

Complément à l'étude de suivi de l'HEIA-FR

Point de vue des Transports publics fribourgeois



Source : TPF | Jo Bersier

Version définitive

Mai 2018

Document établi par les Transports publics fribourgeois



1. Introduction

La Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg est mandatée via son Institut des technologies de l'environnement construit pour effectuer l'étude de suivi du projet de mise en œuvre des navettes automatisées sous la forme d'un rapport d'expérience rendu tous les 6 mois.

Le présent document a été élaboré par les Transports publics fribourgeois et a pour but d'apporter des compléments avec le point de vue des exploitants des navettes automatisées. Son objectif est d'apporter particulièrement des détails et explications sur les problèmes rencontrés, les prochaines étapes et les améliorations à venir.

2. Compléments au rapport : point de vue de l'exploitant

2.1. Problèmes détaillés

Après ces premiers mois d'exploitation, divers problèmes sont apparus régulièrement comme indiqués dans le rapport intermédiaire de la HEIA-FR au chapitre 3.6, page 26 et 27. Les numéros, dans le tableau ci-dessous, se rapportent aux périodes durant lesquelles le problème a été actif.

Informations générales pour la compréhension du tableau

699 : Navette rouge (livrée en mars 2017)

698 : Navette verte (livrée en juillet 2017)

Période 1 : Lancement ligne (du 22 septembre 2017 au 10 décembre 2017)

Période 2 : Mise à l'horaire (du 11 décembre 2017 au 31 janvier 2018)

Période 3 : De février à mars (du 1^{er} février 2018 au 31 mars 2018)

Principes de localisation des véhicules Navya : les navettes s'orientent grâce au GPS complété par des lidars. Une carte virtuelle 3D du parcours est enregistrée dans le logiciel des navettes. Ces dernières comparent à chaque passage la carte enregistrée à ce que détectent les lidars. Une bonne cohérence et un bon signal GPS permettent aux navettes de circuler correctement.

Tableau des problèmes rencontrés

Problème	1	2	3	Mesures prises / en cours
Capteur roue 1 (699)	X			Changement de capteur durant un retour à Lyon
Capteur roue 3 (698)	X	X		Changement de capteur durant un retour à Lyon
Démarrage des diagrammes (699)	X	X	X	Avec les nouvelles mises à jour moins d'apparition du problème mais existe toujours
Amortisseur et compresseur (698)	X	X		Changement lors d'intervention sur place de Navya
Perte localisation virage entre Labos et Tech	X	X	X	Diminution de la vitesse en attendant la mise en place du suivi de lignes (voir chapitre suivant)
Perte localisation et GPS Rte Ancienne Papeterie		X	X	Passage en manuel jusqu'à la mise en service du suivi de lignes

Surchauffe prise électrique	X			Intervention d'un électricien, augmentation ampérage prise murale
Antenne GNSS		X	X	Redémarrage complet de l'antenne
Trajectoire Epinettes suite mise à jour			X	Intervention de Navya sur site pour corrections
Joystick			X	Achat d'une nouvelle manette
Non-arrêt à Tech			X	Analyse en cours chez Navya
Météo	X	X	X	Substitution avec Renault Kangoo
Véhicules mal parkés Home	X	X	X	Sensibilisation des automobilistes
Véhicules franchissant interdiction ou feux rouges	X	X	X	Relevé des numéros de plaques et si récidives, dénonciations
Chantiers		X	X	Contournement en mode manuel lors d'impacts sur le gabarit du parcours des navettes

Explications des problèmes

- Capteurs de roue 1 ou 3 : Les capteurs de roue se déclenchent et stoppent la navette car les vitesses provenant de chaque roue ne sont pas identiques.
- Démarrage des diagrammes : Lors du démarrage des véhicules, le logiciel met en route des diagrammes informatiques (Action, Perception et Décision) permettant notamment d'allumer les lidars, GPS, etc. Parfois ces diagrammes ne démarrent pas correctement et nécessitent un redémarrage des ordinateurs.
- Amortisseur et compresseur : Il s'agit d'une défaillance du compresseur qui a entraîné un dommage sur les amortisseurs. Le problème a été constaté suite à des bruits anormaux en provenance des roues avant lors de changements liés à la chaussée et sa topographie (petites imperfections de la chaussée créant des bosses, pente avant portail de sortie du site, etc.)
- Perte localisation dans le virage entre l'arrêt Labos et Tech : Aléatoirement les deux navettes perdent la localisation dans ce virage. En effet, le « pont en béton » fait perdre durant quelques secondes la localisation GPS, tandis que le « pont métallique » qui suit perturbent les lidars. L'incohérence de ces deux éléments provoquent l'arrêt des navettes. La diminution de la vitesse dans le virage permet de mieux garder le signal GPS et de laisser plus de temps aux lidars pour analyser l'environnement.



Figure 1 - Pont métallique au 1er plan et pont en béton au second plan à droite
Source : TPF

- Perte localisation et GPS Route Ancienne Papeterie : la cartographie a été effectuée durant l'été avec une végétation dense sur ce tronçon. Du coup, lorsque les feuilles sont tombées, la cohérence entre la carte enregistrée et les éléments détectés a fortement baissé ce qui a conduit à des pertes de localisation. Pour des raisons de sécurité, ce tronçon est effectué en mode manuel jusqu'à la mise en place du suivi de lignes.



Figure 2 - Tronçon des arbres avec le marquage qui servira au suivi de lignes
Source : TPF

- Surchauffe prise électrique : la prise murale utilisée pour la recharge des navettes a surchauffé durant une nuit. Un électricien va intervenir pour augmenter l'ampérage de la prise murale.
- Antenne GNSS : L'antenne n'émet plus de corrections pour la localisation et cela entraîne des pertes de localisation et donc des arrêts inopinés des véhicules.
- Trajectoire Epinettes suite mise à jour : Suite à une nouvelle mise à jour du logiciel, la tolérance entre la trajectoire théorique et celle effectuée réellement sur le terrain a diminué. Ainsi cela a provoqué des arrêts dans certains virages serrés. Des adaptations dans les cartes enregistrées ont dû être effectuées pour être plus proches des courbes réellement faites sur le terrain.
- Joystick : Le câble du joystick s'abîme à force d'être sollicité. Les manettes ont donc dû être remplacées. La non-détection du joystick entraîne l'arrêt du véhicule.
- Non-arrêt à Tech : Il est arrivé plusieurs fois que la navette ralentisse à l'arrêt Tech mais ne s'arrête pas complètement. Le problème a été constaté lorsque l'arrêt suivant, donc Labos, est déjà programmé. Les analyses sont en cours du côté de Navya.
- Météo : La navette perçoit actuellement les gros flocons ou les grosses gouttes de pluie comme des obstacles ce qui provoquent des arrêts. Les jours brumeux, plus de soucis sont également constatés au niveau de la localisation.



Figure 3 - Neige sur le parcours
Source : TPF

- Véhicules mal parkés Home : Parfois des véhicules sont stationnés devant l'entrée du home pour personnes âgées. Les livreurs ont été sensibilisés et la situation s'est améliorée. Une tolérance est admise envers les bénévoles des repas à domicile ainsi que les familles qui viennent chercher ou déposer des résidents.
- Véhicules franchissant interdiction ou feux rouges : Aux carrefours des Epinettes, des véhicules grillent parfois les feux rouges. Certains conducteurs empruntent la Route de l'Ancienne Papeterie alors qu'elle est désormais interdite au trafic. Malheureusement, les systèmes de navigation intégrés aux véhicules standards (comme Google Maps) ne prennent pas en compte cette modification et guident notamment les camions de livraisons sur cette route étroite impliquant donc des problèmes de croisements avec nos navettes.
- Chantiers : Différents chantiers amènent leur lot de perturbations sur le parcours des navettes. Un immeuble est en construction à côté du home des Epinettes, le démontage des parois de chantier provoque occasionnellement des pertes de localisation. Des fouilles ont également eu lieu sur le tracé des navettes nécessitant donc une reprise en mode manuel pour les contourner. D'autres petits chantiers privés ont également impliqué la fermeture temporaire de la Route de l'Ancienne Papeterie pour l'installation d'une grue mobile par exemple.



Figure 4 - Chantier Epinettes
Source : TPF

2.2. Appréciation générale et impacts sur l'exploitation

Après ces 6 premiers mois d'exploitation, il est constaté que l'apparition des problèmes est aléatoire. En effet, les deux véhicules peuvent parfaitement fonctionner durant deux semaines puis enchaînés les bugs techniques. Généralement, nous remarquons que la navette verte qui a été livrée 3 mois après la rouge fonctionne de manière plus fiable.

Les conditions météorologiques de cet hiver nous ont prouvé que les véhicules ne peuvent pas être utilisés en cas d'intempéries. Par exemple, lors d'averses, s'il s'agit d'une pluie fine, il n'y aura pas d'impacts sur l'exploitation mais une pluie à grosses gouttes peut créer des arrêts intempestifs car les navettes perçoivent des obstacles. En cas de météo brumeuse, les bugs sont plus fréquents. Nous avons aussi noté que la sensibilité des deux véhicules n'est pas identique sur ce point, la navette rouge est la plus sensible.

Le MIC se trouve à l'écart des grands axes avec un environnement plutôt rural. Il est donc assez fréquent d'être confronté à la présence de chats ou d'oiseaux. Certains chats sont plus petits que la hauteur minimale de détection du lidar. Les grooms doivent donc intervenir manuellement ou actionner le klaxon. En effet, ces véhicules silencieux n'effraient pas ces animaux qui continuent leur chemin tranquillement. Concernant les oiseaux, les pigeons et corbeaux s'envolent à l'approche du véhicule mais il arrive parfois qu'ils volent juste devant ce qui peut provoquer des arrêts inopinés. Les piétons aussi se font quelquefois surprendre par la présence du véhicule derrière eux.

La navette reste très tributaire de son environnement. En effet, elle peut être perturbée par une branche qui a poussé ou une paroi de chantier enlevée. A chaque passage, elle détectera ces changements comme une perte de cohérence avec sa carte enregistrée. Les véhicules ne sont pas capables d'apprendre et de faire évoluer la carte de base. Nous sommes donc très dépendants des abords du trajet y compris les aménagements des privés (haies non taillées, etc.). La Commune et le MIC font le maximum pour entretenir la végétation mais ils ne peuvent pas intervenir tous les jours.

Il est intéressant de noter que le comportement des automobilistes vis-à-vis des navettes est sensiblement différents entre la partie du parcours interne au MIC et la partie supérieure où circule le trafic riverain. Les conducteurs à l'interne du site sont plus respectueux au niveau des distances lors de dépassements par exemple. Ils se sont plus rapidement habitués à voir circuler ces nouveaux véhicules. Du côté des riverains, les premiers mois d'exploitation ont été un peu plus difficiles avec de nombreux feux grillés et des franchissements de l'interdiction de circuler à la Route de l'Ancienne Papeterie. Mais après ces 6 mois, des améliorations sont observées et la cohabitation est meilleure. Il reste cependant toujours le problème des navigateurs GPS qui conseillent l'itinéraire de la Route de l'Ancienne Papeterie pour atteindre le MIC et fréquemment des camions bloquent cet accès. Des échanges ont été fait entre les TPF et la police cantonale et locale afin de sensibiliser au mieux les différents usagers de la route. Les polices vont renforcer leur présence et jouent le rôle de médiateurs lorsque des automobilistes récalcitrants ne respectent pas les règles.



Figure 5 - Exemple de camion stationnant dans le carrefour des Epinettes
Source : TPF

Lors de problèmes techniques et de logiciels nous sommes très dépendants de Navya. Pour les interventions à distance sur le logiciel, nous communiquons via un groupe Whatsapp commun permettant d'avoir une bonne réactivité de part et d'autres. Concernant les interventions sur site, elles doivent être planifiées de leur côté. Parfois, une équipe peut intervenir le lendemain, d'autres fois nous devons attendre minimum 10 jours avant qu'un technicien de la maintenance soit dépêché sur place.

Concernant l'autonomie des batteries, les données fournies par le constructeur se sont révélées correctes. Avec une utilisation du chauffage ou de la climatisation permettant d'avoir une température agréable, chaque navette a besoin d'une recharge durant la journée entre 90 et 120 minutes environ en plus de la recharge nocturne. L'autonomie est donc d'environ 9 heures dans ce cas. Lorsque les températures sont douces à l'extérieur et que ni le chauffage ni la climatisation ne sont nécessaires, la recharge nocturne est suffisante pour une exploitation entre 6h30 et 19h00.

3. Prochaines étapes

3.1. Développements futurs

Diverses mesures sont prévues dans le futur pour améliorer et résoudre les problèmes encore actifs et différents mandats ont été donnés à la Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg.

Problème	Mesures futures
Perte localisation virage entre Labos et Tech	Suivi de lignes par Navya, Mandat HEIA
Perte localisation et GPS Rte Ancienne Papeterie	Mandat HEIA
Surchauffe prise électrique	Mandat HEIA
Antenne GNSS	Mandat HEIA
Joystick	Améliorations du côté de Navya en cours sur un nouveau modèle
Véhicules mal parkés Home	Sensibilisation orale
Véhicules franchissant interdiction ou feux rouges	Renforcement présence ponctuelle de la police de proximité et police locale

Une amélioration à venir est l'aménagement du tronçon de la Route de l'Ancienne Papeterie bordée d'arbres. Actuellement, ce passage est effectué en mode manuel, afin de pouvoir circuler en mode automatique, Navya développe le suivi de lignes grâce aux caméras à l'avant et à l'arrière du véhicule. Cette technologie permettra à la navette de rester correctement entre les deux lignes de marquage. Des points fixes vont être ajoutés le long du parcours afin que la navette puisse savoir sur quelle partie du tronçon elle se trouve. Des études sont en cours pour déterminer la nature exacte de ces éléments fixes.

Le passage de ce tronçon en mode automatique va permettre de commencer à utiliser les interactions possibles avec Bestmile pour la gestion de flotte. Il sera alors possible d'envoyer des missions aux véhicules et ainsi pouvoir tester les horaires planifiés automatiquement, le mode à la demande ou les correspondances automatiques avec la ligne urbaine 1.

Avec l'accroissement du nombre de clients suisses de Navya, il est espéré de meilleurs délais d'intervention sur site afin d'éviter l'immobilisation d'un véhicule sur une trop longue durée pénalisant le service aux clients et l'image du projet.

3.2. Mandats académiques

Afin d'améliorer et de faire évoluer le projet, les principales problématiques techniques rencontrées ont été soumises à l'HEIA-FR. Le but de ces études est également d'être en possession d'outils et de connaissances supplémentaires.

3.2.1. Analyse de la sécurité fonctionnelle

ROSAS est une start-up issue de la Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg. Ils sont actifs internationalement sur les questions de sûreté, sécurité et fiabilité des systèmes techniques. Ils sont également habilités à donner certaines certifications. Ils travaillent notamment avec des industriels tels que Johnson Electric, Liebherr ou Meggit dans le domaine automobile ou de l'aviation entre autres.

Dans le cadre de ce projet, ils ont reçu le mandat d'effectuer une analyse de la sécurité fonctionnelle des navettes Navya en service à Marly selon la norme ISO 29292 notamment. Ils étudient donc ainsi les aspects de cyber sécurité, de sécurité des systèmes électriques et électroniques par exemple. Les premiers résultats sont attendus prochainement.

3.2.2. Localisation

Les deux navettes rencontrent régulièrement des problèmes liés à la localisation provoquant des arrêts non planifiés et nécessitant l'intervention de l'opérateur pour acquitter les erreurs apparues sur le tableau de bord. Parfois les problèmes de localisation surgissent au même endroit et d'autres jours aléatoirement sur le parcours. L'objectif de cette étude est d'identifier et analyser les raisons pour lesquelles les signaux sont momentanément perdus. Ces derniers utilisés par les navettes pour la localisation et la communication sont principalement le GPS et la 3G. Une antenne permettant d'augmenter la précision de la position de la navette a été installée sur le toit d'un bâtiment du MIC.

L'idée est de poser des instruments de mesures externes sur la navette et de comparer les données perçues avec celles du véhicule. Il sera ainsi possible de déterminer si les problèmes de localisation et communication sont liés à des facteurs externes, tels que la position des satellites, le réseau 3G de l'opérateur de téléphonie, etc. Des solutions concrètes seront ensuite proposées pour améliorer la situation.

Actuellement, une réponse de Navya est attendue pour connaître leur position sur la mise à disposition de certaines données utiles à l'étude.

3.2.3. Autonomie des batteries

Deux navettes sont exploitées sur le site de Marly mais il peut parfois arriver qu'une des navettes soit en maintenance et la seconde n'a pas assez d'autonomie pour assurer l'exploitation sur la journée entière. Le but de cette étude est de prendre connaissance des différentes données de consommation et trouver ainsi des solutions d'optimisation des recharges des batteries. De plus, avec les futurs tests d'exploitation du mode « à la demande », une optimisation des recharges des batteries serait intéressante.

Différentes solutions et variantes seront proposées au regard de ce qui se trouve actuellement sur le marché.

3.2.4. Consommations électriques

Il est difficile pour les opérateurs de gérer la température intérieure du véhicule. De par la taille du véhicule, chaque ouverture des portes provoque un échange de chaleur important entre l'intérieur et l'extérieur. Et force est de constater que la température programmée dans la navette a un fort impact sur le niveau de batterie.

Afin d'optimiser encore plus efficacement l'énergie utilisée, il est prévu d'effectuer des mesures des différents consommateurs (climatisation, chauffage, traction, etc.). Ceci permettra de donner des conseils d'exploitation aux opérateurs afin d'éviter au maximum le gaspillage d'énergie électrique et trouver le bon compromis entre confort et économie.

3.2.5. Analyse et mesure de surchauffe dans le câblage

Suite à une surchauffe de la prise de recharge de l'un des véhicule, l'HEIA propose de mesurer grâce à une caméra thermique l'échauffement du système électrique. Suivant le résultat, des propositions d'améliorations seront émises.

4. Conclusion

L'exploitation de ces véhicules automatisées n'est pas encore stabilisée après ces 6 premiers mois d'exploitation mais tous les partenaires essaient de trouver des solutions pour améliorer au mieux le projet. L'apparition aléatoire des problèmes techniques n'est pas toujours facile à gérer et nécessite souvent du temps pour trouver la source du souci et sa solution. Des progrès ont été réalisés et des efforts importants continuent d'être fournis. Nos opérateurs jouent un grand rôle auprès des clients pour les sensibiliser aux difficultés de mettre en place un tel projet innovant et donc le choix du personnel accompagnant est essentiel. Ce premier bilan intermédiaire prouve qu'il faut bel et bien du temps et de la patience pour mettre en place, exploiter et améliorer au mieux ces véhicules automatisés. Les prochains mois vont être décisifs pour stabiliser l'exploitation et pouvoir ainsi tester le mode « à la demande ».