



# Expérimentation du véhicule routier automatisé

## Services de mobilité autonome sur emprise ferroviaire à Carquefou

Expérimentation pilotée par :



Opération réalisée avec le concours  
des Investissements d'avenir de  
l'Etat confiés à l'ADEME

## Services de mobilité autonome sur emprise ferroviaire reconverte à Carquefou

### Description de l'expérimentation / du service

**Localisation :** Carquefou (44) - Pays De La Loire

#### Organisation des acteurs :

- Pilote(s) de l'expérimentation : SNCF / STELLANTIS
- Autres partenaires impliqués (territoriaux notamment) : -
- Cadre de financement : AAP EVRA – Opération réalisée avec le concours des Investissements d'avenir de l'Etat confiés à l'ADEME

**Type de service :** Passagers

**Type de zone / parcours :** Emprise ferroviaire reconverte en plateforme routière, péri-urbain (sur site propre comprenant une intersection avec une route communale)

#### Description de l'expérimentation ou du service :

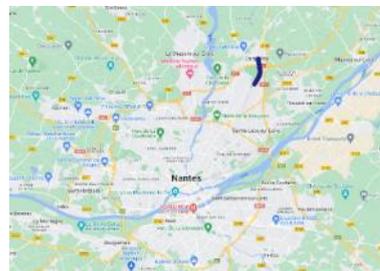
Expérimentation des volets techniques (infrastructure, véhicule et fleet management) d'un service de mobilité autonome de pôle à pôle sur une ligne ferroviaire inexploitée reconverte en plateforme routière, exploitant des véhicules automatisés 8 places fournis par Stellantis pour un usage de transport collectif.

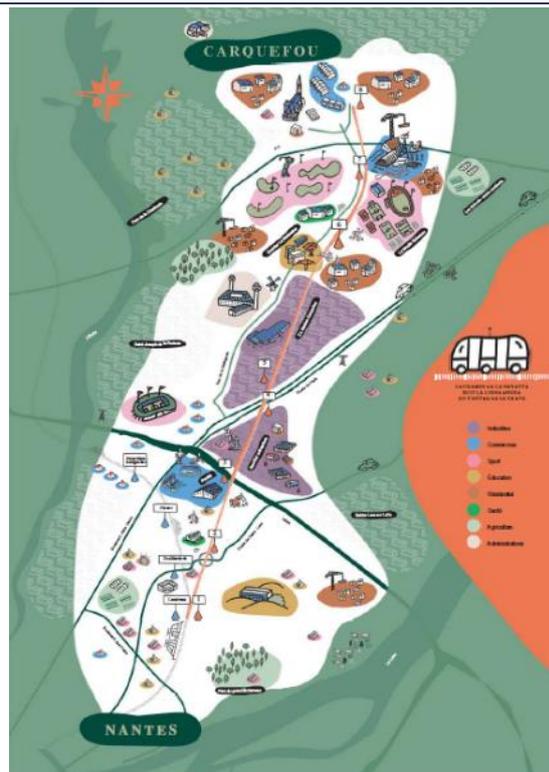
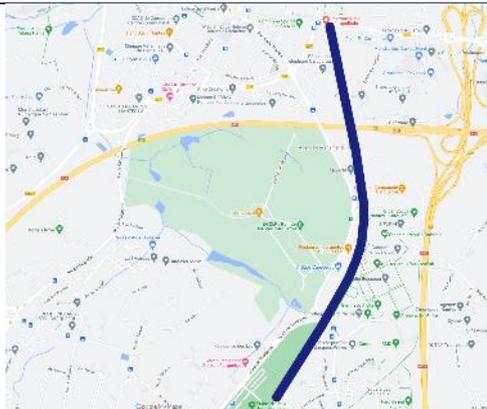
Initialement, les éléments caractéristiques du parcours devaient être seulement émulés sur une piste d'essai. Finalement, cette expérimentation a pu se dérouler sur une voie réelle de longueur 2 kms qui a permis de réaliser des tests utilisateurs avec des professionnels et des riverains.

Nota : cette expérimentation n'avait pas vocation à proposer un service régulier

#### Zone d'expérimentation :

- Longueur et description du parcours : ligne ferroviaire inexploitée reconverte en plateforme routière sur 2kms au départ de Carquefou, avec franchissement d'une intersection routière et de deux ouvrages d'art, sections en voie double et sections en voie unique avec zones de croisement aménagées, traversée d'une zone fortement végétalisée, desserte d'une station voyageurs, passage piéton.
- Cartographie :





**Éléments de volumétrie :**

- Nb de jours d'expérimentation du service : 9 semaines (réparties sur 9 mois)
- Nb de véhicules testés : 2
- Nb d'utilisateurs ou d'usagers transportés : environ 200 (tests utilisateurs)

**Description des véhicules :**

2 véhicules Peugeot e-Traveller et Citroën e-SpaceTourer électriques, utilisateurs assis et ceinturés (6 places disponibles pour l'expérimentation).

Équipement des véhicules avec des capteurs pour percevoir l'environnement (principalement lidars), des systèmes de localisation précise, un système de connectivité pour dialoguer avec l'infrastructure, des calculateurs pour décider des trajectoires, des actionneurs pilotables et des écrans à bord pour l'information passagers.

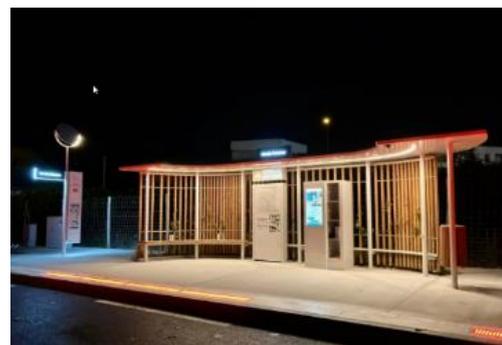




### Description de l'infrastructure et des équipements déployés :

Plateforme routière de 2 km au départ de Carquefou (en direction de Nantes) issue de la reconversion pendant le Projet SAM, d'une voie ferroviaire non utilisée, présentant les caractéristiques et équipements suivants :

- Sections avec voies doubles (équipées de séparateurs dans certaines zones)
- Sections à voie unique avec zones de croisement aménagées
- Traversée de 2 ouvrages d'art
- Signalisation horizontale pour délimiter les voies
- Passage piéton
- Intersection avec voie communale protégée par un feu de circulation doté d'un système de connectivité V2X installé au niveau de l'intersection routière avec la voirie publique
- Prototype de station voyageurs adapté à un service de mobilité autonome
- Équipements de signalisation horizontale dynamique au niveau de la station, du passage piéton et d'une zone permettant le croisement des 2 véhicules autonomes dans la section de voie unique





#### Planning de l'expérimentation :

- Date de début des roulages (DT) : Juillet 2021
- Date de début de l'expérimentation avec enregistrement de données (DXp) : Novembre 2022
- Date de début du service avec passagers : tests utilisateurs à partir de 12/2022.
- Date de fin de l'expérimentation (FXp) : Juillet 2023

#### Niveau de performances atteint :

- Vitesse maxi d'opération : 50 km/h
- Vitesse commerciale : vitesse moyenne de 20 à 25 km/h
- Taux de fréquentation (passager /km) : N/A
- Présence d'un superviseur à bord : oui derrière le poste de conduite

### Retours d'expérience sur l'évaluation du service

#### Type de données collectées :

- Enquêtes sur l'acceptabilité des autres usagers externes, des usagers projetés et des usagers réels
- Vidéos collectées par l'infrastructure au carrefour pour étudier le comportement observé des autres usagers
- Caractérisation du site par l'équipe du CEREMA
- Vidéos et données véhicule sur le parcours (dynamique véhicule)

#### ODD atteint :

- Infrastructure routière : Voies 100% dédiées à la circulation des véhicules automatisés (sections en voie double et sections à voie unique), avec séparateur central dans la majorité des sections, une intersection routière avec un axe communal protégée par un feu de circulation, un passage piéton. Voie sèche ou humide. Prototype de station voyageurs.
- Contraintes opérationnelles (vitesse, trafic) : Vitesse maximale atteinte de 50 km/h, pas d'autre véhicule sur les voies dédiées mais le croisement des 2 véhicules automatisés a nécessité une synchronisation sur des zones de croisement aménagées à cet effet dans les portions en voie unique. Desserte de la station voyageurs.

- Objets (signalétique, usagers de la route, obstacles) : Signalétique routière classique, uniquement des véhicules autonomes sur la piste dédiée, et présence d'utilisateurs vulnérables uniquement sur le passage piétons et au niveau de l'intersection routière (véhicules / piétons / cyclistes).
- Connectivité (véhicule, info trafic, capteurs, fleet management) : Dialogue en V2X avec le feu connecté pour la traversée de l'intersection et en 3-4g avec le système de supervision (fleet management) pour la gestion des croisements sur voie unique. Self localisation précise utilisant GNSS RTK (3-4g).
- Conditions environnementales (météo, éclairage, etc.) : Temps clair ou nuageux, faible pluie, vent. Pas de fonctionnement en forte pluie, brouillard et neige. Fonctionnement de jour ou de nuit. Couvert forestier dense ayant pour conséquence la présence régulière de feuilles mortes sur le parcours, au sol ou chutant.

#### **Contributions de l'expérimentation aux domaines d'évaluation :**

- Sécurité : Scénarios fonctionnels (9) / Scénarios logiques (33) / Scénarios concrets (0)
- Domaine d'emploi : Infrastructure / Météo / Environnement / Connectivité
- Acceptabilité : Utilisateurs / Autres usagers / Mesurée sur l'expérimentation
- Sécurité routière et comportement des usagers : Autres usagers de la route
- Impact mobilité et flux de transport : Caractéristiques du trafic / Performance opérationnelle / Performance servicielle
- Evaluations socio-économiques : Analyse de la demande / Coûts et bénéfices sociétaux / Modèles d'affaires / Gouvernance

#### **Enseignements positifs, bénéfiques obtenus :**

Démonstration réussie de circulation des véhicules automatisés sur un parcours de 2 kms en site propre en atteignant les vitesses visées, avec desserte d'une station voyageurs, sections en voie unique nécessitant la synchronisation entre véhicules, franchissement d'une intersection routière à l'aide d'un feu V2X, sans intervention du safety driver.

Principales vitesses de passage atteintes dans les différentes zones :

- 50 km/h dans les sections de double voies séparées
- Réduction de la vitesse jusque 36 km/h dans les zones à largeur de voie réduite (jusque 3m) et entre 20 et 25 km/h à l'approche des passages piétons et dans les sections monovoies
- Arrêt systématique à l'arrivée sur l'intersection imposé par Nantes Métropole dans le contexte de l'expérimentation sans voyageurs à bord. En retour d'expérience cet arrêt a facilité la gestion des usagers (piétons, cyclistes, véhicules, ...) vis-à-vis de certains comportements imprudents constatés lors des périodes de roulage

Performances de détection des obstacles

- Faux négatifs (pas de détection) : confirmation de la capacité de détection des différents types d'obstacles (autre navette, piéton, vélo, obstacle fixes divers, ...) à une distance suffisante pour permettre le fonctionnement à 50 km/h
- Faux positifs (détection intempestive)
  - Au départ de l'expérimentation, nombreux freinages intempestifs dans les sections fortement végétalisées (présence de feuilles mortes et d'oiseaux) et en cas de faible pluie

- Évolution des stratégies de détection en 2023 qui a permis de filtrer la grande majorité des feuilles mortes, une partie des oiseaux et les perturbations liées à une pluie modérée sans dégrader la détection des vrais objets

Démonstration de la capacité à construire un safety concept véhicule basé sur une action de freinage en cas de déviation de trajectoire avec 2 approches :

- Des tests véhicules sur la piste à Carquefou
- Des simulations corrélées avec les tests véhicule

Sûreté de fonctionnement : formalisation des safety concepts et des exigences à tenir au niveau système (véhicule et infrastructure) en testant par la pratique certains aspects méthodologiques développés dans le cadre du lot 2 afin d'étayer les réflexions pour répondre aux besoins de construction du cadre réglementaire relatif à l'homologation des services mobilité autonome driverless.

Expérience réussie de reconversion d'une voie ferroviaire inexploitée en plateforme routière conçue spécifiquement pour y accueillir des circulations de véhicules automatisés (1<sup>ère</sup> mondiale à notre connaissance).



#### Enseignements négatifs, difficultés rencontrées :

- Procédure administrative longue pour la mise en service de l'intersection routière.
- Non-respect du feu de signalisation à l'intersection routière (par certains automobilistes, cyclistes, piétons).
- Intrusions sur le parcours de piétons, cyclistes voire véhicules, malgré la signalisation interdisant l'entrée sur le site.
- Difficultés à valider sur véhicule en conditions réelles des fonctions de sécurité impliquant une forte dynamique véhicule du fait d'une occurrence de déclenchement très faible en fonctionnement nominal et du temps de réaction très (trop) court disponible pour le safety driver pour réagir (si besoin)
- Fonctions de self localisation précise
  - Besoin d'une modalité de localisation additionnelle pour espérer atteindre les objectifs safety d'un service driverless dans cet ODD

- Localisation par système GNSS RTK difficile dans la zone fortement végétalisée du parcours
- Besoin d'entretien très régulier de la plateforme pour le gestionnaire d'infrastructure (taille de la végétation, nettoyage des feuilles...)

**Suite donnée à l'expérimentation :**

Projet de Pilote de Service sur l'emprise ferroviaire reconvertie, déposé par SNCF et en cours d'instruction par Bpifrance dans le cadre de l'Appel à Projets Mobilités routières automatisées, infrastructures de services connectées et bas carbone.

Travaux Stellantis sur la conception de briques technologiques pour la mobilité autonome en particulier sur la localisation précise et fiable, la connectivité, les redondances sur la plateforme véhicule et le fleet management.

