre d'Opérations



Automatisée Surveillance des balises

Données hors ligne NMBS + M7 +
RBC + trains de mesure



BUTTERFLY EFFECT

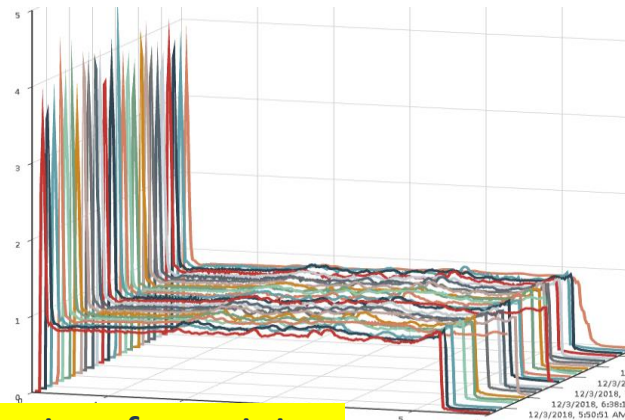
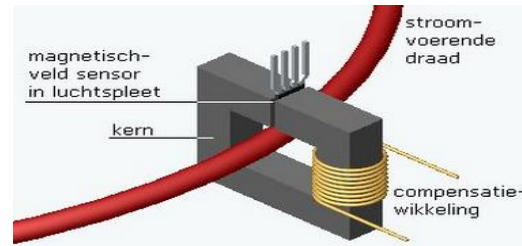


Aiguillage

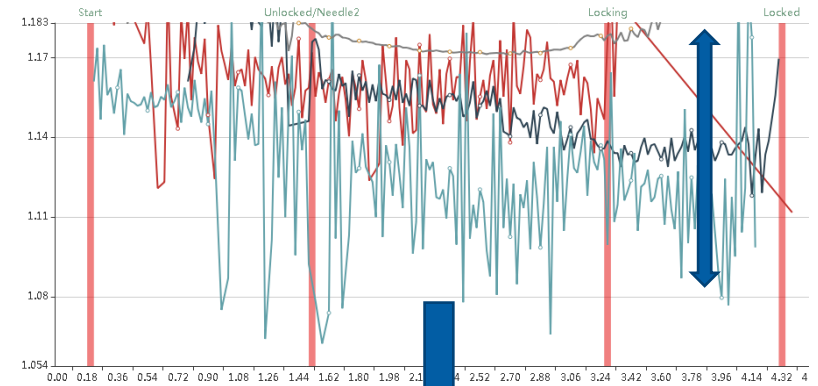


- 803 aiguillages équipés
- Maintenance prédictive
- 75 % de précision
- Lien avec le contrôle du trafic des itinéraires ferroviaires
- 50 % des défaillances mécaniques prédites

IoT sur les appareils de voie. Surveillance en temps réel de l'état de l'aiguillage



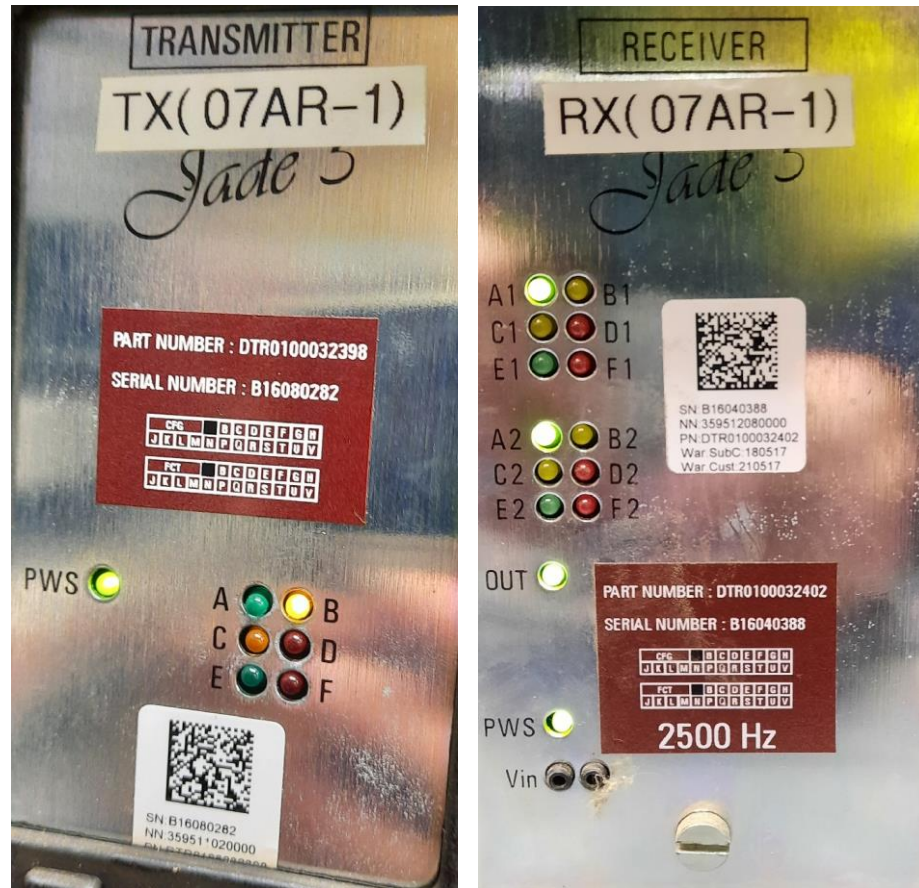
Vis sans fin
Mauvais



Données en temps réel vers le système de diagnostic et traitement par le centre d'exploitation

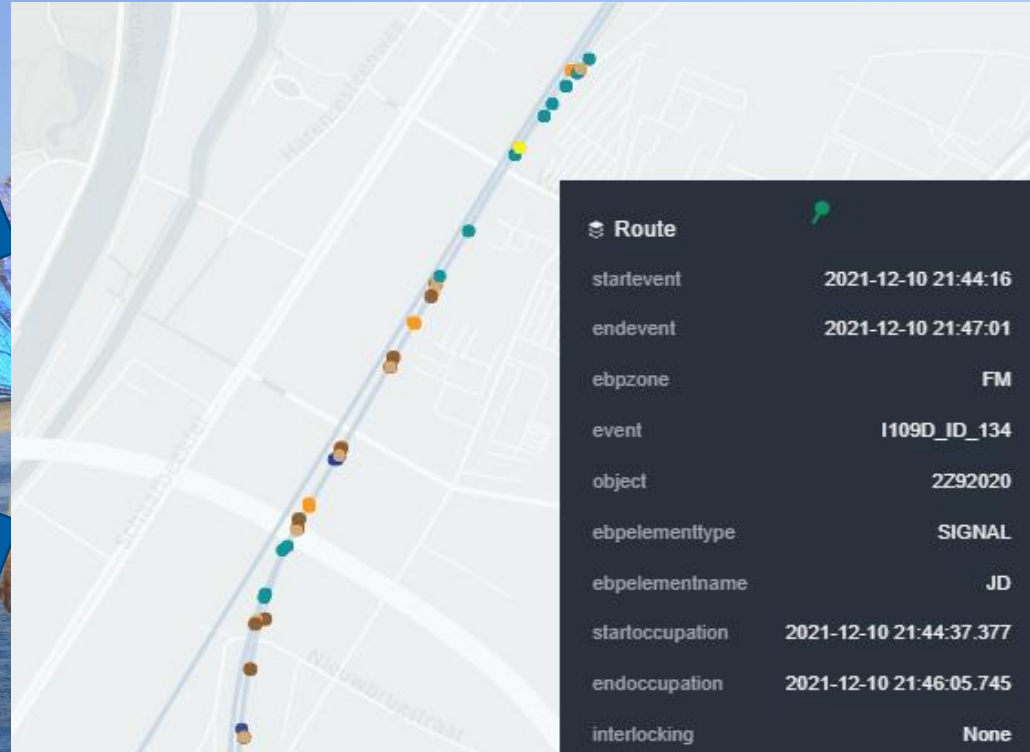
Circuit de voie

Surveillance fréquente élevée du Rx



- 1.698 Alstom jade3
- 1.006TCM100
- Lien avec le contrôle du trafic des itinéraires de train
 - Filtrer l'occupation des trains

Effet papillon

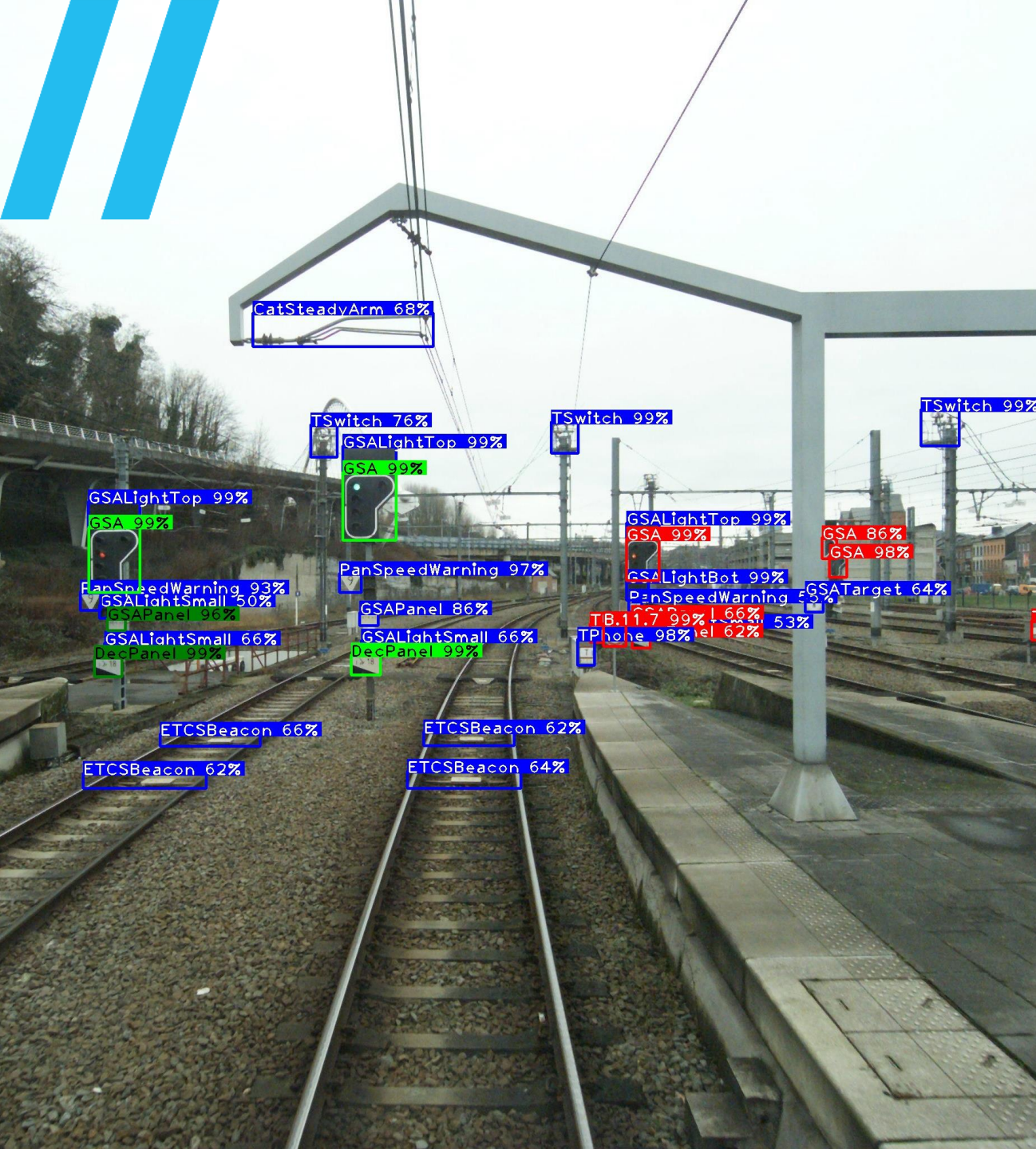


Basculer
vers un modèle
de maintenance
piloté par les
données



Maintenance pilotée par les données
-15 % maintenance

Position dans la topologie du
réseau
Rayon
Mouvements
Tonnage
Tonnage en déviation
Environnement (air salin, sableux)
Stabilité



INFRABEL

Vision Data Science & plateforme JARVIS

Événement Data SNCB



I-O&P.023 Data Science
On Tracks for Knowledge

Dr. Ir. LEROY Julien

Ir. BOUGARD Arnaud

11/06/2026



IA & Machine Learning

De la magie à l'ingénierie



AVANT:

Algorithmes et produits en boîte noire
Des démos impressionnantes qui échouent en production
Comportement imprévisible, intégration complexe

MAINTENANT:

Formation agile aux données
Indicateurs de performance mesurables
Reproductible, efficace, intégrable

Cycle de vie du machine learning en data science

CONSTRUCTION DU JEU DE DONNÉES

- Prétraitement et curation
- Étiquetage actif
- Data-as-Code versioning

ENTRAÎNEMENT DU MODÈLE

- Sélection de l'architecture
- Phase d'entraînement
- Model-as-Code versioning

DÉPLOIEMENT DU MODÈLE



- + Hébergement interne et surveillance opérationnelle

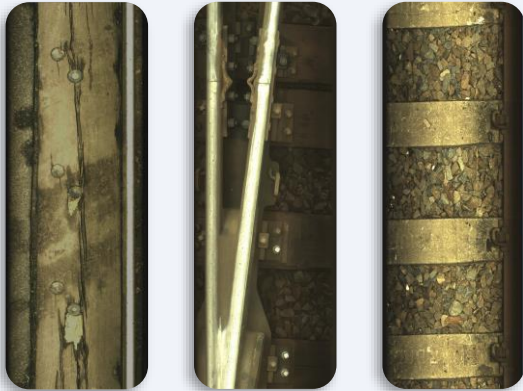
ÉVALUATION DES PERFORMANCES

- Analyse exploratoire
- Rapport de **métriques** standardisé
- Validation du **modèle**



Science des données : tâches de perception visuelle

CLASSIFICATION



AW
ADUT
PNOW
KWOA
Corrompu
Autre
...

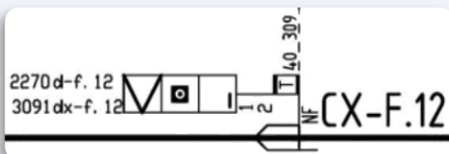
SEGMENTATION



RECONNAISSANCE OPTIQUE DE CARACTÈRES

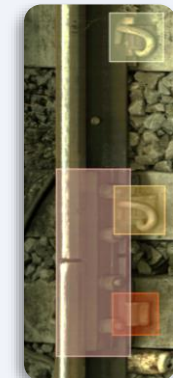


“ D038 03833 ”



nom_du_signal : CX-F.12
position : 40.309
ligne_1 : 2270d-f.12
ligne_2 : 3091dx-f.12

DÉTECTION D'OBJETS



1. Création du jeu de données

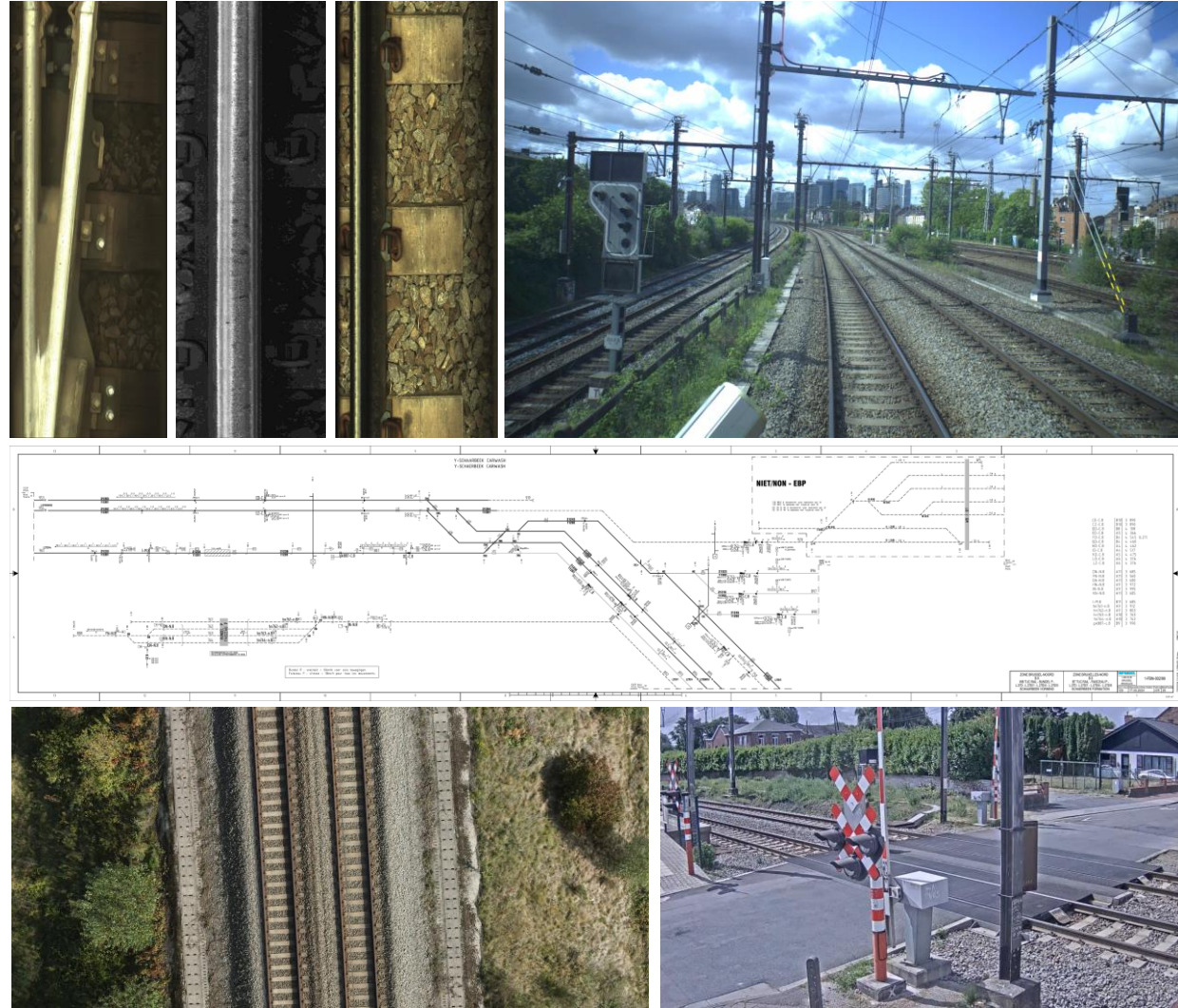


Sources de données

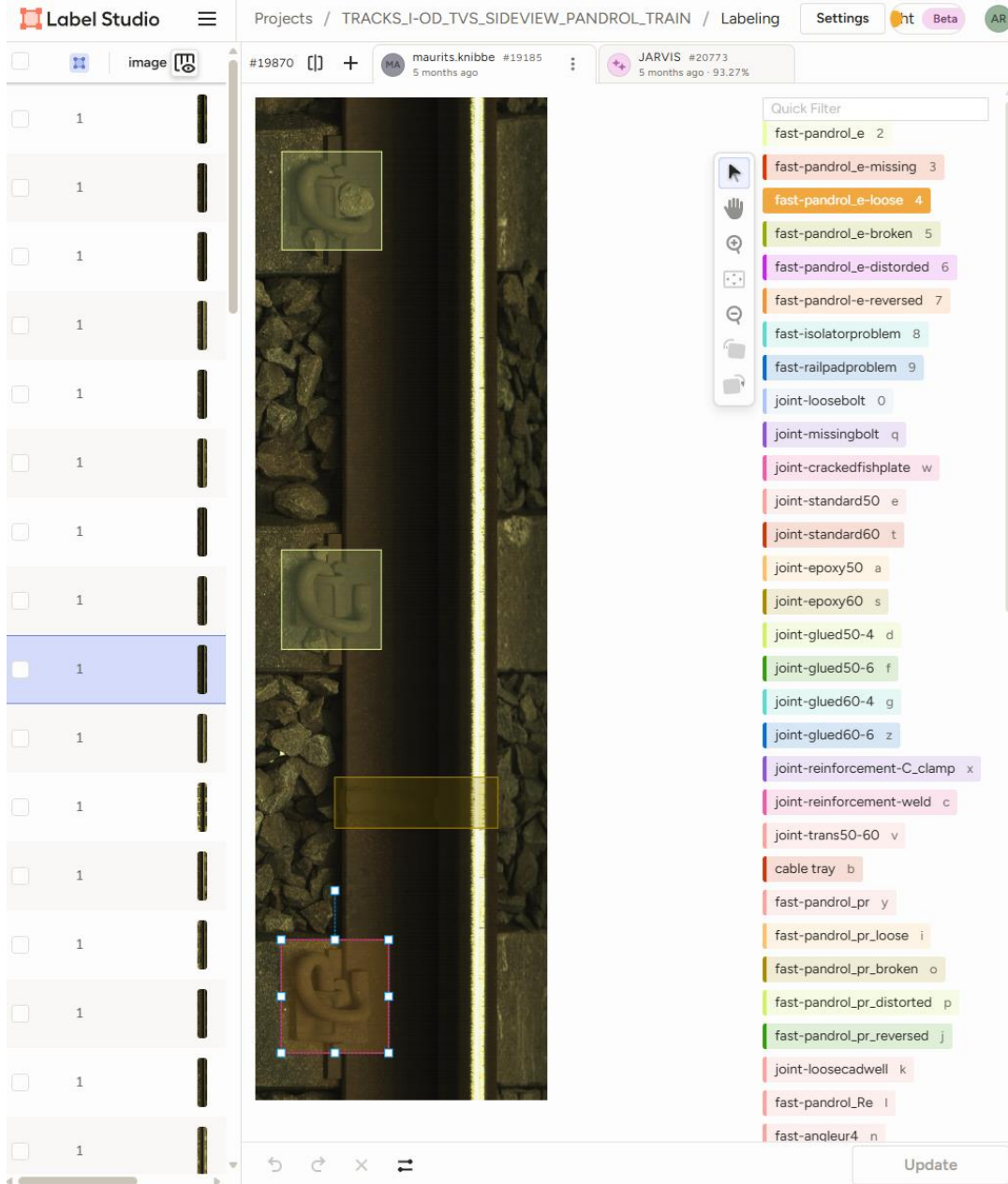


Très grande variété de données visuelles

- 1 Tracks Video System (TVS)
- 2 Caméra frontale des trains de mesure
- 3 Plans de signalisation E1002
- 4 Orthophotos par drone
- 5 Vidéosurveillance CCTV des passages à niveau
- ⋮
- N Photos de smartphone (pourquoi pas ?)



Une plateforme centralisée, transversale et indépendante des sources pour l'analyse des données d'images raster



Processus d'annotation



Plateforme open source évolutive et standardisée d'étiquetage des données

- **Gestion centralisée** : Déployer et gérer plusieurs serveurs d'étiquetage sur site
- **Collaboration en temps réel** : Permettre à plusieurs annotateurs experts de travailler simultanément
- **Apprentissage actif** : Exploiter des outils d'annotation automatisée pour un étiquetage plus rapide



Permet une collaboration interne, rapide et orientée métier

Enregistrement des jeux de données



De l'étiquetage au registre des jeux de données

- 1 Contrôles de cohérence 
- 2 Reproductibles et optimisées répartitions (entraînement-validation-homologation)
- 3 Versionnage Data-as-Code vérifiable



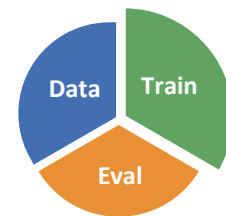
▼	🔗		Datasets Registry	🔒	Owner
			 SIG_I-OD_HYPERION_BENCHMARK	🔒	
			 TRACKS_I-OD_TVS_TOPRAIL_HSL_TEST	🔒	
			 TRACKS_I-OD_TVS_TOPRAIL_HSL_TRAIN	🔒	
			 TRACKS_I-OD_TVS_TOPRAIL_TEST	🔒	
			 TRACKS_I-OD_TVS_TOPRAIL_TRAIN	🔒	
			 TRACKS_I-C_AW_SIDEVIEW_TEST	🔒	

registre

2. Entraînement du modèle



Entraînement des expériences



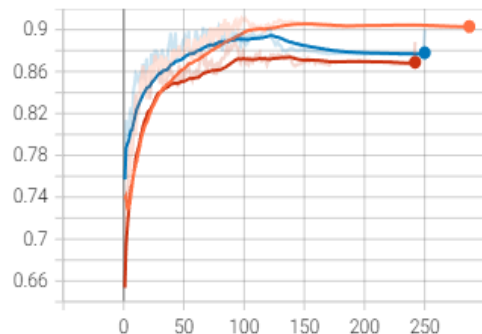
- 1 Sélection de stratégie et ajustement des hyperparamètres 

- 2 Exécutions d'entraînement reproductibles (sur site)

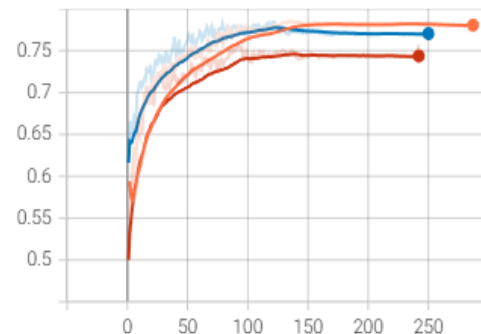


- 3 Suivi des métriques et des artefacts tracking

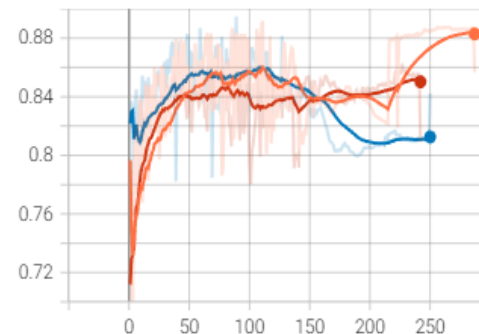
metrics/mAP50(B)
tag: metrics/mAP50(B)



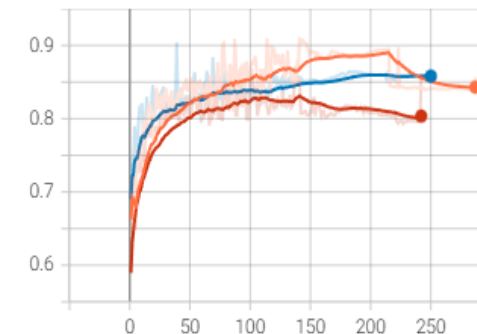
metrics/mAP50-95(B)
tag: metrics/mAP50-95(B)



metrics/precision(B)
tag: metrics/precision(B)



metrics/recall(B)
tag: metrics/recall(B)



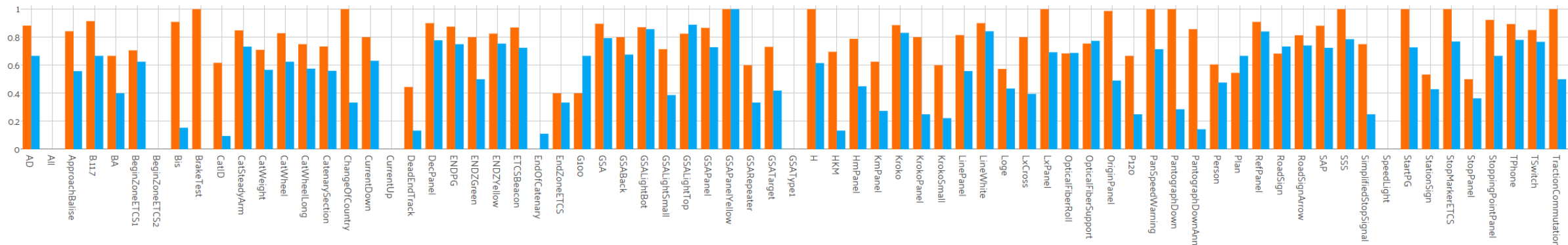
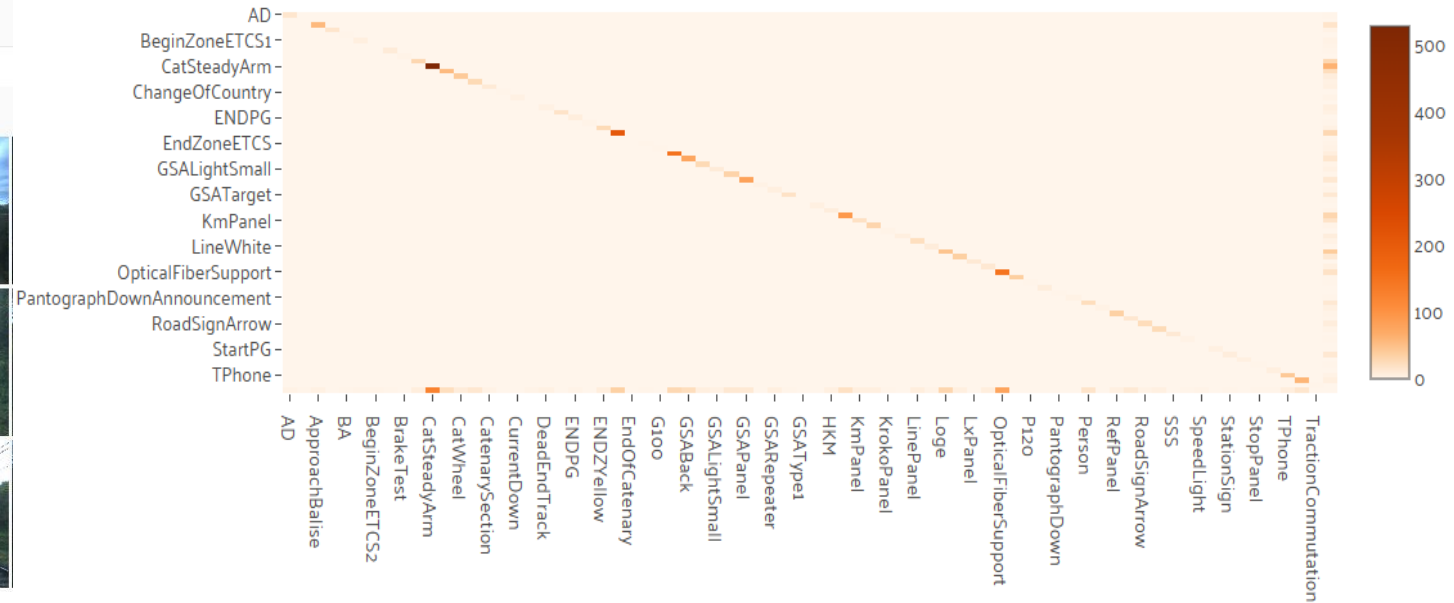
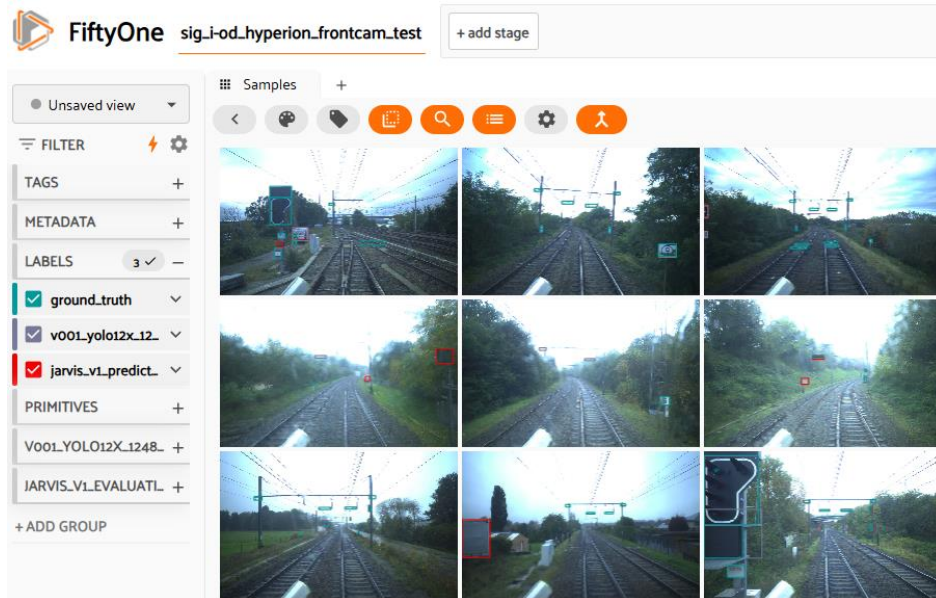
3. Performance Evaluation



Évaluation des candidats



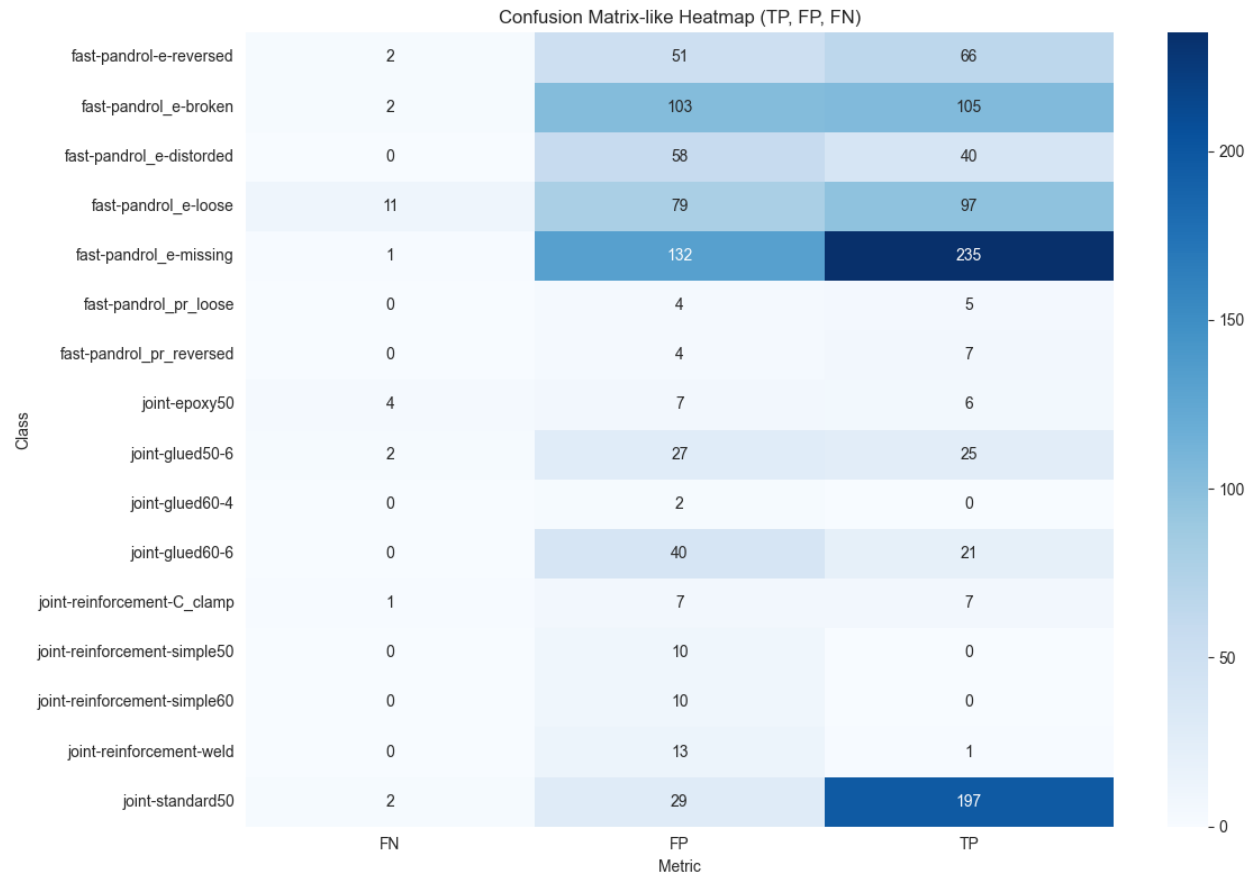
Métriques par classe et comparaisons des modèles



Promotion du modèle



Rapport détaillé & versioning du modèle en tant que code



Models Registry



		TRACKS_I-OD_TV_S_TOPRAIL_MODELS 
		TRACKS_I-OD_TV_S_TOPRAIL_HSL_MODELS 
		TRACKS_I-OD_TV_S_SIDEVIEW_MODELS 
		TRACKS_I-OD_TV_S_BALLASTVIEW_MODELS 
		TRACKS_I-OD_EM_FRONTCAM_RAILLINK_MODELS 
		TRACKS_I-C_AW_SIDEVIEW_MODELS 
		SIG_I-OD_HYPERION_FRONTCAM_MODELS 
		SIG_I-OD_EM_FRONTCAM_MODELS 

4. Déploiement du modèle



Interface de
commande

Supervision

JARVIS-TVS COMMANDER
Version: 0.1.5-beta

This interface is dedicated to send new mission and monitor to JARVIS-TVS.

Team: I-O&P.023 Data Science
Contact:
• julien.leroy@infrabel.be
• arnaud.bougard@infrabel.be

Include status

Inspections List

id	uuid	mission_name
390	ddacf95b-0d32-4fc6-86a3-7f922131e7	202601281125_TVS52_V02/0-386171421 (whole measure)
389	2a4b8679-a31e-47d9-9055-2656fae6b2	202601280836_TVS52_V01/100000000-605069986
388	50df3b19-751e-4613-b9de-b113374969	202601231102_TVS15_V02/0-808131849 (whole measure)
387	9f61a5c7-d872-4a9e-a2c2-f9b13a8d1d	202601230859_TVS15_V01/0-818426250 (whole measure)
386	0214ea72-5947-4eab-b19b-3687bd9cbf	202601221401_TVS19_V03/0-264019198 (whole measure)
385	66fbf63f-300c-45bc-93ff-606cc366eb	202601221108_TVS19_V02/0-640444022 (whole measure)
384	3f3c3423-b523-4647-845d-b6fd53aede	202601220837_TVS19_V01/0-748722984 (whole measure)
383	be03891b-34e1-4f32-b6e1-1d7a43f648	202601211155_TVS162_V02/0-815651900 (whole measure)
382	b4b8f321-1386-4b48-a489-f1e35fd8d6	202601210838_TVS162_V01/400000000-1235396926
381	07e21a76-0896-4a2c-a209-f459b3a379	202601190934_TVS161D_V01/260000000-335000000
380	241af193-10eb-46f8-ab3a-b78f526c19	202601200839_TVS25N_V01/0-820424831 (whole measure)
379	e09b32bc-c001-488b-af01-d2f6e097e9	202601140951_TVS42_V01/0-558426821 (whole measure)

JARVIS-TVS Dashboard

Description
The Jarvis-TVS project aims to streamline the process of inspecting railway infrastructure by automating detection tasks and providing robust data management capabilities.

Processed Distance
287.734 Km

Processed Data Volume
86,4 To

Compute Economy
7,4M

Man-Hours Economy
48,0k Man-Hours

Inspections Images Progress

daily_sum (red line), cumulative_sum (blue line)

1 July, 2025 1 January, 2026 end_at

Inspections Status

done 98,07%
Other 1,93%

519 Total



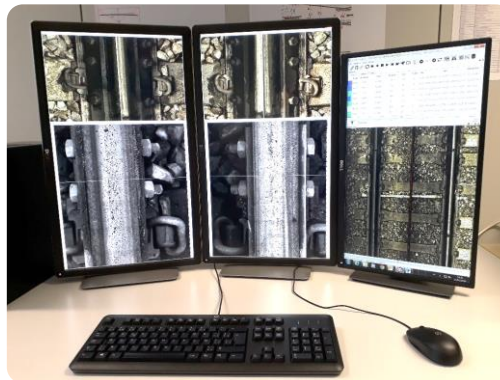
Projets en cours



J.A.R.V.I.S TVS – Analyse des voies assistée par l'IA

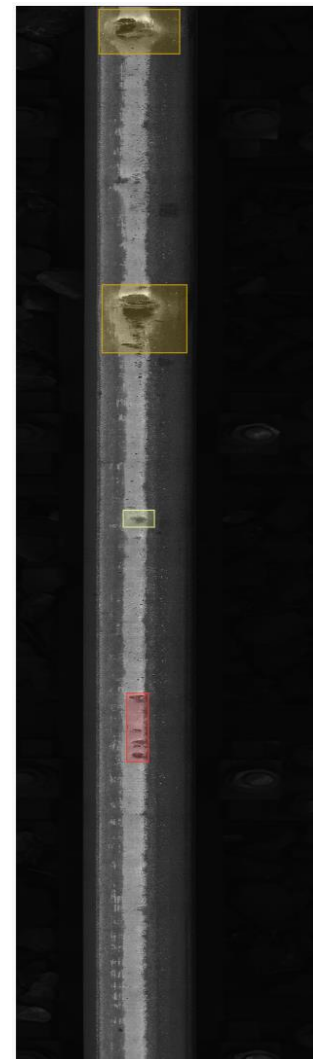
Assister les humains dans une détection et une classification précises des défauts

- Le processus actuel repose sur une analyse d'images **manuelle**
- Le volume de données dépasse la capacité de traitement humaine

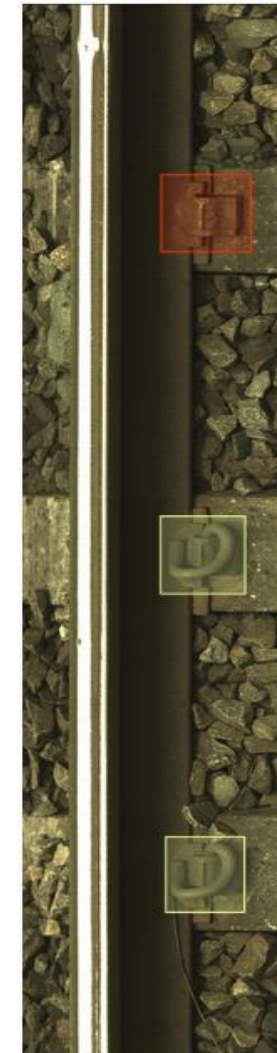


Solution : Développer des **outils alimentés par l'IA** pour assister les humains dans

- La détection des défauts et des éléments d'actif
- La classification des défauts et des anomalies
- L'inventaire de l'état des voies



Face supérieure du rail



Vue latérale

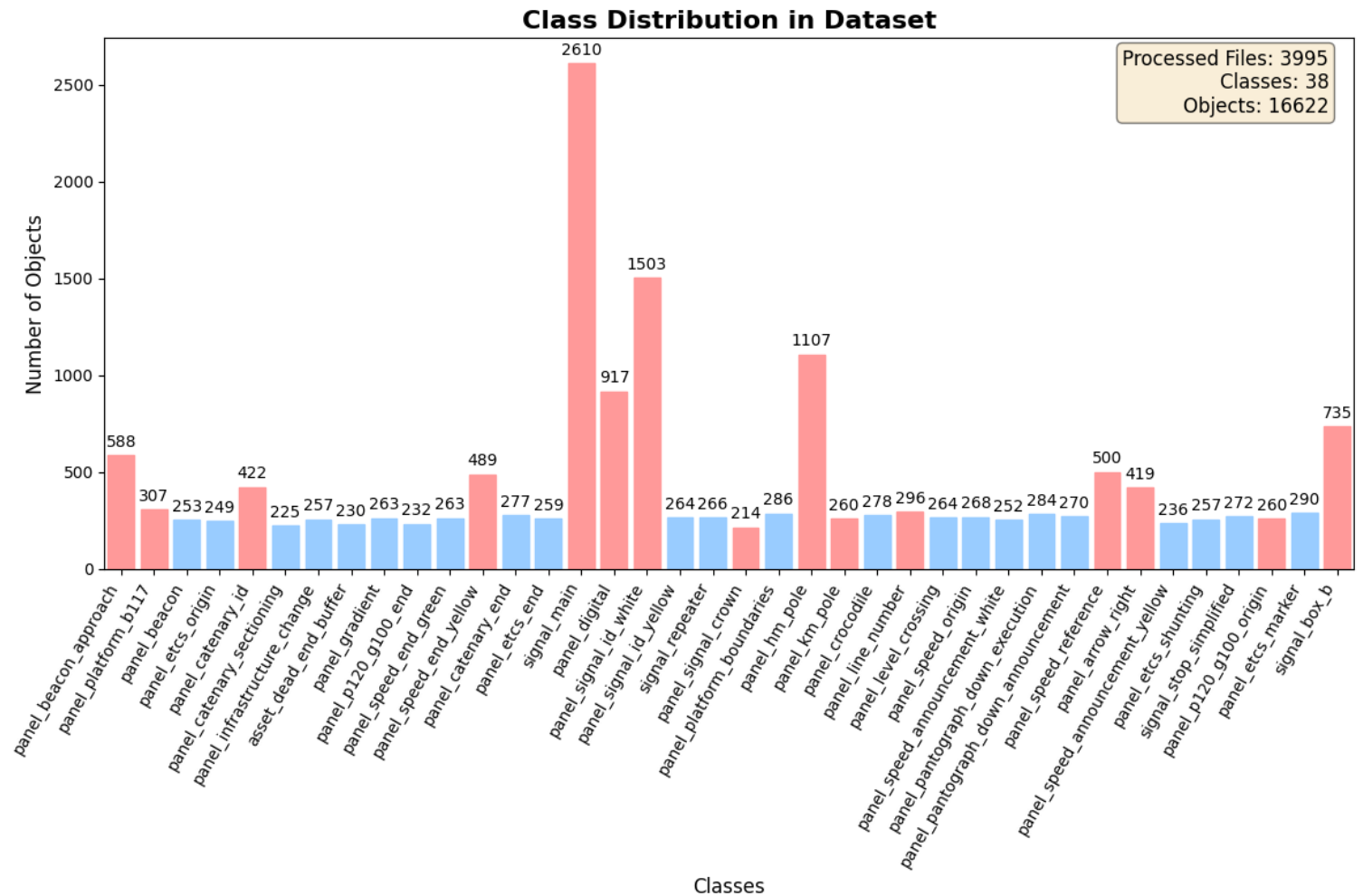


Vue du ballast

J.A.R.V.I.S Hyperion – Jeu de données de référence



Data Science aide l'équipe **Hyperion Team (I-B.123)** à construire un *objectif, statistiquement représentatif* **Ground Truth Set** afin de comparer les performances des modèles à l'aide de son *Evaluation Pipeline*.





J.A.R.V.I.S Snow Vision – Compréhension de la neige et de la météo

Automatisation de la détection de neige grâce à l'analyse des flux de caméras alimentée par l'IA

Défis :

- Détection et contrôle de la présence de neige sur les voies
- Estimation de l'épaisseur de la couche de neige

Solutions :

- Exploiter le système IoT et les flux de caméras pour appliquer une analyse alimentée par l'IA
- Reconnaître la présence de neige et détecter les nuages de neige poudreuse



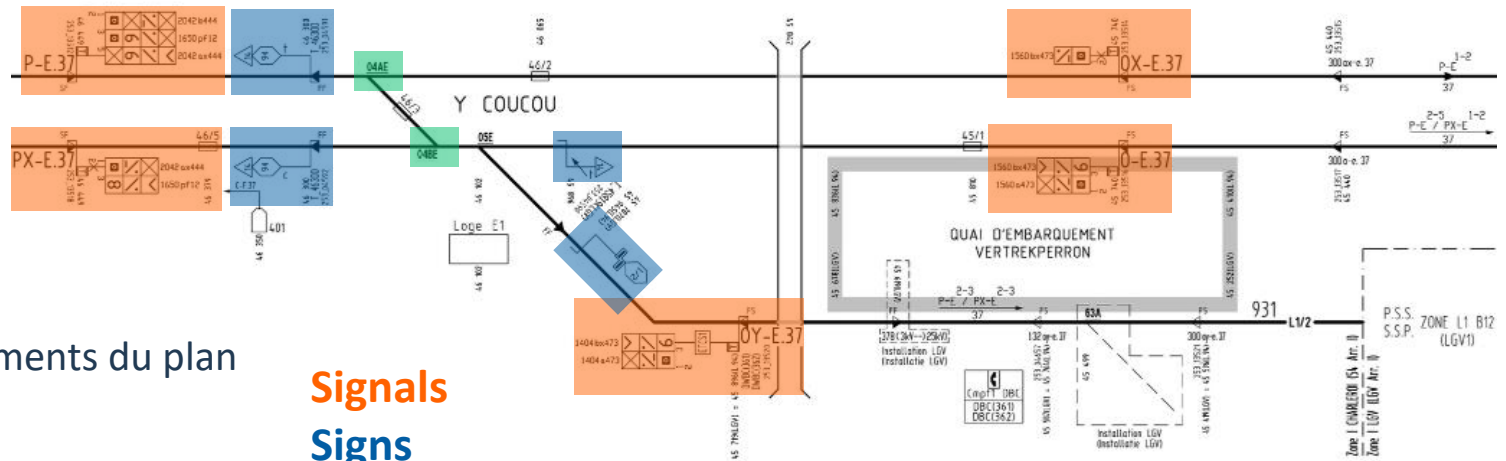
J.A.R.V.I.S SSP – Superviseur de plans de signalisation

Automatisation de la vérification des plans de signalisation et de l'extraction d'informations

Défis :

- Détection et contrôle de la présence des éléments du plan
- Lecture des informations pertinentes avec reconnaissance optique de caractères (OCR)

Signals
Signs
Switches

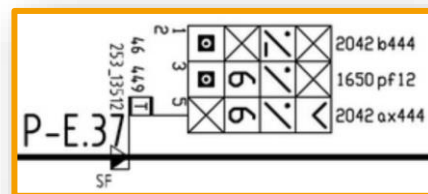


Proposition : Solution séquentielle multimodèle (CNN + LVLM)



Entrée SSP

Modèle Deep Learning OBB



LVLM

```
json
1 {
2   "signal_name": "P-E.37",
3   "kilometer": "46",
4   "hectometer": "449",
5   "signal_code": "253_13512",
6   "row_1_2_code": "2042 b444",
7   "row_3_code": "1650 pf12",
8   "row_5_code": "2042 ax444",
9   "t_box": "yes"
10 }
```

Données de sortie



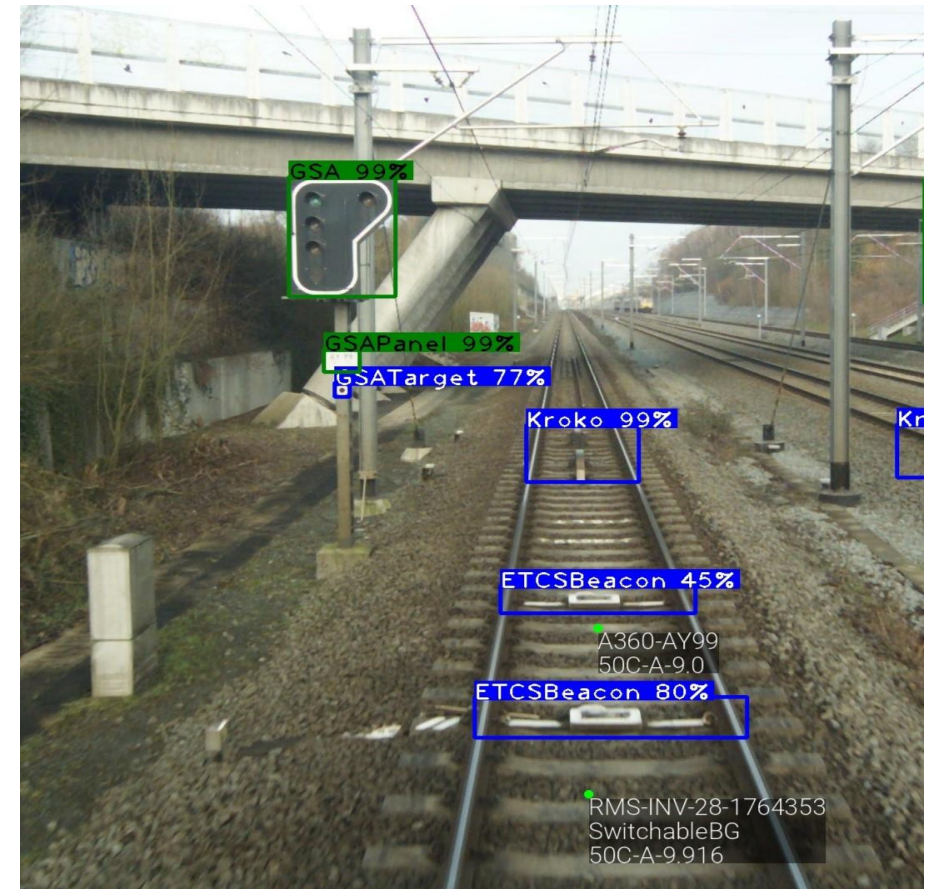
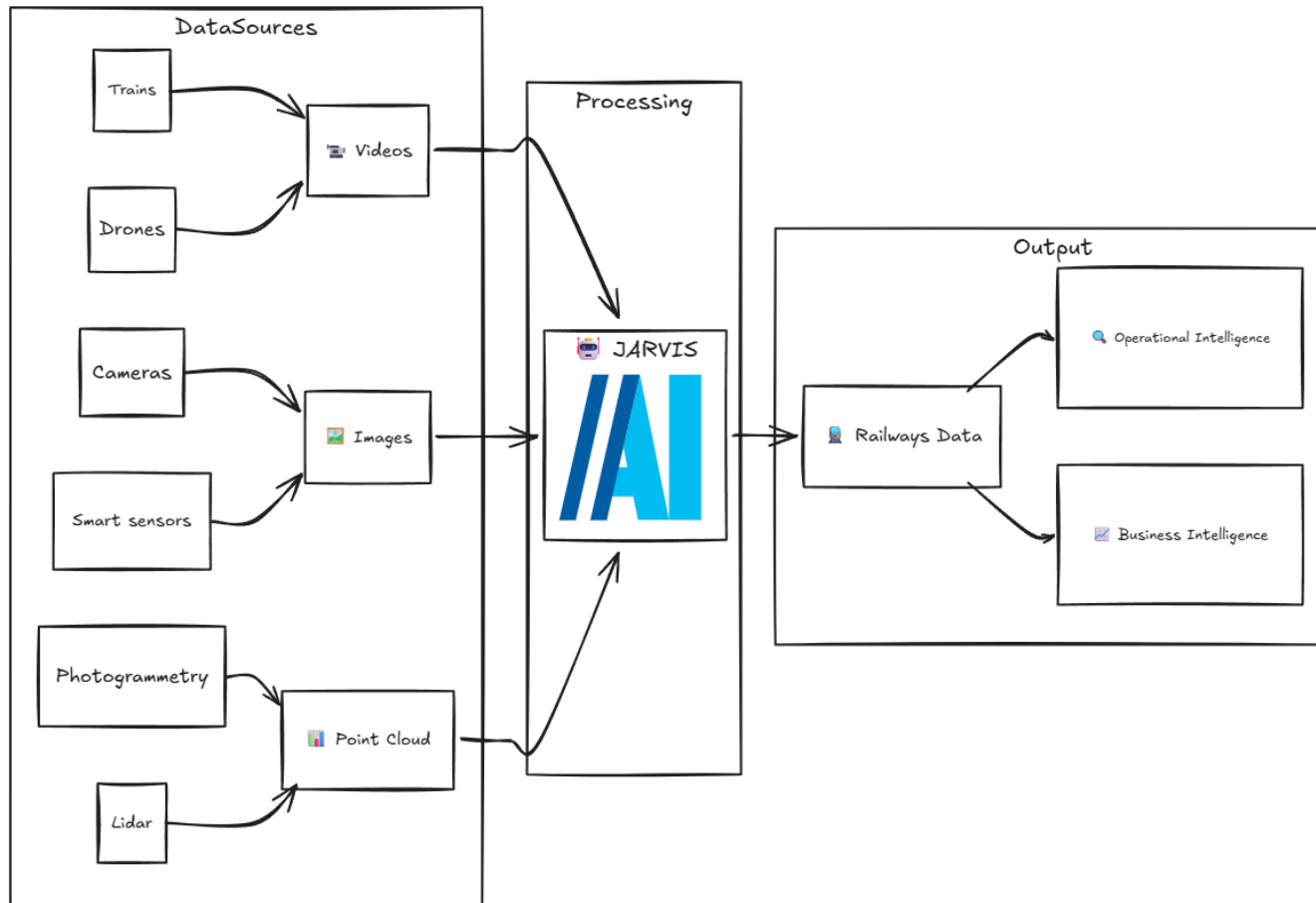
J.A.R.V.I.S 360

Système d'inspection visuelle ferroviaire

(mais en mieux)



J.A.R.V.I.S 360 – Des données visuelles aux informations exploitables

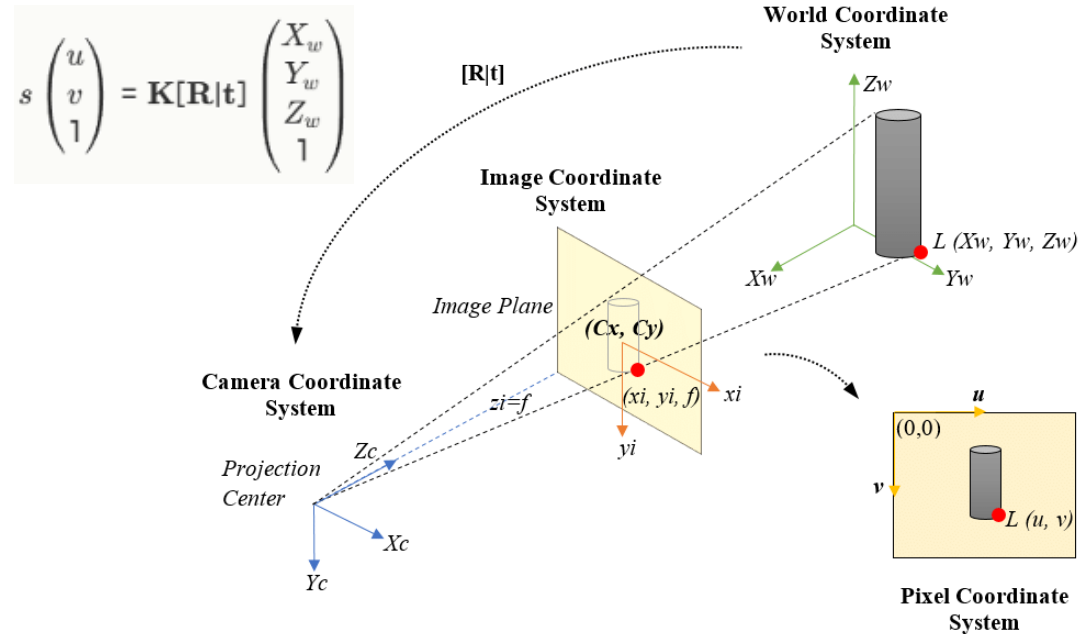


J.A.R.V.I.S 360 – Intelligence visuelle unifiée dans tous les domaines



J.A.R.V.I.S 360 – Estimation de pose monoculaire

Modèle de caméra sténopé

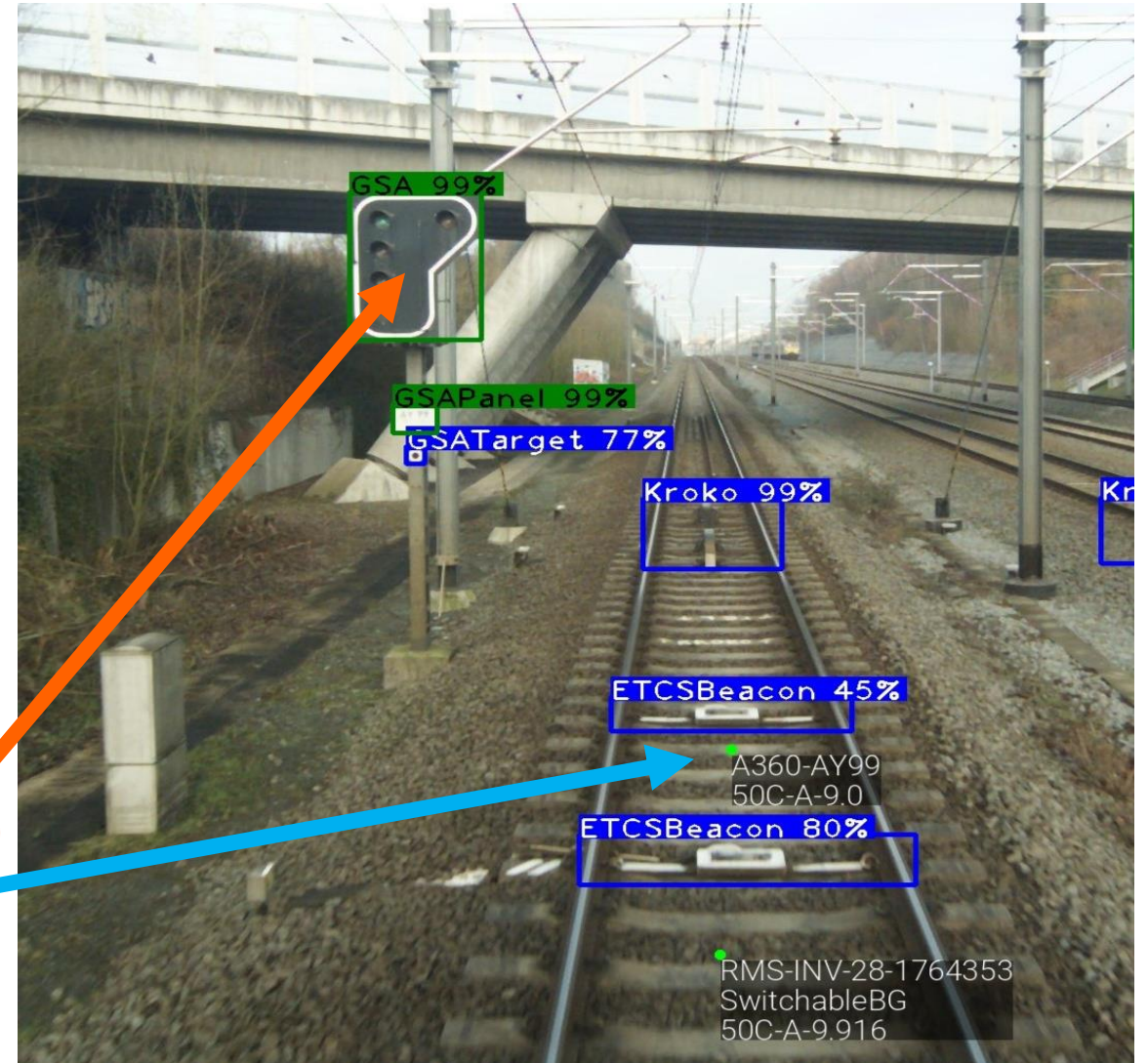


Reprojection utilisant l'estimation de pose monoculaire (JARVIS)

Système de reprojection de la base de données d'actifs (INES)



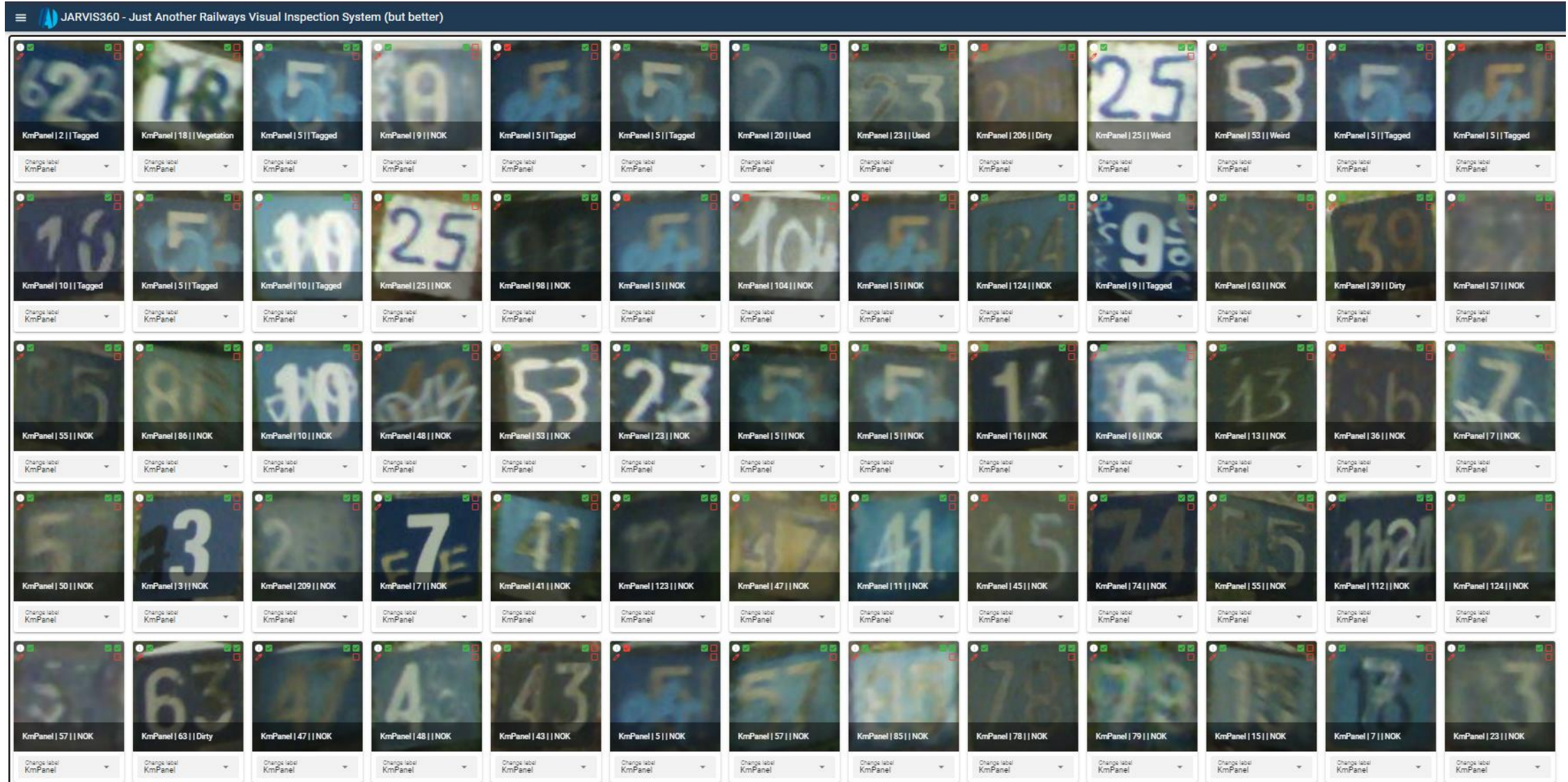
Permet d'affiner les inventaires existants



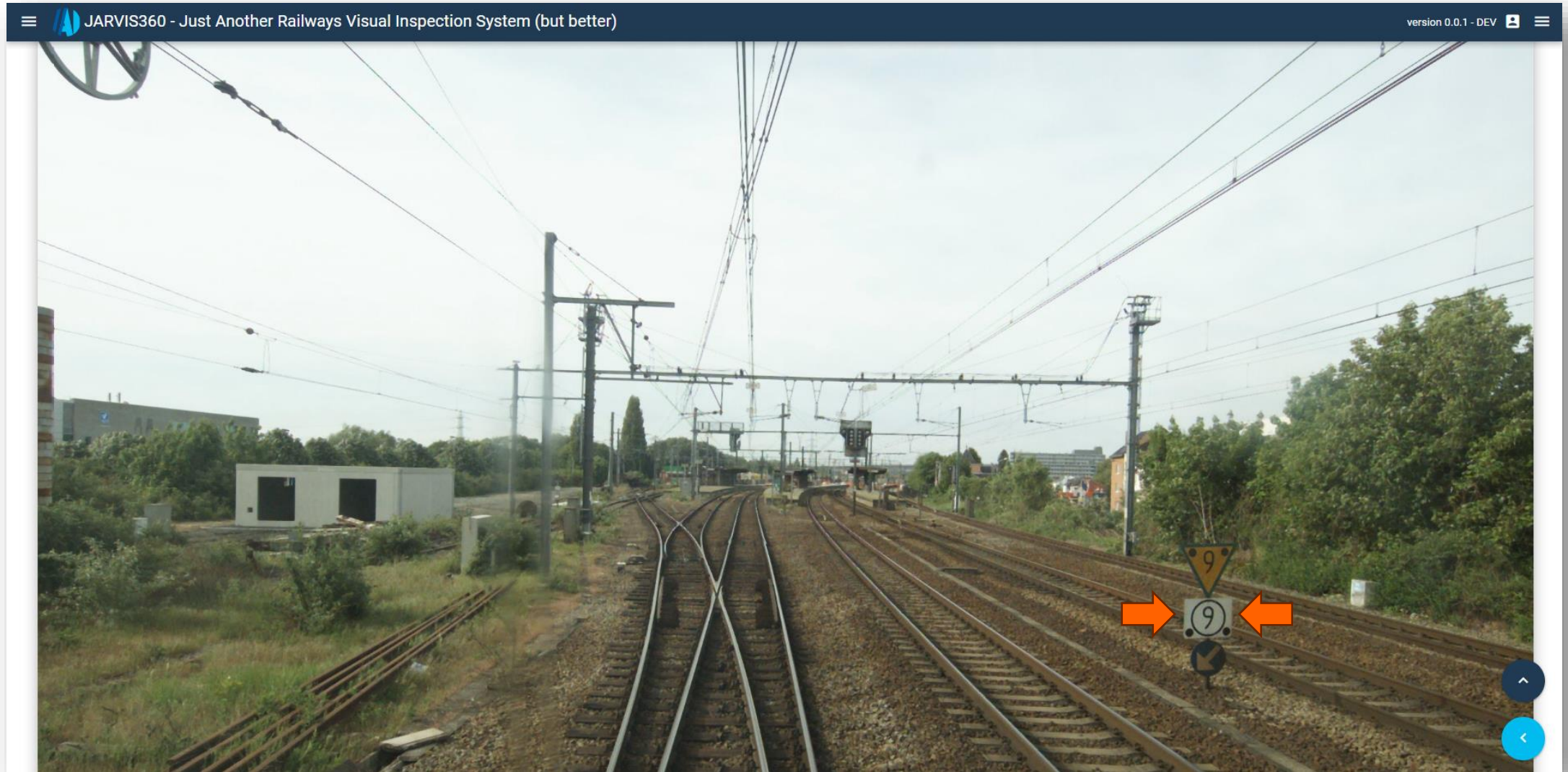
J.A.R.V.I.S 360 – Inventaire des actifs



J.A.R.V.I.S 360 – Signalement des anomalies conditionnelles

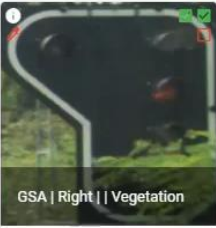
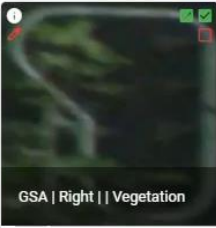
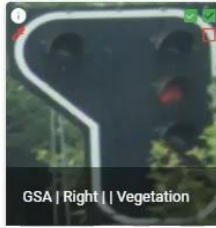
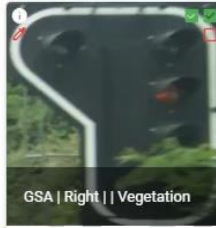
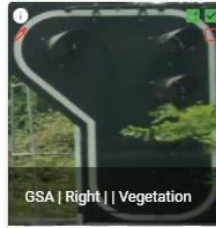
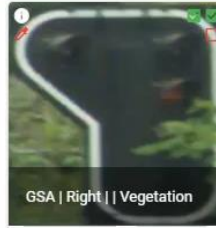
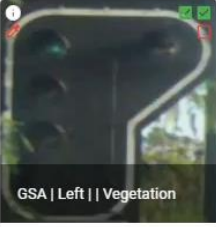
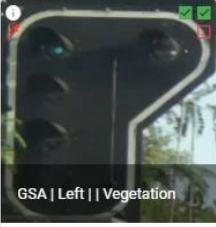
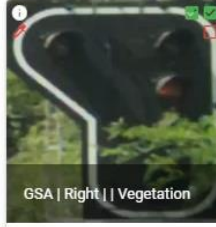
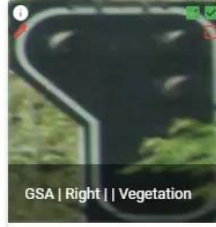
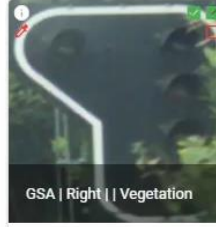
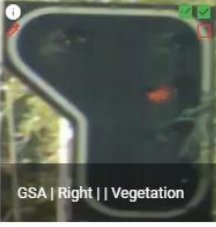
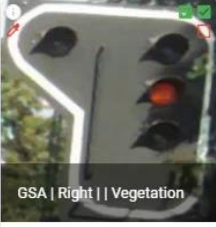
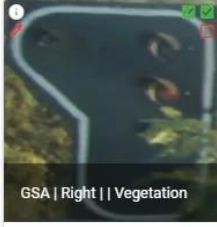


J.A.R.V.I.S 360 – Signalement des anomalies conditionnelles



J.A.R.V.I.S 360 – Inspection post-travaux

 JARVIS360 - Just Another Railways Visual Inspection System (but better) version 0.0.1 - DEV

 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Left Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA
 GSA Left Vegetation Change label GSA	 GSA Left Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA
 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA	 GSA Right Vegetation Change label GSA					

VALIDATE LABELS



MERCI DE VOTRE ATTENTION !

Restons en contact !

Contactez l'équipe J.A.R.V.I.S. :

- Pieter.Verlinden@infrabel.be
- Julien.Leroy@infrabel.be
- Arnaud.Bougard@infrabel.be



I-O&P.023 Data Science
On Tracks for Knowledge



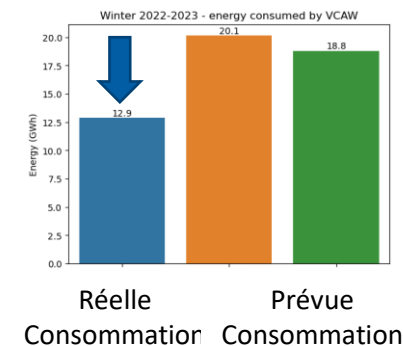
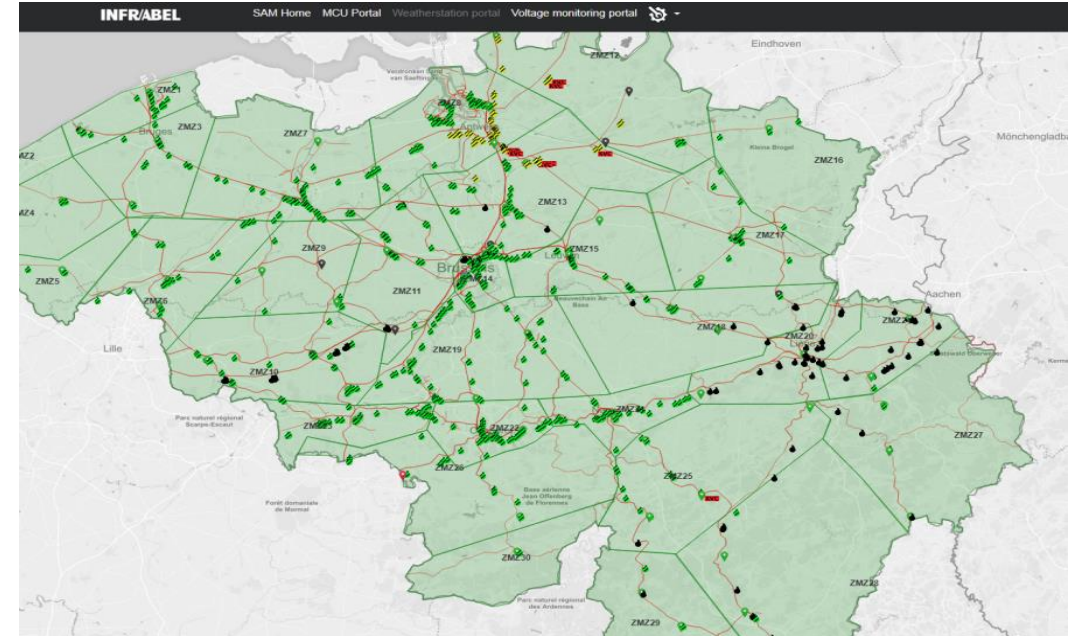
Météo

Aiguillage



- 70 stations météo
- Mesure de la météo
- Caractéristiques de l'environnement
température de l'air et du **rail**
humidité et précipitations
(ainsi que le type, p. ex. : neige)
prévisions
- Économies estimées
 - ✓ 33 % sur la facture énergétique des aiguillages

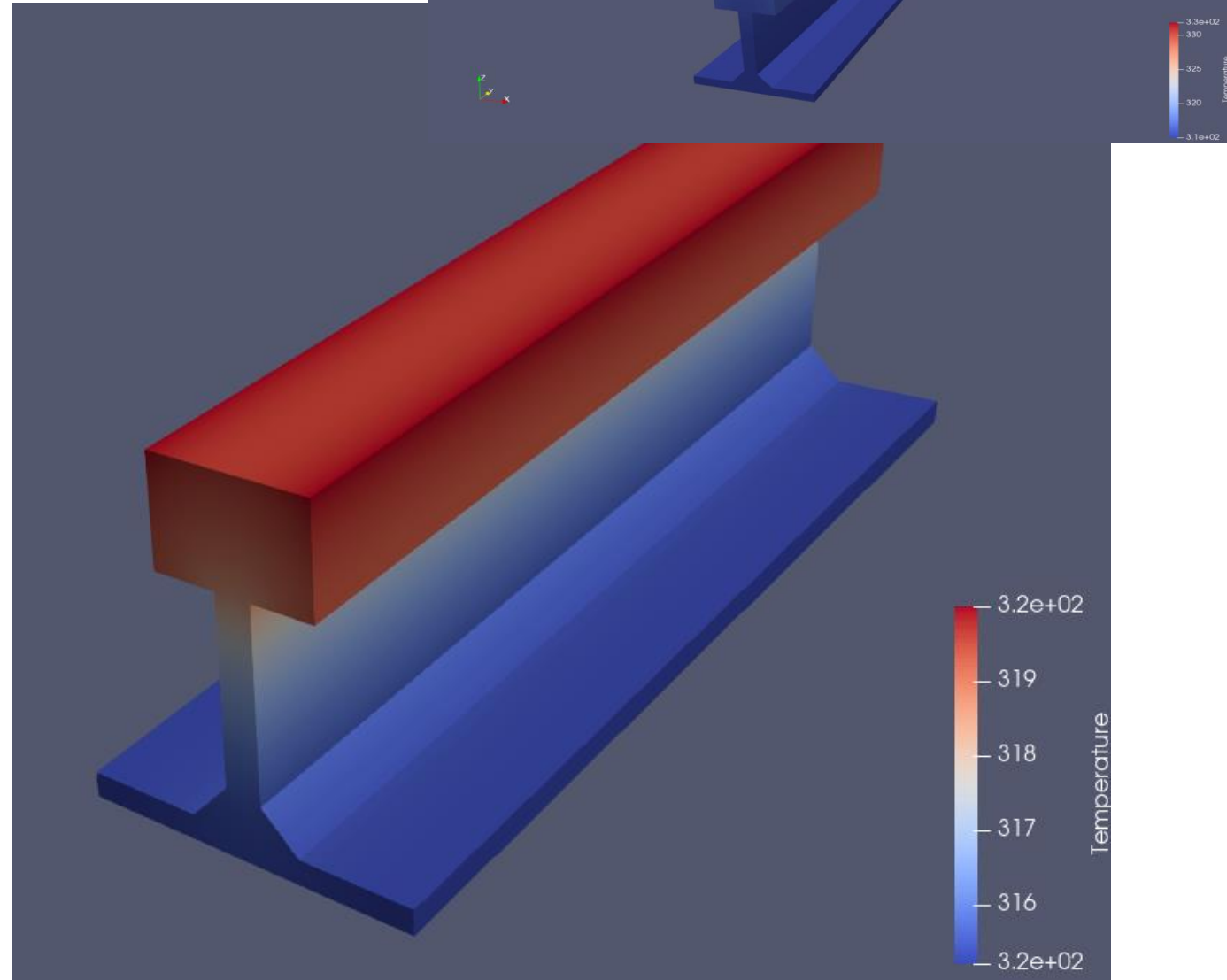
IoT sur les moteurs d'aiguillage. Chauffage autonome des aiguillages



33 % de moins de consommation énergétique

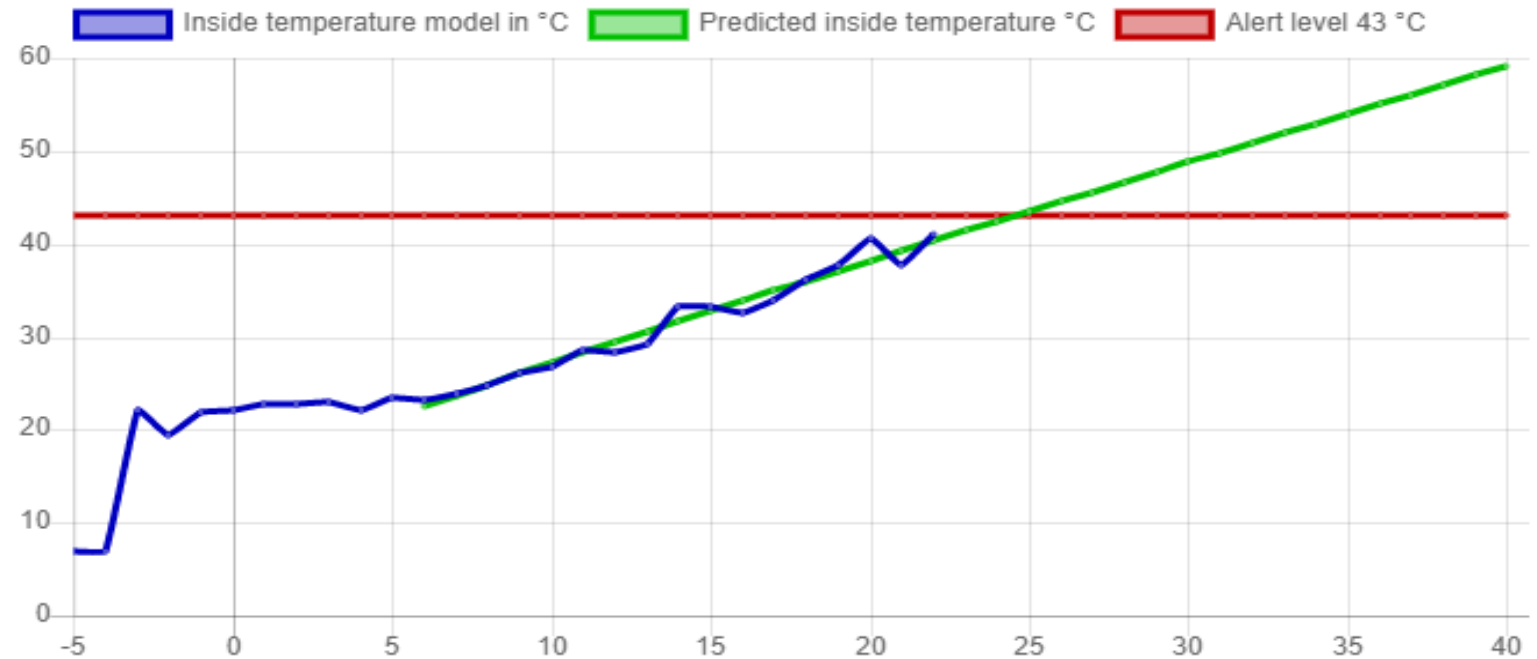
IA : adaptation automatique du niveau de chauffage par réseau neuronal entraîné

Température du rail : effet papillon

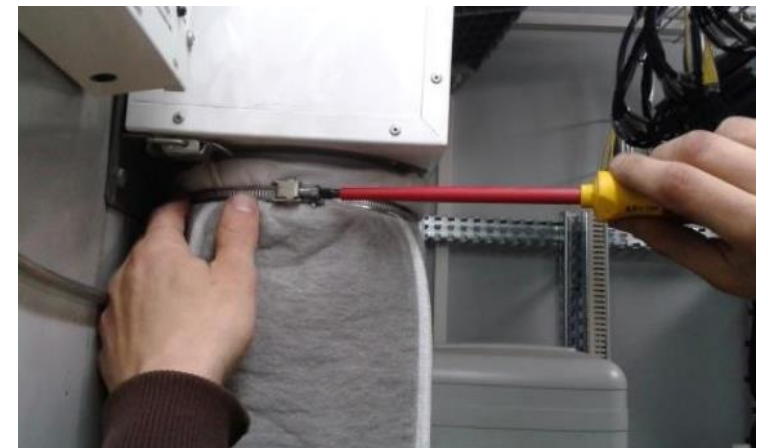
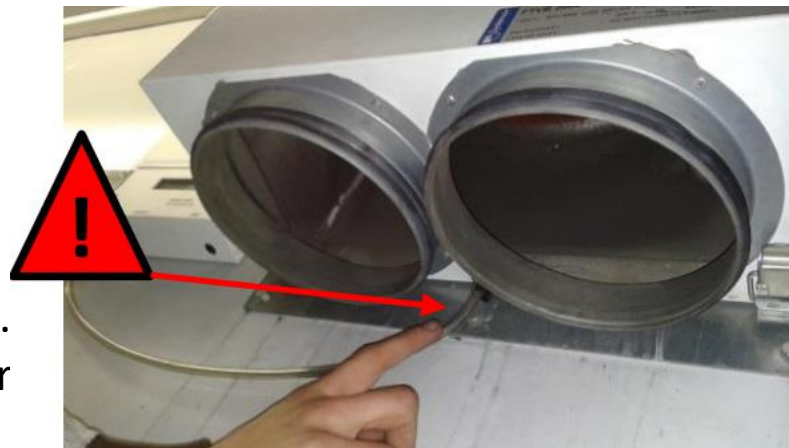


Température sous abri

Maintenance prédictive sur le refroidissement



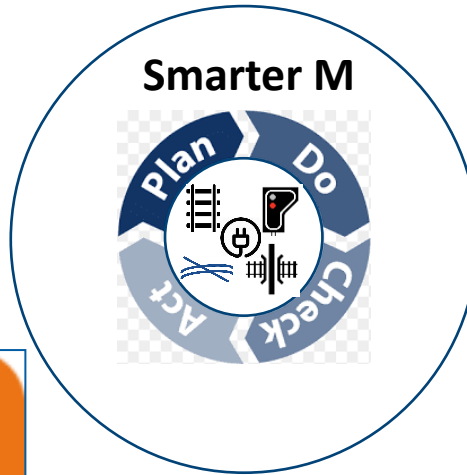
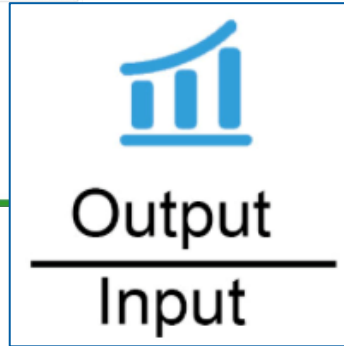
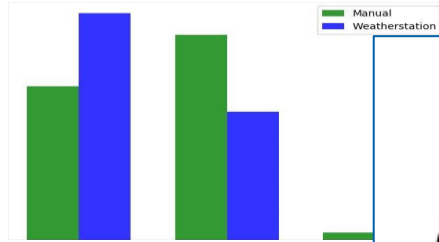
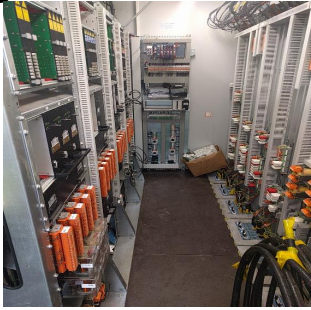
- Prédire la surchauffe estivale en avril
- 1.610 abris
- 20 actions contre la chaleur au lieu de 1.
- permet d'économiser 1.000 heures de tr





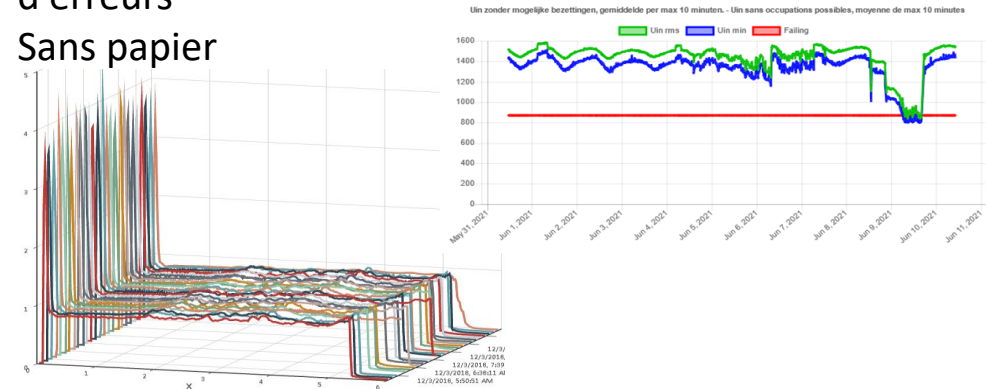
Conclusion

Objectifs de la maintenance intelligente



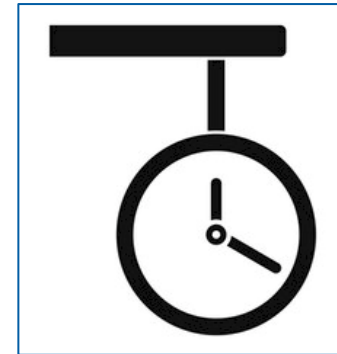
Améliorer la productivité :

- Des outils numériques pour aider à réduire le travail manuel
- Processus fluides et intégrés – pas de transferts, pas d'erreurs
- Sans papier



Sécurité accrue

- Mesure des trains & IOT : réduction des inspections manuelles sur le terrain
- Procédures de sécurité numériques
- Signalement de sécurité



Des trains à l'heure

- Maintenance à temps : fiabilité accrue
- Temps d'intervention réduit
- Réduction des temps d'arrêt de maintenance