



expérimentations
navettes autonomes

Kit de Déploiement Navettes Autonomes



Le projet est soutenu dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir
opéré par l'ADEME
Appel à projet EVRA Expérimentation du véhicule routier autonome
Convention de contractualisation n° 1982C0050

Projet labélisé par 

Information

Livrable L1.4.1

Version 1.1 Approuvée Copil ENA

Date : 30.06.2020

Niveau de diffusion : Public

Auteurs

Charly Denôme – SCE

Loïc Vanbaelinghem – Eiffage Energie Systèmes

Hassane Ouchouid – Navya

Elodie Chateauroux – Transpolis SAS

Relecteurs

Philippe Vezin – Université Gustave Eiffel

Noëlle Favier – Université Gustave Eiffel

Astrid Bocher – Université Gustave Eiffel

Pierre Médard-Colliard – Berthelet

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.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

Ce livrable est produit dans le cadre du projet ENA qui a pour but, au travers des expérimentations sur des territoires à problématiques variées, d'identifier les attentes des usagers en terme de mobilité autonome, de leur proposer le service d'une ou plusieurs navettes autonomes et d'analyser si cette solution répond effectivement à leurs besoins. Ainsi dans le cadre de système de transport collectif, l'objectif d'ENA et de ses 13 partenaires, industriels, académiques et collectivité territoriales, est d'analyser quelle sera la plus-value de la navette autonome, intégrée à un réseau de transport en commun préexistant ou utilisée sur des territoires ne disposant pas de transport en commun.

Ce document, co-construit par différents partenaires du projet, décrit les démarches et les prérequis nécessaires pour déployer une navette autonome sur un territoire. Il est pensé comme une boîte à outil destinée à être diffusée au plus grand nombre et notamment aux collectivités qui souhaiteraient mettre en place un service de navette autonome.

Pour réaliser ce document les auteurs ont procédé par grandes catégories :

- Ils ont listé en premier lieu les prérequis puis les aménagements à réaliser et les équipements à mettre en œuvre.
- Ils ont défini les principes et les prérequis pour mettre en œuvre la navette autonome tels que ceux pour le déploiement, le choix du parcours, la gestion des priorités, des stops ...
- Puis les démarches administratives sont énumérées, telles que nécessaires au 1er juillet 2020, ainsi que le déroulé des études préliminaires et de la phase de conception.
- Pour récapituler toutes ces étapes, un planning avec tous les jalons est présenté en fin de document.

Ce livrable a donc un périmètre d'utilisation assez large et peut s'appliquer à une majorité de cas d'usage. Il devra être mis à jour en fonction de l'évolution des technologies et de la législation.

La rédaction de ce livrable a été dirigée par SCE, une entreprise qui accompagne les acteurs publics et privés dans leurs projets d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement. Spécialiste des questions d'ingénierie des infrastructures et de l'environnement il apporte son expertise au projet sur ces questions.

Eiffage Energie Systèmes a collaboré à ce livrable sur les parties qui concernent les interactions entre le véhicule et les infrastructures, son domaine de compétences.

Navya, constructeur de navettes autonomes, a contribué sur les parties décrivant les besoins de la navette que les collectivités ou acteurs privés doivent remplir pour pouvoir l'accueillir sur leur territoire. Ils ont également fourni de nombreux exemples concrets qui illustrent ce document.

Transpolis SAS, ville laboratoire de la mobilité apporte ses compétences en termes de tests sur les véhicules autonomes, réalisation de scénarios critiques et complexes. Ils ont travaillé dans ce document sur ce qui concerne la sécurisation du déploiement.

Il a également été relu par Berthelet, opérateur de transport, qui possède une solide expérience dans le déploiement de navettes autonomes.

Ce livrable est en lien avec d'autres dont il reprend de façon moins détaillé certaines thématiques notamment les livrables de la Tâche 4.1 qui reviendront précisément sur la demande d'autorisation de mise en service ou ceux de la Tâche 4.2 sur les aménagements des infrastructures sur les territoires.

TABLES DES MATIERES

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INTRODUCTION | 1 |
| 2. | DESCRIPTION GÉNÉRALE DES PRÉREQUIS | 3 |
| 2.1. | DOCUMENTS D'URBANISME ET DE PROSPECTIVE | 3 |
| 2.2. | DOCUMENTS GRAPHIQUES | 3 |
| 2.3. | DOCUMENTS LIÉS AUX DÉPLACEMENTS | 3 |
| 2.4. | DOCUMENTS TECHNIQUES PARTICULIERS | 3 |
| 3. | DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS À RÉALISER | 5 |
| 3.1. | AMÉNAGEMENT DE VOIRIE | 5 |
| 3.1.1. | Adaptation de la voie de circulation de la navette autonome | 5 |
| 3.1.2. | Aménagements liés à la localisation des véhicules autonomes | 5 |
| 3.1.3. | Aménagement de carrefour | 6 |
| 3.1.4. | Aménagements connexes | 6 |
| 3.2. | SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE LIÉES À LA NAVETTE | 7 |
| 3.3. | LOCAL DE REMISAGE ET DE RECHARGE | 8 |
| 4. | DESCRIPTIONS DES ÉQUIPEMENTS À METTRE EN ŒUVRE | 9 |
| 4.1. | ANTENNE GNSS | 9 |
| 4.1.1. | Principe de fonctionnement : | 9 |
| 4.1.2. | Prérequis de fonctionnement | 9 |
| 4.1.3. | Travaux d'installation | 9 |
| 4.2. | LOCAL DE REMISAGE ET DE RECHARGE | 10 |
| 4.2.1. | Prérequis techniques de la zone de stockage | 10 |
| 4.3. | CARREFOUR À FEUX | 10 |
| 5. | DÉFINITION DE PRINCIPES ET PRÉREQUIS À LA MISE EN SERVICE DU VÉHICULE AUTONOME | 11 |
| 5.1. | PRÉREQUIS DE DÉPLOIEMENT | 11 |
| 5.1.1. | Informations générales | 11 |
| 5.1.2. | Informations sur le site et le parcours | 11 |
| 5.2. | AIDE À LA SÉLECTION DU SITE | 12 |
| 5.2.1. | Localisation du Véhicule | 12 |
| 5.2.2. | Environnement et Décisions | 14 |
| 5.2.3. | Conditions météorologiques | 15 |
| 5.3. | GESTION DES PRIORITÉS | 15 |
| 5.4. | GESTION DES INTERSECTIONS | 16 |
| 5.5. | GESTION DES STOPS | 16 |

| | | |
|--------|---|----|
| 5.5.1. | Stop manuel sans temporisation (Fonctionnalité Navya) | 16 |
| 5.5.2. | Stop avec temporisation (Fonctionnalité Navya) | 16 |
| 6. | DÉMARCHES ADMINISTRATIVES | 17 |
| 6.1. | DOSSIER DE DÉROGATION MINISTÉRIEL | 17 |
| 6.2. | DOSSIER DE PERMIS DE CONSTRUIRE | 17 |
| 6.3. | ETUDE D'IMPACT/DOSSIER LOI SUR L'EAU | 17 |
| 6.4. | DOSSIER DE CARREFOUR | 17 |
| 6.5. | DOSSIER AUPRÈS DES ORGANISMES DE SÉCURITÉ FERROVIAIRE | 18 |
| 6.6. | ARRÊTÉS DE VOIRIE | 18 |
| 6.7. | DÉCLARATION DE TRAVAUX / AUTORISATION DE TRAVAUX | 18 |
| 6.8. | AVENANT À LA DSP TRANSPORT | 18 |
| 7. | DÉROULÉ DES DIFFÉRENTES MISSIONS | 19 |
| 7.1. | ETUDES PRÉLIMINAIRES | 19 |
| 7.1.1. | Etudes préliminaires « Générales » | 19 |
| 7.1.2. | Etudes préliminaires « constructeur » (NAVYA) | 19 |
| 7.1.3. | Etudes complémentaires pour la sécurisation du déploiement | 22 |
| 7.2. | CONCEPTION – MAITRISE D'ŒUVRE | 22 |
| 8. | PLANNING TYPE AVEC JALONS | 25 |
| 8.1. | PLANNING INDICATIF POUR LE DÉPLOIEMENT D'UNE NAVETTE AUTONOME | 26 |
| 8.2. | DE DÉPLOIEMENT LONG - SOUMIS À AUTORISATION MINISTÉRIELLE (ROUTE OUVERTE) | 27 |
| 8.3. | DÉPLOIEMENT COURT – SANS AUTORISATION MINISTÉRIELLE | 28 |
| | ANNEXE 1 : ANALYSE DE CAS DES INTERSECTIONS | 29 |

1. INTRODUCTION

L'objectif du kit de déploiement est de définir une méthodologie commune de déploiement des navettes autonomes à destination des territoires, sous la forme d'un « kit de déploiement » permettant d'optimiser les études de site sur un socle commun comprenant :

- Une description générale des prérequis.
- Une description des aménagements à réaliser (liste exhaustive qui sera adaptée à chaque site) : aménagements de voirie et cheminements piétons, gestion des carrefours par signalisation lumineuse tricolore (SLT), aménagement des arrêts, aménagement d'une zone de remisage et recharge, signalisation et information (kakemono, structures fixes, marquage au sol...).
- Une description des équipements à mettre en œuvre : pour tous cas d'usage (recharge électrique, base GNSS...) et par point particulier du cas d'usage (tourne à gauche, carrefour à feu, accessibilité PMR...).
- Une liste ou une trame de documentation pour les démarches administratives (dossier de dérogation ministériel, arrêtés de voirie, dossiers réglementaires selon le type d'aménagements, autorisations...).
- Un déroulé des différentes missions à réaliser (liste exhaustive à adapter au cas par cas) : études amont (socio-économique, mobilité, environnement...), études opérationnelles (dossiers réglementaires, maîtrise d'œuvre), travaux, essais et mise en service...
- Un planning type présentant les principaux jalons successifs nécessaires au déploiement.

Ce kit se présentera sous forme d'une boîte à outils permettant à chaque territoire de s'approprier la démarche et d'envisager le déploiement d'une navette. Il s'appuiera sur les retours d'expérience des différents membres de l'équipe, et sur une veille technique et réglementaire concernant le sujet.

2. DESCRIPTION GENERALE DES PREREQUIS

2.1. DOCUMENTS D'URBANISME ET DE PROSPECTIVE

Ces documents doivent permettre d'identifier le contexte urbain, les projets en cours ou à venir sur le secteur d'étude, les polarités à desservir, les contraintes urbaines et réglementaires ; le Plan Local d'Urbanisme, PLU, (ou le Plan Local de Déplacement PLD) précise le cadre de la mobilité et les enjeux de transport. Ces documents sont indispensables pour une analyse socio-économique du projet de navette autonome. Ces documents peuvent être de différentes natures :

- Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) ;
- PLU ou Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) ou Plan Local d'Urbanisme intercommunal et Habitat (PLUiH) ;
- Plan de Déplacement Urbain (PDU) ou PLD ;
- Descriptif des projets structurants pour le secteur d'étude.
- ...

2.2. DOCUMENTS GRAPHIQUES

Ces documents permettent d'identifier les propriétaires fonciers, de mesurer la dureté foncière si des acquisitions s'avèrent nécessaire ; enfin les plans au format type Autocad® sont indispensables pour dessiner le projet.

- Cadastre ;
- Plans topographiques ;
- Plans et Profils des voies envisagées ;
- ...

2.3. DOCUMENTS LIES AUX DEPLACEMENTS

Au-delà du PDU qui trace la prospective en termes de déplacements, ces documents techniques permettent de définir le service à mettre en place, d'apprécier sa complémentarité avec le réseau de transport, de mesurer les impacts du projet sur les trafics tous modes dans le secteur d'étude, de définir la gestion future des carrefours, d'évaluer finement l'impact en termes de stationnement.

- Enquête-ménage déplacements ou matrices origines – destination ;
- Comptages de trafic sur les voies envisagées ; et comptages directionnels sur les carrefours importants ou sensibles ;
- Lignes de Transports en Commun : services, fréquentation ;
- Schéma directeurs vélo ou modes doux ;
- Enquête stationnement sur le secteur d'étude ;
- ...

2.4. DOCUMENTS TECHNIQUES PARTICULIERS

Ces documents sont indispensables en phase de maîtrise d'œuvre pour définir les travaux à réaliser.

- Plans de réseaux ;
- Plans de feux ;
- ...

Les prérequis seront complétés en cours d'étude selon les besoins et l'itinéraire retenu.

3. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS A REALISER

3.1. AMENAGEMENT DE VOIRIE

3.1.1. Adaptation de la voie de circulation de la navette autonome

La circulation d'une navette autonome peut se faire sur différents types de voie, dont notamment :

- Voie douce partagée ;
- Voie réservée ;
- Voie partagée avec d'autres véhicules routiers.

Les aménagements en conséquence peuvent être de plusieurs ordres :

- Elargissement des voies de circulation si nécessaire (élargissement par modification des bordures de voies, modification de marquages au sol). Par exemple : la Navya Autonom Shuttle nécessite des largeurs de voies supérieures à 2,7 mètres.
- Modification des régimes de priorité aux intersections (en fonction de la situation) par ajout/modification de marquage au sol et mise en place de signalisation adaptée (panneaux de signalisation, balise routière de renforcement permanent d'un marquage balises ou J11, feux...).
- Retrait d'obstacles pouvant gêner la visibilité des capteurs.
- Aménagement de zone de retournement (Cercle de 12 mètres minimum pour l'Autonom Shuttle).
- Aménagement de stations avec information voyageur.
- Aménagement de stations avec installation de quais adaptés aux personnes à mobilité réduite (dimensions spécifiques à adapter en fonction du véhicule pour respecter les normes de pente en vigueur).
- Dans certains cas, suppression de places de stationnement gênantes ou situées en bordure immédiate des voies pour redirection vers des zones de parkings (afin d'éviter les débordements sur la voie et les risques de détections subites ; par exemple : ouverture de portière).
- Ragréage, reprise de l'état des enrobés de voirie (pour amélioration du confort de roulage, éviter l'usure prématurée du véhicule et garantir une stabilité d'assiette pour la centrale inertielle et les capteurs).
- Installation de signalisation spécifique à adapter au service de véhicule autonome (pas de panneaux normés mais le sujet est en cours d'évolution).
- Modification / redirection des cheminements piéton et pistes cyclable.
- Transformation de la nature d'une voirie (ex : passage en voie verte, passage en zone 30 km/h) conformément aux règles applicables au partage de voirie et/ou pour réduire les écarts de vitesse entre la navette et les autres usagers).
- Restriction / limitation d'accès aux véhicules à gros gabarits dans certain cas ; (pour éviter les situations de croisements impossibles).

3.1.2. Aménagements liés à la localisation des véhicules autonomes

Compte tenu des performances et limites technologiques actuelles des systèmes de localisation des véhicules autonomes, il peut être nécessaire de prévoir des aménagements particuliers, dont notamment :

- Ajout d'infrastructures (volume et disposition dépendante de l'environnement existant) pour amélioration de la localisation par technologie Lidar.
- Elagage et maintien de la végétation non structurante (feuilles, branches, strates basses...) pour maintien de stabilité temporelle des cartographies Lidar.
- Elagage de la végétation recouvrant les voies de circulation pour créer de l'ouverture vers le ciel.

3.1.3. Aménagement de carrefour

Afin de permettre la circulation d'un véhicule autonome sur un carrefour routier, les aménagements particuliers suivants peuvent être rendus nécessaires :

- Adaptation de géométrie ;
- Création d'un giratoire ;
- Installation de feux tricolores ou autres types de feux aux intersections non équipées (exemple : la gestion d'un tourne-à-gauche dans un carrefour ou l'insertion sur un axe très circulant peut nécessiter la gestion par feux tricolore) ;
- Implantation d'unités bord de route (UBR) et raccordement aux contrôleurs de carrefour pour communication vers les véhicules ;
- Paramétrage et reprogrammation des plans de feux pour adapter la gestion du trafic au passage des véhicules autonomes.

3.1.4. Aménagements connexes

Sans être exhaustif, en fonction des particularités de chaque itinéraire, il peut être rendu nécessaire les aménagements connexes suivants :

- Mise en place de ralentisseurs ;
- Mise en place ou aménagement de traversées piétonnes ;
- Réaménagement des places de stationnement ;
- Mise en place de repères fixes ;
- Aménagement de zone de retournement ;
- Aménagement des arrêts ;
- ...

Par exemple, Navya recommande (Extrait de l'Operational Design Domain – ODD - Navya Autonom Shuttle) sur ce point : « ... la création de stations directement sur la voie de circulation car cela est plus simple à gérer pour le véhicule et utilise moins d'espace pour le stationnement à quai ».



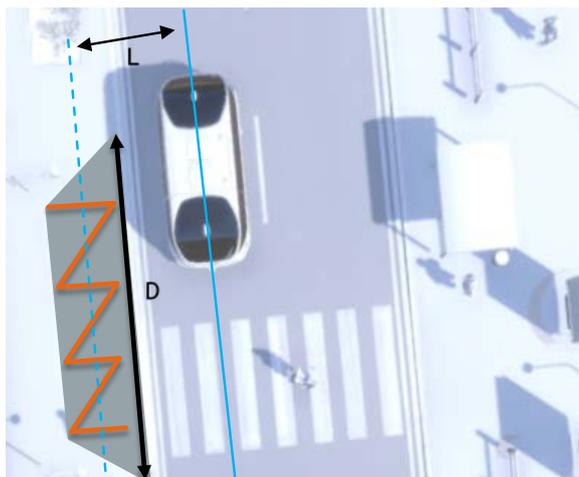
FIGURE 1 : STATION SUR VOIE DE CIRCULATION

En effet ; si un arrêt de type « arrêt de bus » est en dehors de la voie de circulation (en encoche par exemple), alors la longueur minimale nécessaire est de 21 mètres :



FIGURE 2 : STATION HORS VOIE DE CIRCULATION

Voici des valeurs indicatives pour aider à concevoir correctement une station déportée respectant les contraintes de manœuvre du véhicule.



$L = 1 \text{ m}, D_{\text{mini}} = 17\text{m}$

$L = 2 \text{ m}, D_{\text{mini}} = 19\text{m}$

$L = 3 \text{ m}, D_{\text{mini}} = 21\text{m}$

FIGURE 3 : EXEMPLE DE STATION DEPORTEE RESPECTANT LES CONTRAINTES DE MANŒUVRE DU VEHICULE

3.2. SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE LIEES A LA NAVETTE

Le déploiement d'une navette nécessite de vérifier la signalisation existante et de la compléter, notamment :

- Signalisation horizontale : marquage axial sur l'ensemble de l'itinéraire de la navette (type de tracé adapté à la réglementation de la voie) ; marquage réglementaire pour les différents aménagements réalisés.
- Marquage horizontal renforcé pour alerter les usagers et renforcer la sécurité : logo de navette (uniquement sur site fermé), logo « zone 30 » ...
- Marquage vertical de police en lien avec les aménagements réalisés.
- Marquage vertical renforcé pour alerter les usagers et renforcer la sécurité : modification de carrefour, information sur la présence d'une navette autonome...

3.3. LOCAL DE REMISAGE ET DE RECHARGE

Le local peut être de différentes natures : élément préfabriqué type container ou bungalow, local existant réaménagé, local construit sur place, ...

Dans tous les cas, les aménagements suivants seront nécessaires :

- Création ou aménagement d'une plateforme pour recevoir le local.
- Création ou aménagement d'une voie d'accès au local ; idéalement, le parcours d'accès au local de remisage, hors parcours commercial, doit pouvoir être effectué par la navette en condition de circulation autonome ; il doit donc répondre aux mêmes exigences, notamment pour le traitement des carrefours.
- Raccordement aux réseaux :
 - Eaux pluviales ;
 - Eaux potable et eaux usées si le local doit aussi servir de local de pause pour les opérateurs ;
 - Electricité (alimentation en 220 V – 32 A pour une recharge rapide, et 220 V – 16 A pour la recharge lente et les autres besoins électriques) ;
 - Téléphone / liaison internet : une liaison fixe peut être remplacée par des portables (à prévoir dans ce cas dans les équipements).

Un cahier des charges type d'un local de remisage / recharge est donné en exemple dans la section 4.2. Les photos suivantes donnent une illustration de locaux de remisage pour une ou deux navettes.



**FIGURE 4 : LOCAL SYTRAL POUR LES NAVETTES NAVYA DE DECINES (69)
ENTRE LE TRAM T3 ET LE PARC OLYMPIQUE LYONNAIS**

4. DESCRIPTIONS DES EQUIPEMENTS A METTRE EN ŒUVRE

4.1. ANTENNE GNSS

4.1.1. Principe de fonctionnement :

Afin de permettre la localisation précise du véhicule sur son site d'exploitation, une navette comme la Navya Autonom Shuttle utilise un système de télécommunication GPS RTK (Global Positioning System Real Time Kinematic) ou GNSS (Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites). Le principe de fonctionnement est le suivant : une Base GNSS fixe est installée à proximité du site d'exploitation et une antenne réceptrice mobile est installée sur le(s) véhicule(s). A chaque instant, la navette est ainsi capable de déterminer précisément sa position grâce aux corrections envoyées par sa Base GNSS (fixe dans le temps) via Radio et 3G/4G.

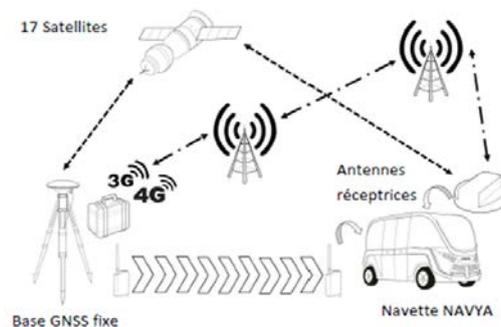


FIGURE 5 : SCHEMA DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA LOCALISATION PAR ANTENNE GNSS

4.1.2. Prérequis de fonctionnement

Installation d'une base GNSS fixe à proximité du site d'exploitation.

Elle doit être positionnée sur un point culminant du circuit d'exploitation (exemple : en toiture de bâtiment) et son champ de rayonnement doit être le plus dégagé possible pour une portée de communication optimale.

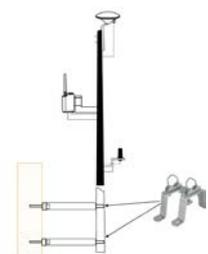
Installation d'une antenne réceptrice GNSS Mobile et d'une antenne réceptrice radio sur le véhicule

Ces 2 antennes permettent de recevoir les signaux GNSS des 17 satellites nécessaires au calcul de la position de la navette. Au minimum, 9 satellites « concordants » doivent être captés simultanément par la base GNSS et par la navette afin d'obtenir une position précise de celle-ci. L'échange d'informations de localisation (positionnement de la navette, corrections de position...) s'effectue par fréquence radio ainsi que par réseau 3G/4G.

4.1.3. Travaux d'installation

Afin d'adapter l'installation du matériel de réception GNSS fourni par le constructeur, les travaux suivants peuvent être à réaliser :

- Mise en place d'un mât rigide adapté à configuration du bâtiment sélectionné.
- Création de supports d'antennes GNSS, Radio et 3G/4G spécifiques.
- Etude pour fixation du mât et du coffret (type coffret électrique)
- Installer une arrivée électrique proche de l'antenne
- Installation d'une prise étanche 16A/230V
- Fixer le coffret électrique « Base GNSS » proche du mât.



Important : Le mât sur lequel est fixée l'antenne réceptrice GNSS doit être dimensionné (largeur, rigidité, etc.) pour que l'antenne GNSS ne bouge pas malgré les conditions climatiques (vent, forte pluie, etc.). En effet l'antenne GNSS doit avoir une position fixe dans l'espace (x,y,z) pour ne pas fausser les calculs de sa propre position, qui sert notamment de point de référence aux véhicules pour le positionnement.

4.2. LOCAL DE REMISAGE ET DE RECHARGE

Afin de garantir la fonctionnalité et la longévité des véhicules, il est nécessaire de stationner les navettes dans une zone de stockage spécifique couverte et ventilée.

A titre d'exemple, voici une liste des caractéristiques du lieu de stockage pour des véhicules électriques autonomes de type « navette urbaine » comme par exemple la Navya Autonom Shuttle (ces éléments sont donnés à titre indicatif et dépendent du modèle de véhicule).

4.2.1. Prérequis techniques de la zone de stockage

Caractéristiques générales

- Hauteur min. sous plafond : H = 3,70 m ;
- Largeur min. pour stockage : L = 3,50 m par navette ;
- Largeur min. pour stockage et maintenance : 4,50 m par navette ;
- Profondeur min. : P= 6 m (1,50 m à l'avant et à l'arrière du véhicule pour pouvoir permettre certaines opérations de maintenance) ;
- Zone de stockage couverte et ventilée ;
- Température de stockage max. : 40°C ;
- Température de stockage min. : 0°C ;
- Présence d'un système de ventilation ;
- Localisation : en proximité immédiate du parcours de la navette pour limiter les déplacements en manuel ;
- Présence d'un système de recharge électrique 16A ou 32A disponible 24h/24.

Caractéristiques électriques

- Recharge :
 - Prise P17 16A ou 32A ou prise véhicule Mode 3 type 2 ;
 - Circuit électrique 220V monophasé ;
 - Prise et disjoncteur dédiés à la charge de la navette.

La prise de recharge doit être capable de délivrer une intensité de 16 A en continu pendant 10h.

Caractéristiques d'accès

- Système d'accès (portail automatique ou non) dans le cas d'un accès en mode autonome dans le garage, des spécificités peuvent s'appliquer comme l'inter connectivité avec la commande de porte et des dimensions intérieure minimums.
- Système de sureté (clé, code, cadenas, bip, alarme...)

4.3. CARREFOUR A FEUX

Le carrefour à feux à adapter ou à créer ne peut être défini avec des équipements type. En effet, compte tenu de la configuration voirie existante, il faudra adapter :

- Le choix du contrôleur de feu :
 - Nombre de lignes ;
 - Capacité à dialoguer avec UBR.
- Le choix de l'UBR à raccorder sur le contrôleur ;
- Le choix des signaux lumineux routiers : signal tricolore circulaire R11, R11v (tricolore), R11j (clignotant) ; signal tricolore de contrôle de flot R22, R22j (clignotant), R22v (vert en bas) (selon l'Arrêté du 12 décembre 2018 relatif à la modification de la signalisation routière) ;
- Le choix des signaux lumineux « éléments extérieurs : R12 & R25 (piétons), R13 & R19 (cyclistes) (selon l'Arrêté du 23 septembre 2015 relatif à la modification de la signalisation routière en vue de favoriser les mobilités actives).

Un feu R24 (Signal d'arrêt) pourra, selon certaines configurations, être installé dans la sortie d'un giratoire.

5. DEFINITION DE PRINCIPES ET PREREQUIS A LA MISE EN SERVICE DU VEHICULE AUTONOME

La présente description des prérequis de fonctionnement généraux liés au déploiement d'un véhicule autonome de type « Navette urbaine » est donnée à titre indicatif et se base sur les capacités connues et maîtrisées des véhicules Navya utilisés dans le projet. Ces éléments ne sont pas exhaustifs et peuvent, suivant les spécificités des véhicules, être amenés à changer ou évoluer.

5.1. PREREQUIS DE DEPLOIEMENT

5.1.1. Informations générales

Afin de pouvoir cadrer le projet de déploiement et établir un planning prévisionnel réaliste, les informations suivantes sont nécessaires :

- Définir le type de service initialement attendu (démonstration, évènementiel, desserte temporaire, exploitation, etc...);
- Définir la date de mise en exploitation ou de démonstration ;
- Définir la durée de l'exploitation ou de démonstration ;
- Définir le nombre d'heures de roulage journalier ;
- Définir le nombre de navettes nécessaires.

5.1.2. Informations sur le site et le parcours

Le parcours choisi doit répondre à des critères précis inhérents aux technologies employées pour la localisation et la perception, ainsi qu'aux caractéristiques physiques du véhicule et à l'environnement dans lequel il va évoluer.

Ci-dessous, la liste des informations obligatoires à récolter pour permettre de réaliser l'analyse de faisabilité du site :

- Catégoriser le site (Intérieur ou Extérieur) ;
- Catégoriser le type de parcours : site public ou privé, route ouverte ou voie dédiée ;
- Obtenir une vue 3D du site (Cartographie de navigation 3D en ligne) ;
- Obtenir un plan du circuit (tracé prévisionnel) du parcours souhaité ;
- Obtenir de nombreuses photos du circuit : par exemple, Navya demande une photo tous les 30 mètres en ligne droite et plusieurs photos de chaque intersection et éléments notables (panneaux de signalisation, dos d'âne, feux de signalisation, places de parking matérialisées ou non, passages à niveaux...);
- Obtenir un film du circuit avec une caméra fixée à bord d'un véhicule roulant sur le parcours à une vitesse maximum de 20 km/h ;
- Obtenir la localisation des arrêts prévus sur le circuit ;
- Obtenir la technologie de communication des feux de signalisation si le site possède des feux communicants (système V2X (Vehicle-to-Everything) requis) ;
- Obtenir les hauteurs et longueurs des éventuels quais pour Personnel à Mobilité Réduite (PMR) déjà présents sur le tracé ;
- Obtenir les largeurs de voies utilisables maximum et minimum par le véhicule sur l'ensemble du parcours ;
- Evaluer les distances entre les bâtiments et l'axe du parcours (éléments d'accroche Lidar) ;
- Relever les éléments fluctuants (végétation, véhicules garés...);
- Obtenir les propriétés des virages (par exemple : Angle > à 90° serré) ;

- Obtenir les pentes/devers maximum du parcours (longueur et pourcentage de pente). A titre informatif, la navette peut franchir une pente maximum de 12 % sous certaines conditions ;
- Obtenir les règles spécifiques de circulation du site et/ou pays ;
- Définir le sens de marche de la navette (un sens ou les deux) ;
- Type et densité de trafic routier, type et densité de trafic piéton, comportement piéton, comportement routier habituellement constaté ;
- Notifier la présence ou non de vandalisme fréquent aux abords du circuit ;
- Notifier les tendances au parking sauvage sur le tracé ;
- Evaluer la Météo générale du site (température maximale et minimale, pluviométrie, neige, glace) ;
- Relever la nature du sol (goudron, pavés, stabilisé, herbe ...) et état général de la chaussée ;
- Lister les services d'urgence de proximité (police, pompiers etc...) ;
- Relever les éléments mobiles en fonction des commerces (panneaux mobiles, parasols, stores) ;
- Connaissance de l'évolution temporelle du site (événementiel – jour de marché, création de bâtiments prévus, travaux à venir, etc...).

5.2. AIDE A LA SELECTION DU SITE

5.2.1. Localisation du Véhicule

La localisation du véhicule est fonction de plusieurs éléments qui sont à prendre en compte lors du choix du site.

GNSS

Afin de permettre la localisation précise du véhicule sur son site d'exploitation, l'Autonom Shuttle utilise un système de télécommunication GNSS RTK. Le principe de fonctionnement est le suivant : une base GNSS fixe est installée à proximité du site d'exploitation et une antenne réceptrice mobile est installée sur le(s) véhicule(s). A chaque instant, le véhicule est ainsi capable de déterminer précisément sa position grâce aux corrections envoyées par sa base GNSS (fixe dans le temps) via radio et 3G/4G.

Le GNSS nécessite pour cela un environnement dégagé au-dessus du véhicule avec un angle d'ouverture de 90° sur le ciel.

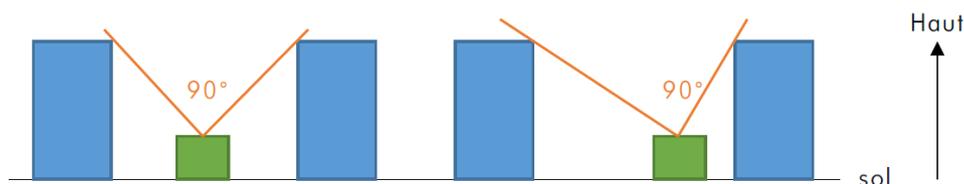


FIGURE 6 : SCHEMA DES ZONES DEGAGEES AU-DESSUS DU VEHICULE POUR LA LOCALISATION PAR ANTENNE GNSS

Les zones où la réception du signal GNSS peut potentiellement être dégradée sont donc les suivantes (liste non exhaustive) :

- Cas 1 : Zone dont la végétation masque le dessus du véhicule (angle d'ouverture inférieur à 90 degrés) ;
- Cas 2 : Zone de Tunnels ;
- Cas 3 : Zones urbaines avec des bâtiments très proches (par exemple un hyper centre) ;
- Cas 4 : Zones boisées denses ;
- Cas 5 : Zones couvertes.

Capteurs Lidar

La localisation Lidar utilise les données des capteurs Lidar, de la centrale inertielle (Inertial Measurement Unit - IMU) et de l'odomètre (capteurs de roue) pour créer préalablement au déploiement une cartographie de l'environnement de la navette. Cette cartographie peut parfois être réalisé par un véhicule routier classique équipé de capteurs équivalent à ceux de la navette.

Cette cartographie est ensuite comparée aux données récoltées par ces mêmes capteurs en temps réel afin de permettre la localisation de la navette. Pour créer cette cartographie, les Lidars requièrent un environnement comportant des éléments fixes, massifs (de l'ordre du mètre) et non fluctuants avec le temps (météo ou végétation).

Les Lidars peuvent également être perturbés par l'absence d'éléments perpendiculaires à la trajectoire et les surfaces vitrées/réfléchissantes. Le schéma ci-dessous présente les éléments permettant une bonne accroche Lidar et ceux ne pouvant pas être utilisés.

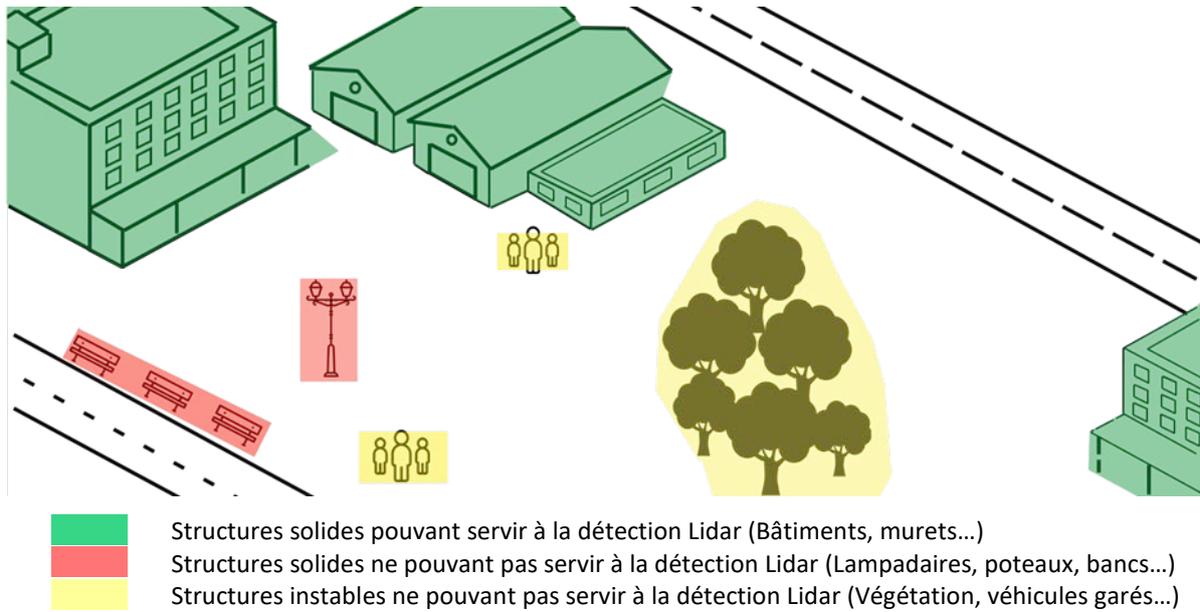


FIGURE 7 : SCHEMA DES ELEMENTS D'ACCROCHE LIDAR

Les zones où la localisation Lidar est incertaine sont donc les suivantes (liste non exhaustive) :

- Cas 1 : Zones très dégagées ou ne comportant pas d'objets assez massifs pour être statistiquement considérés ;
- Cas 2 : Tunnels (linéarité) ;
- Cas 3 : Zones boisées (fluctuation de la végétation) ;
- Cas 4 : Surfaces vitrées ou réfléchissantes.

Ajout de structures fixes pour l'accroche Lidar

Dans les zones où la localisation Lidar est incertaine, il est conseillé d'ajouter des structures fixes afin de renforcer et d'assurer la localisation Lidar. Les éléments à mettre en place pour servir d'accroche au Lidar doivent respecter les contraintes suivantes :

- Ajouter des structures fixes rectangulaires, tous les 3 à 5 m, de chaque côté de la voie ;
- Ces structures doivent avoir les dimensions suivantes :
 - Hauteur h : $1,5 \text{ m} < h < 4 \text{ m}$. Plus la hauteur est grande, meilleure sera l'accroche Lidar. En revanche, dépasser 4 m n'est pas utile ;
 - Longueur L (dans le sens du parcours) : $2 \text{ m} < L < 4 \text{ m}$;
 - Largeur l (perpendiculaire au parcours) : $1,5 \text{ m} < l < 4 \text{ m}$;
- Les éléments ajoutés doivent être visibles par le véhicule : au bord de la voie, non cachés par la végétation ou autres éléments ;
- Ces éléments doivent rester statiques et ne doivent pas changer dans le temps.

5.2.2. Environnement et Décisions

L'environnement dans lequel le véhicule va évoluer impacte grandement la faisabilité d'un site ainsi que les solutions à mettre en œuvre pour obtenir un comportement du véhicule adéquat et sécuritaire.

Voies de circulations et trafic

La taille des voies de circulation et la fréquentation (véhicules, vélos, piétons) de celles-ci influent sur le comportement attendu du véhicule.

Densité du trafic

Un très fort trafic peut entraîner de très nombreuses interactions de la navette avec son environnement et peut ainsi provoquer une dégradation de la qualité de service (ex : freinages répétés, freinage d'urgence, insertion lente voire impossible, etc.).

Largeurs de voies et vitesses

Les voies larges favorisent en général la vitesse et sont propices à des comportements observés différents des limites de la législation.

Une différence de vitesse trop importante entre la navette et les autres usagers de la route peut entraîner un refus du parcours (conditions généralement admises pour un véhicule de type Autonom Shuttle : zone 30 km/h OK, zone 50km/h OK sous conditions, zones > 50 km/h Non OK).

Particulièrement, les instructions ministérielles sur ce point sont les suivantes :

Le différentiel de vitesse entre la vitesse maximale autorisée et la vitesse de circulation du véhicule à délégation de conduite doit faire l'objet d'une attention particulière. Il n'existe pas de règle écrite et notre appréciation se fait au cas par cas. A partir de 20 km/hm, nous constatons cependant que les usagers s'impatientent et tentent des dépassements dangereux. Un différentiel de plus de 30 km/hm semble difficilement envisageable (surtout en milieu urbain où la densité d'usagers est grande et l'infrastructure pas forcément adaptée pour effectuer des dépassements de manière sécuritaire).

En tout état de cause, la question du différentiel doit amener le demandeur à se poser différentes questions, telles que la vérification de l'impact sur la circulation, de la compatibilité du niveau de trafic, de la possibilité pour les usagers de dépasser le véhicule dans un délai raisonnable. Afin de prendre en compte la sécurité des usagers, il peut être pertinent dans certains cas de proposer la mise en place d'une signalisation sur la navette (de type véhicule lent) ou l'utilisation des warnings, car une vitesse lente peut surprendre les autres usagers ou induire des comportements inadaptés. La mise en place d'une interdiction de dépasser, par exemple à l'aide d'un marquage de ligne continue, peut dans certains cas être utile sur des sections courtes et étroites, mais elle risque d'être peu respectée sur des sections plus longues. De plus le dépassement du véhicule à délégation de conduite par les 2 roues et les vélos devra faire l'objet d'une vigilance particulière. Dans certains cas de figures, l'utilisation d'un autre itinéraire sera recommandée voire exigée.

Les zones trop étroites pour permettre le croisement en toute sécurité de la navette et de TOUT autre véhicule (camion inclus) sur la voie d'en face sont à proscrire.

La largeur minimale de voie sur laquelle la navette peut circuler est de 2,70 mètres.

Dans le cas où le parcours nécessite un demi-tour de la navette aux points de départ et d'arrivée, il faut au préalable vérifier que l'espace et la réglementation permettent ces demi-tours (au minimum 12 mètres de diamètre).

Il est important de noter que les changements de voies sont des situations difficilement gérables par les véhicules autonomes

Parkings

Le stationnement illégal ou les véhicules dépassant des zones de stationnement délimitées engendreront des arrêts de la navette et une perturbation du roulage en mode autonome.

Si la navette doit évoluer proche de zones de stationnement, celles-ci devront être physiquement délimitées et strictement respectées.

Synthèse

Les environnements non propices actuellement à l'utilisation d'une navette autonome sont donc les suivants (liste non exhaustive) :

- Cas 1 : Zones de fort trafic ;
- Cas 2 : Zones nécessitant un changement de voie ;
- Cas 3 : Zones de stationnement illégal fréquent ;
- Cas 4 : Zones avec une différence de vitesse trop importante entre la navette autonome et les autres usagers.

5.2.3. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques impactent aussi le fonctionnement de navette urbaine comme l'Autonom Shuttle. En fonction des conditions météorologiques, une navette sera à même de fonctionner de manière normale, dégradée (brouillard, neige, averses, ...), voir incompatible (orage avec averses, brouillard givrant, grêle, pluie verglaçante, route recouverte de neige, ...).

5.3. GESTION DES PRIORITES

La navette autonome gère une intersection en autonomie en fonction de la situation :

- Si un obstacle est détecté dans la zone prioritaire, alors que la navette est sur la zone de contrôle (zone ou le véhicule analyse la zone prioritaire), la navette ralentit et s'arrête.
- Une fois que la zone prioritaire est libre de tout obstacle, la navette traversera l'intersection.

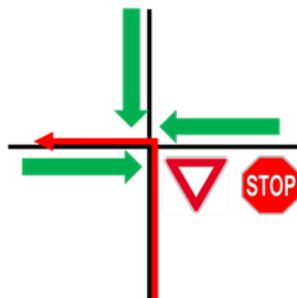


FIGURE 8 : EXEMPLE DE GESTION D'UN CARREFOUR ROUTIER SUR UN MOUVEMENT AVEC 2 ZONES NON PRIORITAIRES PAR UNE NAVETTE NAVYA AUTONOM SHUTTLE

Il est important de considérer les éléments suivants :

- Champ visuel : il est important que la zone prioritaire soit visible par les capteurs embarqués lorsque la navette est sur la zone de contrôle prioritaire, sachant que :
 - la plage de détection d'obstacles doit être proportionnelle à la vitesse de déplacement des obstacles prioritaires et à celle de la navette,
 - la zone de contrôle et la zone de prioritaire doivent avoir un angle inférieur à 90° ($\pm 15^\circ$) pour détecter correctement les obstacles sur la zone prioritaire. (Ce point dépend de l'architecture des capteurs).
- La vitesse des autres véhicules : tenant compte de la distance de détection, de la vitesse des obstacles et du temps d'arrêt maximum de la navette, une zone prioritaire est techniquement viable si ces trois facteurs donnent lieu à une résultante sécuritaire.

Remarque : attention, si les conditions ci-dessus ne sont pas respectées, la navette ne peut pas prendre seule la décision de franchir la zone de priorité et une assistance de l'opérateur peut être rendue nécessaire (validation de l'insertion voire reprise en main).

5.4. GESTION DES INTERSECTIONS

La navette autonome peut traverser les intersections en mode autonome lorsque tous les facteurs sécuritaires sont réunis. Des actions de décision humaines sont parfois nécessaires en fonction du type de véhicule utilisé, de son niveau d'autonomie ou de l'environnement qui compose l'intersection.

Le tableau présenté en Annexe 1 vise à informer du niveau de difficulté de gestion des intersections en fonction des situations générales rencontrées et les conditions requises pour les traverser en mode autonome ou semi-autonome. Ces principes ne sont pas figés dans le temps et peuvent différer en fonction des capacités propres au véhicule et des évolutions de la technologie.

L'analyse porte sur deux exemples de cas :

1. Le véhicule autonome dispose des capacités suffisantes (gestion de sa propre vitesse et/ou portée de détection) adaptées à la situation (visibilité et vitesse d'approche des obstacles).
2. Le véhicule autonome ne dispose pas des capacités suffisantes (gestion de sa propre vitesse et/ou portée de détection) adaptées à la situation (visibilité et vitesse d'approche des obstacles).

Un exemple d'étude est présenté en Annexe 1.

Remarque : Les aménagements permettant la protection d'un tourne-à-gauche résident principalement dans la modification du régime de priorité et par la mise en place d'une signalisation adaptée (stop, cédez le passage, feux tricolore...)

5.5. GESTION DES STOPS

5.5.1. Stop manuel sans temporisation (Fonctionnalité Navya)

En paramétrant un « Stop + GO opérateur », la navette s'arrête à un point déterminé puis attend l'autorisation de l'opérateur (bouton « Go » sur le Desktop User Interface - DUI).

Cette méthode est principalement utilisée lorsque la navette n'est pas capable de traverser l'intersection de façon autonome. Il faut prendre en compte les éléments suivants :

- La capacité d'accélération de la navette ;
- Le champ visuel disponible pour l'opérateur ;
- La vitesse d'approche des autres véhicules.

5.5.2. Stop avec temporisation (Fonctionnalité Navya)

La navette s'arrête à un point déterminé puis attend 5 secondes puis redémarre d'elle-même.

Cette méthode n'est utilisée qu'en association avec une zone prioritaire définie suivant les conditions citées plus haut.

6. DEMARCHES ADMINISTRATIVES

L'ensemble des procédures possibles sont listées ci-dessous ; toutes ne seront pas à réaliser pour chaque projet ; il convient cependant d'être vigilant et de bien anticiper les différentes démarches pour ne pas pénaliser l'avancement du projet.

6.1. DOSSIER DE DEROGATION MINISTERIEL

Dans le cas d'un projet sur voie publique, un projet d'expérimentation de navette autonome est soumis à une autorisation ministérielle ; le montage de ce dossier peut être assez long et complexe selon le projet ; il faut un niveau avant-projet pour s'assurer que les composantes du dossier sont bien fiabilisées ; l'instruction peut prendre 3 à 6 mois.

Pour tout projet de mise en service sur le domaine public et sur route ouverte, la constitution d'un dossier de demande d'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques est à réaliser auprès du Ministère. Les textes officiels sont l'Ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016 relative à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques, le Décret n° 2018-211 du 28 mars 2018 relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques et l'Arrêté du 17 avril 2018 relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques.

La trame officielle définissant les démarches et son contenu sont décrites dans l'Arrêté du 17 avril 2018. Les décrets étant en constante évolution, la démarche peut être amenée à évoluer au fur et à mesure des expérimentations menées et des évolutions de la réglementation. Le détail de la méthodologie de constitution d'un dossier de demande d'autorisation ministériel est fourni dans les livrables de la tâche 4.1. En lien avec l'Arrêté du 17 avril 2018, les éléments suivants doivent être fournis par le constructeur du véhicule pour la constitution du dossier de demande :

- Un dossier technique du ou des véhicules, permettant d'établir le respect des dispositions des articles L. 311-1 et L. 318-1 du code de la route et, dans le cas de véhicules affectés à un service de transport de personnes, des dispositions de l'arrêté du 2 juillet 1982 relatif aux transports en commun de personnes.
- Une étude détaillée du parcours (soumise à une validation de la faisabilité technique par le constructeur) décomposant le trajet par sections et indiquant le comportement attendu du véhicule dans les différentes situations rencontrées.

6.2. DOSSIER DE PERMIS DE CONSTRUIRE

Pour la construction du local de remisage, et selon les cas, un permis de construire peut s'avérer nécessaire ; il ne présente pas a priori de difficulté particulière ; il faut simplement l'anticiper pour ne pas dérapier dans le planning opérationnel.

6.3. ETUDE D'IMPACT/DOSSIER LOI SUR L'EAU

Selon les travaux à réaliser, il peut s'avérer nécessaire de réaliser ce type de dossier.

6.4. DOSSIER DE CARREFOUR

En cas de croisement de la navette avec un carrefour à feu existant ou en cas de besoin de créer une installation pour gérer un conflit particulier, il sera nécessaire de prévoir une étude de type « dossier de carrefour » comprenant notamment :

- Etude de circulation, dossier de feux ;
- Nouveau plan de feux à établir.

6.5. DOSSIER AUPRES DES ORGANISMES DE SECURITE FERROVIAIRE

Si le parcours de la navette croise ou implique des modifications autour d'une ligne de tramway, il est nécessaire de se rapprocher du STRMTG (Service technique des remontées mécaniques et des transports guidé) afin de déterminer avec eux la substantialité du projet. Une modification est dite substantielle dès lors qu'elle modifie la démonstration de sécurité exposée dans le dossier de sécurité [...] ou, en l'absence d'un tel dossier, dès lors qu'elle conduit à un changement notable des fonctions de sécurité du système ou qu'elle nécessite l'emploi de technologies nouvelles (Décret n° 2017-439 du 30 mars 2017 relatif à la sécurité des circulations ferroviaires sur certaines voies ferrées locales supportant du transport de marchandises).

Selon la nature du projet, le STRMTG peut demander le dépôt :

- 1) Dans le cas d'un projet modifiant substantiellement la ligne de tramway :
 - D'un dossier Préliminaire de Sécurité (DPS) pour autoriser les travaux et le processus de mise en service. L'instruction du dossier est de 5 mois.
 - D'un Dossier de sécurité (DS) à réaliser dans le mois suivant de la mise en service pour autoriser la mise en service définitive (le tramway ayant reçu une autorisation provisoire suite à un Organisme Qualifié Agréé). L'instruction du dossier est de 5 mois.
- 2) Dans le cas d'un projet modifiant non substantiellement la ligne de tramway :
 - Une note d'intention (parfois appelé également Dossier de Présentation de la Modification – DPM) ; l'instruction d'un tel dossier peut prendre de 3 à 6 mois.

Si le parcours de la navette croise ou implique des modifications autour d'un passage à niveau du réseau ferré national (RFN), il faudra se rapprocher de l'Établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF) afin de définir les dossiers nécessaires à l'autorisation des travaux et à la mise en service du passage à niveau suite aux travaux.

Il pourra être demandé :

- Un Dossier de Définition de Sécurité (DDS), l'instruction du dossier est de 4 mois, dans ce dossier, il sera défini le processus de sécurité et notamment il pourra être justifié une simplification du processus et la non-réalisation, complète ou totale, des deux documents suivants.
- D'un dossier Préliminaire de Sécurité (DPS) pour autoriser les travaux et le processus de mise en service. L'instruction du dossier est de 3 mois et 2 semaines.
- D'un Dossier de sécurité (DS) à réaliser pour autoriser la mise en service définitive. L'instruction du dossier est de 3 mois et 2 semaines.

Les délais affichés sont les délais légaux pouvant être négociés par le demandeur lors de la phase du DDS.

6.6. ARRETES DE VOIRIE

Le dossier technique et l'autorisation de roulage délivrée peut induire des demandes particulières nécessaires à la mise en service du véhicule, à savoir :

- Demande d'arrêté ministériel pour réduction de la limitation de vitesse sur la zone de déploiement.
- Demande d'arrêté de police pour fermeture de la route sur toute ou partie du trajet lors de la phase de cartographie et tests du véhicule.
- Demande d'encadrement de police lors des premières phases de tests avec le véhicule.

6.7. DECLARATION DE TRAVAUX / AUTORISATION DE TRAVAUX

Ce type de dossier peut être rendu nécessaire en fonction des aménagements et équipements à réaliser.

6.8. AVENANT A LA DSP TRANSPORT

Si la navette est intégrée à un réseau de transport géré par une DSP, un avenant est nécessaire.

7. DEROULE DES DIFFERENTES MISSIONS

Ci-après est présenté une méthodologie de déroulement type des études nécessaires au déploiement d'une navette de type urbaine.

7.1. ETUDES PRELIMINAIRES

7.1.1. Etudes préliminaires « Générales »

Selon les sites, la nature du projet et l'avancement des réflexions, les études préliminaires « générales » peuvent durer de 3 à 9 mois. Les études préliminaires peuvent être réalisées par une ingénierie spécialisée en transports en commun - SCE préconise par exemple la réalisation des études suivantes :

Evaluation du besoin

- Quelle desserte (pôles générateurs de déplacements ; prolongement d'une ligne forte TC ...) ;
- Quel besoin (zone peu dense, dernier kilomètre, transport à la demande...) ;
- Quelle offre existante (autres lignes TC, TAD...) ;
- Quelle fréquentation envisagée ;
- Quelle durée d'expérimentation (les aménagements ne seront pas les mêmes pour une durée de quelques mois ou pour un système destiné à être pérenne).
 - ▶ Choix d'un site d'expérimentation :
- Analyser l'offre et la demande, les contraintes du site, le parcours...
 - ▶ Choix d'un itinéraire :
- Analyser les parcours possibles au regard des différents paramètres (carrefours, possibilité de doubler, croisement de lignes ferrées, pôles desservis...)
 - ▶ Hypothèses de services :
- Préfigurer l'offre en tenant compte des temps de recharge, des horaires des opérateurs, des « hauts le pied »...)
 - ▶ Etudes de circulation :
- Dès le stade des études préliminaires, il est indispensable de prévoir des comptages pour bien mesurer l'impact de la navette sur la circulation et prédéfinir le mode de gestion des carrefours.
 - ▶ Faisabilité - Proposition de solutions :
- Définition de scénarios (tracé, services, points singuliers, arrêts, recharge, remisage, dossiers réglementaires à réaliser, foncier, ...)
 - ▶ Estimations financières :
- Coûts d'aménagement et d'exploitation
 - ▶ Analyse multicritères –
- Choix d'une solution

Ces études sont généralement complétées par une étude préliminaire « constructeur »

7.1.2. Etudes préliminaires « constructeur » (NAVYA)

Afin de compléter les études préliminaires « générales » et de les préciser en lien avec le modèle de navette retenu, des études préliminaires « constructeurs » sont à prévoir. Elles comprennent notamment les éléments suivants dans le cadre d'un exemple du constructeur Navya :

Dimensionnement

- Identification du parcours (trajet de liaison des points de desserte) – tracé sur carte (ex : Google Map).
- Catégorisation du site (voie privée ou publique / route ouverte, voie partagée « mode doux » ou voie propre).
- Dimensionnement du service et du nombre de véhicules en rapport avec les capacités techniques des véhicules (autonomie, vitesse commerciale, capacité de transport).
- Visite terrain pour prise d'informations (vidéos, photos, observation et identification des caractéristiques du trajet)
- Récolte des informations techniques liées au projet de mise en service et transmission au constructeur.
- Etudes annexes ayant un intérêt technique pour le déploiement :
 - Comptage trafic horaires et journaliers ;
 - Vitesses réelles pratiquées ;
 - Accidentologie pour analyse des impacts ;
 - Etude de l'urbanisme : évolution de l'environnement à venir, constructions d'immeubles, travaux planifiés, pour analyse des impacts.

Dossier d'études technique par le concepteur navette

Un dossier d'étude technique sur la base des informations récoltées est réalisé par le concepteur de la navette. Le dossier d'étude technique du constructeur est nécessaire avant tout envoi d'un dossier de demande d'autorisation Ministérielle, ceci afin de garantir la faisabilité technique au porteur de la demande.

Le dossier d'étude technique se compose de :

- L'étude de faisabilité du parcours :
- Une étude de risque associée à l'étude de faisabilité et au domaine opérationnel du véhicule ;
- Les annexes techniques* complétées et co-validées par les clients / partenaires.

Annexes prérequis concepteur navette

Les annexes de prérequis techniques « Constructeur » rassemblent tous les éléments techniques liés à la mise en service, par exemple, dans le cas d'un déploiement de navette Autonome Shuttle de Navya, voici les éléments qui peuvent être nécessaires :

- Véhicule (« Shuttle configuration ») :
Rassemble les données propres au véhicule utilisé dans le cadre du déploiement et donne une description exhaustive des équipements standards et additionnels et besoins de configuration liés à son fonctionnement (connectivité, affichage...).
- Service (« Service ») :
Informe sur la catégorie (exploitation, démonstration) et les informations liées au service (planning d'exploitation, type de supervision utilisée). Le document indique aussi les prérequis nécessaires à la supervision des véhicules et au partage des données avec le Constructeur.
- Site (« Track ») :
Rassemble toutes les informations liées au parcours et à son environnement (typologie du site « privée ou public », type de voirie, nombre de stations, type de trafic, les accès et les restrictions, les règles de circulation, la composition du parcours, la qualité du réseau télécom ...), toutes les informations nécessaires à la réalisation de l'étude de faisabilité du trajet. S'ajoute aussi des liens vers des éléments vidéo et plan du parcours.
- Mise en service / Plan de mise en service (« Commissioning / Commissioning plan ») :
Présente le planning de réalisation terrain en listant les étapes (mapping, tests de roulage, paramétrages, formation, marche à blanc ...), les temps moyens et les ressources nécessaires à la phase de déploiement.
- Formation (« Training ») :
 - Plan de formation général (« General training information »).
 - Plan de formation Exploitant (« Operator Training plan »).

- Plan de formation Maintenance (« Maintenance Training Plan »).
- Plan de formation Supervision (« Supervision Training Plan »).
- Plan de formation mise en service (« Commissioning Training Plan »).

Rassemble les informations liées aux personnel devant recevoir une formation par Navya. Chaque document recense le nombre de personnes à former, les profils sélectionnés, le planning des disponibilités, le lieu de formation...

- Garage (« Storage & Maintenance Garage »)
Rassemble les informations de prérequis liées au stockage et à la maintenance du véhicule sur son site d'exploitation (Dimensions, adresses, présence des équipements principaux...)
- GNSS :
 - Ntrip
Rassemble les données techniques nécessaires au paramétrage software du véhicule pour assurer des réceptions de correction GNSS via un réseau Ntrip VRS (Virtual Reference Station).
 - Navya GNSS base
Rassemble les données techniques nécessaires au positionnement, installation et paramétrage d'une base GNSS Navya à proximité du parcours de déploiement.
- V2X/V2X infrastructure :
Rassemble les données techniques nécessaires au paramétrage software du véhicule pour assurer sa communication et son interfaçage avec des infrastructures connectées via un système d'Unité Bord de Route (UBR).
- Homologation / Autorisation (« Autonom Shuttle - Authorities requirements ») :
Rassemble les informations de prérequis nécessaires aux processus d'homologation / autorisation de roulage sur voie publique du véhicule.
- Personnels (« Operation & Maintenance Staff ») :
Rassemble les informations d'organigramme liées au personnel client attribué au projet de déploiement et d'exploitation (Contact projet, référents techniques, opérateurs, technicien de maintenance, chargés de déploiement...).

Prérequis technique à réaliser par l'exploitant

Les annexes de prérequis technique donnent lieu à des besoins d'étude à réaliser par l'exploitant (ou par un sous-traitant) :

- Etude pour mise à disposition d'un garage de stockage / recharge du véhicule ;
- Etude pour mise à disposition d'un garage pour la maintenance du véhicule ;
- Etude pour installation d'une antenne GNSS ;
- Etude pour implantation de Quais / Station.

Etudes complémentaires

Le dossier d'étude technique peut être complété par des études annexes produites par des partenaires ou prestataires spécialisés (notamment ingénierie en transport), en fonction des besoins liés au projet :

- Etude d'impact et d'intégration SLT (si présence de carrefours à feux ou nécessité d'en intégrer sur le trajet).
- Etude et chiffrage pour modification de voirie (aménagement routiers, ragréage, élagage de la végétation, modifications des bordures, ajout de marquages au sol pour délimitation des voies, signalisation routière...).
- Demande d'arrêt du gestionnaire de voirie pour réduction de la limitation de vitesse sur la zone de déploiement.
- Etude du trafic (densité, vitesses réelles pratiquées, accidentologie).
- Etude d'urbanisme (évolution de l'environnement à venir, constructions d'immeubles, travaux planifiés pour analyse des impacts).

Ces études sont réalisées pendant la phase de « conception » détaillée au §7.2 ci-après.

7.1.3. Etudes complémentaires pour la sécurisation du déploiement

Pour des parcours avec des configurations difficiles à sécuriser comme des intersections complexes ou en cas de faibles distances de visibilité, des tests en virtuel ou en physique peuvent être réalisés.

- En virtuel, il s'agit de modéliser le ou les futurs potentiels aménagements et la navette avec sa dynamique et les champs couverts par ces capteurs et de simuler des scénarios de la navette avec des interactions d'autres usagers. Des logiciels comme CarMaker® ou Scanner® permettent de réaliser ce genre de simulation (Figure 10). Leur usage peut permettre de définir/ pré-valider le fonctionnement d'intersections avec des feux et aide à prévoir des aménagements pour sécuriser le parcours des navettes.
- En physique : il est aussi possible de sécuriser le déploiement en organisant des tests sur pistes d'essais comme l'UTAC ou TRANSPOLIS. En l'absence d'homologation, ces travaux sont particulièrement pertinents en cas d'aménagements singuliers, de montée en vitesse de la navette ou pour valider un nouveau dispositif de v2x, etc.

Les résultats de ces travaux alimenteront le dossier sécurité.



FIGURE 9 : EXEMPLE DE SIMULATION DU ROND-POINT DE DECINES-CHARPIEU SUR LE PARCOURS DU PARC-OL AVEC LE LOGICIEL IPG CARMAKER®

7.2. CONCEPTION – MAITRISE D'ŒUVRE

La conception des aménagements comporte les phases classiques d'une mission au sens loi MOP (Maîtrise d'ouvrage publique) : avant-projet, projet, ACT (Assistance à la passation du contrat travaux), DET (Direction de l'exécution des travaux), AOR (Assistance aux opérations de réception) – les missions VISA (Visa des études d'exécution de l'entreprise) ou EXE (Etude d'exécution et de synthèse) et OPC (Ordonnancement, pilotage et coordination) sont à activer selon les besoins et l'importance des aménagements à réaliser. SCE prévoit généralement que la conception porte sur les éléments suivants :

- La navette :
 - Choix du matériel (l'idéal est de travailler dès le départ avec le fabricant, les caractéristiques de la navette ayant un impact important sur le service et les aménagements à réaliser).
- Définition du service :
 - Jours de service.
 - Amplitude horaire.
 - Fréquence.
 - Arrêts.
 - Temps de recharge.
 - Nombre de navettes.
 - Lieu de recharge et de remisage...

- Aménagements urbains :
 - Adaptations de voirie, de carrefours, des arrêts, des terminus...
 - Si absence de repères fixes, nécessité d'en créer.
 - Traitement des espaces verts en bordure du parcours.
- Equipements des carrefours et les équipements de communication entre la navette et la voirie :
 - Feux tricolores.
 - V2X, UBR...
 - Réalisation des dossiers de carrefours détaillés.
- Le ou les terminus – la régulation :
 - Zone de demi-tour.
 - Zone de régulation.
- Les arrêts :
 - Arrêts en ligne ou en encoche.
 - Mutualisation avec arrêt d'autres lignes TC, possibilité ou non de régulation.
- Le local de remisage et de recharge :
 - Positionnement et définition du local de remisage.
 - Connexion avec les réseaux (à minima gestion des EP et alimentation électrique, prévoir une carte SIM).
 - Contact avec le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours).
- L'antenne relais :
 - Position.
 - Installation.
 - Entretien (alimentation électrique, et ligne téléphonique).
- La communication :
 - Nécessité d'informer sur les modifications de carrefours et la présence d'un véhicule « atypique ».

Remarque : conformément à la loi MOP, cette phase de conception est généralement réalisée par l'intermédiaire d'une maîtrise d'œuvre spécialisée – elle est parfois intégrée dans une mission globale de conception-réalisation.

Plusieurs autres marchés peuvent être nécessaires en parallèle :

- Achat ou location d'une ou plusieurs navettes.
- Service d'exploitation (via un partenaire spécialisé ou un exploitant déjà en place).
- Marchés de travaux liés à l'aménagement du parcours.

Le fabricant de la navette et l'exploitant auront à réaliser plusieurs missions pour la mise en service commercial :

- Le scan du parcours : quelques jours avant la première mise en service pour essai.
- Calage avec l'antenne GNSS.
- Les essais, la marche à blanc, la formation des opérateurs.

Les livrables et études particulières susceptible d'être transmis après la phase de déploiement sont :

- Le compte rendu de déploiement.
- Le Procès-Verbal (PV) de réception technique de fin de déploiement.
- Le PV de fin de marche à blanc.
- Le Key Performance Indicator (KPI) (Fiabilité, Disponibilité) du service sur la base des données de supervision.

8. PLANNING TYPE AVEC JALONS

Le planning de déploiement d'une navette autonome va dépendre de plusieurs facteurs :

- L'importance et la complexité du projet.
- Le nombre et la complexité des dossiers réglementaires (en plus du dossier incontournable de dérogation ministériel).
- La nécessité ou non pour la collectivité de sélectionner les partenaires clés du projet, et notamment le fabricant de la navette, l'équipe de conception/réalisation et l'exploitant.
- La possibilité pour la collectivité d'utiliser des accords-cadres de travaux pour réaliser rapidement une part plus ou moins importantes des prestations d'aménagement (fonction des projets).
- La nature et la qualité des données disponibles en matière de données de mobilité en particulier : données socio-économique, données de trafic, ...

Le premier planning type ci-dessous illustre, sur la base d'un retour d'expérience d'une opération réelle, les grandes étapes de déploiement d'une navette autonome :

- Les réflexions pré-opérationnelles : de « l'idée de faire » à la décision de faire, en s'appuyant sur des études préliminaires.
- Les études et échanges techniques entre les différents acteurs.
- Les travaux et la finalisation des dossiers réglementaires.
- Les essais et la mise en service.

Le délai global de 2 ans issu du planning ci-dessous suppose que :

- Les principales fournitures et travaux passent par des procédures simplifiées (accord-cadre ou consultation simplifiée à moins de 40 k€ HT).
- Le fournisseur de la navette et l'exploitant sont déjà connus ; les démarches intégrées à ce planning ne concernent que les formalisations, adaptations et finalisation de contrats.
- Les dossiers réglementaires et administratifs courants sont traités en temps masqué.
- Les validations se font au fil de l'eau pour ne pas ajouter des temps de décision trop long.

Ce planning permet de faire ressortir quelques jalons importants :

- La décision de lancer les premières études permettant d'analyser la faisabilité.
- Le choix des principaux partenaires : le fournisseur de navette, l'exploitant, l'AMO / MOE.
- La décision de réaliser l'opération en lançant la maîtrise d'œuvre et la finalisation du dossier de dérogation.
- La réception des travaux.
- La réception de la navette.
- La mise en service commerciale.

Il convient de rappeler qu'un projet de navette autonome reste à ce jour un projet d'expérimentation ; c'est en général un projet innovant qui peut générer des demandes assez atypiques pour son déploiement.

Il convient donc d'être assez prudent dans la passation des marchés qui entourent ce genre de projet complexe tant sur le plan technique que réglementaire :

- Pour garder la souplesse et la réactivité nécessaire afin de s'adapter rapidement à toute nouvelle demande.
- Pour maîtriser les risques d'interfaces

Les accords-cadres ou les marchés d'innovation sont bien adaptés.

Les deux autres plannings ci-après illustre les différences entre cas avec ou sans demande d'autorisation ministérielle (source Navya/Eiffage).

8.1. PLANNING INDICATIF POUR LE DEPLOIEMENT D'UNE NAVETTE AUTONOME

| Missions | Durée en mois | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Mini | Maxi | M0 | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 | M13 | M14 | M15 | M16 | M17 | M18 | M19 | M20 | M21 | M22 | M23 | M24 |
| Lancement du projet "idée de faire" | 1 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Réflexions internes MOA | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rédaction cahier des charges études préliminaires | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Consultation Prestataire | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etudes préliminaires | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recueil des données | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diagnostic | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Evaluation des besoins | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Scénarios | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Choix | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maîtrise d'œuvre Aménagements | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Consultation prestataire | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Avant-Projet | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Projet | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DCE - Consultation prestataires | 1 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Travaux | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Réception | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Equipements | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Consultation fournisseur (hors navette) | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etudes | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fabrication / Installation | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Réception navette | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Réception Equipements | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Exploitation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Consultation fournisseur (adaptation DSP) | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suivi études et Tx aménagements et équipements | 6 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Essais | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Marche à blanc | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Formation des opérateurs | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dossiers réglementaires | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dossier de dérogation Ministère - Elaboration | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dossier de dérogation Ministère - Instruction | 3 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres dossiers techniques | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Permis de Construire Local - Elaboration | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Permis de Construire Local - Instruction | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mise en service commercial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M0 | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 | M13 | M14 | M15 | M16 | M17 | M18 | M19 | M20 | M21 | M22 | M23 | M24 | | | |
| Légende: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Principaux jalons | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prestations Maître d'ouvrage | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prestations Maître d'œuvre | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prestations entreprises | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prestation Exploitant et/ou Fournisseur navette | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prestations services instructeurs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ANNEXE 1 : ANALYSE DE CAS DES INTERSECTIONS

Légendes :

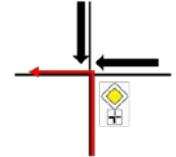
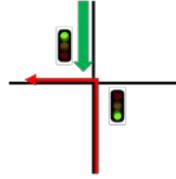
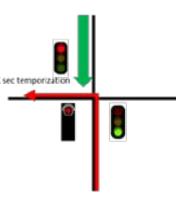
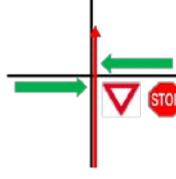
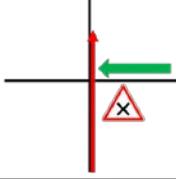


Favorable à une gestion autonome

Pas la meilleure situation pour une gestion autonome

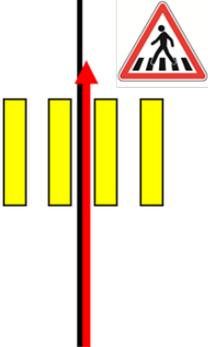
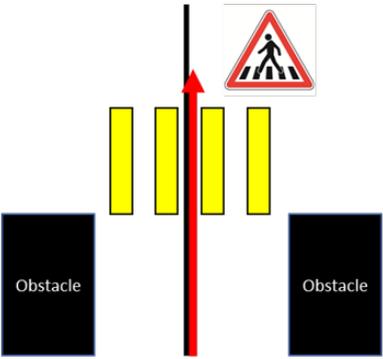
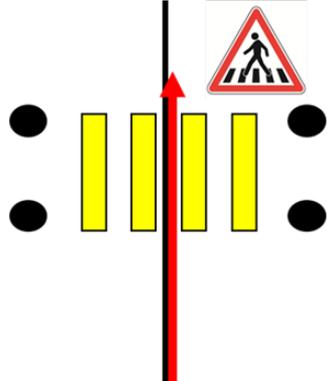
Non réalisable en autonome

Gestion des intersections

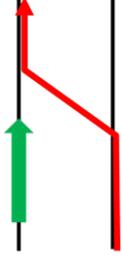
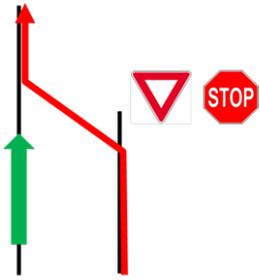
| Use cases | Instance 1: Depending on range detection capacity for the Autonomous V; In any case, the Ratio (Other vehicle approach speed : Autonomous vehicle detection range) is considered as Secure | Instance 2: Depending on range detection capacity for the Autonomous V; In any case, the Ratio (Other vehicle approach speed : Autonomous Vehicle detection range) is considered as Not Secure |
|---|--|--|
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Traffic not saturated ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h ✓ The priority zone and the priority check zone must have an angle of 90° (+/- 15°) to correctly detect prior obstacles |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Crossing must be managed by human decision ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h |
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ No need to manage priority ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed of other vehicles is lower than 50km/h |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ No need to manage priority ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed of other vehicles is lower than 50km/h |
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ The traffic light controller is equipped with a Roadside Unit (RSU) and the Shuttle is equipped with an On-Board Unit (OBU). Both component are communicating by DSRC under Diaseer protocol ✓ Shuttle communication can be passive* or active*, depending on the use case. ✓ Speed of other vehicles is lower than 50km/h ✓ Traffic not saturated |  <p>Not manageable in these conditions</p> |
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Traffic not saturated ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h ✓ Opposite Traffic light is programmed with a temporization that maintaining the red status until the end of left turn in order to protect the shuttle crossing. ✓ A "cross form" traffic light can be added in order give information to the operator that the opposit traffic light is red |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Traffic not saturated ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h ✓ Opposite Traffic light is programmed with a temporization that maintaining the red status until the end of left turn in order to protect the shuttle crossing. ✓ A "cross form" traffic light can be added in order give information to the operator that the opposit traffic light is red |
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Traffic not saturated ✓ the priority zone and the priority check zone must have an angle less than 90° (+/- 15°) to correctly detect prior obstacles (depending on sensor architecture) ✓ Speed of other vehicles is lower than 50 km/h |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Crossing must be managed by human decision ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h |
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Traffic not saturated ✓ The priority zone and the priority check zone must have an angle less than 90° (+/- 15°) to correctly detect prior obstacles (depending on sensor architecture) ✓ Speed of other vehicles is lower than 50 km/h |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Crossing must be managed by human decision ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ The traffic light controller is equipped with a Roadside Unit (RSU) and the Shuttle is equipped with an On-Board Unit (OBU). Both component are communicating by DSRC under Diaper protocol ✓ Shuttle communication can be passive* or active*, depending on the use case. ✓ Speed of other vehicles is lower than 50km/h ✓ Traffic not saturated | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ The traffic light controller is equipped with a Roadside Unit (RSU) and the Shuttle is equipped with an On-Board Unit (OBU). Both component are communicating by DSRC under Diaper protocol ✓ Shuttle communication can be passive* or active*, depending on the use case. ✓ Speed of other vehicles is lower than 50km/h ✓ Traffic not saturated |
| | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Traffic not saturated ✓ The priority zone and the priority check zone must have an angle less than 90° (+/- 15°) to correctly detect prior obstacles (depending on sensor architecture) ✓ Speed of other vehicles is lower than 50 km/h ✓ Shuttle must stay on the external lane to avoid lane changing | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Roundabout radius must be lower than maximum detection range capacity ✓ Traffic not saturated ✓ The priority zone and the priority check zone must have an angle less than 90° (+/- 15°) to correctly detect prior obstacles (depending on sensor architecture) ✓ Speed of other vehicles is lower than 50 km/h ✓ Shuttle must stay on the external lane to avoid lane changing |
| | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Crossing must be managed by human decision ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Crossing must be managed by human decision ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h |
| | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ The roundabout is equipped with traffic light on each entry to block the traffic insertion. The traffic light controller is equipped with a Roadside Unit (RSU) and the Shuttle is equipped with an On-Board Unit (OBU). Both component are communicating by DSRC under Diaper protocol ✓ Shuttle communication can be passive* or active*, depending on the use case and controller program settings. ✓ The priority zone and the priority check zone must have an angle less than 90° (+/- 15°) to correctly detect prior obstacles (depending on sensor architecture) ✓ Speed of other vehicles is lower than 50 km/h ✓ Shuttle must stay on the external lane to avoid lane changing | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Roundabout radius must be lower than maximum detection range capacity ✓ The roundabout is equipped with traffic light on each entry to block the traffic insertion. The traffic light controller is equipped with a Roadside Unit (RSU) and the shuttle is equipped with an On-Board Unit (OBU). Both component are communicating by DSRC under Diaper protocol ✓ Shuttle communication can be passive* or active*, depending on the use case and controller program settings. ✓ The priority zone and the priority check zone must have an angle less than 90° (+/- 15°) to correctly detect prior obstacles (depending on sensor architecture) ✓ Speed of other vehicles is lower than 50 km/h ✓ Shuttle must stay on the external lane to avoid lane changing |
| | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Traffic not saturated ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h ✓ The priority zone and the priority check zone must have an angle of 90° (+/- 15°) to correctly detect prior obstacles | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Crossing must be managed by human decision ✓ Good visibility of the incoming traffic for the operator ✓ Speed limitation under 50 km/h |
| | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ No need to manage priority ✓ The traffic light controller is equipped with a Roadside Unit (RSU) and the Shuttle is equipped with an On-Board Unit (OBU). Both component are communicating by DSRC under Diaper protocol ✓ Shuttle communication can be passive* or active*, depending on the use case. ✓ Speed of other vehicles is lower than 50km/h. ✓ Traffic not saturated | <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ No need to manage priority ✓ The traffic light controller is equipped with a Roadside Unit (RSU) and the Shuttle is equipped with an On-Board Unit (OBU). Both component are communicating by DSRC under Diaper protocol ✓ Shuttle communication can be passive* or active*, depending on the use case. ✓ Speed of other vehicles is lower than 50km/h ✓ Traffic not saturated |

Gestion des passages piétons

| | |
|---|--|
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Anticipation of upcoming pedestrians in a defined area around the pedestrian crossing ✓ Good visibility of the prior area ✓ No obstacle around the pedestrian crossing |
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vehicle speed is considerably reduced before crossing ✓ Less or no anticipation of upcoming pedestrians outside the floor marking |
|  |  <p>Presence of fixed obstacles located on pedestrian lane extremity that could be confounded with pedestrian presence.</p> <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vehicle speed is considerably reduced before crossing ✓ Less anticipation of upcoming pedestrians |

Gestion des changements de voies

| Use cases | Instance 1: Depending on range detection capacity for the Autonomous V; In any case, the Ratio (Other vehicle approach speed : Autonomous Vehicle détection range) is considered as Secure | Instance 2: Depending on range detection capacity for the Autonomous V; In any case, the Ratio (Other vehicle approach speed : Autonomous Vehicle détection range) is considered as Not Secure |
|--|--|---|
|  |  <p>The trajectory planification is random and depends on too many factors.</p> <p>Not manageable in these conditions</p> |  <p>The trajectory planification is random and depends on too many factors.</p> <p>Not manageable in these conditions</p> |
|  |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Traffic not saturated ✓ Good visibility of the incoming traffic from beside and behind. ✓ Speed limitation under 50 km/h |  <p>Applicable conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lane changing must be managed by human decision (With an Operator GO) ✓ Traffic not saturated ✓ Good visibility of the incoming traffic from beside and behind. ✓ Speed limitation under 50 km/h |



Tentez l'expérience