Complément N°3 à l'étude de suivi de l'HEIA-FR

Point de vue des Transports publics fribourgeois

Source : TPF | Jo Bersier

Version définitive

Avril 2018

Document établi par les Transports publics fribourgeois

tpf

AGGLO FRIBOURG - FREIBURG

ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

MARLY INNOVATION CENTER

1. Introduction

La Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) est mandatée via son Institut des technologies de l'environnement construit (iTEC) 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.

Ce rapport se focalise sur le troisième semestre d'exploitation des navettes, soit la période du 1er octobre 2018 au 31 mars 2019.

2. Compléments au rapport de la HEIA-FR : point de vue de l'exploitant

2.1. Point de situation des problèmes issus des deux premiers rapports

Durant la première année d'exploitation, divers problèmes étaient apparus. Le tableau ci-dessous correspond à une mise à jour de l'état d'avancement pour résoudre les points critiques des précédents rapports.

Problème	Etat de la situation
Perte localisation virage entre Labos et Tech	Apparition du problème très rare (< 2 fois par mois, précédemment environ 1 fois par jour)
Passage en mode manuel tronçon Route Ancienne Papeterie	Passage en automatique ok
Amortisseurs	Ok réglé
Antenne GNSS	Mandat HEIA en cours (cf. chapitre 3.1)
Déviations trajectoires car perte localisation	Ok réglé
Bug écran contrôle	Ok réglé
Marche arrière	Ok réglé
Arrêt tech manqué	Ok réglé
Diagramme perception	Ok réglé
Climatisation (699)	Ok réglé
Plaque support	Ok réglé
Défaillance puissance	Ok réglé
Freinages inopinés	Apparitions épisodiquement, lien établi avec les conditions météorologiques (pluie, brouillard, etc.)
Chantier	Fin de chantier des Epinettes planifié en 2019
Véhicules franchissant interdiction ou feux rouges	Dénonciation des véhicules franchissant la mise à ban de la Route de l'Ancienne Papeterie, nombre irrégulier d'infractions

2.2. Développements effectués

L'équipe de Navya chargée du déploiement est intervenue mi-novembre afin de procéder à une nouvelle cartographie du parcours. En effet, Navya a développé une meilleure méthode de cartographie 3D incluant plus de précisions dans la prise en compte de l'environnement. Cette nouvelle carte implémentée dans les navettes fait profiter le projet d'améliorations notoires. Désormais, les deux navettes sont capables de franchir en mode automatique le tronçon des arbres de la Route de l'Ancienne Papeterie et circulent ainsi sur l'ensemble du parcours automatiquement. Pour le moment, la vitesse programmée dans la forêt est faible (environ 4 km/h) afin de garantir une sécurité maximale. La stabilité de ce tronçon étant incertaine, il est nécessaire de l'expérimenter durant quelques mois pour observer la réaction des navettes. Cette vitesse devrait progressivement pouvoir être augmentée courant 2019. Une seconde intervention de l'équipe déploiement de Navya à fin novembre a permis d'ajouter l'accès au garage en mode automatique. Dorénavant, les navettes peuvent entrer sans l'aide du groom dans leur garage. Pour les sorties, elles doivent être avancées manuellement à l'extérieur afin de capter le signal GPS et peuvent ensuite rejoindre le terminus, MIC Admin, en mode automatique.
Une amélioration appréciable et notable est que les problèmes mécaniques sont en diminution par rapport à la première année d'exploitation. Les interventions ont été plus rapides et moins nombreuses.
Bestmile a mis en service une nouvelle version de l'Operator Dashboard avec la possibilité d'avoir quelques informations supplémentaires sur les distances parcourues notamment. Ces améliorations anticipent de futurs développements prévus courant 2019 (cf. chapitre 3.1).
La start-up ROSAS, issue de la Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg, a procédé à une analyse de la sécurité fonctionnelle des navettes selon la norme ISO 26262-2011. Cette étude s'est terminée en mars. Un rapport sera remis aux TPF durant le mois d'avril et une présentation des résultats aura lieu mi-mai.

2.3. Problèmes détaillés du troisième semestre

Les six derniers mois écoulés ont été différents de manière positive car les problèmes techniques sont en baisse et plus particulièrement leur récurrence. Les tableaux suivants et leurs explications détaillent les divers évènements rencontrés. Les numéros, dans les tableaux, se rapportent aux périodes durant lesquelles le problème a été observé.

Informations générales pour la compréhension du tableau

699 : Navette rouge (livrée en mars 2017)
698 : Navette verte (livrée en juillet 2017)

Période 1 : Octobre à Novembre 2018
Période 2 : Décembre 2018 à Février 2019
Période 3 : Mars 2019

Partie 1 : Problèmes déjà présents les 12 premiers mois et encore d'actualité

Problème	1	2	3	Mesures prises / en cours
Antenne GNSS	X	X	X	Redémarrage, Etude en cours avec la HEIA-FR
Véhicules franchissant interdiction ou feux rouges	X	X	X	Dénonciation des véhicules franchissant la mise à ban de la Route de l'Ancienne Papeterie
Météo	X	X	X	Arrêt exploitation durant les intempéries

Explications des problèmes

De nombreux problèmes ont pu être réglés (cf. chapitre 2.1) durant le semestre écoulé. Il peut être constaté que les éléments restants sont aléatoires et, pour deux d'entre eux, indépendants de la volonté (météo et véhicules récalcitrants) du personnel et des partenaires du projet.

- Antenne GNSS : L'antenne GNSS a toujours besoin d'être redémarrée manuellement de temps en temps. Durant les 6 derniers mois, cela a été le cas une fois en octobre, une fois en décembre et une fois en février. La récurrence de ce problème a donc fortement diminué. Il est espéré que l'étude actuellement menée par la HEIA-FR (cf. chapitre 3.1) permettra d'avoir des explications sur l'origine du problème et de mettre en évidence des pistes de solutions.

Figure 1 - Perte de localisation sur le haut de la Route de l'Ancienne Papeterie

- Véhicules franchissant mise à ban ou feux rouges : Durant les mois d'hiver, les contrevenants ont été moins nombreux. Malheureusement, dès le début du mois de mars, une forte augmentation des véhicules circulant sur la Route de l'Ancienne Papeterie a été constatée. Il est escompté que les dénonciations effectuées diminueront le nombre d'infractions.

- Météo : L'hiver a été particulièrement rigoureux avec des chutes de neige nombreuses, ponctuées de rafales de vent (branches sur la route). La grande quantité de neige et le froid persistant ont contraint les navettes à rester au garage, la sécurité des passagers et du personnel TPF étant une priorité. En effet, les routes ont été dégagées mais les amoncellements de neige en bordure de chaussée empiétaient sur les trajectoires des navettes. Ensuite avec les températures négatives, la neige a gelé et il a fallu atteindre plusieurs jours avant qu'elle ne fonde et disparaisse.

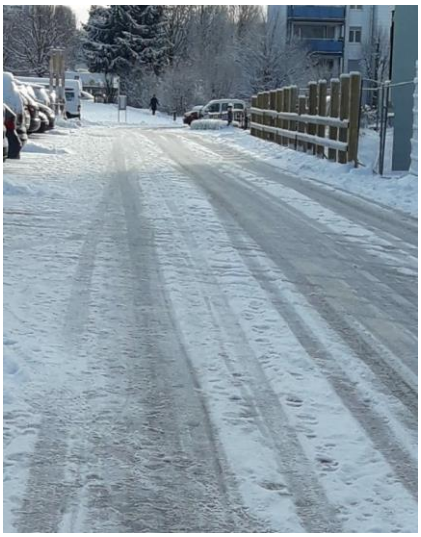

Figure 2 - Jour de neige aux Epinettes

Partie 2 : nouveaux problèmes

Problème	1	2	3	Mesures prises / en cours
Démarrage difficile	X	X		Problème déjà connu sur la navette 699 au 1er semestre
Crevaison		X		1 x navette 699 et 1 x navette 698
Brouillard	X	X		2 jours en novembre et 1 jour en décembre
Neige et verglas		X	X	Exploitation perturbée durant 17 jours
Connexion Bestmile		X		Pas de remontées d'infos durant 6 jours
Lidar		X		5 jours navette 698 et 5 jours navette 699
Croisements dans forêt		X		Apparition du problème suite à des mises à jour
Batterie 80 Volt	X			5 jours d'arrêt d'exploitation de la navette 698
Chutes feuilles mortes et Pluie		X	X	Exploitation perturbée durant 7 jours
Palissades chantier penchent à cause vent		X		Chef de chantier contacté, réparations effectuées
Problèmes portes	X	X	X	5 fois sur navette 698, pas d'impact majeur sur l'exploitation

Explications des problèmes

- Démarrage difficile : Ce problème était déjà présent durant le premier semestre d'exploitation mais s'était attenu durant le deuxième. Il s'est reproduit à plusieurs reprises sur les deux véhicules entre octobre 2018 et mars 2019. Les navettes ont du mal à s'allumer correctement et plusieurs démarrages sont en général nécessaire avant que tout soit opérationnel.

- Crevaison : Le bâtiment en face du garage des navettes est toujours en construction. Malheureusement, des clous et des vis se retrouvent parfois au sol même si les grooms essaient de les ramasser au maximum. Nos deux véhicules ont subi chacun une crevaison à cause d'un clou ou d'une vis. Un mécanicien TPF est intervenu dans les deux cas pour réparer le pneu endommagé et limité le temps d'immobilisation du véhicule.

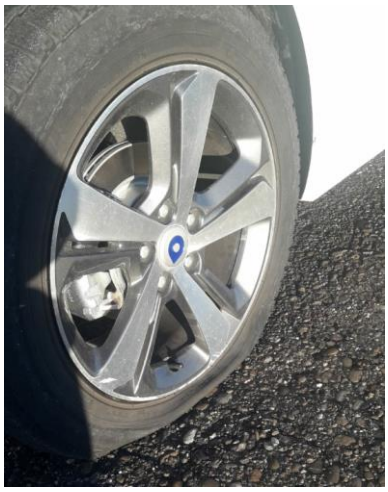

Figure 3 - Crevaison de P27

- Brouillard : Durant l'automne, le brouillard a perturbé temporairement l'exploitation des navettes quelques heures sur 3 jours différents.

- Neige et verglas : L'exploitation a été perturbée durant 17 jours entre décembre et mars à cause de la neige et du verglas. L'hiver a donc été particulièrement rude. De plus, du verglas s'est formé sur plusieurs endroits du parcours suite aux températures négatives. Des tas de neige se sont accumulés et ont formé ensuite du verglas lors de leur fonte.

Figure 4 - Tas de neige obstruant le parcours

- Connexion Bestmile : Durant les premiers jours du mois de janvier, les données des deux véhicules n'étaient plus remontées par la plateforme Bestmile. Ce dernier a pu résoudre le problème après une semaine.

- Lidars : Un lidar de la navette 699 a été remplacé en mars et un lidar de la navette 698 en janvier car ils avaient cessé de fonctionner sans raison apparente.

- Croisements dans forêt : depuis mi-février, il arrive sporadiquement que la navette verte 698 s'arrête lors du croisement avec la navette 699 car elle détecte cette dernière comme un obstacle. Ce problème ne concerne pas la navette 699 qui n'éprouve pas de difficultés au niveau de la place d'évitement. Navya analyse les logs. Mais il s'avère que dès le début de l'expérimentation, les lidars de la navette verte 698 sont plus sensibles.

- Batterie 80 Volt : le 15 novembre, la batterie 80 Volt ne fonctionnait plus sur la navette verte (698). Elle a été changée par un technicien de Navya le 22 novembre.

Figure 5 - Changement de la batterie 80 V

- Chutes feuilles mortes : Les chutes de feuilles et le vent ont perturbé l'exploitation des navettes en partie durant 3 jours (2 jours en décembre et 1 jour en mars).

Figure 6 - Chaussée glissante suite à la chute des feuilles et à la pluie

- Palissades chantiers : Suite à quelques bourrasques de vent, les palissades du chantier aux Epinettes se sont mises à pencher dangereusement. Les navettes les percevaient comme des obstacles. Le chef de chantier a été prévenu et il a effectué le nécessaire pour réparer les palissades rapidement.

Figure 7 - Palissade de chantier abîmée par des rafales de vent

- Problème portes : Cinq fois durant les six derniers mois, les portes de la navette verte (698) ont posé problème. En effet, les opérateurs rencontraient des difficultés pour les fermer aux terminus. Navya est intervenu le 8 janvier et le 5 mars. Depuis la dernière intervention, le problème semble résolu.

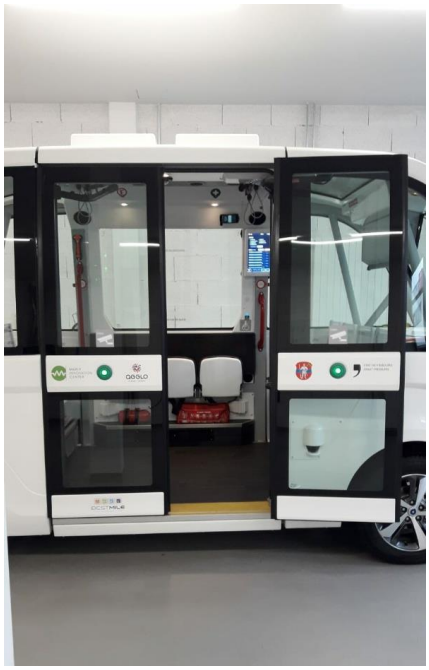

Figure 8 - Problème de porte

2.4. Appréciation générale et impacts sur l'exploitation

Des améliorations encourageantes ont pu être observées durant ce semestre d'exploitation. En effet, la fiabilité des véhicules a progressé avec une diminution notable des problèmes mécaniques et de logiciel. Des faiblesses ont toutefois été constatées sur les lidars des deux véhicules. Chacune des navettes a subi une crevaison à quelques semaines d'intervalle par malchance. Les bâtiments à proximité directe du garage des navettes sont toujours en chantier et il est courant que des vis ou autres objets traînent au sol malgré la vigilance des grooms.
Il est appréciable de souligner que Navya a gagné en réactivité en ce qui concerne les interventions sur site. Les jours d'arrêt d'exploitation des véhicules ont pu être limités en comparaison avec la première année de tests.
La période hivernale a été particulièrement longue et compliquée. Une quantité non négligeable de précipitations est tombée entrainant son lot de désagréments. Le souci le plus problématique a été les tas de neige formé après le déneigement. En effet, la chaussée était praticable mais les tas de neige étaient détectés comme des obstacles car ils empiétaient dans le couloir virtuel des navettes. De plus, pour ne rien arranger, l'eau de la neige fondue se transformait en verglas. La sécurité étant une priorité, aucun risque n'a été pris.

Chaque navette a roulé plus de 10'000 kilomètres ce qui est considérable. Notre projet reflète une exploitation du dernier kilomètre en situation réelle. Ces importantes distances parcourues impliquent de fortes sollicitations des véhicules. Il est ainsi possible de tester les limites des systèmes. La qualité d'exploitation a été meilleure car un important gain en fiabilité a été réalisé.

3. Prochaines étapes

3.1. Développements futurs

Dès le 1er mai 2019, des courses supplémentaires vont être ajoutées à l'horaire afin d'avoir une cadence de 15 minutes aux heures de pointe, le matin, à midi et le soir. Cette future amélioration de l'offre fait suite à l'évolution positive de la fiabilité des véhicules et à l'arrivée de nouvelles entreprises sur le site du Marly Innovation Center. Le site continue son évolution et des chantiers conséquents devraient commencer d'ici la fin de cette année encore qui apporteront sans aucun doute leurs lots d'imprévus à gérer.
Navya a également évoqué des mesures pour permettre l'augmentation de la vitesse sur certains tronçons. Une nouvelle méthode de cartographie devrait aussi être mise en place. Les techniciens de Navya ne devraient plus avoir besoin de venir sur site, il serait possible d'effectuer l'enregistrement du parcours nous-même. Navya traiterait ensuite les données avant de les implémenter dans les navettes. Ceci permettrait de gagner en fiabilité sur le tronçon de la forêt en s'adaptant ainsi aux changements induits par les saisons.

L'entier du parcours pouvant être effectué en mode automatique, les développements avec Bestmile pourront avoir lieu en 2019. Diverses séances avec les opérateurs ont permis à Bestmile de cibler les besoins des TPF. En avril, une première version de l'application destinée aux grooms sera testée. Ces derniers pourront dorénavant y inscrire tous les imprévus rencontrés et les comptages des passagers. Lors d'une première phase, les horaires des navettes seront implémentés dans l'application. Les grooms recevront des « missions » sur l'application et devront systématiquement les valider. Les missions seront, durant cette phase, les départs à l'horaire des navettes. Si aucun véhicule n'est en circulation un alerte par mail sera transmise par Bestmile au manager de la flotte. Les correspondances automatiques avec la ligne 1 devraient être opérationnelles d'ici la fin de l'été – début de l'automne 2019.

Développements prévus	Mesures
Augmentation vitesse	Discussions en cours avec Navya
Augmentation de l'offre	Cadence 15 min aux heures de pointe dès le 01.05.2019
Développements avec Bestmile	1ère phase en avril et 2ème phase à la fin de l'été
Mise à jour de la cartographie	Discussions en cours avec Navya

Différents mandats attribués à la Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg ont pu avancer car un échange constructif d'informations a pu être mis en place avec Navya.
Le premier mandat concernait la vérification de la connexion 3G via un système annexe et la comparaison avec les données des navettes. Des mesures sur site vont être effectuées fin avril. Un premier constat est qu'il existerait un lien entre le niveau de charge de la batterie et la fiabilité de la localisation par 3G.
Une deuxième étude concerne l'analyse de l'autonomie des batteries si un seul véhicule est en circulation. Le chauffage et la climatisation sont deux grands consommateurs d'énergie. Leur gestion est compliquée car le véhicule est petit. En effet, dès que les portes sont ouvertes, les échanges d'air entre l'intérieur et l'extérieur sont importants. Un chargement intermédiaire dans la journée semble inévitable. Des mesures sur les véhicules plus précises vont être effectuées en fin avril.
Ces dernières sont également liées au troisième mandat qui consiste à analyser les puissances en sortie des batteries et des différents consommateurs.
Finalement, la dernière étude est d'analyser les problèmes de surchauffes dans le câblage de recharge des navettes. Les premiers résultats montrent qu'il n'y a, à priori, pas de surchauffe dans les câbles et que le problème pourrait avoir une autre source. Des mesures par caméra thermique auront lieu prochainement.

4. Conclusion

Il est primordial de souligner les progrès effectués durant le semestre écoulé. Les navettes ont été plus fiables et l'exploitation a pu être améliorée au bénéfice de la clientèle. Une cadence de 15 minutes aux heures de pointe va pouvoir être introduite dès le 1er mai avec l'attente d'un impact positif sur le nombre de clients journaliers. Le cap des 10'000 kilomètres roulés par chacune des navettes a pu être franchi. Les pourcentages de conduite en mode manuel ont fortement chuté suite au passage de l'entier du parcours en mode automatique. Les conditions climatiques ont particulièrement perturbé l'exploitation mais ces éléments sont indépendants de la bonne volonté des partenaires du projet. Il est espéré qu'à moyen terme, la conception des navettes considère les facteurs climatiques comme scénarios d'exploitation afin que les véhicules puissent circuler en sécurité dans la plupart des conditions comme un véhicule conventionnel aujourd'hui. Les cas extrêmes devraient être des exceptions et ne représenter qu'un ou deux jours d'arrêts sur l'année.
La première année d'exploitation avec ses aléas a entrainé des retards dans divers développements alors que ces six derniers mois ont permis de stabiliser le projet. De plus, les mandats avec la HEIA-FR ont pu avancer et les premiers résultats concrets sont attendus d'ici l'été. Dorénavant, les développements avec Bestmile peuvent également progresser. Ces éléments apporteront de réelles plus-values et un enrichissement des connaissances considérables dans les mois à venir.