



Nicolas HAUTIERE
Fabrice VIENNE
Département COSYS

Journée CEREMAP3D

19 novembre 2024

Les Routes de l'Anthropocène

DÉFINITION

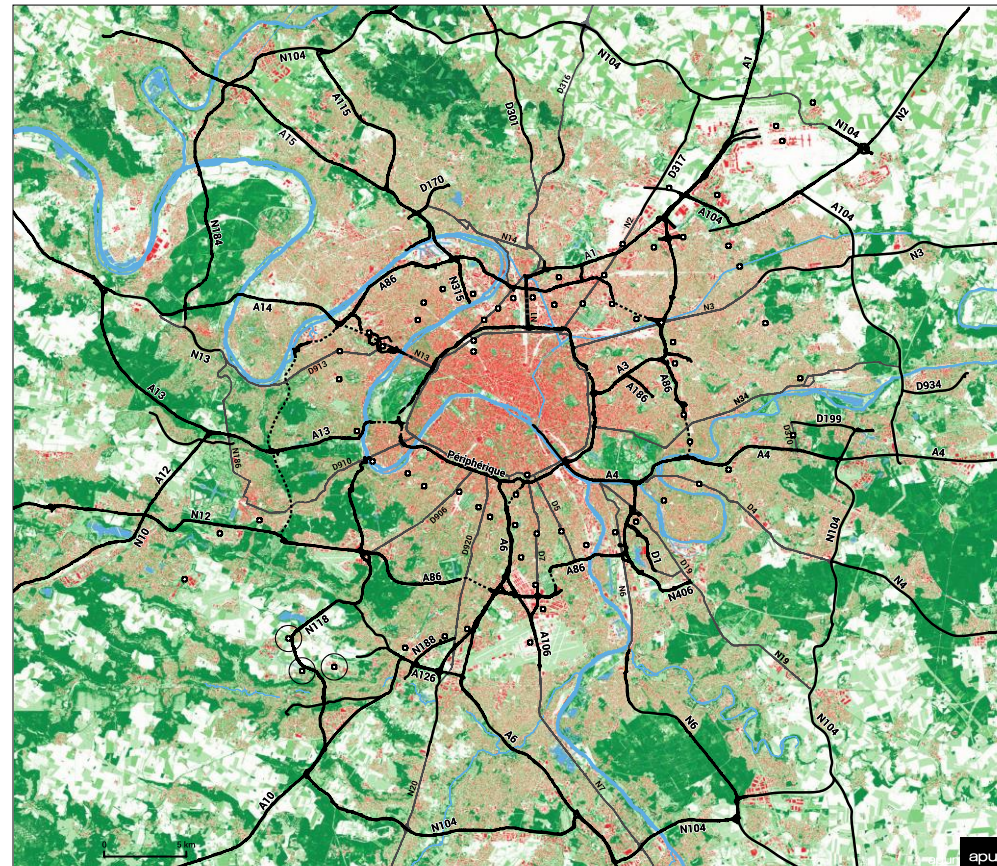
Du Larousse :

Du grec *anthrôpos*, homme, et *kainos*, nouveau.

Période actuelle des temps géologiques, où les activités humaines ont de fortes répercussions sur les écosystèmes de la planète (biosphère) et les transforment à tous les niveaux. (On fait coïncider le début de l'anthropocène avec celui de la révolution industrielle, au xviii^e siècle.)

LE DÉFI DES ROUTES ET RUES DE DEMAIN

Est-il possible de concevoir une route, capable de faciliter le développement de villes intelligentes, durables et vivables, tout en offrant un accès équitable à la ville pour tous les citoyens ?



LES GRANDES INFRASTRUCTURES
ROUTIÈRES ET LES GARES DU
MÉTRO DU GRAND PARIS EXPRESS

- Futures gares du Grand Paris Express
- Autoroute, bd Périphérique, voie rapide
- Principales voies structurantes

Sources : Filaire Pompiers, Bd TOPO IGN

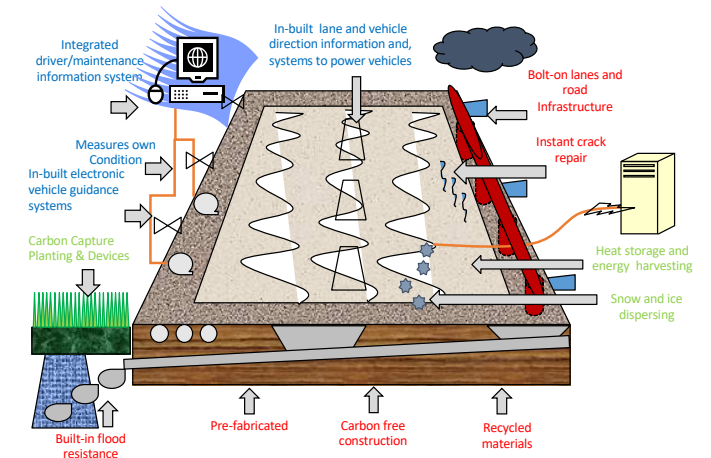
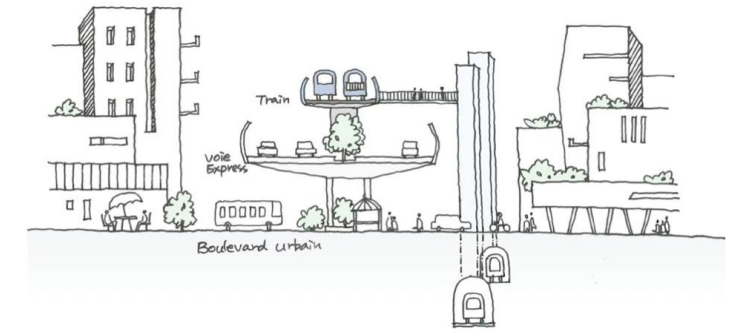


Du concept à la R5G*fab*
2010-2020

1

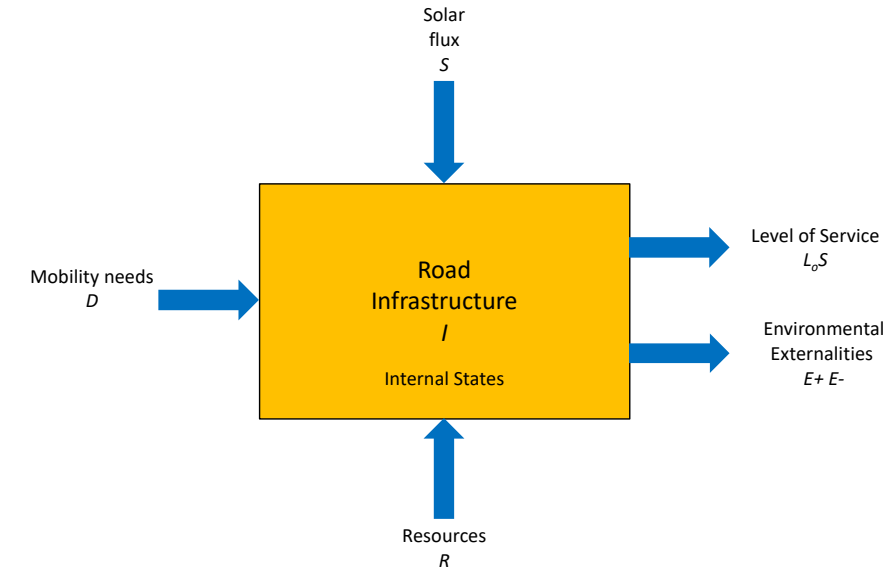
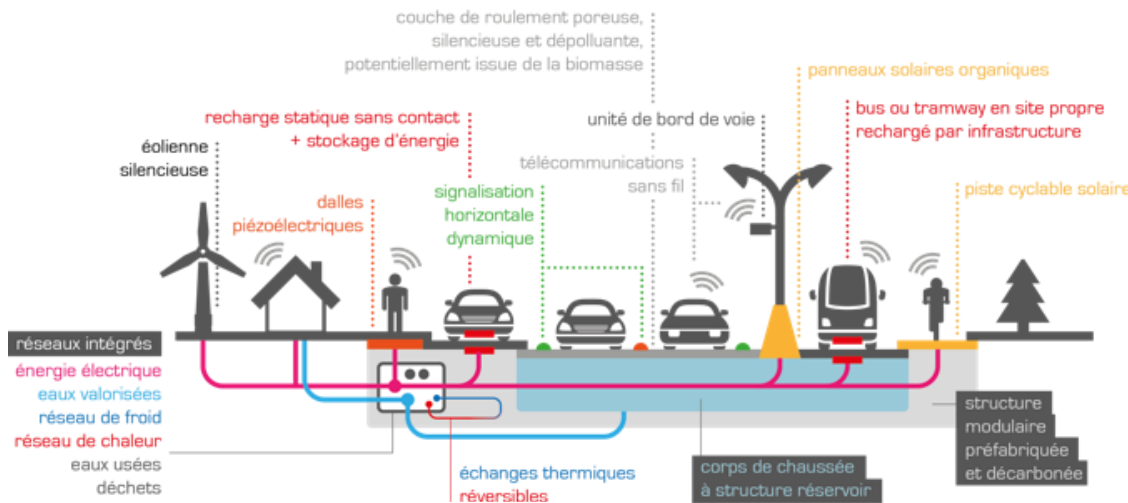
TROIS CHANGEMENTS DE PARADIGME ET QUATRE GÉNÉRATIONS DE ROUTES

- 1ère génération de route: le sentier
- 2ème génération de route: la voie romaine
- 3ème génération de routes: La route lisse
- 4ème génération de routes: l'autoroute
 - Premier développement au début du 20ème siècle
 - Développement complet de l'autoroute des années 60-70
 - Atténuation et adaptation depuis les années 80
- 5ème génération de routes ?
 - The Forever Open Road: une infrastructure routière qui tire le meilleur des technologies existantes et des meilleures à venir.



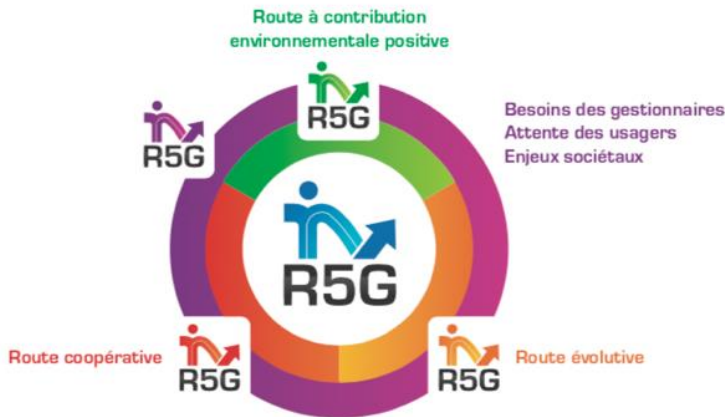
R5G – DÉCLINAISON FRANÇAISE DE LA FOREVER OPEN ROAD

- R5G vise à intégrer les différents éléments de FOR autour de démonstrateurs dans une approche système, voire « système de système » (SoS).



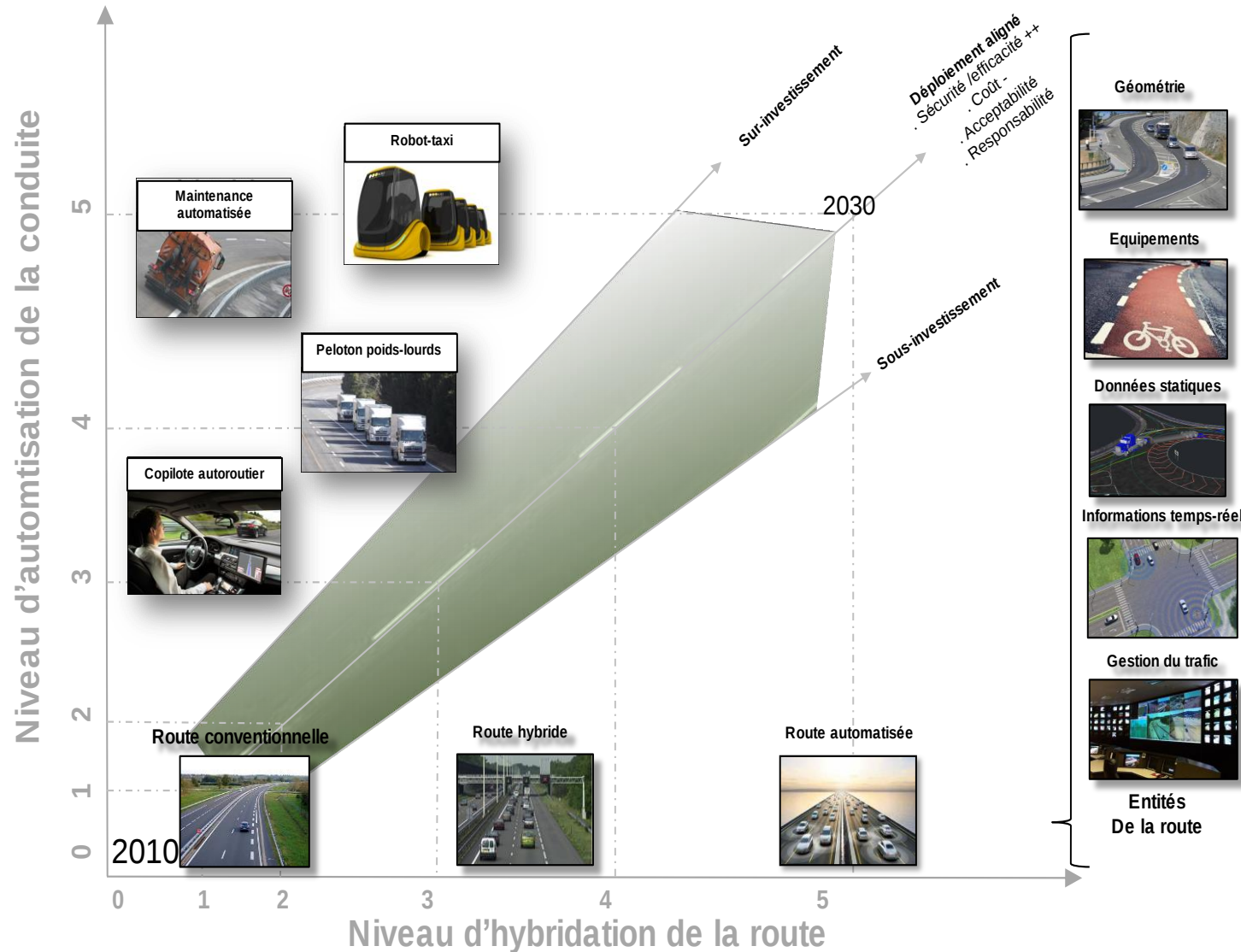
$$I_D^*(H_i, T) = \arg \max_{I \in \{C, K\}^{H_i}} \int_I \int_0^T f(L_o S, C_T, R, E, t) dt di$$

C, K : available Concept and Knowledge
 H : timespan
 C_T : TCO



La roadmap "évolutions de la route" : route de 5e génération : route communicante / Nicolas Hautière in *Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA)*, (2018)955 (Juin 2018)

MEGATREND #1: VERS DES ROUTES ET RUES AUTOMATISÉES



ENSEMBLE



CCAM
 CONNECTED, COOPERATIVE
 & AUTOMATED MOBILITY

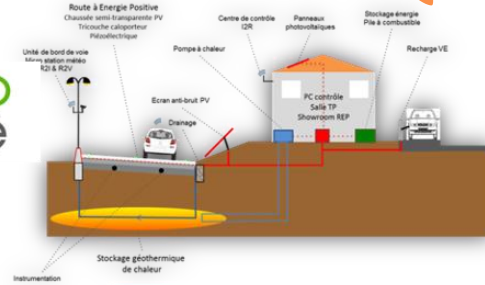


CoExist

MEGATREND #2: VERS DES ROUTES ET RUES ÉNERGÉTIQUEMENT INTÉGRÉES



éco
cité



Planification
urbaine et
transport

Monitoring

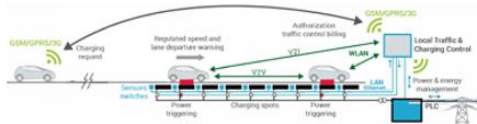
Collecte d'énergie

Transfert d'énergie

Stockage d'énergie



2
ZERO

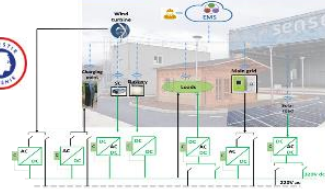


GROUPE
RENAULT

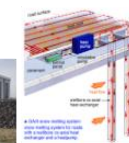


F²BRIC

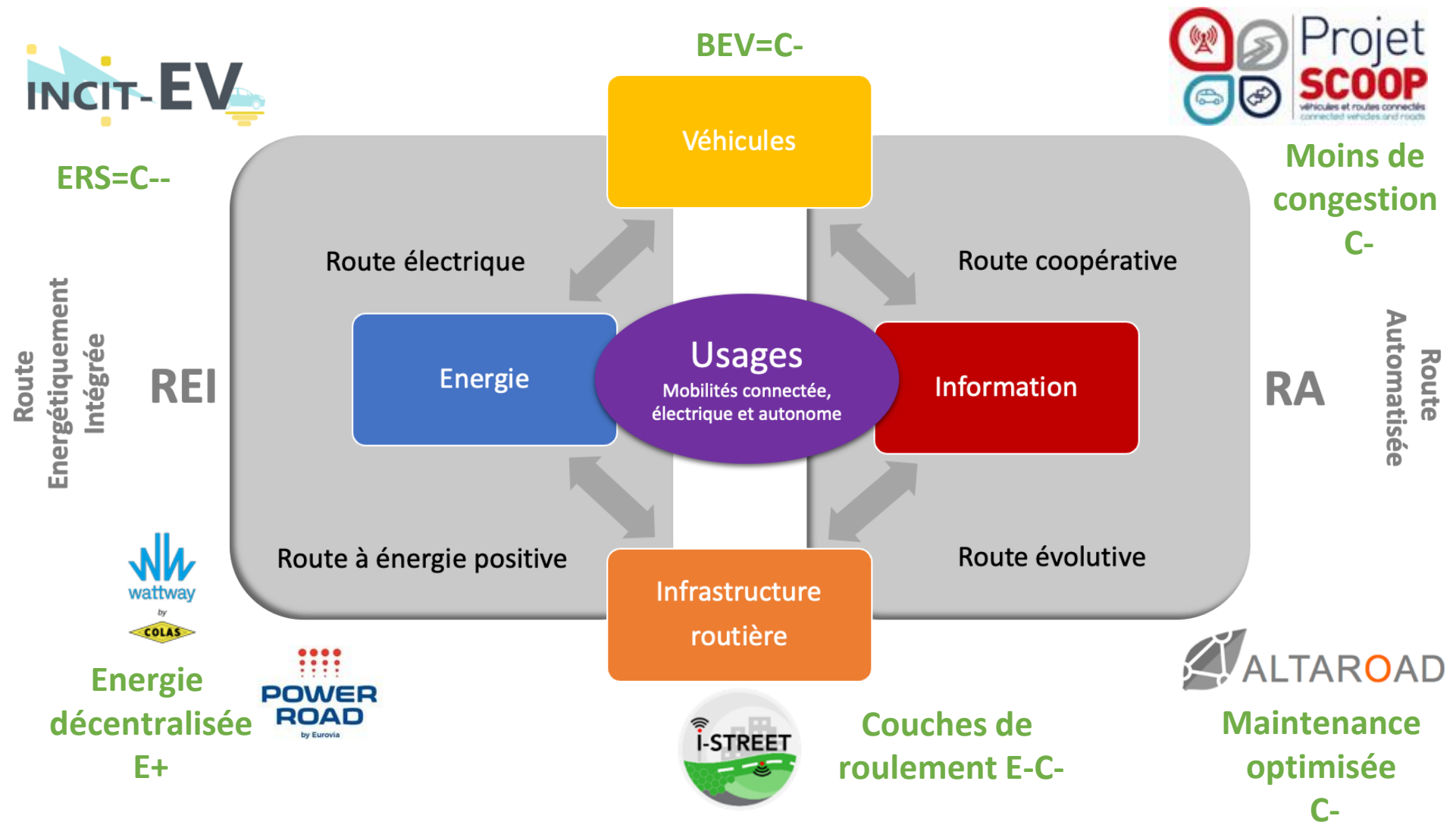
INSTITUT
VEDECOM
DU VÉHICULE DÉCARBONÉ ET
COMMUNIANT ET DE SA MOBILITÉ



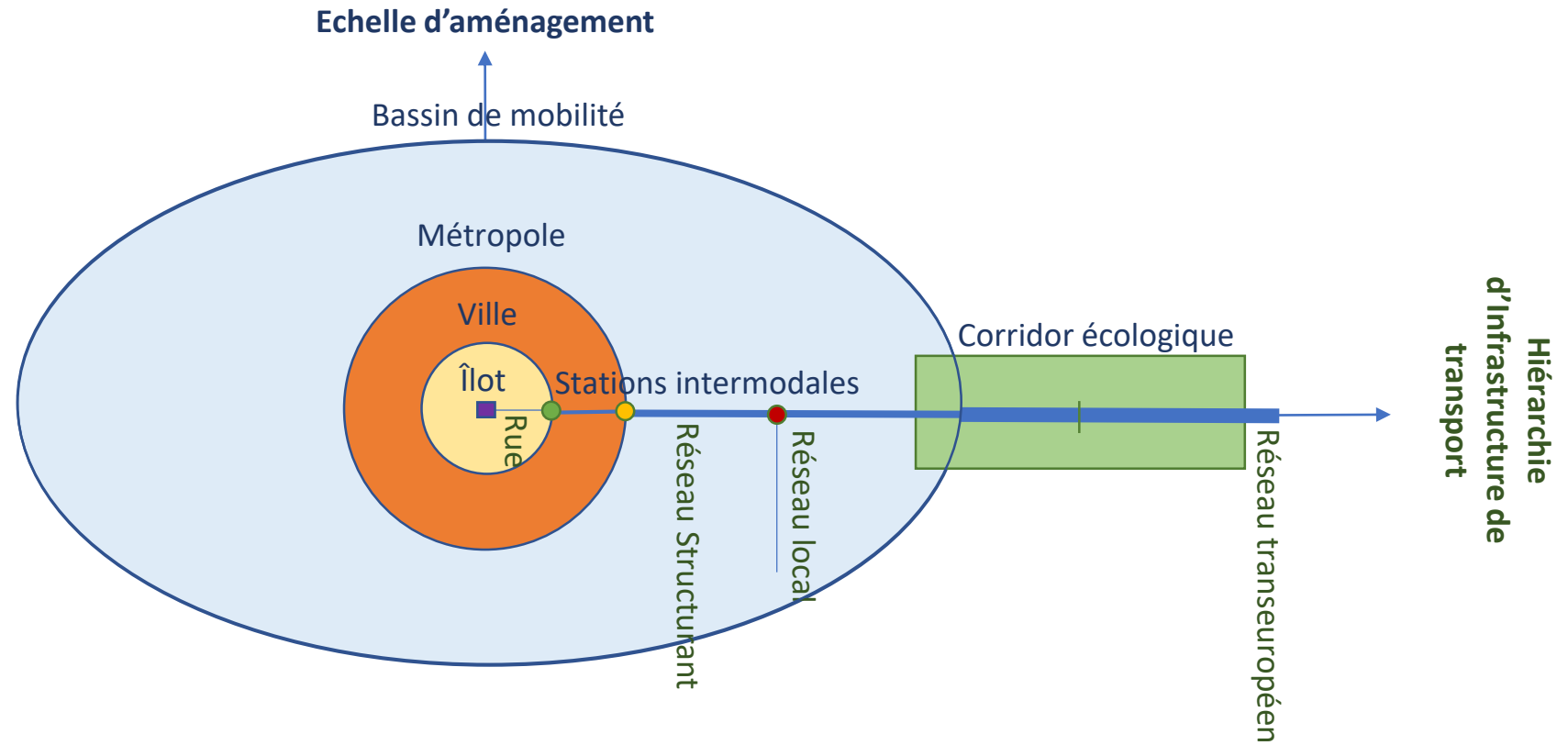
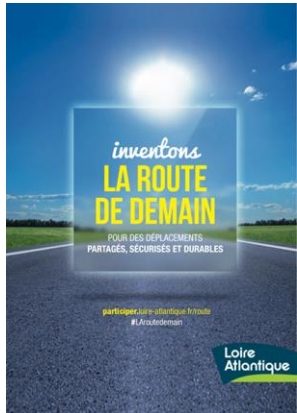
efficacity



MODÈLE R5G - DU SYSTÈME VIC AU SoS VI₂E



LA R5Gfab - ACCÉLÉRER LES PROJETS DES TERRITOIRES



- La motivation principale des demandes d'intervention sont les thromboses métropolitaines : Bordeaux, Nantes, Lyon, Lille, Paris, Strasbourg, Marseille...
- La **transformation des VSA en boulevard urbain** d'un nouveau genre, **l'adaptation des réseaux à de nouvelles formes de mobilité** ou **les rues à santé positive** constituent l'essentiel des demandes.
- Plus récemment, la question des corridors climatique et énergétique a émergé.

Des démonstrateurs aux pilotes de service
2020-2025

2

INFRASTRUCTURE « PHYGITALE » ROUTIERE

FEHRL

AUGMENTED
CCAM

Projet Augmented CCAM

Augmenting and Evaluating the Physical and Digital Infrastructure for CCAM deployment

Objectif

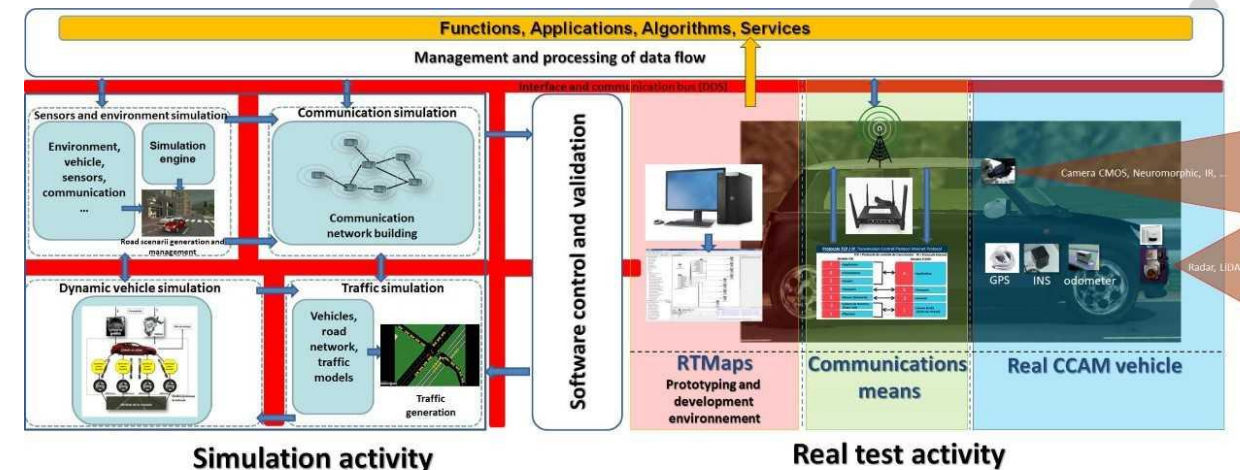
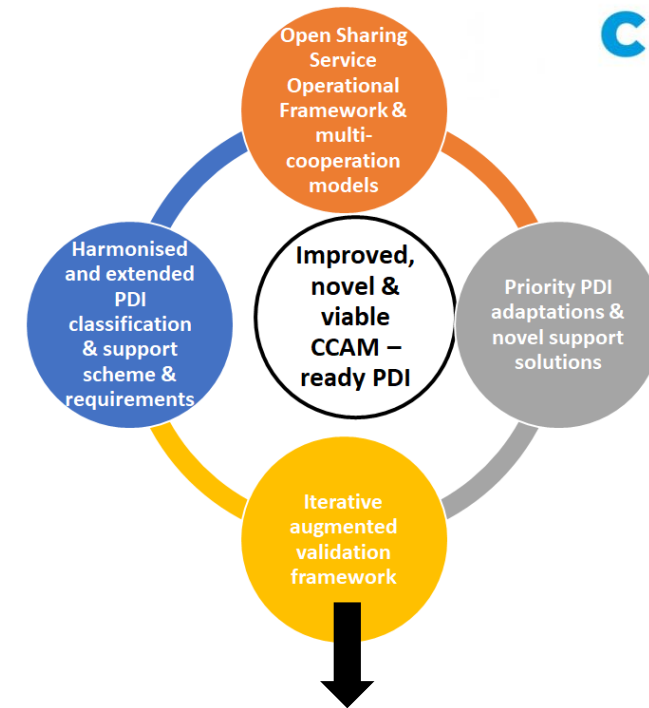
- Comprendre, harmoniser et évaluer de manière accrue des concepts de support adaptés et nouveaux pour les infrastructures physiques, numériques et de communication, afin de les préparer au déploiement à grande échelle de solutions CCAM pour tous.

Partenaires nœud FR :



Caractéristiques

- 2x 25 km sur l'autoroute A63
- Connectivité pour communications V2X (ITS G5, Cellulaire 3G et 4G)
- Cartographie HD pour l'embarqué et la simulation (Jumeau numérique)
- Vidéo HD sur les points sensibles du réseau
- Interconnexion des équipements via réseau Haut Débit sur Fibre optique
- Capteurs destinés à étudier les trajectoires
- Amers visuels et radio



TRAIN ULTRA-LÉGER



Projet FLEXMOVE

Objectif

- Développer et tester une solution de véhicule léger sur rail adapté à des lignes peu ou plus circulées

Ambition

- Développer un service de mobilité à la demande, écologique et multimodal, pouvant emprunter la route comme le rail au sein d'un même trajet, en toute sécurité.

Comment ?

- FLEXMOVE s'appuie sur un véhicule automobile électrique, bénéficiant de développements et d'équipements spécifiques permettant de l'adapter aux exigences de la circulation sur rail, notamment aux passages à niveau.
- Le véhicule circulera en conduite autonome sur le trajet « rail » et sera piloté par un conducteur, comme une voiture classique, lorsqu'il emprunte la route.



SYSTRA

AKIA
PASSION FOR
TECHNOLOGIES

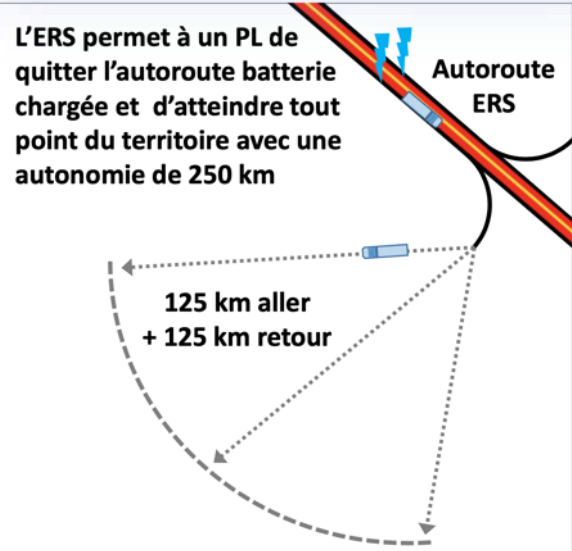
ALSTOM

ENTROPY

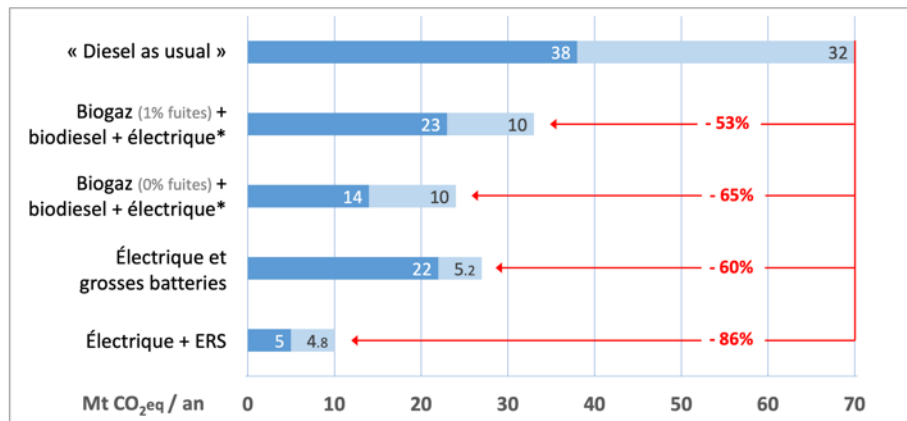
**Budget : 30 M€ dont 1 M€ pour Univ Eiffel
8 thèses**

PROGRAMME ET PROJETS DE DÉMONSTRATION

PROGRAMME NATIONAL ERS



Les écarts d'émissions de GES en ACV (en 2040-2050)



* 25% biodiesel, 25% biogaz et 50% électriques pour les PL, 18% biodiesel (longue distance) et 72% électriques pour les VUL
 Les VUL sont supposés être électriques à batterie ou biodiesel à cause de leur plancher bas et de leur compacité, peu compatibles avec l'encombrement d'une motorisation au biogaz.

3 TECHNOLOGIES EN COMPÉTITION

CHARGE
CONDUCTIVE
PAR CATENAIRES



CHARGE
CONDUCTIVE
PAR RAIL



CHARGE
INDUCTIVE



1 AMBITION EUROPÉENNE

COLLERS welcomes France to participate



Electric Road Systems (ERS)
 Sweden, Germany and France agree to work together to enhance electric road systems technology, identify means for cross-border operability and campaign at European level for the wider spread of this technology.

De la R5G aux Routes de l'Anthropocène | 3

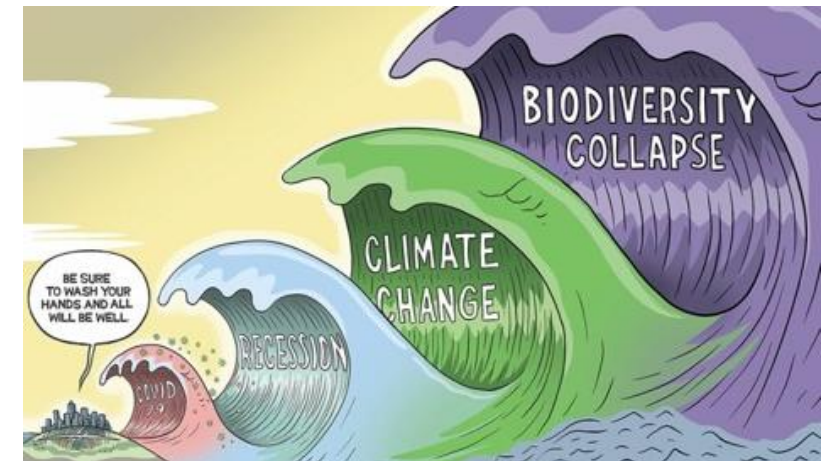
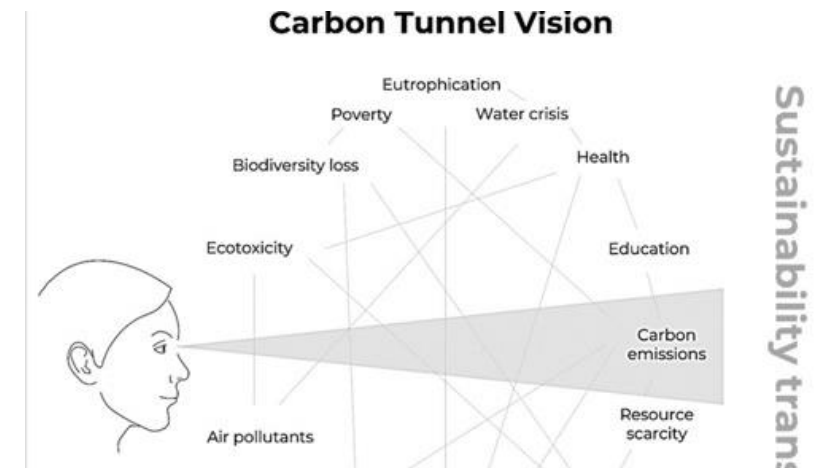
L'OPTIMISATION DU SoS VI₂E OUVRE LA VOIE AU E+C-ROUTIER

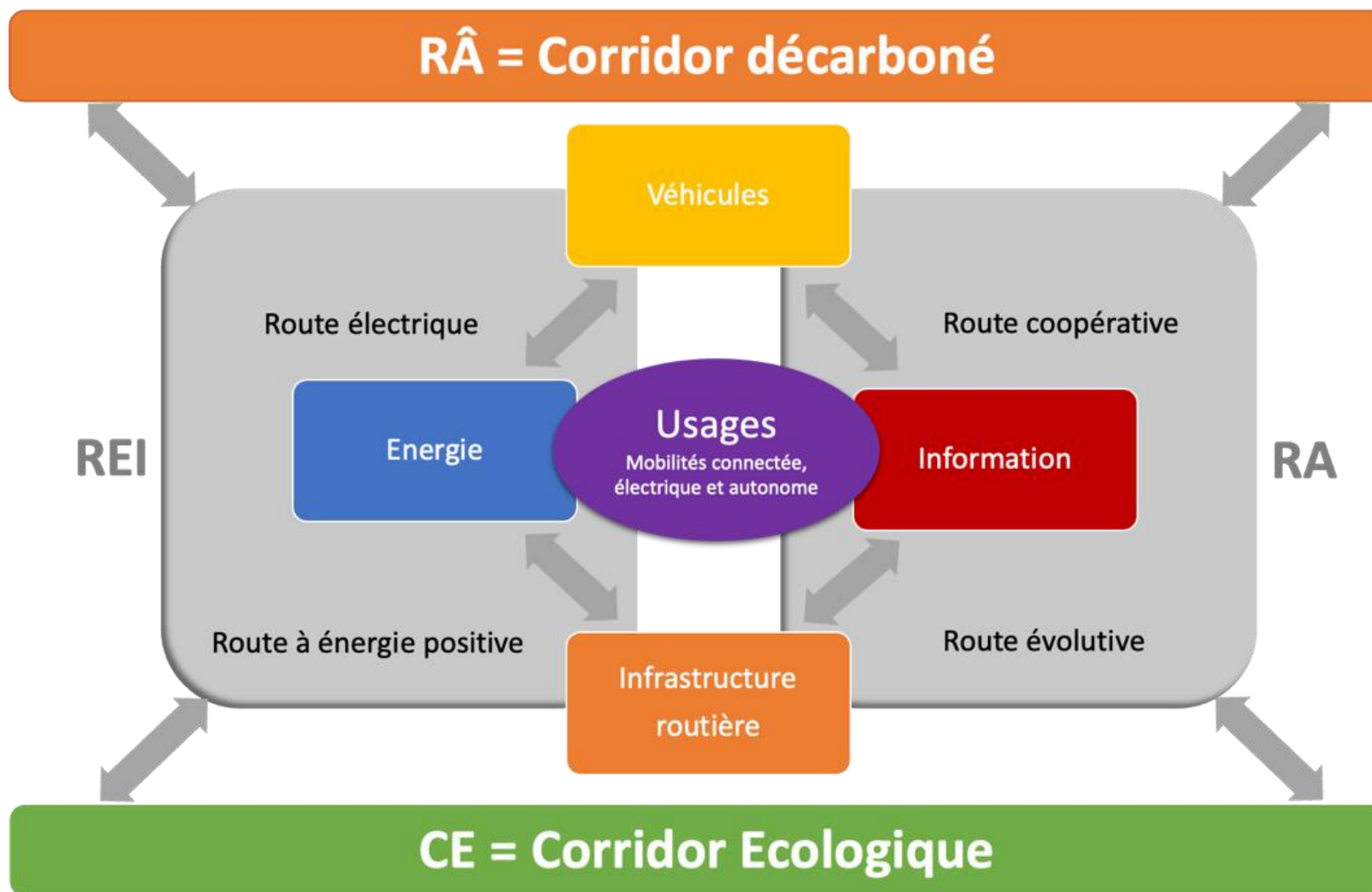
- On est collectivement en train d'inventer le E+C- de la route à travers les nouvelles interactions entre les éléments de la route de demain (R5G)
- D'un côté, la REI produit et transfert de l'énergie décarbonée aux composants et vecteurs de déplacement de la route et de la rue, ce qui génère E+ et C-
- De l'autre, la RA génère du C- par les nouvelles fonctions et services mis en œuvre.
- Perspectives de recherche : évaluation environnementale voire ACV de la R5G



LE CADRE VI₂E EST ENCORE INSUFFISANT, IL FAUT Y AJOUTER L'ENVIRONNEMENT DANS LEQUEL SE TROUVE LA ROUTE

- Les émissions de la route, notamment CO₂, ne concernent pas uniquement la route mais l'environnement en général
- Si on raisonne localement, Les émissions de CO₂ concernent l'atmosphère proche et les territoires traversés par cette route
- Cela permet de dessiner un cadre plus global pour penser le rôle des infrastructures dans la décarbonation des corridors verts traversés par les infrastructures de transport en y incluant notamment les SFN.

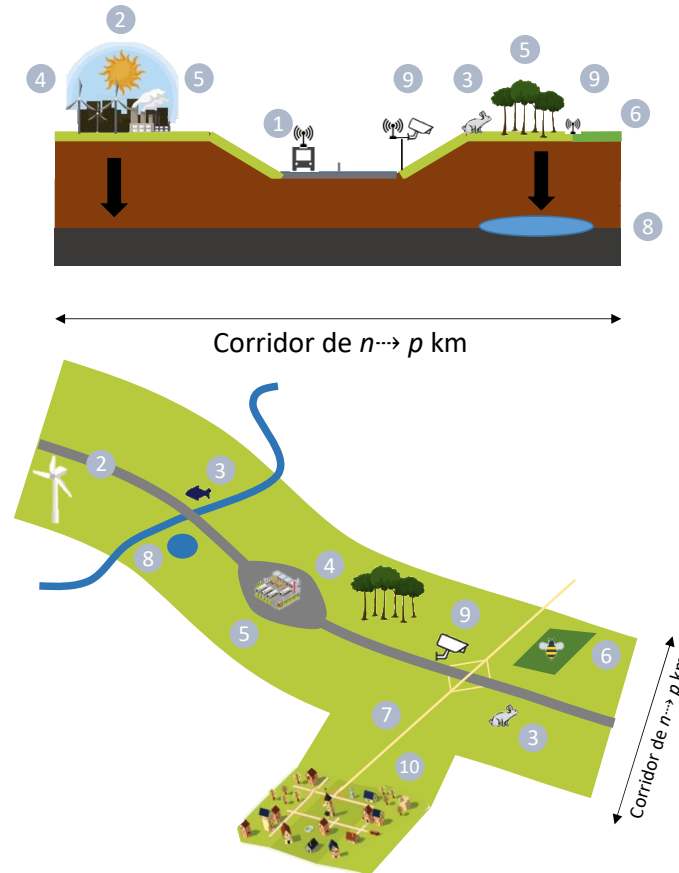




UNE OUVERTURE À D'AUTRES THÈMES DE RDI – VERS UN SRDA EUROPÉEN

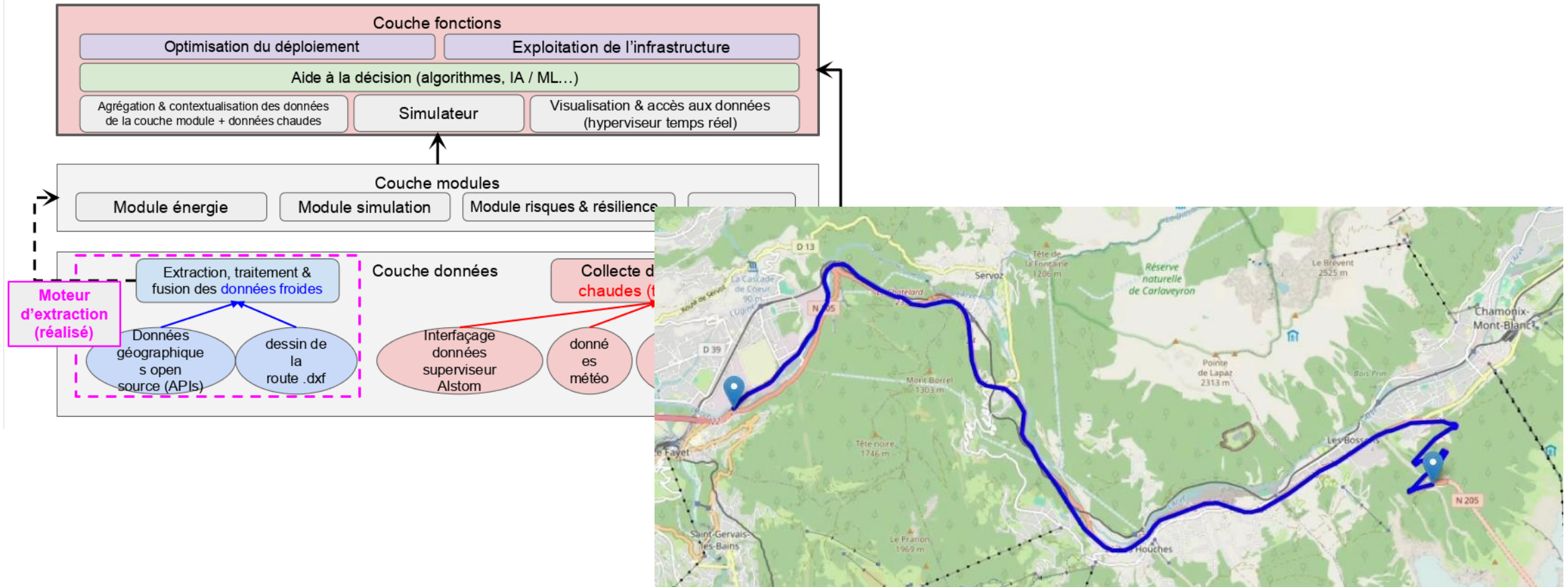
Parmi les enjeux à traiter, on peut citer :

- Déployer les nouvelles mobilités décarbonées dans tous les territoires
- Développer un nouveau mix énergétique en exploitant les dépendances vertes
- Transformer les ILTe en corridor pour la biodiversité
- Capter, stocker et valoriser le CO2 sur les ILTe
- Développer des bioénergies associées au captage et stockage du carbone sur les ILTe
- Contribuer à la transition agroécologique
- Développer une économie circulaire de proximité des matériaux décarbonés et biosourcés
- Préserver la ressource en eau
- Observer le territoire de façon opportuniste
- Co-construire une gouvernance locale



De la R5G aux Jumeaux numériques | 4

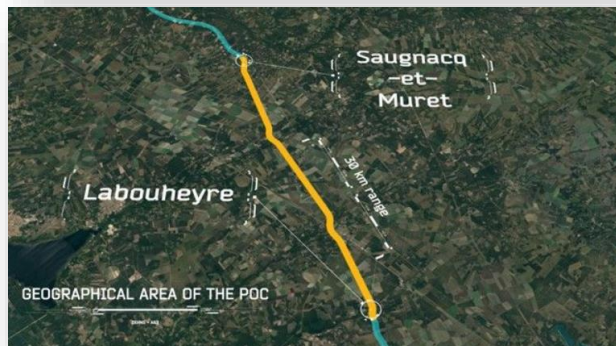
EROADMONTBLANC



Jumeau Numérique d'un tronçon autoroutier instrumenté

ZEHNS

Zone d'Expérimentation à Haut Niveau de Service



- Offrir aux entités souhaitant conduire des expérimentations sur la mobilité connectée, coopérative et automatisée (constructeurs de véhicules autonomes, académiques, tiers...) des environnements à haut niveau de service (connecté / coopératif, cartographié avec une haute définition, amers radio...),
- Les accompagner dans la mise en œuvre de leurs expérimentations
- Proposer et développer de nouveaux cas d'usages à la demande
- De leur offrir la possibilité de bénéficier d'une offre de service en matière d'évaluation de leurs expérimentations

CITY-FAB LOOS EN GOHELLE



Lien avec l'IGN et le Stereopolis

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- Les routes et rues de nouvelles générations seront de plus en plus automatisées et énergétiquement intégrées pour répondre aux enjeux sociétaux, notamment de décarbonation.
- Le projet R5G vise à concevoir des démonstrateurs de routes du futur sur le territoire national et à évaluer leur capacité à répondre aux défis de société actuels.
- Les différents territoires français travaillent dans cette direction pour réussir à dénouer les enjeux de mobilité périurbaine du quotidien, notamment en parvenant à massifier les autoroutes urbaines.
- En milieu urbain, l'enjeu est de réussir à transformer les artères urbaines en rues à santé positive.
- En milieu interurbain, l'enjeu est de décarboner le FRET longue distance mais également de repenser la relation des autoroutes aux territoires et de proposer une approche « bouclée » entre ville et campagne permettant l'atteinte des ODD.

LES ROUTES DU FUTUR GRAND PARIS

ET DANS 11 SITES FRANCILIENS
Infos : www.pavillon-arsenal.com/ www.routesdufutur-grandparis.fr