

Evaluation d'un service de transport par navette autonome à Nantes

Novembre 2019



Sommaire

1	Introduction	3
2	Présentation de l'expérimentation	3
2.1	Objectifs	3
2.2	Première expérimentation	4
2.3	Présentation de la seconde expérimentation sur route ouverte	5
3	Interactions entre la navette et les autres usagers.....	7
3.1	Recueil de données	7
3.2	Scénarios étudiés.....	8
3.3	Résultats	8
4	Acceptation de la navette	10
4.1	Méthodologie.....	10
4.2	Résultats	11
5	Conclusion	13
	Brève biographie des auteurs	14

1 Introduction

Ce papier présente l'expérimentation d'un service de transport opéré par une navette autonome, ainsi que l'évaluation des aspects de sécurité routière et d'acceptation de ce véhicule autonome. Cette expérimentation a été réalisée au printemps 2019 sur la zone aéroportuaire de Nantes-Bouguenais (Loire-Atlantique) et elle était portée par un consortium regroupant :

- Nantes Métropole, établissement public de coopération intercommunale, regroupant 24 communes de l'aire urbaine de Nantes, et qui a mis à disposition son territoire au travers de son dispositif d'accompagnement du « Nantes City Lab » ;
- La SEMITAN, société d'économie mixte qui gère par délégation de service public les réseaux de transports en commun sur l'agglomération nantaise pour le compte de Nantes Métropole ;
- EDF, Electricité de France, grand groupe industriel français qui intervient sur tous les secteurs de la production et de la distribution d'énergie électrique ;
- Charier, entreprise familiale basée dans la région nantaise et intervenant dans les domaines du génie civil et qui a mis en œuvre une solution de route photovoltaïque dans le cadre de l'expérimentation de la navette autonome ;
- Lacroix City, filiale du groupe Lacroix, ayant une expertise dans les domaines de l'équipement de la route à destination des collectivités et des exploitants (signalisation, gestion du trafic, systèmes communicants de type V2X, éclairage public) ;
- Logiroad, société basée à Rezé, proche de Nantes et éditrice de solutions logicielles pour l'exploitation des réseaux routiers ;
- ID4Car, pôle de compétitivité du Grand Ouest, spécialisé autour de la filière automobile et des mobilités.

Le consortium a choisi de tester une navette autonome Navya Arma, mise à disposition par le constructeur lyonnais Navya en partenariat avec la société d'investissement NéoT Capital dans une offre de service clés en main pour les collectivités (incluant le véhicule, un contrat d'entretien, une garantie d'assurance et une supervision). Cette navette est 100% électrique et peut accueillir onze passagers assis (et potentiellement 4 debout même s'il s'est avéré nécessaire que les passagers soient ceinturés lors des déplacements de la navette). Elle fonctionne en autonomie grâce à une série de capteurs, comme des Lidars (six lidars 180° monocouche, deux lidars 360° multicouches), des caméras (avant et arrière) une centrale inertielle pour l'odométrie et une antenne de géo-positionnement GPS RTK d'une précision centimétrique.

L'évaluation réalisée par le Cerema pour le compte de Nantes Métropole, a été en partie financée dans le cadre du projet européen H2020 « mySMARTLife », la métropole de Nantes étant l'un des trois territoires démonstrateurs, au même titre que les villes d'Helsinki (Finlande) et d'Hambourg (Allemagne).

2 Présentation de l'expérimentation

2.1 Objectifs

En France, les pouvoirs publics encouragent les expérimentations de véhicules autonomes afin d'appréhender ces nouveaux objets car les retours d'expérience sont aujourd'hui peu nombreux. Pour les collectivités locales et les opérateurs de transport, les objectifs d'une telle expérimentation sont multiples :

- Se familiariser avec ces véhicules innovants par leur utilisation expérimentale ;
- Identifier les avantages et les limites pour définir leurs domaines d'utilisation ;
- Connaître la perception que peuvent en avoir les voyageurs ;

- Analyser les interactions entre le véhicule autonome et les autres usagers, et identifier leurs impacts en matière de sécurité routière ;
- Tester l'acceptabilité et l'acceptation sociale de tels véhicules.

Pour Nantes Métropole et la SEMITAN, l'enjeu était également de comprendre comment ces objets innovants peuvent être intégrés dans une politique de mobilité. Outre la navette autonome, le consortium a souhaité expérimenter du matériel innovant comme la détection automatique de passagers aux arrêts par caméra ainsi qu'une portion de route photovoltaïque permettant d'assurer l'autonomie énergétique de la navette.

L'expérimentation nécessite un accord préalable de la part du Ministère en charge des Transports conjointement avec le Ministère de l'Intérieur. Parmi les prérequis, il est demandé qu'un opérateur, situé à bord du véhicule ou exporté de celui-ci, puisse prendre la main à tout moment sur le fonctionnement de la navette. Dans le cas de la navette Navya testée à Nantes, un opérateur de la SEMITAN était toujours présent à bord. Outre les aspects de contrôle de la conduite, cette personne avait pour fonction l'accueil des passagers ainsi que le renseignement d'une main courante, à l'aide d'un registre de bord où étaient consignés les éventuels dysfonctionnements.

2.2 Première expérimentation

Dans un premier temps, la navette a été déployée entre le 1^{er} et le 30 juin 2018 sur les quais de la Loire, à Nantes. La navette faisait la liaison entre l'arrêt de transport en commun « Gare Maritime » (station de tramway, arrêts de bus) et la Carrière Miséry où se déroulait un événement « Complètement Nantes » accueillant de nombreux visiteurs. Elle fonctionnait du mardi au dimanche, sur les plages horaires 11h-13h et 14h-18h. La navette circulait sur un itinéraire de 660 mètres (soit 1,3 km aller-retour) séparé de la circulation générale (voir Figure 1) mais partagé avec les piétons et les cyclistes. Egalement, la navette empruntait une section du parking appartenant au siège du Grand Port maritime de Nantes - Saint Nazaire où elle pouvait rencontrer d'autres véhicules.

Cette première expérimentation avait pour objectif de comprendre le fonctionnement de la navette et d'assembler les différentes briques de l'expérimentation (route photovoltaïque, navette, dispositions de communication V2X avec une barrière automatique) tout en maîtrisant la complexité de l'environnement.



Figure 1: plan et photo de la première expérimentation à Nantes en juin 2018 (photo de droite : (c) Charier)

Ce premier déploiement a été une réussite : sur les 26 jours de fonctionnement de la navette, 1029 voyages ont été effectués pour une distance totale de 934 km parcourus et 5255 voyageurs transportés, dont une journée avec plus de 800 passagers.

La vitesse moyenne de circulation de la navette était de près de 10 km/h avec une vitesse maximale de 12,5 km/h.

D'un point de vue énergétique, la consommation moyenne était de 0,5 kWh/km, soit une consommation globale sur la durée de test d'environ 470 kWh.

D'un point de vue sécurité routière, aucun incident n'est intervenu. Les interactions avec les autres usagers se sont bien déroulées, y compris avec les automobilistes sur la portion commune du parking du siège du Grand Port de Nantes – Saint-Nazaire. Seuls quelques cyclistes n'ont pas respecté les itinéraires de déviation et se sont retrouvés face à la navette qui s'est automatiquement immobilisée. Il est à noter qu'à plusieurs reprises, la navette a opéré des freinages d'urgence à cause de présence d'animaux (pigeon, chien) ainsi qu'en raison d'un morceau de carton déplacé par le vent. Egalement, des arrêts d'exploitation ont eu lieu certains jours à cause de conditions météorologiques extrêmes, notamment de fortes pluies.

L'acceptation du public n'a pas été évaluée mais les opérateurs à bord ont relevé des retours très positifs sur l'expérimentation et leur expérience de déplacement. De leur côté, les cinq opérateurs, tous agents de la SEMITAN et ayant spécialement reçu une formation de la part de Navya, ont également eu un retour positif de la manipulation de la navette et de leurs interactions avec les voyageurs.

2.3 Présentation de la seconde expérimentation sur route ouverte

Dans le cadre de la seconde expérimentation, le cas d'usage retenu était la desserte d'un restaurant inter-entreprises et du Technocampus Océan de Bouguenais, entre mars et mai 2019. La navette réalisait une boucle de 2,5 km sur route ouverte à la circulation générale, pendant la pause méridienne, du lundi au vendredi. Elle rencontrait successivement des traversées piétonnes, trois giratoires, un carrefour à feu et la fin d'une voie verte. Elle desservait au total trois arrêts pour prendre ou déposer des passagers (voir Figure 2). Il est intéressant de noter que cette zone soutient un important trafic poids lourds.

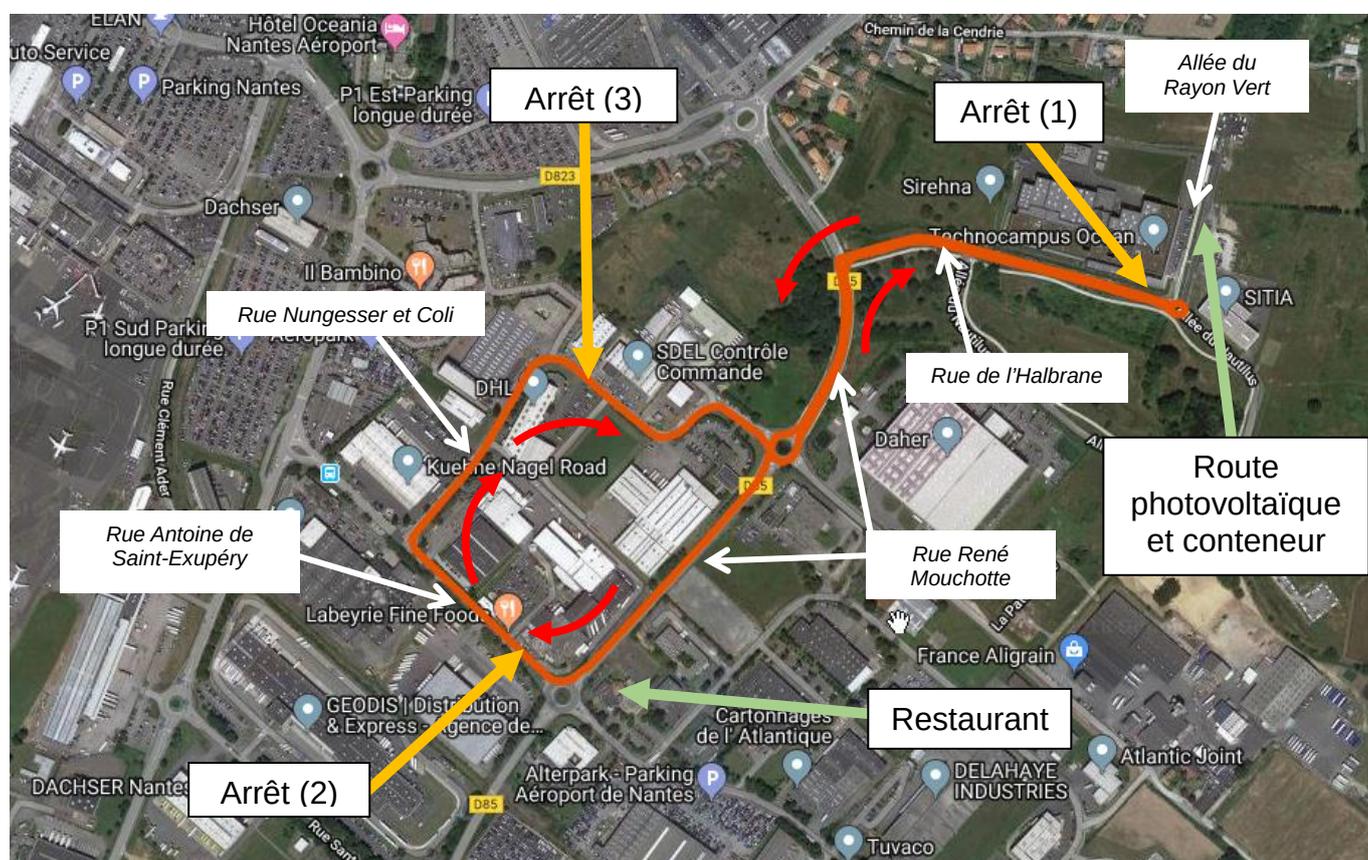


Figure 2: itinéraire de la navette sur le site aéroportuaire de Bouguenais

L'enjeu de cette expérimentation était d'évaluer le comportement de la navette en circulation générale, en présence d'autres usagers dont des véhicules légers (VL), des Poids Lourds (PL), des cyclistes et des piétons. Il était aussi intéressant d'évaluer l'acceptation sociétale de ce type de véhicules, notamment par les autres usagers de la voie.

Suite à la première expérimentation, une attention particulière était portée par Nantes Métropole quant à l'augmentation de la vitesse de circulation de la navette. Une vitesse maximale de 25 km/h était ainsi visée, soit le double de la vitesse maximale atteinte lors du premier test de la navette. Ainsi, des profils de vitesse par tronçon avaient été définis sur l'itinéraire (voir Figure 3) et une demande a été adressée au constructeur Navya, afin qu'il puisse paramétrer l'algorithme du véhicule en conséquences. Suite à la phase de marche à blanc début février 2019, ces vitesses ont été réduites afin d'assurer un arrêt d'urgence satisfaisant aux exigences de sécurité. La vitesse maximale de la navette a été fixée à 18 km/h.

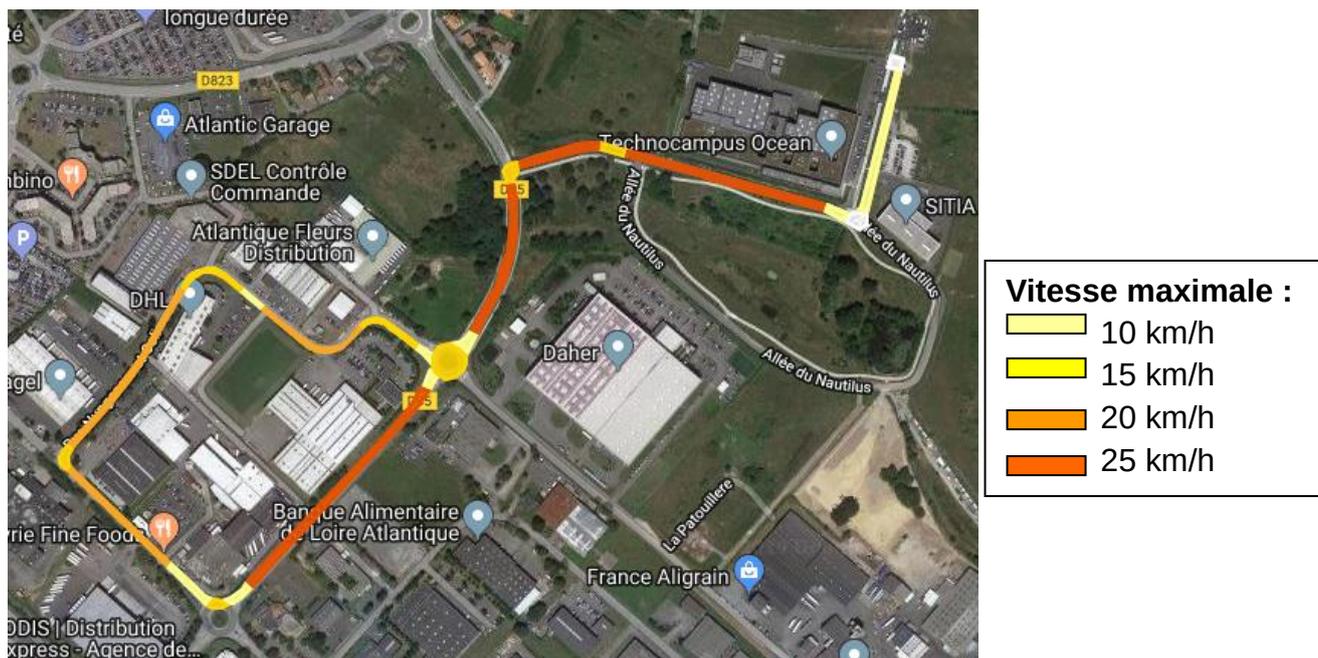


Figure 3: profils de vitesse de la navette autonome (Source: SEMITAN)

Afin de permettre que l'expérimentation se déroule en toute sécurité, divers aménagements de la voirie ont été nécessaires, certains ayant été décidés suite à la période de marche à blanc de la navette :

- Un abaissement de la vitesse maximale autorisée sur la zone, passant de 50 km/h à 30 km/h afin de limiter le différentiel de vitesses entre la navette et les autres automobilistes ;
- L'implantation de feux de signalisation tricolore au carrefour en « T » entre la rue René Mouchotte et la rue de l'Halbrane ;
- La reprise de la signalisation horizontale, notamment pour instaurer une ligne blanche discontinue sur la rue de l'Halbrane et sur la rue Nungesser et Coli et une ligne blanche continue sur la rue René Mouchotte afin d'y empêcher les dépassements ;
- L'installation de trente-cinq kakémonos rectangulaires afin de faciliter le positionnement de la navette le long de son itinéraire lorsque les surfaces bâties sont trop éloignées de la voirie ;
- L'installation de potelets en bois permettant de neutraliser le stationnement gênant en bord de voirie (notamment sur la rue Nungesser et Coli) car pouvant bloquer la circulation de la navette ;
- L'élagage de la végétation en bord de voirie ;
- La pose de panneaux de signalisation en entrée et en sortie de la zone expérimentale pour

informer les usagers de la présence de la navette.

Les cinq opérateurs de la SEMITAN mobilisés lors de la première expérimentation étaient également impliqués dans cette seconde phase de test.

3 Interactions entre la navette et les autres usagers

Le volet sécurité routière s'appuie sur des enregistrements vidéo (objectivation des interactions usagers-navette) de plusieurs points clés de l'itinéraire de la navette, complétés par un questionnaire (subjectivations des interactions). L'objectif de ce volet est d'identifier, de caractériser et d'évaluer les éventuels comportements à risque et situations critiques de manière objective. Le questionnaire amenant des éléments subjectifs de ces éventuels comportements à risque (i.e. le sentiment de sécurité ou l'insécurité des usagers lors de leur interaction avec la navette).

3.1 Recueil de données

Le site aéroportuaire de Bouguenais a été équipé de caméras en quatre points d'observations, sur deux zones de recueil, afin de recueillir des données vidéos d'emplacements stratégiques à fort potentiel d'interactions entre la navette autonome et les autres usagers de la voirie. Les caméras ont été positionnées de sorte qu'un maximum de situations différentes, dans des objets routiers distincts, et dans des contextes variés, soient constatés (voir Figure 4) :

- Une première caméra (C1) filmait au carrefour giratoire, entre la D85 et la rue Antoine de Saint-Exupéry ;
- La deuxième caméra (C2) enregistrait la rue René Mouchotte, ligne droite équipée d'une ligne blanche continue ;
- La troisième caméra (C3) était positionnée au carrefour en « T » entre la D85 et la rue de l'Halbrane, régulé par un feu tricolore ;
- La quatrième caméra (C4) s'intéressait à la rue de l'Halbrane, ligne droite équipée d'une ligne blanche discontinue.

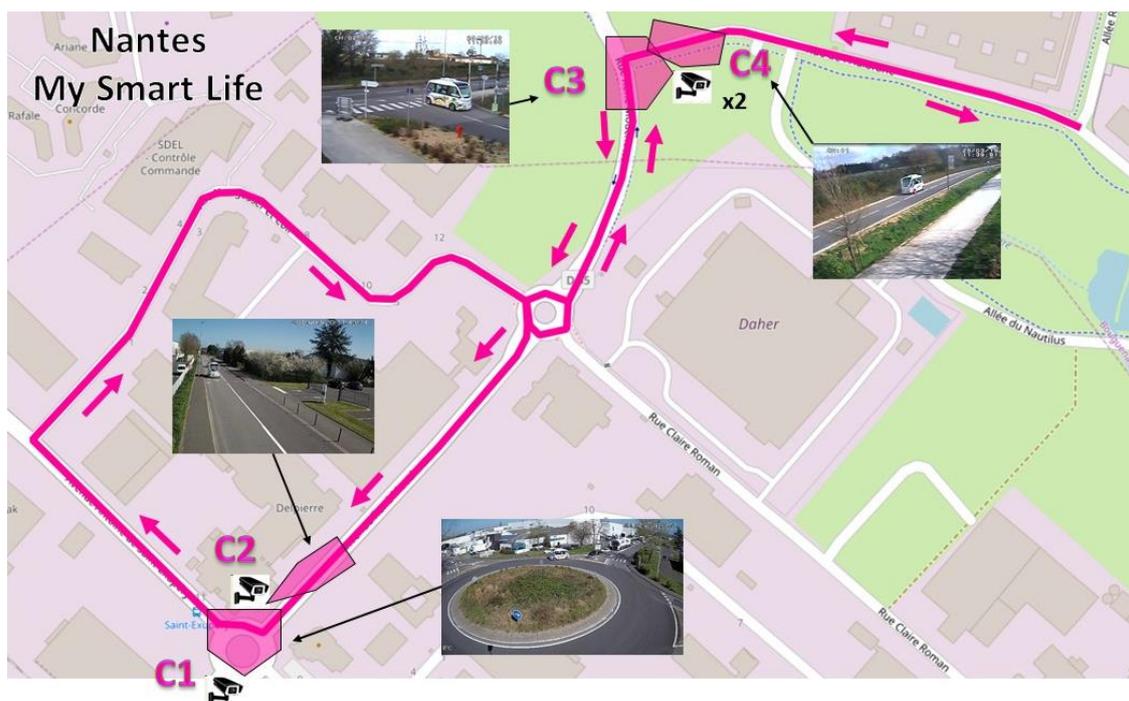


Figure 4: plan d'installation des caméras en bord de voie

L'observation vidéo a été mise en œuvre du 25 mars au 2 mai, jours ouvrés uniquement. Ce qui correspond à 30 jours ouvrés de prise vidéo, sur une plage horaire quotidienne de 9 heures à 15 heures, sur 4 caméras en simultané. En somme, 180 heures de prise vidéo ont été opérées sur 4 caméras, ce qui représente au total 720 heures enregistrées. En revanche, la navette autonome a circulé que 23 jours sur les 30 enregistrés, et n'effectue son premier passage qu'aux environs de 10 heures. La navette a effectué environ 230 boucles sur 23 jours, ce qui fait en moyenne 10 boucles par jour.

3.2 Scénarios étudiés

Dans un temps préliminaire, des situations typiques et récurrentes d'interactions entre la navette autonome et d'autres usagers de la zone ont été constatées par simple observations sur site. Nous avons choisi de poser l'hypothèse que certains scénarios ont des fréquences d'apparition élevées. Les scénarios que nous avons distingués sont les suivants :

- La navette autonome crée une accumulation de véhicules derrière elle : nous supposons que la faible vitesse de la navette autonome engendre un ralentissement global du trafic, et que la situation où plusieurs véhicules (au moins deux) se retrouvent bloqués à la même vitesse sans dépasser, s'observe fréquemment.
- Les véhicules derrière la navette autonome adaptent leur vitesse à celle de la navette : nous émettons l'hypothèse que les autres véhicules sont « contraints » d'adapter leur vitesse à celle de la navette autonome lorsqu'ils arrivent derrière elle. C'est-à-dire qu'ils sont forcés de ralentir pour ne pas entrer en collision avec la navette ou les autres véhicules qui la suivent.
- La navette autonome se fait dépasser : les situations où la navette autonome se fait dépasser par d'autres véhicules, lorsque la signalisation et l'infrastructure le permet, ou non, sont nombreuses.
- La navette autonome freine brusquement suite à un dépassement : nous présumons que les situations où la navette autonome est amenée à freiner brusquement après avoir été dépassée par un autre usager sont nombreuses. Nous supposons également que ces freinages brusques sont engendrés par les véhicules qui se rabattent trop près de la navette autonome.
- La navette autonome freine ou ralentit brusquement, les véhicules derrière doivent s'adapter : nous avons fait l'hypothèse que les situations où un freinage ou un ralentissement soudain de la navette autonome obligeant les autres usagers à adapter en urgence leur comportement sont fréquentes.

3.3 Résultats

L'intégralité des vidéos a été dépouillée manuellement pour répertorier des interactions entre la navette autonome et les autres usagers de la voirie. Un total de 1297 interactions a été répertorié sur l'ensemble des prises vidéos des 4 caméras. La navette autonome est impliquée dans une moyenne d'environ 56 interactions par jour. Les observations ont aussi révélé 73 situations où seule la navette était concernée : cela couvre les cas où la navette freinait par à-coups ou s'arrêtait sans raisons apparentes.

Nous avons observé principalement des interactions impliquant des véhicules légers en tant qu'antagoniste. Dans une moindre mesure, nous observons aussi des interactions avec des poids lourds ou des transports en commun. Cela s'explique sûrement du fait que l'expérimentation ait lieu dans une zone industrielle où un grand nombre d'activités de fret s'opère. Une faible part des modes actifs (piétons et vélos) et de deux roues motorisés, est à noter. Cela interroge sur des éventuelles stratégies d'évitement de la navette par ces usagers vulnérables.

Tableau 1: répartition des situations d'interactions avec le véhicule autonome (VA) par type d'aménagement routier

Interactions	Accumulation derrière le VA	Dépassement du VA	Ralentissement du VA	Arrêt brusque du VA	Le VA coupe la route à un usager	Autre	Total par objet routier
Rond Point - Entrée	124	4	25	57	4	7	221
Rond Point - Dans	0	0	2	0	2	0	4
Rond Point - Sortie	25	393	7	4	0	8	437
Carrefour à Feu - TàD	78	5	5	7	2	2	99
Carrefour à Feu - TàG	12	0	12	1	0	1	26
Ligne Droite - Cont	185	132	6	23	0	5	351
Ligne Droite - Discont	90	47	15	2	0	3	159
Total par situation	514	581	72	94	8	26	1297

Nous pouvons conclure cette étude en répondant à plusieurs des hypothèses qui avaient été fixées par lors du visionnage préliminaire des vidéos. Des scénarios spécifiques s'observent régulièrement (voir Tableau 1). Cela a également été confirmé par l'exploitation des questionnaires. Les chiffres sont donnés en pourcentage du nombre total des cas d'interactions.

- **La navette autonome crée une accumulation de véhicules derrière elle.** (40% du total)

La navette autonome est en effet source d'un ralentissement global du trafic, et empêche sa fluidité. Sa faible vitesse provoque une accumulation de véhicules derrière elle, qui ne peuvent pas, ou rarement la dépasser du fait des objets routiers. De fréquentes accumulations de véhicules derrière la navette autonome ont été notées, et les données d'observations relevées permettent de confirmer cette hypothèse.

- **Les véhicules derrière la navette autonome adaptent leur vitesse à elle.** (46% du total)

La faible vitesse de la navette autonome, et les objets routiers qui ne permet pas toujours de dépasser, forcent les véhicules qui arrivent à rester derrière tout en adaptant leur vitesse. La navette autonome cadence la vitesse globale du trafic, et crée de l'engorgement aux intersections. Les données d'observations relevées permettent de confirmer cette hypothèse.

- **La navette autonome se fait dépasser.** (45% du total)

La faible vitesse de la navette autonome pousse les véhicules qui suivent à la dépasser. Mais cela ne se vérifie pas dans la majorité des cas. La plupart du temps, les véhicules qui suivent n'ont pas la possibilité de dépasser, créant des accumulations. En revanche, dans des endroits où l'infrastructure le permet, comme dans des lignes droites, les véhicules ont tendance à dépasser la navette autonome, avec ou sans ligne blanche continue. L'hypothèse se vérifie donc grâce aux données d'observations relevées, mais dépend de la variable infrastructure. L'agacement des autres conducteurs (VL et PL) est ressorti également des réponses au questionnaire. Cet agacement est à la fois dû à la faible vitesse de la navette, à la difficulté de la dépasser (marquage axial) et à un sentiment de perte de temps.

- **La navette autonome freine brusquement suite à un dépassement.** (5% du total)

Dans les cas où la navette autonome se fait doubler, il arrive que les véhicules qui dépassent se rabattent trop près d'elle, faisant qu'elle freine brusquement. Dans d'autres cas, les véhicules se rabattent assez loin, et dans ces cas-là, la navette ne fait que ralentir, ou conserve sa vitesse. Néanmoins, dans la grande majorité des cas où la navette autonome se fait dépasser, les véhicules se rabattent trop près, et cela engendre fréquemment des arrêts brusques. Les

données d'observations relevées permettent de vérifier l'hypothèse.

- **La navette autonome freine ou ralentit brusquement, les véhicules derrière s'adaptent.** (6% du total)

De manière globale, les véhicules qui suivent la navette autonome adaptent directement leur comportement à elle. Dans certains cas lorsqu'ils le peuvent, les véhicules qui suivent la doublent, mais le plus souvent, les véhicules se contentent d'adapter leur vitesse, et d'anticiper par excès de prudence des actions potentiellement gênantes de la navette. Il est donc peu fréquent que les véhicules qui suivent adaptent en urgence leur vitesse, ils ont au contraire anticipé leur adaptation en amont, soit en ralentissant directement, soit en dépassant sans même adapter leur vitesse. Cela peut peut-être s'expliquer par l'apparence peu conventionnelle de la navette, qui montre aux usagers que celle-ci représente un objet non habituel, potentiellement imprévisible, dont ils se méfient. Cette hypothèse se vérifie, mais pas complètement, ceci grâce aux données d'observations relevées, ainsi que par les réponses aux questions ouvertes du questionnaire.

Les observations faisaient ressortir un faible nombre d'interactions entre la navette autonome et les piétons. Cela nous conduit à émettre l'hypothèse que **les piétons évitent d'entrer en interaction avec la navette**. Cette dernière hypothèse n'a pas pu être vérifiée au moyen des enregistrements vidéos mais est clairement ressortie des réponses faites au questionnaire. Les piétons expriment leur inquiétude du fait qu'ils ne sont pas certains d'avoir été correctement détectés par la navette. Les piétons se montrent beaucoup plus vigilants, attentifs et prudents à l'approche de la navette. Cela révèle une question de confiance vis-à-vis de cet objet nouveau.

4 Acceptation de la navette

4.1 Méthodologie

L'opinion des usagers a été recueillie par le biais d'une question ouverte, à laquelle les répondants ont répondu par écrit, auprès de 64 usagers ou non de la navette. Les réponses fournies à cette question nous ont permis de construire un questionnaire qui a été diffusé aux entreprises du Technocampus Océan et aux passagers de la navette ayant accepté de communiquer leurs adresses électroniques.

Les dimensions étudiées reprennent celles de la revue de littérature présentée précédemment :

- Le temps gagné comparativement au mode de déplacement utilisé habituellement,
- Le sentiment de sécurité,
- Le nombre de places dans la navette,
- Sa fiabilité,
- Sa vitesse de déplacement,
- Son impact sur le trafic,
- Son utilité (son impact sur la sécurité sur la route en limitant les erreurs humaines),
- L'intérêt d'avoir un opérateur de bord ou le sentiment de sécurité qui en résulte éventuellement,
- L'utilisation de la navette par l'entourage professionnel...

Pour chacun des items, les répondants devaient se positionner sur une échelle en 7 point allant de -3, pas du tout d'accord ou favorable ; à +3 tout à fait favorable ou d'accord selon les items (le questionnaire est en annexe).

Au total, 85 personnes ont participé à notre enquête en ligne d'avril à juin 2019, 25 qui n'ont pas pris la navette (les « non-usagers ») et 60 qui l'ont prise (les « usagers »).

4.2 Résultats

Les usagers n'utilisent qu'occasionnellement la navette autonome. En somme, la mise en place de la navette n'a modifié que modérément les habitudes de déplacement des répondants. Les avantages perçus (voir Figure 5) sont essentiellement le fait qu'elle soit fiable, silencieuse et la présence d'un opérateur de bord sécurise bien qu'il ne soit pas jugé comme indispensable par les répondants. La navette est perçue comme ludique et a joué un rôle informatif sur ce qu'est un véhicule autonome.

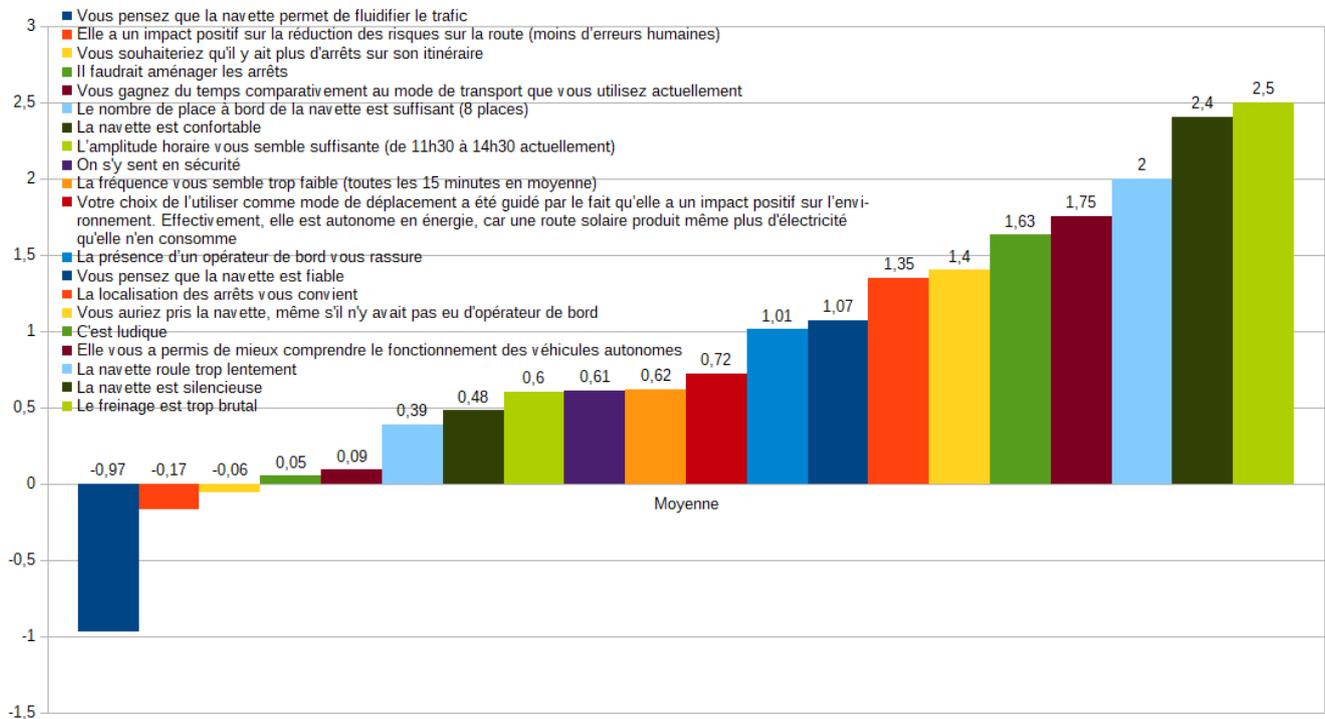


Figure 5: attitude des utilisateurs de la navette autonome ; moyenne des réponses fournies par item (échelle en 7 points : -3 pas du tout d'accord à +3 tout à fait d'accord)

Les non-usagers de la navette avancent comme argument pour leur non-utilisation (voir Figure 6) que le temps de déplacement avec la navette est plus long qu'avec leur mode de déplacement habituel donc qu'elle roule trop lentement. Toutefois, ils la trouvent silencieuse.

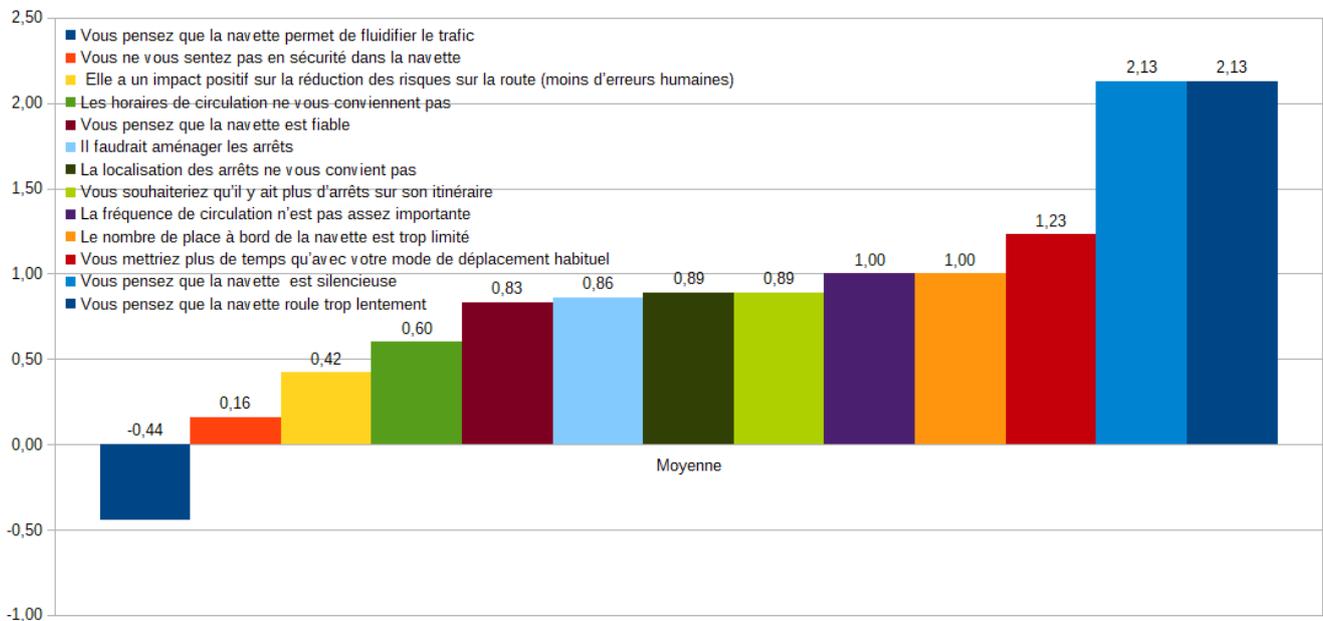


Figure 6 : attitude des non-utilisateurs de la navette autonome ; moyenne des réponses fournies par item (échelle en 7 points : -3 pas du tout d'accord à +3 tout à fait d'accord)

Lorsque l'on compare les deux sous-populations de répondants, on s'aperçoit que les répondants usagers de la navette ont une opinion plus favorable de la navette que ceux ne l'ayant pas utilisée ; toutefois cet écart n'est pas statistiquement significatif.

Cette différence se confirme sur les items suivants. Ainsi, les usagers de la navette, comparativement aux non-usagers, sont plus favorables avec l'idée qu'elle leur fait gagner du temps comparativement à leur mode de déplacement habituel, que l'on y sent en sécurité, que l'amplitude horaire est suffisante et le nombre de place est suffisant. On notera également l'importance de l'influence sociale, en somme du comportement des « proches ». Ainsi, les usagers favorables à la mesure sont plus nombreux à déclarer que leurs collègues ont déjà pris la navette.

L'impact de la navette sur la sécurité routière ne ressort pas de l'analyse, la comparaison entre les deux catégories de répondants n'est pas significative. Toutefois, les répondants considèrent dans une faible mesure que la navette puisse avoir un impact sur les risques sur la route, les scores sont négatifs mais restent compris entre -1 et 0 sur une échelle allant de -3 à +3.

Le fait d'être un usager de la navette n'a pas d'incidence sur l'opinion concernant les véhicules autonomes comparativement aux non-usagers. De même, cela ne joue pas sur l'attitude vis-à-vis des caméras orientées vers les arrêts de bus, aussi bien concernant le fait de se sentir surveillé ou sécurisé par ce type de dispositif. Là aussi, les scores moyens restent relativement neutres avec un score compris entre 0 et +1.

La principale limite de cette étude est que nous n'avons pas de données concernant la phase « acceptabilité » soit avant l'utilisation de la navette autonome pour les usagers de la navette. La difficulté qui en découle est que nous ne savons pas si les différences observées entre les usagers et les non-usagers sont dues au fait d'avoir été ou non un usager de la navette, en somme est-ce que le fait d'être monté dans la navette a modifié leurs opinions ? L'autre explication pourrait être qu'à la base, les usagers de la navette ont une attitude plus positive sur les items étudiés, ce qui pourrait les avoir amenés à utiliser ce mode de déplacement.

Il est intéressant de noter qu'aucun des répondants n'utilise habituellement les transports en commun. L'avis de cette catégorie d'usagers serait intéressant car ils ont déjà accepté de déléguer la tâche de conduire à une autre personne. Seraient-ils plus favorables aux véhicules autonomes ?

5 Conclusion

Concernant la fréquentation, 847 voyageurs ont utilisé la navette pendant sa période de fonctionnement. Cela est plus faible que lors de la première expérimentation mais le cas d'usage étant différent, il faut relativiser ce chiffre. Par exemple, le public concerné étant le personnel des entreprises locales, pour la plupart travaillant dans l'innovation, l'effet de curiosité s'est avéré moins important.

Le bilan de cette expérimentation en environnement ouvert est globalement positif, notamment en ce qui concerne le franchissement des intersections, que ce soit dans les giratoires ou dans le carrefour géré par feux tricolores. Aucun incident n'affectant la sécurité routière n'a été relevé. Aucune chute n'a été recensée mais il s'est avéré pertinent d'obliger les passagers à être assis avec leur ceinture de sécurité en raison des freinages brusques de la navette à différentes occasions. Ainsi, les opérateurs à bord ont relevé dans le registre de bord :

- 129 arrêts brusques liés au dépassement de la navette par un autre véhicule, y compris sur des sections où les dépassements étaient interdits ;
- 73 arrêts de la navette sans raison apparente ;
- 8 problématiques de véhicules en mauvais stationnement entraînant la reprise de la conduite en mode manuel.

Parmi les inconvénients actuels de la navette autonome, la faible vitesse de celle-ci semble être la plus préjudiciable. Cela entraîne un agacement de la part des autres usagers de la voie qui, pour certains, cherchent à la dépasser même en ne respectant pas la signalisation.

Il est légitime de s'interroger sur la capacité de la navette à s'insérer dans un environnement routier supportant un plus fort trafic, notamment sur des intersections (giratoires) ayant une plus forte densité de circulation ou ayant un rayon important favorisant des vitesses plus élevées à l'intérieur de l'anneau.

Dans le cadre de l'appel à projet EVRA, une nouvelle expérimentation de navettes autonomes baptisée « NavWay » est d'ores et déjà programmée sur le territoire de Nantes Métropole afin de tester d'autres matériels et d'autres cas d'usage. Il est ainsi prévu de relier l'aéroport Nantes Atlantique au terminus « Neustrie » du tramway.

Brève biographie des auteurs



Guillaume COSTESEQUE – Cerema Ouest – guillaume.costeseque@cerema.fr

Ingénieur de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat depuis 2011 et docteur de l'Université Paris-Est depuis 2014.

Chargé d'études en optimisation de trafic et systèmes de transport intelligents.

Après avoir passé 4 ans en tant que chercheur postdoctoral au centre Inria Sophia-Antipolis Méditerranée sur les sujets de la modélisation, de la simulation et de l'optimisation du trafic routier, Guillaume a rejoint le Cerema Ouest en septembre 2018. Ses champs d'activité couvrent principalement des missions d'assistance et d'expertise pour l'évaluation de projets de gestion innovante du trafic routier.



Marie-Amélie HORVATH – Cerema Ouest – marie-amelie.horvath@cerema.fr

Ingénieur sur titre des Travaux Publics de l'État depuis 2002

Directrice de projets en Systèmes de Transports Intelligents, Chef du groupe Sécurité et Optimisation des Déplacements

Marie-Amélie Horvath a évolué depuis des fonctions techniques liées aux systèmes télécoms, à l'exploitation de la route, à la modélisation du trafic routier vers des fonctions de coordination et « d'ensemblier » d'études complexes dans le domaine des projets d'infrastructures et de problématiques transport et de systèmes de transports intelligents.

Après avoir dirigé le service Connaissance du Trafic et Accidentologie au Cerema Méditerranée entre 2011 et 2014, elle rejoint le Cerema Ouest où elle devient responsable du groupe Exploitation au Cerema Ouest en janvier 2016 puis responsable du groupe Sécurité et Optimisation des Déplacements en 2018. Elle pilote des projets innovants ou des expérimentations dans le domaine des ITS et de partage de la voirie.



Peggy SUBIRATS est responsable du groupe Exploitation, Simulation et Métrologie du trafic au sein de la Direction territoriale Normandie-Centre du Cerema. Elle était auparavant responsable de l'Unité Métrologie du Trafic et des Trajectoires. Son domaine d'activité concerne l'analyse du système « Véhicule/Infrastructure/Conducteur ». Elle coordonne des projets complexes et innovants dans le domaine de la mobilité et des ITS.



Chloé EYSSARTIER – Cerema Ouest – chloe.eyssartier@cerema.fr

Docteur en psychologie sociale

Chargée de recherche en sécurité routière

Depuis son arrivée au Cerema, les travaux de recherche de Chloé Eyssartier portent essentiellement sur l'acceptabilité des politiques publiques de sécurité routière et le comportement des usagers de la route principalement deux-roues-motorisés.



Nicolas De RUS – Cerema Normandie Centre – nicolas.de-rus@cerema.fr

Titulaire d'un Master de Recherche en Economie : Economie de l'Environnement, de l'Energie et du Transport, mention Transport, Réseaux et Territoires, co-développé par l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat et le Laboratoire Aménagement Economie Transport, à Lyon en 2018.

Chef de Projet – Evaluation Véhicule Autonome au sein du Cerema Normandie Centre depuis début 2019, dans le Département Infrastructures de Transport Multimodales, Nicolas de Rus intervient sur toutes les thématiques concernant de près ou de loin les véhicules autonomes, sur les domaines de la socio-économie et de la sécurité routière.



Azzedine CHABANI est Chargé d'études au sein du groupe Exploitation, Simulation et Métrologie du trafic de la Direction territoriale Normandie-Centre du Cerema. Il était jusqu'en avril 2014 technicien au laboratoire des ponts et chaussées de Rouen au sein du Cerema.



Gilles FARGE – Nantes Métropole – gilles.farge@nantesmetropole.fr

Ingénieur des Mines de Nancy.

Responsable de la mission d'appui de la Direction des services de mobilité, au sein du Département déplacements.

Depuis 1991, Gilles Farge a évolué à la ville de Nantes puis à Nantes Métropole en passant par des fonctions de chargé d'études de réaménagement des voiries pour la ville à l'échelle de l'habitant, puis de chargé de développement des démarches de management de la mobilité et de développement des outils d'information multimodale et de facilitation du covoiturage. Chef de projet du déploiement de l'expérimentation de navette autonome, il a coordonné l'ensemble des partenaires et intervenants.



Cerema Ouest

MAN – 9 rue René Viviani – BP 46223 NANTES Cedex 02

Tel : 02 40 12 83 01 – mel : DTerOuest@cerema.fr

www.cerema.fr