



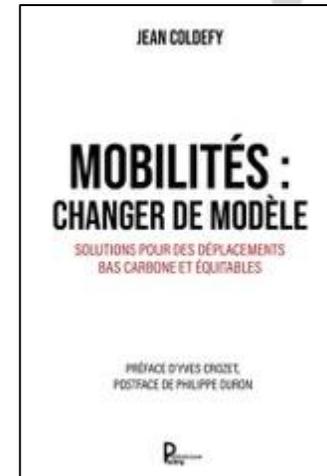
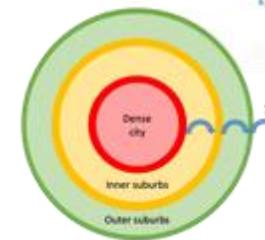
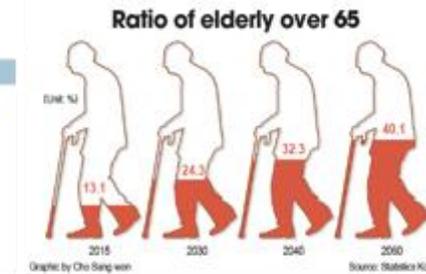
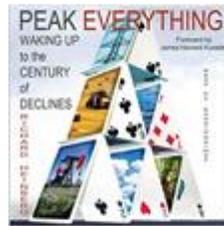
Nicolas HAUTIERE, PhD HDR ICPEF
Directeur du Département COSYS

Cercle des Transports –
Mardi 16 janvier 2024

Comment la Route du futur contribuera-t-elle à la décarbonation du transport routier

UN NEXUS DE CHALLENGES SOCIÉTAUX

- Changement climatique
- Raréfaction des ressources naturelles
- Vieillesse de la population
- Perte de biodiversité
- Emissions CO₂
- Crise financière
- Etalement urbain
- La pollution de l'air
- Congestion
- Etc.



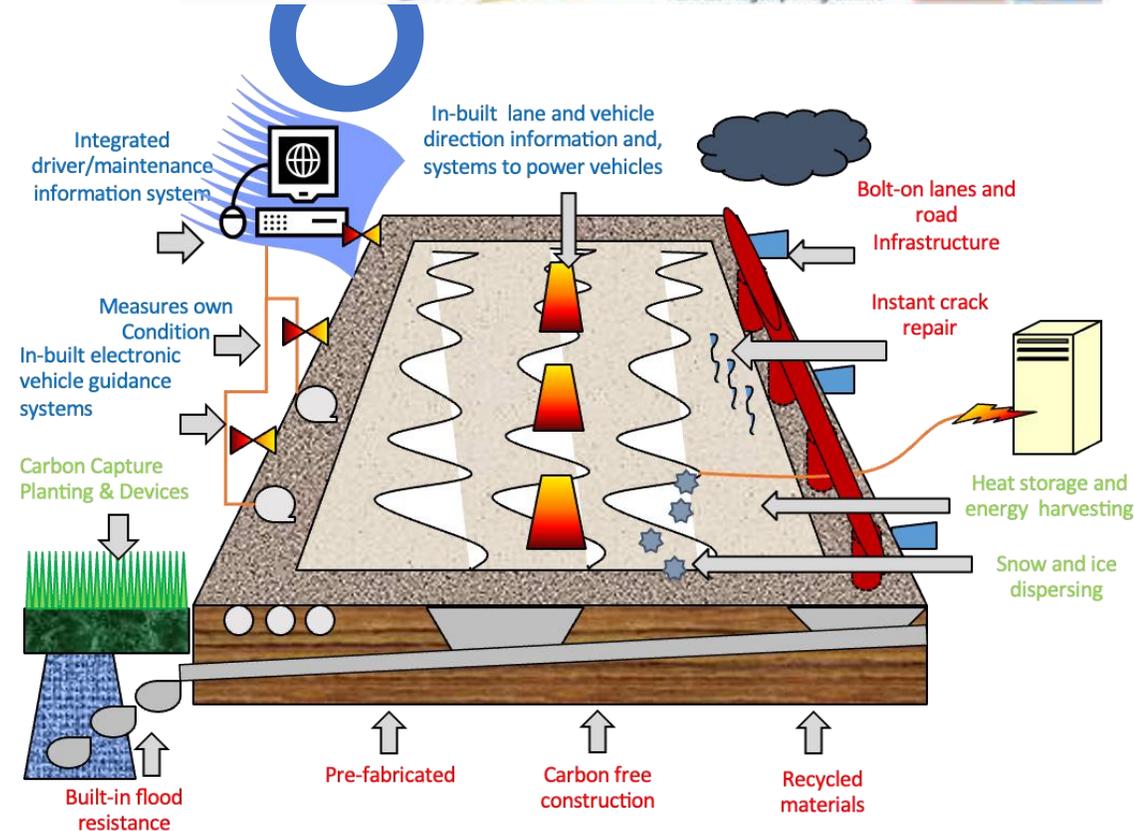
TROIS CHANGEMENTS DE PARADIGME ET QUATRE GÉNÉRATIONS DE ROUTES

- 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 début 20ème siècle
 - Développement complet de l'autoroute dans les années 60-70
 - Atténuation et adaptation depuis les années 80
- 5ème génération de routes ?
 - Une route innovante

FOREVER OPEN ROAD
Redefining Road Transport for the 21st Century

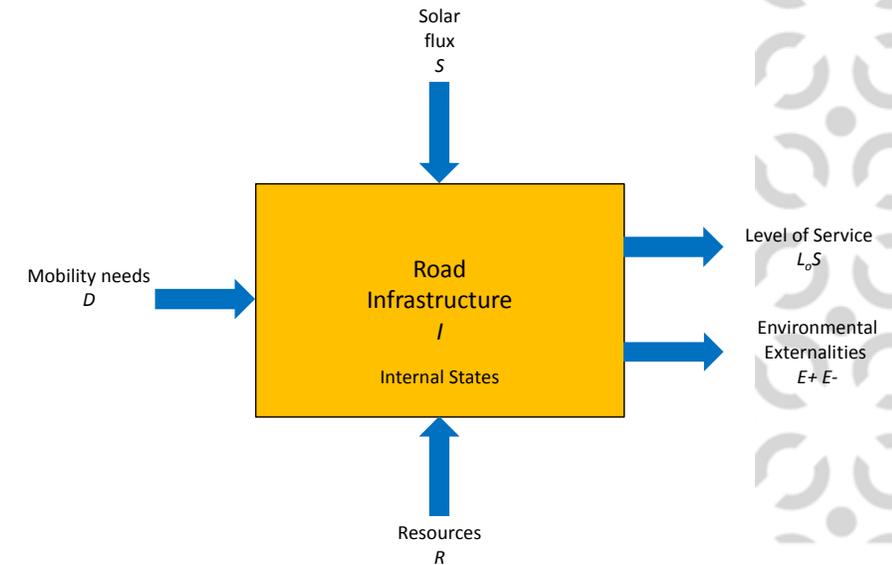
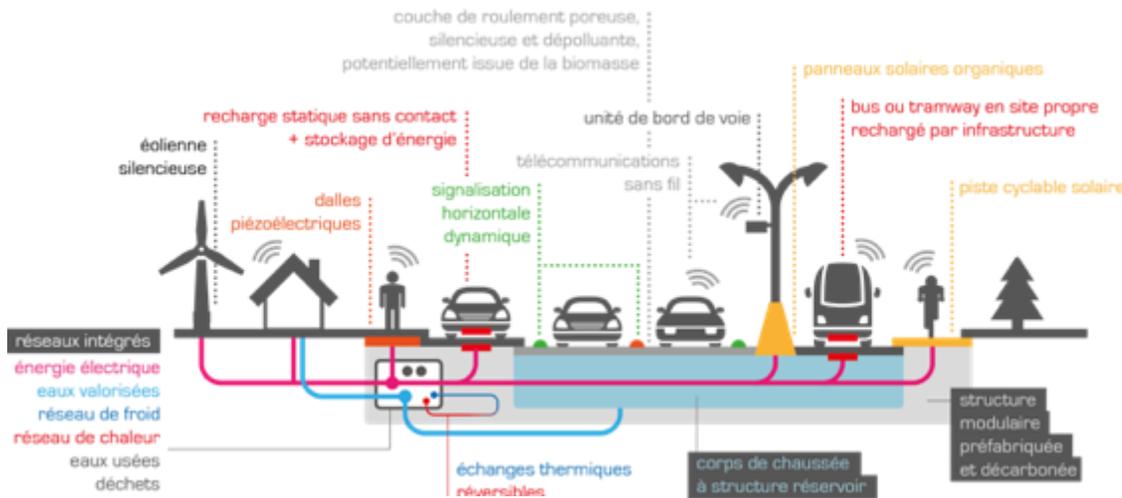


FEHRL's Flagship Programme



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 ».

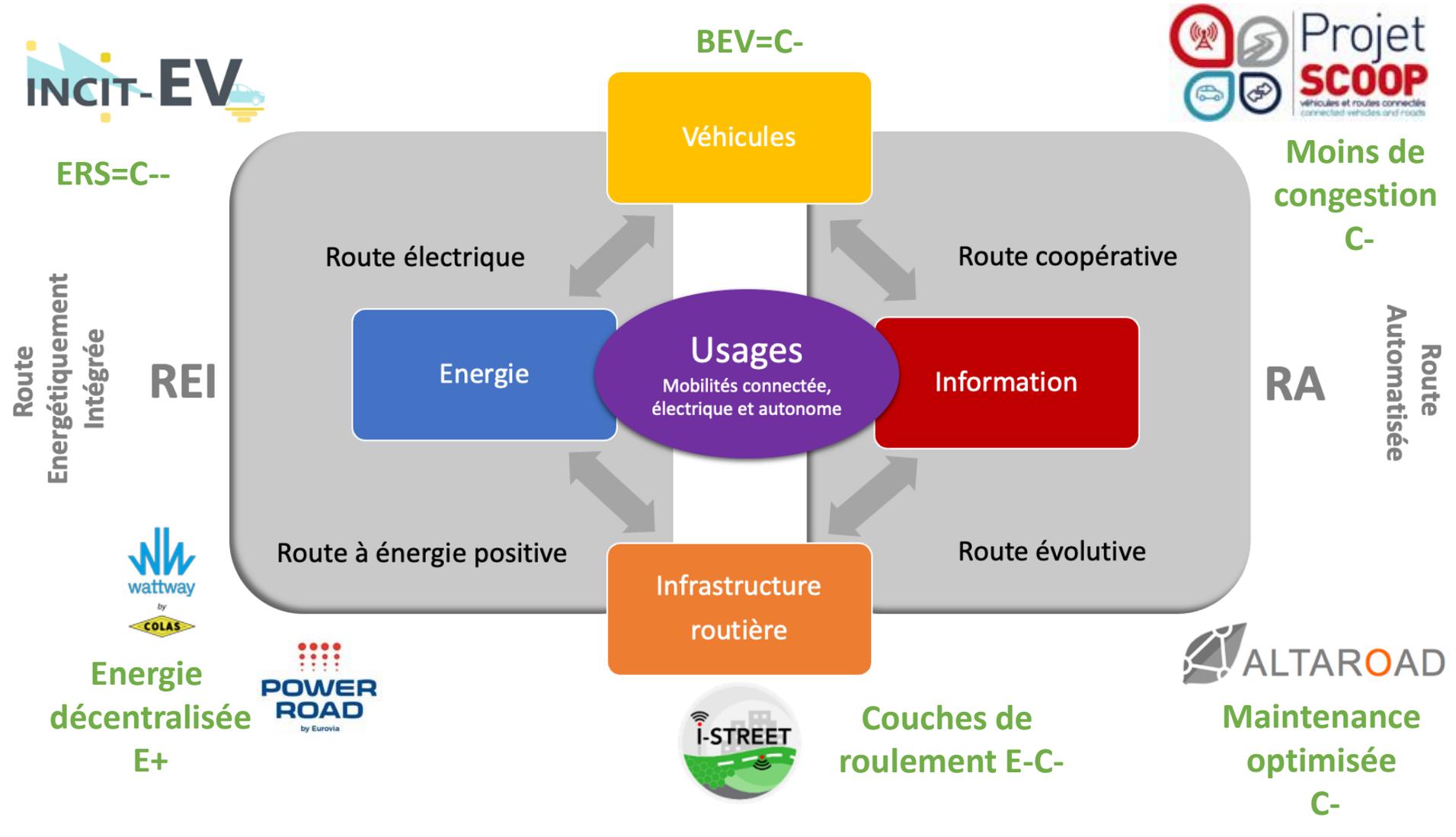


$$I_D^*(H_i, T) = \arg \max_{I \in \{C, K\}_S^{H_i}} \int_I \int_0^T f(L_oS, C_T, R, E, t) dt di$$

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



MODÈLE R5G - DU SYSTÈME VIC AU SoS VI₂E

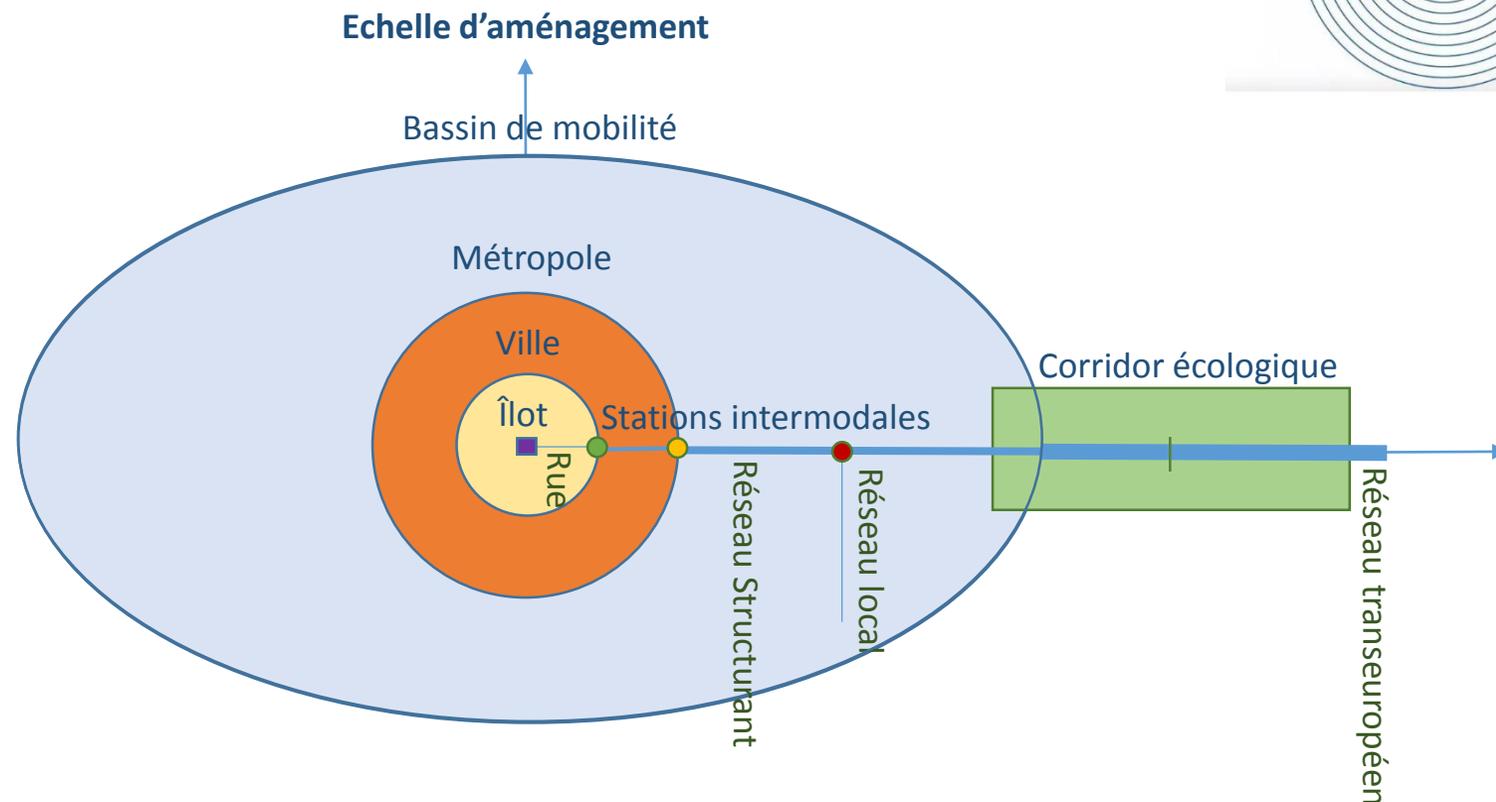


L'OPTIMISATION DU SOS VI₂E OUVRE LA VOIE AU E+C- ROUTIER

- 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



LA R5GFAB - ACCÉLÉRER LES PROJETS DES TERRITOIRES



Hierarchie
d'infrastructure de
transport

- 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.

RÉSEAUX URBAINS : LES MARCHÉS PUBLICS GLOBAUX DE PERFORMANCE AU SERVICE DE L'HYBRIDATION DES RÉSEAUX

Eclairage adaptatif

- Trame de lumière: sécurité des piétons et consommation réduite
- Variations des intensités lumineuses (trafic, sécurité, consommation)
- Variations du spectre et du solide d'intensité (*biodiversité*)



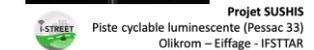
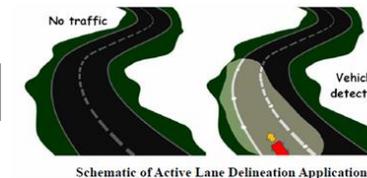
Revêtements et lumière

- Visibilité = luminance
- Eclairage + réflexion => luminance chaussée
- Evolution des propriétés de réflexion des chaussées
- Eclairage intelligent qui optimise consommation et visibilité



Renforcement du guidage dans les zones non éclairées

- Marquage luminescent
- Plots lumineux à LEDs



Le mât d'éclairage (90 millions en France) devient une RSU intégrant notamment le V2X, mais également la recharge des véhicules électriques

Par conséquent, les marchés d'éclairage public sont transformés en MPPG et deviennent des vecteurs d'hybridation des infrastructures routières



RÉSEAUX PÉRIURBAINS : DE L'AUTOROUTE MULTIMODALE AU TRAIN ROUTIER

- Sur les réseaux autoroutiers périurbains, l'enjeu est d'aménager les infrastructures pour leur permettre d'accueillir des moyens de transports avec des taux d'occupation plus importants
- L'automatisation progressant, on peut envisager la transformation de sites propres en véritables trains routiers probablement décarbonés

Situation actuelle

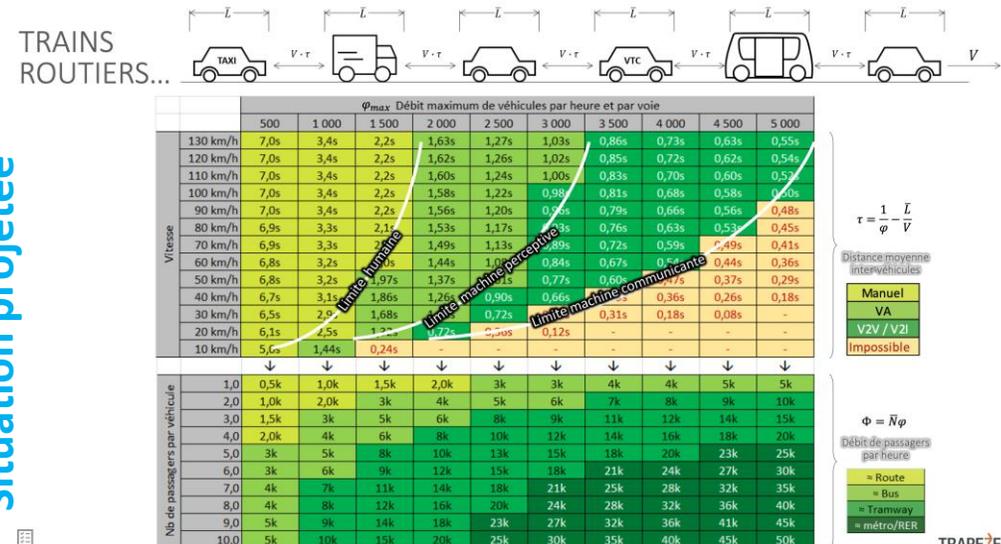


Autocar sur voie auxiliaire



Voie de covoiturage

Situation projetée



Source : Laurent Taupin - ECOV



Projets MOB-AUTO² TRAPEZE

TRAPEZE

Potentiel
-6,4 Mt/an



RÉSEAUX LOCAUX : APAISER ET AMÉLIORER LES DESSERTES FINES DU TERRITOIRE

NAVETTE AUTONOME

Mettre à profit les solutions de mobilités autonomes pour décarboner les mobilités du quotidien et adapter à minima les infrastructures existantes dans une logique transmodale.



 expérimentations
navettes autonomes

Cœur de Brenne – Projet ENA



Rambouillet – Projet TORNADO



TRAIN ULTRALÉGER



Projet FERROMOBILE – AKKA/ALSTOM

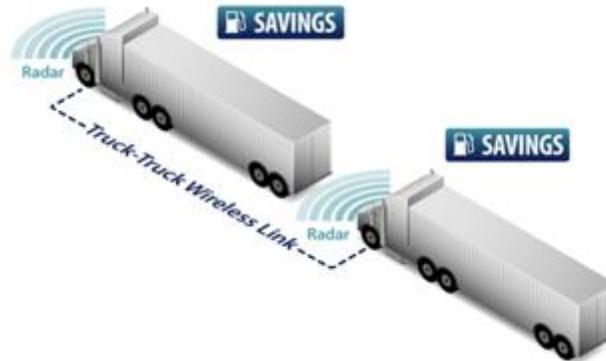


Projet RIMA

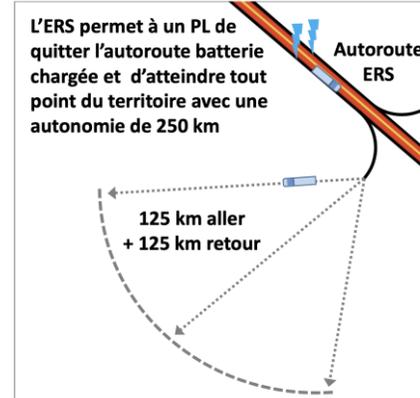
RÉSEAUX INTERURBAINS : MASSIFICATION ET DÉCARBONATION DES LONGUES DISTANCES

Mise en peloton des poids-lourds

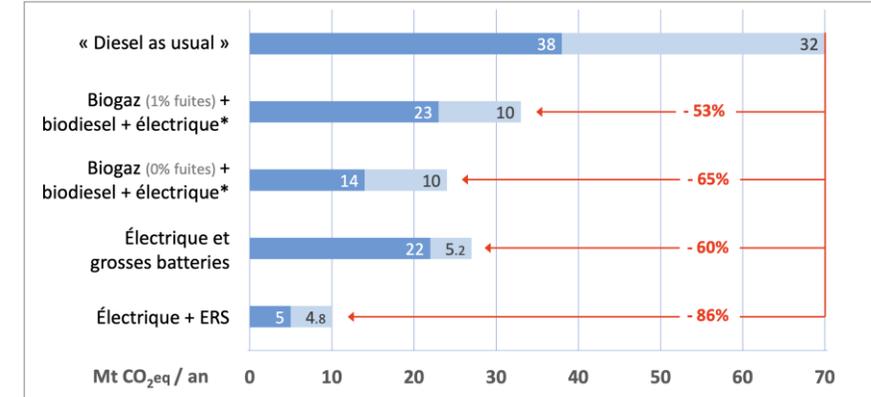
- Bénéfices
 - Réduction des coûts et des retards
 - Amélioration de la productivité
 - Réduction de l'anxiété des conducteurs
 - Sécurité accrue grâce à moins de fautes humaines
 - Émissions et consommation de carburant réduites (10%)
 - Augmentation de la capacité routière, réduction de la congestion



Déploiement des ERS

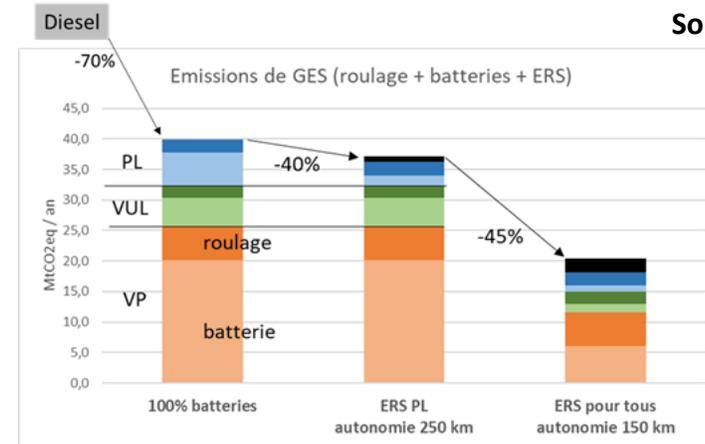


Les écarts d'émissions de GES en ACV (en 2040-2050)



* 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.

Source : Pelata et al., 2021



Source : F. Perdu, 2021



Projets CAYD & eRoadMontBlanc



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, de transitions énergétique et écologique.
- Les différents territoires français travaillent dans cette direction pour réussir à dénouer les enjeux de mobilité périrurbaine du quotidien, notamment en parvenant à massifier les autoroutes urbaines.
- L'enjeu sous les feux de l'actualité concerne la décarbonation du TRM longue distance. Plus précisément, il s'agit d'expérimenter sur autoroute circulée la capacité des ERS à jouer un rôle dans ce domaine.

LES ROUTES DU FUTUR DU GRAND PARIS

ET DANS 11 SITES FRANCILIENS

Infos : www.pavillon-arsenal.com/ www.routesdufutur-grandparis.fr

