



Futur PN ANDROMEDE

« Pour une auscultation des réseaux d'infrastructures accessible à tous les maîtres d'ouvrages »

Présentation des Groupes de Travail et restitution des propositions d'actions reçues

Camilo DURAN (IREX)

en quoi consiste le projet national ANDROMEDE de l'IREX ?

Nature du projet

- programme de R&D collaborative
- réunissant acteurs publics et privés (collectivités, entreprises, laboratoires...)
- visant des **livrables opérationnels** : méthodes, outils, recommandations, normes

En résumé

Le projet ANDROMEDE consiste à :

- Moderniser l'entretien des infrastructures de transport
- en combinant **diagnostic avancé + numérique + normalisation**
- pour obtenir une **maintenance plus efficace, moins coûteuse et bas carbone**





Les typologies d'infrastructures

- Routes et voies principales (autoroutes, RN, RD structurantes, artères urbaines / périurbaines)
- Routes rurales
- Voirie de cœur de ville
- Pistes cyclables
- Chaussée aéroportuaire / portuaire



Les objets d'étude

- Chaussées
- Accotements
- Signalisation
- Equipements
- Réseaux environnants (drainage, enterrés, etc.)



Les échelles de travail

- Laboratoire / Section / Tronçon / Réseau





Les grands objectifs du projet

1. Mieux diagnostiquer les infrastructures

- Apport de nouveaux moyens d'auscultation
- Apport de nouvelles techniques d'analyse
- Détection précoce des défauts
- Développement d'approches prédictives
- Mesure de performance de l'entretien

3. Assurer l'interopérabilité et la normalisation

- Harmoniser les formats de données et méthodes
- Fluidifier les échanges entre acteurs

5. Former les acteurs

- Acculturer aux outils et méthodes
- Maintenir les compétences dans les services

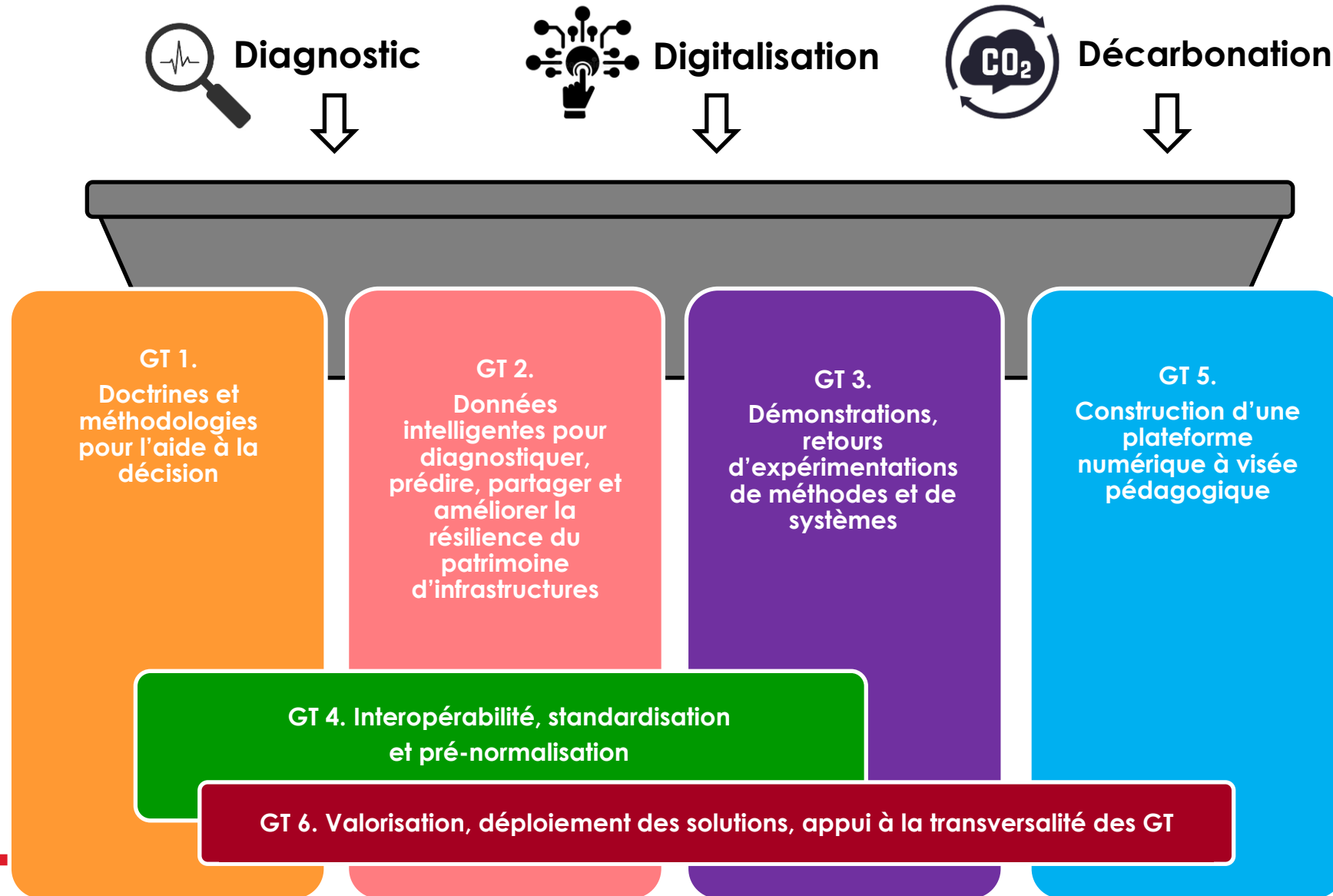
2. Digitaliser la gestion des infrastructures

- Numérisation des données
- Exploitation de grandes quantités de données
- Recours aux modèles 3D, jumeaux numériques
- Intégration des outils numériques dans toute la chaîne de maintenance

4. Décarboner la maintenance

- Évaluer et réduire les émissions de GES liées à l'entretien
- Optimiser les stratégies de maintenance pour limiter l'impact carbone







Futur PN ANDROMEDE

« Pour une auscultation des réseaux d'infrastructures accessible à tous les maîtres d'ouvrages »

Présentation du GT 1 et restitution des propositions reçues **Doctrines et méthodologies pour l'aide à la décision**

Camilo Duran (IREX) – Pascal Rossigny (DGITM/DMR/ENT)
Sébastien Wasner (CEREMA) - Erick Constensou (Consultant)

► Objectifs du GT 1 :

- Établir, en s'appuyant sur les socles méthodologiques et opérationnels existants, les référentiels nationaux afin de mieux structurer l'action publique : niveaux de service, criticité et résilience
- Définir les méthodes d'évaluation permettant de mesurer l'efficacité des politiques d'entretien, notamment les coûts évités grâce à l'auscultation et à la maintenance préventive
- Préciser les besoins en données d'empreinte carbone et résilience face aux aléas climatiques
- Encadrer l'usage de l'IA (opportunités, limites, qualification des données, ...)
- Fixer les règles de visualisation et d'interopérabilité adaptées aux différents acteurs
- Intégrer les enjeux d'indicateurs multimodaux et de sobriété numérique en promouvant une collecte raisonnée et un stockage optimisé



► Mots clés :

- Référentiels communs, niveau de service et usage, mesure de la performance, coût carbone, retour sur investissement (R.O.I.), outils de visualisation, sobriété numérique

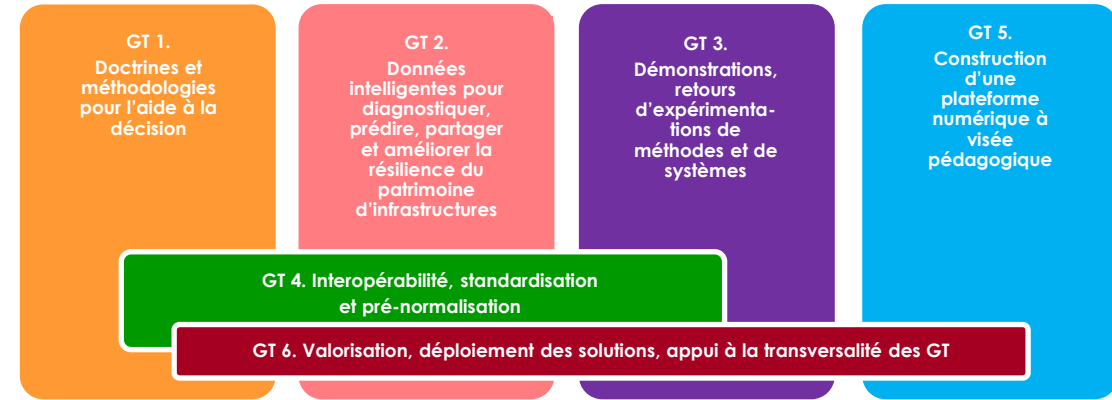
► Famille d'actions :

- Référentiels nationaux : niveaux de service, criticité, résilience
- Méthodes d'évaluation : efficacité des politiques d'entretien (coûts évités grâce à l'auscultation et à la maintenance préventive)
- Carbone & climat : données nécessaires, empreinte carbone, vulnérabilité climatique
- IA & données : opportunités, limites, qualification des données
- Visualisation & interopérabilité : outils adaptés aux MOA/MOE/exploitants
- Indicateurs multimodaux : modes doux, véhicules autonomes, intermodalité
- Sobriété numérique : collecte raisonnée, stockage optimisé



► Transversalité avec les autres GT :

- Le GT1 doit donner les règles du jeu pour tous les autres et fournir les référentiels, méthodes et cadres d'analyse qui serviront de fondation à tous les autres GT
- GT1 => GT2 : Conditions de mesure – Contraintes sur la qualité des données attendu – Hypothèses / scénarios de variabilité (trafic, T°C...)
- GT2 => GT1 : Mise à disposition de solutions techniques dont la qualité des résultats est maîtrisée – Alimente les indicateurs en données
- GT1 => GT3 : Fournit le cadre méthodologique et les critères d'évaluation
- GT3 => GT1 : Teste les doctrines / méthodes sur le terrain et valide ou renvoie des ajustements ou des besoins (Améliorations à apporter)
- GT1 <=> GT4 : Définit les doctrines / méthodes et fournit les indicateurs
- GT4 <=> GT1 : Transforme les différents indicateurs et doctrines en standards et/ou CCTP nationaux
- GT5 <=> GT1 : Transforme méthodes et indicateurs en outils pédagogiques et simulateurs pour assurer leur appropriation nationale



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
ADP (LL)	Identification données pour aide maintenance face à des aléas climatique Etude sur les outils de visualisation des données / des résultats	
ADP (YF)	Etude des opportunités et limitation de l'IA	
AXIMUM – Etablissement Technologies Nouvelles (BJ)		



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
UGE (MG)	Intégration des lois d'évolution de l'adhérence Modélisation prédictive du risque lié aux conditions d'adhérence afin d'anticiper les besoins en maintenance des infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> Analyse critique modèles existants Simulation évolution paramètres adhérence et niveaux de risque associés Réaliser un jumeau numérique
UGE (VC)	Etude sur la complémentarité des outils de collecte des données	Développement d'un indicateur d'adhérence harmonisé indépendant des appareils de collecte des données
UGE (PG)	Estimer le « R.O.I. » des opérations de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> Etat de l'art de la littérature Examiner transposabilité au contexte français Estimer coûts sociaux-économiques de la dégradation des routes et de l'efficacité des décisions d'entretien
LOGIROAD (NV)	Estimer le « R.O.I. » des opérations de maintenance	- Intégration des coûts de type « sociétaux



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
Université de LIMOGES et Laboratoire GC2D (SY)	Utilisation du drone pour inspection d'ouvrages non enterrés	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier des critères de dommages • Permettre un suivi
VIALITYCS (VG)	Retour expérience relevés terrain à partir capteurs légers type smartphones)	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse fiabilité détection pathologie par I.A. • Processus de traitement des données • Interopérabilité
UGE (MTD)	Méthodologie d'évaluation des caractéristiques de surface des pistes cyclable	<ul style="list-style-type: none"> • Adapter appareils de mesures • Prendre en compte influence autres types contaminant (feuilles mortes)
CEREMA (AH)	Propositions d'indicateurs pour les nouveaux usages et le caractère multimodal des infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination de caractéristiques des pistes cyclables à partir d'images (calibrées ou non)



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
CEREMA (ED)	Vers une meilleure compréhension du comportement structurel	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation appareil TIGRE 3D Apporter une meilleure compréhension de la structure de la chaussée Créer un indicateur structurel afin de compléter les indicateurs surfaciques
CEREMA (HO)	Définition d'une doctrine concernant la gestion de patrimoine par catégorie de réseau, tenant compte des niveaux de service probables	<p>Construction d'une grille d'évaluation co-élaborée avec les parties prenantes sur les gains environnementaux</p> <p>Estimation du ROI des opérations d'entretien et de maintenance (réduction d'émissions CO2 ?)</p> <p>Modes de recueil de données de chantier et identification des informations "descriptives" nécessaires à l'interopérabilité, additivité, ...</p>



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
CEREMA (EW)	Création d'un indicateur de vulnérabilité du réseau routier face aux aléas climatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Inventaire des données existantes • Croisement des données : aléas climatique, état de la chaussée, information trafic • Création d'une matrice d'aide à la décision pour faire ressortir les zones vulnérables • Test sur un territoire partenaire
CEREMA (EW)	État de l'art et cadrage des outils de visualisation des données	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un état de l'art • Analyser les avantages/inconvénients des différentes méthodologies • Proposer une standardisation
Université de LIMOGES (NR)	Optimisation du choix de la méthode de diagnostic des chaussées	<ul style="list-style-type: none"> • Echanges avec gestionnaires • Analyse propagation d'incertitudes
CEREMA (AH)	Définition d'un standard de mesures à réaliser en fonction du type de réseau	<ul style="list-style-type: none"> • Inventaire des outils et données à disposition • Définition de plages et des grandeurs pertinentes à évaluer • Proposition d'auscultation standard par type de réseau





Futur PN ANDROMEDE

« Pour une auscultation des réseaux d'infrastructures accessible à tous les maîtres d'ouvrages »

Présentation du GT 2 et restitution des propositions reçues **Données intelligentes pour diagnostiquer, prédire, partager et améliorer la** **résilience du patrimoine d'infrastructures**

Camilo Duran (IREX) – Sébastien Wasner (Cerema) – Fabien Menant (UGE)

► Objectifs du GT 2 :

- Produire des **diagnostics fiables**, répétables / reproductibles, rapidement, avec un niveau de précision **adapté à la typologie de réseau** et à la finalité
- Produire des informations de « haut niveau » depuis des **masses de données** (homogènes et/ou hétérogènes) permettant de **fusionner** des mesures / résultats, de les **synthétiser**, de les **représenter**
- Développer des **modèles prédictifs** basés sur l'exploitation des données d'auscultation permettant de mieux **estimer le vieillissement** des infrastructures
- Améliorer la **compréhension de l'endommagement** des infrastructures par l'utilisation des modèles
- Proposer des solutions pour **stocker** « intelligemment » et faciliter le **partage** des données d'auscultation pour des applications diverses



► Mots clés :

- Signaux faibles, fusion de données, analyse prédictive, modèles de vieillissement, connaissance du trafic, IA, représentation des informations

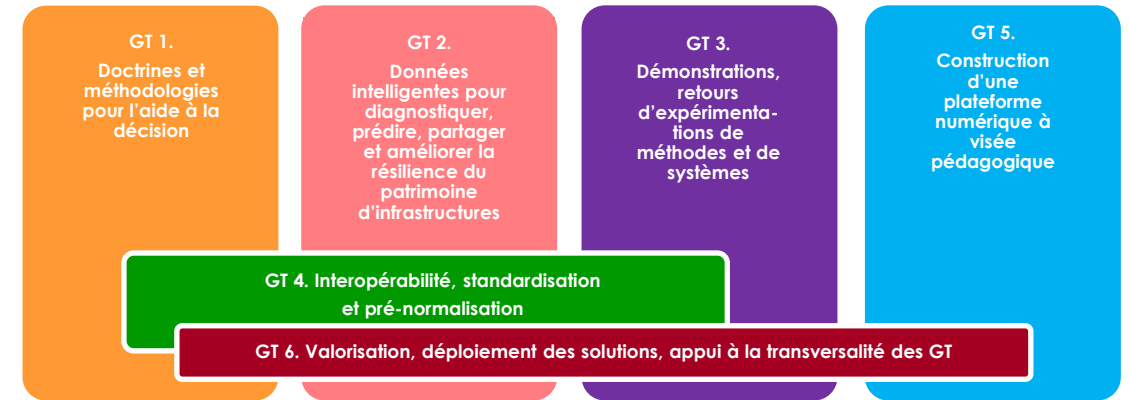
► Famille d'actions :

- Sources de données disponibles / potentielles
- Processus de traitement des données / des mesures / des signaux
- Outils numériques de représentation des informations
- Modèles de prédiction / de classification
- Gestion de la vie de la donnée



► Transversalité avec les autres GT :

- GT1 => GT2 : Conditions de mesure – Contraintes sur la qualité des données attendu – Hypothèses / scénarios de variabilité (trafic, T°C...)
- GT2 => GT1 : Mise à disposition de solutions techniques dont la qualité des résultats est maîtrisée – Alimente les indicateurs en données
- GT2 => GT3 : Intégration dans systèmes – Applications & tests in situ / à grande échelle
- GT3 => GT2 : Validation – Améliorations à apporter
- GT2 <=> GT4 : Formats de données requis – Seuils à considérer / à implémenter
- GT2 => GT5 : Vulgarisation « numérique » des productions & développements









► **Nombre de propositions reçues : environ 15**

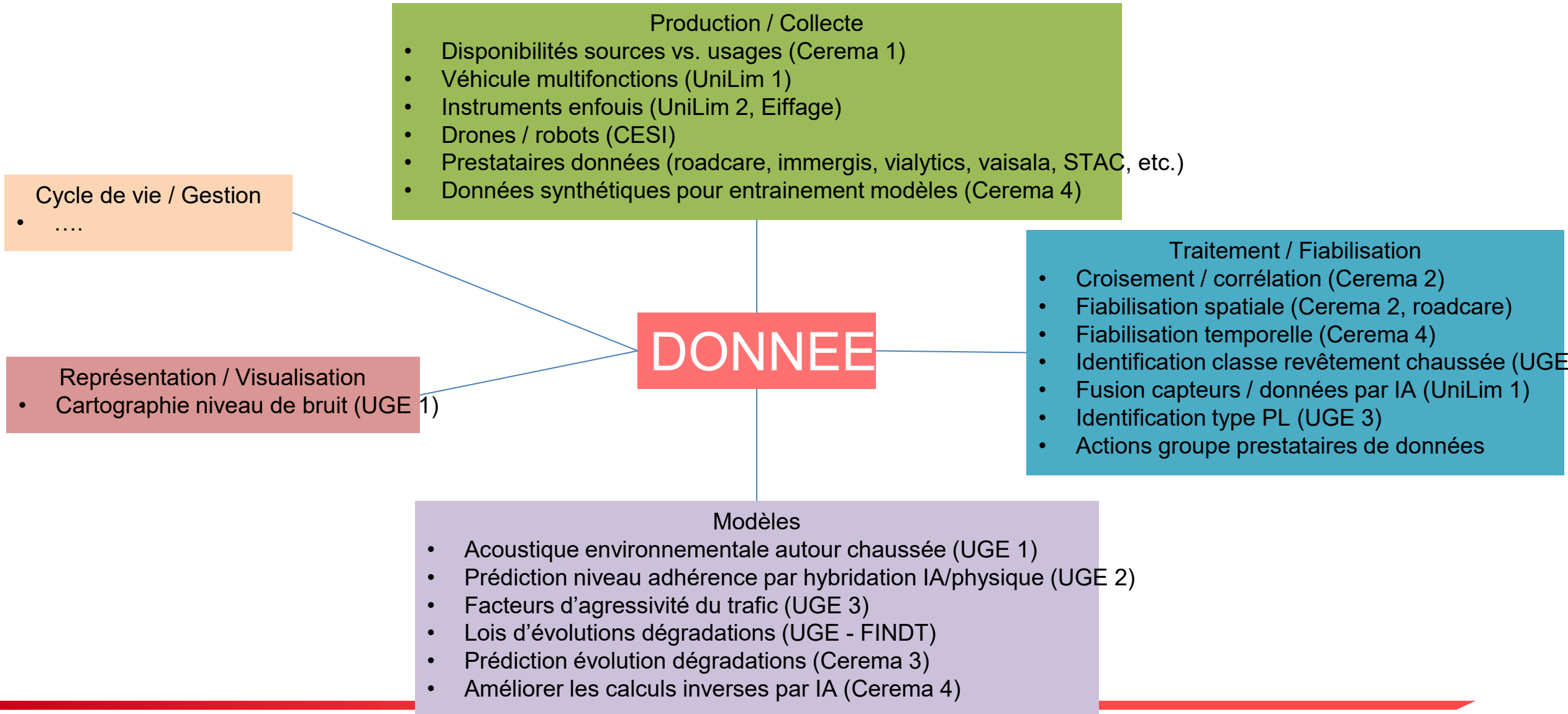
- Groupe d'acteurs de type prestataires de données « auscultation routières » a la volonté de contribuer mais actions non circonstanciées ni détaillées => revenir vers eux
- Groupe d'acteurs avec des propositions plus précises
- Pluralité d'applications en chaussée (auscultation patrimon., acoustique, adhérence, connaissance trafic...) mais rien en signalisation, équipements de sécurité
- Pas ou peu de propositions en lien avec LIDAR / Drone / Jumeau Numérique (mais actions de développement de modèles entrants aux JN) => manque de « 3D » (en apparence)
- Propositions en attente



► Famille d'actions et alimentation en actions :

- Sources de données disponibles / potentielle 
- Processus de traitement des données / des mesures / des signaux  / 
- Outils numériques de représentation des information 
- Modèles de prédiction / de classification 
- Gestion de la vie de la donnée 





▶ **Frontière GT2 / GT3 à mieux positionner vs. regrouper GT2 / GT3 ?**

- GT2 = Développements et GT3 = Tests et validation
- Niveau TRL min à bien préciser ?
- Pour certains, continuité à assurer entre ces GT

▶ **Titre du GT2 à revoir ?**

- Données et modèles : production, fiabilisation, analyse, représentation et domaines d'usages (?)
- Autre ?



- ▶ **Changer l'approche en « se détachant » des indicateurs existants => partir de ce que l'on peut obtenir au maximum depuis les données disponibles => nouveaux descripteurs, indicateurs élémentaires (puis indicateurs plus macros dans GT1 si besoin)**
 - Mieux adapté à la connaissance et la détection des signaux faibles
 - Mieux adapté à la production de modèles prédictifs

- ▶ **Avis d'un gestionnaire (Gd Paris, Seine & Oise, D. Gallé)**
 - Disposer d'outils et de méthodes comparables / transposables dans le temps pour éviter à chaque fois de « repartir à zéro »
 - Besoin d'avoir des données structurées / standardisées (=> GT4)
 - Transversalité de la donnée selon les usages quitte à l'exploiter sous une autre forme



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
VIALITYCS, ROADCARE IMMERGIS VAISALA STAC AXIMUM / TN	Actions à préciser	<ul style="list-style-type: none"> • Sources de données disponibles • Processus de traitement des données
COLAS	Identification et exploitation des « signaux faibles » (action à préciser)	Processus de traitement des données
CEREMA	Utilisation des FCD et autres données pour l'évaluation et la gestion des réseaux	Sources de données disponibles / potentielles
CEREMA	Méthodologie de croisement des données d'auscultation pour l'identification des désordres des chaussées	<ul style="list-style-type: none"> • Sources de données disponibles • Processus de traitement des données
UGE	Réutilisation des données pour la cartographie du bruit des infrastructures routières	<ul style="list-style-type: none"> • Outils numériques de représentation • Modèles prédictifs



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
UGE avec CEREMA Centre-Est	<ul style="list-style-type: none"> o Pour le GT 2.1.4 : Modélisation physico-informée de l'adhérence et de son évolution o Pour le GT2.5 : Intégration dans un jumeau numérique d'infrastructure 	<ul style="list-style-type: none"> • Outils numériques de représentation • Modèles prédictifs
Univ. LIMOGES avec INSA Lyon	Simulation expérimentale en grandeur réelle et développement d'un modèle prédictif de la performance des couches de surface	<ul style="list-style-type: none"> • Sources de données disponibles • Processus de traitement des données • Modèles de prédiction
Univ. LIMOGES	Instrumentation et diagnostic avancé des chaussées pour une maintenance optimisée	<ul style="list-style-type: none"> • Sources de données disponibles • Processus de traitement des données
Univ. LIMOGES & partenaires	Fusion de données multi-capteurs pour le diagnostic et le jumeau numérique des infrastructures routières	Processus de traitement des données
UGE	Pour GT 2.2: l'analyse et la valorisation des données de pesage en marche pour la caractérisation du trafic poids lourds et de son agressivité.	Processus de traitement des données



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
CESI	Inspection autonome des ouvrages	<ul style="list-style-type: none">• Sources de données disponibles• Processus de traitement des données• Modèles de prédiction
UGE avec FI-NDT	Évaluation et paramétrage numérique d'une loi d'évolution de la fissuration d'une chaussée aéronautique à partir d'indicateurs multi-physiques électromagnétiques RIS3D/UWBepsilon intégrés au jumeau numérique NDT-Portal (FI-NDT)	<ul style="list-style-type: none">• Processus de traitement des données• Modèles de prédiction
Autre ?	...	





Futur PN ANDROMEDE

« Pour une auscultation des réseaux d'infrastructures accessible à tous les maîtres d'ouvrages »

Présentation du GT 3 et restitution des propositions reçues **Démonstrations, retours d'expérimentation** **de méthodes et de systèmes**

*Camilo Duran (IREX) – Fabien Menant (UGE) - Gaëlle Baudouin (Polytech Clermont, IP),
Vincent Lecamus (Immergis) - Pascal Trottier (Pavexpert)*

- ▶ **Objectifs du GT : Mise en place de démonstrations et retours d'expérimentations pour les méthodes et systèmes**
- ▶ **Mots clés** : Validation sur le terrain des approches, des outils et des modèles développés, démonstration des valeurs opérationnelles, environnementales, économiques.
- ▶ **Famille d'actions** : Empreinte carbone sur cas d'usage, cas concret de scénarios d'entretien, Auscultation sur nouveaux projets, Mesure de trafic, Apport de nouveaux supports pour les données, démonstrations de nouvelles techniques.
- ▶ **Transversalité avec les autres GT**



Sylvie Yotte (Univ. Limoges) : Utilisation du drone (photogrammétrie ou lidar) pour l'inspection d'ouvrages non enterrés,

Minh-Tan Do (UGE) : Test de méthodologie d'évaluation des caractéristiques de surface des pistes cyclables,

Vincent Lecamus (Immergis) : Test de la méthode de couplage des données d'auscultation,

Fateh Tehrani (Univ. Limoges): Simulation expérimentale en grandeur réelle et développement d'un modèle prédictif de la performance des couches de surface,

Mokhfi Takarli (Univ. Limoges): Fusion de données multi-capteurs pour le diagnostic et le jumeau numérique des infrastructures routières,

Gustavo Garcia Otto (UGE) : Exploitation de systèmes WIM pour la mesure in situ des sollicitations réelles des chaussées,

Jean-Philippe Garros (UGE): Application des méthodes d'auscultation transposées aux voiries urbaines,

Hervé Villemagne (Vialytics) : Retours d'expérience, témoignages et test-terrain des technologies vialytics,



Fabienne Anfosso-Ledee (UGE) : Evolution d'une méthodologie d'auscultation acoustique des chaussées et utilisation pour l'évaluation du bruit dans l'environnement.

Huges Odeon (CEREMA) : Adapter l'entretien des routes pour réduire les gaz à effet de serre et améliorer le niveau de service : un outil d'aide à la décision

Mengda Wu (FI-NDT, UGE) : Propositions de scénarios d'entretien avec calcul d'impact environnemental assisté par logiciel d'experts comparatif de différentes solutions d'entretien (aucun / préventif / curatif) en fonction des contextes géographiques, climatiques et de trafic ; cadrage des hypothèses de comparaison (durée d'évaluation...)

Mesure de l'empreinte carbone sur un cas d'usage - optimisation et contrôle des quantités de matx en entretien - relation entre état de chaussée et conso énergétique

Comparatif de différentes solutions d'entretien (aucun / préventif / curatif) en fonction des contextes géographiques, climatiques et de trafic ; cadrage des hypothèses de comparaison (durée d'évaluation...)

Théo Dezert (FI-NDT, UGE) : Évaluation du modèle d'agrégation pour la détection des fuites dans les réseaux d'eau potable : expérimentation sur site contrôlé réalisé par la startup FI-NDT en partenariat avec l'Université Gustave Eiffel et Veolia. Validation du dispositif d'auscultation électromagnétique hyper-fréquence et hyper-spectral 3D (développé par FI-NDT dans le cadre du projet Sci-Ty ANDANTE, de la thèse CIFRE de Wen Yao LAN et du projet FEREC JUMEAU). Optimisation du processus d'intégration continue à la plateforme jumeaux numériques NDT-Portal (FI-NDT)



Actions phares identifiées du GT3

1. Mesure de l'empreinte carbone sur un cas d'usage,
2. Cas concret de propositions de scénarios d'entretien avec calcul d'impact environnemental assisté par logiciels experts,
3. Applications d'auscultation sur de nouveaux objets,
4. Mesure du trafic in situ grâce au « Weight in Motion »,
5. Démonstrations de techniques innovantes en détection de réseaux enterrés,
6. Chaines de mesure à faible consommation énergétique et / ou « intelligentes »,
7. Apport des nouveaux supports pour la collecte de données (drones et robots).





Futur PN ANDROMEDE

« Pour une auscultation des réseaux d'infrastructures accessible à tous les maîtres d'ouvrages »

Présentation du GT 4 et restitution des propositions reçues **Interopérabilité, standardisation** **et pré-normalisation**

Camilo Duran (IREX) - Pascal Trottier (Pavexpert / Routes de France)

Denis Le Roux (Setec / Syntec ing.)

► Objectifs du GT 4: Interopérabilité, standardisation et pré-normalisation

- Faciliter l'interopérabilité des données, le ré-usage et le partage
- Uniformiser la livraison et la consommation des données
- S'assurer de disposer des informations nécessaires aux usages envisagés (impacts, indicateurs, etc.)
- Aider les Maîtres d'Ouvrage dans la définition des exigences de la commande

► Mots clés :

- Indicateurs harmonisés, seuils et niveaux de service, CCTP types, labellisation & innovation, modèles de données, changement d'échelles.



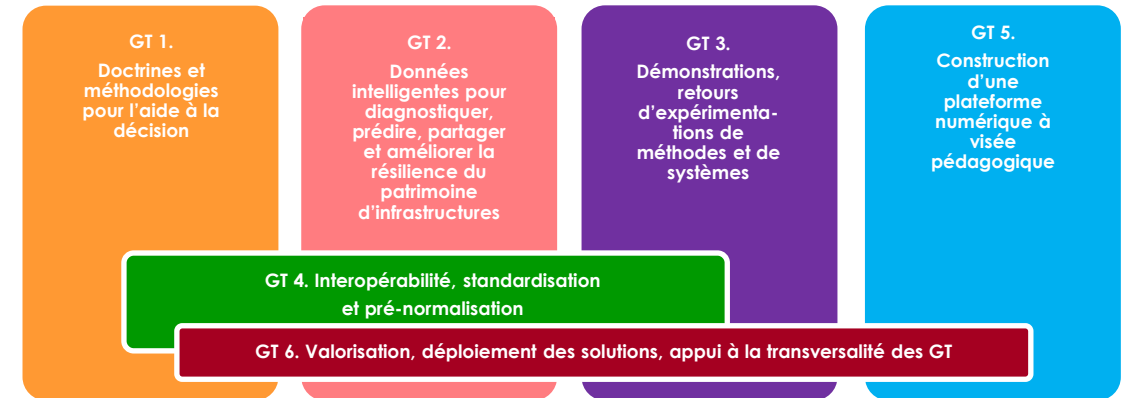
► Actions envisagées du GT 4 :

- **Harmonisation** des indicateurs (déployés)
- Définition de **seuils** (d'alarme, critique) en lien avec le niveau de service et les risques juridiques, sécurité
- Elaboration d'un **référentiel commun** pour quantifier les gains environnementaux associé aux opérations de maintenance
- Proposition de **cahiers des charges types** pour l'aide à la rédaction des marchés publics
- Facilitation de l'introduction opérationnelle de **nouveaux appareils d'auscultation**
- Recommandations pour structurer et exploiter les **bases de données**
- Gestion du **changement d'échelle** : quelles spécifications en laboratoire pour quels objectifs de performance sur le terrain ?



► Transversalité avec les autres GT :

- GT1 => **GT4** : Conditions de mesure – Contraintes sur la qualité des données ; référentiel (infrastructure) réceptacle
- GT2 => **GT4** : Informations mesurées, indicateurs
- **GT4** => GT 2: Format de livraison de la donnée
- **GT4** => GT3 : Intégration dans systèmes – Applications & tests in situ / à grande échelle
- **GT4** => GT5 : Supports pour formation et aide à la rédaction de CDC



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
Logiroad Nicolas Violle	Estimer le « R.O.I. » dû aux opérations de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> Intégration des coûts de type «sociétaux»
UGE Veronique Cerezo	Développement d'un indicateur d'adhérence "harmonisé" (i.e. indépendant des appareils de collecte de données)	<ul style="list-style-type: none"> Harmonisation des indicateurs (déployés) Facilitation de l'introduction opérationnelle de nouveaux appareils d'auscultation
Groupe ADP Yann FERREIRA	MAD Site expérimental	<ul style="list-style-type: none"> Harmonisation des indicateurs (déployés) Proposition de cahiers des charges types pour l'aide à la rédaction des marchés publics
Université de Limoges Mokhfi TAKARLI	Fusion de données multi-capteurs pour le diagnostic et le jumeau numérique des infrastructures routières	<ul style="list-style-type: none"> Recommandations pour structurer et exploiter les bases de données



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
UGE Gustavo Garcia Otto	Définition d'indicateurs harmonisés et robustes, choix de seuils d'interprétation, <i>interopérabilité des données et intégration dans les outils de gestion</i>	<ul style="list-style-type: none"> Harmonisation des indicateurs (déployés) Recommandations pour structurer et exploiter les bases de données
UGE Fabienne ANFOSSO LEDEE	Facilitation de l'introduction opérationnelle d'appareils d'auscultation acoustique, y/c rédaction des CDC	<ul style="list-style-type: none"> Harmonisation des indicateurs (déployés) Proposition de cahiers des charges types pour l'aide à la rédaction des marchés publics
Vialytics Fabian Vanhove	Retour d'expérience, traitement de données, participation aux échanges,	<ul style="list-style-type: none"> Recommandations pour structurer et exploiter les bases de données
FI-NDT Théo Dezert	<i>Définition de seuils (d'alarme, critique) en lien avec le niveau de service et les risques juridiques, sécurité</i>	<ul style="list-style-type: none"> Harmonisation des indicateurs
Minnd2050 GT Carbone	<i>Référentiel des différentes bases de données et outils utilisés pour le calcul de l'impact carbone dans le secteur des infrastructures linéaires.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Elaboration d'un référentiel commun pour quantifier les gains environnementaux associé aux opérations de maintenance



Organisme	Intitulé	Famille(s) actions
CEREMA Emmanuel Delaval	<i>Plate-forme de données</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recommandations pour structurer et exploiter les bases de données
	Outil d'interrogation des bases pour les petites et moyennes collectivités	
	Analyse documentaire numérique des bases de données papier	
CEREMA Hugues Odéon	Définition de descripteurs adaptée à la typologie des réseaux	<ul style="list-style-type: none"> Harmonisation des indicateurs (
	Créer des bases de données d'apprentissage et/ou de labellisation par descripteurs élémentaires (des étalons ou des méthodes d'étalonnage croisé)	<ul style="list-style-type: none"> Recommandations pour structurer et exploiter les bases de données Elaboration d'un référentiel commun pour quantifier les gains environnementaux associé aux opérations de maintenance Gestion du changement d'échelle : quelles spécifications en labo pour quelles performances sur le terrain ?



PROJET DE RECHERCHE ANDROMEDE

Auscultation, Normalisation, Digitalisation des Réseaux d'infrastructures,
interOpérabilité pour une Maintenance Efficiente et DEcarbonée



Futur PN ANDROMEDE

« Pour une auscultation des réseaux d'infrastructures accessible à tous les maîtres d'ouvrages »

Présentation du GT 5

**Simulateur pédagogique, diagnostics guidés,
scénarios d'entretien, formation des acteurs.**

Camilo Duran (IREX) – Fabien Menant (UGE) – Frédéric Sagnier (TN)

› Contexte et objectifs

■ Contexte :

- Vieillesse du réseau,
- Contraintes budgétaires de plus en plus fortes,
- Variabilité des politiques d'entretien,
- Lien Politique \ Entretien, communication,
- Pertes de repères vis-à-vis de la doctrine technique,
- Besoin de formation

■ Objectifs :

- Création d'un ou plusieurs outils pédagogiques pour visualiser et simuler la maintenance d'une infrastructure routière
- Outil simple (démonstrateur), robuste, aidant à la décision



► Mots clés :

- Simulateur pédagogique, diagnostics guidés, scénarios d'entretien, formation des acteurs.

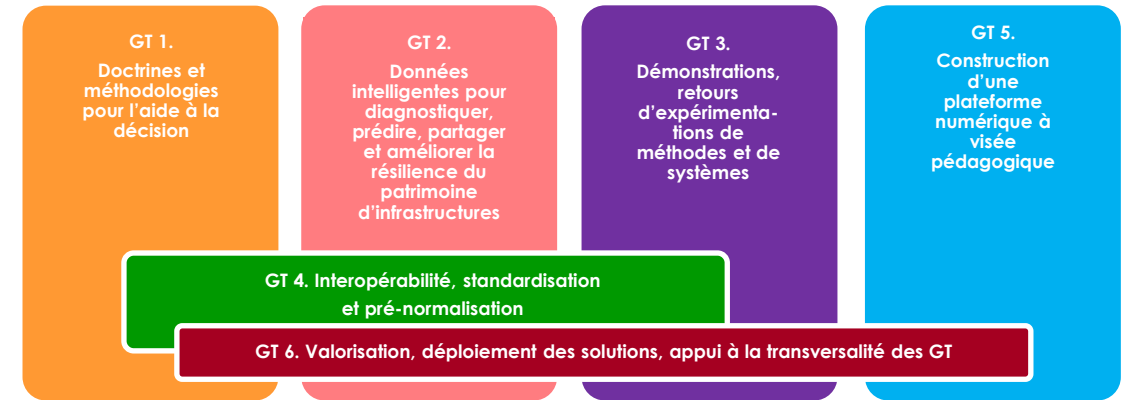
► Famille d'actions :

- **5.1 Construction d'un outil numérique de type simulateur pour la formation aux acteurs de la maintenance des infrastructures**
 - Lire et exploiter un ensemble d'indicateurs (de l'élémentaire au macro)
 - Représenter les informations dans le temps et l'espace (niveau 2D max)
 - Etablir le diagnostic en fonction des données disponibles
 - Tester et déterminer les solutions de travaux adéquates
 - Estimer les coûts financiers et carbone approximatifs
- **5.2 Tutoriels numériques (associés à la plateforme)**



► Transversalité avec les autres GT :

- GT1 => GT2 : Conditions de mesure – Contraintes sur la qualité des données attendu – Hypothèses / scénarios de variabilité (trafic, T°C...)
- GT2 => GT1 : Mise à disposition de solutions techniques dont la qualité des résultats est maîtrisée – Alimenter les indicateurs en données
- GT2 => GT3 : Intégration dans systèmes – Applications & tests in situ / à grande échelle
- GT3 => GT2 : Validation – Améliorations à apporter
- GT2 <=> GT4 : Formats de données requis – Seuils à considérer / à implémenter
- **GT5** : Vulgarisation « numérique » des productions & développements et lien avec les autres GT (1, 2, 3 et 4)



► Interventions et débats clés pendant la réunion (1/3)

▪ Objectifs ?

- A qui s'adresse-t-on ?
 - But informatif
 - But de formation
 - But de communication
- De quel simulateur parle-t-on ?



► Interventions et débats clés pendant la réunion (2/3)

▪ Répondre aux besoins de formation

- Le GT5 doit répondre à des besoins très concrets de montée en compétence, notamment :
 - Harmoniser les pratiques,
 - Aider les techniciens à argumenter auprès des élus,
 - Compenser la perte de connaissance liée au turnover,
 - Intégrer de la documentation existante (mais laquelle ?),
 - Structurer des contenus pédagogiques :
 - » Vidéos,
 - » Textes,
 - » Démonstrations interactives,
 - Mini exercices ou cas pratiques.
- **La question clé posée :**
 - 🙋 Faut-il intégrer uniquement la doctrine produite dans ANDROMÈDE, ou aussi les guides historiques ?



► Interventions et débats clés pendant la réunion (3/3)

▪ 2.3 Sur les besoins “chantier”

- Importance de ne pas négliger le rôle de l'exécution :
- même les meilleures études échouent si le chantier est mal réalisé.

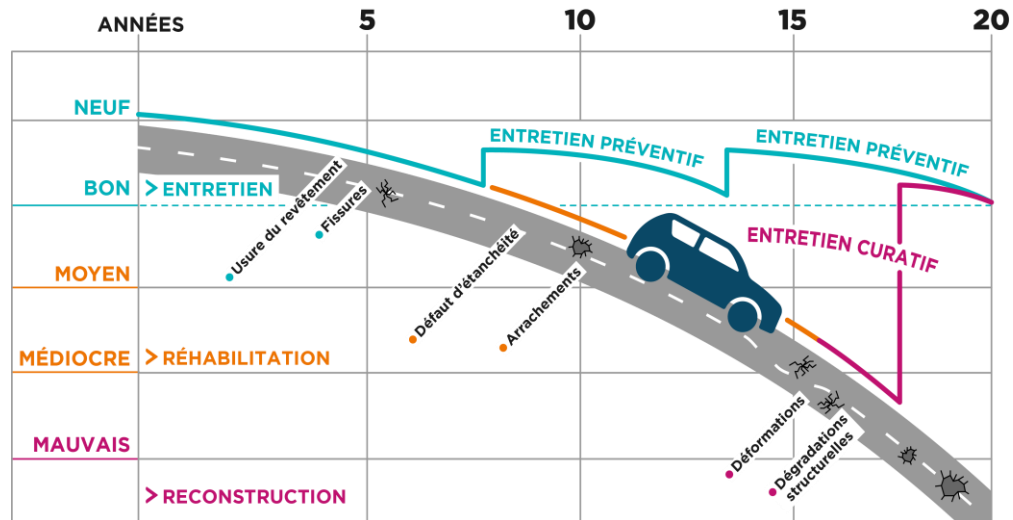
▪ 2.4 Sur la standardisation

- Le simulateur pourrait devenir un vecteur pour :
 - Partager la doctrine,
 - Normaliser les pratiques,
 - Renforcer la cohérence entre territoires.



► Fonctionnalités envisagées

- Viser la meilleure stratégie d'entretien



- A l'échelle macro – réseau
 - Comment objectiver les critères de vieillissement d'une chaussée ?
 - Préventif vs curatif ?

- Simulateur “macro” – Échelle réseau
 - Évaluer les impacts de stratégies préventives vs curatives.
 - Chiffrer :
 - Les coûts financiers,
 - Les émissions carbone,
 - Les dettes accumulées en cas d'absence d'entretien.
 - Adapter selon les typologies (T1/T2, rural, urbain...).



► Fonctionnalités envisagées

- Homogénéiser les pratiques en appliquant des référentiels communs



- A l'échelle itinéraire – Sections

- Simulateur “micro” – Échelle itinéraire / section
 - Partir d'un patrimoine existant ou simulé.
 - Appliquer une doctrine (aménagement, sécurité routière, marquage...).
 - Détecter zones non conformes.
 - Proposer des corrections ou travaux.
 - Visualisation 2D (ou potentiellement 2.5D/3D à discuter).



► Questions clés sur la conception

▪ Sur le périmètre du contenu

- Risque de duplication avec d'autres portails existants (ex : TRS en refonte).
- Besoin de définir quels documents intégrer (anciens, nouveaux, uniquement ANDROMÈDE ?).
- Intégrer les « notions de base » du métier (différenciation chaussée souple / rigide, classes de trafic, épaisseur des matériaux, etc.)
- Faudra-t-il aller jusqu'à pouvoir personnaliser le territoire (même s'il est fictif) ?
- Qui va fournir les jeux de données ?
- Aura-t-il vocation à stocker les données ?
- Intégrera-t-il les éléments de base pour la construction du référentiel géographique ?
- Voir s'il existe des plateformes IGN équivalentes



► Questions clés sur la conception

▪ Sur la forme

- **Une plateforme à plusieurs niveaux :**

- Documentation,
- Supports pédagogiques (intégrer des bases images pour le catalogue des dégradations par exemple),
- Simulateurs interactifs,
- Retours d'expérience.

- **Prendre modèle sur SEVE-TP ?**

- **Aller jusqu'à des fonctionnalités d'annotations communautaires pour l'IA (cas des dégradations) ?**

▪ Maintenance logicielle ?

- Comment se fera l'assistance, la mise à jour ?
- Transfert vers Formation Ponts Conseil ?



► Synthèse

- Le GT5 du projet ANDROMÈDE vise à créer un simulateur pédagogique innovant permettant :
 - De visualiser, diagnostiquer et simuler l'entretien des infrastructures,
 - De comparer des stratégies (préventif vs curatif),
 - D'évaluer leurs impacts financiers et carbone,
 - De former les acteurs publics,
 - D'harmoniser les pratiques.
- Il doit s'appuyer sur les doctrines existantes et les apports des GT1 4, tout en répondant aux besoins concrets exprimés par les collectivités.
- Le GT5 est présenté comme le plus transversal du projet ANDROMÈDE, puisqu'il valorise les productions de tous les autres GT.



► Suite à donner

- Recueillir les idées et besoins des participants,
- Affiner les contours du futur simulateur,
- Définir les actions futures du GT5,
- Prioriser les premières thématiques à développer.



L'exploitation
et la maintenance
des infrastructures

PROJET DE RECHERCHE ANDROMEDE

Auscultation, Normalisation, Digitalisation des Réseaux d'infrastructures,
interOpérabilité pour une Maintenance Efficiente et DEcarbonée



Prochaines étapes

► **Prochaines étapes :**

1. Constitution des GT
2. Réception de proposition d'action jusqu'à fin avril 2026
3. Consolidation du programme d'actions
4. Intégration du programme d'action dans l'Etude de Faisabilité
5. Présentation de l'étude de faisabilité
6. Lancement du PN



