

Complément N°4 à l'étude de suivi de l'HEIA-FR

Point de vue des Transports publics fribourgeois



Source : TPF | Jo Bersier

Version définitive

Octobre 2019

Document établi par les Transports publics fribourgeois



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 quatrième semestre d'exploitation des navettes, soit la période du 1^{er} avril 2019 au 30 septembre 2019.

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

2.1. Point de situation des problèmes issus des trois rapports précédents

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)
Antenne GNSS	Mandat HEIA en cours (cf. chapitre 3.1)
Freinages inopinés	Apparitions épisodiques, lien établi avec les conditions météorologiques (pluie, brouillard, etc.)
Chantier	Fin de chantier des Epinettes planifié en autonome 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
Démarrage difficile	Les navettes ne démarrent pas correctement (logiciel) et plusieurs redémarrages sont nécessaires

2.2. Développements effectués

Le retour des beaux jours du printemps est inévitablement marqué par le réveil des activités sur les chantiers environnants. Le chantier de construction à côté du home des Epinettes est quasiment terminé. Et la période estivale a été marquée par les différents travaux d'aménagements extérieurs ainsi que par le bal des camions transportant tous les aménagements intérieurs. Par sécurité pour les grooms et les clients, la circulation des navettes a parfois été interrompue pendant quelques heures, le temps que les camions libèrent à nouveau la route.

Des premiers tests de l'application Bestmile pour les opérateurs ont été effectués mais son déploiement sur tous les téléphones mobiles n'a pas encore pu être terminé en raison d'incompatibilités techniques. Une solution a pu être trouvée entre Bestmile et le service informatique des TPF et le déploiement pourra avoir lieu tout prochainement.

Le passage du tronçon dans la forêt est resté constant jusqu'à la fin du printemps. Suite à des instabilités de localisation constatées sur les deux navettes, Navya a procédé à une nouvelle cartographie mais malheureusement les essais n'ont pas été concluants car les chantiers et la végétation perturbaient trop l'enregistrement des données. Le parcours va être modifié dès fin septembre à cause du chantier qui débute au MIC. Navya reviendra donc sur site pour la réalisation d'une cartographie du nouveau tracé. Après une phase d'accalmie des problèmes mécaniques, différents soucis techniques sont réapparus dès juillet. Une grande majorité de ceux-ci s'était déjà produit par le passé.

2.3. Problèmes détaillés du quatrième semestre

Après 6 mois de progrès, malheureusement une phase de stagnation est apparue suivie d'une augmentation des problèmes. Les tableaux suivants et leurs explications détaillent les divers événements 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)

Période 1 : Avril à Mai 2019

698 : Navette verte (livrée en juillet 2017)

Période 2 : Juin à Septembre 2019

Partie 1 : Problèmes déjà présents et encore d'actualité

Problème	1	2	Mesures prises / en cours
Antenne GNSS	X		Redémarrage, Etude en cours avec la HEIA-FR
Véhicules franchissant interdiction ou feux rouges	X	X	Dénonciation des véhicules franchissant la mise à ban de la Route de l'Ancienne Papeterie
Météo	X	X	Arrêt exploitation durant les intempéries
Démarrage difficile	X	X	Redémarrage de la navette à plusieurs reprises
Végétation		X	Tailles régulières, programmation nouvelle cartographie

Explications des problèmes

Les éléments restants sont identiques au dernier rapport. En effet, la météo et les véhicules récalcitrants demeurent les principales difficultés pour lesquelles il n'existe pas de solution miracle malheureusement.

- Antenne GNSS : De plus nombreuses pertes de localisation 3G qu'usuellement ont été constatées durant les deux premières semaines du mois d'avril. Contrairement aux semestres précédents, cette fois-ci, il s'est avéré après diverses vérifications qu'une antenne-relais appartenant à Swisscom subissait des dérangements. En effet, Swisscom a dû intervenir sur l'une de ses installations à proximité du MIC. Les analyses de notre antenne GNSS sont toujours en cours auprès de la HEIA-FR.



Figure 1 - Perte de localisation Route Ancienne Papeterie

- Véhicules franchissant mise à ban ou feux rouges : L'augmentation des véhicules contrevenants entamée en mars a perduré jusqu'aux vacances estivales. Les mois d'été ont été plus calmes comme l'année dernière. Depuis la rentrée, les grooms obligent systématiquement les automobilistes à faire demi-tour. De plus, des travaux ont débuté en septembre au bas de la Route de l'Ancienne Papeterie. Il est espéré que ceux-ci démotiveront les derniers récalcitrants à emprunter cette route.
- Météo : Après un hiver rigoureux, les chutes de neige se sont prolongées jusqu'en début avril. Plusieurs averses et orages accompagnés en général de bourrasques de vent se sont également produits durant l'été interrompant l'exploitation durant quelques heures à chaque événement. Les conditions météorologiques ont perturbé les navettes durant 7 jours au total durant ce semestre.
- Démarrage difficile : Après une période d'accalmie, le problème du démarrage difficile du logiciel est réapparu sur la navette rouge. En effet, le matin, cette dernière doit être redémarrée plusieurs fois avant de pouvoir être utilisée correctement. Des erreurs apparaissent qui ne peuvent pas être supprimées. La récurrence a été plus importante durant ces six derniers mois que précédemment.
- Végétation : Evidemment, le retour du printemps accompagné par sa végétation croissante n'a pas épargné la localisation des navettes. La commune, le MIC et le home des Epinettes s'occupent de la taille de la plupart des bordures du parcours. L'accotement du tronçon sur le haut de la Route de l'Ancienne Papeterie appartient à des privés. Il est donc plus difficile de leur faire comprendre qu'il est important pour le projet qu'ils coupent les plantes débordant sur la chaussée, comme représenté sur l'image ci-dessous.



Figure 2 – Entretien négligé de la végétation sur le haut de la Route de l'Ancienne Papeterie

Partie 2 : nouveaux problèmes

Problème	1	2	Mesures prises / en cours
Crevaision	X		1 x navette 699
Neige et pluie	X	X	Exploitation perturbée durant 7 jours
Lidar		X	Changement sur navette 698
Croisements dans forêt	X		Problème résolu début avril
Chantier Epinettes et MIC	X	X	Circulation provisoire en Kangoo
Climatisation	X		Navette 699, maintenance effectuée par Navya
Incident muret		X	Arrêt exploitation, analyses effectuées par Navya
Surchauffe		X	3 jours de canicule, arrêt préventif durant quelques heures
Défaut map		X	Correction effectuée à distance par Navya

Explications des problèmes

- Crevaision : Durant ce dernier semestre, une nouvelle crevaision est à signaler. Les chantiers sur le MIC et aux Epinettes ne sont certainement pas étrangers à cet imprévu. Un mécanicien TPF a pu réparer rapidement le pneu endommagé et la navette a pu reprendre la route.
- Lidars : Un lidar de la navette verte a dû être remplacé à mi-septembre. Malheureusement, la navette est restée immobilisée de nombreux jours en attendant l'intervention de Navya. Aucune raison particulière ne semble à l'origine de ce dysfonctionnement. La calibration du lidar n'ayant pas pu être faite sur place, Navya est intervenu à distance à fin septembre.
- Croisements dans forêt : Le problème était apparu à mi-février sur la navette verte. En effet, celle-ci détectait l'autre navette comme un obstacle au niveau de la place d'évitement dans la forêt. Cela a pu être résolu début avril grâce à une mise à jour du logiciel.



Figure 3 - Problème de croisement dans la forêt

- Chantiers Epinettes et MIC : Le chantier à côté du home des Epinettes touche gentiment à sa fin. Cependant, beaucoup de livraisons ont eu lieu (mobilier, etc.) et ont eu des impacts sur l'exploitation des navettes. Les camions déchargeaient leurs marchandises directement sur la route d'accès, ce qui empêchait les navettes de passer durant quelques courses. La finition des aménagements paysagers a aussi eu des impacts sur l'exploitation.
De plus, un nouveau chantier a démarré. Il s'agit de la construction des premiers immeubles d'habitation sur le site du Marly Innovation Center. En septembre, les travaux préparatoires ont impacté le parcours provisoirement. Dès octobre, les navettes circulent sur un nouveau tracé pour accéder au site avec un tronçon aménagé exprès pour éviter la zone du chantier jusqu'en 2021 normalement.



Figure 4 - Aménagements extérieurs chantier Epinettes

- Climatisation : En avril, la climatisation ne fonctionnait pas correctement dans la navette rouge. Navya a dû intervenir pour résoudre le souci. Durant les journées de grandes chaleurs des mois de juillet et août, malheureusement, les échanges d'air entre l'intérieur et l'extérieur sont trop importants et la climatisation n'est pas suffisante pour obtenir un confort correct pour notre personnel et les clients.
- Incident muret : Le 12 juin, la navette verte se dirige en mode automatique de l'arrêt Admin au garage. Un véhicule est mal stationné sur la route menant au garage et le groom reprend la navette en manuel pour procéder à son évitement. Lorsqu'il relance le mode automatique, la navette est mal positionnée sur sa trajectoire programmée, elle tente alors de se repositionner correctement. Malheureusement, la vitesse du roulage en manuel est conservée et n'est pas adaptée à une relance en automatique. Le rayon de braquage s'est donc retrouvé augmenté. L'avant-droit de la navette heurte un muret en béton avant que le groom ne puisse arrêter manuellement le véhicule. Les dégâts concernent uniquement la carrosserie de la navette. Les lidars ne sont pas touchés. L'opérateur était seul à bord. Suite à l'analyse de Navya, plusieurs mesures ont été rappelées aux opérateurs. Le passage en mode automatique doit toujours se faire à l'arrêt et la vitesse de conduite en mode manuel doit être plus faible que celle programmée en mode automatique.

Cet incident a impliqué 10 jours d'arrêts pour la navette rouge, c'est-à-dire le temps nécessaire à Navya pour l'analyse et la confirmation que l'exploitation était sûre. Quant à la navette verte, son immobilisation a duré 22 jours pour permettre l'analyse, le contrôle des lidars ainsi que la réalisation des travaux de carrosserie.



Figure 5 - Incident du 12 juin

- Surchauffe : Du 23 au 25 juillet, les températures extérieures ont dépassé la barre des 35 degrés. Les navettes ont rencontré des difficultés dans la montée de la Route de l'Ancienne Papeterie. En effet, leur moteur surchauffait. Par précaution, les navettes circulaient chacune à tour de rôle avant d'être mise à l'ombre au garage pour que le moteur refroidisse.



Figure 6 - Surchauffe moteur

- Défaut map : Au mois d'août, plusieurs pertes de localisation ont été constatées dans la même zone à la sortie du site. Après analyses des logs, il s'est avéré que la cartographie enregistrée présentait un défaut. L'arrêt d'exploitation des deux navettes a été demandée par Navya le temps qu'une nouvelle map soit chargée. Cette interruption a duré une semaine.



Figure 7 - Perte de localisation suite à un défaut de la map

2.4. Appréciation générale et impacts sur l'exploitation

Depuis mai, des courses ont été ajoutées afin de garantir une cadence 15 minutes aux heures de pointe du matin, de midi et du soir. Ces nouvelles prestations ont été communiquées aux locataires du MIC.

Après une phase d'améliorations notoires, le quatrième semestre d'exploitation a été marqué par une stagnation des progrès puis une augmentation des problèmes. La quasi-totalité de ces derniers étaient déjà apparus lors des semestres précédents. La période estivale a passablement ralenti la réactivité des équipes de maintenance pour les interventions sur site. L'exploitation a donc été notablement péjorée par les temps d'immobilisation des véhicules. Les mois d'avril et de mai se sont plutôt bien déroulés. Par contre, le mois de juin a été entaché par l'incident du muret. A partir de ce moment-là, de plus nombreux problèmes de localisation avec quelquefois des déviations de trajectoires ont été constatés. Même si l'incident n'a engendré que des dégâts matériels, il a tout de même déstabilisé la confiance des opérateurs. L'arrêt des deux navettes après l'incident, en attendant le résultat de l'analyse de Navya, a forcément porté préjudice à l'image du projet. Fin août, une adaptation de la map a permis de corriger des problèmes récurrents de localisation mais divers enchaînements de problèmes mécaniques ont impacté à nouveau l'exploitation.

Le chantier à proximité des Epinettes touche à sa fin mais de nombreux camions ont obstrué la route d'accès au Home. Pour des raisons évidentes de sécurité, les opérateurs circulaient avec le véhicule de remplacement le temps que la route soit de nouveau accessible.

Au début du mois de septembre, les travaux préparatoires du futur quartier d'habitations ont débuté au MIC. Tout est mis en œuvre pour impacter le moins possible le parcours des navettes. La déviation du tracé à l'entrée du site est en cours de préparation. Le nouveau parcours sera effectif dès le 1^{er} octobre 2019.

Le Marly Innovation Center a mis en place la première phase de son plan de mobilité depuis le 1^{er} septembre 2019. Des critères ont été définis concernant l'attribution des places de parking du site. Celles-ci vont devenir payantes pour les locataires au fur et à mesure du développement du site. Le parking visiteurs est dorénavant payant après 90 minutes de stationnement.

L'autorisation d'essai était valable jusqu'à fin septembre 2019. Une demande de prolongation de l'essai comprenant la modification de parcours a été acceptée par l'OFROU durant l'été. L'autorisation d'essai est désormais valable jusqu'au 31 mars 2020.

Environ 30'000 kilomètres ont été effectués au total par les deux navettes depuis septembre 2017.



Figure 8 - Illustration des futures constructions au MIC

3. Prochaines étapes

3.1. Développements futurs

Suite au démarrage des travaux sur le site du Marly Innovation Center, un nouveau parcours est sur le point d'être mis en œuvre. La partie Epinettes-Route de l'Ancienne Papeterie demeure inchangée. Par contre, l'entrée sur site est modifiée et les navettes n'emprunteront donc plus la barrière automatique. Un nouveau tronçon a été goudronné et permet ainsi aux navettes d'accéder au site par une nouvelle route. Ce passage coupe perpendiculairement l'accès au chantier pour les camions. Cette intersection sera équipée de feux permettant ainsi aux navettes d'avoir toujours la priorité et d'éviter des conflits avec les camions. Les arrêts Admin et Labos continueront d'être desservis tandis que l'arrêt Tech sera abandonné. En effet, ce dernier se trouvera dorénavant dans la zone du chantier. Les navettes effectueront donc leur demi-tour au niveau de l'arrêt Labos. Navya va intervenir début novembre pour procéder à une nouvelle cartographie complète du parcours.

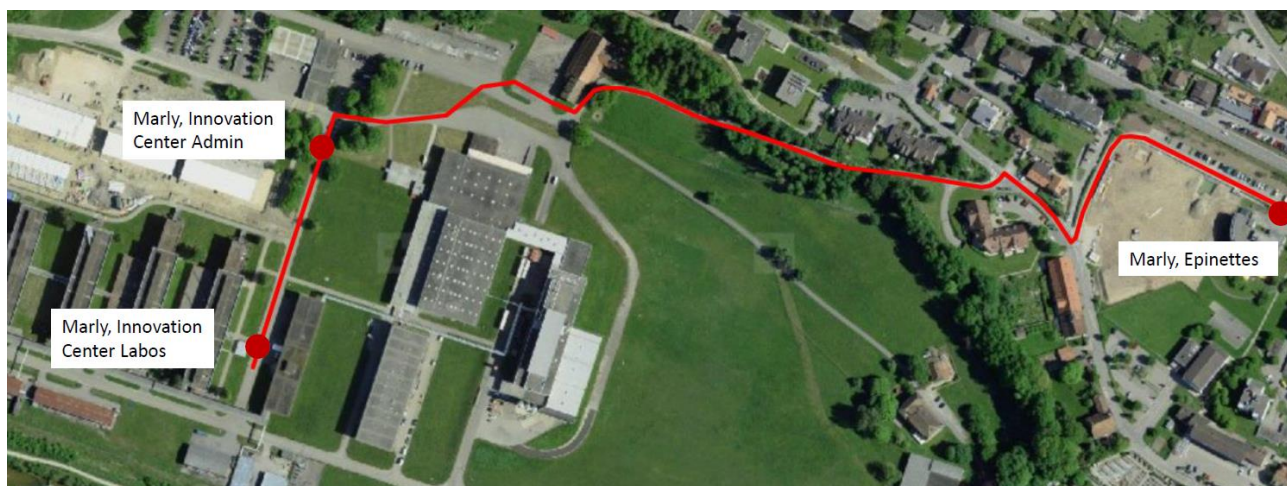
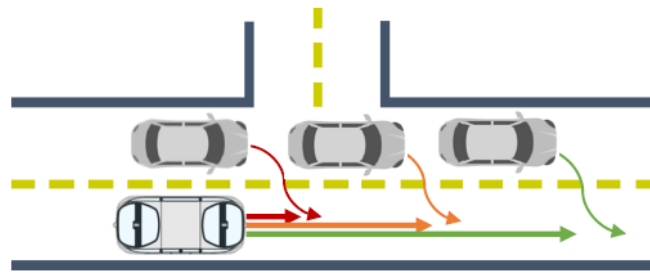


Figure 9 - Nouveau parcours

Dès décembre 2019, la nouvelle offre comprendra une cadence de 30 minutes sur l'entier de la journée comme aujourd'hui. La cadence 15 minutes sera mise en place uniquement entre 6h30 et 9h ainsi qu'entre 16h et 18h. Cette solution permet d'optimiser l'utilisation des ressources en personnel et de mieux correspondre aux besoins des clients. Les horaires en ligne et les affiches aux arrêts seront adaptés pour le changement d'horaires du 15 décembre prochain.

En novembre, Navya va profiter de sa venue pour cartographier le site afin de déployer une nouvelle version du logiciel des navettes. Cette mise à jour importante concerne les éléments suivants :

- Trajectoire : amélioration du suivi de trajectoire et meilleure anticipation dans les courbes
- Virages : meilleure prise en compte du véhicule dans son entier et non uniquement selon la ligne exacte de la trajectoire programmée
- Vitesse : gestion de la vitesse mieux adaptée lorsqu'un obstacle surgit. Par exemple, lorsqu'une voiture dépasse la navette de manière convenable, il arrive aujourd'hui que la navette freine fortement même s'il n'y a pas danger. Dorénavant, si la distance de dépassement est appropriée, elle ne freinera plus ou adaptera sa vitesse progressivement.



Vehicle Behavior:

- Safety **braking**
- **Adapting** speed
- **Maintaining** speed

Figure 10 - Adaptations vitesse suite mise à jour logiciel

- Distinction des objets statiques ou mouvants : les navettes distingueront correctement si le piéton commence ou finit de traverser la route. S'il commence, elle s'arrête et s'il finit sa traversée, c'est-à-dire qu'il est déjà sur l'autre voie, elle ne s'arrêtera plus totalement comme aujourd'hui.

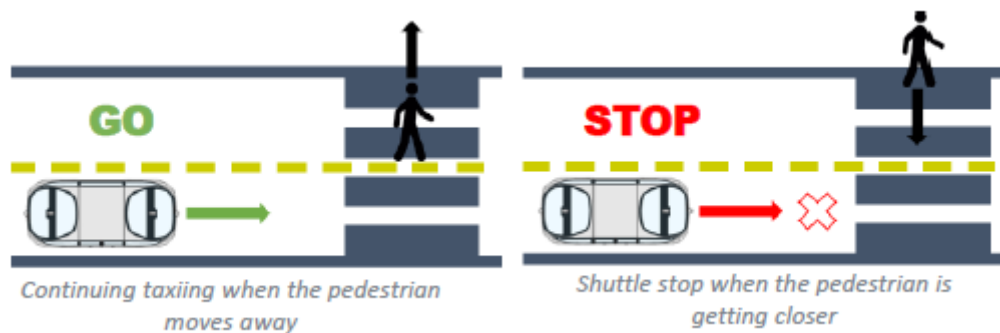


Figure 11 - Perception objet mouvant ou statique

- Ordinateur de bord : de nouvelles informations seront disponibles, par exemple la perception de l'environnement du véhicule permettant ainsi aux grooms d'identifier plus facilement les éléments considérés comme des obstacles sur le parcours.
- Assistance en mode manuel : possibilité d'activer ou non l'assistance en mode manuel (détection d'obstacles)
- Manette : meilleure sensibilité et fluidité pour la conduite en manuel
- Transition du mode manuel en mode automatique : meilleur confort pour les passagers car transition plus douce
- Feux de freinage : activation également lors de décélérations importantes en plus des freinages habituels.

Développements prévus	Etat
Augmentation vitesse	Discussions en cours avec Navya
Mandats HEIA	En cours
Développements avec Bestmile	En cours
Mise à jour de la cartographie	Programmée pour début novembre

L'avancée des différents mandats académiques a été freinée cet été et par conséquent les divers mandats académiques ont regrettamment stagné. Pour rappel, le premier mandat concernait la vérification de la connexion 3G via un système annexe et la comparaison avec les données des navettes. 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. L'analyse doit permettre de trouver des pistes d'optimisation.

Le troisième mandat 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. Ce workpackage a été terminé en mai 2019. Des mesures ont été réalisées avec une caméra thermique. Tout d'abord, une série de clichés a été prise lorsque le véhicule était sous tension, à l'arrêt et non connecté à la prise de recharge. Les températures mesurées oscillaient entre 40 et 50 degrés. D'autres photos ont ensuite été prises lorsque le véhicule était éteint et connecté à la prise de recharge. Durant les 30 premières minutes les températures étaient d'environ 20°C. Ensuite, les températures étaient d'environ 30°C. La conclusion du rapport est qu'il n'y a pas d'échauffement anormal. Par contre, le connecteur d'une prise est abimé et il est donc nécessaire de le réparer.



Figure 12 - Niveau d'échauffement du câble après 30 minutes (30°C)

4. Conclusion

Après une phase de progrès importante, ce semestre a été malheureusement marqué par une baisse de fiabilité durant l'été. L'incident de juin a eu beaucoup d'impacts sur l'exploitation et a clairement mis un coup de frein à l'évolution positive du projet. Le climat n'a pas arrangé les choses puisqu'il a fallu faire face à deux extrêmes climatiques, soit de la neige en début avril et des jours caniculaires en juillet. Le Marly Innovation Center est en pleine mutation et les premiers travaux de construction ont démarré à fin août. Un nouvel accès dans le site a été construit et une nouvelle programmation est donc nécessaire. Quelques changements vont impacter l'offre. Une cadence 15 minutes entre 6h30 et 9h00 ainsi qu'entre 16h et 18h sera effective dès le changement d'horaire le 15 décembre prochain. Le reste de la journée, la cadence 30 minutes est conservée. La communication avec Navya n'a pas été aisée durant la période estivale entraînant un retard sur les différents mandats académiques.

Le prolongement de l'autorisation va permettre de continuer à améliorer le système mais surtout à mettre en place sur le terrain les développements en cours avec Bestmile ainsi que de retrouver une stabilité dans l'exploitation.