



expérimentations
navettes autonomes

Méthodologie pour la Spécification et l'Évaluation de Services de mobilité par Navettes autonomes

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 labellisé par



Information

Livrable L5.5.1

Version 1.0 : Approuvée Copil ENA

Date : 15.03.2023

Niveau de diffusion : Confidentiel

Auteurs

Hélène Tattegrain – Université Gustave Eiffel

Noëlle Favier – Université Gustave Eiffel

Abigail Tourniaire – Berthelet

Laure Fraboulet – Berthelet

Thierry Bellet – Université Gustave Eiffel

Daniel Lechner – Université Gustave Eiffel

Thomas Robert – Université Gustave Eiffel

Louafi Bouzouina - ENTPE

Jean-Bernard Constant – Cœur de Brenne

Sylvie Ponthus - CASA

Elodie Chateauroux - Transpolis

Michel Dauvergne – Université Gustave Eiffel

Magali Pierre - EDF

Relecteurs

Philippe Vezin – 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 défi du projet ENA a été d'intégrer les différentes méthodologie mises en place dans le cadre de recherche dans le processus de déploiement des navettes autonomes. Ce livrable implique donc tous les partenaires de ce projet.

Le retour d'expérience du projet ENA est formalisé dans une méthodologie synthétique qui est présentée dans deux livrables de la Tâche 5.5 :

- L'un sur la définition du service et sa sécurité : il est donc particulièrement utile pour les territoires... souhaitant faire évoluer leur offre de transport
- L'autre sur la faisabilité technique et le déploiement : il est donc particulièrement utile pour les exploitants et les personnes techniques impliquées dans le déploiement

L'objectif de ce livrable est de synthétiser l'ensemble des méthodologies (définies dans le Lot 1 et évaluées dans les Lots 4 et 5) et des bonnes pratiques (des Lot 3 et Lot 4) en utilisant les retours d'expérience des expérimentations. Ces méthodologies et certaines données acquises dans les expérimentations feront partie des biens communs attendus dans le cadre de ce projet. Ceci devrait être une aide aux personnes désirant déployer un service ou une expérimentation pour identifier l'ensemble des tâches à réaliser, les besoins de chaque tâche ainsi que les liens entre les différentes tâches.

Le projet ENA a permis de développer un certain nombre de méthodologie qui sont présentées succinctement dans ce livrable ainsi que le moment où elles doivent être utilisées :

- Les méthodes d'identification des scénarios critiques
- Les méthodes de mesures de l'acceptabilité
- Les méthodes de mesure de l'impact socio-économiques et environnemental
- Les méthodes d'analyse des incidents

Cette méthodologie est une architecture en 3 phases qui a été utilisée dans le projet ENA. Elle s'applique très bien dans le cadre d'une expérimentation en site réel mais elle peut aussi être appliquée dans le cadre d'un déploiement pour une exploitation commerciale. En effet, la phase de bilan peut être réalisée périodiquement de façon plus ou moins poussée pour mesurer l'impact du service. En cas de demande de refonte importante du service, la phase de spécification du service peut également être réalisée de nouveau pour adapter le service aux nouvelles attentes.

TABLES DES MATIERES

1	INTRODUCTION.....	1
2	DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE.....	3
2.1	PROCESSUS DE CONSTRUCTION DE LA METHODOLOGIE.....	3
2.2	PRESENTATION DES DIFFERENTES PHASES.....	3
2.2.1	Préparation du cas d'usage.....	3
2.2.2	Mise en œuvre du cas d'usage.....	4
2.2.3	Bilan du cas d'usage.....	5
2.3	PLANIFICATION TEMPORELLE.....	6
2.4	DESCRIPTION DES PROCESSUS DE LA METHODOLOGIE GENERALE.....	7
3	Processus us de la phase de préparation du cas d'usage.....	11
3.1	SPECIFICATION DU CAS D'USAGE A PARTIR DES BESOINS DES USAGERS ET DES TERRITOIRES....	11
3.1.1	Description générale de l'étape.....	11
3.1.2	Description des processus et des enchainements.....	11
3.1.3	Identification des besoins et des attentes des usagers pressentis.....	12
3.1.4	Evaluation socio-économique et environnementale a priori des scénarios d'usage.....	15
3.1.5	Méthodes et outils pour l'évaluation du cas d'usage.....	18
3.1.6	Connaissances des besoins et contraintes par les territoires.....	23
3.1.7	Sélection par le porteur.....	24
3.2	ÉTUDE DE FAISABILITE DE L'INTRODUCTION DES NAVETTES AUTONOMES.....	25
3.3	ANALYSE DE LA SECURITE.....	26
3.3.1	Description générale de l'étape.....	26
3.3.2	Description des processus et des enchainements.....	26
3.3.3	Identification des scénarios critiques.....	27
3.3.4	Identification des contre-mesures et révision du dossier.....	29
3.3.5	Analyse des besoins en test pour la démonstration de sécurité.....	30
3.3.6	Essais sur piste.....	31
3.3.7	Analyse de la sécurité et du confort des passagers.....	35
3.4	DEMANDE D'AUTORISATION.....	37
3.5	IDENTIFICATION DES BESOINS POUR LA MESURE DE L'IMPACT.....	38

3.5.1	Description générale de l'étape.....	38
3.5.2	Description des processus et des enchainements.....	38
3.5.3	Identification des hypothèses de recherche.....	39
3.5.4	Identification des données à recueillir.....	41
3.6	DEVELOPPEMENTS TECHNIQUES ET DEPLOIEMENTS EN VUE DE LA MISE EN SERVICE.....	44
3.6.1	Description générale de l'étape.....	44
4	PROCESSUS US DE LA PHASE DE LA MISE EN ŒUVRE DU CAS D'USAGE.....	45
5	PROCESSUS US DE LA PHASE DE BILAN DU CAS D'USAGE.....	47
5.1	EXPLOITATION DES DONNEES IV.....	47
5.2	BILAN EN TERMES DE SECURITE.....	47
5.2.1	Description générale de l'étape.....	47
5.2.2	Description des processus et des enchainements.....	48
5.2.3	Analyse de la sécurité.....	48
5.2.4	Comparaison entre les tests sur piste et les scénarios réels.....	50
5.2.5	Comparaison entre les scénarios critiques identifiés et les scénarios réels.....	50
5.3	BILAN EN TERMES D'ACCEPTABILITE ET EN TERMES SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL	51
5.3.1	Description générale de l'étape.....	51
5.3.2	Description des processus et des enchainements.....	53
5.3.3	Evaluation du cas d'usage à posteriori.....	54
5.3.4	Bilan environnemental.....	56
5.3.5	Bilan en termes d'acceptation et satisfaction d'usage / non usage.....	57
5.3.6	Bilan en terme socio-économique.....	60
6	CONCLUSIONS.....	63

1 INTRODUCTION

L'objectif de la Tâche 5.5 « Evaluation de la méthodologie globale » est de synthétiser l'ensemble des méthodologies (définies dans le Lot 1 « Méthodologie d'identification des besoins » et évaluées dans le Lot 4 « Expérimentations » et 5 « Impact et retour d'expériences ») et des bonnes pratiques (du Lot 3 « Evaluations sur pistes » et Lot 4) en utilisant les retours d'expérience des expérimentations. Ces méthodologies et certaines données acquises dans les expérimentations feront partie des biens communs attendus dans le cadre de ce projet. Ceci devrait être une aide aux personnes désirant déployer un service ou une expérimentation pour identifier l'ensemble des tâches à réaliser, les besoins de chaque tâche ainsi que les liens entre les différentes tâches.

L'objectif de ce livrable est de présenter la méthodologie globale pour la spécification et l'évaluation de services de mobilité par des navettes autonomes. L'originalité du projet est de déployer une démarche de conception et de validation centrée sur la mobilité et la sécurité, en menant de manière itérative les développements technologiques et l'analyse approfondie, d'une part, des besoins en termes de mobilités (des usagers, des opérateurs, des territoires et de sécurité) et d'autre part, des réalités observées des comportements des usagers. La méthodologie développée dans cette tâche va :

- Expliciter les différentes interactions entre les méthodologies socio-économique, environnementale, et d'acceptabilité pour définir des cas d'usage utiles pour les usagers, efficaces sur la mobilité collective et écoresponsables.
- Expliciter les différentes méthodologies pour identifier les cas les plus critiques sur les parcours et préconiser les tests de performance à mettre en place ainsi que les types de données à recueillir pour analyser la sécurité des navettes en cas d'accidents et d'incidents.

2 DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE

2.1 PROCESSUS DE CONSTRUCTION DE LA METHODOLOGIE

La méthodologie a été créée avec l'ensemble des partenaires du projet. Pour partager une vision commune de l'enchaînement des tâches, il a été proposé de les découper en plusieurs processus qui suivent le déroulement temporel du déploiement. Bien que cela soit plus facile pour comprendre l'ensemble des tâches, cela induit un découpage qui nuit à la visibilité de certaines démarches scientifiques telles que l'acceptabilité, la socio économie ou l'environnemental. En effet, ces démarches sont découpées en plusieurs processus avant pendant et après le déploiement et leurs logiques intrinsèques sont moins visibles.

Nous avons commencé par proposer un découpage et modifier ce dernier lors de deux ateliers avec l'ensemble des partenaires. Puis une fois la liste des processus terminées, la rédaction de chacun d'entre eux a été confiée à un partenaire du projet. Enfin une relecture de tout le livrable a été faite par tous.

2.2 PRESENTATION DES DIFFERENTES PHASES

2.2.1 Préparation du cas d'usage

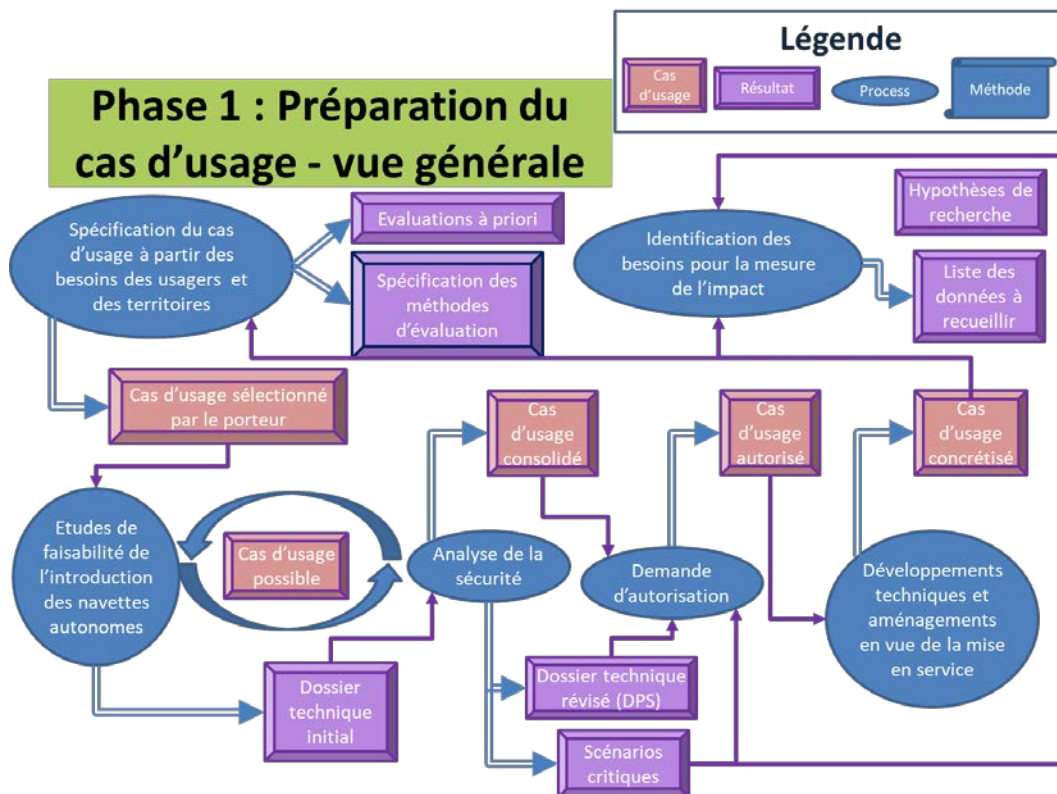


FIGURE 1 : PRESENTATION DE LA PHASE 1

L'articulation de cette phase se fait principalement autour des produits des processus que sont les cas d'usage. Quatre type de cas d'usage qui correspondent à quatre étapes principales de l'évolution du cas ont été identifiés.

Le premier « **cas d'usage sélectionné par le porteur** » correspond aux attentes à la fois des territoires mais aussi des usagers ainsi qu'aux analyses socioéconomiques et environnementales.

Le deuxième « **cas d'usage consolidé** » correspond à l'adaptation du premier cas en prenant en compte les limites liées aussi bien aux difficultés d'aménagement des parcours qu'aux limites techniques des véhicules et aux difficultés d'exploitation.

Le troisième « **cas d'usage autorisé** » correspond à l'adaptation du cas précédent liée aux demandes des responsables publics pour avoir l'autorisation soit de conduire l'expérimentation ou soit d'exploiter la ligne de transport.

Le dernier « **cas d'usage concrétisé** » correspond à l'adaptation du cas précédent dues aux limites techniques rencontrées lors des tests sur site (dont la marche à blanc) réalisés avant le déploiement.

Le « **cas d'usage possible** » est un cas d'usage partagé et évolutif entre les étapes des études de faisabilité et d'analyse de la sécurité qui sont deux étapes itératives dans lesquelles des modifications du cas analysé sont nécessaires en fonction des résultats des différents processus les composant.

Les principales étapes de cette phase font intervenir tous les partenaires du projet. Les chercheurs vont proposer des méthodes pour la « Spécification du cas d'usage à partir des besoins des usagers et des territoires » en termes d'acceptabilité et de bilan socio-économique et environnemental, ainsi que des méthodes pour « l'identification des besoins pour la mesure de l'impact » et « l'analyse de la sécurité » (en collaboration avec Sector). En parallèle, les partenaires privés ont pris en charge les étapes pour « les études de faisabilité de l'introduction des navettes autonomes », « la demande d'autorisation » et les « développements techniques et aménagements en vue de la mise en service ».

Cette première phase a permis d'avoir un certain nombre de résultats utilisés dans les autres phases :

- Les méthodes et outils pour la spécification et l'évaluation des cas d'usages en termes d'acceptabilité et de bilan socio-économique et environnemental ;
- L'ensemble des données à recueillir ;
- Les scénarios critiques identifiés a priori sur les parcours ;
- Les développements techniques comme l'application voyageur ;
- Les dossiers nécessaires pour l'instruction des demandes administratives ;
- Et d'autres résultats internes à cette phase tels que le dossier technique initial et le révisé.

2.2.2 Mise en œuvre du cas d'usage

Cette phase n'est constituée que d'une seule étape. Elle met en œuvre le cas d'usage concrétisé. Elle utilise les outils développés en amont pour faire les évaluations de suivi et l'application voyageur. Durant toute l'exploitation des évaluations de suivi sont fournies et des données recueillies. L'ensemble de ces informations sont utilisées pour faire les bilans.

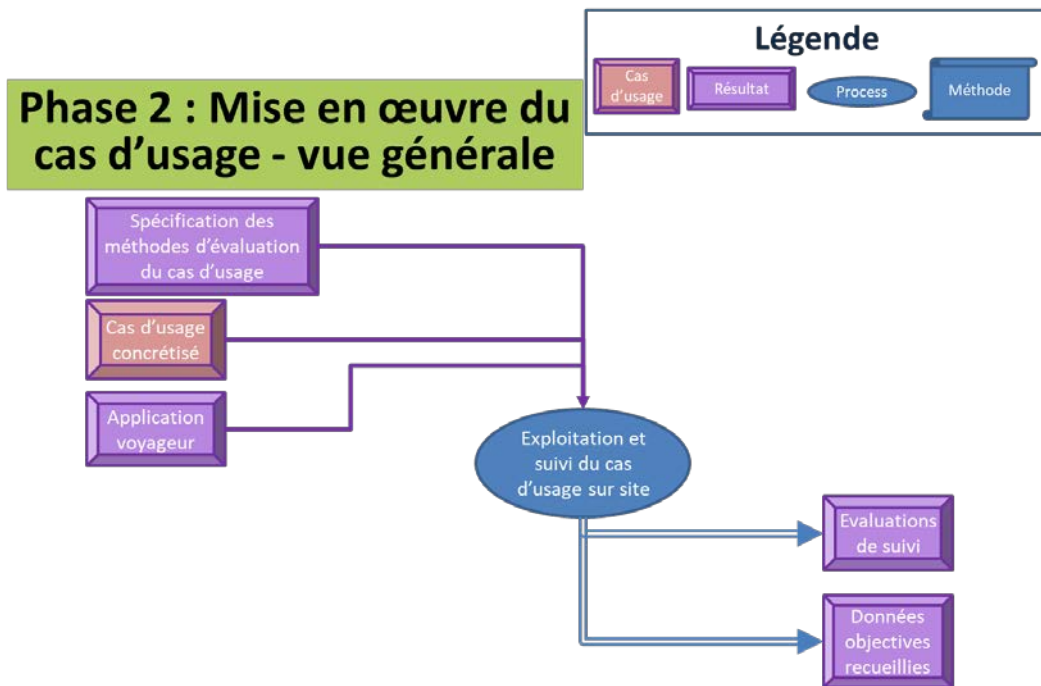


FIGURE 2 : PRESENTATION DE LA PHASE 2

2.2.3 Bilan du cas d'usage

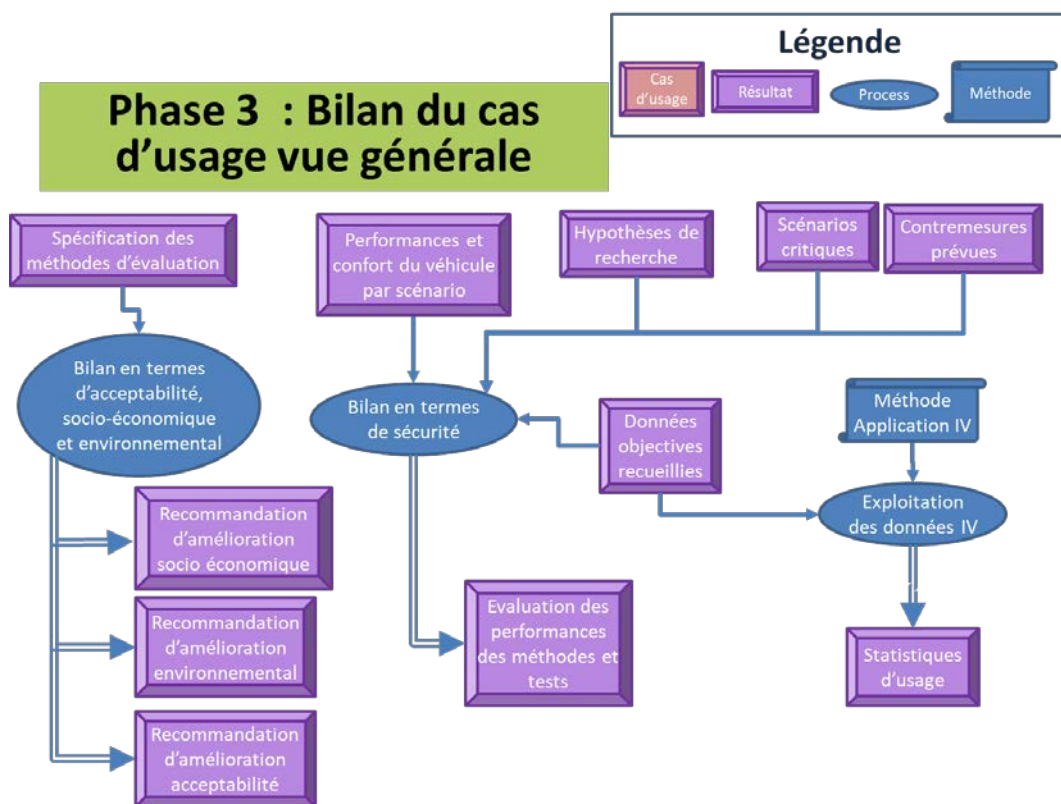


FIGURE 3 : PRESENTATION DE LA PHASE 3

Dans le cas d'une expérimentation, cette phase est réalisée après la fin de l'exploitation. En cas de déploiement d'un service, elle peut être faite régulièrement lors d'une évolution importante du service de transport. Pour faire ces différents bilans, les outils et méthodes développés avant le déploiement sont utilisés (méthodes d'évaluation, hypothèses de recherche) ainsi que les résultats des premières analyses avant et pendant le déploiement (scénarios critiques, évaluation de suivi, performances du véhicule, contre mesure, données recueillies). Les sorties concernent toutes les recommandations d'amélioration ainsi que les bilans de sécurité et d'usage.

2.3 PLANIFICATION TEMPORELLE

D'un point de vue temporaire, les différentes étapes se sont enchainées de la manière suivante dans le projet ENA :

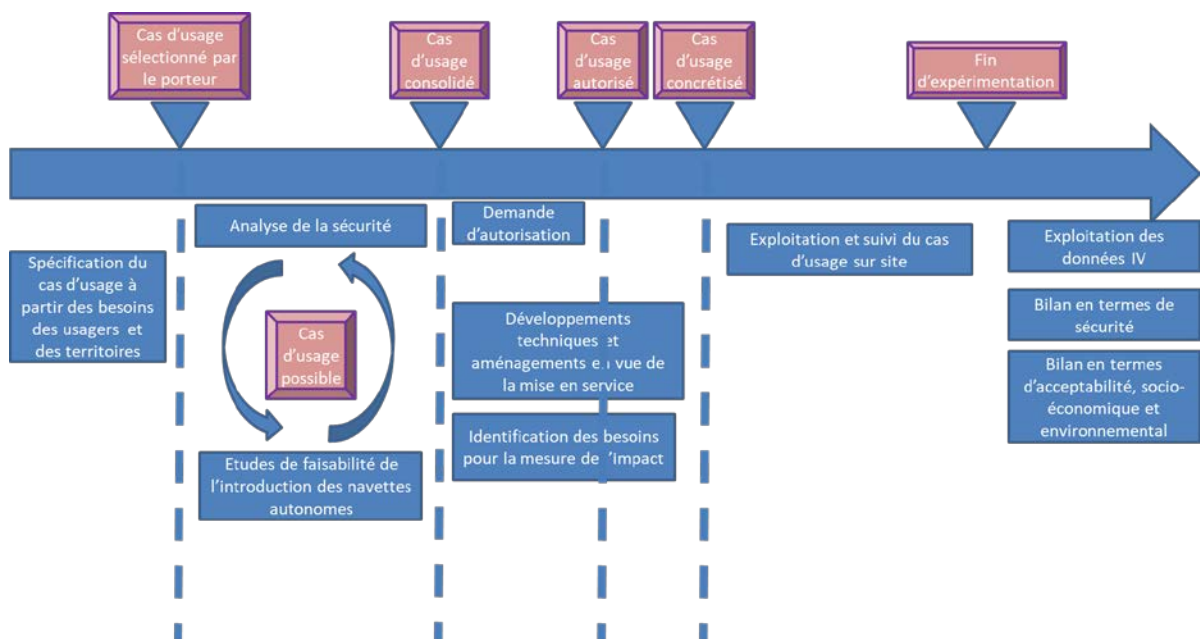


FIGURE 4 : PLANIFICATION TEMPORELLE DANS LE CADRE DU PROJET ENA

2.4 DESCRIPTION DES PROCESSUS DE LA METHODOLOGIE GENERALE

Les différentes étapes ont été réparties dans deux livrables. Les processus permettant la spécification et les bilans des cas d'usage sont dans ce livrable, les processus plus techniques nécessaires pour le déploiement dans le livrables « kit de déploiement ».

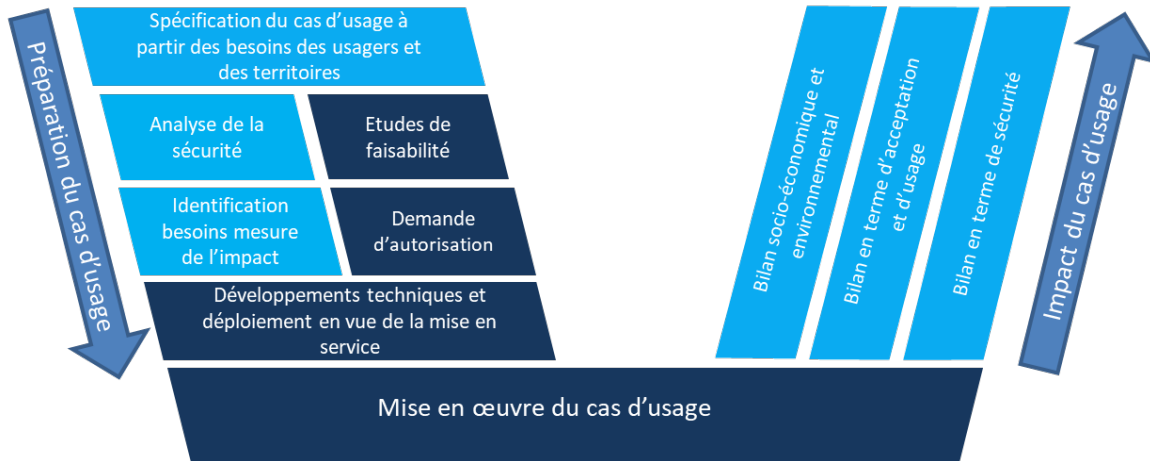


FIGURE 5 : ORGANISATION DES PROCESSUS

Cette figure représente la répartition des étapes entre les deux livrables. Celles de ce livrable méthodologique sont en bleu clair, les autres en bleu foncé sont dans le « Kit de déploiement ».

Nous avons dans la phase de préparation beaucoup de processus en parallèle. Les processus méthodologiques aident à la spécification du cas d'usage et propose des outils de mesure pour le suivi du déploiement et les bilans tandis que les processus fonctionnels du kit de déploiement valident la faisabilité et déploient les tâches opérationnelles.

TABLEAU 1 : REPARTITION DES ETAPES DE LA PHASE DE PREPARATION DU CAS D'USAGE DANS LA PARTIE METHODOLOGIQUE (EN BLEU CLAIR) ET LE KIT DE DEPLOIEMENT (EN BLEU FONCE). LES DESCRIPTIONS GENERALES DE CHAQUE ETAPE SONT LES MEMES DANS LES DEUX LIVRABLES

Spécifications du cas d'usage à partir des besoins des usagers et des territoires	Description générale de l'étape (3.1.1 dans les livrables)
	Identification des besoins et des attentes des usagers pressentis (3.1.3 dans le livrable 5.5.1)
	Evaluation socio-économique et environnementale a priori des scénarios d'usage (3.1.4 dans le livrable 5.5.1)
	Méthodes et outils pour l'évaluation du cas d'usage (3.1.5 dans le livrable 5.5.1)
	Connaissances des besoins et contraintes par les territoires (3.1.6 dans le livrable 5.5.1)
Etudes de faisabilité de l'introduction des navettes autonomes	Sélection par le porteur (3.1.7 dans le livrable 5.5.1)
	Description générale de l'étape (3.2.1 dans les livrables)
	Choix du pilote de projet (territoire ou AMO)
	Constitution d'un cahier des charges pour la sélection d'un constructeur et d'un aménageur
	Sélection exploitant, constructeurs et aménageurs
	Etudes de faisabilité des constructeurs sur le parcours sélectionné
	Etudes de faisabilité des aménageurs sur le parcours sélectionné
Analyse de la sécurité	Révision du projet
	Spécification de l'application IV
	Description générale de l'étape (3.3.1 dans les livrables)
	Identification des scénarios critiques (3.3.3 dans le livrable 5.5.1)
	Identification des contre mesures et révision du dossier (3.3.4 dans le livrable 5.5.1)
Demande d'autorisation	Analyse des besoins en test pour la démonstration de la sécurité (3.3.5 dans le livrable 5.5.1)
	Essais sur piste (3.3.6 dans le livrable 5.5.1)
	Description générale de l'étape (3.4.1 dans les livrables)
	Rédaction du dossier d'autorisation
Identification des besoins pour la mesure de l'impact	Echanges avec les services instructeurs
	Révision du dossier d'autorisation
	Immatriculation et assurance du véhicule
Développements et aménagements en vue de la mise en service	Description générale de l'étape (3.5.1 dans les livrables)
	Identification des hypothèses de recherche (3.5.3 dans le livrable 5.5.1)
	Identification des données à recueillir (3.5.4 dans le livrable 5.5.1)
Exploitation et suivi du cas d'usage sur site	Description générale de l'étape (3.6.1 dans les livrables)
	Développements spécifiques pour assurer la faisabilité du parcours défini
	Planification et réalisation des travaux d'aménagements (dont panneaux bord de route)
	Déploiement du véhicule autonome par le constructeur (dont habillage)
	Paramétrage et validation de connexion inter-systèmes
	Développement et Déploiement du MAAS (IV, billettique et réservations)
Exploitation et suivi du cas d'usage sur site	Description générale de l'étape (4.1.1 dans les livrables)
	Information voyageur
	Ouverture au public (dont inauguration)
	Formation des agents de l'opérateur de transports
	Marche à blanc
	Communication de crise
	Exploitation commerciale
	Analyse des statistiques et des anomalies
	Evaluation de suivi (d'acceptation, socio-économiques et environnementales)
	Suivi et évolutions avec le porteur de projet
	Suivi et évolutions avec le constructeur
Bilan de l'exploitation	

L'ensemble des processus pour la mise en œuvre du cas d'usage font partie du kit de déploiement. Ce livrable de présentera donc qu'une description générale.

TABLEAU 2 : ETAPES DE LA PHASE DE MISE EN ŒUVRE DU CAS D’USAGE DANS LE KIT DE DEPLOIEMENT

Exploitation et suivi du cas d’usage sur site	Description générale de l’étape (4.1.1 dans les livrables)
	Information voyageur
	Ouverture au public (dont inauguration)
	Formation des agents de l’opérateur de transports
	Marche à blanc
	Communication de crise
	Exploitation commerciale
	Analyse des statistiques et des anomalies
	Evaluation de suivi (d’acceptation, socio-économiques et environnementales)
	Suivi et évolutions avec le porteur de projet
	Suivi et évolutions avec le constructeur
Bilan de l’exploitation	

Les dernières étapes de la méthodologie permettent de faire différents bilans aussi bien en termes de d’acceptabilité et de sécurité que des conséquences socio-économiques et environnementales.

TABLEAU 3 : ETAPES DE BILAN DU CAS D’USAGE DANS LA PARTIE METHODOLOGIQUE (EN BLEU CLAIR) ET UNE ETAPE DU KIT DE DEPLOIEMENT (EN BLEU FONCE).

pas de sous phase	Exploitation des données IV (5.1.1 dans les livrables)
Bilan en terme de sécurité	Description générale de l’étape (5.2.1 dans les livrables)
	Analyse de la sécurité (5.2.3 dans le livrable 5.5.1)
	Comparaison entre les tests sur piste et les scénarios réels (5.2.4 dans le livrable 5.5.1)
	Comparaison entre les scénarios critiques identifiés et les scénarios réels (5.2.5 dans le livrable 5.5.1)
Bilan en terme acceptabilité, socio-économique et environnemental	Description générale de l’étape (5.3.1 dans les livrables)
	Evaluation du cas d’usage a posteriori (5.3.3 dans le livrable 5.5.1)
	Bilan environnemental (5.3.4 dans le livrable 5.5.1)
	Bilan en terme d’acceptation et satisfaction d’usage / non usage (5.3.5 dans le livrable 5.5.1)
	Bilan en terme socio-économique (5.3.6 dans le livrable 5.5.1)

3 PROCESSUS US DE LA PHASE DE PREPARATION DU CAS D'USAGE

3.1 SPECIFICATION DU CAS D'USAGE A PARTIR DES BESOINS DES USAGERS ET DES TERRITOIRES

3.1.1 Description générale de l'étape

L'objectif de cette étape est de sélectionner un cas d'usage le plus pertinent possible en tenant compte des attentes aussi bien des territoires que des usagers, mais aussi des contraintes provenant soit de ressources budgétaires soit pouvant être évaluées par des études socio-économiques et environnementales.

Cette étape doit donc recueillir et analyser les besoins des futurs usagers potentiels des Navettes Autonomes (NA), afin de concevoir une offre de mobilité qui corresponde au mieux à leurs attentes. Ceci permettra de proposer, en aval, des spécifications du cas d'usage, afin que celui-ci soit *in fine* bien accepté et réponde effectivement à leurs attentes.

Elle permettra d'esquisser des estimations des impacts, socioéconomique et environnemental, sur la base de données issues de la contextualisation/cadrage et des hypothèses/prévisions sur les évolutions du service et de l'usage.

Elle permettra aussi de recenser l'offre de mobilité globale du territoire et d'identifier les services manquants ou les complémentarités nécessaires permettant d'améliorer la mobilité des habitants des zones desservies.

Entrées :

- Modèles et méthodes adaptées aux caractéristiques spécifiques du projet de mobilité correspondant au cas d'usage pour l'étude de l'acceptabilité a priori (i.e. avant usage) et l'analyse des besoins ;
- Le cas d'usage concrétisé qui sera défini après les travaux des autres processus de l'étape de préparation sera analysé en fin de préparation pour adapter les outils si ce cas est différent du « cas d'usage sélectionné par le porteur ».

Sorties :

- Le « cas d'usage sélectionné par le porteur » ;
- Spécification des méthodes d'évaluation du cas d'usage.

3.1.2 Description des processus et des enchainements

Les études amont en termes d'acceptabilité travaillent, à partir des connaissances, des besoins et contraintes des territoires pour créer des « **spécifications du cas d'usage** » dont le porteur devra tenir compte s'il souhaite que l'offre de mobilité à déployer in fine sur le territoire réponde bien aux besoins effectifs et aux attentes de futurs usagers. Ces spécifications permettent d'alimenter les hypothèses de travail des « **évaluations a priori socio-économiques et environnementales** ». Puis le « cas d'usage sélectionné par le porteur » est créé et sera la base du travail des autres partenaires pour les autres processus de la phase « préparation du cas d'usage ». En parallèle, les processus préparent les différents outils qui seront utilisés pour mesurer les impacts du cas d'usage qui sera réellement déployé.

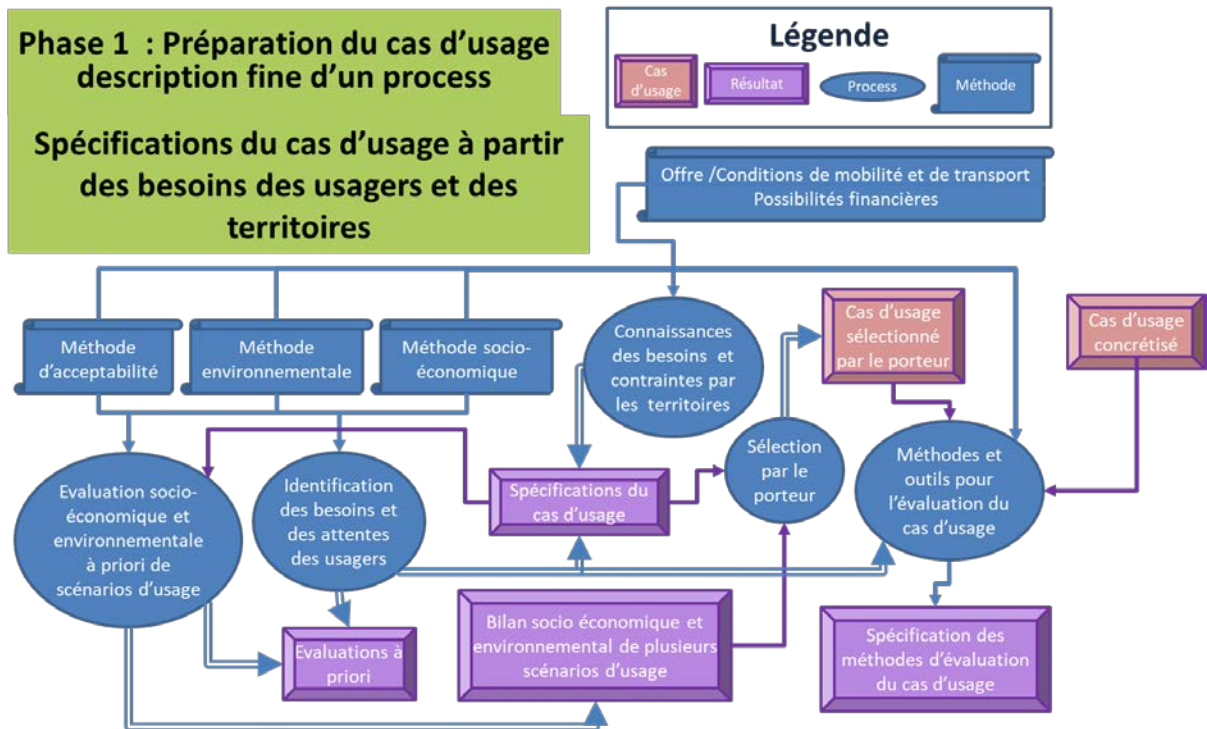


FIGURE 6 : DESCRIPTION DE LA PREMIERE PHASE

3.1.3 Identification des besoins et des attentes des usagers pressentis

Objectif :

L'objectif de ce processus est de recueillir et d'analyser les besoins des futurs usagers potentiels des Navettes Autonomes (NA), afin de concevoir une offre de mobilité qui corresponde au mieux à leurs attentes. Il s'agit là d'une étape essentielle dans le cadre d'une démarche de conception « centrée sur l'utilisateur », visant à impliquer l'utilisateur final dès les premières étapes du processus de définition du cas d'usage. Pour cela il est nécessaire, en amont de l'élaboration du cas d'usage, de se préoccuper de l'acceptabilité « a priori » des usagers envers le nouveau mode de transport envisagé, ainsi que de réaliser des études de terrains impliquant les utilisateurs potentiels (au moyen d'enquêtes, d'entretiens, ou de groupes de discussion, par exemple) afin de mieux connaître leurs pratiques de mobilités actuelles et leurs futurs besoins, en vue de définir avec eux une nouvelle offre de transport susceptible de les satisfaire. Sur la base des données ainsi collectées et de l'analyse approfondie des besoins *a priori* des usagers, il sera alors possible de proposer, en aval, des spécifications du cas d'usage, afin que celui-ci soit *in fine* bien accepté et réponde effectivement à leurs attentes.

Description du processus :

▪ Entrées :

Pour mener à bien ce processus, il est nécessaire - en amont - de se baser sur des modèles scientifiques et des méthodes issues de la littérature (en psychologie, en sociologie et en ergonomie) pour l'étude de l'*acceptabilité a priori* (i.e. avant usage) et l'*analyse des besoins*, puis d'adapter ensuite ces modèles et ces méthodes aux caractéristiques spécifiques du projet de mobilité correspondant au cas d'usage.

▪ **Description du travail :**

Si l'on souhaite pouvoir à terme évaluer les bénéfices effectivement introduits (ou non) par le cas d'usage en matière de nouvelle offre de mobilité, il est nécessaire de définir d'emblée un **continuum méthodologique** (sous la forme d'enquêtes ou d'entretiens, par exemple) reposant - a minima - sur des questionnaires homogènes et/ou standardisés permettant de procéder à des comparaisons entre, d'un côté, des jugements collectés « *a priori* » (en matière d'acceptabilité et de besoins identifiés avant usage) et, de l'autre côté, des évaluations d'acceptation et de satisfaction réalisées « *a posteriori* » (i.e. après le déploiement du cas d'usage et l'utilisation effective de cette nouvelle offre de mobilité).

La première étape de ce continuum méthodologique, sur laquelle porte plus spécifiquement ce processus (i.e. collecte des jugements et des attentes *a priori*), devra notamment permettre :

- 1) D'identifier des **facteurs d'acceptabilité** susceptibles d'impacter positivement ou négativement l'intention d'usage des Navettes Autonomes (en matière d'utilité ou de sécurité perçues, de performances attendues, de confort escompté, d'image sociale, d'appréhension envers l'usage des NA ou de coût d'utilisation, ...), en fonction des différentes populations d'usagers (selon l'âge, le sexe, la catégorie socioprofessionnelle, les pratiques de mobilités actuelles, ou les attitudes de chacun envers les innovations technologiques, ...).
- 2) De mieux connaître les « **populations-cibles/profils d'utilisateurs** » à privilégier sur chaque territoire et d'identifier **les freins propres à chaque profil** (i.e. inquiétudes ou appréhensions spécifiques) envers une nouvelle offre de mobilité reposant sur des navettes autonomes.
- 3) De définir, avec chaque population d'usagers identifiée, les **besoins de mobilité spécifiques** susceptibles d'être satisfaits par la technologie NA, **l'offre de mobilité attendue** par chacun (ex : itinéraires et fréquences) et les **services associés** au cas d'usage, que ce soit pour accéder aux NA (ex : stations d'arrêts, site d'information en ligne, horaires, modalités d'accès à bord, modalité d'achat et prix des trajets, etc.) ou pour savoir comment les utiliser (diffusion d'informations dans le véhicule pour faciliter l'usage des navettes ou pour communiquer des informations à l'utilisateur quant à la réalisation du trajet en cours, par exemple).

Pour mener à bien ces activités et atteindre pleinement ces objectifs, il sera nécessaire de :

- Définir précisément l'offre de mobilité envisagée au moyen des NA pour ce territoire, afin de pouvoir la présenter de façon « tangible » et « réaliste » aux futurs usagers potentiels. Ce travail doit être réalisé en étroite collaboration avec le porteur du cas d'usage, afin de prendre en compte les critères de faisabilité (bien qu'*a priori*) et de recueillir le point de vue des usagers sur une offre susceptible de se rapprocher au plus près du cas d'usage effectif (i.e. qui sera sélectionné par le porteur).
- Constituer des groupes d'usagers et/ou des panels « d'utilisateurs cibles » à interroger dans chaque territoire.
- Définir la méthode de collecte (ex : enquêtes, entretiens, groupes de discussion), le contenu détaillé (i.e. les questions à poser et/ou thématiques à discuter), le volume de données nécessaires (ex : nombre de participants), et la temporalité des différentes « études de terrain » à déployer sur le territoire (notamment afin de contrôler les risques d'interférences entre ces études et d'autres tâches du projet, ...).

▪ **Sorties :**

Les sorties de ce processus prendront la forme de « **spécifications du cas d'usage** », dont le porteur devra tenir compte s'il souhaite que l'offre de mobilité à déployer in fine sur le territoire réponde bien aux besoins effectifs et aux attentes de futurs usagers. Le cas échéant, ces études de terrain pourront aussi alimenter les hypothèses de travail des « **évaluations a priori socio-économiques et environnementales** » (nombre et/ou profils des usagers susceptibles de changer de mode de transport selon différents scénarios d'usage, ...).

Exemples d'application :

Dans le projet ENA, ces travaux ont été réalisés dans le cadre des Tâches 1.1 (« Enquête d'acceptabilité sociétale ») et 4.5 (« Recueil des besoins terrain »), au moyen de deux méthodologies principales et complémentaires :

- **Une enquête d'acceptabilité sociétale réalisée auprès d'un échantillon représentatif de la population française** afin de mieux connaître les intentions d'usage de chacun et d'identifier les réticences potentielles vis-à-vis des Navettes Autonomes. Ces travaux ont notamment permis de proposer un modèle d'acceptabilité des NA visant à prédire leurs intentions d'usage (en fonction de l'utilité perçue, des attentes de performances, de la facilité d'usage, du coût, ou de l'avis des pairs) ainsi que d'identifier des « **profils-types** » d'utilisateurs, selon qu'il s'agisse de personnes plus ou moins « favorables » versus « réticentes » à l'idée d'emprunter ce nouveau mode de transport.
- **Des enquêtes de terrain** (sous la forme de groupes de discussion) **réalisées auprès des futurs utilisateurs potentiels des Navettes Autonomes recrutés sur chaque territoire**, afin d'identifier les besoins et les attentes spécifiques de différents groupes d'usagers (cf. profils utilisateurs « cibles » identifiés sur chaque territoire) au moyen d'une méthodologie commune (définie dans la Tâche 1.3). Les données collectées se sont notamment focalisées sur leurs pratiques de mobilité et sur les difficultés rencontrées dans le cadre de leurs déplacements actuels, puis les participants étaient ensuite invités à s'exprimer sur leurs attentes vis-à-vis d'une nouvelle offre de mobilité reposant sur les navettes ENA, à concevoir pour leur propre territoire (i.e. cas d'usages de Cœur de Brenne et de Sophia Antipolis, respectivement), ainsi qu'à faire état de leurs propres intentions/envies et/ou réticences potentielles envers l'usage de ce nouveau type de véhicules dans l'avenir. Ces enquêtes par Focus groups ont ainsi permis de connaître les attentes des personnes qui s'avèreraient utiliser ou non les navettes ultérieurement et ont donc alimenté à la fois les enquêtes ex-post sur les usagers et sur les non-usagers des navettes.

Points d'attention particuliers :

Pour contribuer efficacement à la spécification du cas d'usage, ces études doivent impérativement être réalisées en début de projet afin de pouvoir disposer de résultats suffisamment tôt pour pouvoir infléchir la définition du cas d'usage au regard des besoins et des attentes effectives des futurs usagers. Toutefois, ces études peuvent demander un temps de réalisation substantiel (souvent plusieurs mois) dont il conviendra de tenir compte lors de l'élaboration du planning. Pour favoriser la synchronisation avec les autres processus et gérer au mieux la pression temporelle, des échanges réguliers avec le porteur du cas d'usage seront nécessaires, afin d'infléchir le cas d'usage au fur et à mesure des avancées de la collecte sur le terrain, sans forcément attendre la production de conclusions définitives susceptibles d'arriver trop tard (i.e. décisions techniques devant être impérativement prises sans pouvoir attendre les résultats finaux de ces études de terrain).

Une difficulté susceptible d'être rencontrée pour mener à bien ces études prospectives peut résider dans le caractère « disruptif » du cas d'usage. Si l'offre de mobilité est totalement nouvelle et/ou repose sur une technologie totalement inconnue, il sera potentiellement difficile pour les usagers de se projeter dans la future situation d'usage. Par ailleurs, une autre difficulté peut porter sur le décalage entre les besoins « exprimés » et/ou les attentes « idéales » des usagers, et la faisabilité « effective » du cas d'usage (sur le plan technique, ou en termes de coûts, par exemple). Pour pouvoir collecter des réponses appropriées auprès des usagers, il est par conséquent nécessaire (1) de bien définir avec le porteur du cas d'usage l'offre de mobilité envisagée « a priori », afin (2) de pouvoir la présenter / l'expliquer adéquatement aux usagers et (3) de recueillir ainsi leur point de vue sur une offre de mobilité « réaliste » du point de vue du porteur et des ressources disponibles (matérielles, financières, temporelles, etc.).

Ressources :

Ce processus nécessite de faire appel à des méthodologies issues de la psychologie, de la sociologie et/ou de l'ergonomie, comme des enquêtes, des groupes de discussions collectives (Focus groups) ou des entretiens individuels. Pour garantir un continuum méthodologique, le contenu de ces enquêtes se doit de reposer sur des questionnaires standardisés (thématiques considérées et items utilisés), issus de la littérature et/ou étayés par des modèles scientifiques d'acceptabilité adaptés aux caractéristiques spécifiques du cas d'usage.

Dans le cadre du projet ENA, un modèle d'acceptabilité des NA, basé sur une revue de la littérature scientifique, a été proposé, assorti d'un questionnaire validé scientifiquement sur les données issues de l'enquête réalisée au niveau national (ces résultats sont présentés dans le Livrable ENA L1.1.1 « *Enquête d'Acceptabilité Sociétale des Navettes Autonomes* »). En outre, une méthodologie standardisée a également été mise en place pour la collecte de données homogènes sur tous les territoires. Cette méthodologie est décrite dans les Livrables ENA L1.3.1 (« *Méthodologie commune de recueil des besoins terrain auprès des futurs usagers* »), L1.3.2 (« *Méthodologie Enquête qualitative auprès des non-usagers* ») et L1.3.3 (« *Méthodologie de l'enquête d'acceptation terrain* »).

Enfin, au-delà de la méthodologie elle-même, il conviendra aussi de former les « enquêteurs terrains », si ceux-ci sont multiples, afin de garantir une collecte standardisée des données auprès de tous les usagers et/ou sur tous les territoires concernés par le cas d'usage.

Références :

- Livrable 1.1.1 : « *Enquête d'Acceptabilité Sociétale des Navettes Autonomes* ».
- Livrable 1.3.2 : « *Méthodologie Enquête qualitative auprès des non-usagers* ».
- Livrable 4.5.1 : « *Rapport d'enquête terrain usagers* ».

3.1.4 Evaluation socio-économique et environnementale a priori des scénarios d'usage

Objectif :

L'objectif de ce processus est de définir une méthodologie permettant de réaliser une évaluation socio-économique et environnementale en amont du déploiement d'un service de navettes autonomes dans un territoire donné. Il s'agit en particulier de poser les bases d'un cadre méthodologique commun liant l'analyse coûts-avantages (ACA) et l'analyse de cycle de vie (ACV) et d'esquisser des estimations des impacts, socioéconomique et environnemental, sur la base de données issues de la contextualisation/cadrage et des hypothèses/prévisions sur les évolutions du service et de son usage.

Description du processus :

Le travail d'évaluation socioéconomique et environnementale du scénario d'usage, a priori, peut se décomposer en quatre grandes étapes :

1) La contextualisation

Avant toute chose il est nécessaire de réaliser une contextualisation c'est-à-dire une description du lieu d'implantation du service de navettes autonomes d'un point de vue géographique, social, économique et environnemental. Ces éléments de contexte permettront dans le cadre de l'évaluation socioéconomique et environnementale de fixer les investissements et les objectifs du projet envisagé.

2) Cadrage

Le travail de cadrage permet quant à lui de réaliser un diagnostic du territoire de manière à récolter les informations nécessaires à la réalisation des évaluations :

- D'un point de vue socioéconomique : il s'agit d'obtenir des données liées au contexte macroéconomique du territoire (type de zone, type de population, mobilité observée, problématiques rencontrées, projet envisagés...) de manière à pouvoir fixer la situation de référence du territoire qui est la situation qui prévaudrait si le projet n'est pas réalisé. S'agissant d'un cadre méthodologique commun, cette situation de référence sera également utilisée dans le cadre de l'évaluation environnementale.
- D'un point de vue environnemental : Cette étape permet de collecter les données liées à l'usage des transports sans la mise en place d'un service automatisé sur le territoire. Il convient donc d'intégrer dans l'enquête des questions précises sur l'usage et les caractéristiques de chaque mode utilisé (type de mode, carburant, origines-destinations, distance, fréquence...) de manière à pouvoir par la suite étudier l'impact environnemental d'un projet sur la mobilité future.

Cette phase de cadrage nécessite donc de passer par une étape de recueil de données, que ce soit via des entretiens avec les différents acteurs identifiés aux cours de la phase de contextualisation (autorités locales, exploitant du service...), via la revue de littérature ou bien à travers un recueil de données à une échelle plus micro via une enquête de mobilité auprès des populations d'usagers potentiels (usagers et non usagers) du territoire.

Pour compléter l'étape de cadrage, il est nécessaire de définir le type de service de NA qui sera déployé, de définir le cadre temporel du projet, à savoir la durée d'analyse des deux évaluations, et enfin de restreindre le périmètre du territoire à une zone d'influence du système de NA déployé. Concernant ce dernier point, il est en effet inutile d'intégrer dans l'analyse des populations non concernées du territoire par le système déployé.

3) Impact du service de NA sur le système de transport local

Cette étape consiste à étudier l'impact du futur service en expérimentation sur le système de mobilité à partir des modélisations et des prévisions sur les données récoltées. L'analyse est centrée sur la zone d'influence et le cadre temporel définis à l'étape précédente. Pour déterminer cet impact, il est nécessaire d'élaborer différents scénarios permettant de prendre en compte les risques et les incertitudes liés à la mise en place du service. Cette étape est d'autant plus nécessaire dans le cas de l'évaluation d'un service de transport automatisé pour lequel l'incertitude est importante vis-à-vis de l'évolution de plusieurs facteurs (maturation technologique, acceptation, effets...).

L'établissement de ces scénarios passe par l'identification des variables susceptibles de faire varier la demande d'usage de la navette (ex : augmenter la vitesse, la fréquence, diminuer le temps d'attente, réduire les coûts d'exploitation...) et l'estimation de cette demande et du potentiel report modal. Des tests de sensibilité sont effectués sur les variables identifiées pour mesurer leurs impacts sur le bilan final.

4) Synthèse des impacts

Une fois les scénarios d'usage du service de NA établis, il est possible de procéder à l'estimation des bilans socioéconomique et environnemental a priori :

- Bilan environnemental : Modélisation d'une ACV et calcul des impacts environnementaux pour chacun des scénarios établis incluant le système technique déployé décrit à l'étape du cadrage, la demande prédite pour le service de NA, les reports modaux induits estimés et le cas échéant, pour certains scénarios une modification du système technique déployé (voir 5.2.4) ;
- Bilan socioéconomique : Réalisation d'une ACA permettant de dresser un bilan global et des bilans associés à chacun des acteurs du projet. Cette analyse intègre les parties monétarisables du bilan environnemental issu de l'ACV et permet d'estimer des impacts globaux pour chacun des scénarios (voir 5.2.6).
- *Entrées* : données issues de la littérature, des entretiens auprès des acteurs du projet, données d'enquête de mobilité avant mise en place de l'expérimentation.
- *Sorties* : Demande prédite, Bilan socioéconomique, Bilan environnemental.

Exemples d'application :

Dans le cadre du projet ENA, une évaluation socioéconomique a été réalisée sur le terrain de CASA (livrable 1.2.1). Cette expérience constitue un bon exemple d'application d'évaluation a priori et permet d'illustrer quelques éléments de la méthodologie suivant les différentes étapes.

Tout d'abord, lors de la phase de contextualisation, la description du lieu d'implantation de l'expérimentation du service sur l'avenue Roumanille a permis de fixer les investissements nécessaires et les objectifs en termes de desserte du dernier kilomètre en lien avec le service de transport collectif. Ensuite, la réalisation du diagnostic territorial lors de la phase de cadrage était l'occasion de recueillir les informations sur le tissu économique et résidentiel, l'accessibilité de l'offre de transport ainsi que les pratiques modales à partir de documents fournis par la communauté d'agglomération. Le type de service de navette autonome a également été défini (type de véhicule, caractéristiques techniques, fréquence), avec le périmètre spatiotemporel d'influence, la situation de référence (système de vélos en libre-service) et la situation de projet. L'enquête de mobilité ne pouvant pas avoir lieu, du fait de la pandémie du Covid-19, des estimations ont été faites à partir de la littérature et des différentes sources de données collectées, afin d'analyser l'impact du futur service de navette autonome suivant différents scénarios. Enfin, un bilan global exprimé à partir de la Valeur Actuelle Nette issue de l'ACA a été établi et décliné pour chaque acteur du projet. Une synthèse des impacts a été réalisée. Des analyses de sensibilité effectuées montraient déjà la sensibilité de la demande et du bilan socioéconomique vis-à-vis de la vitesse.

Points d'attention particuliers :

Le principal risque lié à l'évaluation a priori d'une expérimentation d'un service de NA est lié à la connaissance anticipée du système technique et son adaptation au territoire en fonction de l'objectif associé. C'est pour cette raison d'ailleurs que ce travail d'évaluation ex-ante n'a pas pu avoir lieu sur la communauté de communes de Cœur de Brenne dans le cadre du projet ENA. Une fois l'industriel identifié, cette connaissance du système technique reste partielle pour des raisons de confidentialité, mais aussi du fait des incertitudes liées à l'évolution constante de la technologie du véhicule. D'autres sont liées aux évolutions du territoire et de l'offre de mobilité (exemple du BHNS en site propre sur CASA).

Ce cadre méthodologique commun nécessite un échange permanent entre les équipes d'évaluation socioéconomique et environnementale, de manière à bien harmoniser les choix méthodologiques à chacune des étapes et articuler les entrées et sorties. Les sorties de modélisation de la demande, réalisées par l'équipe d'évaluation socioéconomique, constituent des entrées pour l'évaluation environnementale des différents scénarios. En même temps, les sorties de cette dernière alimentent le bilan socioéconomique des scénarios de projet.

Ressources :

- Livrables 1.2.1 : « Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique ».
- Différents guides méthodologiques de l'évaluation socioéconomique et environnementale, notamment ceux centrés sur l'Analyse Coût-avantages et l'Analyse en Cycle de Vie.

Références :

- Livrable 1.2.1 : « *Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique* ».

3.1.5 Méthodes et outils pour l'évaluation du cas d'usage

Objectif :

L'objectif de ce processus est de définir les méthodes et les outils à mettre en place pour l'évaluation de l'acceptation du cas d'usage, une fois que celui-ci aura été sélectionné par le porteur puis effectivement déployé et exploité sur le territoire. Les « méthodes » renvoient à la modalité de collecte des données (par exemple, réalisation d'enquêtes en ligne, collecte en présentiel sur le territoire effectuées par des enquêteurs, entretiens individuels ou groupes de discussion collectifs, etc.) et les « outils » renvoient, quant à eux, au contenu des enquêtes/questionnaires à déployer sur le terrain (i.e. les thématiques abordées, la formulation des questions, les modalités de réponses pour les participants) ou des mesures à effectuer sur le territoire (ex : comptage du nombre d'utilisateurs). Ce processus vise également à dresser la liste des éléments permettant de réaliser l'évaluation socioéconomique et environnementale, qu'elle soit a priori ou a posteriori. La collecte de données doit permettre de caractériser le territoire, l'offre de transport et les comportements de mobilité sur chaque étape. Le contenu des enquêtes auprès des usagers potentiels est construit de manière à produire des données permettant de comprendre la mobilité des individus, l'intention d'usage du nouveau service et d'estimer/mesurer son impact en termes de changement de comportement, de manière générale, et de report modal, en particulier.

Description du processus :

A1) Pour l'évaluation du cas d'usage par les usagers :

▪ **Entrées :**

Les entrées de ce processus sont constituées, d'un côté, par les modèles scientifiques et des méthodes issues de la littérature pour l'étude de *l'acceptabilité* et, de l'autre côté, par les travaux consacrés à l'identification des besoins et des attentes *a priori* des usagers. Une autre entrée nécessaire est constituée du « cas d'usage sélectionné par le porteur » et du « cas d'usage concrétisé » pour adapter les outils si besoin.

▪ **Description du travail :**

Dans le prolongement du continuum méthodologique discuté en 3.1.3, l'enjeu sera ici de définir les méthodes de collecte et les outils de mesures (i.e. questionnaires standardisés) qui seront utilisés par la suite pour évaluer le cas d'usage une fois qu'il sera déployé sur le territoire, avec l'objectif de procéder à des comparaisons entre des jugements « *a priori* » (en matière d'acceptabilité et d'attentes) et les évaluations d'acceptation et de satisfaction réalisées « *a posteriori* » (i.e. après utilisation effective du cas d'usage).

Il s'agira aussi de procéder ici à l'analyse des différences entre le « cas usage sélectionné par le porteur » et la présentation initiale qui en avait été faite aux usagers afin d'identifier leurs besoins et leurs attentes (cf. processus 3.1.3). Si le cas d'usage « concrétisé » sur le territoire est trop différent de l'offre de mobilité étudiée a priori avec les usagers, une adaptation des méthodes et des outils utilisés dans le processus 3.1.3 pourra alors être nécessaire.

▪ **Sorties :**

Les sorties de ce processus correspondent à l'ensemble des outils (généralement des questionnaires, pour ce qui touche à l'acceptabilité et aux besoins des usagers) qui soutiendront les méthodes de collecte pour permettre l'évaluation du cas d'usage une fois que celui-ci aura été déployé sur le territoire.

A2) Pour l'évaluation du cas d'usage par les non-usagers et riverains de la navette

▪ **Entrées :**

Les entrées de ce processus sont constituées, d'un côté, par les résultats issus de la littérature sur l'étude du non-usage (rejet *versus* exclusion) et sur l'impact d'un mode de transport sur la circulation, de l'autre côté, par les travaux consacrés à l'identification des besoins et des attentes *a priori* des personnes qui auraient été susceptibles d'utiliser ce mode de transport.

▪ **Description du travail :**

Dans le prolongement du continuum méthodologique discuté en 3.1.3, l'enjeu est de définir les méthodes de collecte des données à utiliser pour évaluer le cas d'usage une fois qu'il sera déployé sur le territoire, avec l'objectif de procéder à des comparaisons entre des jugements « *a priori* » (en matière d'acceptabilité et d'attentes) et les évaluations d'acceptation et de satisfaction réalisées « *a posteriori* » (i.e. après utilisation effective du cas d'usage).

▪ **Sorties :**

Dans le cas des enquêtes sur les non-usagers des navettes, les sorties de ce processus ont consisté à mettre en place des méthodes inductives similaires dans les deux cas d'étude : d'une part un traitement secondaire des focus groups menés dans le cadre de l'évaluation des besoins des utilisateurs pressentis (afin de disposer de données avant le déploiement des navettes), et d'autre part, une méthodologie *ex-post* par parcours commentés, consistant à cheminer avec les personnes non-utilisatrices pour comprendre, en situation, leur système de déplacement et les raisons pour lesquelles elles n'étaient pas utilisatrices du nouveau système de transport.

B) Pour l'évaluation du cas d'usage sur le plan socio-économique et environnemental :

▪ **Description du travail :**

Trois principaux types de données sont à recueillir pour alimenter l'évaluation du cas d'usage : les données techniques et financières, les données d'exploitation du service et les données de mobilité. La mise en place d'un dispositif mixte de recueil de données qualitatives et quantitatives est à privilégier pour plusieurs raisons : le cadre d'analyse encore non-stabilisé, la diversité des données à mobiliser, la sensibilité de certaines informations et la rareté des sources disponibles.

Les entretiens qualitatifs auprès des acteurs sont indispensables pour recueillir les différentes informations utiles à différentes étapes de l'évaluation a priori ou a posteriori (3.1.4 ; 5.2.3). Ils constituent également une première étape nécessaire pour la préparation de l'enquête quantitative auprès des usagers potentiels. Combinées à l'analyse de données disponibles sur le territoire (recensement, données administratives...), les données issues des entretiens permettent notamment de cibler les populations à enquêter et faciliter les prises de contacts. Plusieurs étapes sont à prévoir pour la réalisation de l'enquête de mobilité et l'usage de la navette :

- Définition du type et de la période d'enquête en fonction du territoire et de l'expérimentation ;
 - Prise de contact et ciblage des enquêtés à l'aide des acteurs du territoire (dans l'idéal mailing-List avec quelques variables clés) ;
 - Préparation du questionnaire avec les différentes rubriques (sociodémographique, localisation GPS, mobilité, usage des nouvelles technologies...) à partir de la revue de la littérature consacrée aux nouveaux services de navette autonome ;
 - Intégration d'une partie sur les intentions d'usage à partir des questions sur les préférences déclarées ;
 - Tests/adaptations du questionnaire auprès des acteurs et usagers du territoire ;
 - Préparation de la base de sondage à partir de la méthode des quotas ;
 - Administration du questionnaire et gestion des relances ;
 - Nettoyage des données et redressement au cas de non-respect des quotas fixés ou d'écart important avec les données de fréquentation fournies par l'opérateur ;
 - Enrichissement des données recueillies (calcul des distances et des accessibilités, établissement des normes Euro pour les véhicules...) ;
- **Entrées :**
 - Entretiens ;
 - Visites de terrain ;
 - Réunion du consortium ;
 - Revue de littérature ;
 - Documents internes ;
 - Données publiques de cadrage ;
 - Données de fréquentation fournies par l'opérateur.
 - **Sorties :**
 - Bases de données des pratiques de mobilité et d'usage de la navette a priori et a posteriori ;
 - Indicateurs de mobilité.

Exemples d'application :

A) Pour l'évaluation du cas d'usage par les usagers et par les non-usagers :

Dans le projet ENA, l'élaboration des outils pour l'évaluation du cas d'usage auprès des usagers a été réalisée dans le cadre de 3 tâches complémentaires :

- La Tâche 1.1 (« Enquête d'acceptabilité sociétale ») a permis de définir un **questionnaire d'acceptabilité adossé à un modèle théorique**, permettant d'expliquer l'intention d'usage de NA à plus de 89%, ainsi que de définir des « **profils-types d'usagers** » (en fonction de leurs caractéristiques sociodémographiques ou de leurs attitudes envers les innovations technologiques), selon qu'il s'agisse de personnes plus ou moins « favorables » versus « réticentes » à l'idée d'utiliser des navettes.
- La Tâche 1.3 (« Méthodologie de recueil des besoins des usagers ») a permis de proposer une **version « optimisée » de ce questionnaire** (i.e. ne contenant que les items les plus impactants sur l'intention d'usage des NA) pour étudier l'acceptabilité *a priori* des usagers à interroger sur les 2 territoires ENA ainsi que pour recueillir leurs besoins et leurs attentes envers le futur cas d'usage.
- La Tâche 1.3. (« Méthodologie Enquête qualitative auprès des non-usagers ») a permis d'élaborer une méthodologie spécifique, basée sur l'expérience du CEREMA, de recueil de données concernant un mode de transport existant. Cette méthodologie par « parcours commentés » est une méthode hybride mêlant les apports des enquêtes par entretiens et par observations, permettant de qualifier *in situ* la perception d'un mode de transport.

- La Tâche 4.7. (« Méthodologie de l'enquête d'acceptation terrain auprès des utilisateurs de la navette ») a permis l'élaboration d'une **méthodologie d'enquête d'acceptation et de satisfaction**, dans le prolongement (a) de « l'enquête d'acceptabilité sociétale » des NA (réalisée en 1.1), et (b) de la méthodologie de « recueil des besoins terrain » (définie en 1.3).

Cette méthodologie se compose de 3 volets complémentaires : un « **Questionnaire d'Acceptation** » à administrer par un enquêteur au sortir de la Navette, (2) un « **Questionnaire de Satisfaction** » destiné à être complété de façon autonome par les usagers (i.e. auto-administré sans l'aide d'un enquêteur) immédiatement après de leur trajet en navette et (3) un « **Journal de Bord** » complété par un panel d'utilisateurs réguliers des NA et à renseigner après chaque utilisation de la navette.

B) Pour l'évaluation du cas d'usage sur le plan socio-économique et environnemental :

Dans le cadre du projet ENA, deux dispositifs distincts de recueil de données de mobilité ont été mis en place sur la communauté d'agglomération de Sophia Antipolis (CASA) et la communauté de communes de Cœur de Brenne (CdB). Le premier, ciblant principalement les salariés de la technopole et s'appuyant sur le relais des entreprises, est une enquête web diffusée via un lien libre et un QR code distribué sur la Technopôle. Le second dispositif est une enquête administrée en face à face auprès des habitants de la ruralité majoritairement des retraités. Nous présentons par la suite les éléments relatifs à cette seconde enquête réalisée à CdB pendant l'expérimentation. Les enquêtes sur les deux terrains n'ont pas pu avoir lieu avant l'expérimentation, du fait de la pandémie du Covid-19.

- L'expérimentation sur le territoire de CdB a eu lieu de juillet à décembre 2022. L'enquête a donc été programmée à l'automne, mais suffisamment tard pour laisser le temps de l'installation de nouvelles pratiques par rapport à la navette autonome (à partir du 10 octobre). Elle a été prolongée jusqu'au 10 novembre du fait des difficultés de recrutement des enquêteurs (2 à 3 seulement), en pleine flambée des prix du carburant, et de la saturation des enquêtés sollicités en amont par les autres dispositifs de recueil de données ;
- L'enquête gérée par une boîte d'intérim locale a bénéficié du relais de la communauté de communes et de l'espace de la Brenne box pour l'administration des questionnaires ;
- La méthode des quotas a été adoptée, sur la base de données de la catégorie socioprofessionnelle et la localisation résidentielle issue du recensement de la population, de manière à obtenir un échantillon représentatif de la population du territoire ;
- La préparation du questionnaire s'est appuyée sur une méta-analyse des déterminants de l'usage des véhicules autonomes partagés issue de la littérature ;
- Test du questionnaire auprès de 20 habitants du territoire, avant le début d'expérimentation, donnant lieu à plusieurs adaptations ;
- Le questionnaire se compose d'une première partie sur les pratiques de mobilité, permettant de faire le bilan avant et après expérimentation, et une seconde partie sur les préférences déclarées permettant de projeter les intentions d'usage sur la base de scénarios de services. L'intégration de cette seconde partie a l'avantage de permettre la prévision de la demande pour la navette, notamment quand les pratiques modales sont homogènes (l'usage de la voiture étant exclusif dans le rural). La première partie comporte cinq rubriques :
 - Les pratiques de mobilité et les habitudes de déplacement (mode, motif, trajet réalisé, temps de parcours...) ainsi que la satisfaction vis-à-vis des modes utilisés (cette partie a été supprimée dans le cas de CdB suite aux remarques des testeurs sur la longueur du questionnaire) ;
 - Les ressources de mobilité (disposition de moyens de transport, d'abonnements, détention du permis) pour connaître les alternatives à disposition des enquêtés ;

- L'impact de la crise sanitaire sur les modes utilisés et les changements d'habitudes des individus (horaire de travail, télétravail...);
 - L'usage du service de navette automatisée (mode utilisé auparavant, raison du non-usage, facteurs permettant un usage potentiel du service);
 - Les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés (âge, genre, CSP, diplôme, localisation résidentielle...);
- Environ 400 réponses ont été recueillies. Elles ont été redressées à partir des variables socioéconomiques (genre et CSP) et de la localisation résidentielle du fait de la surreprésentation de certaines catégories notamment sur la commune de Martizay.

Points d'attention particuliers :

A) Pour l'évaluation du cas d'usage par les usagers :

Au-delà des outils et de la méthodologie, il conviendra aussi de prévoir la formation des enquêteurs terrains - si ceux-ci sont multiples - à ces outils et méthodes, afin de garantir une collecte homogène des données auprès de tous les usagers et/ou sur tous les territoires concernés par le cas d'usage.

B) Pour l'évaluation du cas d'usage sur le plan socio-économique et environnemental :

Deux principaux risques sont liés au recueil des données nécessaires à l'élaboration de l'évaluation socioéconomique et environnementale. Le premier concerne la confidentialité de certaines données techniques et financières que l'industriel est supposé fournir. Le second est lié à la lourdeur des multiples dispositifs de recueil de données sur un territoire d'expérimentation souvent restreint. Plusieurs points de fragilité liés à ce second point sont à relever :

- La saturation du vivier des populations à enquêter du fait des multiples sollicitations des différentes équipes, même si elles sont coordonnées ;
- La difficulté de passation des parties de l'enquête dédiées aux préférences déclarées en face-à-face ;
- L'arrivée de l'enquête en bout de chaîne des autres dispositifs de recueil et à un moment très avancé de l'expérimentation limite le potentiel de l'enquête et impose le recours à des dispositifs d'incitation pour booster le taux de réponse ;
- La qualité de service de la navette autonome est susceptible d'influencer fortement le taux de participation à l'enquête surtout quand elle est perçue négativement (cas de CASA).

Ressources :

A) Pour l'évaluation du cas d'usage par les usagers :

Les travaux réalisés dans ENA ont permis de proposer un continuum méthodologique étayé par un modèle d'acceptabilité/d'acceptation, assorti d'un questionnaire optimisé (via l'analyse statistique des données issues de l'enquête d'acceptabilité réalisée au niveau national, décrit dans le livrable L1.1.1), et enrichi d'un questionnaire de satisfaction ainsi que d'une méthodologie de collecte standardisée (décrite dans le Livrable L1.3.3 (anciennement 4.7.1). L'ensemble de ce travail constitue une première trame méthodologique de référence susceptible de servir de guide dans le cadre de futurs projets consacrés à de nouveaux cas d'usage.

B) Pour l'évaluation du cas d'usage sur le plan socio-économique et environnemental :

- Etude de terrain et enquêtes de mobilité ;
- Livrable 1.2.1 – Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique ;
- Livrable associé à ce processus.

Références :

A) Pour l'évaluation du cas d'usage par les usagers :

- Livrable 1.1.1 : « *Enquête d'Acceptabilité Sociétale des Navettes Autonomes* ».
- Livrable 1.3.1 : « *Méthodologie commune de recueil des besoins terrain auprès des futurs usagers* ».
- Livrable 1.3.3 (anciennement Livrable 4.7.1) : « *Méthodologie de l'enquête d'acceptation terrain auprès des utilisateurs de la navette* ».

B) Pour l'évaluation du cas d'usage sur le plan socio-économique et environnemental :

- Livrables 1.2.1 : « *Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique* ».
- Livrables groupés 5.3.1 et 5.4.1 : « *Synthèse des investigations et restitution des données* ».

3.1.6 Connaissances des besoins et contraintes par les territoires

Objectif :

L'objectif de ce processus « Connaissances des besoins et contraintes par les territoires » est d'identifier les besoins et les contraintes par les territoires autour de la mobilité autonome.

Pour cela, il est nécessaire de recenser l'offre de mobilité globale du territoire et d'identifier les services manquants ou les complémentarités nécessaires permettant d'améliorer la mobilité des habitants des zones desservies. Connaître les horaires d'affluence et les trajets les plus fréquentés et la densité routière sur les axes existants.

Analyse des éléments techniques et de couverture nécessaire à la mise en place d'une navette autonome : Couverture GPS ou GNSS, couverture 4G, 5G, repères géographiques, feux connectés...

Si un besoin peut être résolu par une solution de navette autonome, l'identification des contraintes, techniques, sociales, financières permet ensuite de dimensionner un projet dans lequel s'engager.

Description du processus :

- **Description du travail :**
 - Recensement des besoins de mobilité tout mode et toute distance :
 - Analyse de la pertinence d'une solution autonome (dernier kilomètre ? deux-trois kilomètres ? dizaine de kilomètres ? / une navette ? un système de navettes ?)
 - Recensement des contraintes :
 - Analyse de la pertinence d'une solution autonome au regard de ces contraintes
 - Identification et recensement des éléments techniques au bon fonctionnement d'une navette autonome ;
 - Validation par les élus locaux ;
 - Réponse aux appels à projet potentiels ;
 - Inscription au budget, avec planification pluriannuelle si nécessaire.
- **Entrées :**
 - Identification des besoins :
 - Offre de mobilité tout mode dans le périmètre pressenti, pour identifier les manques et les potentielles concurrences (marche à pied, vélo) ;
 - Offre de transport et tarification existantes, pour identifier les complémentarités potentielles (intermodalités, correspondances) ;
 - Enquêtes d'identification des besoins auprès de la population ;
 - Connaissances des flux et trafics routiers.

- Identification des contraintes :
 - Conditions de mobilité (niveau de trafic, complexité de la voirie (intersections avec SLT ou non, giratoire, stationnement...)) ;
 - Conditions géographiques et météorologiques (pentes fortes, conditions hivernales : enneigement) ;
 - Possibilité financière de la collectivité et accès aux subventions possibles ;
 - Prise de compétence transport ;
 - Présence d'un exploitant du réseau de transport traditionnel.
- **Sorties :**
 - Pré dimensionnement du projet : Cas d'usage sélectionné par le porteur.
- **Compétences des partenaires impliqués :**
 - Mobilité, gestion des collectivités territoriales.

Exemples d'application :

Dossier CASA pour l'AMI et l'AAP EVRA.

Dossier Cœur de Brenne pour l'AMI et l'AAP EVRA.

Points d'attention particuliers :

En cas de première expérience : ne pas confondre expérimentation d'un service par navette autonome d'un service public de transport éprouvé et devant le service à l'utilisateur, pour ne pas l'envisager comme une intégration trop rapide dans le service de transport traditionnel.

Ressources :

- Diagnostic mobilité du territoire.
- Descriptif du réseau du territoire.

3.1.7 Sélection par le porteur

Objectif :

L'objectif de ce processus est, à partir de l'ensemble des résultats des études socio-économiques, environnementales et d'acceptabilité sur le cas d'usage initial spécifié par le porteur, de sélectionner un cas d'usage utile et réaliste qui doit être instruit dans les processus suivants.

Description du processus :

- **Description du travail :**
 - Prendre en compte les différentes enquêtes et évaluations a priori du cas d'usage pour adapter le service pour mieux prendre en compte :
 - Les attentes des usagers ;
 - Les contraintes des usagers ;
 - Les conséquences socioéconomiques et environnementales ;
 - Les contraintes budgétaires.
- **Entrées :**
 - Bilan socioéconomique ;
 - Environnemental et d'acceptabilité.
- **Sorties :**
 - Cas d'usage sélectionné par le porteur ;
 - Outils de mesure.
- **Compétences des partenaires impliqués :**
 - Territoires.

3.2 ÉTUDE DE FAISABILITE DE L'INTRODUCTION DES NAVETTES AUTONOMES

L'objectif de cette étape est de préparer la définition du service à expérimenter ainsi que de répertorier les possibles parties prenantes et composantes du service et ses contraintes techniques éventuelles.

Cette étape suit un cycle en V :

- D'abord on dessine le parcours idéal du service de transport tel que souhaité par les décideurs ainsi que son niveau d'offre ;
- Puis on ajuste le projet en fonction des contraintes du territoire, des véhicules, des conditions d'exploitation, des budgets et du calendrier disponible.

Entrées :

▪ **Cas d'usage imaginé par le Porteur du projet**

Ce cas d'usage pourra être construit et étayé à partir d'une série d'entretien avec les parties prenantes locales :

- Entretiens avec les équipes politiques et techniques du Donneur d'Ordre (collectivité locale ou donneur d'ordre privé accueillant l'expérimentation) ;
- Entretiens avec les acteurs locaux publics et privés.

▪ **Caractéristiques quantitatives et qualitatives du territoire**

- Organisation générale du territoire : topographie, structure du réseau de voies d'échanges, occupation des sols et répartition des populations, activités et pôles générateurs, données socio-économiques ;
- Caractéristiques des voiries : gabarit, vitesse de circulation, niveau d'usage, accidentologie... ;
- Couverture du territoire par les systèmes de communication et géolocalisation (comprendre tous les systèmes nécessaires au fonctionnement des véhicules autonomes).

▪ **Etat de l'art des véhicules autonomes disponibles sur le marché**

Le choix du véhicule ne fait pas à proprement parler de l'étape de définition du cas d'usage mais la connaissance et la prise en compte des possibilités existantes permettra d'éviter d'aboutir à un abandon de projet faute de véhicule compatible avec les exigences du projet.

▪ **Cadre légal et réglementaire applicable**

Le cas d'usage est supposé respecter le cadre légal et réglementaire applicable.

▪ **Scénarii critiques**

Qui nécessiteront analyses de sécurité et le cas échéant tests sur pistes avant mise en œuvre du projet.

Sorties :

▪ **Confirmation ou abandon du cas d'usage**

- Si le cas d'usage n'est pas validé le processus s'arrête à cette étape (abandon définitif) ou reprend au début du processus de définition du cas d'usage.

▪ **Choix du pilote du projet**

- Qui pilotera la réalisation effective.

▪ **Cahier des charges général de l'expérimentation**

- Qui permettra de sélectionner les prestataires Constructeurs, Aménageurs, Exploitant.

- **Choix des prestataires Constructeurs, Aménageurs, Exploitant**
- **Dossier technique initial**
 - Qui constitue une version ajustée du cas d'usage initial, prenant en compte les conclusions des études de faisabilité des prestataires sélectionnés.

3.3 ANALYSE DE LA SECURITE

3.3.1 Description générale de l'étape

L'analyse de la sécurité n'est pas un processus linéaire mais plutôt itératif. En effet, en partant du « cas d'usage possible » partagé avec les études de faisabilité, elle permet d'identifier des scénarios critiques et des contremesures qui peuvent impacter ces études.

Cette étape s'appuie sur des méthodes pour identifier les scénarios critiques sur le parcours prévu. Ces scénarios permettent d'identifier les sections de parcours sur lesquels des évènements redoutés sont assez fréquents et dont la sévérité est importante (pouvant entraîner des blessures graves). Il est possible au constructeur de démontrer que la navette sait très bien gérer des scénarios, Sinon, des contremesures peuvent alors être proposées pour soit réduire la fréquence ou la sévérité par des aménagements de site ou des modifications du comportement des navettes, soit par des modifications de parcours ou de sens de circulation. En parallèle, des tests sur piste peuvent être aussi proposés pour prouver la capacité de la navette à gérer ces situations. Une étape d'analyse du comportement dynamique de la navette sur le parcours envisagé est aussi préconisée, afin d'évaluer les risques de déséquilibres et de chute des passagers induits par la dynamique de la navette autonome (prise de virage brusque, freinage d'urgence, ...).

Entrées :

- Version itérative des cas possibles définis par les études de faisabilité.

Sorties :

- A la fin de cette étape, un « cas d'usage consolidé » est produit accompagné des dossiers de sécurité et des scénarios critiques possibles.

3.3.2 Description des processus et des enchainements

L'analyse de la sécurité n'est pas un processus linéaire mais plutôt itératif.

En effet, en partant du cas d'usage possible partagé avec les études de faisabilité, les scénarios critiques sont identifiés. Ces scénarios sont alors utilisés pour rechercher les contremesures permettant de réduire les risques mais aussi pour étudier la faisabilité. Si cette étude modifie le cas possible, il est nécessaire de recalculer les scénarios critiques. Si les contremesures incluent des modifications telles que de nouveaux aménagements, de sens de parcours, il faut reboucler avec les études de faisabilité et refaire une identification des scénarios critiques.

Toutes ces itérations impliquent aussi l'analyse des besoins en tests pour la démonstration de la sécurité. De même les tests sur piste peuvent infirmer ou confirmer l'efficacité prévue des contres mesures en mesurant les performances du véhicule.

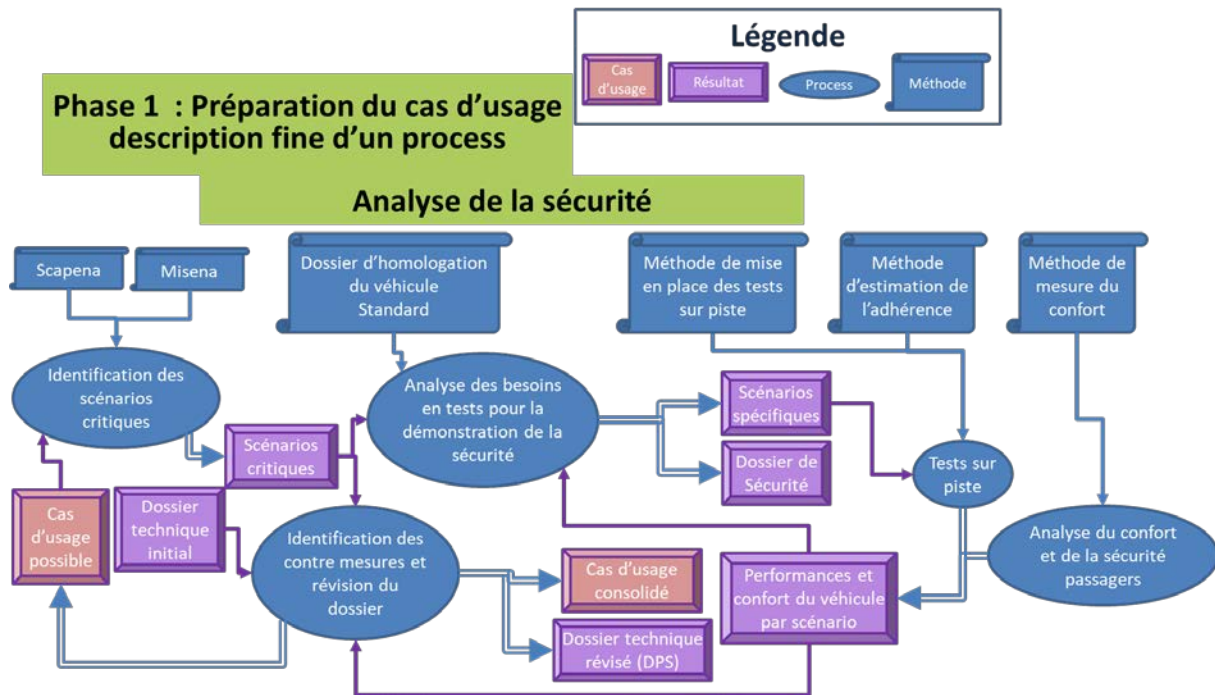


FIGURE 7 : PRESENTATION DU PROCESSUS "ANALYSE DE LA SECURITE"

La dernière itération doit permettre de produire le cas d'usage consolidé, les dossiers techniques révisés et le dossier de sécurité.

3.3.3 Identification des scénarios critiques

Objectif :

L'objectif de ce processus est d'identifier les scénarios critiques en termes de sécurité routière que les navettes autonomes risquent de rencontrer lors du déploiement sur un parcours prédéfini. Ces scénarios sont induits soit par des comportements des autres usagers de la route, soit par des problèmes de connectivités, soit par des défauts d'infrastructure, soit par la météo. La criticité est définie sur chaque section du parcours en prenant en compte les flux habituels d'usagers et la fréquence d'évènements prévisibles tels que des comportements d'usagers plus ou moins respectueux du code de la route, des phénomènes météo, des dégradations de la chaussée. L'application des méthodes d'analyse de risques doivent donc être appliquées pour identifier les sections de parcours sur lesquelles des actions doivent être conduites pour limiter les risques.

Description du processus :

- **Description du travail :** le travail se fait en plusieurs étapes :
 - Le parcours est découpé une première fois selon la règle de priorité de la route sur laquelle la navette circule ;
 - Le parcours est ensuite découpé en sections homogènes sur les caractéristiques suivantes : Type de section (ligne droite, passage piéton, carrefour cédez le passage, carrefour stop, carrefour feux...), manœuvre (tout-droit, tourne à gauche, ...), vitesse navette, masquages, vitesse des tiers, stationnement ;
 - Puis pour chaque section, les caractéristiques de l'infrastructure et de l'aménagement sont précisées. Les flux de circulations des autres usagers sont aussi estimés ;
 - De même, les évènements prévisibles sont identifiés sur chaque section en prenant en compte la topologie de la section mais aussi de la présence de certains services tels que les commerces, les écoles, les services de secours... ;

- Une fois ces éléments réunis, la dangerosité des sections doit être évaluée. Pour cela, il est possible de réunir des experts en analyse de risques qui, à partir de leur expérience, sont capables de définir les scénarios les plus critiques, en appliquant la méthode développée dans le cadre du projet ENA qui fait un calcul systématique sur chaque section (méthode implémentée dans un outil).
- **Entrées :**
 - Les méthodologies SCAPENA et MISENA ont été utilisées pour analyser le parcours en se basant sur le cas d’usage possible ce qui a permis d’identifier notamment les flux nominaux d’usagers sur chaque section, la fréquence des événements redoutés et de réaliser une description physique de l’infrastructure.
- **Sorties :**
 - La méthodologie permet de réaliser une liste des scénarios les plus critiques par section de parcours ce qui permettra de spécifier les analyses d’incidents prévisibles.
- **Compétences des partenaires impliqués :**
 - Experts en analyse de risques, acteurs du territoire connaissant les spécificités du parcours en termes de comportement des usagers, experts en sécurité routière.

Exemples d’application :

Dans le cadre du projet ENA deux méthodes d’analyse de parcours ont été appliquées et comparées. Ces deux méthodes sont basées sur un découpage du parcours en sections plus petites puis en une évaluation de la dangerosité de chacune de ces sections. Dans les deux méthodes le découpage et l’évaluation sont faits de façons différentes. Les deux méthodes sont les suivantes :

- SCAPENA (scénarios critiques appliqués aux parcours ENA) : cette nouvelle méthode est élaborée à partir de travaux antérieurs de l’UGE et de discussions avec les industriels dans le cadre des groupes STPA. Dans cette méthode, une fois les sections définies, elles sont caractérisées en fonction du type d’infrastructure (surface, tunnel, viaduc, etc.), de la configuration de l’infrastructure (section courante, intersection, ...) et des caractéristiques de la voie (stationnement, vitesse maximale autorisée, ...). Ces caractéristiques permettent de calculer différents paramètres afin d’évaluer la dangerosité de la section en fonction des usagers présents et d’une liste d’événements.
- MISENA (Méthode d’Identification des scénarios critiques ou dangereux pour le projet ENA) : cette méthode est basée sur une approche classique d’analyse des risques. Elle permet de spécifier d’une part, en amont, les éléments à intégrer dans les véhicules et les infrastructures avec les équipements et les dispositifs d’aide à la circulation et d’autre part de contribuer à élaborer des solutions en adéquation assurant le niveau de sécurité suffisant et à définir les scénarios de test pour la validation.

Points d’attention particuliers :

Timing : Ce processus doit être appliqué dès que le parcours est défini. Il peut être appliqué de manière récurrente plusieurs fois si le parcours est modifié pour réduire les risques. Il est aussi important de le faire avant les tests sur pistes pour identifier les essais les plus importants à réaliser sur pistes de test.

Ressources :

- ISO/PAS 21448:20109 : “Road vehicles –Safety of the intended functionality”.
- ISO2262 : 2018. « Véhicules routiers – Sécurité fonctionnelle » / « Road vehicles – Functional safety ».
- DGTIM. « STPA : Analyse de sécurité des parcours prédéfinis », version 13/09/2019.

Références :

- Livrable 3.1.1.1 : « *Guide Méthodologique d'Identification des Scénarios Critiques* ».

3.3.4 Identification des contre-mesures et révision du dossier

Objectif :

L'objectif de ce processus est d'identifier les résultats de l'analyse de sécurité et des vérifications de performances des véhicules qui peuvent avoir une incidence sur la réalisation du projet et de proposer, le cas échéant, les adaptations du dossier nécessaires.

Si les adaptations nécessaires le justifient, des contre-mesures seront opérées (avec dans ce cas retour à l'étape 3.2.1 du processus).

Description du processus :

▪ **Description du travail :**

Le processus d'identification des contre-mesures et de révision du dossier comprend les étapes suivantes :

- Prise de connaissance des conclusions des analyses de sécurité et des limites d'exploitation ou points de vigilance qui en découlent ;
- Analyse de ces conclusions et incidences ; arbitrage des modifications projet nécessaires Soit du plus léger au plus fort (choix non exclusifs, sauf pour l'abandon) :
 - Ajustement du parcours et des conditions d'exploitation, avec dans ce cas ajustement du dossier technique ;
 - Changement de véhicule, avec dans ce cas reprise intégrale du processus ;
 - Ajouts d'équipements complémentaires, avec dans ce cas complétion et ajustement du dossier technique et des contremesures ;
 - Report (le temps que les risques soulevés par les analyses soient résolus par un progrès technologique) ;
 - Abandon.

▪ **Entrées :**

- Scénarios critiques ;
- Dossier technique initial ;
- Performances et confort du véhicule par scénarios.

▪ **Sorties :**

- Dossier technique révisé ;
- Cas d'usage consolidé.

Exemples d'application :

A titre d'exemple, dans le cadre du projet ENA, le projet d'expérimentation Cœur de Brenne a été ajusté par rapport au projet initial :

- Modification du cahier des charges d'Exploitation (modification de la consistance du service à opérer) ;
- Ajustement des options de fonctionnement du véhicule (mécanismes de localisation).

Points d'attention particuliers :

En cas d'écart important entre les intentions initiales du Donneur d'Ordre et les performances techniques du véhicule, tout l'enjeu de la phase de révision est de trouver le moins mauvais compromis entre les contraintes constructeurs (limites de performances du véhicule) les contraintes financières du Donneur d'Ordre et les missions du service de transport, de manière à préserver une consistance du service et des conditions d'Exploitation qui préservent l'intérêt et la fiabilité du service pour les voyageurs.

Ressources :

- Documentation générale sur les critères de performance d'une offre de transport.

Références :

- Livrable 4.1.4 : « *Bilan des risques* ».
- Livrable 5.5.2 : « *Kit de déploiement* ».

3.3.5 Analyse des besoins en test pour la démonstration de sécurité

Objectif :

L'objectif est d'analyser les besoins en test de la tâche de conduite dynamique du véhicule automatisé durant les démonstrations de sécurité. Cela permet de présenter un panorama des essais qui visent à démontrer la bonne gestion de la tâche de conduite par le véhicule. Ces essais dépendent des phases de démonstration de la sécurité du système de transport routier automatisé (STRA).

Description du processus :

▪ **Description du travail :**

Pour la mise en exploitation d'un système de transport, un certain nombre de contraintes administratives sont définies dans le décret n°2021-873 du 29 juin 2021, qui définit les responsabilités pénales en cas de circulation d'un véhicule à délégation de conduite, et surtout les démonstrations de sécurité nécessaires pour la mise en exploitation d'un système de transport routier automatisé (STRA) (voir le livrable 5.1.2).

Le processus est itératif. Dans un premier temps des scénarios spécifiques sont définis pour être testés sur piste. En effet, lors des analyses des parcours, si une situation sortant de l'ODD est détectée et qu'elle implique un / des scénarios critiques, il est possible de faire appel à des essais sur piste ou en simulation pour valider sa sécurité. Si la solution des essais en simulation est choisie, il faut que les modèles et les méthodes soient validés/certifiés.

Dans un deuxième temps, une fois connu les performances du VA lors des essais, le dossier de sécurité de mise en service peut être rédigé pour validation par un/des OQA avant la mise en exploitation du STPA. Ce dossier présente tous les résultats d'essais et la démonstration de sécurité mise à jour. Son contenu est décrit dans le décret n°2021-873 du 29 juin 2021 [1], Art. R 3152-8.

La validation du DS par des OQA équivaut directement à une autorisation de mise en service officielle sans avoir à consulter des services de l'Administration Française. C'est l'organisateur du service qui prend alors la responsabilité de sa mise en exploitation.

▪ **Entrées :**

- Dossier de réception du système de conduite automatisée du véhicule ;
- Dossier de conception du système technique (DCST) ;
- Dossier préliminaire de sécurité (DPS).

▪ **Sorties :**

- Dossier de sécurité (DS) de mise en service.

Exemples d'application :

La réglementation a été éditée durant le projet ENA, bien après son montage et l'élaboration de son programme. De plus, les réglementations sur l'homologation des véhicules datent également de 2022.

Dans le projet ENA, les analyses de parcours ont abouti à des essais sur piste pour des scénarios critiques. Le traitement de ces scénarios et leur déroulement sur piste seront d'actualité si ces scénarios en question n'appartiennent pas explicitement à l'ODD / OEDR du véhicule comme démontré dans le dossier de réception du système de conduite autonome du véhicule.

Références :

- Ministère de la transition écologique, Décret n° 2021-873 du 29 juin 2021 portant application de l'ordonnance n° 2021-443 du 14 avril 2021 relative au régime de responsabilité pénale applicable en cas de circulation d'un véhicule à délégation de conduite et à ses conditions d'utilisation, <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043729532>, 2021.
- Commission Européenne, RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2022/1426 qui concerne les procédures uniformes et les spécifications techniques pour la réception par type des systèmes de conduite automatisée, (ADS) des véhicules entièrement automatisés - 5 août 2022.

3.3.6 Essais sur piste

Objectif :

L'objectif est de présenter la mise en œuvre des scénarios critiques par des essais sur pistes.

Le but premier des essais sur pistes est d'évaluer l'OEDR du véhicule ou du système. OEDR comme les capacités à Détecter un Objet ou un Evènement et à produire une Réponse.

Description du processus :

Les grands principes de mise en œuvre des scénarios critiques sur piste d'essais en vue de sécuriser un déploiement d'un véhicule autonome sur un parcours sont présentés sur la Figure 8.

Les données d'entrée :

Les données d'entrée nécessaires à la définition des protocoles et à leur mise en œuvre sont les suivantes :

1. Les scénarios critiques issus des analyses de parcours ;
2. Les caractéristiques de chaque tronçon ;
3. Les comportements des autres usagers ;
4. Les conditions de déploiement du véhicule sur chaque tronçon ;
5. Les capacités de détection du véhicule ;
6. Les réponses attendues du véhicule.

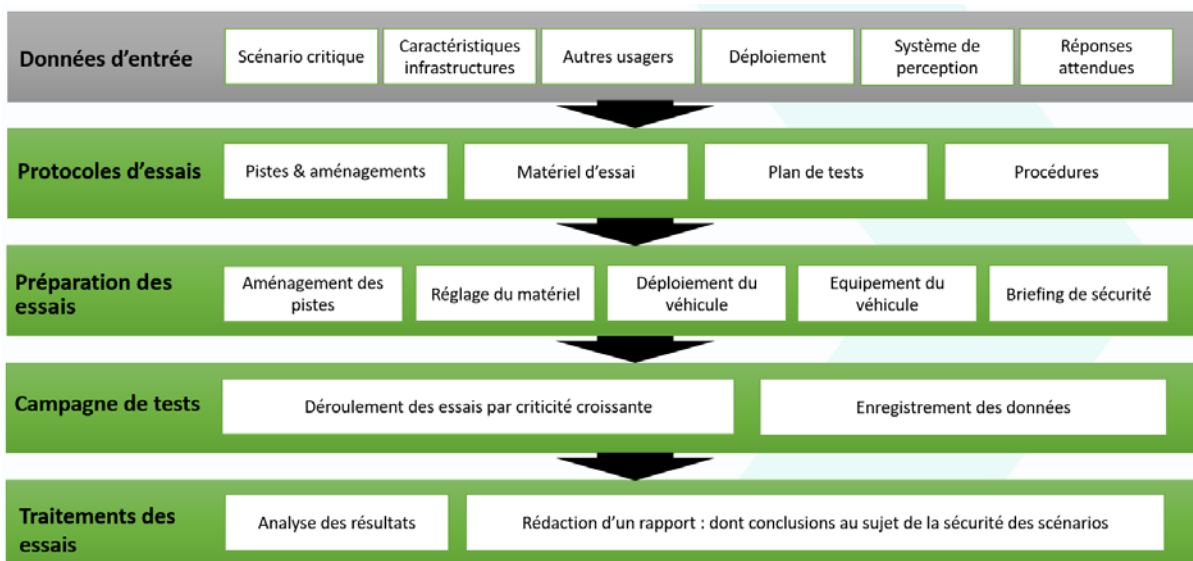


FIGURE 8 : PRINCIPES DE L'ORGANISATION DES ESSAIS SUR PISTES POUR TESTER DES SCENARIOS CRITIQUES

- **Les scénarios critiques**

Les analyses de parcours avec les méthodes SCAPENA et MISENA définissent des scénarios critiques en fonction des tronçons du parcours. Ces scénarios sont des descriptions verbales de situations routières accidentogènes.

Dans le but de pouvoir organiser des essais sur piste, il faut pouvoir passer du scénario fonctionnel à un set de scénarios concrets. Pour cela toutes les variables ayant un impact sur le déroulement des événements à étudier sont à définir et à instancier. Cette instanciation doit se faire en prenant en compte les autres données d'entrée.

- **Les caractéristiques de chaque tronçon :**

Les caractéristiques de l'infrastructure doivent être étudiées : Géométrie, visibilité, régime de priorité, etc.

- **Les comportements des autres usagers**

Les types d'autres usagers intervenants sont définis dans le scénario fonctionnel. Cependant, leur comportement doit être caractérisé : vitesse, géométrie de la trajectoire, etc.

- **Les conditions de déploiement du véhicule sur chaque tronçon**

Le concepteur du système technique ou l'organisateur du service doit fournir des informations au sujet du déploiement du véhicule sur le parcours : vitesses prévues sur les tronçons, gestion des régimes de priorité en cas d'intersection, modifications d'aménagements le cas échéant, horaires d'exploitation prévus, etc.

- **Les capacités de détection du véhicule ou du système**

Il s'agit de définir les paramètres influençant le système de perception du véhicule pour être en mesure de créer sur piste des conditions suffisamment réalistes. Exemples d'informations utiles : Types de capteurs : lidars, radars, caméras... ; Localisation par GPS ou SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), etc.

- **Les réponses attendues de la part du véhicule ou du système**

Le comportement attendu du véhicule sur le scénario doit être connu à l'avance. Cela permet d'une part de juger de la qualité de la réponse observée lors de l'essai et d'autre part, de gérer la sécurité de l'essai.

Protocoles d'essais

Ces données d'entrées sont nécessaires et doivent être analysées pour définir les protocoles d'essais.

- **Pistes et aménagements :**

Chaque scénario doit être implanté sur les pistes en fonction des infrastructures du parcours réel où le scénario critique a été détecté et également du système de perception du véhicule. Les aménagements peuvent être ajoutés sur les pistes pour coller au plus près aux conditions des scénarios réels.

Par exemple, si la trajectoire du véhicule est basée sur des marquages au sol, il faudra implanter le scénario sur des marquages similaires ou en créer.

- **Matériel d'essais**

Le matériel de test adéquat doit être défini en fonction du scénario et de ce qui doit être évalué. Il faut notamment choisir une (des) cible(s) représentative(s) de l'utilisateur(s) de la route impliqué(s). Le matériel de mesure adapté doit également être mis en œuvre.

Si le scénario implique un risque de collision, une cible impactable sera choisie.

De plus, la question de la synchronisation entre le véhicule en test et la cible peut entraîner l'usage de centrales inertielles et de moyens de communication inter-véhicules.

▪ **Plan de tests**

Toutes les variables qui nécessitent d'être prises en compte pour étudier le scénario critique sont à définir et à « croiser » en fonction des besoins d'analyse de sécurité.

La sécurité de la mise en œuvre des essais est également un facteur important à prendre en compte dans la définition du plan de tests. En effet, le principe de la criticité croissante est fondamental. Les essais les plus simples et moins critiques doivent toujours être déroulés les premiers et les essais doivent se poursuivre avec les modalités progressivement plus critiques. La synchronisation des trajectoires véhicule automatisé / cible et les phénomènes de masquage sont les variables influençant le plus la criticité.

▪ **Procédure d'essais**

Il s'agit de rédiger l'ensemble des actions à réaliser pour mener un test de bout en bout.

Préparation des essais

La mise en œuvre des essais demande une préparation minutieuse. Une étape fortement recommandée avant les préparatifs sur piste et la campagne de tests est un **briefing de sécurité** au cours duquel une analyse de risques est conduite et des mesures de prévention sont définies.

Les préparations de la campagne d'essais incluent également :

- D'aménager les pistes comme prévu dans le protocole de tests.
- De préparer les réglages du matériel pour toutes les modalités du plan de test. Ce travail peut être particulièrement fastidieux pour ajuster les synchronisations cible / véhicule de test
- Le véhicule automatisé à tester doit être déployé sur pistes. Il s'agit de le faire fonctionner en autonome avec les paramètres du plan de test qui sont ceux du futur parcours. Ce travail peut impliquer une cartographie des pistes.
- Les moyens de mesures nécessaires doivent être mis en œuvre et calibrés, notamment dans le véhicule.

▪ **Campagne d'essais**

La campagne d'essais peut ensuite débuter en suivant les protocoles de tests et les prescriptions de sécurité. Le principe de criticité croissante a déjà été expliqué dans le paragraphe concernant le plan de tests.

Les données d'essais doivent être enregistrées et sauvegardées de manière pérenne.

▪ **Traitement des données**

Suite aux essais, les données doivent être traitées. Par exemple, les accélérations peuvent être filtrées avec un filtre de Butterworth.

Pour chaque scénario, les résultats sont à présenter en comparant le comportement du véhicule enregistré vis-à-vis du comportement attendu.

▪ **Préparation des essais**

La mise en œuvre des essais demande une préparation minutieuse. La préparation et la campagne d'essais sur piste implique la coordination de plusieurs personnes qui n'appartiennent pas forcément à la même entreprise. Une des premières étapes est un **briefing de sécurité** au cours duquel une analyse de risque est conduite et des mesures de prévention sont définies.

Les préparations de la campagne d'essais incluent également :

- D'aménager les pistes comme prévu dans le protocole de tests.

- De préparer les réglages du matériel pour toutes les modalités du plan de test. Ce travail peut être particulièrement fastidieux pour ajuster les synchronisations cible / véhicule de test
- Le véhicule automatisé à tester doit être déployé sur pistes. Il s'agit de le faire fonctionner en autonome avec les paramètres du plan de test qui sont ceux du futur parcours. Ce travail peut impliquer une cartographie des pistes.
- Les moyens de mesures nécessaires doivent être mis en œuvre et calibrés, notamment dans le véhicule.

- **Campagne d'essais**

La campagne d'essais peut ensuite débuter en suivant les protocoles de tests et les prescriptions de sécurité. Le principe de criticité croissante a déjà été expliqué dans le paragraphe concernant le plan de tests.

Les données d'essais doivent être enregistrées et sauvegardées de manière pérenne.

- **Traitement des données**

Suite aux essais, les données doivent être traitées. Par exemple, les accélérations peuvent être filtrées avec un Butterworth.

Pour chaque scénario, les résultats sont à présenter en comparant le comportement du véhicule enregistré vis-à-vis du comportement attendu.

Exemples d'application :

Dans le cadre d'ENA, les scénarios les plus critiques des parcours de CASA et de Cœur de Brenne ont été analysés, des fiches protocoles ont été créées et les essais ont été déroulés sur les pistes de TRANSPOLIS. Des exemples de fiches protocoles sont présentés dans les livrables 3.2.1A et 3.2.1B. Les préparations des essais et les résultats sont donnés dans les livrables 3.2.2A et 3.2.2B.

Points d'attention particuliers :

- **Les conclusions en termes de sécurité**

Lors des essais de scénarios critiques avec risque de collision, il est compliqué de présenter des conclusions en termes de sécurité. En effet, dans ENA, les protocoles ont consisté à effectuer les essais avec une criticité croissante et les tests sont souvent allés jusqu'à enregistrer une collision entre la cible et le véhicule à tester. Cependant, cette collision ne signifie pas que le véhicule n'est pas sûr. Le scénario est peut-être tellement critique que l'accident est inévitable (même un humain ne l'aurait pas évité).

Les essais avec criticité croissante permettent d'étudier les limites de l'OEDR mais les conclusions quant à la sécurité des déploiements restent délicates à formuler. La définition des objectifs de sécurité est actuellement à la charge du constructeur du véhicule pour son homologation.

- **L'usage de ces essais**

Les essais sur piste devraient principalement être utilisés dans le cadre de l'homologation du véhicule sur des scénarios de l'ODD.

Par ailleurs, la simulation et les essais virtuels sont de plus en plus utilisés. Le recours à des tests sur piste, dans un environnement contrôlé et « mesuré » permet de valider les modèles et résultats des simulations.

Références :

- DGITM, « Démonstration de sécurité des systèmes de transport routier automatisés : Apports attendus des scénarios de conduite » www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DGITM_Approche-par-scenarios-fevrier-2022_0.pdf
- Livrable 3.2.1A : « Protocoles de Tests sur Pistes - Vague A »
- Livrable 3.2.1B : « Protocole de mise en œuvre des scénarios critiques - Vague B »
- Livrable 3.2A : « Rapports d'Essais & Données expérimentales - Vague A »
- Livrable 3.2B : « Rapports d'Essais & Données expérimentales – Vague B »

3.3.7 Analyse de la sécurité et du confort des passagers

Objectif :

L'objectif de ce processus est d'identifier les risques associés à un nouveau déploiement d'une navette autonome du point de vue de la sécurité et du confort des passagers. Par "confort et sécurité des passagers" nous entendons déséquilibre et risque de chute induits par la dynamique de la navette autonome (prise de virage brusque, freinage d'urgence, ...).

Pour cela il est nécessaire de vérifier, via l'analyse du comportement dynamique de la navette sur son parcours tel qu'envisagé, que les niveaux de sollicitations mis en jeu sont compatibles avec la sécurité et le confort des passagers.

Description du processus :

- **Description du travail :**

Ce processus nécessite d'effectuer des enregistrements des sollicitations dynamiques associées à la réalisation du parcours pressenti pour un nouveau déploiement à l'aide du véhicule autonome tel qu'envisagé. Ce recueil doit s'appuyer sur des systèmes d'acquisition faciles à mettre en œuvre, tels que ceux listés au paragraphe Ressources.

L'analyse de ces essais devra en premier lieu vérifier que les niveaux de sollicitations dynamiques associés au déplacement de la navette autonome sur son parcours en mode d'exploitation nominal sont compatibles avec le confort et la sécurité des usagers en fonction des caractéristiques de l'installation des passagers dans la navette : assis ou debout, en positions face ou dos à la route, en étant ceinturés ou non.

On veillera en particulier à analyser soigneusement toutes les phases transitoires de démarrage, montée en vitesse, transition de vitesse entre ligne-droite et virage, et freinage. Les travaux d'ENA ont montré que les passagers sont sensibles aux sollicitations brutales même à faible vitesse et ont confirmé que ce sont les niveaux d'accélération et de jerk (dérivée de l'accélération) qui doivent être contrôlés lors des phases transitoires.

Les travaux de la Tâche 3.3 « Confort et sécurité des voyageurs » ont montré les différences très importantes des sollicitations admissibles par un passager selon qu'il soit assis ou debout. Cet élément est à prendre en considération dès les premières réflexions sur le déploiement d'un nouveau cas d'usage. Pour un passager debout, il conviendrait de ne pas dépasser des niveaux d'accélération de 1 m/s^2 en sollicitation nominale, alors qu'un passager assis et ceinturé pourra accepter des niveaux proches de ceux d'un véhicule automobile classique (jusqu'à 3 m/s^2 en mode nominal et de 5 à 8 m/s^2 en situation d'urgence).

Il pourra résulter de l'analyse de ces acquisitions des recommandations en termes :

- D'adaptation du profil de vitesse du véhicule autonome en fonction du tracé ;
- De spécifications relatives à la position des passagers dans le véhicule, la nécessité d'être ceinturé, la nature des dispositifs de maintien (poignées...) et la conception des aménagements intérieurs de la navette de manière à ne pas les rendre agressifs en cas de déséquilibre ou de chute d'un passager.

Le cas des freinages brutaux (intempestifs et d'urgence) méritera une attention toute particulière. La possibilité de limiter l'occurrence des freinages intempestifs en exploitation opérationnelle devrait résulter des travaux des autres processus concernant la sécurité, notamment au niveau de l'interaction avec les autres usagers, mais les performances de la navette en cas de freinage d'urgence, en fonction des technologies utilisées, pourront conduire à durcir les recommandations évoquées ci-dessus.

▪ **Entrées :**

La Tâche 3.3 a permis de réaliser une collecte des données dynamiques de la navette, en environnement contrôlé sur pistes, pour les situations de conduite courantes (démarrages, virages, freinages, circuits) et d'investiguer également la dynamique des passagers à l'intérieur de la navette. Ces travaux ont permis d'analyser les scénarios problématiques et d'identifier des paramètres critiques en fonction de la position des passagers. Il a aussi donné lieu à la création d'un premier modèle de prédiction des événements problématiques à partir des dynamiques navettes qui pourront être réutilisés pour les déploiements futurs Cette production de connaissances sur l'évaluation du confort et de la sécurité des usagers n'a pas vocation à être reproduite pour chaque déploiement, mais doit servir à identifier les points durs potentiels d'un nouveau déploiement à partir d'un recueil de données sur site.

▪ **Sorties :**

- Résultats et analyse des acquisitions des paramètres dynamiques de la navette sur son parcours ;
- Adaptation le cas échéant du profil de vitesse ;
- Recommandations pour la position des passagers et les caractéristiques des dispositifs de maintien (poignées...).

Exemples d'application :

Différentes situations problématiques ont été mises en évidence à travers les expérimentations réalisées dans le cadre de la Tâche 3.3 d'ENA sur pistes et sur le site de CASA :

- La combinaison de sollicitations combinées longitudinales / transversales est mal perçue par les passagers debout : il faudra veiller à adapter et stabiliser la vitesse avant les mises en virage ;
- De nombreux freinages intempestifs de la navette en réaction brutale à des événements pas forcément critiques ont été observés provoquant même la chute d'un passager ;
- La fréquence et la dangerosité des événements observés n'ont pas été jugées suffisantes pour de modifier les préconisations concernant la position des passagers ou les caractéristiques des dispositifs de maintien ;
- Néanmoins, ces événements sont relativement mal perçus par les usagers et limite l'acceptabilité de la navette. A l'issue de l'évaluation faite lors de l'expérimentation sur le site de CASA, il est donc fortement recommandé de limiter la fréquence de ces événements. Cela peut passer par un travail sur les causes de ces freinages afin d'en limiter l'occurrence (navigation plus fluide, meilleure perception de l'environnement) et / ou un travail sur les profils de décélérations de la navette lors de ces freinages pour les rendre moins pénalisants pour les passagers tout en restant en adéquation avec le niveau de risque de la situation.

Points d'attention particuliers

Timing : Les acquisitions de sollicitations dynamiques doivent être effectuées dès que le parcours et le véhicule autonome envisagés sont définis et disponibles pour de premiers essais, de manière à identifier les points durs le plus tôt possible. Ces essais pourront être effectués à plusieurs reprises en cas de modifications importantes du parcours envisagé dans les phases de consolidation.

Ressources :

Systèmes d'acquisition de la dynamique des véhicules (IMU (Inertial Measurement Unit) + GPS) de faible coût et faciles à mettre en œuvre de type objet connecté équipé d'une application de collecte des données dédiées (ex. : EMMAPhone, développée par l'UGE-LMA sur base smartphone Android) ou récepteur GPS portable.

Ingénieur compétent en dynamique des véhicules pour exploiter et interpréter les données recueillies.

Connaissances sur la relation complexe entre dynamiques de la navette et confort et la sécurité des usagers (cf. livrables de la Tâche 3.3).

Références

- Livrable 3.3.1 : « Analyse des essais sur piste et recommandations sur la dynamique des navettes vis-à-vis du maintien de l'équilibre et du risque de chute pour les passagers ».
- Livrable 2.3.2 + 3.2.1 : « Amélioration des dynamiques du véhicule vis-à-vis du confort et de la sécurité des passagers ».
- Livrable 3.3.2 : « Dynamique des navettes et confort postural / risque de chute pour les passagers ».

3.4 DEMANDE D'AUTORISATION

L'objectif de cette étape est d'obtenir l'autorisation d'expérimenter, en soumettant aux autorités compétentes un descriptif circonstancié du projet et tous les éléments de garanties sécurités nécessaires.

Entrées :

- Cas d'usage consolidé ;
- Dossier technique révisé ;
- Réglementation en vigueur.

Sorties :

- **Dossier de demande d'autorisation**

Qui va être étudié par les autorités instructrices désignées par le cadre légal et réglementaire.

- **Réponses aux questions des autorités instructrices**

Y compris le cas échéant, selon les échanges avec les services instructeurs et les éventuelles modifications de projet imposées, constitution d'un dossier de demande d'autorisation révisé.

- **Autorisation d'expérimenter (ou le cas échéant refus)**

Qui permettra d'immatriculer le véhicule et d'engager l'expérimentation.

3.5 IDENTIFICATION DES BESOINS POUR LA MESURE DE L'IMPACT

3.5.1 Description générale de l'étape

L'objectif de cette étape est d'identifier les besoins en termes de recueil de données lors du déploiement des navettes. Contrairement à un projet avec des expérimentations avec un panel de participants restreint qui recueille quelques dizaines d'heures de données, les études en situation de conduite naturelle nécessitent une préparation différente car la quantité de données est très importante. En effet, dans le premier cas les situations à analyser sont facilement identifiables car elles sont prévues dans le protocole alors que dans le second cas, les situations doivent être retrouvées dans la masse de données disponible. De plus, si un type de caractéristique est manquant lors de l'enregistrement, dans le premier cas le travail supplémentaire est possible alors que dans le deuxième, la charge de travail peut être trop lourde pour être réalisable.

Pour cela il est nécessaire dans un premier temps de définir quelles sont les analyses qui sont prévues car c'est à partir des besoins de ces analyses qu'il est possible d'identifier les données nécessaires à recueillir. Dans le cadre du projet ENA, une méthodologie a été créée en adaptant la méthodologie FESTA, utilisée régulièrement dans le cadre des projets basés sur le recueil de données naturelles de conduite, c'est-à-dire de données recueillies pendant plusieurs mois sur des véhicules évoluant sur routes ouvertes. Cette méthode permet donc de définir des hypothèses de recherche, d'en déduire les facteurs qui peuvent expliquer des résultats différents et enfin de définir les données utiles pour calculer ces facteurs.

Le fait d'appliquer cette méthode à l'ensemble des analyses prévues permet de centraliser l'ensemble des besoins de tous les partenaires impliqués dans la mesure de l'impact du déploiement.

Entrées :

- Le cas d'usage ;
- Les scénarios critiques permettent d'identifier les situations qui devraient être analysées.

Sorties :

- La liste des données à recueillir.

3.5.2 Description des processus et des enchainements

Cette étape se fait de manière linéaire.

Dans un premier temps il est nécessaire d'identifier les hypothèses de recherche. Pour cela, il faut définir l'objectif de chaque analyse, tel que la sécurité, qualifier les usages, mesurer la consommation des batteries, Puis il faut identifier les différentes informations nécessaires pour les traiter, aussi bien pour segmenter les données en séquences à analyser que pour caractériser ces séquences.

Dans un deuxième temps, il faut traduire les attentes en termes d'information, en termes de mesures à recueillir. Ces données doivent servir soit à créer des événements, soit à permettre le découpage des données en séquences sur lesquelles les analyses sont réalisées, soit de calculer les indicateurs ou les valeurs des facteurs utilisés.

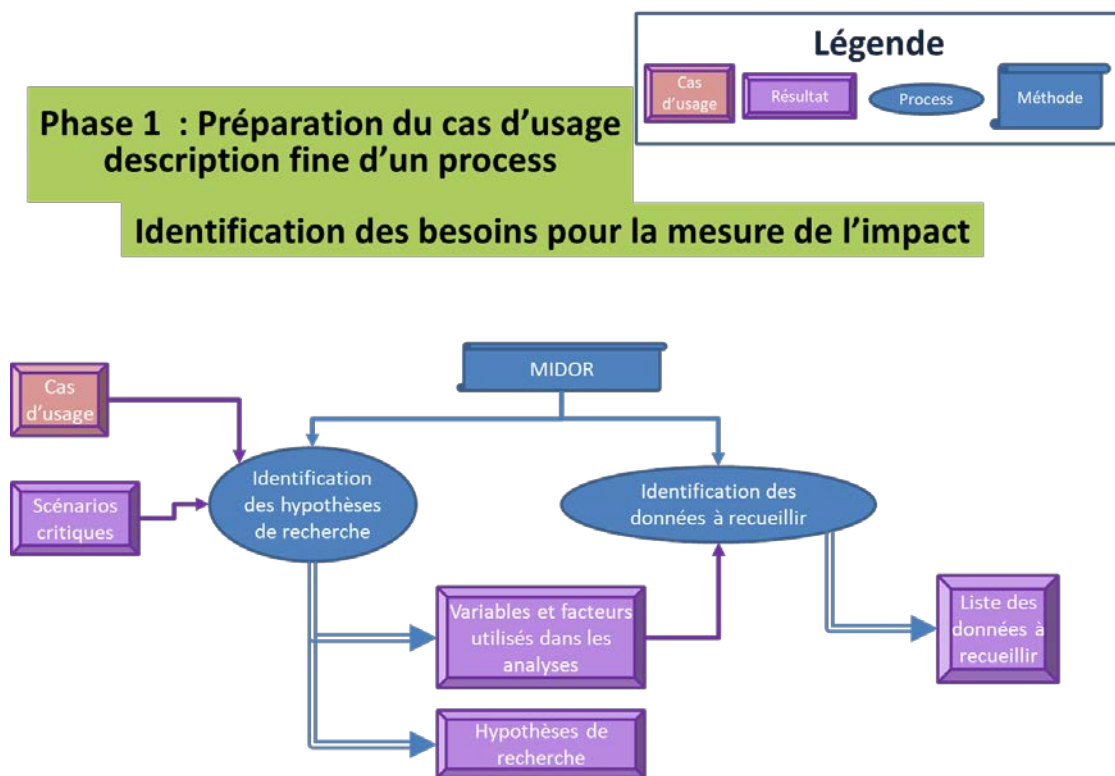


FIGURE 9 : PRESENTATION DU PROCESSUS 'IDENTIFICATION DES BESOINS POUR LA MESURE DE L'IMPACT'

3.5.3 Identification des hypothèses de recherche

Objectif :

Pour faire une analyse correcte des données recueillies en situation naturelle d'exploitation, il est important de définir les questions auxquelles il faut répondre avant le déploiement. Ces questions sont les hypothèses de recherche. Ces dernières sont la première étape qui permettra de définir les types de données à recueillir. Ces hypothèses ont plusieurs objectifs tels que mesurer la sécurité, identifier les usages, mesurer l'acceptabilité, ...

Description du processus :

▪ *Description du travail :*

Pour spécifier les analyses, nous avons défini une méthodologie basée sur la méthode Festa que nous avons adaptée pour l'analyse de données de véhicule autonome. La définition de chaque analyse se fait en plusieurs étapes :

- La première consiste à définir quelle question de recherche est adressée. Pour cela, l'objectif général de la recherche est défini : par exemple, « Identifier les facteurs contextuels qui pourraient expliquer les freinages brusques (FB) ». Il faut donc alors décrire les types de résultats attendus qui permettent de préciser le but de cette analyse comme par exemple « Identifier les contextes dans lesquels la navette risque d'avoir plus de freinages brusques et lui permettre d'adapter sa vitesse en fonction de ces contextes ».
- Une fois cela défini, il est alors possible de définir plusieurs hypothèses de recherche. Dans notre exemple, plusieurs hypothèses peuvent être définies telles que « Il y a plus de FB en heure de pointe », « Il y a plus de FB le jour que la nuit », « Il y a plus de FB aux abords des intersections », « Il y a plus de FB près de passages piétons », « Il y a plus de FB si la navette roule plus vite », « Il y a plus de FB sur des zones avec une densité de piétons souvent importante », ...

- Puis pour chaque hypothèse, il y a une spécification des différentes informations nécessaires pour la traiter.
 - Les facteurs qui seront fixés car ils doivent être constants dans les séquences analysées ;
 - Les facteurs à analyser qui permettent de créer des groupes de données à comparer ;
 - Les covariables qui peuvent avoir une influence sur les résultats ;
 - Les indicateurs de performance.
- Ces différentes étapes permettent de définir les données à recueillir.
- **Entrées :**
 - Attentes du porteur du projet en termes de bilan de l'exploitation du service aussi bien pour la sécurité que pour l'usage. Pour cela, le cas d'usage ainsi que la liste des scénarios critiques seront utilisés pour le processus MIDOR (cf. Livrable 1.5.1 : *Méthodologie de recueil et d'analyse des données objectives*).
- **Sorties :**
 - Les informations de ce processus seront l'entrée principale du processus du recueil de données
- **Compétences des partenaires impliqués :**
 - Spécialistes des champs à investiguer dans le bilan, analystes de données.

Exemples d'application :

Dans ENA, nous avons défini les hypothèses de recherche pour plusieurs types d'analyse.

- Analyse des incidents : comprendre pourquoi et comment les incidents ont lieu. Pour cela deux types d'incidents vont être utilisés : les incidents de type freinage brusque (y compris les arrêts brusques de la navette) et les incidents remontés par les opérateurs. Ces incidents ont été analysés pour étudier les facteurs contextuels tels que ceux liés à la période de la journée ou ceux liés à l'infrastructure (passage piétons, intersection, ...) ou ceux liés aux interactions avec les autres usagers.
- Analyse socio-économique et environnementale : la méthodologie d'évaluation socioéconomique et environnemental nécessite en plus des données d'enquêtes sur les pratiques de déplacements des usagers et des non usagers de la navette autonome présents sur le territoire, des données issues de mesures en temps réel qui concernent à la fois le véhicule et le service offert aux usagers tel que la consommation énergétique du véhicule et la fréquentation des usagers à chaque station.
- Analyse énergétique : Les objectifs sont de caractériser la consommation en fonction des conditions extérieures (température, intempéries, trafic, remplissage...) et d'évaluer les stratégies de charge incluant les charges opportunistes.
- Analyse d'adhérence : La sécurité et le confort des usagers nécessitent de trouver un compromis entre un niveau de performances (distance d'arrêt la plus courte possible quel que soit le contexte (chaussée sèche ou mouillée) ou changement de trajectoire permettant de s'adapter à la géométrie de l'infrastructure ou de réaliser une manœuvre d'évitement d'un obstacle fixe ou mobile) et une contrainte d'acceptabilité par les passagers (décélération ou changement de direction que puisse supporter l'utilisateur).
- Analyse de localisation : comparer les solutions de géolocalisation en mode autonome aux solutions en mode différentiel. Le premier facteur à analyser est l'erreur plane. Avec, pour la navigation des véhicules tels que la navette, une précision requise du décimètre.

Points d'attention particuliers :

Timing : ce processus doit être réalisé dès que le cas d'usage et les attentes en termes de bilan sont définis. Le principal risque si ce processus n'est pas réalisé est d'avoir des données inexploitable.

Ressources :

- Méthode FESTA.

Références :

- Livrable 1.5.1 : « *Méthodologie de recueil et d'analyse des données objectives* ».

3.5.4 Identification des données à recueillir

Objectif :

Contrairement à un projet avec des expérimentations avec un panel de participants restreint qui recueille quelques dizaines d'heures de données, les études en situation de conduite naturelle nécessitent une préparation différente car la quantité de données est très importante. En effet, dans le premier cas les situations à analyser sont facilement identifiables car elles sont prévues dans le protocole alors que dans le second cas, les situations doivent être retrouvées dans la masse de données disponible. De plus, si un type de caractéristique est manquant lors de l'enregistrement, dans le premier cas le travail supplémentaire est possible alors que dans le deuxième, la charge de travail peut être trop lourde pour être réalisable. L'objectif de cette tâche dans le projet est de centraliser les besoins en données des analystes, et de définir les indicateurs nécessaires pour en déduire les données à recueillir. Ceci est fait en utilisant les hypothèses de recherche formalisées par les chercheurs qui préparent les analyses dans le processus précédent.

Description du processus :

Le travail se fait en plusieurs étapes. Premièrement, il faut spécifier finement chaque hypothèse de recherche pour identifier les données qui seront nécessaires à leur traitement. Pour cela, il faut savoir quelles sont les situations qui seront comparées.

Puis il faut définir les limites de validité des résultats. Cela consiste à bien décrire les critères qui ont été pris en compte pour supprimer certaines séquences des analyses. Par exemple, si nous n'analysons pas les séquences en mode manuel, le facteur « mode de conduite » sera fixé à « autonome ». Enfin, pour chaque hypothèse seront spécifiés quels sont les paramètres (facteurs à analyser et covariables) dont les impacts sur des indicateurs de performances seront analysés.

Deuxièmement, il faut définir l'ensemble des données nécessaires pour :

- a. Créer des événements : Les événements peuvent provenir de trois types d'entrées. En effet, certains d'entre eux peuvent être calculés à partir de données brutes tels que les freinages brusques utilisés dans notre exemple. D'autres peuvent être créés durant les expérimentations par des taggages manuels des opérateurs au travers d'un dispositif expérimental comme des boutons ou une application. Enfin ils peuvent être codés manuellement par des analystes grâce à une application de visualisation des données vidéo à posteriori. Tous ces événements seront donc définis par un début et une fin ainsi qu'un type d'évènement.
- b. Permettre le découpage des données en séquences sur lesquelles les analyses sont réalisées. La segmentation de données naturelles est particulièrement critique et doit être prévue avant même le recueil. En effet, autant une segmentation manuelle des données est possible dans des expérimentations avec un nombre restreints d'heure de recueil, elle n'est pas possible sur des expérimentations où le nombre d'heures de recueil peut se compter en milliers. Les séquences d'analyse peuvent être identifiées soit en fixant une plage temporelle autour d'un événement, soit en utilisant des données contextuelles sur le parcours ou sur la période de la journée.

Dans nos exemples d'hypothèses, les séquences sont sélectionnées lors d'un événement "Freinage Brusque", 30 secondes avant et 10 secondes après ». Il pourrait aussi être possible de sélectionner les séquences par tronçon de parcours tels que « toutes les sections contenant un passage piéton ».

- c. Calculer les indicateurs ou les valeurs des facteurs utilisés. Pour cela, il faut spécifier les caractéristiques des séquences qui vont être utilisées dans les analyses. Ce sont soit des caractéristiques catégorielles pour identifier des différences entre plusieurs modalités (par exemple, la période de la journée en fonction de l'ensoleillement, jour/nuit/aube/crépuscule), soit des valeurs calculées à partir des données (exemple, vitesse limite sur la séquence), soit des valeurs codées manuellement (par exemple, présence de piéton sur la voie). Les indicateurs de performance seront des valeurs continues caractérisant la séquence comme « nombre de freinages brusques par km parcouru » ou des signaux temporels bruts tels que le « profil de vitesse ». Quelle que soit la catégorie de données nécessaires, cette dernière étape doit donner la liste des mesures à enregistrer automatiquement (par exemple, vitesse, position GPS, ...), la liste des caractéristiques à coder manuellement (exemple, type d'interaction avec les autres usagers), la liste des données liées au parcours qui sera donc fixe pour chaque expérimentation (par exemple, présence de passage piéton, densité de piétons usuelle) et les données externes utiles (par exemple, caractéristiques des batteries).
- **Entrées :**
 - Liste des hypothèses de recherche qui inclut des variables et facteurs utilisés dans les analyses définies dans le processus précédent.
 - **Sorties :**
 - Liste des données à recueillir.

Exemples d'application :

Dans le cas du projet ENA nous avons eu deux types de recueil de données. L'un avec un système que nous avons conçu à l'UGE pour les navettes Navya, le deuxième grâce à un système développé par le constructeur de navette Milla. L'ensemble des données nécessaires a été formalisé à l'aide de tableaux qui définissent d'une part la sémantique de la donnée et d'autre par le mode d'obtention de la donnée.

TABLEAU 4 : TABLEAU RECAPITULATIF DE SPECIFICATION DES EVENEMENTS

Nom de l'évènement	Description	Mode d'obtention de l'évènement (direct / par calcul / par codage)	Mesures nécessaires	Mode recueil de la mesure
Freinage brusque	1) freinage d'urgence 2) décélération inférieure à 5m/s ² pendant au moins 0.5 seconde	Par calcul	Accélération à 10hz	Automatique : Pc embarqué UGE

TABLEAU 5 : TABLEAU RECAPITULATIF DE SPECIFICATION DES CARACTERISTIQUES DES SEQUENCES

Nom du facteur	Description	Mode d'obtention du facteur (direct / par calcul / par codage)	Modalités	Description des modalités	Mesures nécessaires	Mode recueil de la mesure
Catégorie de période de la journée en fonction du trafic attendu (CASA)	indique les moments de la journée avec plus de trafic	Par calcul	heure pleine	en semaine de 7h30 à 9h, de 11h30 à 12h30, de 13h30 à 14h30 et de 17h à 18h30	heure GMT	Automatique : API Navya
			heure creuse	en semaine de 10h à 11h, de 15h à 16h30, après 19h ou avant 7h les week end toute la journée	jour de la semaine	Automatique : API Navya
			heure transitoire	les autres		
Mode de conduite	indique si la navette est en conduite autonome ou manuelle	Brute	Autonome	conduite en mode autonome	Mode	Automatique : API Navya
			Manuel	conduite en mode manuel		

TABLEAU 6 : TABLEAU RECAPITULATIF DE SPECIFICATION DES INDICATEURS DE PERFORMANCES

Nom de l'indicateur	Mode de calcul	Mode d'obtention de la variable (data brute / par)	Données pour la segmentation		Données pour la valeur de l'indicateur	
			Mesures nécessaires	Mode recueil de la mesure	Mesures nécessaires	Mode recueil de la mesure
Vitesse moyenne par section de parcours	- Identifier la section - Calculer la vitesse moyenne	Par calcul	GPS	Automatique	Vitesse	Automatique
			Table de correspondance entre section et position GPS	Fixé pour chaque expérimentation		
Nombre d'incident par kilomètre parcouru par section	- Identifier la section - Calculer le nombre d'incident	Par calcul	GPS	Automatique	Vitesse	Automatique
			Table de correspondance entre section et position GPS	Fixé pour chaque expérimentation	Incidents	Automatique (application opérateurs)

Points d'attention particuliers :

Il est important de vérifier si les données recueillies sont à caractère personnel ou non. Dans le cas d'enregistrement de données routières, les données de scènes routières dans lesquelles les autres usagers sont reconnaissables ou les plaques d'immatriculation sont visibles sont considérées comme des données personnelles. Il faut dans ce cas faire des fiches registres dans les organismes stockant ces données.

Ressources :

- Règlementation RGPD : RÈGLEMENT (UE) 2016/679 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la directive 95/46/CE (règlement général sur la protection des données).

Références :

- Livrable 1.5.1 : « *Méthodologie de recueil et d'analyse des données objectives* »

3.6 DEVELOPPEMENTS TECHNIQUES ET DEPLOIEMENTS EN VUE DE LA MISE EN SERVICE

3.6.1 Description générale de l'étape

L'objectif de cette étape est de réaliser les développements systèmes (Constructeur) et les travaux (Aménageur et Territoire) identifiés en amont comme nécessaires à la réalisation du projet dans les conditions de sécurité et de fiabilité voulues.

Entrées :

- Dossier technique du cas d'usage ;
- Réglementation applicable ;
- Normes techniques applicables ;
- Spécifications techniques et méthodes Constructeur.

Sorties :

- Programme des travaux ;
- Spécifications des développements ;
- Réalisation et réception formelle des travaux ;
- Réalisation et réception formelle des développements.

4 PROCESSUS US DE LA PHASE DE LA MISE EN ŒUVRE DU CAS D'USAGE

L'objectif de cette étape est de mettre en œuvre l'expérimentation dans toutes ses composantes conformément au dossier technique du projet et au contenu du dossier de demande d'expérimentation

Entrées :

- Cas d'usage concrétisé : environnement aménagé, ressources humaines, moyens techniques ;
- Méthodes et documents Projet ;
- Méthodes et documentation Constructeur ;
- Méthodes et documentation Exploitant.

Sorties :

- Certification des agents à l'opération des véhicules et systèmes impliqués ;
- Procès-verbal de déploiement et d'achèvement de la marche à blanc des véhicules ;
- Ouverture au public dont inauguration ;
- Production effective du service ;
- Supports d'information publiés ;
- Spécification des méthodes d'évaluation ;
- Suivi de la réalisation et analyse des résultats et des anomalies éventuelles.

A noter : la mise en œuvre du cas d'usage implique des sous-processus en cycles essais/ajustements qui peuvent amener des interruptions et retours en arrière en cours de processus.

5 PROCESSUS US DE LA PHASE DE BILAN DU CAS D'USAGE

5.1 EXPLOITATION DES DONNEES IV

L'objectif de ce processus est de décrire les étapes nécessaires à la collecte et l'exploitation des données d'usage d'une application information voyageur (IV) ou MaaS intégrant une navette autonome. La collecte de ces données permet aux exploitants et décideurs publics d'évaluer l'intérêt du service de navette autonome pour les usagers, leurs besoins et habitudes de déplacement, et donc de mieux piloter et ajuster le service, afin qu'il favorise une meilleure mobilité urbaine sur un territoire.

Entrées :

- Les données issues de l'application IV/MaaS : recherches origine destination, validation de titres, réservation de services, traces GPS.

Sorties :

- Un rapport d'analyse contenant les indicateurs et éventuellement des recommandations à mettre en place sur le service de navette autonome.

5.2 BILAN EN TERMES DE SECURITE

5.2.1 Description générale de l'étape

Cette étape est centrée sur l'analyse des événements rencontrés lors du déploiement avec trois objectifs principaux :

- Localiser dans les données recueillies les scénarios d'incidents à évaluer ;
- Identifier des facteurs globaux favorisant la survenue d'incidents aussi bien en termes d'interactions avec les autres usagers de la route que les comportements de freinage brusque pouvant induire des blessures pour les passagers ;
- Comparer les résultats des essais sur pistes avec les scénarios réels ;
- Comparer les scénarios critiques identifiés à priori avec les scénarios réels.

Entrées :

- Résultats réalisés avant le déploiement :
 - Hypothèses de recherche ;
 - Performances des navettes pendant les essais ;
 - Scénarios critiques.
- Résultats réalisés pendant le déploiement :
 - Données recueillies.

Sorties :

- Evaluation des performances des méthodes et tests :
 - Pour les essais sur pistes ;
 - Pour les méthodes d'identification des scénarios ;
 - Pour identifier des facteurs impactant la survenue d'incidents.

5.2.2 Description des processus et des enchainements

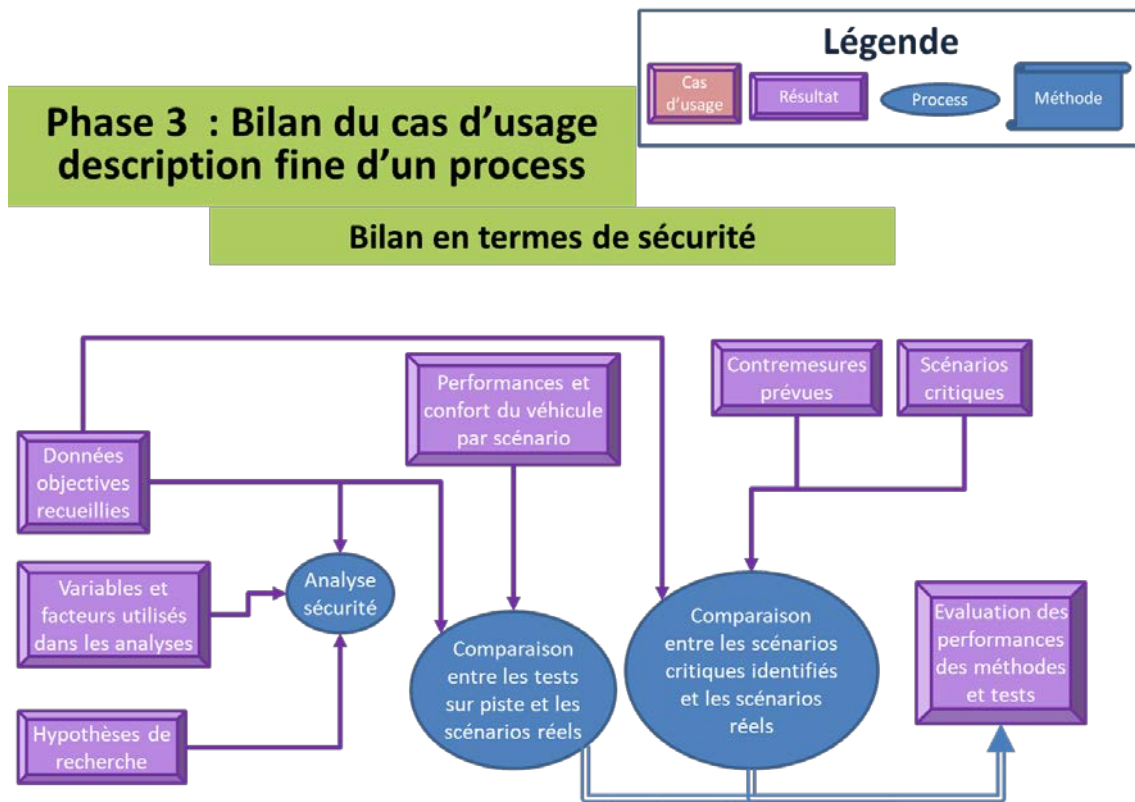


FIGURE 10 : PRESENTATION DU PROCESSUS "BILAN EN TERMES DE SECURITE"

Une analyse globale de la sécurité sur les données recueillies permet d'identifier et de caractériser des scénarios à partir d'un certain nombre d'incidents. Ces scénarios sont alors comparés aux travaux faits en amont du déploiement lors des essais sur piste et lors de l'identification des scénarios critiques. Ceci doit permettre de faire une évaluation des différentes méthodes mises en œuvre lors de ces travaux.

5.2.3 Analyse de la sécurité

Objectif :

L'objectif de ce processus est d'analyser les données recueillies pour identifier les facteurs les plus fréquents pour expliquer les incidents rencontrés. En effet, pour bien comprendre les incidents qui se sont déroulés sur le parcours lors des expérimentations, la position sur une section n'est pas forcément la seule explication. Des facteurs tels que le trafic, la météo, l'heure de la journée, ... sont des caractéristiques qui peuvent expliciter le contexte plus général dans lequel le véhicule autonome se déplace. L'identification de ces facteurs exogènes pourrait être utile pour rendre plus flexible le comportement du véhicule autonome en anticipant le risque de situations complexes.

Description du processus :

▪ **Description du travail :**

Pour faire ce travail plusieurs étapes sont nécessaires :

- Préparation des données :
 - Extractions des incidents des données recueillies : cette étape nécessite de prétraiter les données recueillies telles que les vitesses, accélérations. Les incidents peuvent aussi avoir été calculés en temps réel tel que le freinage d'urgence ;
 - Identifier les scénarios à évaluer ;
 - Calculer les caractéristiques des scénarios qui peuvent l'être par fusion des données ;
 - Coder manuellement les informations supplémentaires prévues pour caractériser les scénarios.
 - Analyse des facteurs principaux :
 - Sélection des incidents en fonction des facteurs fixes à respecter, par exemple, pour une analyse ne prendre en compte que les incidents avec le véhicule en mode autonome ;
 - Caractérisation des ces incidents avec les facteurs explicatifs à tester, tels que la météo, la section du parcours... ;
 - Classification des séquences en groupes à comparer. Chaque groupe correspond à chaque modalité du facteur testé ;
 - Enfin les analyses statistiques sont appliquées pour vérifier la significativité du facteur testé.
- #### ▪ **Entrées :**
- Données naturalistiques recueillies sur les VA ;
 - Hypothèses de recherche définies avant la collecte des données y compris les définitions des variables et facteurs qui sont utilisées dans les analyses.
- #### ▪ **Sorties :**
- Analyse des facteurs impliqués dans la génération des incidents ;
 - Liste des scénarios pour les autres processus.
- #### ▪ **Compétences des partenaires impliqués :**
- Spécialistes du traitement de données pour pré-traiter les données ;
 - Statisticiens ;
 - Spécialistes de sécurité routière.

Exemples d'application :

Dans le projet ENA, des analyses ont été réalisées sur les freinages brusques observés lors des 5 mois de déploiement des navettes.

Points d'attention particuliers :

Il est important de bien définir les données nécessaires lors de la phase de recueil.

Ressources :

- Méthodologie MIDOR qui a été développée dans ENA en adaptant la méthode FESTA.

Références :

- Livrable 1.5.1 : « *Méthodologie de recueil et d'analyse des données objectives* ».
- Livrables 5.1.1 : « *Méthodologie d'analyse des incidents* ».

5.2.4 Comparaison entre les tests sur piste et les scénarios réels

Objectif :

L'objectif de ce processus est d'identifier dans les données recueillies les évènements redoutés pour lesquelles des tests ont été réalisés et d'analyser les comportements réels de la navette sur ces cas. Un bilan en termes de bonne ou mauvaise gestion de ces cas sera réalisé par type de scénarios de test sur piste. Il est aussi recommandé d'analyser les dynamiques du véhicule lors de ces évènements indésirables, y compris pour les évènements de faible intensité/dangerosité apparente (ex. : freinages intempestifs), pour évaluer le risque de déséquilibre et de chute pour les passagers de la navette.

Description du processus :

- **Description du travail :**
 - Identifier les scénarios testés qui ont généré des incidents ;
 - Evaluer leur gestion par la navette.
- **Entrées :**
 - Données d'incidents recueillies ;
 - Scénarios de test sur piste.
- **Sorties :**
 - Bilan de la gestion des scénarios sur piste ;
- **Compétences des partenaires impliqués :**
 - Ingénieur de sécurité.

Exemples d'application :

La plupart des scénarios critiques testés à TRANSPOLIS ont été observés sur l'expérimentation de CASA. Les analyses des résultats des essais ont montré les difficultés à définir des objectifs de sécurité et des limites acceptables ou souhaitables de l'OEDR du véhicule. Les performances de la navette avaient été jugées suffisantes pour un déploiement à CASA. Aucun accident n'est à déplorer. Cependant, la presque totalité des scénarios critiques testés sur pistes a été observé.

Points d'attention particuliers :

Il faut prévoir une partie de codage des incidents si possible automatique.

Références :

- Livrables 5.1.2 : « *Rapport sur l'apport des méthodes d'analyses des risques et des tests sur piste dans la sécurité de VA* ».

5.2.5 Comparaison entre les scénarios critiques identifiés et les scénarios réels

Objectif :

L'objectif de ce processus est de comparer les incidents observés sur le site avec les scénarios critiques identifiés avant le déploiement. Pour cela, il faut repérer dans les données enregistrées les sections sur lesquelles ces incidents se sont produits. Puis si des enregistrements vidéo ont été réalisés, il est important de faire des descriptions des scénarios plus précis en particulier pour décrire les interactions entre les usagers de la route (piétons, cyclistes, 2 roues motorisées et bien sur les autres véhicules lourds ou légers). Cette étape devrait permettre soit de confirmer les sections sur lesquelles des incidents ont été prévus et observés, soit d'infirmer des sections sur lesquelles des incidents ont été prévus et n'ont pas été observés, soit d'identifier de nouvelles sections sur lesquelles aucun incident n'a été prévu mais certains ont été observés.

Description du processus :

- **Description du travail :**
Les différentes étapes pour faire cette comparaison sont les suivantes :
 - Découper les données recueillies par numéros de sections utilisés dans la méthode d'identification des scénarios critiques ;
 - Recueillir les incidents pendant le déploiement ;
 - Annoter les incidents en type d'interaction ;
 - Classifier les incidents par sections ;
 - Comparer les incidents recueillis avec les scénarios prévus.
- **Entrées :**
 - Scénarios critiques venant du processus « identification des scénarios critiques » ;
 - Données enregistrées ;
 - Hypothèses de recherche.
- **Sorties :**
 - Analyse des incidents.
- **Compétences des partenaires impliqués :**
 - Experts en sécurité routière ;
 - Ingénieur pour le prétraitement des données.

Exemples d'application :

Dans le cas du projet ENA, les analyses ont été faites sur les deux parcours. Beaucoup d'évènements qui avait été identifiés lors des analyses de parcours ont été observés. Par contre, certains évènements n'ont pas été identifié au départ car la spécification des flux nominaux avait été sous-estimée. A contrario, sur le parcours rural, ces flux ont été surestimé ce qui a entraîné l'identification d'évènements critiques qui n'ont pas été observés. Cela confirme l'importance de bien estimé ces flux nominaux. Le principal évènement qui a été omis est le dépassement dangereux.

Points d'attention particuliers :

Ce processus ne peut se réaliser que lorsque les données enregistrées sont disponibles.

Ressources :

- Méthodes statistiques.

Références :

- Livrable 5.1.1 : « *Méthodologie d'analyse des incidents* ».

5.3 BILAN EN TERMES D'ACCEPTABILITE ET EN TERMES SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

5.3.1 Description générale de l'étape

L'objectif de cette étape est de décrire les éléments permettant de réaliser :

- Un bilan socioéconomique d'un service de navette autonome, suivant la méthodologie globale développée pour l'évaluation a priori (3.1.4) et pour l'évaluation a posteriori (5.3.3). Il s'agit de se focaliser sur les éléments relatifs à l'analyse coût-avantage (ACA) qui permet d'inclure les effets monétarisables, de les quantifier et de mesurer la rentabilité socioéconomique du projet. Les autres effets non-monétarisables sont également pris en compte, de manière quantitative ou qualitative au sein d'un tableau de bord présentant une multitude de critères

(Analyse multicritère – AMC) permettant d'évaluer le projet à travers ses différents effets positifs et négatifs.

- Un bilan environnemental du cas d'usage tel qu'il est implanté sur le territoire de manière pérenne, en s'appuyant sur la méthodologie globale d'évaluation a priori (3.1.4) et a posteriori (5.3.3). Il se focalise sur les aspects environnementaux et notamment sur la conduite de l'analyse de cycle de vie (ACV).
- Un bilan des évaluations du cas d'usage tel qu'il est implanté sur le territoire du point de vue (1) des « usagers » ayant effectivement utilisé la navette et (2) des « non-usagers » (habitants, riverains, ou usagers du réseau routier sur lequel circule la navette) ne l'ayant pas empruntée. Pour les usagers, il s'agira notamment de savoir si l'offre de mobilité, telle qu'elle est déployée à travers le cas d'usage, est bien acceptée par ses utilisateurs et, d'autre part, de connaître leur niveau de satisfaction « après usage ». Pour les non usagers, il s'agira notamment de s'interroger quant aux raisons pour lesquelles ils n'utilisent pas les navettes (i.e. freins envers l'usage susceptibles ou non d'être levés) et d'identifier les effets induits par l'introduction des NA sur leurs propres pratiques de déplacement et/ou sur leur cadre de vie. Plus globalement, il s'agira de saisir leur perception de l'impact de la NA sur le milieu fréquenté et plus globalement sur l'image du territoire.
- Au-delà des bilans du cas d'usage, l'ensemble de ces travaux vise aussi à permettre de formuler des recommandations.

Entrées :

- Données d'exploitation actualisées (fréquentation, recette, dépense...).
- Données techniques décrivant : véhicule effectivement déployé (plateforme, batterie, capteurs embarqués...), système de supervision (caméra, ...), l'infrastructure (chaussée spécifique, signalisation spécifique, ...), données de consommation d'énergie de l'ensemble des éléments (conso véhicule, conso des appareils de bord de chaussée, conso des échanges de données...).
- Enquêtes : auprès des usagers de la navette pour évaluer le report modal effectif, évaluation de suivi (au moyen d'enquêtes d'Acceptation et de Satisfaction), enquête de mobilité a posteriori reprenant le même modèle que l'enquête de suivi, les études sociologiques menées sur les deux territoires, auprès des non-utilisateurs et riverains de la navette.
- Précédents bilans d'évaluation socioéconomique et environnementale a priori et de suivi.
- Evaluation a priori : acceptabilité avant usage et besoins/attentes a priori des usagers.
- Descriptions précises des deux situations à comparer : type de projet, investissements réalisés pour assurer la mise en place du service pour chacun des acteurs, durée de vie du projet (durée de vie du service et/ou durée de l'exploitation), données d'exploitation du projet (performance, demande, coûts, prix d'usage...), données de mobilité, externalités identifiées.
- Autres données : Valeurs tutélaires permettant la quantification monétaire des externalités identifiées pour les deux situations envisagées, taux d'actualisation fixé pour ramener les résultats du bilan à une valeur correspondante à une date T.

Sorties :

- Bilan environnemental et entrées à destination de l'évaluation socio-économique. Les nouveaux résultats sont analysés et confrontés aux résultats de l'évaluation a priori.
- Bilan financier et socioéconomique global et par acteur du projet ; tableau de bord incluant les effets non monétarisables, de moyen et long terme ; Comparaison des bilans de l'évaluation a priori et a posteriori.
- Comprendre la raison de leur non-usage (réticences ou simple absence de besoin), ainsi que de saisir leur perception de l'impact de la navette autonome sur le milieu fréquenté et plus globalement sur l'image du territoire.
- Recommandations pour :

- Améliorer la rentabilité du projet ;
- Améliorer la méthodologie de la réalisation d'un bilan socioéconomique d'un service de navette autonome ;
- Améliorer l'offre de mobilité proposée par le cas d'usage déployé sur le territoire, en vue d'accroître la satisfaction des usagers actuels ou futurs ;
- Améliorer les évaluations a posteriori futures.

5.3.2 Description des processus et des enchainements

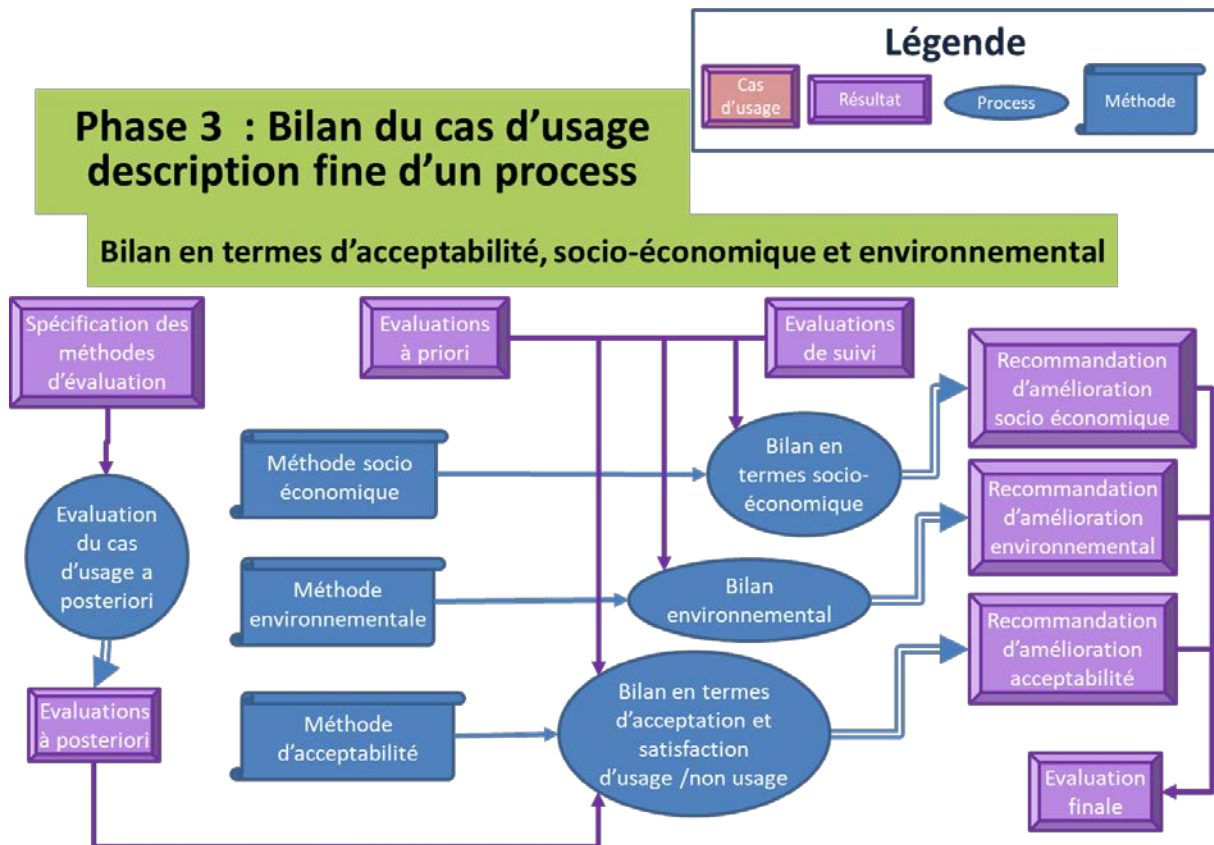


FIGURE 11 : PRESENTATION DU PROCESSUS "BILAN EN TERMES D'ACCEPTABILITE, ET EN TERMES SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAUX"

Cette étape réalise dans un premier temps l'évaluation à posteriori qui est similaire, d'un point de vue technique, à l'évaluation a priori, mais elle est élaborée à partir de données réelles et non prévisionnelles, longtemps après la mise en place du service (plusieurs années). Puis en utilisant les diverses évaluations à priori et de suivi et en s'appuyant sur les différentes méthodes développées lors de l'étape de spécifications du cas d'usage et des outils associés, différents processus réalisent les bilans socio-économiques, environnementaux et d'acceptabilité. L'objectif final étant de formuler des recommandations pour améliorer les cas d'usage étudié.

5.3.3 Evaluation du cas d'usage à posteriori

Objectif :

L'objectif de ce processus est de fournir les éléments méthodologiques de l'évaluation socioéconomique et environnementale a posteriori, en s'affranchissant de la séquence de l'expérimentation et en s'inscrivant dans le cadre hypothétique d'un projet de service de navette autonome pérenne. Cette dernière vise à fournir un bilan, à partir des différents effets socioéconomiques et environnementaux, marchands et non marchands, permettant d'évaluer le projet. L'évaluation a posteriori est similaire, d'un point de vue technique, à l'évaluation a priori (3.1.4), mais elle est élaborée, à partir de données réelles et non prévisionnelles, longtemps après la mise en place du service (plusieurs années).

L'expérimentation étant très limitée dans le temps, elle ne permet pas de réaliser une évaluation socioéconomique et environnementale a posteriori et de mesurer l'ensemble des impacts notamment à moyen et à long terme (livrable 1.2.1). Centrée sur la mobilité et l'usage de la navette, l'évaluation réalisée pendant l'expérimentation relève quant à elle davantage du suivi dans le cadre d'un projet de service pérenne. Afin d'éviter les redites, nous allons mettre l'accent par la suite sur les éléments différenciant l'évaluation a posteriori par rapport aux autres étapes d'évaluation a priori et de suivi (3.1.4 et 4.1.10).

Description du processus :

▪ ***Description du travail :***

La méthodologie de l'évaluation a posteriori d'un service de transport (automatisé ou non) est conduite de manière similaire que l'évaluation a priori, suivant les quatre grandes étapes de contextualisation, de cadrage, d'étude des impacts sur le système de transport local et de synthèse de ces impacts (3.1.4). La seule différence réside dans la nature des données d'entrée mobilisées. Dans l'analyse ex-ante, les données sont issues des modèles de prévisions, alors que celles de l'analyse ex-post sont des données historiques obtenues à partir de différents dispositifs de recueil pendant la durée de vie du projet. L'évaluation a posteriori est également différente de l'évaluation de suivi d'un point de vue des objectifs, cette dernière visant à formuler de nouvelles orientations afin d'améliorer/adapter l'offre et la qualité de service de navette autonome, de favoriser le report modal et de réduire certains effets externes jugés négatifs. Elle est également différente par rapport à la prise en compte des effets de moyen et long terme sur le territoire tels que l'attractivité résidentielle ou des activités économiques, l'usage du sol et le prix foncier et immobilier.

Afin de mettre en place l'évaluation a posteriori, il est nécessaire de :

- Disposer de l'ensemble des données collectées sur la totalité de la durée de vie du projet auprès des différents acteurs identifiés ;
- Mettre à jour les évaluations et présenter de manière synthétique les résultats de l'analyse coût-avantages, exprimés à partir de la Valeur Actuelle Nette et sa décomposition par acteur et par type d'effet et complétés par les autres effets socioéconomiques non-monétarisables, ainsi que les résultats de l'Analyse en Cycle de Vie, exprimés à travers différents indicateurs environnementaux et dont certains sont intégrés dans le bilan socioéconomique ;
- Comparer les résultats des différents bilans obtenus avec ceux réalisés au cours des évaluations a priori et de suivi, afin de vérifier les écarts entre le prévisionnel et l'observé et de les expliquer ;

- Formuler des recommandations sur la base du retour d'expérience et des résultats obtenus, en indiquant les points de vigilance par rapport à des projets de service de mobilité similaires, mais aussi les limites de cette méthodologie et les conseils pour l'améliorer dans le cadre des futurs travaux d'évaluation en lien avec la mobilité automatisée.
- **Entrées** : Données d'exploitation actualisées (fréquentation, recette, dépense...), enquête de mobilité a posteriori reprenant le même modèle que l'enquête de suivi ; précédents bilans d'évaluation socioéconomique et environnementale a priori et de suivi
- **Sorties** : Bilan socioéconomique ex-post, analyse multicritère, limites de la méthodologie et conseils pour l'améliorer

Exemples d'application :

Pour les raisons citées plus haut, et en raison des limites associées à l'expérimentation d'un service de navette autonome, y compris dans le cadre du projet ENA, il n'est pas possible de mettre en place la méthodologie d'évaluation a posteriori sur les deux territoires étudiés.

Points d'attention particuliers :

Pour le moment, il n'existe aucune exploitation d'un service de navette automatisée dans le monde, en dehors des expérimentations qui sont limitées dans le temps. Il n'est donc pas envisageable d'établir une évaluation a posteriori.

Néanmoins, nous pouvons inclure l'ensemble des points d'attention communs à toute évaluation ex-post d'un projet de transport tels que l'importance de conserver l'ensemble des données liées au projet sur l'ensemble de sa durée de vie, et l'importance de veiller à la cohérence des choix méthodologiques en situation de référence et en situation de projet par rapport aux autres moments de l'évaluation. Dans le domaine des véhicules automatisés, la technologie liée à la partie « software » évolue très rapidement et il est nécessaire d'actualiser en permanence les données d'entrées. La transmission des données techniques et financières, notamment du côté de l'industriel est un point très important. Par rapport à d'autres projets de transport, la place occupée par l'industriel dans le projet est très importante. Anticiper les règles de transmission des données entre les différents acteurs du projet est un point central pour la réalisation de toutes les évaluations liées à la mise en place d'un service de navette autonome.

Ressources :

- Livrables 1.2.1 : « *Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique* »
- Livrables groupés 5.3.1 et 5.4.1 : « *Synthèse des investigations et restitution des données* »
- Gostner C., Ni J., Auverlot D., Delozier B., Loublie A. (2017), Guide de l'évaluation Socioéconomique des investissements publics, France Stratégie. 58 p.

Références :

- Livrables 1.2.1 : « *Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique* »
- Livrables groupés 5.3.1 et 5.4.1 : « *Synthèse des investigations et restitution des données* »
- Livrables groupés 5.3.2 et 5.4.2 : « *Résultats des évaluations socioéconomique et environnementale* »

5.3.4 Bilan environnemental

Objectif :

L'objectif de ce processus est de réaliser un bilan environnemental du cas d'usage tel qu'il est implanté sur le territoire de manière pérenne, en s'appuyant sur la méthodologie globale d'évaluation a priori (3.1.4) et a posteriori (5.3.3). Durant tout le projet ENA, les évaluations socio-économiques et environnementales ont été conduites collégalement. Ce processus est donc étroitement lié au processus 5.3.6. Néanmoins il se focalise sur les aspects environnementaux et notamment sur la conduite de l'analyse de cycle de vie (ACV).

Description du processus :

▪ **Description du travail :**

Le travail de réalisation du bilan environnemental consiste à vérifier, en premier lieu, que les étapes de contextualisation et de cadrage restent valables pour le cas effectivement déployé (voir aussi en 4.1.1).

Le cas échéant, des changements importants peuvent conduire à redéfinir l'objectif, le champ de l'étude ou l'unité fonctionnelle. Il faut s'assurer de ce point en priorité car toutes modifications de ce type rendent la comparaison avec les évaluations a priori ou de suivi difficile voire impossible.

Dans tous les cas, les étapes qui conduisent à bâtir des scénarios d'usage associés à des scénarios d'implantation de systèmes techniques pour l'évaluation a priori sont à revoir entièrement. En effet, dans l'évaluation a posteriori, c'est le système technique effectivement déployé et l'usage réel du service pendant la durée de vie du projet qui seront à prendre en compte.

Cela suppose une fois le système en service, des collectes de données de terrain portant sur ces différents éléments pour alimenter la phase d'inventaire de l'analyse de cycle de vie. La collecte de donnée de terrain doit s'organiser en amont en lien avec le niveau d'analyse des résultats souhaités. Par exemple on peut se contenter d'une fréquentation moyenne mensuelle ou bien s'intéresser au détail de chaque tranche horaire. Une liste non exhaustive des éléments à collecter et définie dans les entrées ci-après.

▪ **Entrées :**

- Description précise du véhicule effectivement déployé (plateforme, batterie, capteurs embarqués...);
- Description précise du système de supervision (caméra, ...);
- Description précise de l'infrastructure (chaussée spécifique, signalisation spécifique, ...);
- Relevé de consommation d'énergie de l'ensemble des éléments (conso véhicule, conso des appareils de bord de chaussée, conso des échanges de données...);
- Comptages du nombre d'usagers fréquentant la navette (globalement ou de manière plus ou moins détaillée);
- Enquête auprès des usagers de la navette pour évaluer le report modal effectif.

▪ **Sorties :**

En sortie de ce processus une nouvelle évaluation des impacts environnementaux est produite. Outre ses propres résultats, elle produit de nouvelles entrées à destination de l'évaluation socio-économique. Les nouveaux résultats sont analysés et confrontés aux résultats de l'évaluation a priori. Les écarts sont interprétés et le cas échéant, des recommandations sont faites pour :

- Améliorer les évaluations a posteriori futures;
- Améliorer le service proposé pour en améliorer le bilan.

Exemples d'application :

Il n'y a pas eu d'évaluation à posteriori dans ENA. Des données de fréquentation de la navette dans les deux cas d'étude, combinées aux données d'enquêtes de mobilité, ont pu être utilisées pour réaliser une évaluation de l'expérimentation (cf. livrables groupés 5.3.2 et 5.4.2).

Par ailleurs ces données d'exploitation étaient peu précises (seulement une comptabilisation des montées) ce qui a rendu leur exploitation difficile : par exemple un simple comptage des montées ne permet pas de savoir avec quels moyens les usagers se déplaçaient avant. Il n'est donc pas possible d'évaluer un report modal sans recourir aux informations sur les pratiques, avant-après, des enquêtés ayant déclaré utiliser la navette.

Points d'attention particuliers :

Lorsqu'on passe à une évaluation d'un système réellement déployé, il est important de prévoir en amont les données que l'on souhaite recueillir. En effet, ces collectes peuvent nécessiter l'implantation de systèmes de comptage qu'il faut prévoir dès le départ. Par exemple des systèmes de comptage de consommation électrique peuvent faire partie du système à mettre en place. Les montées/descentes des voyageurs pourraient être géolocalisées à travers l'équipement de la navette d'un système de validation *check-in/check-out* ...

Plus la collecte de données sera fine et plus l'analyse des résultats permettra de dégager des pistes d'améliorations.

Ressources :

- Livrable 1.2.1 : « *Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique* ».
- Livrables groupés 5.3.1 et 5.4.1 : « *Synthèse des investigations et restitution des données* ».
- Livrables groupés 5.3.2 et 5.4.2 : « *Résultats des évaluations socioéconomiques et environnementales* ».

Références :

- Livrable 1.2.1 : « *Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique* ».
- Livrables groupés 5.3.1 et 5.4.1 : « *Synthèse des investigations et restitution des données* ».
- Livrables groupés 5.3.2 et 5.4.2 : « *Résultats des évaluations socioéconomiques et environnementales* ».

5.3.5 Bilan en termes d'acceptation et satisfaction d'usage / non usage

Objectif :

L'objectif de ce processus est de réaliser un bilan des évaluations du cas d'usage tel qu'il est implanté sur le territoire du point de vue (1) des « usagers » ayant effectivement utilisé la navette et (2) des « non-usagers » (habitants, riverains, ou usagers du réseau routier sur lequel circule la navette) ne l'ayant pas empruntée.

Pour les usagers : il s'agira notamment de savoir si l'offre de mobilité, telle qu'elle est déployée à travers le cas d'usage, est bien acceptée par ses utilisateurs et, d'autre part, de connaître leur niveau de satisfaction « après usage ».

Pour les non usagers : il s'agira notamment de s'interroger quant aux raisons pour lesquelles ils n'utilisent pas les navettes (i.e. freins envers l'usage susceptibles ou non d'être levés) et d'identifier les effets induits par l'introduction des NA sur leurs propres pratiques de déplacement et/ou sur leur cadre de vie. Plus globalement, il s'agira de saisir leur perception de l'impact de la NA sur le milieu fréquenté et plus globalement sur l'image du territoire.

Au-delà de l'évaluation du cas d'usage, l'ensemble de ces travaux vise aussi à permettre de formuler des recommandations en vue d'améliorer l'offre de mobilité et d'accroître l'attractivité des navettes (pour les utilisateurs effectifs, ou pour les non-utilisateurs potentiels dont les besoins ne seraient pas satisfaits par le cas d'usage tel qu'il a été déployé), ou pour en limiter les effets négatifs potentiels auprès des riverains de la navette (fréquentant son espace de circulation), afin de garantir une bonne acceptabilité sociétale des NA auprès de l'ensemble de la population.

Description du processus :

A) Pour les usagers :

▪ Entrées :

- Evaluation de suivi : Les entrées de ce processus proviennent des « évaluations de suivi » réalisées sur le territoire auprès des utilisateurs de la navette (au moyen d'enquêtes d'Acceptation et de Satisfaction).
- Evaluation a priori : acceptabilité avant usage et les besoins/attentes a priori des usagers

▪ Description du travail :

Dans le cadre du continuum méthodologique (défini en 1.3.1), il s'agira ici d'appréhender conjointement (1) d'une part, les résultats obtenus en amont concernant l'*acceptabilité avant usage* et les *besoins/attentes a priori des usagers* potentiels et (2) d'autre part les données collectées durant les « évaluations de suivi », en termes d'acceptation et de satisfaction des usagers après leur utilisation de la navette. L'un des objectifs sera alors de savoir si l'acceptation après usage des NA s'est accrue à l'issue de cette expérience d'utilisation (ou, a minima, qu'elle ne s'est pas détériorée), comparativement aux jugements d'acceptabilité émis a priori. Par ailleurs, il s'agira également d'évaluer si l'offre de mobilité répond effectivement aux besoins et aux attentes exprimé(e)s en amont par les futurs usagers potentiels, et si ces derniers se déclarent satisfaits par le cas d'usage tel qu'il a été mis en place sur le territoire et tel qu'ils auront pu effectivement l'utiliser.

▪ Sorties :

Au-delà du bilan d'évaluation, l'objectif de ce processus est aussi de produire des recommandations d'améliorations de l'offre de mobilité proposée par le cas d'usage déployé sur le territoire, en vue d'accroître la satisfaction des usagers actuels ou futurs.

B) Pour les non usagers :

▪ Entrées :

Les entrées de ce travail proviennent des études sociologiques menées sur les deux territoires, auprès des non-utilisateurs et riverains de la navette.

▪ Description du travail :

Le travail consiste à tirer les enseignements de l'enquête menée dans le cadre du livrable 4.7.4. Cette enquête, portant sur chacun des 2 territoires, vise à évaluer les perceptions et appréhensions suscitées par la navette autonome du point de vue des personnes qui fréquentent son espace de circulation, mais ne l'utilisent pas (piétons, cyclistes, riverains, salariés de la zone d'activité...).

▪ Sorties :

Il s'est ainsi agi, conformément aux objectifs fixés dans le livrable méthodologique L.1.3.2, de comprendre les raisons de leur non-usage (réticences ou simple absence de besoin), ainsi que de saisir leur perception de l'impact de la navette autonome sur le milieu fréquenté et plus globalement sur l'image du territoire.

Exemples d'application :

A) Pour les usagers et les non-usagers :

Dans le cadre du projet ENA, les collectes d'évaluation ont été réalisées dans la Tâche 4.7 (méthodes décrites dans le Kit de déploiement 5.5.2) tout en s'inscrivant dans le continuum méthodologique (défini en 3.1.3) visant à recueillir des données homogènes :

- 1) En amont du déploiement de l'offre de mobilité reposant sur les NA**, au moyen d'une enquête d'acceptabilité sociétale réalisée auprès d'un échantillon représentatif de la population française (afin de disposer de résultats généralisables), enrichi par des enquêtes auprès des usagers potentiels sur chaque territoire pendant le projet (reposant sur le même questionnaire), elles-mêmes complétées par des groupes de discussion locaux pour l'identification des besoins et des attentes a priori de ces derniers.
- 2) Durant l'exploitation du cas d'usage sur le territoire** (lors des « évaluations de suivi ») auprès d'utilisateurs effectifs des NA, au moyen d'enquêtes d'acceptation et de satisfaction réalisées immédiatement à l'issue de l'expérience d'utilisation (auto-administrée ou réalisée par un enquêteur). Les travaux réalisés dans la Tâche 4.7 ont notamment permis d'étudier l'acceptation des NA après usage, ainsi que d'évaluer le niveau de satisfaction des usagers envers ce nouveau mode de transport, au regard de l'expérience vécue et de leurs besoins personnels en matière de mobilité. Et les travaux réalisés dans la Tâche 4.7 ont permis de rendre compte des motifs de non-utilisation, de la perception de la navette sur la circulation, et de la perception globale du projet sur chacun des territoires concernés.
- 3) En aval du déploiement du cas d'usage**, dans le cadre des Tâches 5.1 et 5.2, pour réaliser un bilan des évaluations d'acceptabilité/acceptation des NA, ainsi que pour procéder à un retour d'expérience sur l'ensemble des méthodes et des outils conçus et déployés durant le projet ENA afin d'en évaluer les apports et les limites respectives.

Points d'attention particuliers :

A) Pour les usagers :

La réalisation d'enquêtes d'acceptation et de satisfaction sur le territoire, notamment lorsqu'elles doivent être réalisées immédiatement au sortir des navettes, nécessite de recourir à des versions plus ou moins détaillées des questionnaires, afin de s'adapter en fonction du temps dont disposera l'utilisateur pour y répondre. Dans le cadre d'ENA, des enquêtes de satisfaction auto-administrées sur smartphone, d'une durée de quelques minutes seulement, étaient proposées à l'ensemble des usagers, mais il a été nécessaire de recourir à des collectes avec un enquêteur sur le terrain pour les enquêtes d'acceptation, compte tenu du volume plus conséquent de données à collecter. Au vu de l'expérience acquise, nous avons noté que la présence d'un enquêteur augmente considérablement le taux de réponse. Pour soutenir efficacement la réalisation d'enquêtes auto-administrées, il convient de disposer de mesures incitatives et/ou de soutiens/relais sur le territoire afin d'inviter les usagers à les compléter, sans quoi le taux de réponse risque d'être très limité.

B) Pour les non usagers :

La réalisation de l'enquête auprès des non-utilisateurs a échoué sur des difficultés de recrutement de l'échantillon et de mise en œuvre de cette méthodologie par parcours commenté. En effet, bien que nous appuyant sur les collectivités locales porteuses de projet lors de la phase de circulation de la navette, nous avons dû faire face à une véritable difficulté à mobiliser les personnes pour des entretiens à proprement parler, probablement compréhensible par le lien faible que ces personnes entretiennent avec un mode de transport qui est peu ou pas utilisé. Bien que n'ayant pas l'occasion de cheminer systématiquement avec les personnes interrogées, nous avons cependant pu réaliser des entretiens et des observations, sur chacun des deux sites d'expérimentation, lors de la phase de mise en service des navettes. De ce fait, notre méthodologie d'enquête en *parcours commentés* s'est adaptée à cette nouvelle donne, réduisant les durées et la qualité des entretiens.

Ressources :

A) Pour les usagers :

Pour pouvoir procéder à des analyses d'acceptabilité/acceptation des NA, il est nécessaire de disposer d'une méthodologie reposant sur des questionnaires standardisés, afin que les données collectées puissent permettre des traitements statistiques comparatifs. Les travaux réalisés durant le projet ENA et les méthodologies développées pour l'étude de l'acceptabilité, de l'acceptation et de la satisfaction des usagers peuvent constituer, au vu de l'expérience acquise (cf. L5.2.2), une première proposition de standardisation susceptible d'être utilisée dans de futurs projets.

B) Pour les non usagers :

Compte tenu de la difficulté à recruter une population de non-utilisateurs, nous recommandons une présence forte sur les territoires, afin de faciliter la relation de confiance conduisant à l'acceptation des entretiens et parcours commentés.

Références :

A) Pour les usagers :

- Livrable 4.7.2 : « *Résultats de l'enquête d'acceptation terrain (auprès des utilisateurs de la navette), cas d'usage par cas d'usage* ».
- Livrable 5.2.1 : « *Evaluation de l'acceptabilité (avant usage) et de l'acceptation (après usage) des Navettes Autonomes* ».
- Livrable 5.2.2 : « *Retour d'expérience sur les méthodologies d'évaluation de l'acceptabilité/l'acceptation* ».

B) Pour les non usagers :

- Livrable 4.7.4 : « *La perception des navettes autonomes par les riverains : enquête sur le non-usage* ».
- Livrable 4.7.4 : « *Résultats de l'enquête qualitative auprès des autres usagers* ».

5.3.6 Bilan en terme socio-économique

Objectif :

L'objectif de ce processus est de décrire les éléments permettant de réaliser un bilan socioéconomique d'un service de navette autonome, suivant la méthodologie globale développée pour l'évaluation a priori (3.1.4) et pour l'évaluation a posteriori (5.3.3). Il s'agit de se focaliser sur les éléments relatifs à l'analyse coût-avantage (ACA) qui permet d'inclure les effets monétarisables, de les quantifier et de mesurer la rentabilité socioéconomique du projet. Les autres effets non-monétarisables sont également pris en compte, de manière quantitative ou qualitative au sein d'un tableau de bord présentant une multitude de critères (Analyse multicritère – AMC) permettant d'évaluer le projet à travers ses différents effets positifs et négatifs.

Description du processus :

▪ ***Description du travail :***

De la même manière que pour le bilan environnemental, la phase préalable à la mesure des effets et leur intégration au sein de l'analyse coût-avantage (ACA) et multicritères (AMC) consiste à vérifier les étapes de contextualisation et de cadrage et à les harmoniser si des changements ex-post ont eu lieu.

Le bilan de l'ACA se déroule en plusieurs étapes. Il s'agit d'abord d'identifier et de comparer les coûts et les recettes de chaque acteur du projet permettant ensuite de réaliser un bilan global. Une distinction est faite entre les postes liés à l'investissement (aménagement, achat des véhicules...) et les postes liés à l'exploitation (maintenance, consommation d'énergie, recette...). Ce bilan peut être réalisé sur différentes périodes (mensuelle, annuelle...) et doit couvrir l'ensemble de la durée d'évaluation.

Dans le cas d'une ACA d'un service de navette automatisée, 5 acteurs principaux sont identifiés :

- Le territoire dont les postes de coût et de dépense sont en liens avec les investissements réalisés sur l'infrastructure permettant la mise en place du projet ainsi que l'attribution de subventions à l'opérateur pour le service produit ;
- L'opérateur dont le bilan est lié à la réalisation du service, les postes identifiés peuvent être les dépenses d'investissement liées à l'achat du matériel roulant, les dépenses d'exploitation avec des coûts de supervision à distance ou bien encore la licence permettant l'automatisation du véhicule et des postes de recettes en lien avec les subventions perçues et des potentielles recettes en cas de non-gratuité de l'offre de transport ;
- Le constructeur du véhicule, qui n'est généralement pas intégré dans l'évaluation d'un mode de transport classique (avec chauffeur), doit être pris en compte dans le bilan d'une navette automatisée, car ce dernier perçoit des recettes issues de la licence et subit également des coûts liés à l'exploitation du service notamment pour la maintenance spécialisée du véhicule ainsi que pour la réalisation d'une supervision à distance ;
- L'environnement est intégré dans le bilan socioéconomique par le billet de la monétarisation d'au moins une partie du bilan issu de l'analyse en cycle de vie à partir des valeurs tutélaires ;
- L'usager supporte un coût lié à une potentielle tarification du service, mais son gain de temps est monétarisé et valorisé dans l'analyse. Il est encore difficile d'intégrer l'ensemble des effets liés à l'automatisation d'un transport collectif pour les usagers et les non-usagers du fait de l'absence de valeur tutélaire.

Ces effets devront être intégrés dans une analyse multicritère (AMC), plus qualitative, afin d'informer le décideur que les résultats obtenus peuvent être incomplets et que d'autres éléments doivent être pris en compte.

Afin de déterminer la rentabilité d'un projet grâce aux différents bilans calculés, il est nécessaire de passer par une phase d'actualisation. Cette étape se traduit par le calcul de la valeur actuelle nette (VAN) pour le bilan financier et de la valeur actuelle nette socioéconomique (VAN-SE) pour le bilan socioéconomique, permettant à l'aide d'un taux d'actualisation de ramener les résultats obtenus par le projet à une année de référence antérieure à l'année de mise en service, afin de déterminer si à cette date l'investissement réalisé pour le projet est rentable.

Il est possible de juger de la rentabilité d'un projet à partir des résultats de la VAN et de VAN-SE : si les deux résultats sont positifs alors le projet est rentable et l'investissement doit être réalisé, si la VAN est négative et la VAN-SE est positive alors le projet à un intérêt d'ordre collectif et peut-être réalisé à condition de trouver une solution pour combler le manque à gagner d'un point de vue financier. Si les deux résultats sont négatifs alors projet n'est pas rentable et ne devrait pas être réalisé. Ces résultats sont ensuite comparés par rapport à la situation de référence de manière à déterminer quel investissement est préférable. Il est à noter que le bilan socioéconomique est uniquement une aide à la prise de décision, le choix de réalisation ou non de l'investissement appartient au porteur du projet sur la base des informations obtenues.

▪ **Entrées :**

- Descriptions précises des deux situations à comparer : type de projet, investissements réalisés pour assurer la mise en place du service pour chacun des acteurs, durée de vie du projet (durée de vie du service et/ou durée de l'exploitation), données d'exploitation du projet (performance, demande, coûts, prix d'usage...), données de mobilité, externalités identifiées ;
- Résultats issus de l'évaluation environnementale pouvant être intégrés à l'analyse coût-avantage ;
- Valeurs tutélaires permettant la quantification monétaire des externalités identifiées pour les deux situations envisagées ;

- Taux d'actualisation fixé pour ramener les résultats du bilan à une valeur correspondante à une date T.
- **Sorties :**
 - Bilan financier et socioéconomique global et par acteur du projet ;
 - Tableau de bord incluant les effets non monétarisables, de moyen et long terme ;
 - Comparaison des bilans de l'évaluation a priori et a posteriori ;
 - Recommandations pour améliorer la rentabilité du projet ;
 - Recommandations pour améliorer la méthodologie de la réalisation d'un bilan socioéconomique d'un service de navette autonome.

Exemples d'application :

L'expérimentation étant très limitée dans sa durée, elle ne permet pas de réaliser une évaluation a posteriori, de mesurer l'ensemble des impacts notamment à moyen et à long terme et dresser un bilan socioéconomique d'un service de navette autonome. L'évaluation réalisée pendant les deux expérimentations de CASA et CdB relève quant à elle davantage du suivi (voir livrable 5.5.2, processus 4.1.10).

Points d'attention particuliers :

Pour le moment, il n'existe aucune exploitation d'un service de navette automatisée dans le monde, en dehors des expérimentations qui sont limitées dans le temps. Il n'est donc pas envisageable d'établir un bilan socioéconomique issu d'une évaluation a posteriori. Néanmoins, les bilans établis à partir de l'évaluation avant et pendant l'expérimentation montre le risque d'une mauvaise prise en compte des caractéristiques techniques du véhicule et de l'évolution de son niveau d'automatisation, du fait des incertitudes sur la maturation technologique et le secret industriel. La place centrale de l'industriel dans le service de navette autonome constitue la principale différence avec d'autres services de transport classiques et modifie de fait la façon d'élaborer le bilan socioéconomique d'un projet.

Ressources :

- Livrable 1.2.1 : « *Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique* ».
- Livrables groupés 5.3.1 et 5.4.1 : « *Synthèse des investigations et restitution des données* ».
- Gostner C., Ni J., Auverlot D., Delozier B., Loublie A. (2017), Guide de l'évaluation Socioéconomique des investissements publics, France Stratégie. 58 p.
- Données issues des acteurs du projet.

Références :

- Livrable 1.2.1 : « *Evaluation socioéconomique et environnementale : cadre méthodologique* ».
- Livrables groupés 5.3.1 et 5.4.1 : « *Synthèse des investigations et restitution des données* ».
- Livrables groupés 5.3.2 et 5.4.2 : « *Résultats des évaluations socioéconomiques et environnementales* ».

6 CONCLUSIONS

Le défi du projet ENA a été d'intégrer les différentes méthodologie mises en place dans le cadre de recherche dans le processus de déploiement des navettes autonomes. Cela a supposé de la part de tous les partenaires de bien comprendre les contraintes des autres.

Un grand nombre de travaux ont été fait dans le cadre de ce projet de 3 ans et demi venant de disciplines de recherche et de métiers industriel très diversifiés. L'objectif de ce document est donc de présenter une méthodologie synthétique la moins complexe possible qui permettent de présenter l'ensemble des travaux nécessaires au déploiement. Ces travaux adressent deux objectifs complémentaires

- L'un sur la définition du service et sa sécurité : il est donc particulièrement utile pour les territoires... souhaitant faire évoluer leur offre de transport
- L'autre sur la faisabilité technique et le déploiement : il est donc particulièrement utile pour les exploitants et les personnes techniques impliquées dans le déploiement

Les principaux résultats de ce projet en termes méthodologiques et de développement d'outils pouvant être réutilisés pour les déploiements ou les mises en service futures sont les suivants :

- Les méthodes d'identification des scénarios critiques :
 - MISENA : basée sur une caractérisation objective de l'infrastructure
 - Une méthode d'identification in-situ des dynamiques de la navette potentiellement problématiques vis-à-vis du déséquilibre et du risque de chute des passagers
- Les méthodes d'évaluation de l'acceptabilité/acceptation et de la satisfaction d'usage
- Les méthodes de mesure de l'impact socio-économiques et environnemental
- Les méthodes d'analyse des incidents :
 - MIDOR : permet d'identifier les données à recueillir nécessaires avant le déploiement

Cette méthodologie est une architecture en 3 phases qui a été utilisée dans le projet ENA. Elle s'applique très bien dans le cadre d'une expérimentation en site réel mais elle peut aussi être appliquée dans le cadre d'un déploiement pour une exploitation commerciale. En effet, la phase de bilan peut être réalisée périodiquement de façon plus ou moins poussée pour mesurer l'impact du service. En cas de demande de refonte importante du service, la phase de spécification du service peut également être réalisée de nouveau pour adapter le service aux nouvelles attentes.

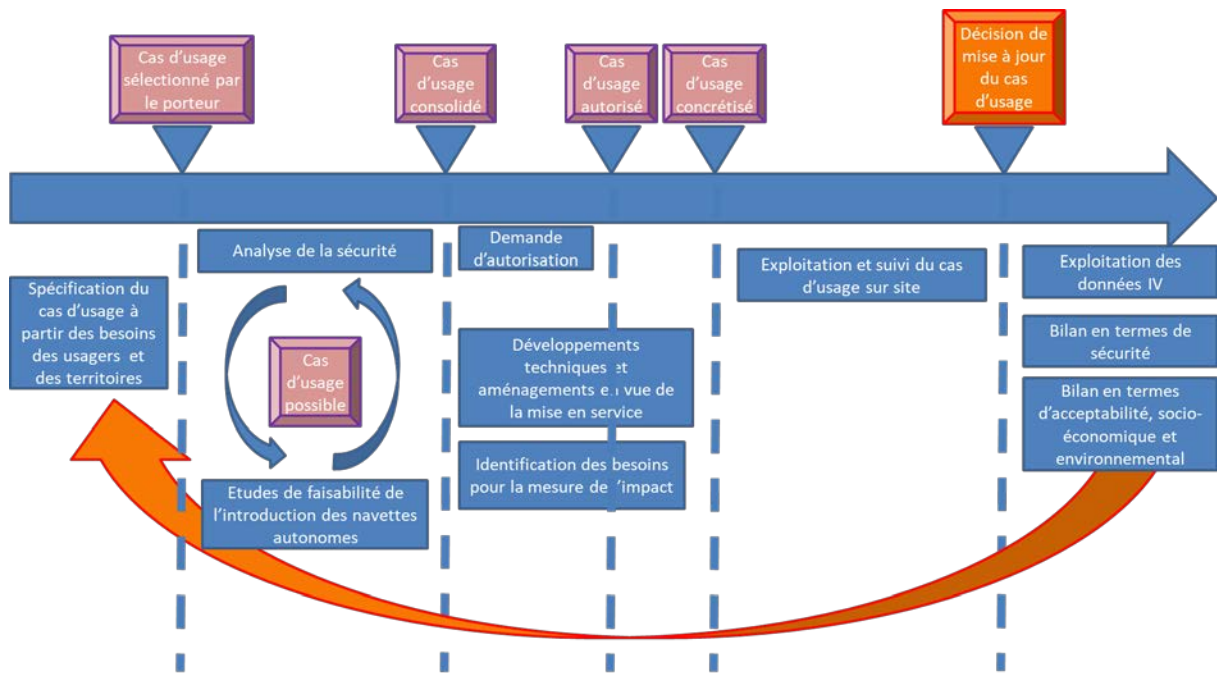


FIGURE 12 : PLANIFICATION TEMPORELLE DANS LE CADRE D'UNE EXPLOITATION COMMERCIALE



expérimentations
navettes autonomes



Tentez l'expérience