



MARLY-MIC | MISE EN ŒUVRE DES NAVETTES AUTOMATISEES
ETUDE DE SUIVI | RAPPORT INTERMEDIAIRE | 18 MAI 2018

SOMMAIRE

1	Cadre de l'étude.....	4
2	Généralités.....	5
2.1	Contexte.....	5
2.2	Caractéristiques du MIC.....	5
2.3	Contexte post-navettes.....	7
2.4	Fonctionnement des véhicules.....	8
2.5	Fonctionnement général du réseau projeté.....	8
2.6	Tracé.....	9
3	Analyse du fonctionnement de la ligne.....	11
3.1	Généralités.....	11
3.2	Nombre de passagers transportés.....	12
3.2.1	Préambule.....	12
3.2.2	Période 1 : Lancement de la ligne 100.....	12
3.2.3	Période 2 : Mise à l'horaire.....	14
3.2.4	Période 3 : De février à mars.....	16
3.2.5	Synthèse intermédiaire.....	19
3.3	Nombre de kilomètres parcourus.....	20
3.3.1	Préambule.....	20
3.3.2	Période 1 : Lancement de la ligne 100.....	20
3.3.3	Période 2 : Mise à l'horaire.....	20
3.3.4	Période 3 : De février à mars.....	20
3.3.5	Synthèse intermédiaire.....	21
3.4	Vitesse moyenne de circulation.....	22
3.4.1	Préambule.....	22
3.4.2	Période 1 : Lancement de la ligne 100.....	22

3.4.3	Période 2 : Mise à l'horaire	22
3.4.4	Période 3 : De février à mars	22
3.4.5	Synthèse intermédiaire	22
3.5	Temps de conduite en mode automatique/manuel	24
3.5.1	Préambule	24
3.5.2	Période 1 : Lancement de la ligne 100	24
3.5.3	Période 2 : Mise à l'horaire	24
3.5.4	Période 3 : De février à mars	24
3.5.5	Synthèse intermédiaire	25
3.6	Problèmes rencontrés	26
3.6.1	Préambule	26
3.6.2	Problèmes techniques	26
3.6.3	Eléments extérieurs	27
3.6.4	Synthèse intermédiaire	27
4	Questionnaires à destination des usagers	28
4.1	Généralités	28
4.2	Objectifs	28
4.3	Traitement des données	29
4.3.1	Origine/destination	29
4.3.2	Raisons du déplacement	30
4.3.3	Autres moyens de déplacement	31
4.3.4	Impressions générales des usagers sur les navettes et le groom	32
4.3.5	Synthèse intermédiaire	33
5	Bilan intermédiaire	34

1 Cadre de l'étude

Deux navettes automatisées Navya circulent, depuis le 22 septembre 2017 à Marly (FR). Elles relient le site du Marly Innovation Center (MIC) aux lignes régulières des transports publics de l'agglomération via l'arrêt Marly Cité.

Ce nouveau mode de transport est le premier de Suisse à être mis à l'horaire et faire partie intégrante du réseau de transports publics. Il vise à répondre à deux objectifs :

- desservir en transports publics une zone d'activités en développement (comprenant aujourd'hui près de 500 emplois)
- tester une solution innovante pour la desserte du dernier kilomètre.

Dans ce contexte, les principaux acteurs du projet (tpf, MIC, agglomération et canton) ont mandaté la Haute Ecole d'Ingénierie et d'Architecture de Fribourg (HEIA-FR) pour suivre la mise en œuvre de ce projet tant du point de vue technique que de celui de l'acceptabilité des usagers. Des réflexions seront également menées sur le possible déploiement de navettes automatisées dans des secteurs excentrés pour les desservir par le biais d'un système de transport moins onéreux qu'un système classique de ligne de bus.

Ce rapport vise à présenter l'état de l'expérience après le premier semestre en termes d'exploitation.



2 Généralités

2.1 Contexte

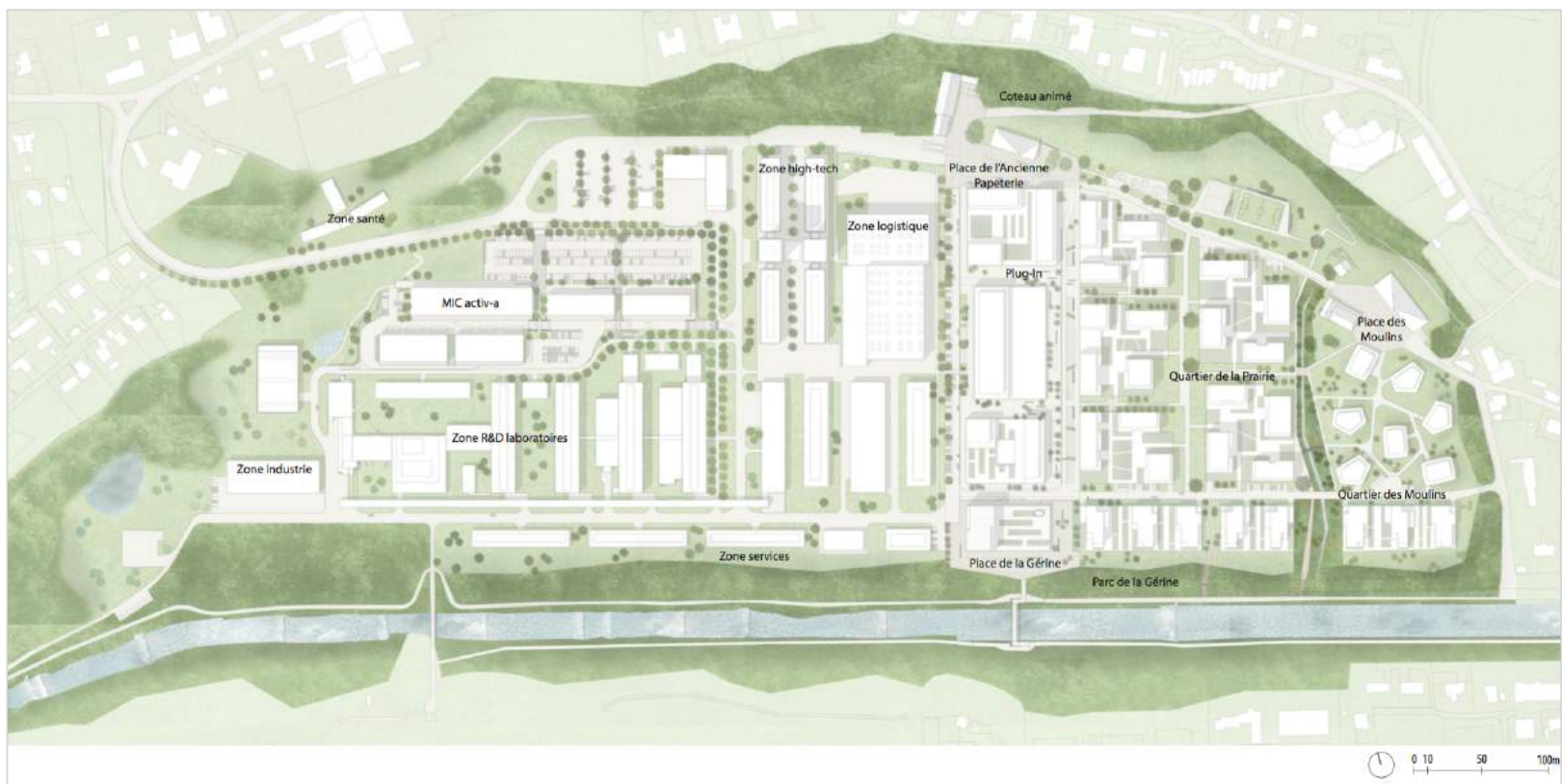
Le site d'activité du Marly Innovation Center (MIC) est desservi par des navettes automatisées connectées à la ligne de transports publics d'agglomération n°1 et aux lignes régionales des bus TPF au niveau de l'actuel arrêt « Marly Cité » situé au centre de la commune.

Le tracé retenu pour ces navettes part du secteur des Epinettes (devant le home médicalisé), emprunte le chemin des Epinettes sur une cinquantaine de mètres, descend la route de l'Ancienne Papeterie pour terminer son parcours dans le périmètre du MIC. Le détail du tracé sera précisé dans la suite du document.

2.2 Caractéristiques du MIC

Le MIC est situé en contrebas de la route de Fribourg sur la commune de Marly. L'objectif de ce projet est de redynamiser le site, ancien haut-lieu de l'industrie fribourgeoise, en réalisant une zone d'activités portée sur l'innovation et les activités à forte valeur ajoutée. A terme, 1'500 emplois sont prévus (depuis la reprise du site, près de 500 emplois ont été créés).

Plus à l'Est de la zone, un quartier d'habitations est planifié (PAD Ancienne Papeterie). Celui-ci regroupera à terme plus de 1'000 logements. Une mixité des activités est également prévue avec l'implantation d'un centre d'achat de quartier, une administration communale et d'autres services. L'enjeu est de construire un quartier durable permettant de regrouper des habitations et des zones d'emplois afin de renforcer la centralité de Marly et de réduire les déplacements induits.



Projet du développement du MIC

2.3 Contexte avant le lancement des navettes

La zone du MIC se situe à plus de 10 minutes de marche des arrêts de transports publics de la route de Fribourg (Marly Cité et Marly Jonction). A court terme, aucune prolongation de ligne de transports publics n'est envisagée. Ainsi, afin d'offrir rapidement une première desserte du site, la mise en place de navettes automatisées a été proposée et soutenue par les différents partenaires.

Dans le secteur des Epinettes, la circulation sur le chemin du même nom est limitée aux riverains. Ce secteur est limité à 30 km/h et chaque intersection est gérée selon le principe de priorité à droite.



Situation post-navettes

2.4 Fonctionnement des véhicules

Les navettes automatisées sont des véhicules pouvant se mouvoir sans intervention humaine. Elles se déplacent par réception d'un signal qui permet de transmettre les informations de navigation mais également par le biais de capteurs type caméras et LIDAR. Cette dernière reproduit en temps réel l'environnement du véhicule. Ainsi, lorsqu'un obstacle est détecté la navette s'arrête. Ce dédoublement de technologie a pour but de sécuriser au maximum la circulation des véhicules.

Le tracé des navettes a été programmé dans le logiciel embarqué, néanmoins si le signal n'est pas transmis aux véhicules, ces derniers s'arrêtent même si les capteurs fonctionnent.

Malgré une technologie qui permet aujourd'hui aux navettes de se déplacer sans intervention humaine, cette présence reste obligatoire légalement. En effet, la Convention de Vienne de 1968, base de la réglementation internationale en terme de circulation routière, fixe que « *Les systèmes de conduite automatisée seront explicitement autorisés sur les routes, à condition qu'ils soient conformes aux règlements des Nations Unies (ONU) sur les véhicules ou qu'ils puissent être contrôlés voire désactivés par le conducteur.* » Ainsi, il est aujourd'hui interdit de voir circuler ce type de véhicule sans une personne dans l'habitacle susceptible de reprendre le contrôle en cas d'incident. A terme, l'objectif du déploiement généralisé des navettes est la modification des conventions internationales autorisant une circulation en toute autonomie de ces véhicules. Pour rappel, le poste le plus important dans le budget d'exploitation d'une ligne de transports publics est celui du salaire des chauffeurs. Le développement technologique des véhicules automatisés vise donc à réduire les coûts d'exploitation pour les gestionnaires de ligne.

Néanmoins, à l'heure actuelle, des opérateurs, employés des tpf, sont présents dans les navettes et ont pour rôle de reprendre le contrôle de ces dernières en cas de danger ou de problèmes techniques. Ils ont également pour fonction de communiquer avec les passagers, cette situation est facilitée par la proximité qu'offre les navettes. Ils ont pour statut celui de « groom ».

2.5 Fonctionnement général du réseau projeté

Il a été envisagé que le réseau fonctionne avec deux navettes aux heures de pointe, c'est-à-dire, de 6h45 à 8h15, de 11h30 à 13h30 et de 16h45 à 18h15. Lors de la phase de test qui devait se dérouler initialement de la mise en service à la mise à l'horaire de la ligne (en décembre 2017), il était prévu de réaliser les essais nécessaires in situ pour atteindre une cadence au quart d'heure aux heures de pointe afin d'assurer la correspondance avec la ligne 1 TPF au niveau de l'arrêt « Marly Cité ». Pour rappel, aux heures de pointe, la fréquence de la desserte de l'arrêt « Marly Cité » est de 7.5 minutes.

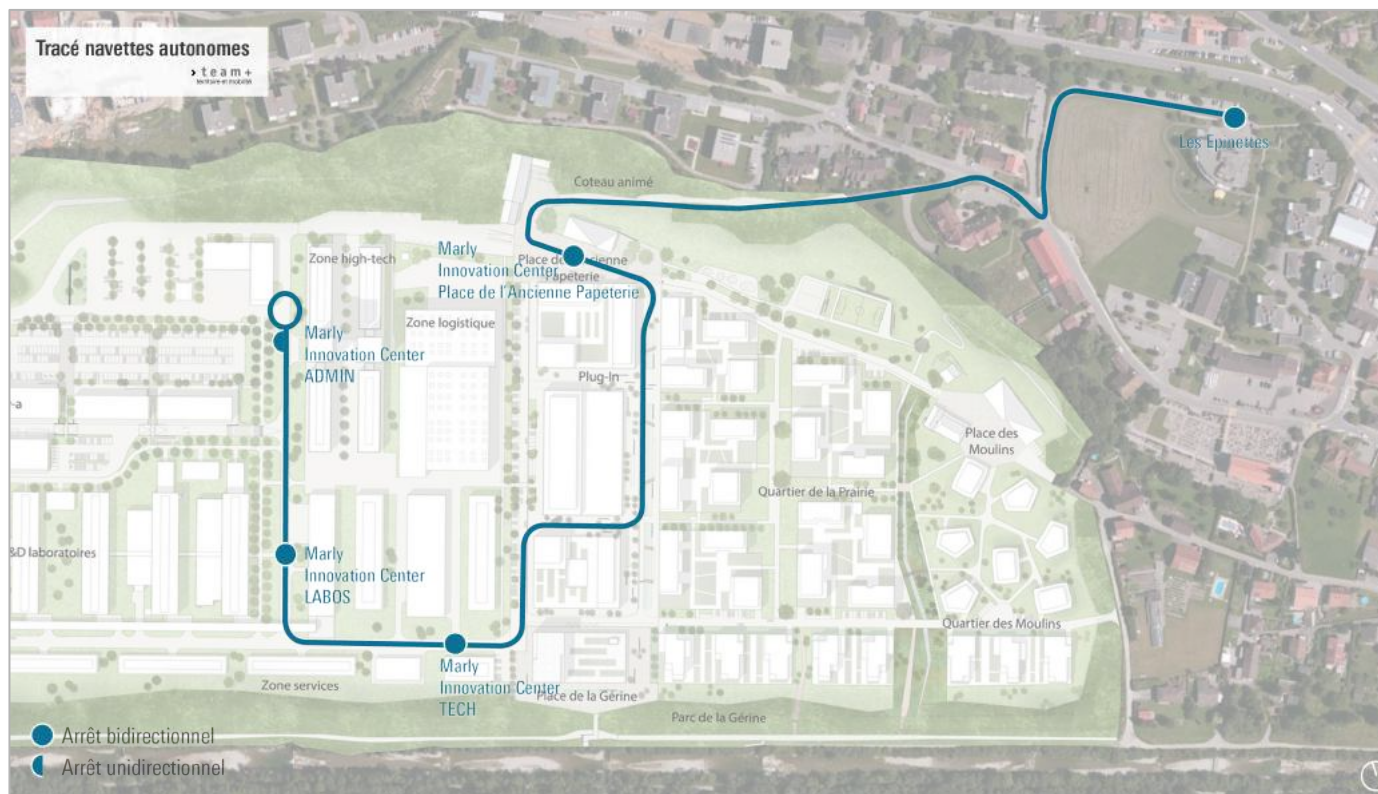
En dehors des heures de pointe, il a été envisagé que le système fonctionne à la demande pour permettre également la recharge d'un des deux véhicules. Seuls les arrêts prévus sont desservis durant les périodes creuses.

Pour information, la vitesse commerciale de ce type de véhicule prise en considération lors du projet a été de 10 à 15 km/h. La position des arrêts est présentée dans la suite de ce document.



2.6 Tracé

Le tracé fait environ 1.350 km. Pour une vitesse commerciale de 15 km/h, les correspondances sont assurées aux heures de pointe avec la ligne 1 TPF dans le projet de la mise à l'horaire. 4 arrêts ont été aménagés, dont 3 sur le site du MIC, le quatrième se situe en face du home des Epinettes, à proximité du chemin piétonnier allant en direction de l'arrêt « Marly Cité ».



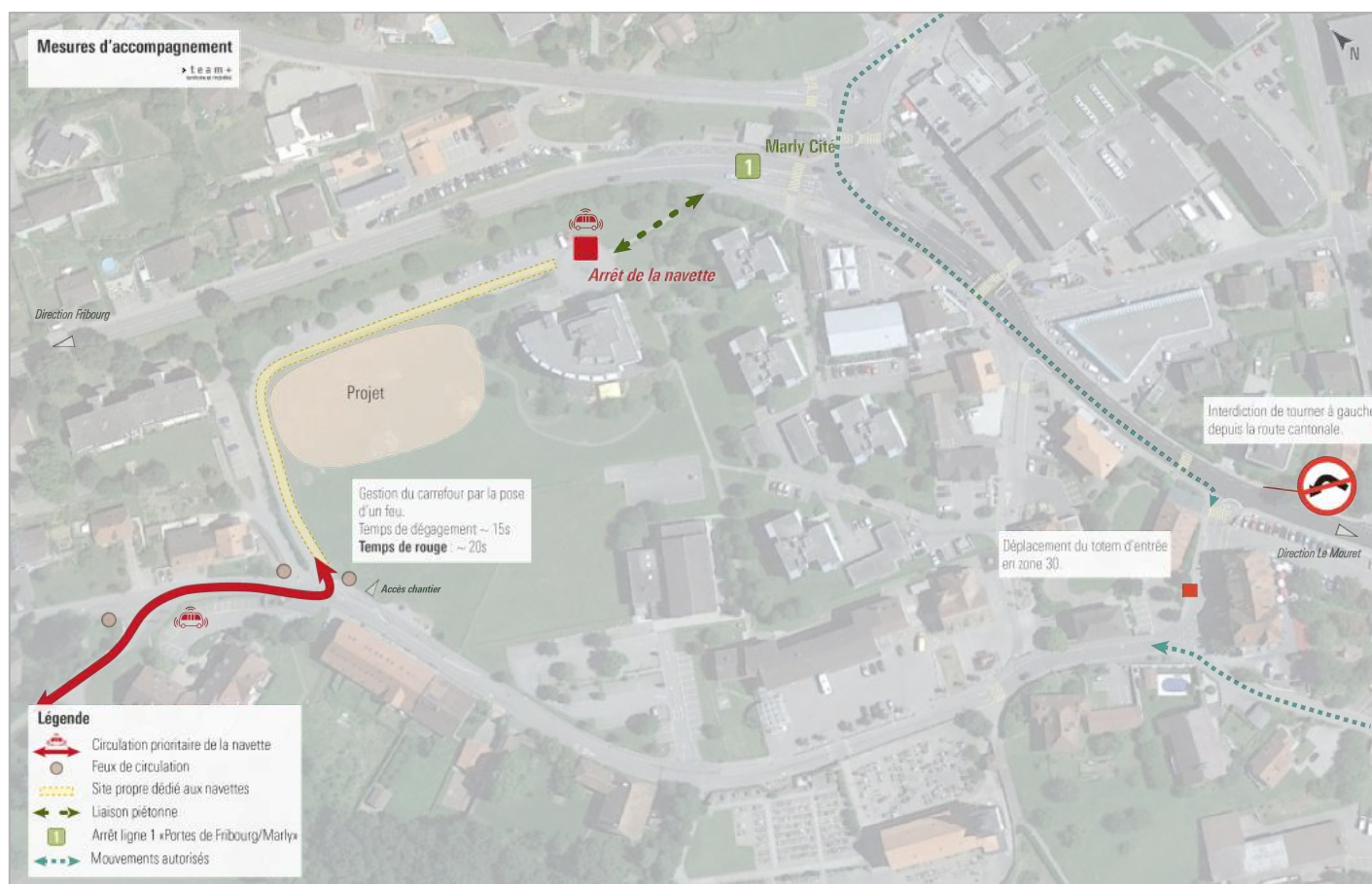
Tracé des navettes automatisées avec le projet de développement du MIC

Durant la phase de projet, le postulat développé a été que les circulations des navettes automatisées se fassent en site propre sur la majorité du tracé. Cette configuration permet de limiter les possibles conflits avec les autres usagers de la voirie et ainsi éviter les situations de blocage de la ligne. Par conséquence, la route de l'Ancienne Papeterie, appartenant au MIC, a été fermée à la circulation des véhicules motorisés. Cette fermeture s'accompagne d'autres dont la suppression du mouvement de tourner-à-gauche depuis la route cantonale sur la route du Chevalier pour fluidifier les circulations au niveau du carrefour et limiter le trafic de transit. Cette modification permet d'améliorer le niveau de service du carrefour et de diminuer ainsi le temps d'attente des véhicules souhaitant s'insérer sur la route cantonale. Ce mouvement d'entrée peut alors s'opérer via la route de St-Eloi ou par rebroussement au giratoire de Marly-Cité. Cette mesure permet par ailleurs d'éviter

un phénomène d'autoblocage et de refoulement sur la route cantonale observé auparavant entre les véhicules sortants et entrants lié à la longueur de la file d'attente et la position du totem de zone 30 qui est également déplacé.

Les secteurs de « mixité » avec les autres usagers de la voirie ont fait l'objet d'un traitement différencié.

Une zone de croisement est présente sur le site du MIC, sur la route de l'Ancienne Papeterie, à mi-chemin entre les terminus de la ligne afin d'assurer la circulation simultanée des deux navettes, notamment aux heures de pointe et également permettre le croisement avec des cycles ou des piétons.



Mesures d'accompagnement pour la mise en place des navettes automatisées

3 Analyse du fonctionnement de la ligne

3.1 Généralités

Plusieurs données ont été récoltées par le biais soit des grooms soit des logiciels embarqués des véhicules. Dans cette partie, divers éléments sont synthétisés afin d'avoir un premier aperçu du fonctionnement des navettes depuis leur mise en service en septembre. La période de relevés a eu lieu sur les six premiers mois d'exploitation (septembre 2017-mars 2018). Le mois de septembre étant peu représentatif, il n'apparaît pas dans la suite du document.

Les différentes données répertoriées sont les suivantes :

- _ le nombre de passagers transportés,
- _ le nombre de kilomètres parcourus,
- _ la vitesse moyenne des véhicules
- _ le temps de conduite en mode automatique,
- _ les problèmes récurrents.

L'analyse des données a été réalisée sur trois périodes, la première lors de l'inauguration de la ligne, la seconde depuis le changement d'horaires et la dernière depuis février jusqu'à mars.

3.2 Nombre de passagers transportés

3.2.1 Préambule

Depuis l'inauguration de la ligne le 22 septembre 2017, elle fonctionne avec deux navettes. Néanmoins, les aléas climatiques et les problèmes techniques rencontrés ont limité l'exploitation de la ligne à plusieurs reprises. Ainsi, un véhicule de remplacement de type Renault Kangoo a été mis en place par les tpf pour assurer le fonctionnement de la ligne en décembre.

Il est à noter que les capteurs des navettes sont sensibles aux conditions météorologiques et les véhicules ne peuvent pas circuler lorsqu'il y a des intempéries ou de la neige par exemple. Cette contrainte est un frein important dans le fonctionnement de la ligne comme elle l'a été pensée au stade de projet.

Lors de la mise en service de la ligne, le service offert par les navettes était gratuit jusqu'au changement d'horaires sur l'ensemble du réseau tpf en décembre 2017. Cette donnée a certainement eu un impact dans le nombre de passagers transportés. A l'heure actuelle, un titre de transport valable dans la zone 10 de l'agglomération fribourgeoise permet aux usagers d'emprunter les navettes. Toutefois, aucun titre de transport n'est vendu par les grooms ou au niveau des arrêts sur le tracé de la ligne 100. Malgré cela, les courses de démonstration pour les curieux restent gratuites.

En outre, avec les changements des grilles horaires en décembre 2017 sur l'ensemble du réseau tpf, une cadence à la demi-heure des navettes a été mise en place. Durant l'avant-projet, il avait été envisagé qu'elles aient une cadence au quart d'heure aux heures de pointe afin d'assurer une connexion efficace et attractive avec la ligne 1 au niveau de l'arrêt Marly Cité. Néanmoins, suite aux problèmes rencontrés lors des deux premiers mois de mise en service, il a été préconisé par le gestionnaire du réseau d'assurer une cadence moins importante mais sûre et permettant de gérer les potentiels arrêts momentanés des navettes. Les tpf ont communiqué via la presse sur ce changement de gestion de ligne afin de sensibiliser la population sur cette décision.

Enfin, les tableaux intégrés au rapport ont été fournis par les tpf. Ils regroupent les informations concernant les montées/descentes pour l'ensemble des arrêts sur le tracé. La ligne « correction » concerne le correctif apporté aux comptages effectués par les grooms.

3.2.2 Période 1 : Lancement de la ligne 100

Les clients transportés ont été comptés à partir du 4 octobre. Durant ce mois, 487 personnes ont emprunté les navettes, soit environ 25 usagers par jour. Ce chiffre est en baisse de 30% en novembre, avec 342 passagers, soit par jour moins de 20 personnes en moyenne.

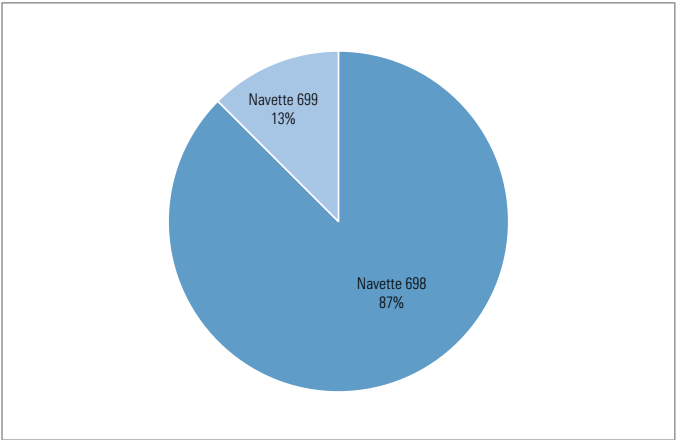
Cette différence remarquable peut s'expliquer par l'effet "curiosité" du lancement des navettes en octobre.

Le détail des montées/descentes figure dans le tableau ci-après.

		M	D	Charge
Aller	Epinettes		245	245
	Tech		0	245
	Labos		0	245
	Admin		0	0
	Correction		245	
		M	D	Charge
Retour	Admin	0		0
	Labos	144		144
	Tech	0		144
	Epinettes		100	0
	Correction		44	

Données d'octobre 2017

Cette donnée permet de mettre en évidence que l'arrêt les Epinettes est le plus emprunté par les usagers et que l'effet curiosité en octobre lié à la mise en service de la ligne explique cette attractivité de l'arrêt. Le graphique ci-dessous montre que la navette 698 a transporté plus de passagers que la 699. Ce premier résultat montre que l'usage des deux véhicules n'est pas égal sur la ligne.

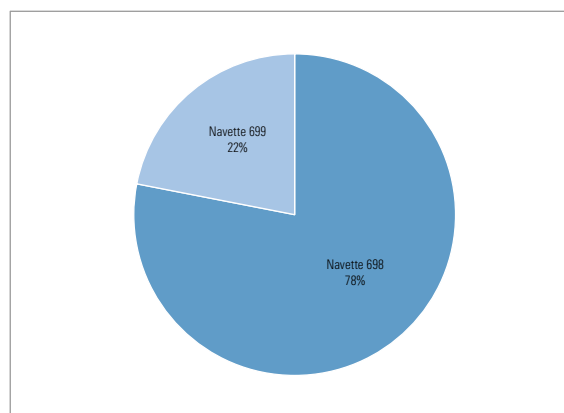


Pourcentages de passagers transportés – octobre 2017

En novembre, les chiffres sont différents malgré l'importance de l'arrêt les Epinettes. L'effet aller/retour est moindre ce mois-ci.

		M	D	Charge
Aller	Epinettes	184		184
	Tech		0	184
	Labos		0	184
	Admin		0	0
	Correction		184	
		M	D	Charge
Retour	Admin	0		0
	Labos	144		144
	Tech	0		144
	Epinettes		28	0
	Correction		116	

Données de novembre 2017



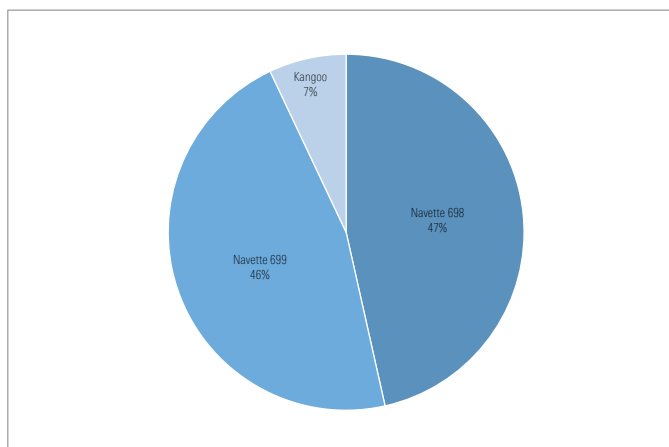
Pourcentages de passagers transportés – novembre 2017

3.2.3 Période 2 : Mise à l'horaire

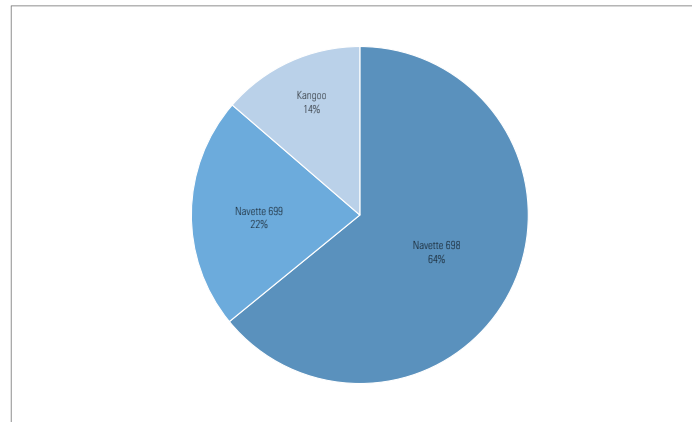
Au mois de décembre, 185 passagers ont été transportés par les navettes. Une baisse de plus de moitié est alors remarquable entre le mois de novembre et décembre. Cette situation s'explique par notamment les nombreux problèmes techniques rencontrés sur les véhicules qui ont nécessité une immobilisation voir un envoi à Lyon de la navette des tpf notamment.

D'ailleurs, 13 personnes ont utilisé le Kangoo pour réaliser leur déplacement, soit environ 7% de l'ensemble des usagers transportés en décembre.

Les conditions météorologiques sont aussi une cause de l'arrêt de la desserte de la ligne par les navettes et donc du faible nombre de passagers transportés en comparaison avec les mois précédents.



Pourcentages de passagers transportés – décembre 2017



Pourcentages de passagers transportés – janvier 2018

Ce chiffre augmente légèrement en janvier avec 234 personnes transportées, toutefois la part des usagers ayant pris le Kangoo a augmenté de 7 points par rapport au mois précédent. Cette donnée est liée aux problèmes techniques rencontrés par une des deux navettes (la 699).

		M	D	Charge
Aller	Epinettes		97	97
	Tech		37	60
	Labos		18	42
	Admin		65	0
	Correction		-23	

		M	D	Charge
Retour	Admin	118		118
	Labos	4		122
	Tech	15		137
	Epinettes		114	0
	Correction		23	

Données de décembre 2017

		M	D	Charge
Aller	Epinettes	108		108
	Tech		29	79
	Labos		16	63
	Admin		62	0
	Correction		1	
Retour	Admin	45		45
	Labos	29		74
	Tech	3		77
	Epinettes		78	0
	Correction		-1	

Données de janvier 2018

Entre décembre et janvier, la tendance des montées/descentes est changée. En effet, durant le premier trimestre d'exploitation, l'effet tour était plus marqué. Durant la période décembre/janvier, les arrêts Epinettes et Admin restent fortement empruntés mais les arrêts intermédiaires sont, dans une moindre mesure, utilisés également. On peut penser que les actifs du site utilisent plus les navettes dans leurs déplacements et que certainement ce service leur permet de réaliser de courts trajets sur le MIC.

Si on rapporte les chiffres du nombre de passagers transportés par jour, on arrive à une moyenne de 11 personnes en décembre et janvier. La question de l'attractivité du service proposé par les navettes peut alors se poser même si la période expérimentale est toujours en cours.

3.2.4 Période 3 : De février à mars

Le nombre de passagers transportés a augmenté sur ces deux mois, avec pour le mois de février 240 personnes et pour le mois de mars, 368.

Toutefois, l'emploi du Kangoo en février a été important. En effet, plus de 17% des personnes transportées ce mois-ci l'ont été avec le véhicule de remplacement. Cette donnée est à mettre en relation avec les conditions climatiques ne permettant pas l'exploitation des navettes ainsi que l'arrêt pour cause de problème technique de la navette 698. En mars, cette dernière a également été immobilisée.

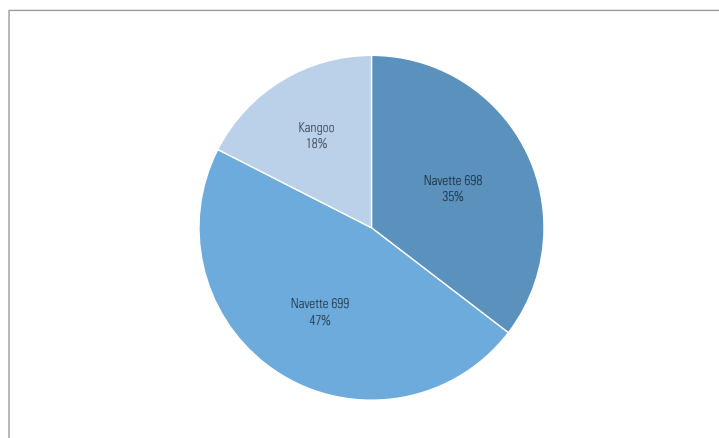
Malgré le fait que le chiffre brut des usagers transportés a augmenté durant cette période en comparaison avec les mois précédents, le nombre de personnes utilisant les navettes par jour reste faible (17 pour le mois de février, 19 pour le mois de mars).

Les données montées/descentes par arrêt s'inscrivent dans la même logique qu'entre la période de décembre à janvier.

		M	D	Charge
Aller	Epinettes	120		120
	Tech		33	87
	Labos		20	67
	Admin		85	0
	Correction		-18	

		M	D	Charge
Retour	Admin	107		107
	Labos	7		114
	Tech	6		120
	Epinettes		102	0
	Correction		18	

Données de février 2018

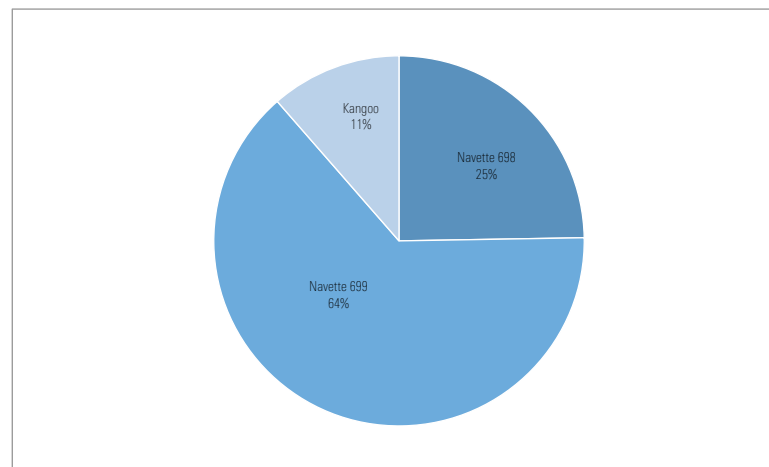


Pourcentages de passagers transportés – février 2018

		M	D	Charge
Aller	Epinettes	120		120
	Tech		33	87
	Labos		20	67
	Admin		85	0
	Correction		-18	

		M	D	Charge
Retour	Admin	107		107
	Labos	7		114
	Tech	6		120
	Epinettes		102	0
	Correction		18	

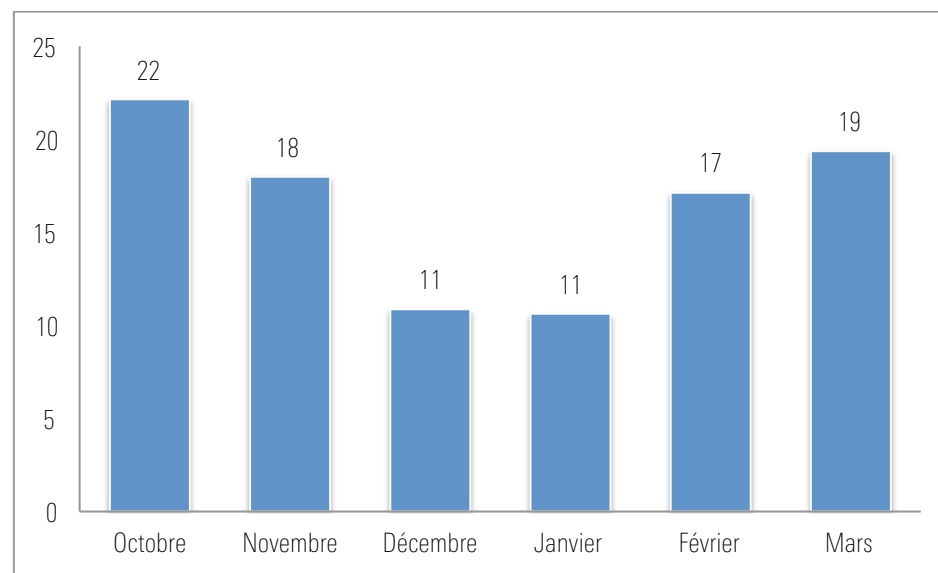
Données de mars 2018



Pourcentages de passagers transportés – mars 2018

3.2.5 Synthèse intermédiaire

Lors des 6 premiers mois d'exploitation des navettes automatisées, 1'856 passagers ont été transportés. Avec une moyenne de 16 personnes empruntant ce service par jour, on peut se demander dès à présent l'efficienne de la ligne. Les nombreux incidents nécessitant l'immobilisation des véhicules et la cadence à la demi-heure sont certainement des éléments péjorants la perception d'un service efficace par les potentiels usagers.



Nombre de passagers transportés en moyenne par jour

3.3 Nombre de kilomètres parcourus

3.3.1 Préambule

Comme indiqué précédemment, le tracé de la ligne fait environ 1.3 kilomètres et permet de relier la zone du MIC à la ligne 1 des tpf via le home des Epinettes.

Les données fournies concernant le nombre de kilomètres parcourus englobent également les hauts-le-pied. C'est pourquoi, il est nécessaire de nuancer les résultats qui découlent de l'analyse.

3.3.2 Période 1 : Lancement de la ligne 100

Seuls les chiffres d'octobre et de novembre sont pleinement exploitables (lancement de la ligne fin septembre). Ainsi en octobre, les deux navettes réunies ont parcouru 926 kilomètres mais la navette 699 n'a parcouru que 160 kilomètres. En effet, des problèmes techniques ont immobilisé le véhicule durant une grande partie du premier mois d'exploitation.

En novembre, la distance totale parcourue est plus importante (1'089) et les deux véhicules ont parcouru des distances équivalentes. Toutefois, si on ramène ce chiffre au nombre de kilomètres réalisés par jour, la moyenne est d'environ 55 kilomètres (pour les deux véhicules).

3.3.3 Période 2 : Mise à l'horaire

En préambule, il est nécessaire de rappeler qu'à cette période, un véhicule de remplacement a été mis en place pour pallier aux immobilisations des navettes liées aux problèmes techniques.

Ainsi, au mois de décembre, le nombre total de kilomètres parcourus par les navettes et le véhicule de remplacement s'élève à 1'324 km. Néanmoins, l'analyse plus fine des chiffres d'exploitation montre que 38% des kilomètres parcourus l'ont été par le Kangoo.

La distance moyenne journalière s'élève à 74 km répartie entre les trois véhicules.

En janvier, sur un total de 1'549 km parcourus, plus de 50% ont été réalisés par la navette 698 et 30% par le Kangoo. Des problèmes techniques ont contraints la navette 699 à ne pas circuler pendant 3 semaines. La distance journalière moyenne parcourue est semblable à celle de décembre.

3.3.4 Période 3 : De février à mars

La situation en février est relativement équilibrée entre les trois différents véhicules. En effet, sur les 1'570 km parcourus 35% ont été réalisés par le Kangoo, 34% par la navette 698 et 30% par la 699.

La distance moyenne journalière s'élève à 78 km répartie entre les trois véhicules.

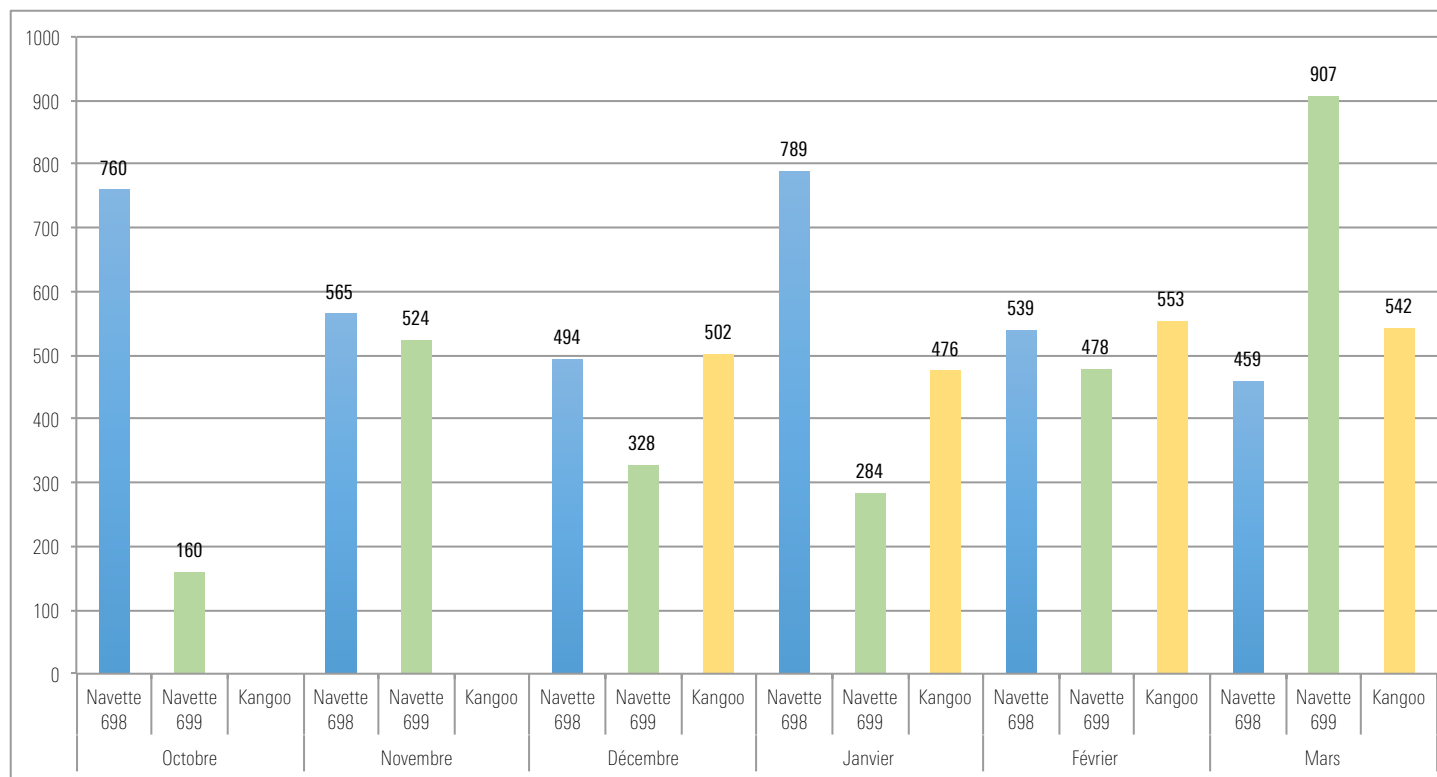
En mars, les distances parcourues sont plus importantes que les mois précédents, avec 1'908 km. Cela s'explique notamment par des conditions météorologiques plus clémentes.

Si on analyse les kilomètres parcourus par chacun des véhicules, 48% ont été réalisés par la navette 699, 28% par le Kangoo et 24% par la 698. Des problèmes techniques ont touché la navette 698 ce qui explique cette répartition.

La distance moyenne journalière s'élève à 91 km de moyenne répartie entre les trois véhicules.

3.3.5 Synthèse intermédiaire

Le nombre de kilomètres parcourus uniquement par les navettes est relativement faible. En effet, les nombreux problèmes techniques rencontrés entre décembre et mars appuient le fait qu'il est nécessaire dans un premier temps d'assurer le bon fonctionnement technique des véhicules avant de les intégrer pleinement dans une offre de transport public standard. Le service, tel qu'il est en place aujourd'hui, ne permet pas aux usagers de l'utiliser pleinement dans leurs déplacements quotidiens. La perception de ce manque de fiabilité du système par les usagers peut avoir une conséquence négative quant à l'intégration des navettes dans la chaîne du déplacement.



Nombre de kilomètres parcourus

3.4 Vitesse moyenne de circulation

3.4.1 Préambule

L'analyse des vitesses de circulation permet de comparer les vitesses réalisées par rapport à celles projetées et également d'étudier leur attractivité en fonction d'autres modes de déplacement comme par exemple le vélo voir la marche.

Pour rappel, la vitesse commerciale calculée à l'état de projet est de 15 km/h. Cette valeur permet d'assurer les correspondances aux heures de pointe avec les lignes régionales lors de la mise à l'horaire du réseau en décembre 2017.

La vitesse moyenne de circulation pour les deux navettes a été calculée sur la base des données fournies par Bestmile et selon le nombre de jour de circulation de chaque navette. Il n'est pas pris en considération les vitesses pratiquées par le Kangoo.

De nombreux problèmes de réception du réseau par les navettes sur le tronçon de la route de l'Ancienne Papeterie ont entraîné des arrêts et ont eu un impact important sur les vitesses de circulation. D'autres incidents, comme par exemple, le croisement de véhicules sur la partie en site propre des navettes a aussi engendré des arrêts. Ces divers problèmes seront traités dans la suite de cette étude.

3.4.2 Période 1 : Lancement de la ligne 100

Lors des deux premiers mois de lancement des navettes, la vitesse moyenne relevée a été comprise entre 8 et 9 km/h, sachant que les valeurs sont sensiblement identiques entre les deux véhicules malgré leur exploitation inégale (la navette 698 a effectué plus de trajets que la 699).

Néanmoins, ces valeurs sont très éloignées de celles envisagées pour assurer les correspondances lors de la mise à l'horaire du réseau tpf en décembre. Il est toutefois nécessaire de nuancer ces chiffres relevés durant la période de lancement et d'ajustement du tracé et du fonctionnement des navettes.

3.4.3 Période 2 : Mise à l'horaire

Entre décembre et janvier, les vitesses ont légèrement augmenté pour passer à une moyenne de 9 km/h. Elles sont sensiblement les même entre les deux navettes malgré les différences d'exploitation entre les deux véhicules (liées aux problèmes techniques de la navette 699).

L'amélioration de la vitesse de circulation ne permet toutefois pas d'atteindre l'objectif fixé lors de l'élaboration du projet. Ainsi, une desserte au quart d'heure durant l'heure de pointe n'a pas pu être mise en place du fait notamment de ces vitesses de circulation trop faibles.

3.4.4 Période 3 : De février à mars

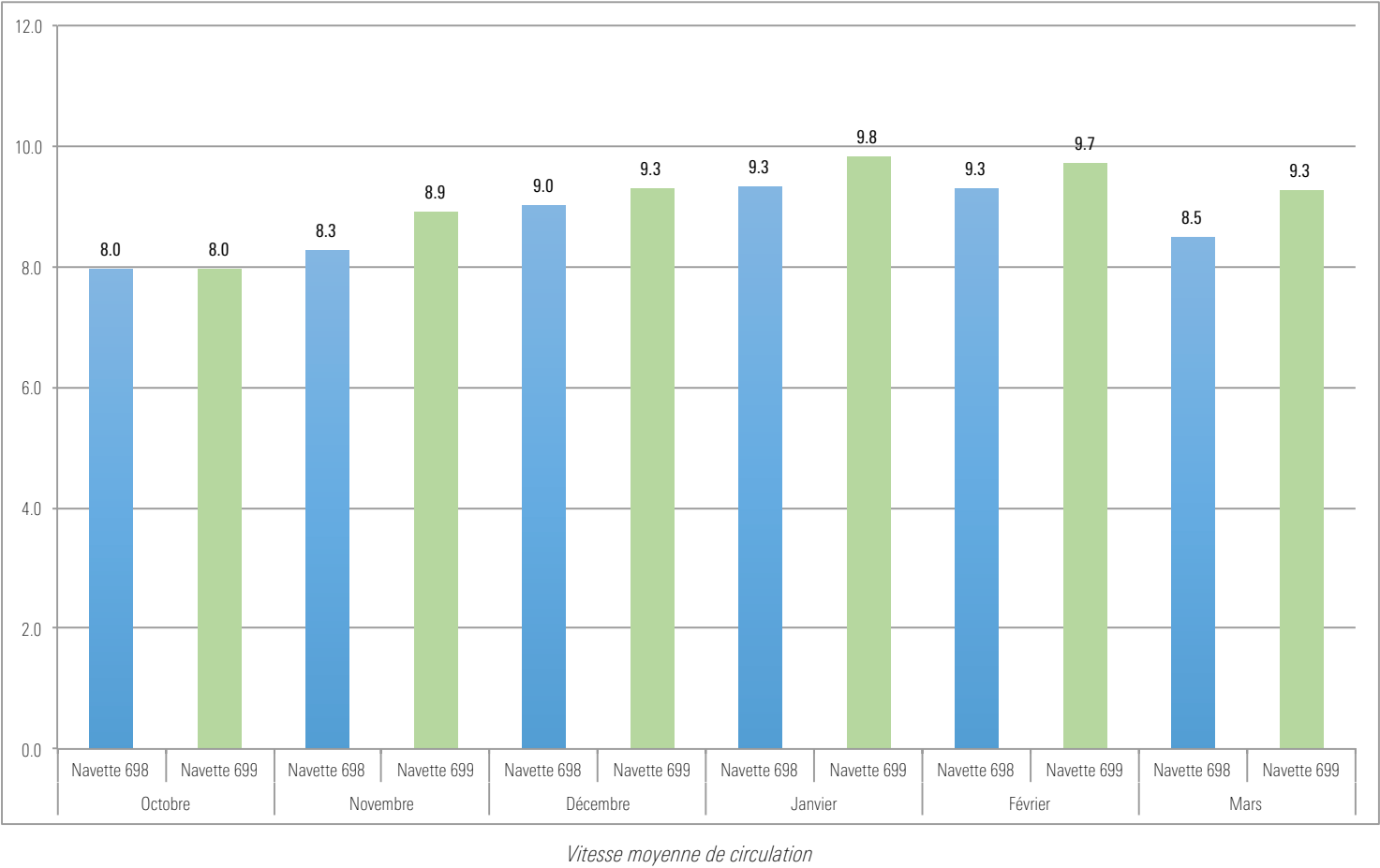
Les vitesses de circulation de février à mars sont sensiblement similaires à celles relevées précédemment, elles sont voir même en légère baisse.

Les arrêts successifs des navettes sur le tracé liés à des incidents constatés par les capteurs par exemple ont fortement impacté la vitesse moyenne de circulation.

3.4.5 Synthèse intermédiaire

Ainsi, les nombreux problèmes techniques liés soit aux navettes soit aux problèmes rencontrés sur le tracé (perte de signal récurrente sur le tronçon de la route de l'Ancienne Papeterie) ne permettent pas après 6 mois d'exploitation de répondre à l'objectif de vitesse fixé à l'étape de projet permettant de garantir la connexion avec les lignes de transports publics régulières au niveau de l'arrêt « Marly Cité ».

De plus, les vitesses de circulation relativement faibles rendent les navettes peu concurrentielles face aux cycles par exemple. A cela s'ajoute une desserte à la demi-heure et les divers problèmes techniques des véhicules ce qui renforce cette faible attractivité pour les usagers.



3.5 Temps de conduite en mode automatique/manuel

3.5.1 Préambule

La conduite en mode automatique signifie que le groom programme le véhicule pour qu'il effectue le trajet sans qu'il y ait une intervention humaine dans la conduite.

Les valeurs fournies par Bestmile sont en pourcentage et concernent le pourcentage de conduite en mode manuel.

3.5.2 Période 1 : Lancement de la ligne 100

Durant le mois d'octobre, les deux navettes n'ont pas les mêmes pourcentages de conduite en mode manuel. En effet, pour la navette 698 le temps de conduite en mode manuel a été moins important (52% du temps en mode manuel) que pour la navette 699 (68% du temps en mode manuel). Toutefois, les premières valeurs montrent bien que le temps de conduite en mode automatique est faible.

Pour le mois de novembre, le temps en conduite en mode manuel est sensiblement le même pour la navette 698 qu'au mois d'octobre (53%). La situation pour la navette 699 est différente car le pourcentage de temps en mode manuel est très élevé (81%). Cette valeur s'explique par les nombreux incidents qui ont touché cette dernière et notamment la perte du signal sur le tronçon de la route de l'Ancienne Papeterie.

3.5.3 Période 2 : Mise à l'horaire

Au mois de décembre, le temps de conduite en mode manuel a augmenté pour la navette 698 de manière significative (63%) alors qu'il a nettement baissé pour la navette 699 (51%). Néanmoins, ces valeurs restent élevées.

Au mois de janvier, elles ont réaugmenté de manière significative et pour passer à 60% et 73% du temps en mode manuel, respectivement pour la navette 698 et 699.

Ces fortes valeurs sont liées notamment aux problèmes rencontrés sur certaines portions du tracé, dont par exemple la route de l'Ancienne Papeterie, qui nécessitent la reprise en main de la navette par les grooms. Ce problème n'a toujours pas été résolu durant cette période.

3.5.4 Période 3 : De février à mars

Durant les mois de février et mars, le temps de conduite en mode manuel est revenu aux valeurs d'octobre/novembre, c'est-à-dire, qu'environ la moitié du temps le groom prend le contrôle du véhicule.

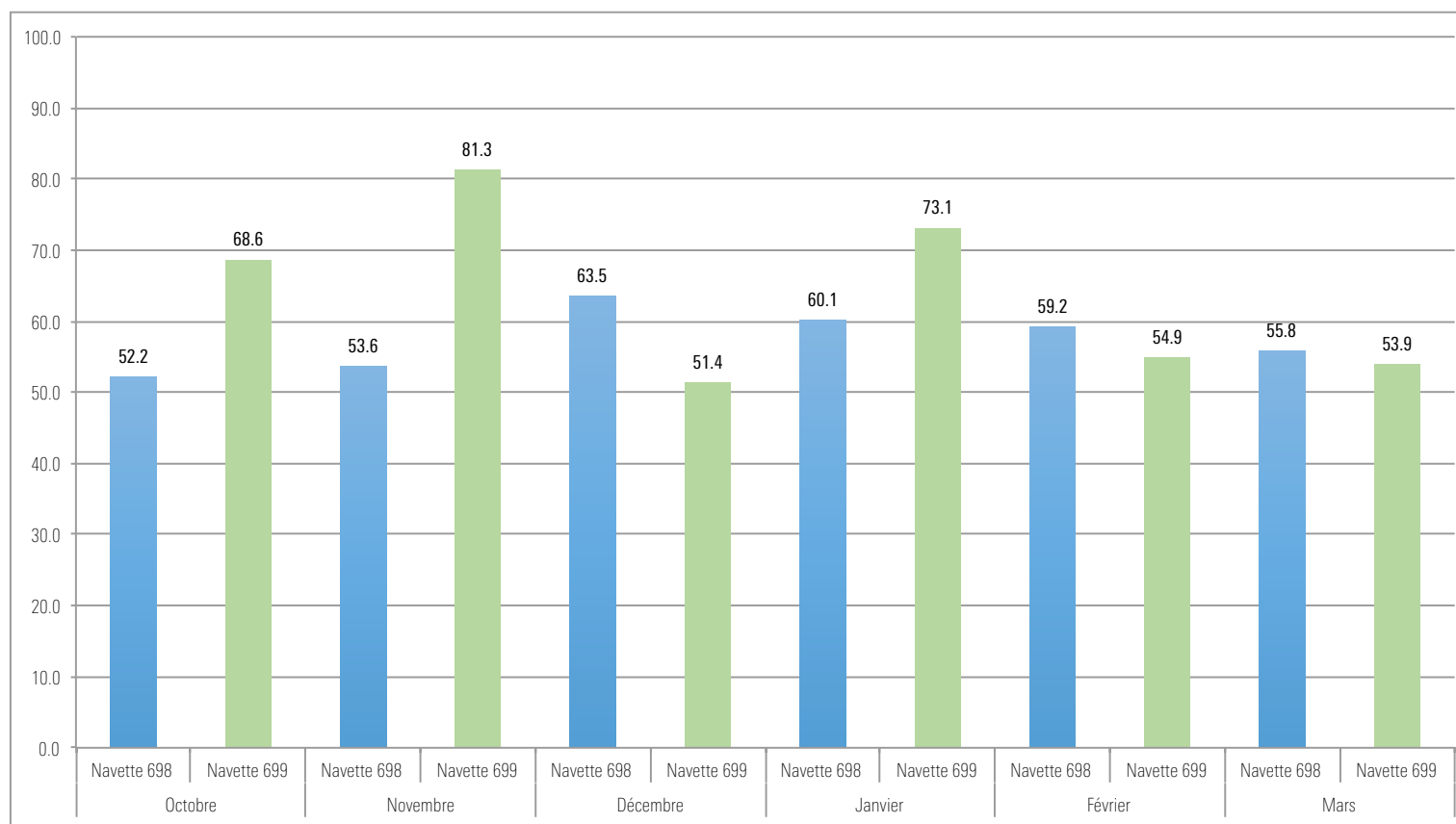
Ainsi, des améliorations sont constatées dans l'utilisation du mode automatique, néanmoins ces valeurs restent trop faibles.

3.5.5 Synthèse intermédiaire

Durant les six premiers mois d'exploitation, le mode automatique des navettes n'est pas efficace et le contrôle des véhicules par les grooms est encore trop important.

Des mesures supplémentaires sont envisagées pour améliorer ce point, avec notamment des essais d'aménagement de la route de l'Ancienne Papeterie afin de permettre le guidage des véhicules sans la perception du signal. En effet, ce secteur pose problème dans la réception du signal pour les navettes du fait notamment de l'arborisation dense.

Il est également nécessaire de nuancer ces chiffres par le fait que les données fournies intègrent également les manœuvres réalisées par les grooms en dehors du tracé, pour amener les véhicules au garage par exemple.



Pourcentage de conduite en mode manuel

3.6 Problèmes rencontrés

3.6.1 Préambule

Cette partie ne vise pas à faire un état des lieux détaillé des problèmes rencontrés lors des deux premiers mois de mise en service de la ligne 100. Néanmoins, l'analyse des incidents permet de comprendre les résultats des analyses statistiques précédentes et d'avoir un aperçu des problèmes rencontrés par le développement de ce nouveau mode de transport sur la voie publique.

Les incidents sont distingués dans le tableau suivant soit la technique/technologie et les facteurs extérieurs.

Ils n'ont pas été dissociés par période.

3.6.2 Problèmes techniques

<i>Problèmes techniques</i>	<i>Détails</i>
<i>Capteurs défectueux</i>	Les deux navettes ont été touchées par ce problème mais le capteur en cause était différent pour les deux véhicules.
<i>Problème de logiciel</i>	Uniquement un véhicule a subi ce problème. Il a nécessité une mise à jour complète du logiciel embarqué.
<i>Perte de localisation</i>	Les deux véhicules ont rencontré ce problème. En effet, deux tronçons sur la ligne sont problématiques et entraînent une perte de signal, le premier sur la route de l'Ancienne Papeterie (secteur dans la forêt), le second, dans le MIC entre les arrêts Admin et Labos. Les interférences sont liées à la présence d'une conduite métallique aérienne.
<i>Surchauffe de la prise électrique de charge des véhicules</i>	La charge des véhicules a été problématique du fait de la "surconsommation" d'électricité durant cette période. Toutefois, le problème a été résolu après une adaptation réalisée par Groupe E.
<i>Compresseur défaillant</i>	Le compresseur de la navette des tpf a lâché et a dû être remplacé.

3.6.3 Éléments extérieurs

<i>Éléments extérieurs</i>	<i>Détails</i>
<i>Véhicules franchissant l'interdiction</i>	La route de l'Ancienne Papeterie, appartenant au MIC, est fermée à la circulation motorisée afin de permettre la circulation des navettes dans un quasi site propre. Malgré la signalisation et les contrôles effectués par la police locale, plusieurs véhicules empruntent encore ce tronçon. Il est à noter que cette infraction est liée notamment aux GPS qui n'ont pas encore pris en compte que cet axe n'était plus ouvert à la circulation. Il a également été relevé que certaines personnes sont des riverains de la ligne et par habitude continuent de l'emprunter malgré l'interdiction.
<i>Dépassements dangereux</i>	Plusieurs véhicules ont dépassé les navettes par le trottoir alors qu'elles étaient dans le tronçon géré par les feux de signalisation. Suite à ces événements, des modifications ont été apportées au système de clignotants pour limiter les confusions. Néanmoins, une réflexion va également être menée sur la vitesse de circulation des navettes dans ce secteur afin de limiter le temps d'attente des véhicules arrêtés aux feux et ainsi réduire les situations à risque.
<i>Conditions météorologiques (neige)</i>	Au mois de novembre, un épisode neigeux a stoppé la circulation des navettes. En effet, les capteurs ne fonctionnent pas lorsqu'il y a de la neige. Un système de remplacement a donc été mis en place, il s'agit d'un petit véhicule utilitaire qui assure la desserte des arrêts.
<i>Véhicules mal parkés au niveau du home des Epinettes</i>	Plusieurs fois, les navettes ont été arrêtées devant le home du fait du stationnement hors case de certains véhicules notamment de livraison. Suite à une sensibilisation des automobilistes par les grooms, cette situation est aujourd'hui quasi inexistante.

3.6.4 Synthèse intermédiaire

La synthèse de l'ensemble des problèmes rencontrés montre que le système de navettes automatisées est encore au stade expérimental et qu'il nécessite d'être amélioré afin d'offrir aux usagers un mode de transport innovant et efficace dans leurs déplacements du quotidien.

4 Questionnaires à destination des usagers

4.1 Généralités

Un questionnaire a été créé à destination des usagers de la navette. Il est transmis par les grooms lors de la montée des passagers dans le véhicule. Il est court et constitué de questions fermées, c'est-à-dire que les réponses aux questions sont proposées sans avoir la possibilité de développer une réponse en particulier. En effet, il doit être complété rapidement par les usagers du fait, d'une part, de la durée du trajet et d'autre part, afin de ne pas susciter des questions qui pourraient être posées aux grooms durant le voyage et ainsi les déconcentrer.

Ce questionnaire est anonyme.

La période d'enquête a lieu durant le mois de novembre jusqu'à la mise à l'horaire de la ligne, c'est-à-dire le 13 décembre 2017.

51 questionnaires ont été remplis durant cette période. Le nombre de réponses est relativement faible, il faudra donc nuancer les résultats obtenus à la suite du dépouillement. Cet échantillon permet toutefois d'avoir une première approche sur la perception des navettes par les usagers.

Le traitement des données se fera par le biais d'un logiciel pouvant retranscrire les informations sous la forme de diagrammes croisés de type Excel.

4.2 Objectifs

L'objectif général de ce questionnaire est d'avoir une vision de la mobilité des usagers, toutefois chaque question possède un objectif précis, comme le montre le tableau ci-après.

<i>Questions</i>	<i>Objectifs</i>
<i>D'où venez-vous (point de départ de votre trajet actuel)?</i>	Avoir des informations sur l' origine des usagers
<i>Où allez-vous (point d'arrivée de votre trajet actuel)?</i>	Avoir des informations sur la destination des usagers
<i>Pour quelle raison vous vous déplacez en navette?</i>	Connaître le motif du déplacement
<i>Comment vous seriez vous déplacé (pour ce trajet) sans les navettes?</i>	Connaître les habitudes de déplacement « quotidiens »
<i>Quel(s) autre(s) moyen(s) de transport avez-vous pris avant ou allez-vous prendre après la navette? (plusieurs réponses sont possibles)</i>	Avoir des informations concernant la chaîne de déplacement des usagers des navettes

Ce questionnaire permettra d'avoir une vision de l'acceptabilité du système des navettes automatisées dès le premier trimestre de leur mise en service. Il vise à avoir une base de donnée suffisante qui sera dans un second temps comparée aux réponses récoltées durant une deuxième période d'enquête. En effet, cette dernière aura lieu après la mise à l'horaire de la ligne, c'est-à-dire, le 13 décembre 2017.

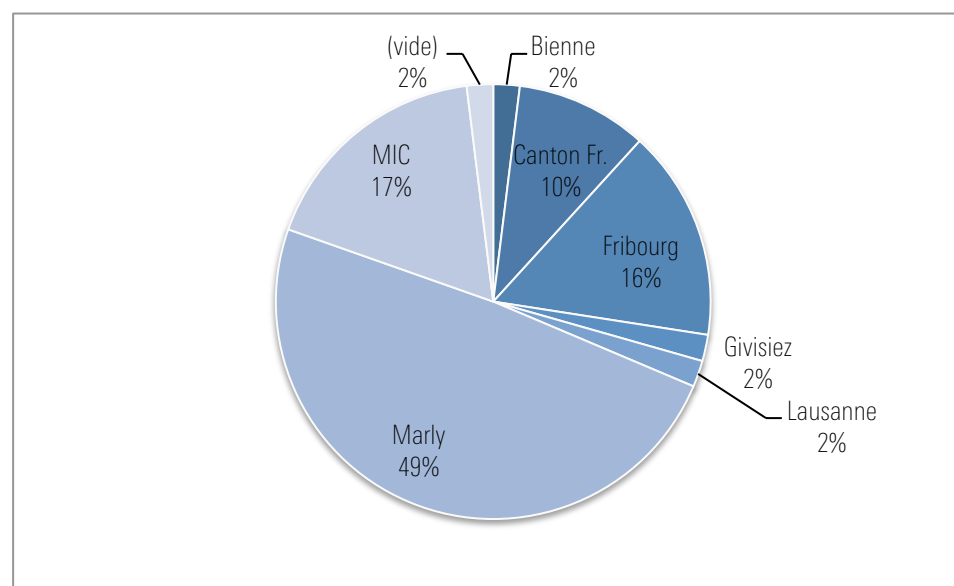
4.3 Traitement des données

4.3.1 Origine/destination

Pour commencer, il est nécessaire de préciser ici que ces deux premières questions ne semblent pas avoir été bien comprises par la majorité des personnes ayant répondu au questionnaire. En effet, concernant la question portant sur l'origine, certaines personnes semblent avoir compris que l'origine demandée était celle du point de départ et non celle de leur trajet actuel, comme précisé dans la dite question. Ensuite, pour la destination certaines personnes n'ont tout simplement pas répondu à cette question. Ainsi, les réponses à ces deux questions seront à nuancer.

Sur les 50 questionnaires remplis, la majorité des personnes interrogées est en provenance de Marly. Cette donnée peut être interprétée de deux manières différentes. La première, 49% des personnes interrogées viennent de Marly et y résident ou ces personnes ont répondu la commune du point de départ du déplacement en navette, auquel cas il est difficile de faire des hypothèses sur leur réelle provenance. Cependant, l'attrait de la population marlynoise à ce nouveau mode de déplacement et le fait que son accès soit gratuit pour les tours d'essai a certainement permis aux habitants de la commune de venir tester les navettes.

Il est à noter qu'une personne n'a pas répondu (ce qui explique le « vide »)



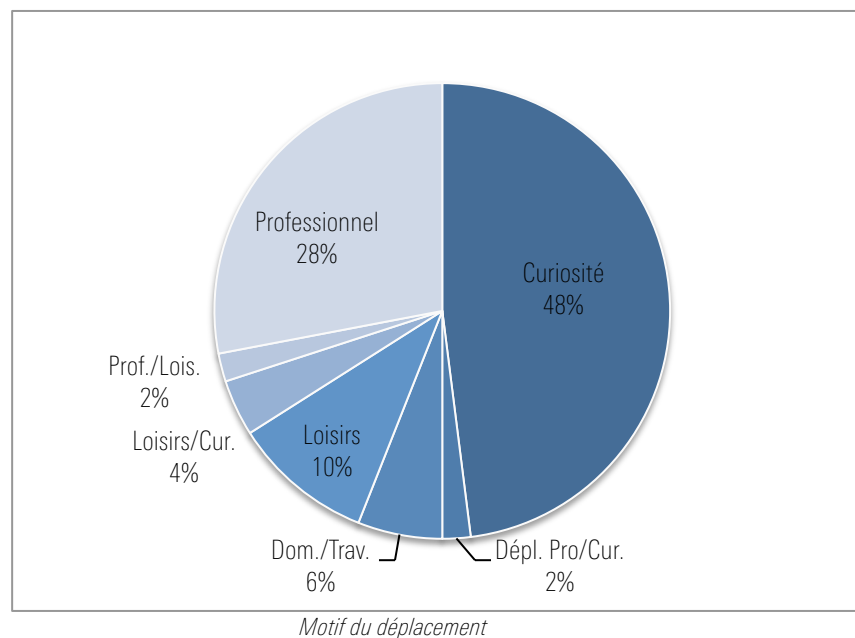
Provenance du panel

Au sujet des destinations, 10 personnes n'ont pas répondu à cette question, ce qui ne permet pas d'exploiter les résultats. Il est toutefois intéressant de remarquer que la plupart des personnes sont en direction du MIC. Cette observation recoupe les données de fréquentation des arrêts étudiées précédentes.

4.3.2 Raisons du déplacement

Cette question donne des informations quant au but du déplacement effectué. La période de sondage ayant été réalisée peu de temps après la mise en service de la ligne, les résultats obtenus sont encore influencés par l'effet d'attrait de la nouveauté suscité par les navettes auprès du public. Ainsi, 48% des personnes interrogées effectuent ce déplacement par curiosité. Néanmoins, les déplacements liés aux actifs (« Professionnel », « Domicile/Travail », ...) arrivent en seconde position.

Les navettes ne sont que très peu utilisées dans le cadre de déplacement lié aux loisirs.



Motif du déplacement

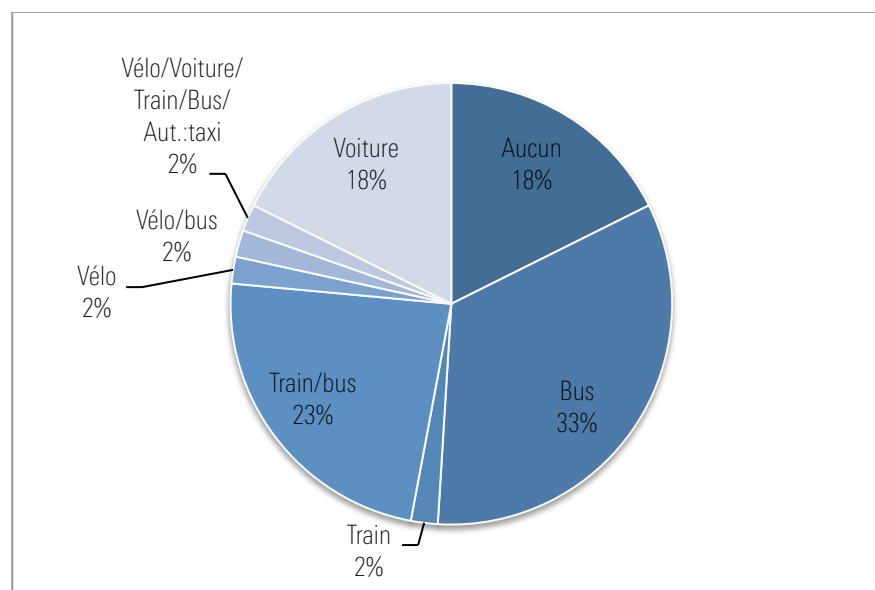
Cet effet « curiosité » est renforcé lorsque l'on croise les raisons du déplacement avec la question suivante, c'est-à-dire, *Comment vous seriez-vous déplacé (pour ce trajet) sans les navettes ?*. En effet, sur les 24 personnes ayant répondu « par curiosité », 14 n'auraient pas fait ce déplacement s'il n'y avait pas eu les navettes.

Par contre, les actifs qui auraient tout de même réalisé ce trajet sans les navettes se déplacent majoritairement à pied ou vélo pour ce trajet.

4.3.3 Autres moyens de déplacement

Cette question a pour objectif d'avoir un aperçu de la chaîne des déplacements des usagers des navettes et ainsi réfléchir à terme à une offre en transports publics répondant au mieux aux besoins des personnes et intégrant les navettes automatisées.

Plus de la moitié des personnes interrogées utilisent les transports publics en complément des navettes. On remarque ici que l'effet de curiosité des habitants de la commune est renforcé car 18% sont à pied. La part d'intermodalité navettes/vélos est très faible. On peut supposer que les cyclistes qui réalisent ce déplacement le font à 100% en vélo (ou en relation avec les TP) et ne trouvent pas pertinent l'usage des navettes.



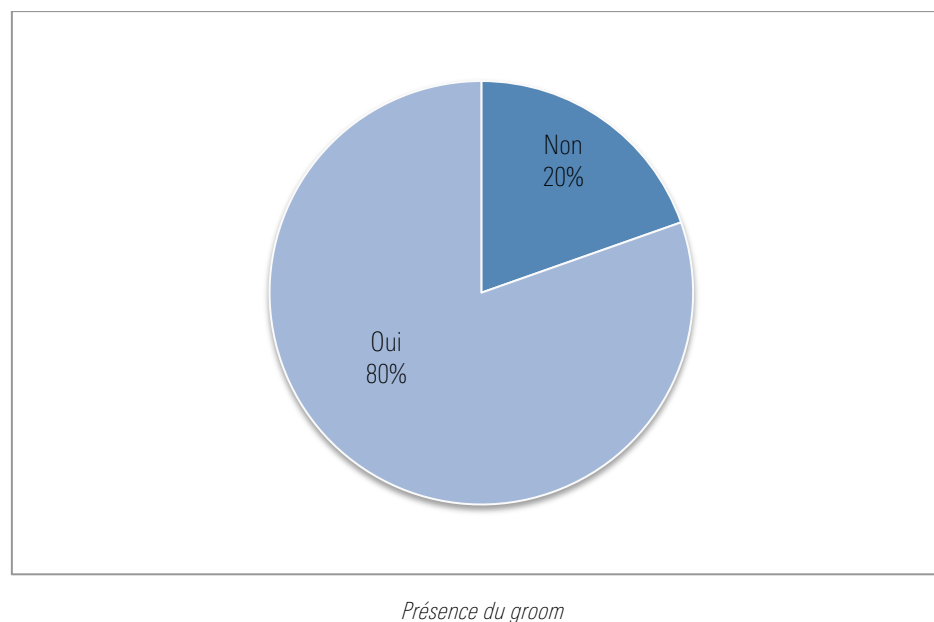
Chaîne du déplacement

4.3.4 Impressions générales des usagers sur les navettes et le groom

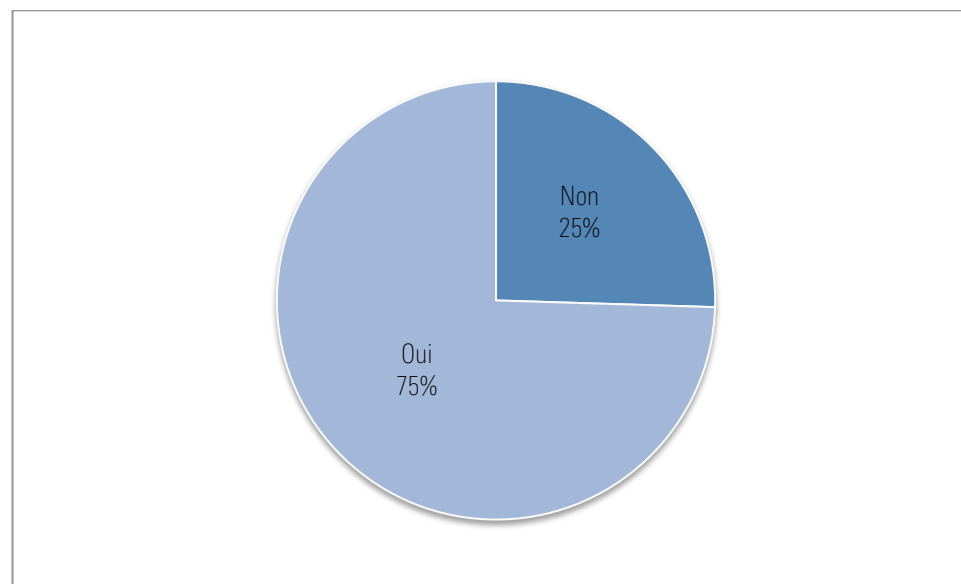
La première question visant à recueillir l'impression des usagers concerne le sentiment de sécurité de ces derniers dans les navettes automatisées. Sur les 51 personnes interrogées, 50 se sentent en sécurité. Ainsi, le véhicule en tant que tel n'est pas perçu négativement par les usagers.

Les deux questions suivantes portent sur la perception de la présence du groom. Elles sont à mettre en relation avec la volonté de modification de la Convention de Vienne qui oblige une présence humaine dans l'habitacle pour reprendre le contrôle en cas d'incident. Effectivement, l'intérêt des véhicules automatisés est le fait qu'il n'y ait plus besoin de chauffeur pour les manœuvrer et ainsi réduire les frais de gestion de ligne de manière significative.

Ainsi, 80% des personnes interrogées sont rassurées par la présence du groom contre 20% non. Cette réponse se justifie par la taille des navettes qui favorise les échanges avec les grooms. De plus, étant donné que ces véhicules sont innovants et en phase d'expérimentation, les usagers sont certainement plus curieux à poser des questions directement.



Malgré la présence jugée rassurante des grooms, 75% des personnes interrogées sont prêtes à circuler dans une navette sans opérateur. Pour les 25% restants, le manque de fiabilité des véhicules explique cette opinion.



Circulation sans chauffeur

4.3.5 Synthèse intermédiaire

Malgré certaines incompréhensions des questions et leur nombre peu élevé, ces questionnaires donnent des premiers résultats intéressants en terme de perception par les usagers de cette innovation que sont les navettes automatisées. Néanmoins, l'effet curiosité technologique se fait ressentir dans les réponses et il serait intéressant de refaire une campagne de sondages durant le second semestre d'exploitation afin de voir si les résultats sont les mêmes.

5 Bilan intermédiaire

A la suite du premier semestre d'exploitation, le bilan est mitigé sur le plan du fonctionnement des navettes et de leur fiabilité.

En effet, en terme d'efficacité de ligne, le service proposé aux usagers est peu fiable et peu compétitif en comparaison avec les autres modes de transports. Les limites technologiques actuelles ne permettent pas de rendre les navettes attractives du point de vue des vitesses commerciales, de sécurité et de l'autonomisation du système.

La mise à l'horaire à la demi-heure est un frein supplémentaire à l'attractivité du service proposé par les tpf aux usagers. D'autant plus qu'aujourd'hui, ce changement de cadence lié aux problèmes va à l'encontre des objectifs fixés au lancement de la ligne, dont notamment celui de la desserte du dernier kilomètre par un système efficace et alternatif, celui de favoriser le report modal et de connecter le site du MIC aux lignes régulières de transports publics.

De plus, ce manque de fiabilité technologique impacte le ressenti des usagers sur l'utilité et l'usage de ces véhicules dans leur déplacement. Dans le panel interrogé, il ressort que la présence humaine est appréciée car elle permet de palier aux problèmes techniques. Toutefois, cette observation est à nuancer car ces remarques ont été faites au début de la mise en service de la ligne par des personnes utilisant les navettes « par curiosité ». La proximité dans l'habitacle entre le groom et les passagers explique certainement cette réponse en faveur de la conservation d'un opérateur dans le véhicule.

Il est bien entendu que lors de cette phase expérimentale, le système ait besoin d'être amélioré afin qu'il réponde au mieux aux besoins de l'exploitant de la ligne et des usagers. En effet, ce système se perfectionne en « mémorisant » les différents incidents par le biais de mises à jour du logiciel voir la pose d'éléments physiques sur le tracé pour aider la circulation des véhicules.

Toutefois, les vitesses moyennes relevées des navettes étant faibles, on peut s'interroger sur le niveau de service offert par ces véhicules aux usagers en comparaison avec les autres modes de déplacement comme le vélo par exemple. Ainsi, l'objectif de report modal est difficilement atteignable à ce stade ainsi que celui concernant la desserte du dernier kilomètre par un système de transport efficace.

Ces faibles vitesses de circulation rendent la cohabitation sur les parties du tracé compliqué avec les automobilistes notamment. Au niveau du carrefour à feux menant aux Epinettes, le temps de franchissement de ce dernier par les navettes est perçu comme trop long pour les automobilistes en attente au rouge. Cette sensation entraîne des comportements à risque avec des véhicules en circulation dans le secteur en même temps que les navettes et le non respect du feux par exemple (observations réalisées par les grooms). Cet élément a un impact négatif sur l'acceptabilité de cette technologie par les usagers de la route.

Pour la suite et dans l'objectif d'offrir un niveau de service intéressant aux usagers, le système des navettes automatisées devrait être amélioré principalement sur les points suivants :

- La fiabilité technologique par tous les temps ; en effet, la desserte du MIC par les deux navettes doit être assurée quelque soit les conditions climatiques. Il est difficile de développer un système de transport sensible aux aléas climatiques tels que la pluie par exemple. Il est également nécessaire d'améliorer les logiciels embarqués pour limiter les arrêts de ligne. L'augmentation du temps de circulation en mode automatique doit aussi être envisagé dans l'amélioration de la fiabilité technologique.
- La vitesse commerciale ; cet élément dépend fortement du précédent et permettra de rendre la ligne plus attractive.
- Le niveau de service aux usagers ; avec l'amélioration de la vitesse commerciale, il sera plus facile d'assurer les connexions avec les lignes régulières de transports publics aux heures de pointe et aussi d'avoir des cadences de desserte plus élevées. L'attractivité des navettes sera ainsi améliorée. Toutefois, il est nécessaire de prendre en considération les conséquences de l'amélioration de l'exploitation des navettes, c'est-à-dire, la gestion des temps de charge des véhicules durant les périodes creuses.

Des ajustements doivent également être réalisés au niveau du carrefour à feux sur le chemin des Epinettes. Afin d'optimiser au mieux les temps d'attente et ainsi réduire les comportements dangereux.

Il semble délicat, au vu de l'état actuel de fonctionnement des navettes, de mettre en place le système à la demande dès à présent. Il serait plus opportun de tester dans un premier temps la mise à l'horaire de la ligne afin d'assurer les connexions avec les lignes régulières de transports publics à l'arrêt « Marly Cité » et ainsi offrir un niveau de service aux usagers plus intéressant qu'à l'heure actuelle.

Durant le second semestre, une nouvelle campagne de sondage afin d'étudier les comportements des usagers vis-à-vis des navettes automatisées et constater ou non une modification de la perception de ce mode de déplacement innovant dans leur chaîne de déplacement.

Une nouvelle analyse des données d'exploitation sera également réalisée et comparée avec cette première étude. Les conséquences des modifications apportées au système seront alors étudiées.

Le but est d'arriver rapidement à une conduite en quasi-autonomie pour ainsi mettre en place une desserte à la demande durant les périodes creuses et assurer les connexions avec les lignes régulières aux heures de pointe. Néanmoins, il est nécessaire de résoudre les problèmes technologiques que rencontrent les navettes dès à présent.

Fribourg, le 28 mai 2018

César Conforti, professeur HEIA FR

Laure Testenière, consultante HEIA FR