

# Complément N°2 à l'étude de suivi de l'HEIA-FR

## Point de vue des Transports publics fribourgeois

---



Source : TPF | Jo Bersier

## Version définitive

Novembre 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.

Ce deuxième rapport se focalise sur le deuxième semestre d'exploitation des navettes, soit la période d'avril à septembre 2018 compris.

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

### 2.1. Point de situation des problèmes issus du 1<sup>er</sup> rapport

Dans le premier rapport d'expérience, un certain nombre de problèmes était toujours en cours. Le tableau ci-dessous correspond à une mise à jour de l'état d'avancement pour résoudre ces points.

Problème	Etat de la situation
<b>Perte localisation virage entre Labos et Tech</b>	Diminution de la vitesse, apparition du problème rare (< 1 fois par jour)
<b>Perte localisation et GPS Rte Ancienne Papeterie</b>	Intervention de Navya prévue mi-novembre
<b>Surchauffe prise électrique</b>	Problème résolu
<b>Antenne GNSS</b>	Mandat HEIA
<b>Joystick</b>	Nouveau type de manettes avec un câble renforcé
<b>Véhicules mal parkés Home</b>	Situation améliorée
<b>Véhicules franchissant interdiction ou feux rouges</b>	Augmentation de la présence policière et dénonciation systématique des véhicules franchissant la mise à ban de la Route de l'Ancienne Papeterie

### 2.2. Problèmes détaillés

D'avril à septembre 2018, différents dysfonctionnements ont fait leur apparition. Les tableaux suivants les résument et sont séparés en 2 catégories distinctes : les problèmes déjà présents les 6 premiers mois et les nouveaux problèmes apparus.

Les numéros, dans les tableaux, 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 : Avril à Juin 2018  
 Période 2 : Juillet à Septembre 2018

**Partie 1 : Problèmes déjà présents les 6 premiers mois et encore d'actualité**

Problème	1	2	Mesures prises / en cours
Perte localisation virage entre Labos et Tech	X	X	Diminution de la vitesse, apparition du problème rare (< 1 fois par jour)
Passage en mode manuel tronçon Route Ancienne Papeterie	X	X	Intervention de Navya prévue mi-novembre
Antenne GNSS	X	X	Redémarrage
Véhicules franchissant interdiction ou feux rouges	X	X	Augmentation de la présence policière et dénonciation systématique des véhicules franchissant la mise à ban de la Route de l'Ancienne Papeterie
Chantiers		X	Fouille dans la route d'accès au home
Météo	X	X	Arrêt exploitation durant les orages
Amortisseurs	X	X	Arrêt exploitation et intervention technicien Navya

**Explications des problèmes**

- Perte localisation virage Labos-Tech : La vitesse a été réduite dans le virage afin que les navettes puissent franchir « le pont métallique » sans encombre. Il y a eu une nette amélioration mais il arrive encore quelques fois que la navette s'arrête à cet endroit (moins d'une fois par jour).



**Figure 1 - Perte de localisation secteur Labos-Tech**  
 Source : TPF

- Mode manuel « Route Ancienne Papeterie » : Les opérateurs conduisent toujours manuellement les navettes dans la montée de la Route de l'Ancienne Papeterie (tronçon des arbres). Navya va déployer une nouvelle cartographie 3D mi-novembre pour s'affranchir de cette problématique.
- Antenne GNSS : Chaque matin, l'antenne GNSS redémarre automatiquement. Il arrive que ce redémarrage ne se fasse pas correctement et qu'une intervention manuelle est nécessaire. Navya va modifier l'heure du redémarrage de l'antenne hors des heures d'exploitation pour qu'en cas de problème, l'intervention manuelle puisse avoir lieu avant la mise en circulation des véhicules le matin.

- Véhicules franchissant mise à ban ou feux rouges : une baisse des infractions a pu être observée durant l'été que ce soit au niveau des feux rouges ou de la mise à ban de la Route de l'Ancienne Papeterie. Malheureusement, l'accalmie n'a été que de courte durée puisque depuis la rentrée scolaire, une recrudescence des comportements punissables a été constatée. Le MIC a décidé de dénoncer tous les véhicules qui ne respectent pas la mise à ban. De plus, la police locale et cantonale a augmenté sa présence.
- Chantiers : une nouvelle fouille a eu lieu sur la route d'accès au home des Epinettes. Durant 10 jours, les opérateurs ont dû circuler en mode manuel sur cette partie. Le gros œuvre du chantier à côté du home est dorénavant terminé donc normalement des travaux conséquents dans le gabarit de circulation des navettes ne devraient plus avoir lieu.
- Météo : quelques orages durant la période estivale ont obligé les opérateurs à reprendre en manuel les navettes pour les mettre à l'abri. Le véhicule de substitution a dû être utilisé jusqu'à ce que le temps se calme. Lors de fortes averses, les navettes font des saccades qui sont inconfortables.
- Amortisseurs : deux problèmes d'amortisseurs sont survenus sur la navette 698 (verte) entre les mois de juin et de juillet. Ces avaries mécaniques ont engendré dans les deux cas un arrêt d'exploitation de plusieurs jours jusqu'au retour à Lyon de la navette début juillet la première fois et à l'intervention d'un technicien de maintenance de Navya sur site la deuxième fois. Du côté de la navette 699 (rouge) aucun souci de ce type n'a été relevé ces 6 derniers mois.



Figure 2 - Problème d'amortisseur sur la navette 698  
Source : TPF

## Partie 2 : nouveaux problèmes

Problème	1	2	Mesures prises / en cours
Déviations de trajectoire consécutives à des pertes de localisation	X	X	Intervention de l'opérateur pour arrêter le véhicule, problèmes de localisation
Bug écran de contrôle	X		Mises à jour logiciel
Marche arrière	X		Rappel aux opérateurs et mise à jour logiciel
Arrêt Tech manqué	X		Mise à jour logiciel
Diagramme perception	X	X	Mise à jour logiciel
Climatisation (699)		X	Intervention du mécanicien TPF
Plaque support moteur	X		Bruit anormal, intervention mécanicien
Défaillance puissance		X	Extinction du véhicule et redémarrage complet
Freinages inopinés		X	Analyse des logs par Navya

## Explications des problèmes

- Déviation de trajectoire : plusieurs déviations de trajectoires ont eu lieu sur les deux navettes (2 fois en avril, 1 fois en mai, 2 fois en juin et 1 fois en août). Les opérateurs interviennent immédiatement en stoppant la navette lorsqu'ils constatent une déviation et ce même si la navette s'arrêterait toute seule quelques secondes plus tard. Après analyse des données, Navya a conclu qu'il s'agissait d'une mauvaise localisation du véhicule sur son tracé. Il est apparu qu'après une conduite en manuel (en général le tronçon des arbres), les opérateurs ont relancé les navettes en mode automatique trop rapidement sans que ces dernières n'aient eu le temps de se repositionner correctement. Les consignes pour remettre en mode automatique correctement les véhicules ont été répétées aux opérateurs afin d'éviter ce type de problèmes à l'avenir.



Figure 3 - Déviation de trajectoire dû à une mauvaise transition manuel / auto  
Source : TPF

- Bug écran de contrôle : différents soucis de logiciels ont affecté l'écran de contrôle de fin-avril à mi-juin. Par exemple, soudain il été impossible de désélectionner un arrêt programmé ou d'actionner le bouton Go/Stop sur l'écran. Il est aussi arrivé que la carte affichée disparaisse puis réapparaisse après quelques secondes. Navya a procédé à des corrections à distance qui ont résolu ces divers incidents.

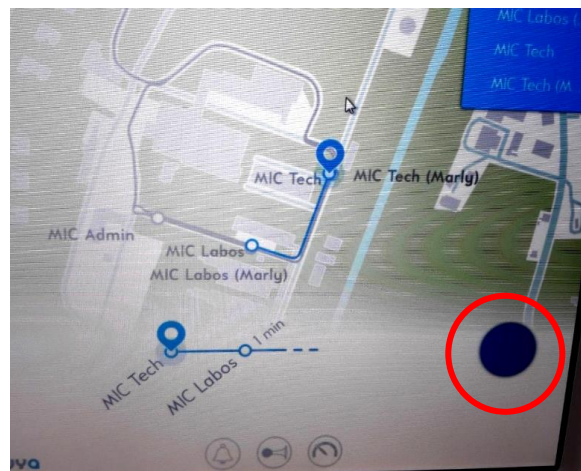


Figure 4 - Bug du bouton "GO"  
Source : TPF

- Marche arrière : A l'arrêt Admin, la navette est repartie en marche arrière direction du « giratoire ». Il s'est avéré que les opérateurs n'avaient pas sélectionné le prochain arrêt dans la bonne direction (MIC Tech vs MIC Tech (Marly)). La navette a donc cherché à effectuer le trajet le plus court. Les opérateurs ont été sensibilisés sur l'importance de bien sélectionner l'arrêt dans la bonne direction, de vérifier sur l'écran que l'itinéraire proposé est correct et de finalement lancer le mode automatique. Navya a également procédé à quelques modifications de logiciels afin d'exclure certaines propositions d'itinéraires erronées.

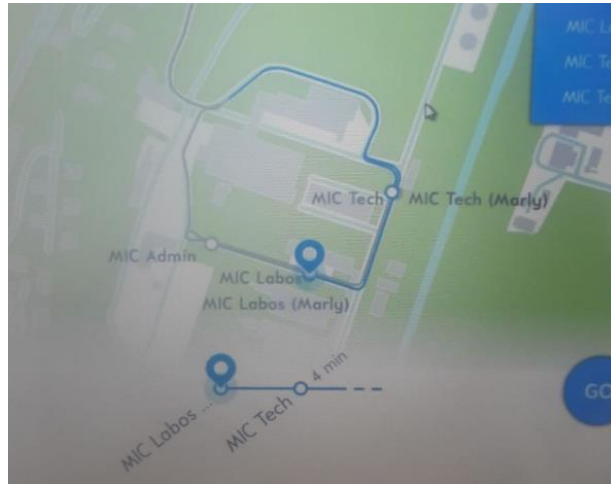


Figure 5 - Itinéraire erronée suite à une mauvaise sélection d'arrêt  
Source : TPF

- Arrêt Tech manqué : A deux reprises en début avril, la navette 699 (rouge) ne s'est pas arrêtée à l'arrêt Tech alors qu'il était sélectionné. Navya a prélevé les logs et est intervenu dans le logiciel à distance. Depuis cela, cet oubli ne s'est plus reproduit.
- Diagramme perception et vision : Durant 2 jours en juillet, les diagrammes Perception et Vision ne fonctionnaient pas correctement sur les 2 navettes ce qui entraînaient des arrêts inopinés. Ces bugs sont apparus suite à des mises à jour afin d'obtenir la remontée des flux des caméras via Bestmile. Navya a finalement pu résoudre le problème à distance.

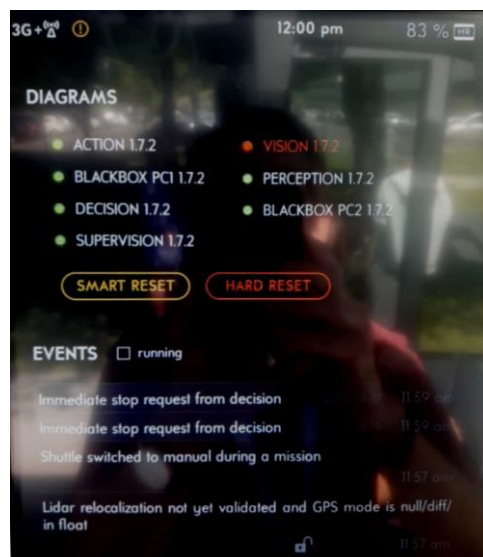


Figure 6 - Erreur du diagramme Vision  
Source : TPF

- Climatisation : Au mois de juin, la climatisation de la navette 699 (rouge) a cessé de fonctionner. Navya a expédié des pièces de rechange pour qu'un mécanicien TPF puisse faire les réparations nécessaires directement sur site.
- Plaque support moteur : Les soucis d'amortisseurs ont produit des vibrations qui ont provoqué des bruits anormaux qui ont interpellé les opérateurs. Navya a procédé au changement de la plaque support moteur lors du retour de la navette 698 (verte) à Lyon et ils ont également changé les vis du triangle de fixation du berceau.
- Défaillance puissance : A une reprise, la navette 698 (verte) s'est brusquement arrêtée sur la Route de l'Ancienne Papeterie alors qu'elle était en mode manuel. Il a été impossible pour l'opérateur de faire avancer ou reculer le véhicule. Navya a été prévenu, la navette a été éteinte puis redémarrée après quelques minutes. L'opérateur a pu à nouveau rouler normalement. Une défaillance du ventilateur pour refroidir le moteur est soupçonnée par Navya. L'incident ne s'est pas reproduit par la suite.
- Freinages inopinés : Soudainement, les deux navettes ont commencé à freiner intempestivement entre la barrière et l'arrêt Tech sur le long bout droit derrière les bâtiments. Après analyse des logs, Navya a conclu à une détection d'obstacles. Après un fauchage de l'herbe le long du parcours, le problème a été résolu.



Figure 7 - Freinage inopiné secteur Tech  
Source : TPF

### 2.3. Appréciation générale et impacts sur l'exploitation

La période d'avril à juin a été passablement compliquée avec beaucoup de soucis mécaniques sur la navette 698 (verte) et un nombre récurrent de bug du logiciel. A mi-juin, une nouvelle mise à jour a été effectuée afin de résoudre les dysfonctionnements liés à l'écran de contrôle et tenter la connexion à distance des caméras des navettes à la plateforme de Bestmile. Ensuite, la situation s'est clairement améliorée dès juillet avec une exploitation plus stable des deux véhicules. Cela peut être constaté dans les statistiques concernant la conduite en mode manuel.

Concernant les parties mécaniques des véhicules d'une manière générale, il a été constaté une usure relativement rapide des pneus. En effet, ceux-ci ont été changés fin avril sur les deux véhicules après 4'900 km pour la navette 698 (verte) et 3'000 km pour la 699 (rouge). Il est supposé le poids important des véhicules (plus de 2 tonnes) en est la cause. De plus, il a été remarqué qu'un côté était plus usé que l'autre donc à priori le poids n'est pas bien réparti.

La navette 699 (rouge) a connu une défaillance de la climatisation qui a été contraignante pour les opérateurs les jours de grande chaleur. Du côté de la navette 698 (verte), il est constaté des problèmes récurrents aux amortisseurs qui ont dû subir plusieurs réparations. Il est à noter que ces soucis ont eu des impacts sur les pièces du support moteur qui ont également dû être révisées. Plusieurs jours d'arrêts d'exploitation ont été la conséquence de ces incidents.

A nouveau la végétation a été une préoccupation. En effet, les averses et les températures agréables ont favorisé une croissance rapide de l'herbe et des haies notamment. Il n'est donc pas toujours évident d'obtenir des fauches et des tailles à intervalle plus régulier qu'habituellement de la part de la Commune et des propriétaires privés. Mais une fois, ceux-ci effectués, l'amélioration de la fluidité de circulation des navettes est flagrante.



**Figure 8 - Végétation perturbant les navettes**  
Source : TPF

Au mois de septembre, deux sessions de trois jours de formation de l'ensemble des 6 opérateurs ont eu lieu. Ces journées étaient constituées d'un rappel des bases, de théories et d'exercices pratiques. Ceci a permis à tous les opérateurs, les plus anciens comme les derniers arrivés d'apprendre beaucoup de petites astuces qui évitent l'apparition de certaines erreurs par la suite (par exemple, définition de la position idéale où passer du mode manuel au mode automatique, etc.). Certaines mauvaises habitudes ont ainsi pu être supprimées. Les opérateurs ont fortement apprécié ces journées et s'appliquent à mettre en pratique les différentes astuces apprises.

### 3. Prochaines étapes

#### 3.1. Développements futurs

Quelques développements vont intervenir cet hiver pour améliorer et faire évoluer le projet.

Développements prévus	Mesures
Passage en mode automatique de la Route de l'Ancienne Papeterie	Intervention de Navya sur site mi-novembre
Antenne GNSS	Changement heure redémarrage
Accès au garage en mode automatique	Cartographie de l'accès au garage

L'amélioration la plus importante et la plus attendue est le franchissement de la Route de l'Ancienne Papeterie en mode automatique. Initialement, il avait été prévu d'ajouter des



panneaux le long de la route afin de créer des points fixes pour aider les navettes à se localiser correctement. Finalement, le marquage de lignes au sol et une cartographie plus performante devraient être suffisants. Navya va procéder à ces nouveaux déploiements à mi-novembre. Les TPF attendent beaucoup de cette intervention.

Suite aux nombres croissants de pertes de connexion de l'antenne GNSS qui se trouve sur le toit d'un bâtiment du MIC, Navya va changer les heures programmées de redémarrage automatique. Ce dernier aura lieu très tôt le matin afin qu'une éventuelle avarie puisse être détectée avant la première course. Durant les prochains mois, les TPF seront attentifs à ce point afin de voir si une amélioration est constatée.

Lors de la prochaine re-cartographie du site, il est prévu d'intégrer l'accès au garage des navettes au parcours puisque les travaux de gros œuvre des bâtiments alentours sont terminés. Ainsi l'entier du parcours sera effectué en mode automatique et les opérateurs gagneront en confort. Il n'est pas encore défini si la navette s'arrêtera devant la porte du garage ou si elle ira seule jusqu'à l'intérieur du bâtiment. Cela dépendra de la qualité de réception du GPS.

Des discussions sont en cours avec Navya afin que les navettes puissent directement commander l'ouverture de la barrière du MIC et les feux de signalisation. Comme il s'agit de prestations supplémentaires au contrat de base, des coûts supplémentaires sont à prévoir et à discuter.

De plus, du côté de Navya, diverses améliorations sont en cours de développement et devraient pouvoir être déployées sur les navettes du MIC courant 2019. Parmi celles-ci, peuvent être citées une meilleure prise en compte de l'environnement incluant une meilleure compréhension des objets qui bougent (différenciation entre un piéton qui traverse et une voiture qui dépasse par exemple), une amélioration du confort des passagers avec des freinages plus doux, une augmentation des vitesses et la possibilité d'éviter des obstacles se trouvant sur le parcours (écart de 20 à 30 centimètres du parcours initial).

Concernant la collaboration avec Bestmile, les opérateurs vont prochainement avoir à leur disposition une application leur permettant de signaler tous les problèmes rencontrés. Dès lors, il sera ainsi plus simple de synthétiser les informations et de les communiquer aux différents partenaires. Dans un deuxième temps, le but sera d'y intégrer également le comptage des passagers afin d'éliminer les formulaires papier actuellement utilisés.

Dès que le passage de la forêt pourra être effectué automatiquement, les tests d'exploitation « à la demande » pourront démarrer ainsi que le développement des correspondances automatiques avec la ligne 1.

## 4. Conclusion

Après une année d'exploitation, les TPF ont fait face à toutes sortes de problèmes variés et imprévisibles. Certes, il y a eu des périodes d'exploitation plus compliquées que d'autres mais l'expérience acquise est importante et enrichissante. Une partie des dysfonctionnements récurrents a pu être solutionnée et les différents partenaires continuent à fournir les efforts nécessaires pour améliorer en continu le système. Le Marly Innovation Center poursuit son expansion et les navettes entrent dans les habitudes des employés comme un moyen de transport « normal ».

De grandes attentes se portent dorénavant sur l'intervention des ingénieurs de Navya planifiée en mi-novembre et qui devrait permettre de faire l'entier du parcours en mode automatique sans intervention de l'opérateur. Cette amélioration permettra d'effectuer une avancée significative dans le projet et de développer avec Bestmile différents modes d'exploitation.