



expérimentations
navettes autonomes

Recommandations de Mise en service du Véhicule autonome

Ce projet a été financé par le Gouvernement dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir désormais intégré à France 2030, et opéré par l'ADEME



Appel à projet EVRA Expérimentation du véhicule routier autonome
Convention de contractualisation n° 1982C0050

Projet labélisé par



Information

Livrable L.4.3.2

Version 1.0 : Approuvé Copil ENA

Date : 19.05.2022

Niveau de diffusion : Restreint

Auteurs

Laurent Forthoffer – Navya

Nadège Faul – Navya

Pierre Medard-Colliard - Berthelet

Relecteurs

Philippe Vezin – Université Gustave Eiffel

Astrid Bocher – Université Gustave Eiffel

Coordinateur

Philippe Vezin – Université Gustave Eiffel

Université Gustave Eiffel

Cité des mobilités - 25 av. François Mitterrand, Case 24

69675 Bron Cedex

France

Tel: +33 4 72 14 23 79

Email : philippe.vezin@univ-eiffel.fr

www.experimentations-navettes-autonomes.fr

Avertissement

Les informations contenues dans ce document sont fournies « en l'état » et aucune garantie n'est donnée quant à leur adéquation à un usage particulier. Les membres du consortium ne seront pas responsables des dommages de toute nature, y compris, sans limitation, les dommages directs, spéciaux, indirects ou consécutifs qui peuvent résulter de l'utilisation de ces matériaux, sous réserve de toute responsabilité obligatoire en raison de la loi applicable. Bien que les efforts aient été coordonnés, les résultats ne reflètent pas nécessairement l'opinion de tous les membres du consortium ENA.

© 2020 Consortium ENA

RESUME EXECUTIF

Le projet ENA (Expérimentations des Navettes Autonomes) porte sur le développement de services de transport publics automatisés. Il se focalise sur la desserte de pôles excentrés en milieu péri-urbain et rural. En identifiant des cas critiques associés à un système de transport automatisé et en les expérimentant, une base de données représentative de situations sera créée afin de valider l'utilisation des véhicules autonomes. Les cas d'usage associés répondent aux besoins de : la Communauté d'Agglomérations de Sophia Antipolis et du territoire de Cœur de Brenne. L'originalité du projet est de déployer une démarche de conception et de validation « centrée sur l'utilisateur », en menant de manière itérative les développements technologiques et l'analyse approfondie des besoins, des attentes et du comportement des utilisateurs. Ces expérimentations menées à la fois en situation de services de transports collectifs réels mais aussi sur site protégé constitueront une base de retours d'expérience qui pourra venir en appui à la décision publique.

Le livrable L4.3.1 fait le bilan des difficultés rencontrées sur les sites de déploiement des navettes autonomes. L'objectif est d'analyser les écarts entre la phase théorique (situation évaluée lors d'une étude de site préalable à la mise en place du service) et la phase de démonstration elle-même. Les différents cas d'usage développés dans le projet seront considérés dans l'ensemble de leurs composantes : réglementation, parcours, infrastructure, environnement, connectivité, usagers de la route, usager de la navette, etc.

Le livrable L4.3.1 est issu des travaux réalisés dans le cadre de la Tâche 4.3 "Circulabilité" du Lot 4 "Expérimentations". Cette tâche est complémentaire à la Tâche 4.6 "Exploitation de la ligne et recueil des incidents". Il vise à délivrer une liste de recommandations pour la phase de mise à la route d'une navette autonome.

Ce livrable est incrémental avec chaque site de démonstration. Sa version finale est attendue dans le livrable L4.3.2.

TABLES DES MATIERES

1.	INTRODUCTION	1
2.	PHASE DE MISE EN SERVICE	3
2.1.	ÉTUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE SÉCURITÉ DU SITE DE MISE EN SERVICE	3
2.1.1.	Description.....	3
2.1.2.	Cas d'application ENA.....	3
2.2.	PRÉPARATION DES VÉHICULES (FONCTIONS ET AUTORISATIONS) ET DU SITE (AMÉNAGEMENTS ET INFRASTRUCTURES)	11
2.2.1.	Description.....	11
2.2.2.	Cas d'application ENA.....	12
2.2.3.	Bilan	15
2.3.	MISE EN SERVICE (DÉPLOIEMENT)	16
2.3.1.	Description.....	16
2.3.2.	Cas d'application ENA.....	17
2.3.3.	Bilan	20
2.4.	FORMATION DES OPÉRATEURS / SUPERVISEURS	25
2.4.1.	Description.....	25
2.4.2.	Cas d'application ENA.....	26
2.4.3.	Bilan	26
2.5.	MARCHE À BLANC	27
2.5.1.	Description.....	27
2.5.2.	Cas d'application ENA et Bilan	27
2.6.	ENTRÉE EN SERVICE	28
3.	CONCLUSIONS / RECOMMANDATIONS	29
4.	RÉFÉRENCES	31
	ANNEXE A : PLANNING DE DÉPLOIEMENT - CASA.....	33
	ANNEXE B : DÉCISION MINISTÉRIELLE D'AUTORISATION D'EXPÉRIMENTATION - CASA	35

1. INTRODUCTION

Les étapes à franchir pour la mise en circulation de véhicules autonomes sont complexes et nécessitent de nombreux moyens. Dans le cas des expérimentations ENA, elles visent en plus à établir une liste de recommandations nécessaires à la montée en autonomie des niveaux SAE.

Les expérimentations du projet ENA se sont en effet déroulées dans un cadre réglementaire prévoyant la présence obligatoire d'un opérateur à bord pour des raisons de sécurité. La réglementation tend à accompagner la montée en autonomie vers le niveau SAE 4 pour enlever l'opérateur à bord tout en assurant un niveau de sécurité optimal par un agent opérateur déporté. Les travaux menés dans le cadre d'ENA contribuent à accompagner cette évolution.

La méthodologie déployée nécessite une synchronisation des différentes phases de déploiement :

- -Mise en service de la navette et assurance de son bon fonctionnement et adaptation à son environnement.
- Vérification du fonctionnement des différentes connectivités avec les infrastructures sur site ou avec le centre de supervision déporté.
- Accompagnement de l'opérateur sur site pour la prise en main de la navette, et la bonne gestion des situations inhabituelles.
- Vérification de la bonne gestion à distance de la navette par le centre de supervision déporté.
- Connection des services à distance concernés pour un affichage de la navette en temps réel sur une application.

A noter que pour le besoin spécifique du projet et durant cette phase les véhicules sont connectés au serveur de l'Université Gustave Eiffel qui récupère les données d'opération à travers un flux Véhicule-To-Platform comme précisé dans la Tâche 2.4.

Travaux réalisés et moyens mis en œuvre

Mettre un véhicule autonome en circulation suit un parcours en partie classique de préparation et d'aménagement mais aussi une phase d'association des parcours virtuels à leur environnement. Après la collecte des données sur site, l'étude technique du site en collaboration avec la collectivité, l'opérateur du service et le gestionnaire de l'infrastructure, la configuration de la connectivité avec l'infrastructure, un parcours virtuel sera construit pour instruire la navette autonome.

La navette doit faire l'association entre les données de l'environnement collectées, les parcours virtuels tracés et l'environnement réel statique et dynamique. L'objectif du Lot 4 « Expérimentations » du projet est de mettre en circulation la navette par apprentissage progressif et de la connecter au système de supervision déporté. Ceci nécessite :

- La préparation sur le terrain des éléments techniques de la mise en service, des sites de stockage et de chargement ;
- La configuration in situ des paramètres du véhicule, des connectivités réseaux du lieu, des connectivités avec les infrastructures ;
- La configuration du trajet ;
- La mise en mode autonome progressif à l'issue de tests réalisés sur site ;
- Le réajustement et l'adaptation des différents éléments techniques ;

- Le réajustement et l'adaptation de la conduite ;
- Une intervention si nécessaire sur les infrastructures, sur le véhicule par des R&D avancées, des équipes de maintenance ;
- La connexion au site de supervision déporté et l'ajustement des échanges bidirectionnels ;
- L'assurance de bon fonctionnement de mise en sécurité du véhicule par le centre de supervision déporté ;
- La formation des opérateurs au parcours in situ ;
- L'accompagnement de la prise en main du véhicule par l'opérateur (sur trajet, entrée et sortie du lieu du stockage, rechargement) ;
- L'assurance de la bonne application des procédures de sécurité de l'opérateur et l'échange entre l'opérateur et le centre de supervision déporté ;
- L'assurance du bon fonctionnement global avec l'opérateur ;
- Le contrôle des bornes de chargement ;
- La mise en service de fonctionnement ;
- Une supervision renforcée pendant quelques jours de marche à blanc.

A ce niveau le véhicule autonome est prêt à entrer en phase d'exploitation proprement dite. L'opérateur du service conjointement avec le territoire porteur du projet prendront le relais pour décider de la date et de la méthodologie de l'ouverture au public et de la montée en charge d'exploitation du service.

L'ensemble de ses tâches est découpé en une succession de grandes phases présentées en ordre chronologique ci-dessous :

- L'Etude de faisabilité technique et de sécurité du site de mise en service ;
- La préparation des véhicules et du site (aménagement et infrastructures) ;
- La mise en service (déploiement) ;
- La Formation des opérateurs / superviseurs ;
- La marche à blanc ;
- L'entrée en service.

Le présent document décrit les grands principes et les résultats de chacune des phases. Les éléments d'informations et les livrables fournis mettent en lumière les phases préparatoires et de recette technique, ainsi que des conclusions portant sur les écarts entre l'étude théorique du terrain et les observations durant la phase de démonstration, ainsi que les recommandations utiles en fonction des niveaux de préparation et de mise en œuvre nécessaires aux projets futurs.

Il indique les moyens de vérification et de validation employés par chaque partie prenante de la mise en service. Les données seront collectées après chaque phase de mise en service.

Le planning prévisionnel général (daté du 18.02.2022) reflétant les actions et délais associés au pilotage du projet en fin de phase de déploiement sur site des véhicules est disponible dans l'Annexe A.

2. PHASE DE MISE EN SERVICE

2.1. ÉTUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE ET DE SECURITE DU SITE DE MISE EN SERVICE

2.1.1. Description

La phase d'étude de faisabilité technique et de sécurité du site d'exploitation est une étape cruciale dans le déroulé de la mise en service puisqu'elle permet d'analyser la faisabilité technique du futur parcours de service des véhicules autonomes, compte tenu de leurs capacités techniques, de leur limitation et des scénarios critiques identifiables dans l'environnement du trajet. L'ensemble des études de faisabilité d'un projet de mise en service fera intervenir différents corps de métiers et domaines d'expertise afin d'évaluer l'étendue des besoins d'adaptation du trajet (travaux d'environnement, de voirie, gestion du trafic, ...) mais aussi du véhicule (paramétrage).

La Tâche 1.4 « Etudes techniques et générales des sites » et les livrables associés L1.4.1 « Kit de déploiement » et L1.4.2 « Réalisation des études techniques » décrivent les aspects constitutifs des études techniques liées à la faisabilité.

2.1.2. Cas d'application ENA

Etude de site et de sécurité NAVYA

L'étude relative aux capacités et besoins du véhicule autonome provient du constructeur. La méthodologie d'étude de site et de sécurité Navya se compose des étapes suivantes :

- Analyse des besoins opérationnels de l'opérateur de transport et du cas d'application en confrontation avec le domaine de conception opérationnelle de la navette ;
- Fourniture d'un rapport d'étude de site et de sécurité comprenant des mesures d'atténuation des risques pour répondre aux normes de sécurité de Navya ;
- L'étude de site et de sécurité se déroulent comme suit (voir Figure 1) ;

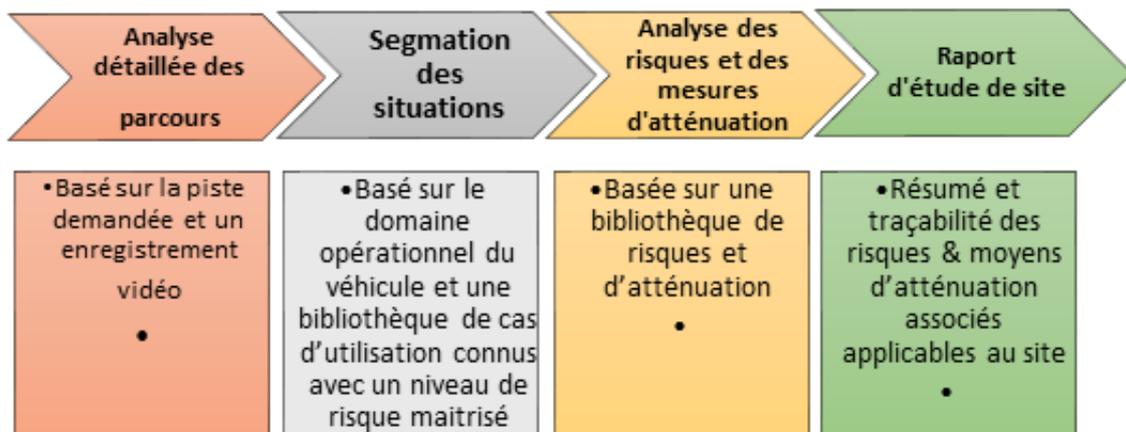


FIGURE 1 : PROCESSUS D'ETUDE DE SITE ET DE SECURITE

- Elaboration d'un cahier des charges permettant de répondre aux mesures d'atténuation des risques (aménagement de voirie, infrastructures communicantes, signalisation, structuration de l'environnement...);
- Suivi de mise en œuvre et traçabilité avant mise en service.

Il est intéressant de confronter deux études menant à des conclusions différentes :

- Une première étude sur le site de Sophia-Antipolis permettant la mise en œuvre de l'expérimentation ;
- Une seconde étude sur le site de Cœur de Brenne débouchant sur le constat d'une impossibilité de mener l'expérimentation avec les véhicules concernés.

A) Le cas Sophia-Antipolis (CASA)

L'Étude de site et de sécurité est généralement transmise par le constructeur (Navya) à l'entité propriétaire – ou titulaire d'un contrat de location - et opérante du véhicule autonome (ici Berthelet), et peut-être partagée aux parties prenantes du projet de mise en service afin de fournir une base de cahier des charges pour l'intégration du véhicule sur son parcours et les besoins d'aménagements associés.

L'étude de site et de sécurité pour le projet de mise en service du parcours de Sophia Antipolis a été réalisée suivant deux phases :

Phase 1 : Pré-étude (étude de faisabilité)

Une première version d'étude de faisabilité a été réalisée en janvier 2020 à l'issue d'une visite de site. Cette première itération permet de décomposer le parcours dans ces principales sections et de dresser une liste de remarques et recommandations visant à identifier les risques principaux et les besoins en termes d'aménagements.

Phase 2 : Etude de site et de sécurité

L'étude de faisabilité a fait l'objet d'une deuxième version en mai 2020, précisant les aménagements nécessaires sur le site au niveau environnement et infrastructures routières (voir Figure 2).

Les besoins d'aménagements sont détaillés pour chaque section de parcours et ont pour objectif de répondre aux recommandations de mesures de réduction des risques et/ou aux besoins fonctionnels détaillés dans l'analyse des risques générique établie par Navya.

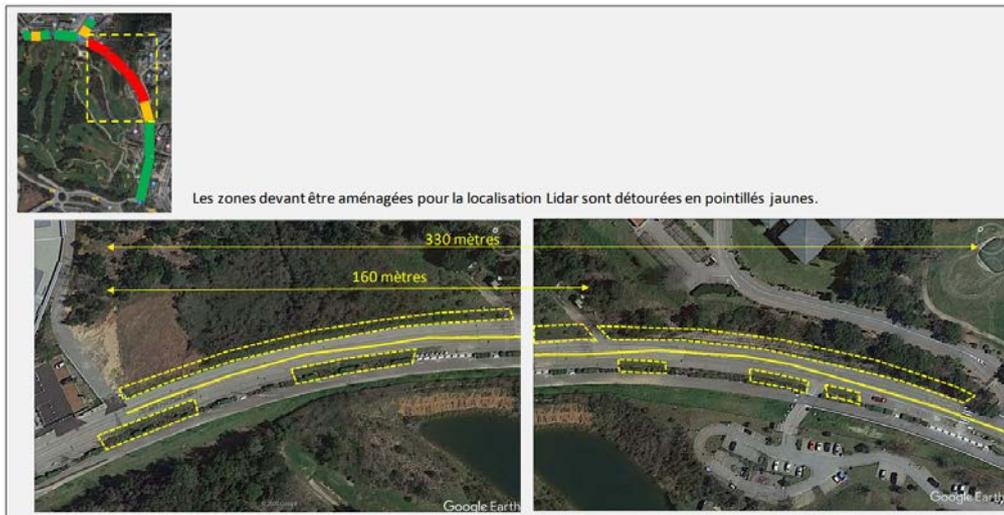
On se réfèrera à l'Analyse du site Sophia antipolis « NAVYA_ENA_Sophia Antipolis_Analyse de site_V2 » produite par la société Navya® [1].



(a) Parcours



(b) Aménagement de l'aire de retournement sur giratoire St-Philippe



(c) Zones d'aménagements LiDAR

FIGURE 2 : EXTRAITS DE L'ETUDE DE SITE ET DE SECURITE – ZONE D'AMENAGEMENTS

Les méthodes les plus récentes d'étude de site et de sécurité Navya énumèrent directement les situations redoutées du parcours en leur attribuant des identifiants de risque (Risk ID) listés dans une base de données de risques standardisée Navya, permettant ainsi d'établir un lien direct entre l'étude de cas (du site) et les standards de risques et mitigations applicables.

Les nouveaux formats intègrent également une **matrice de traçabilité** permettant de valider les accords de principe sur la mise en place des mesures de réduction du risque entre Navya et les partenaires de la mise en service. (Voir exemple ci-dessous Figure 3 et 4).

Risque	Photo	Description	Risque ID	Mesure ID	Mesure Description	Catégorie	Responsable
18		Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	42	M001	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M002	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M003	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M004	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M005	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M006	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M007	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M008	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M009	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer
				M010	Equipement des feux de circulation pour permettre la priorité aux navettes	Mandatory	Customer

FIGURE 3 : EXTRAIT - ETUDE DE SITE ET DE SECURITE – ANALYSE DES RISQUES DU SITE

MIT0045	Prioritize the shuttle by means of appropriate signage and marking	Recommended	Customer
MIT0018	Equip the lights with a communicating box (eg RSU)	Mandatory	Customer
MIT0062	Set up a active V2X allowing the shuttle to cross without traffic in the other direction (the VA shall receive a 'protected movement allowed' movement phase while all other traffic lights are RED and the VA has the priority.	Mandatory	Customer
MIT0063	Manage the sequence of lights for priority passage of the shuttle	Mandatory	Customer
MIT0020	Put in place clear and visible signage that informs other road users of the presence of shuttles	Recommended	Customer
MIT0011	Raise awareness of emergency braking by the shuttle operator and the right actions to be adopted by passengers	Recommended	Customer
MIT0005	Place labels in the shuttle to warn passengers of sudden braking of the shuttle (for action: fasten the seat belt or hold the wrist during the entire trip)	Recommended	Navya / Customer

Phase 1			Phase 2		Phase 3	
To be completed by Customer/Partner		To be completed by Navya	completed by Navya & Customer	To be completed by Customer/Partner	To be completed by Navya	
Customer Approval	Comments	Level of compliance	Evidence of compliance (to share in SharePoint)	Deadline	Navya approval	Comments
ok		Compliant			Approved	
ok		Compliant			Approved	
ok		Compliant			Approved	
ok		Compliant			Approved	
ok		Compliant			Approved	
ok		Compliant			Approved	
ok		Compliant			Approved	

FIGURE 4 : EXTRAIT - ETUDE DE SITE ET DE SECURITE – ANALYSE DES RISQUES DU SITE

Les situations redoutées sont également reportées sur un support d'information géographique (GoogleEarth®) afin de pouvoir repérer efficacement les besoins identifiés. (Voir l'exemple ci-dessous Figure 5).

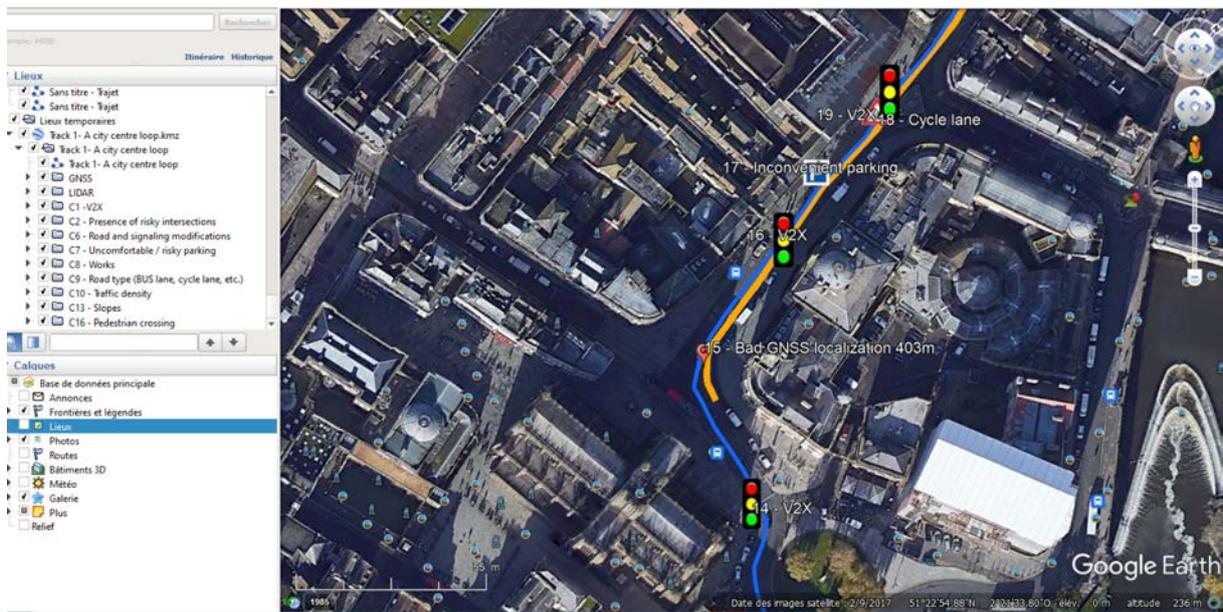


FIGURE 5 : EXTRAIT - ETUDE DE SITE ET DE SECURITE -TRACE DETAILLE DU PARCOURS

Bilan

Globalement, l'étude de site produite par Navaa a eu pour rôle d'orienter le cahier des charges des besoins d'aménagement du parcours, notamment en ce qui concerne les besoins d'aménagements spécifiques au site comme le V2X et les repères statiques pour la localisation Lidar. Celle-ci a également permis d'illustrer les points de vigilance du parcours et les comportements attendus du véhicule autonome face à chaque section du parcours.

Les écarts mineurs constatés ont pu être notifiés dans le Procès-Verbal de réception et déclinés en recommandations/point de vigilance dans le compte-rendu de déploiement.

Certains sujets n'ont pas été anticipés dans le document « Etude de site et de sécurité » fourni par Navaa, faute de données d'entrées compilées/formalisées.

Parmi les plus notables :

- Etude de la densité de trafic ;
- Etude comportementale du trafic.

B) le cas Cœur de Brenne

L'Etude de site et de sécurité de Cœur de Brenne a été réalisée par les équipes Navaa lors du printemps 2020. Le rapport d'analyse a été formalisé en octobre 2020. L'analyse reprend les différentes phases de la méthodologie.

Analyse du parcours

Le parcours de 32,3 km a été décomposé en 5 zones urbaines et 4 zones de liaisons inter-villes.

4.1 ANALYSE DES ZONES URBAINES

NAVYO

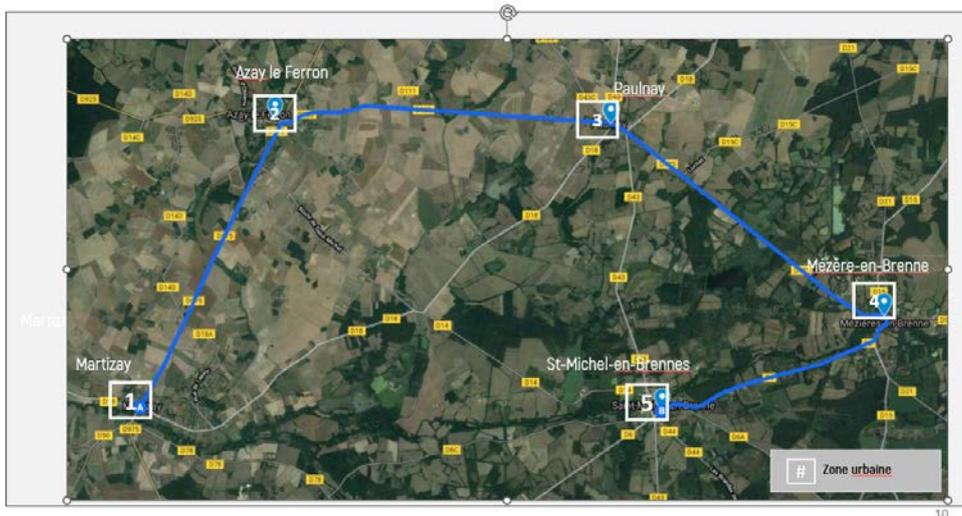


FIGURE 6 : EXTRAIT - ETUDE DE SITE ET DE SECURITE – ANALYSE DES ZONES URBAINES

4.2 LIAISONS INTER-VILLES

NAVYO

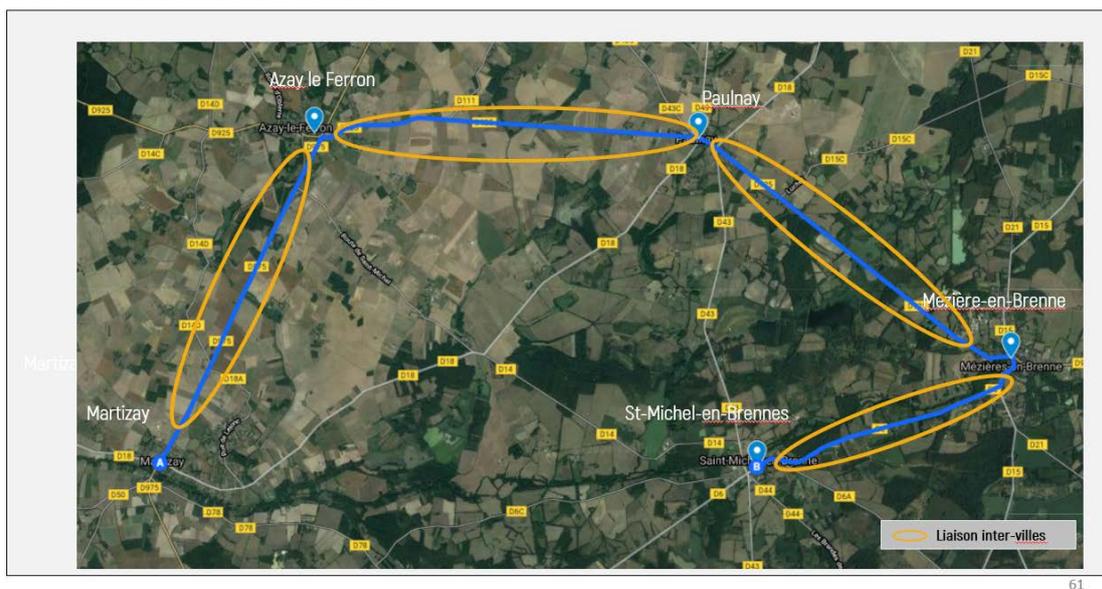


FIGURE 7 : EXTRAIT - ETUDE DE SITE ET DE SECURITE – LIAISONS INTER-VILLES

Les différentes sections de parcours sont ensuite analysées pour identifier les risques, et les moyens de mitigation, quand ils existent

4.1 ANALYSE DES ZONES URBAINES - MARTIZAY (#1)

NAVYA



SITUATION	1	Point de vigilance : Limite de vitesse à 90km/h / Mauvaise localisation	ID risque : G1 L4 // 1.12
Localisation LIDAR	NOK	<u>Remarques / Détails du risque:</u>	
Localisation GNSS	OK	G1 L4 : Très bonne localisation satellite du véhicule absence d'accroche LIDAR	
Limite de vitesse	90km/h	1.12: Les autres usagers circulent à une vitesse trop élevée par rapport à la navette, le différentiel de vitesse devient trop important.	
Nombre de voies	2	<u>Solution/Mitigation</u>	
Largeur de voies	6.2m	Se référer aux mitigations de l'analyse des risques, section ID G1 L4 ;	
Type de trafic			

15

FIGURE 8 : EXEMPLE D'IDENTIFICATION DE RISQUE

La synthèse de l'ensemble des situations observées fait apparaître des problématiques majeures liées aux liaisons inter-villes, et a débouché sur un renoncement à effectuer l'expérimentation sur la base des solutions techniques existantes et maîtrisées par Navya :

4.2 LIAISONS INTER -VILLES

NAVYA

Problématiques majeures identifiées:

- Voierie
 - Vitesse trop élevée sur départementales (70-90km/h): delta de vitesse trop important entre la navette et les autres usagers (vitesse actuelle du véhicule : 18-25km/h)
 - Une analyse de la densité du trafic serait à entreprendre en plus d'une étude sur les vitesses réelles observées sur ces sections.
 - Ces problématiques concernant ces axes sont aujourd'hui non traitées dans notre ODD et le Ministère Français ne décerne pas d'autorisation de roulage ces sujets ne sont pas traités et sécurisés.
 - Les axes concernés sont majoritairement en ligne droite ce qui supprime la problématique de gestion des courbes nécessitant une densité de points Lidar plus dense dans la cartographie.
- Localisation :
 - LIDAR:
 - Zones de végétation dense le long du parcours ne permettant pas à la navette de se localiser précisément grâce à des repères fixes dans le temps. La végétation évoluant au fil des saisons modifiera de manière significative l'environnement préalablement cartographié, ce qui entraînera des incohérences de localisation.
 - Zones vides de tout repères (i.e. champs) ne permettant pas d'intégrer des éléments tangibles de localisation à la cartographie.
 - GNSS:
 - Sur certaines zones, des arbres recouvrent la route rendant impossible la réception de corrections GNSS.

16

FIGURE 9 : EXTRAIT - ETUDE DE SITE ET DE SECURITE - PROBLEMATIQUES MAJEURES IDENTIFIEES

Une étude de solutions de mitigation a été engagée :

- Etudes de parcours alternatifs permettant une meilleure insertion dans le trafic et une plus grande largeur de voie ;
- Des aménagements permettant d'améliorer l'environnement Lidar et la réception de corrections GNSS (ajout d'infrastructures fixes permettant d'assurer une redondance des systèmes de localisation, cartographie (« remmapping ») biannuelles permettant de garder une cartographie 3D à jour), et réduire les risques d'incohérence de localisation sur toutes les liaisons interurbaines).

Les éléments de mitigation identifiés ont fait l'objet d'études et de discussions approfondies par l'ensemble des parties prenantes (Cœur de Brenne, Navya, Berthelet, Eiffage) entre octobre 2020 et Janvier 2021.

Au final, la situation suivante est actée :

- Manque de repères statiques naturels permettant le fonctionnement des Lidars : Par conséquent, nécessité de très nombreux aménagements, ce qui pose des problèmes budgétaires, mais également des problèmes de sécurité routière.
- Faible vitesse du véhicule sur le parcours : Le grand différentiel de vitesse avec les autres usagers nécessite des aménagements permettant de réguler la vitesse des autres véhicules. Par ailleurs, la faible vitesse commerciale peut réduire l'acceptation du service par la population visée.

En conclusion, les partenaires ont acté en février 2021 que les véhicules Navya Arma ne permettaient pas la mise en œuvre de l'expérimentation de façon viable, et un autre constructeur a été recherché par le Consortium ENA.

Recommandations générales d'amélioration

- Appliquer les nouvelles méthodes d'analyse de risques (mise en place à posteriori en marge du projet Sophia Antipolis mais utilisées pour le projet de Cœur de Brenne), dans le cadre des « Etudes de site et de sécurité Navya ». Le but étant à la fois de mieux formaliser chaque besoin de mitigation des risques et d'assurer une traçabilité des demandes, de la forme que prennent les mitigations et de la preuve de mise en œuvre de celles-ci.
- Aller plus loin dans l'étude des risques liés au trafic en se basant sur des données d'entrées quantifiées (accidentologie, comptages et comportements trafic...).
- Faire intervenir une entité tierce, garante de la coordination et de la conciliation de la mise en œuvre des actions associées à l'analyse des risques.
- Pour les futurs projets localisés en France, appliquer une méthodologie en phase avec les demandes du nouvel arrêté du 26 mai 2021, relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques, détaillée en Annexe 3 du dit arrêté. (www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043684467).

2.2. PREPARATION DES VEHICULES (FONCTIONS ET AUTORISATIONS) ET DU SITE (AMENAGEMENTS ET INFRASTRUCTURES)

2.2.1. Description

Les étapes de préparation d'un déploiement de véhicule autonome s'appuient sur un certain nombre de prérequis propres au type de véhicule et nombre de véhicules utilisés.

La préparation du déploiement doit prendre en compte les données d'entrées structurantes telles que :

- Les prérequis liés au domaine opérationnel des véhicules choisis (spécificités techniques, capacités et limites opérationnelles de fonctionnement) ;
- Le nombre de véhicules associés au projet ;
- La réglementation applicable aux véhicules et au site d'exploitation ;
- Le cahier des charges attendu (objectifs de desserte, horaires de service, performances...);
- Les contraintes techniques en termes d'aménagement du territoire et des infrastructures routières.

Afin d'orienter les axes préparatoires du déploiement, le constructeur fournit la **documentation technique** du véhicule utilisé ainsi qu'un dossier technique comportant l'ensemble des informations nécessaires à son homologation ou préalables à une demande d'autorisation ministérielle (cf. Livrable L4.1.3 : Guide méthodologique pour le dépôt de demande d'autorisation de mise en service).

Le constructeur fournit également une liste de **prérequis techniques de déploiement** permettant d'assurer son fonctionnement (besoins pour le stockage, la recharge, la localisation dans l'environnement, besoin d'infrastructures routière, règles de circulation spécifiques, modification d'environnement, ...)

A titre d'exemple, la navette Navya Shuttle[®] requiert des préparatifs sur les aspects suivants :

- **GARAGE / STOCKAGE ET RECHARGE** – (Identification ou construction d'un lieu de stockage adapté aux dimensions, température de stockage, recharge, mise en sécurité, besoins additionnels liés au personnel opérateur, accessibilité par rapport au trajet) ;
- **CONFIGURATION GNSS (NTRIP ou BASE GNSS Navya)** – (Identification d'un lieu d'installation pour l'antenne GNSS, livraison et installation ; souscription et paramétrage d'un compte NTRIP (le cas échéant)) ;
- **CONNECTIVITE** – (Préparation et configuration des réseaux communicants vers des infrastructures l'extérieures comme 3G, V2X, RFid, API...);
- **CONFIGURATION NAVETTE** (Inspection fonctionnelle, gestion des options / customisation, modification Hardware liées aux besoins du projet, homologation, connectivité...);
- **LOGISTIQUE** – (Livraison véhicules, livraison du matériel annexe (e.g : Base GNSS, Mobile Mapping System (MMS)) ;
- **MAPPING** – (Planification de l'acquisition de données terrain (cartographie) avec le MMS, autorisations particulières, logistique associée et validation des prérequis d'environnement) ;
- **FORMATION** – (Planification et organisation de la formation des opérateurs, logistique et autorisations associées).

Les **études de sécurité (analyse de risques)** sont aussi une donnée d'entrée permettant de préciser le cahier des charges en termes de besoins d'aménagements spécifiques, destinés à sécuriser la circulation des véhicules autonomes sur la voie publique (cf. Section 2.1).

De ces données d'entrée découle une liste de tâches préparatoires et de travaux d'aménagement destinés à accueillir le véhicule autonome sur son site d'exploitation et à l'intégrer dans la circulation.

Une phase de consultation technique et d'études adaptées à chaque domaine d'activités rentre en compte dans la mise en œuvre de ces besoins d'accueil et est susceptible d'impliquer des secteurs d'activités divers tels que l'aménagement urbain, la signalisation lumineuse tricolore, maîtrise d'ouvrage dans le bâtiment et voirie... (cf. Livrable L1.4.1 « Kit de Déploiement Navettes Autonomes »).

2.2.2. Cas d'application ENA

Prérequis véhicule

A. Cahier des charges

Fourniture et mise en service de deux véhicules de marque Navya, type Shuttle® appartenant à la société Berthelet et identifiées respectivement par leur numéros VIN :

VG9A2CB2CIV019077 (P77)

VG9A2CB2CIV019097 (P97)

Les navettes doivent se conformer au dossier technique transmis dans le cadre de la demande d'autorisation de roulage intégrée au Dossier Ministériel de demande d'autorisation d'expérimentation [2].

En particulier au documents :

- « **QUESTIONNAIRE DE DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPERIMENTATION DE VEHICULES A DELEGATION DE CONDUITE SUR LES VOIES OUVERTES A LA CIRCULATION PUBLIQUE** » produit par l'opérateur Berthelet ;
- « **F-MC-D-001-E - Dossier Technique** » et « **F-RD-D-001-C AUTONOM SHUTTLE-DL4 Fiche technique** » produit par la société Navya.

B. Recette

Dans le cadre du déploiement sur le site de Sophia Antipolis, les navettes Navya Shuttle® appartenant à l'opérateur de transport Berthelet sont passées par une phase de mise à jour et de maintenance pour être conformes aux besoins fonctionnels et de Supervision.

Cette mise à jour comprend notamment l'installation d'un OBU (On Board Unit) de communication V2X et l'ouverture de l'API (Instant System en charge de l'application informations voyageurs intégrée dans celle du réseau de Sophia Antipolis), pour compléter la version 4.11 du logiciel NavyaDrive équipant le véhicule. En outre, l'installation d'un système de recueil de données caméra plus tablette informatique associée a été réalisée pour le compte de l'Université Gustave Eiffel (à des fins de collecte et d'études de données), ce système est non invasif vis-à-vis du système NavyaDrive.

Elles ont fait l'objet d'une demande d'autorisation de roulage délivrée exclusivement pour ce projet et d'un certificat d'immatriculation associé à cette même demande. Cette phase s'est étendue du 10/02/20 au 07/02/22, comprenant la constitution du dossier de demande d'autorisation, l'envoi du dossier au ministère pour instruction (En avril 2021) ; l'instruction de la demande et les échanges avec le Ministère (d'avril 2021 à février 2022) et la délivrance l'autorisation d'expérimenter (en février 2022).

Les navettes ont été livrées sur le site de mise en service au cours des semaines 4 et 6 (Janvier/ Février 2022) (voir Figure 10).



FIGURE 10 : LIVRAISON DES VEHICULES

Les documents de conformité associés sont :

- -Les Documents « **Quality Approval Sheet – QAS P097** » et « **Quality Approval Sheet – QAS P077** » produits par la société Navya ;
- La « **DÉCISION - Décision ministérielle d'autorisation d'expérimentation de la circulation de véhicule à délégation partielle ou totale de conduite n° 2021-21** » délivrée par le Ministère (Annexe B) ;
- Le « **Certificat d'immatriculation** » fournis par Berthelet ;
- Le « **Planning ENA-CASA 2022.02.18** » produit par la société Berthelet.

Prérequis de site (Aménagements et infrastructures)

La phase d'aménagement du site s'est déroulée du 06/09/2021 au 23/03/2022 en intégrant une période préparatoire, les études avant travaux, les travaux d'équipement, l'installation de chantier, les travaux de Génie Civil (rond-point, voirie, barrière, enrobé ...), les arrêts navettes, le local de remisage, la signalisation (SLT + essais). (Voir Figure 7).

Le cahier des charges d'aménagement des infrastructures est issu des différentes études techniques réalisées sur le site par les intervenants. Elles sont disponibles dans les différents documents de référence, et couvrent principalement le lieu de stockage, la connectivité des feux, et les repères Lidar [1, 3 et 4] et du planning de déploiement.



(a) Repères statiques du LiDAR.



(b) Feux de signalisation connectés.



(c) Local de remisage.

**FIGURE 11 : PHOTOS DES AMENAGEMENTS DE SITE
(REPERES STATIQUES LIDAR, FEUX DE SIGNALISATION CONNECTES, LOCAL DE REMISAGE)**

2.2.3. Bilan

Remarques et recommandations Navya :

Les principaux enseignements nouveaux sur le sujet de la préparation du véhicule et du site sont :

- **Equipement du lieu de stockage**

L'ajout de butées de roues dans le fond du local est à prévoir pour faciliter et sécuriser les manœuvres de parking et éviter tout risque d'accrochage du véhicule avec la paroi du local (Figure 8).

- **Orientation du lieu de stockage VS rayon de giration/manœuvre du véhicule**

Au-delà du simple rayon de giration minimum de la navette, des marges de sécurité supplémentaires sont à considérer afin de pouvoir complètement sortir le véhicule du local avant d'entamer la giration, ceci sans risquer d'accrocher le véhicule. En effet, même si les manœuvres au joystick peuvent être lentes et précises, elles dépendent de l'inertie du véhicule ce qui les rend compliquées dans un espace trop exigu (Figure 8).

Déploiement : véhicules et matériel

Garage

Un repère visuel permet d'avoir un bon positionnement de la navette pour avoir un espacement correct à l'avant et l'arrière de la navette : le milieu de la porte doit être en face de l'équerre métallique. Une suggestion est d'**installer des cales butoirs**.

Déploiement : véhicules et matériel

Garage

L'espace entre les portes du garage et la haie est restreint – il y a un peu plus de 5m alors que la navette mesure 4m75. Il faut par conséquent plusieurs manœuvres pour sortir la navette du garage, merci de respecter les mesures suivantes :

- **vérifier le sens de la navette avant chaque manœuvre**
- **veiller à donner une légère impulsion longitudinale avant de gérer la direction latérale** pour éviter des erreurs de crémaillère (direction des roues en défaut).
- **arrêter la navette avec l'axe des roues droit** pour éviter des erreurs de crémaillère (direction des roues en défaut).



Figure 3 : Détails du garage et du positionnement des navettes

10

NAVYA

FIGURE 12 : EXTRAIT DU COMPTE RENDU DE DEPLOIEMENT NAVYA - LIEU DE STOCKAGE DES VEHICULES

2.3. MISE EN SERVICE (DEPLOIEMENT)

2.3.1. Description

L'étape de mise en service ou de « déploiement » s'apparente à la phase de travail sur le terrain par les équipes impliquées dans la mise en service des véhicules et des infrastructures communicantes associées.

Les objectifs de l'étape de déploiement sont les suivants :

- Configurer le paramétrage de la navette (trajectoires, vitesses, clignotants, zones de priorité, ...) et les spécificités de son parcours (stations, V2X, ...);
- Définir les trajectoires et le comportement attendu de la navette sur son parcours;
- Assurer un fonctionnement sûr et efficace de la navette.

La séquence de mise en service sur site est la suivante (dans le cas d'une navette Navya Shuttle®) :

- Configuration de la station de base NTRIP ou GNSS ;
- Cartographie de l'environnement du site ;
- Post-traitement de la carte ;
- Création du parcours virtuel (voir Figure 9) ;
- Configuration du véhicule ;
- Configuration V2X ;
- Tests de roulage et ajustements des trajectoires / vitesses (voir Figure 9)
- Recette fonctionnelle ;
- Roulage à blanc.

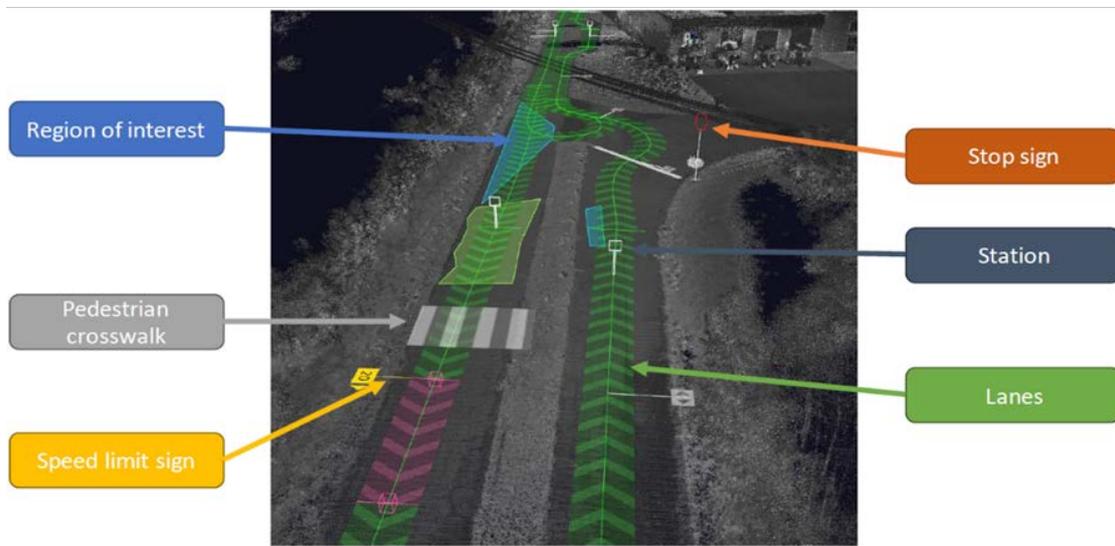


FIGURE 13: PARAMETRAGE DU PARCOURS VIRTUEL

2.3.2. Cas d'application ENA

L'étape de déploiement porte sur 2 composantes du système technique : les navettes et la connectivité V2X

Déploiement de la navette

A. Cahier des charges

Le cahier des charges de mise en service des navettes est défini au sens du dossier d'expérimentation présentant le contexte et les objectifs.

L'étude de site et de sécurité produite par Navya précise les conditions dans lesquelles les véhicules vont circuler et les comportements attendus une fois paramétrés [1 et 2].

B. Recette

Le déploiement des navettes sur site s'est déroulé en plusieurs phases entre le 24/01/2022 et le 18/02/2022.

W4	24-janv	25-janv	26-janv	27-janv	28-janv	W5	31-janv	01-févr	02-févr	03-févr	04-févr
AM	Transport Lyon > Sophia Antipolis	Réception P77	Attente génération Map 2D + 1er paramétrages	Livraison Map 2D Création du path	Création du path + attente autorisation ministérielle	AM	Attente autorisation ministérielle				
PM	Soir : Mapping	Attente génération Map 2D + 1er paramétrages			Transport Sophia > Lyon						
W6	07-févr	08-févr	09-févr	10-févr	11-févr	W7	14-févr	15-févr	16-févr	17-févr	18-févr
AM	Attente autorisation ministérielle	Test auto + Ajustements path P77	Ajustements path P77	Réception P97	Ajustements path P77	AM	Transport Lyon > Sophia	Ajustements path	Ajustements path	Tests croisements navettes	Ajustements
PM	Transport Lyon > Sophia			1er paramétrages P97	Tests auto P97	PM	Ajustement path				Transport Sophia > Lyon

FIGURE 14 : EXTRAIT DU PLANNING DE DEPLOIEMENT MACRO

Le Compte Rendu de déploiement [6] apporte des précisions quant aux performances (vitesses) et paramétrages (parcours virtuels et attributs) mis en place lors du déploiement (voir Figure 11).

Il indique également les paramètres du setup (numéro de version) et les informations générales du parcours déployé. Il précise les recommandations de sécurité à prendre en compte à l'attention de l'opérateur. Les points d'attention, anomalies mineures en réserve sont également indiqués afin de guider les actions à anticiper lors de la marche à blanc (ajustements, diagnostics, points de vigilance)

Déploiement : Section 1



15

Figure 5 : Détail des vitesses section 1

NAVYA



Figure 6 : Détail des vitesses en arrivée en station

Pour chaque station, la vitesse d'arrivée en station est réglée à 2km/h.

Les clignotants sont réglés à droite en arrivée en station et à gauche en sortie de station. Pour que le clignotant soit maintenu à l'arrêt en station, une mission suivante doit être sélectionnée.

FIGURE 15 : EXTRAIT DU COMPTE RENDU DE DEPLOIEMENT – PARAMETRAGE DES VITESSES



(a) Tests de croisement des navettes et interface avec les feux V2X



(b) Tests des zones de priorité (Passages pour piétons)

FIGURE 16 : PHOTOS DES TESTS DE ROULAGE

Déploiement de la connectivité V2X (feux tricolore / traversée du carrefour St Philippe)

A. Cahier des charges

Les éléments constitutifs du cahier des charges sont issus des documents cités en référence suivants :

- « **Dossier Ministériel de demande d'autorisation d'expérimentation pour le cas d'usage de CASA** » [2] ;
- « **Signalisation lumineuse tricolore – Etude carrefour St Philippe** » produit par Citelum [4].
- « **En-4 6 B-C Informations techniques V2X** » produit par la société Navya [5].

B. Recette

Le résultat de la recette est disponible dans le document cité en référence ci-dessus.

2.3.3. Bilan

a. Remarques et recommandations Navya

Les principaux enseignements nouveaux sur le sujet de la préparation du véhicule et du site sont :

- **Configuration du V2X actif, anticipation du scénario « croisements de deux navettes au niveau du carrefour St Philippe »**

Il n'était pas prévu à l'origine qu'il y ait deux navettes au même moment au niveau du croisement, et cette contrainte n'a donc pas été prise en compte. Les deux feux dédiés à la navette sont exclusifs : si deux navettes arrivent dans les deux sens la programmation estime aujourd'hui qu'il s'agit d'une **erreur de sécurité qui a généré un passage à l'orange** (mise en défaut du feu).

Une alerte avait été remontée sur cette limitation.

Un autre cas pouvant générer l'orange est qu'une des navettes est à quai avant le carrefour. Les imprécisions du GPS de la navette peuvent générer un faux déplacement virtuel, ce qui peut déclencher une « fausse » arrivée au feu.

La solution à court terme est donc de réaliser les tests avec une seule navette, et de mettre hors de portée V2X la seconde navette.

Les lignes « navette » étant considérées antagonistes (et protégées comme tel en programmation), elles ne passeront pas au vert en même temps et fonctionneront en mode « premier arrivé, premier servi ». Cependant, puisque ce cas de figure n'a pas été testé, puisque censé ne pas survenir, l'hypothèse de fonctionnement des feux doit être :

- En cas de navette « suiveur », le contrôleur devrait se comporter à l'instar d'une navette ayant raté sa phase avec un nouvel appel après passage par un temps mini de vert sur la phase VL (6 secondes), soit approximativement 25s entre la mise à l'« horizontal » et le retour au « vertical » du signal.
- En cas de navette « croiseur », selon la position du passage de la première navette dans le cycle, le comportement peut différencier :
 - Soit obtenir du « vertical » juste après la première navette (5s après la mise à l'« horizontal » du premier signal, ce qui devrait logiquement être suffisant puisque ce temps a été calculé en fonction de la distance que la navette a à parcourir pour sortir de la zone de conflit et de sa vitesse). Il subsiste un risque de ne pas garantir un temps maxi optimal (quelque part entre 6 et 16s).
 - Soit passer par une phase VL mini avec un comportement proche de la navette « suiveur »

Suite aux premiers essais de croisement des navettes (navettes « croiseur ») et navettes qui se suivent (navette « suiveur »), une mise en défaut du feu a été constaté (passage à l'orange clignotant). L'hypothèse que les deux navettes se croisent au même moment ou se suivent devait être un cas exclu mais le risque que cela se produise est dépendant du facteur humain puisque le passage des navettes n'est pas régulé de manière « automatique », mais par les opérateurs à bord des véhicules. Lorsque les deux navettes sont en service, leur départ depuis les stations ne sont pas toujours synchronisés pour éviter que ce cas de figure n'intervienne.

Une mise à jour des UBR (Unité de Bord de Route) et du contrôleur a donc été effectué pour gérer ce scénario en sécurité (Voir Figure 17).

- **Configuration des zones d'appel virtuelles V2X pour déclenchement du feu vert**

Lors des tests de roulage, l'une des zones virtuelles de prise en compte des messages SPAT, dans le sens de circulation Point Carré R vers Saint-Philippe, était paramétrée avec une distance d'anticipation trop importante, de ce fait la navette ralentissant au niveau d'un passage piéton (environ 35 m) en amont du feu, l'appel pour passage du feu au vert intervenait trop tôt, ce qui ne permettait pas à la navette d'atteindre le pied de feu et de franchir l'intersection dans les temps de vert accordé. (Voir Figure 18).

Il s'agit là de paramètres à ajuster lors de la phase de test sur site en tenant compte des événements pouvant modifier les valeurs de vitesse théorique des véhicules. Même en passant par une étude théorique des impacts du trafic sur la vitesse d'approche et en tentant d'anticiper ces événements, il est généralement nécessaire de se laisser un temps de marche à blanc pour évaluer tous les scénarios.

Déploiement : V2X

Franchissement de l'intersection V2X

Le croisement de 2 navettes n'est en principe pas envisagé pendant l'exploitation car les navettes doivent circuler à 10 minutes d'intervalle.

Cependant, la situation peut survenir et a été testée lors du déploiement :

- le croisement de 2 navettes n'était initialement pas programmé par Citelum : les feux se sont mis en défaut
- la fonctionnalité a été modifiée pour que ce soit possible, étant donné que les 2 navettes ne circulent pas sur la même trajectoire et qu'une zone de priorité a été mise en place pour empêcher un conflit sur la voie unique.

40

NAVYA

FIGURE 17 : EXTRAIT DU COMPTE RENDU DE DEPLOIEMENT NAVYA – FRANCHISSEMENT DE L'INTERSECTION V2X .A

Déploiement : V2X

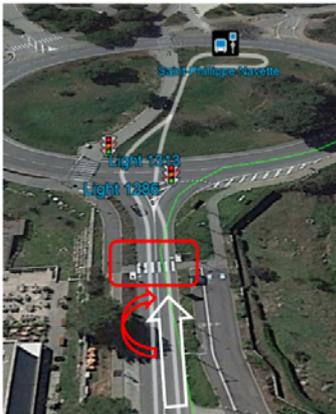


Figure 23 : Détails et informations V2X

Franchissement de l'intersection V2X

Dans le sens Point Carré R vers Saint-Philippe Navette :

- des piétons peuvent traverser le passage piétons situé avant le feu. Cela engendre un freinage de la navette car une priorité est configurée.
- des véhicules dépassent fréquemment la navette, ce qui engendre également un freinage sur détection d'obstacle

➤ Conséquences :

- le délai pour passer est raccourci dû aux freinages et la navette n'a plus assez de temps pour franchir l'intersection
- La navette s'arrête au pied du feu
- La navette s'engage au prochain cycle

Il faudra donc noter pendant la marche à blanc ces occurrences pour une potentielle modification des zones d'appel de LACROIX dans le but de retarder le changement d'état du feu et par conséquent laisser le délai de franchissement nécessaire dans les situations mentionnées

39

NAVYA

FIGURE 18 : EXTRAIT DU COMPTE RENDU DE DEPLOIEMENT NAVYA – FRANCHISSEMENT DE L'INTERSECTION V2X .B

Recommandations / hypothèses

Prévoir systématiquement une phase d'ajustement des paramètres de l'UBR et du contrôleur après une première session de roulage en situation réelle lors des tests de déploiement.

La première session de roulage permettra alors de débriefer les cas limites et les ajustements à réaliser, avant de lancer la phase de marche à blanc en conditions de service.

- **Affluence et comportement du trafic**

Lors des tests de roulage, deux sections ont été identifiées comme « zone de vigilance » à prendre en compte pendant le service.

Zone 1

La première zone se situe au niveau de la traversée du carrefour St Philippe dans le sens retour de St Philippe vers Point Carré R, une zone de congestion du trafic pouvant bloquer la traversée complète du véhicule a été observée. De fait, le véhicule ne sait pas encore anticiper ce genre d'événements et ne peut donc pas décider de ne pas s'engager dans l'intersection si celle-ci est bloquée par des véhicules. Cette action d'anticipation et de réaction revient à l'opérateur à bord du véhicule. (Voir Figure 19).

Déploiement : Section 1

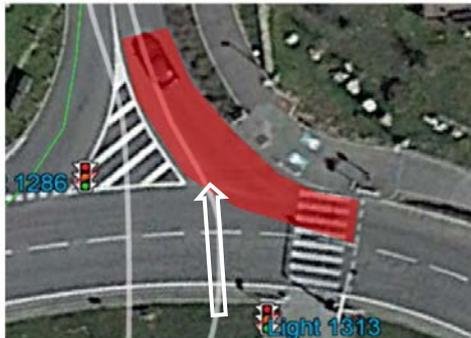


Figure 10 : Détail du risque d'embouteillage pouvant perturber le passage de la navette

Sur les heures de forte affluence, des véhicules peuvent être quasiment à l'arrêt dans la voie de sortie du rond-point et peuvent bloquer la voie de la navette.

Merci d'anticiper cela pour ne pas provoquer la situation où la navette bloque les 2 voies du rond-point : arrêt avant intersection/reprise en manuel si besoin.

FIGURE 19 : EXTRAIT DU COMPTE RENDU DE DEPLOIEMENT NAVVA – POINT DE VIGILANCE / RISQUES RESIDUELS .A

Recommandations / hypothèses

Une meilleure anticipation des risques de congestion du trafic par une étude préliminaire des habitudes de circulation (comptage véhicule, identification des zones et horaires de congestion du trafic, ...) sont des actions à mettre en œuvre pour apporter des données d'entrée complémentaires, utiles à l'élaboration de l'Etude de site et de sécurité.

La mise en place d'un moyen de détection additionnel permettant de détecter la présence de congestion dans le carrefour et agissant directement sur le comportement des feux tricolores (par le biais de l'UBR) pourrait être un moyen de sécuriser le franchissement du véhicule autonome de manière automatisée.

Zone 2

Sur la section 2 identifiée dans le document « **BERTHELET_Sophia_Antipolis - CR fin de déploiement** » [6], la présence des parkings aux abords de la voie de circulation représente des risques vis-à-vis des manœuvres de sortie et entrée dans les places de parking. Ce cas ayant été anticipé dans le paramétrage du véhicule (vitesse adaptée en conséquence), des évènements additionnels ont été observés, à savoir du possible parking illégal (stationnement à cheval entre la chaussée et la voie circulaire) ainsi qu'une forte affluence du trafic pouvant générer des situations à risques plus élevés (ralentissement, arrêt ou freinage brusque du véhicule autonome). (Voir Figure 20 et 21).

En cas de dépassement d'un véhicule garé ou bien en cas de parking illégal, la version de véhicule Navya utilisée n'ayant pas encore la capacité d'effectuer un dépassement en autonome requiert une reprise en mode manuel par l'opérateur, ce qui génère des besoins d'anticipation vis-à-vis du trafic environnant (véhicule suiveur ou risque de dépassement).

Déploiement : Section 2

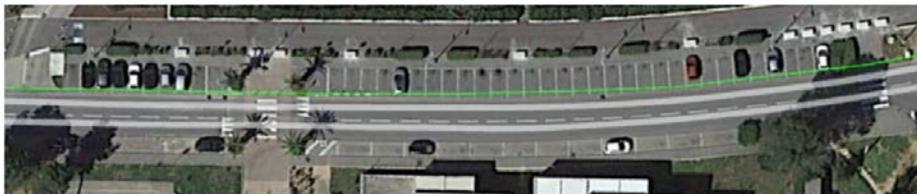
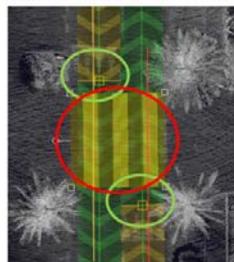


Figure 13 : Détail du risque lié aux divers stationnements et trafic dense

Présence de trafic dense, stationnement en bataille d'un côté de la route, en créneau de l'autre côté. Présence de piétons et de 3 passages piétons.

Vigilance particulière des opérateurs demandée. Reprise en manuel et dépassement nécessaires si un véhicule est stationné sur le bas-côté et bloque la circulation de la navette.

Pour chaque passage piétons, une zone de priorité est mise en place pour assurer la gestion du passage piéton et la vitesse d'approche est réduite.



 Nœud de décision. Une fois ce point franchi, la navette est engagée et s'arrête sur détection d'obstacle.

 Zone de priorité. Tout obstacle dans cette zone entraînera l'arrêt de la navette au niveau du nœud de décision (encadré vert).

24

Figure 14 : Détail de la gestion d'une priorité d'un passage piéton

NAVYA

FIGURE 20 : EXTRAIT DU COMPTE RENDU DE DEPLOIEMENT NAVYA – POINT DE VIGILANCE / RISQUES RESIDUELS .B



FIGURE 21 : PHOTO SITUATION BLOCAGE TRAFIC, VEHICULE EN MANŒUVRE DE STATIONNEMENT + VEHICULE EN DEPASSEMENT

Recommandations / hypothèses

Une meilleure anticipation des risques de congestion du trafic par une étude préliminaire des habitudes de circulation (comptage véhicule, identification des zones et horaires de congestion du trafic, ...) sont des actions à mettre en œuvre pour apporter des données d'entrée complémentaires, utiles à l'élaboration de l'Etude de site et de sécurité.

L'ajout de marquage au sol et d'une signalisation adaptée pourrait permettre d'éviter ou de diminuer les comportements infractionnels (parking illégal temporaire). La modification du marquage séparateur de voie par une ligne continue permettrait d'éviter les dépassements à répétition dans cette section où la vitesse de tous les usagers doit pouvoir rester faible.

2.4. FORMATION DES OPERATEURS / SUPERVISEURS

2.4.1. Description

La formation des opérateurs se fait au travers d'une offre de formation complète destinée aux opérateurs de transport et partenaires utilisateurs des véhicules autonomes Navya.

La formation s'articule autour des activités et des modules suivants :

- Formation théorique ;
- Formation à la conduite et aux manœuvres en Manuel ;
- Formation à l'opérabilité en mode autonome.

La formation peut être dispensée en partie à distance (partie théorique) et ou directement sur le futur site d'opération du véhicule (partie pratique).

TABLEAU 1 : PLANNING TYPE

Durée	Jour 1	Jour 2	Jour 3
3,5 heures	Présentation de Navya et de l'Automon shuttle	Conduite Manuelle + Conduite Autonome	Conduite Autonome
3,5 heures	Conduite Manuelle	Conduite Manuelle + Conduite Autonome	Evaluation

Voici le détail des modes de formation dispensés :

- MODULE 1 - PRESENTATION DE NAVYA®
- MODULE 2 - PRESENTATION DE LA SHUTTLE ET DE SES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT
- MODULE 3 - PRESENTATION DES DIFFERENTS ECRANS DU TABLEAU DE BORD
- MODULE 4 - PROCEDURE DE FONCTIONNEMENT DE LA NAVETTE EN MANUEL ET EN AUTONOME
- MODULE 5 - INFORMATION DU PUBLIC
- MODULE 6 - SURVEILLANCE EN EXPLOITATION
- MODULE 7 - SOLLICITATION PAR LA SUPERVISION ET GESTION DES INCIDENTS
- MODULE ANNEXE - PRESENTATION DE LA BASE GNSS
- EXERCICES DE CONDUITE MANUELLE PRATIQUES
- EXERCICES PRATIQUES DE ROULAGE EN MODE AUTONOME
- EXAMEN
- OPTIONNEL : FORMATION COMPLEMENTAIRE - FORMATION AUX CHARGEMENT, DECHARGEMENT (SUR PATEAU OU REMORQUE DE TRANSPORT)

Plus de détails sont fournis dans les Livrables ENA de la Tâche 1.6 associés à la thématique de la formation et de la certification des opérateurs [7 et 8].

2.4.2. Cas d'application ENA

Dans le cadre de la mise en service du projet Sophia Antipolis, la formation aux opérateurs a été dispensée du 21 au 24/02/2022, à l'issue des deux semaines de mise en service, directement sur le site de Sophia Antipolis.

Au total, trois opérateurs avec des profils « conducteur de Bus » titulaires du Permis D et embauchés par la société de transport Berthelet ont été formés – dont deux pour assurer les rotations de service des deux véhicules autonomes Navya Shuttle®.

2.4.3. Bilan

A l'issue de la formation, une enquête de satisfaction est transmise à l'exploitant afin de recueillir son avis sur le processus de formation des opérateurs et ainsi de permettre l'amélioration des supports et des méthodes utilisées.

Les trois opérateurs Berthelet ont reçu un certificat de formation de la part de la société Navya attestant de leurs aptitudes à pouvoir opérer les véhicules autonomes Navya Shuttle®.

2.5. MARCHE A BLANC

2.5.1. Description

A l'issue du déploiement des véhicules par le constructeur sur site, une visite de réception est organisée avec au moins un représentant du constructeur et un représentant de l'exploitant. Une démonstration complète du fonctionnement du véhicule sur son parcours est faite à l'exploitant, ainsi que des éventuelles interactions avec des systèmes extérieurs (infrastructures connectées, application voyageurs...). Cette visite permet d'établir une validation a priori de la mise en service et d'identifier des possibles réserves sur le déploiement en lien avec le cahier des charges du projet.

A l'issue de cette visite, un PV de déploiement est dressé conjointement par le constructeur et par l'exploitant reprenant les réserves identifiées pendant la démonstration. Si la démonstration est suffisamment concluante et qu'aucune réserve majeure ou bloquante n'a été identifiée, l'exploitant prend en charge les véhicules et peut commencer la marche à blanc. Dans le cas contraire, le constructeur reprend la configuration des véhicules et une nouvelle visite est organisée pour permettre la levée des réserves majeures et bloquantes.

La phase de marche à blanc consiste à faire circuler les véhicules pendant une durée déterminée dans des conditions d'exploitation similaires à celles prévues avec le porteur du projet mais sans accueillir de passager. Cette étape permet de valider sur la durée le déploiement du véhicule et donc d'assurer la concordance avec le cahier des charges, mais également de s'assurer que le véhicule a un fonctionnement sécuritaire et d'identifier d'éventuels problèmes techniques qui ne seraient pas apparus pendant la démonstration. Pendant cette phase, les opérateurs en charge de l'exploitation du service remonte tout dysfonctionnement au constructeur qui intervient pour les résoudre au besoin.

Cette phase se termine à l'issue de la durée prévue d'observation du service sans problème majeur ou bloquant. Si un problème majeur ou bloquant est constaté pendant cette phase donnant lieu à une intervention du constructeur, la marche à blanc recommence de zéro.

A l'issue de la marche à blanc, l'exploitant formalise un écrit (Pv de fin de déploiement) signifiant un constructeur la constatation du bon fonctionnement du véhicule et au porteur du projet la proposition d'ouverture du service au public.

2.5.2. Cas d'application ENA et Bilan

La démonstration du fonctionnement de la navette a été faite le 28 février. Cette démonstration n'a pas fait apparaître de problèmes majeur ou bloquant sur le fonctionnement des navettes. La mise en service a donc été validée a priori et la marche à blanc a pu commencer dans la foulée. [PV de réception Navya-Berthelet à annexer].

La durée de la marche à blanc sur Sophia Antipolis a été fixée à deux semaines sur proposition de l'exploitant au porteur du projet.

Deux semaines de fonctionnement conformes au cahier des charges et sans dysfonctionnement majeur ou bloquant ont bien pu être constatées sur la navette P97. La marche à blanc a été validée avec cette navette et une proposition d'ouverture du public a été faite par l'exploitant au porteur du projet à l'issue des deux semaines.

Néanmoins, pendant cette phase de marche à blanc, des dysfonctionnements sur le système V2X ont été observés sur la navette P77, avec une inconsistance sur la capacité à traverser le carrefour à feux du giratoire Saint Philippe. Par conséquent, la marche à blanc a été prolongée pour ce véhicule en attendant une action du constructeur.

Une analyse des dysfonctionnements rencontrés a été réalisée par le constructeur qui a mis en évidence la nécessité d'échanges avec l'aménageur et le fournisseur des feux connectés. A l'issue de plusieurs semaines d'échanges et d'interventions techniques sur le véhicule et sur les feux connectés, un correctif a été apporté qui a permis de constater deux semaines de service en marche à blanc sans dysfonctionnement majeur ou bloquant. La marche à blanc sur la navette P77 a ainsi pu être validée le 6 mai et une proposition d'ouverture du public a été faite par l'exploitant au porteur du projet.

2.6. ENTREE EN SERVICE

Suite à la validation de la marche à blanc, l'exploitant propose au porteur du projet l'ouverture du service au public.

Par exemple, dans le cas de Sophia Antipolis, l'ouverture du service s'est faite en deux temps :

- La navette P97 a été ouverte au public au moment de l'inauguration officielle le jeudi 7 avril 2022 (proposition d'ouverture le vendredi 11 mars 2022).
- La navette P77 a été ouverte au public suite à la résolution des problèmes V2X le lundi 9 mai 2022 (proposition d'ouverture le vendredi 6 mai 2022).

3. CONCLUSIONS / RECOMMANDATIONS

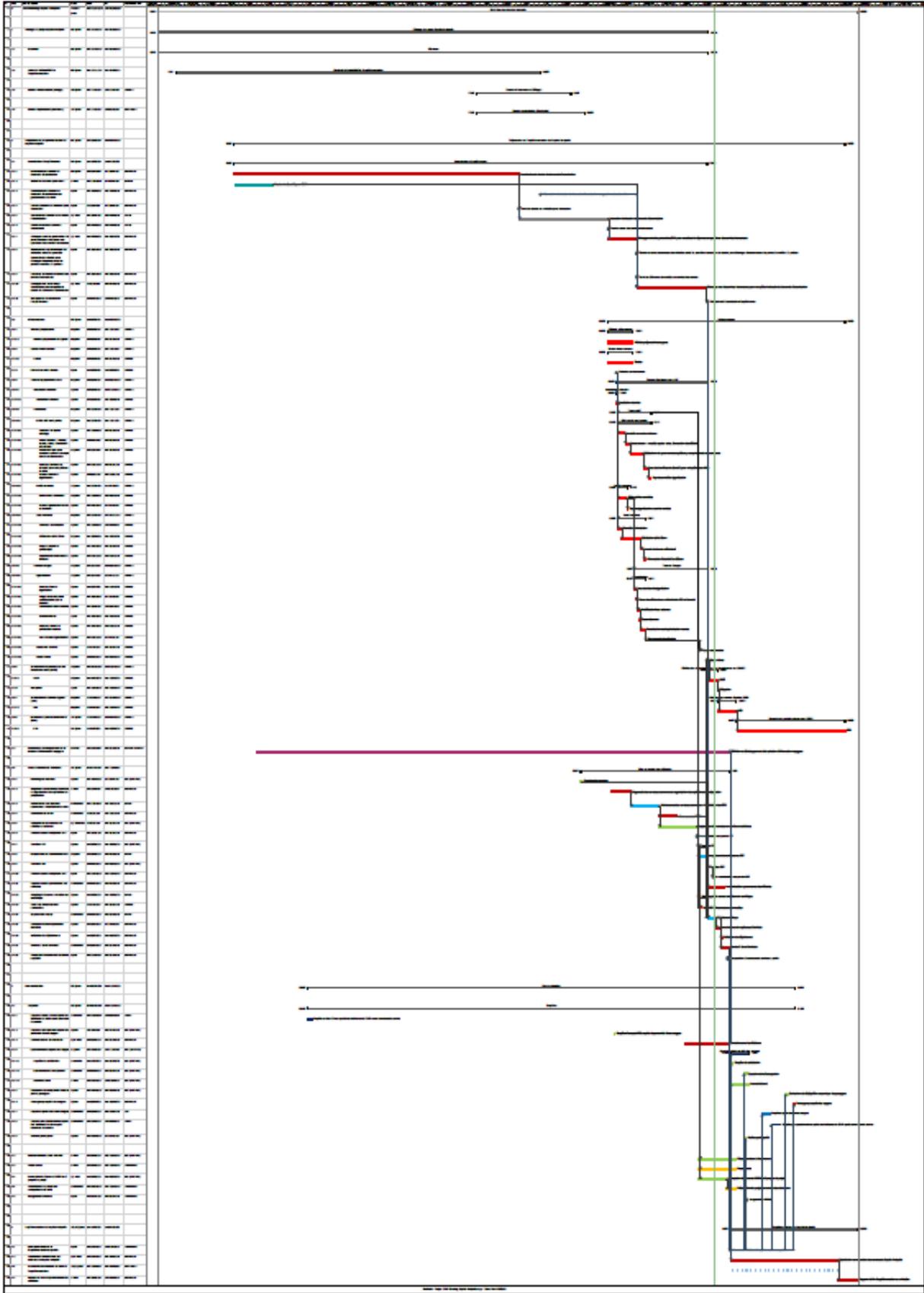
TABEAU 2 : SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS

<p>Etude de faisabilité technique et de sécurité du site de mise en service</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appliquer des méthodes d'analyse de risques en phase avec les standards et le retour d'expérience constructeur à la date d'évaluation de la faisabilité projet. Formaliser les risques, les mitigations et assurer une traçabilité. ▪ Analyser les données de trafic (accidentologie, comptages et comportements trafic, ...) ▪ Faire intervenir une entité tierce, garante de la coordination et de la conciliation de mise en œuvre des actions associées à l'analyse des risques. (Aménagements liés aux mitigations) <p>Appliquer une méthodologie en phase avec les futures évolutions de la réglementation de l'autorité locale.</p>
<p>Préparation des véhicules (fonctions et autorisations) et du site (aménagement et infrastructures)</p>	<p>Anticiper les risques et situations de manœuvres en manuel associées au véhicule dans le cadre de la construction d'un lieu de stockage.</p>
<p>Mise en service (déploiement)</p>	<p>Infrastructures connectées V2X :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anticiper l'ensemble des probabilités de scénarios dans le cadre de l'utilisation de plusieurs navettes. ▪ Affiner l'analyse des impacts liés aux différents scénarios de positions et de vitesses des véhicules sur le fonctionnement du V2X actif. (ex: arrêt en station à proximité du carrefour, ralentissement suite à un évènement aléatoire, ...)
<p>Formation des opérateurs / superviseurs</p>	<p>Traiter les retours liés au questionnaire de satisfaction de la formation opérateur en vue de l'amélioration continue des contenus pédagogiques</p>
<p>Marche à blanc</p>	<p>Construire un protocole de validation de la marche à blanc en intégrant des données quantitatives et qualitative, portant sur des items techniques et opérationnels précis.</p> <p>Intégrer un processus impliquant l'ensemble des parties prenantes (aménagement, constructeurs, prestataires de service, opérateurs de transport) pouvant contenir des plans d'action prédéfinis en cas de constat de défaillance sur les critères de validation de la marche à blanc.</p>
<p>Entrée en service</p>	<p>N/A</p>

4. REFERENCES

- [1] Navya (2020). « Etude de Faisabilité cas de Sophia Antipolis ». NAVYA_ENA_Sophia Antipolis_Analyse de site_V2.pdf
- [2] Livrable L.4.1.2 (2021). « Dossier Ministériel de demande d'autorisation d'expérimentation pour le cas d'usage de CASA ».
- [3] Eiffage (2021). « **CASA ENA - Plan Implantation Arrêts** ». CASA ENA - Plan Implantation Arrêts.pdf
- [4] Citelum (2021). « Réalisation d'adaptation d'infrastructures et mise en œuvre de systèmes de communication Navette-Infrastructure ». Signalisation lumineuse tricolore - Etude carrefour St Philippe.pdf
- [5] Navya (2019). « **En-4 6 B-C Informations techniques V2X** ».
- [6] Berthelet (2022) « **Compte-rendu de déploiement –BERTHELET –Sophia Antipolis** ». BERTHELET_Sophia_Antipolis - CR fin de deploiement -EXTERNE V28042022.pdf.
- [7] Livrable L1.6.1. (2020). « **Recueil d'informations sur les tâches et les formations des opérateurs Etat des lieux de départ** ».
- [1] Livrable L1.6.2. (2020) « **Programme cadre de formation des opérateurs pour chaque mission Etat des lieux de départ** »

ANNEXE A : PLANNING DE DEPLOIEMENT - CASA



ANNEXE B : DECISION MINISTERIELLE D'AUTORISATION D'EXPERIMENTATION - CASA



Direction générale de l'énergie et du climat

Paris, le 4 février 2022

DÉCISION

Décision ministérielle d'autorisation d'expérimentation de la circulation de véhicule à délégation partielle ou totale de conduite n° 2021-21

La ministre de la Transition écologique et solidaire ;

Vu le code de la route et notamment ses articles R. 322-3, R. 221-4 et R. 412-6 ;

Vu l'ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016 modifiée relative à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques ;

Vu le décret n° 2018-211 du 28 mars 2018 modifié relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques ;

Vu l'arrêté du 17 avril 2018 modifié relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques ;

Vu la demande d'autorisation d'expérimentation de la circulation de véhicules à délégation de conduite, comprenant un questionnaire dûment rempli, un dossier de présentation de l'expérimentation, un dossier technique des véhicules et la liste des sections de voirie concernées, présentées par la société Berthelet le 20 avril 2021 ;

Vu les compléments d'information apportés par Berthelet les 21 septembre et 26 octobre 2021 ;

Vu l'avis du ministre de l'intérieur en date du 21 janvier 2022 ;

Vu l'avis du directeur général des infrastructures, des transports et de la mer en date du 27 décembre 2021 ;

Vu l'avis des gestionnaires de voirie du 10 décembre 2021 ;

Vu les avis de l'autorité de police des 13 décembre 2021 et 5 janvier 2022 ;

Vu l'avis de l'autorité organisatrice des mobilités du 21 janvier 2022 ;

Considérant que les expérimentations de circulation de véhicules à délégation partielle ou totale de conduite peuvent consister à réaliser des essais fonctionnels sur route ouverte à la circulation afin de

tester les éléments constitutifs du système que sont les performances des composants et des fonctions de délégation de conduite en situation réelle ;

Considérant que cette expérimentation concerne principalement des situations de roulage sur des sections de route situées sur le territoire de la commune de Biot ;

Considérant que, pour réaliser cette expérimentation de circulation de véhicules à conduite automatisée, la société Berthelet doit faire circuler provisoirement deux véhicules prototypes NAVYA AUTONOM SHUTTLE DL4, dont les numéros de série sont notamment VG9A2CB2CIV019077 VG9A2CB2CIV019097 ;

Considérant que l'article R.322-3 du code de la route et l'article 9 du décret du 28 mars 2018 modifié susvisé prévoient que les véhicules à délégation de conduite relevant d'une expérimentation circulent sous couvert d'un certificat provisoire d'immatriculation WW DPTC ;

DÉCIDE :

Article 1

La société Berthelet est autorisée, en application des dispositions du décret n° 2018-211 du 28 mars 2018 modifié susvisé, et dans le strict respect des conditions d'organisation et de mise en œuvre de l'expérimentation telles que spécifiées dans le questionnaire dûment complété et les documents associés, ainsi que dans les compléments d'information transmis, détaillant notamment la description du parcours et le descriptif technique des véhicules et leur fonctionnement, ainsi que les mesures prises pour garantir la sécurité des personnes transportées mais aussi celle des autres usagers de la route, à expérimenter la circulation des véhicules d'expérimentation susvisés fonctionnant sous la surveillance permanente d'un conducteur professionnel.

Afin de réaliser cette expérimentation, la société Berthelet est autorisée, en application des dispositions du décret du 28 mars 2018 modifié et de l'arrêté du 17 avril 2018 susvisés, à utiliser deux certificats provisoires d'immatriculation WW DPTC pour faire circuler les véhicules d'expérimentation susvisés.

Les certificats provisoires d'immatriculation WW DPTC délivrés contiennent les données renseignées en annexe 1 de la présente décision.

Cette autorisation est délivrée sous réserve, d'une part, que les fonctionnalités du véhicule permettent au conducteur à bord de maîtriser le véhicule en toute circonstance et notamment d'effectuer toutes les manœuvres qui lui incombent et, d'autre part, que le conducteur du véhicule soit en permanence vigilant et en mesure de reprendre le contrôle du véhicule.

En application de l'article 2-1 de l'ordonnance du 3 août 2016 susvisée, le délai de reprise de contrôle du véhicule par le conducteur est de 1,3 secondes à partir du moment où les conditions d'utilisation du système de délégation de conduite ne sont plus remplies. Le conducteur doit être informé de ce délai.

Article 2

Les expérimentations de circulation de véhicule à délégation totale ou partielle de conduite seront réalisées sur les sections de routes détaillées en annexe 2 de la présente décision, selon les dispositions prévues dans le dossier consolidé déposé par la société Berthelet. En dehors de ces sections de route, aucune expérimentation de délégation partielle ou totale de conduite ne pourra être réalisée. Il est de la responsabilité de l'expérimentateur de déterminer avec précision les limites des sections. En cas de doute, l'expérimentateur devra conduire son véhicule en mode conventionnel.

Article 3

Les fonctionnalités de délégation de conduite mises en œuvre lors de l'expérimentation ne pourront pas dépasser le cadre des conditions d'organisation et de mise en œuvre de l'expérimentation telles que spécifiées dans les documents cités à l'article 1^{er}.

Article 4

Pour la conduite des véhicules d'expérimentation susvisés, les conducteurs doivent être titulaires d'un permis de conduire D en cours de validité en conformité avec les dispositions de l'article R. 221-4 du code de la route et devront adopter un comportement prudent au sens des dispositions des articles R. 412-6 et suivants du même code.

Pour l'expérimentation de circulation en mode délégué, seuls des conducteurs professionnels formés aux caractéristiques des véhicules d'expérimentation susvisés sont autorisés à conduire ces véhicules.

Article 5

S'agissant d'un véhicule à délégation de conduite destiné au transport public de personnes, en application de l'article 15 du décret du 28 mars 2018 susvisé, l'expérimentation doit débuter par une période d'essai sans voyageurs donnant lieu à un compte-rendu transmis au ministre chargé des transports et démontrant que l'expérimentation peut se poursuivre avec des voyageurs.

Dans le cadre de la présente autorisation et sans préjudice de ses autres dispositions, les passagers transportés par le véhicule ne sont considérés comme des usagers du transport public que lorsqu'il circule dans le cadre d'un service de transport, mis en place par l'autorité organisatrice des mobilités compétente et auquel il est affecté. Dans toute autre situation, la dérogation mentionnée au point II de l'article 13 du décret du 28 mars 2018 susvisé n'est pas applicable et les dispositions du point I de l'article 13 du même décret s'imposent.

Article 6

Les certificats provisoires d'immatriculation WW DPTC et la présente décision sont valables pendant un an à compter de la date de la présente décision.

Conformément à l'article 6 de l'arrêté du 17 avril 2018 susvisé, la société Berthelet devra présenter à l'administration un bilan de l'expérimentation dans le mois suivant la fin de l'expérimentation.

Article 7

Les certificats provisoires d'immatriculation WW DPTC délivrés ne sont utilisés par la société Berthelet que pour les véhicules prototypes identifiés par les numéros de série VG9A2CB2CIV019077 VG9A2CB2CIV019097, dans le strict cadre de son expérimentation spécifique et dans les conditions de circulation définies au titre III du décret du 28 mars 2018 modifié et dans l'arrêté du 17 avril 2018 susvisés.

Article 8

Sans préjudice du point VI de l'article 4 de l'arrêté du 17 avril 2018 susvisé, le ministre chargé des transports et le ministre de l'intérieur sont informés sans délai de tout événement susceptible de porter atteinte à la sécurité impliquant un véhicule circulant sous couvert d'un des certificats provisoires d'immatriculation WW DPTC délivrés aux adresses suivantes : vdptc@developpement-durable.gouv.fr et vdptc@interieur.gouv.fr.

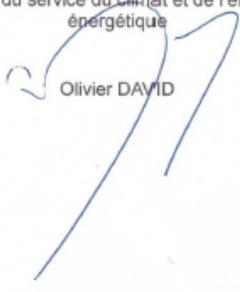
Sans préjudice de l'article 18 du décret n°2018-211 du 28 mars 2018 modifié susvisé, le défaut d'information entraîne la caducité de la présente autorisation et des certificats provisoires d'immatriculation WW DPTC délivrés.

Le non-respect du décret du 28 mars 2018 modifié susvisé entraîne l'application de l'article 18 du même décret.

Pour la ministre et par délégation,

Le chef du service du climat et de l'efficacité
énergétique

Olivier DAVID



Annexe 1

Informations à destination des CERT – Rubriques à renseigner dans le SIV
Titre du certificat : « Certificat provisoire d'immatriculation WW DPTC »

- (A)
- (B) -
- (C.1)
 - ou (C.3)
 - ou (C.4.a)
- (C.4.1) -
- (D.1) -
- (D.2) -
- (D.3) -
- (E) - VG9A2CB2CIV019077 VG9A2CB2CIV019097;
- (F.1) -
- (F.2) -
- (F.3) -
- (G) -
- (G.1) -
- (H.1) 2021-21
- (H.2) Voir décision ministérielle
- (H.3) Voir décision ministérielle
- (H.4) Voir décision ministérielle
- (I)
- (J) -
- (J.1) -
- (J.2) -
- (J.3) -
- (P.1) -
- (P.2) -
- (P.3) - EL
- (P.6) -
- (Q) -
- (S.1) - 11**
- (S.2) - 4
- (U.1) -
- (U.2) -
- (V.7) -
- (V.9) -
- (X.1) -
- (Y.1) -
- (Y.2) -
- (Y.3) -
- (Y.4) -
- (Y.5) -
- (Y.6) -
- (Z.1) à (Z.4) -

Nota : Seules les données mentionnées ci-dessus sont à renseigner sur le certificat d'immatriculation du véhicule. Les rubriques en gras sont obligatoires.

Annexe 2

LISTE DES SECTIONS DE ROUTE SUR LESQUELLES LES TESTS DE DELEGATIONS DE CONDUITE POURRONT ETRE REALISES

Voie	De	A	Gestionnaire
Cheminement piéton du giratoire Saint Philippe	Sud du giratoire Saint Philippe	Nord du giratoire Saint Philippe	Département des Alpes Maritimes
Carrefour Saint Philippe	Nord du cheminement piéton du giratoire Saint Philippe	Avenue Roumanille	Département des Alpes Maritimes
Avenue Roumanille	Nord du giratoire Saint Philippe	Extrémité de l'avenue Roumanille	CASA



expérimentations
navettes autonomes



Tentez l'expérience