

**Jules LE BOT - Elève ingénieur
Mohammed AIT LAHCEN – Elève ingénieur
Gabriel LANASPEZE – Elève ingénieur
Expert judiciaire près la Cour d'Appel Administrative de Lyon**

20 Avenue Albert Einstein, 69100 Villeurbanne

Réf interne :

PROCEDURE :

TRIBUNAL ADMINISTRATIF DE LYON

AFFAIRE :

Dossier n°20.... – Ordonnance du2020

Parties :

Métropole de Lyon
c/
Association RightsForGones

Objet :

RAPPORT D'EXPERTISE

À Villeurbanne le 12/03/2020

Table des matières

I. Introduction	3
II. Les réunions d'expertises	4
III. Objet de l'expertise.....	5
1. Architecture matérielle:.....	5
2. Architecture logicielle :.....	7
3. Architecture de infrastructures:.....	9
IV. Liste exhaustive des désordres et malfaçons	11
1. Désordres :.....	11
2. Cause possible n°1 :	11
3. Cause possible n°2 :	11
V. Eléments de responsabilités	13
VI. Avis de l'expert utile à l'échange contradictoire ou à la solution amiable ou judiciaire de l'expertise	14
VII. Conclusion	16

I. Introduction

Ce rapport s'inscrit dans la procédure judiciaire entre l'association RightsForGones et la Métropole de Lyon.

Le litige entre les parties se situe autour des conditions de fonctionnement du dispositif de transport public LyonFreeRide, mis en place par la Métropole de Lyon il y a 6 mois.

Ce dispositif de transport autonome doit permettre à tous les habitants de la Métropole de bénéficier de 5 déplacements gratuits par mois. Ces déplacements sont assurés par des navettes de 7 places sans conducteur dont le trajet est optimisé par une intelligence artificielle.

Les navettes autonomes sont produites par la société Tyrex et la société InteligentMove est en charge de l'optimisation des trajets via l'utilisation d'une intelligence artificielle dédiée.

L'association RightsForGones soutient que certains habitants se voient systématiquement refuser l'accès au service du fait de leur zone d'habitation. Cette constatation constitue pour l'association une rupture du principe d'égalité d'accès inhérent à la mission de service public du système LyonFreeRide et justifie donc une modification du fonctionnement dudit système.

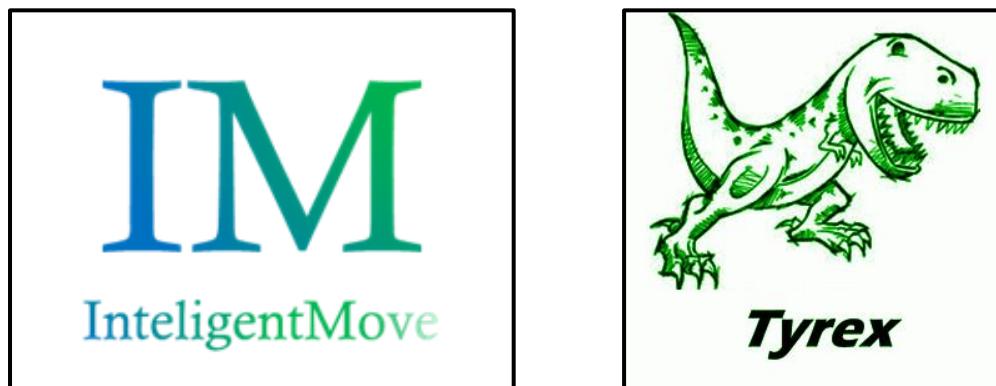


Figure 2: Logo des entreprises en charge du système LyonFreeRide (InteligentMove à gauche et Tyrex à droite)

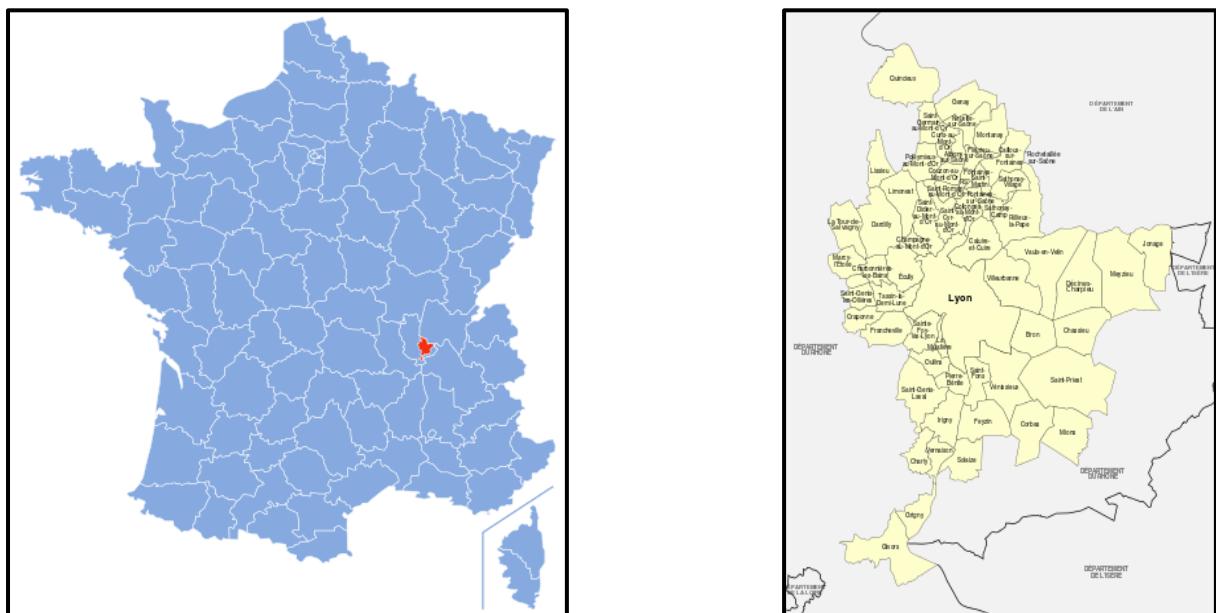


Figure 1: Situation géographique (à gauche) et carte de la métropole de Lyon (à droite), source : Wikipédia

II. Les réunions d'expertises

Mardi 25 février 2020 :

Personnes présentes :

- Marie-Pierre Escudié, Enseignante à l'INSA de Lyon
- Jules Le Bot, Elève ingénieur
- Mohammed Ait Lahcen, Elève ingénieur
- Gabriel Lanaspeze, Elève ingénieur

Résumé :

Cette première réunion en présence de l'intégralité des experts concernés a permis de poser les bases techniques du système de transport par navettes autonomes. Ont notamment été définis les points suivants :

- Principe de fonctionnement général des navettes (guidage, interaction avec l'environnement etc...)
- Fonctionnement de l'intelligence artificielle responsable du guidage des navettes, définition des variables d'entrées et de sorties
- Détermination des infrastructures de support nécessaires.

Vendredi 28 février 2020 :

Personnes présentes :

- Marie-Pierre Escudié, Enseignante à l'INSA de Lyon
- Jules Le Bot, Elève ingénieur
- Mohammed Ait Lahcen, Elève ingénieur
- Gabriel Lanaspeze, Elève ingénieur

Résumé :

Lors de cette seconde réunion, les principes généraux de fonctionnement du système (fixé lors de la première rencontre) ont été définitivement adopté. Après débat, les experts se sont mis d'accord sur le contenu du rapport d'expertise à rédiger par la suite.

Jeudi 12 mars 2020 :

Personnes présentes :

- Jules Le Bot, Elève ingénieur
- Mohammed Ait Lahcen, Elève ingénieur
- Gabriel Lanaspeze, Elève ingénieur

Résumé :

Cette dernière réunion a été consacrée à la finalisation du rapport d'expertise en vue de sa remise aux différentes parties du procès.

III. Objet de l'expertise

Cette partie détaille le fonctionnement technique du système LyonFreeRide. Elle est divisée en trois paragraphes permettant d'appréhender différentes échelles d'architecture du système.

1. Architecture matérielle:

L'architecture matérielle présentée ci-dessous consiste à décrire les composants et technologies matérielles utilisées sur la navette. Dans un premier temps, l'objectif est de décrire le but recherché en termes de fonctionnalité. Ensuite, quelques explications sur les composants de la navette s'avèrent importantes pour comprendre son fonctionnement.

Les navettes qui circulent dans la métropole Lyonnaise sont des navettes autonomes donc sans conducteur qui peuvent accueillir **7 personnes/navette**. Elles circulent selon les trajets demandés par les passagers. Bien évidemment, l'intelligence artificielle présentée dans les parties suivantes met en œuvre l'attribution des navettes aux passagers pour fluidifier le trafic des navettes dans la métropole Lyonnaise. Elle permet également de rendre efficace les navettes en leur faisant faire des trajets cohérents avec des parcours optimisés.

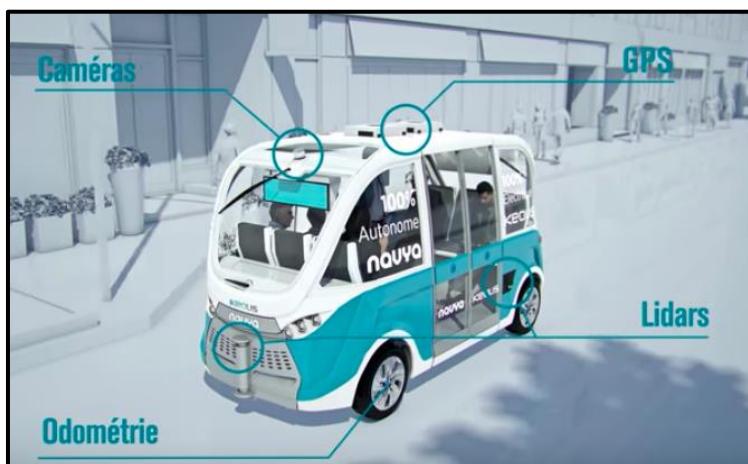


Figure 3: Navette autonome / Source : Keolis CANADA

La navette représentée en Figure 3, possède des **caméras hautes résolutions 360°** pour communiquer avec son environnement. En effet, une caméra frontale haute résolution permet de scanner l'environnement pour prévenir l'IA (Intelligence Artificielle) des obstacles potentiellement présents sur la route. Elle permet également, de lire les panneaux de signalisation afin de réguler la vitesse de la navette aux routes. Cette caméra très performante est essentielle et peut analyser avec un angle de 360° en plein jour mais également la nuit. Sachant que la navette possède des caméras sur ces autres faces (longitudinal droit/gauche et arrière), la caméra frontale se concentre sur les 180° dans le sens de circulation. Les autres caméras se concentrent sur l'environnement qui entoure la navette et des éventuels véhicules présents autour. Ces caméras permettent de reconstituer une vision 3D très précise de l'environnement.

Une odométrie est installée sur chaque navette afin d'estimer la position de la navette lorsqu'elle est en mouvement. Les odomètres utilisés sont des capteurs magnétiques qui mesurent une distance parcourue. En effet, un capteur fixe va mesurer l'orientation du champ magnétique délivré par un aimant tournant autour des axes (roues ou arbres) et ainsi en déduire le déplacement.

Les LIDARS accompagnent les caméras hautes résolutions dans l'analyse de l'environnement afin d'apporter encore plus de précision. En effet, les caméras pourraient à elles seules permettre à la navette d'évoluer en environnement urbain. Cet ajout de LIDAR permet d'avoir une précision au millimètre des obstacles environnants.

➤ Capteurs (caméra, LIDAR...)

LIDAR: détection et estimation de la distance par la lumière

- Envoi d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.
- La distance est donnée par la mesure du délai entre l'émission d'une impulsion et la détection d'une impulsion réfléchie, connaissant la vitesse de la lumière.

Les LIDAR sondent l'environnement en projetant une lumière sur les objets alentours, et en calculant le temps qu'il lui faut pour rebondir sur ces derniers.

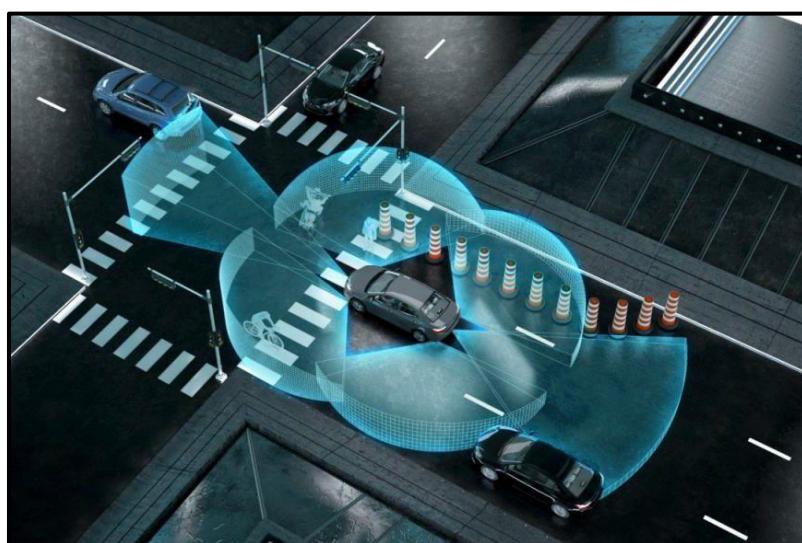


Figure 4: Caméras et LIDARS / Source : LeddarTech

Un système de positionnement et de navigation est naturellement installé à bord. La navette utilise soit le **système européen Galileo** dont le fonctionnement est analogue à celui du GPS.

➤ Balise Galileo

Le **système Galileo** fonctionne avec une constellation d'environ 30 satellites qui envoient des signaux sur Terre. Ces signaux comportent deux types d'informations:

- La date et l'heure de l'émission du signal
- La position dans l'espace du satellite

Une puce Galileo contenue dans nos téléphones ou bien dans une balise dédiée reçoit les signaux des satellites. Contrairement à la triangulation qui calcule des angles, **la trilateration** calcule des distances pour obtenir le positionnement.

Pour bien expliquer comment le système Galileo fonctionne en communiquant avec les satellites, plaçons-nous dans un repère dimensionnel double pour simplifier.

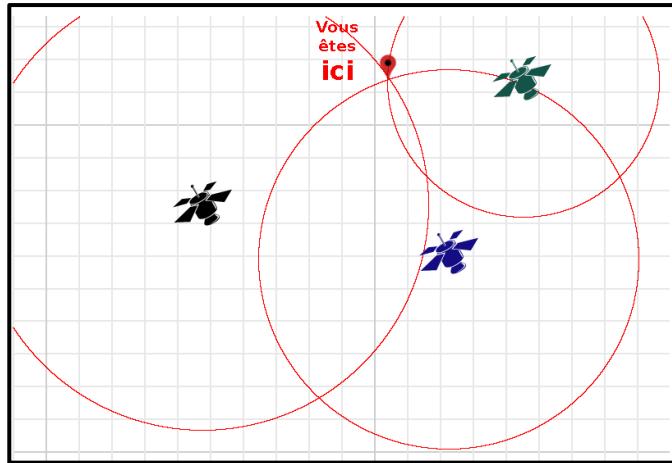


Figure 5: Représentation 2D du positionnement GPS / Source : couleur-science.eu

Premièrement, chaque satellite envoie un signal au boîtier Galileo qui aura accès à la date d'émission et à la date de réception. Grâce à cela, le boîtier connaîtra la durée de parcours du signal. Sachant que le signal voyage à la vitesse de la lumière, on déduira une distance avec le satellite. Autrement dit, en 2 dimensions, cela équivaut à un cercle centré sur le satellite. Il faut au minimum 3 satellites pour déterminer la position (1 point d'intersection).

Navette Entièrement autonome (niveau 5)

La navette est capable de conduire dans toutes les situations et l'ordinateur de bord prend le contrôle de toutes les fonctions de la voiture. La navette ne possède pas de conducteur et évolue de manière autonome dans la métropole lyonnaise. Les navettes sont supervisées dans le centre de contrôle de l'IA de la société IntelligentMove.

Véhicule électrique (sur batterie Lithium-ion)

Les véhicules doivent rentrer régulièrement au dépôt pour recharger les batteries. Les batteries utilisées sont des batteries Lithium-ion. L'exploitation idéale des batteries lithium-ion se situe entre -20 et 65° C ce qui a favorisé sa progression fulgurante dans l'électromobilité. Le rapport entre leur densité énergétique, leur poids et le prix les classe parmi les meilleures sur le marché des accumulateurs. L'autonomie de ces batteries est de 1000 km et présente un rendement très élevé.

2. Architecture logicielle :

Une centrale collecte les informations provenant de toutes les navettes de la flotte. C'est un ordinateur dans les bureaux de Intelligent Move qui reçoit les données des navettes et qui leur envoie les trajets via le réseau 5G.

Les trajets sont anticipés à l'avance, puis dispatchés aux navettes. Ils sont également corrigés en temps réels.

L'ordinateur central calcule les trajets les plus optimisés à l'aide d'une intelligence artificielle. L'intelligence artificielle est un algorithme qui prend des données définies par le programmeur, les trie en fonction de critères définis par le programmeur, et exprime une sortie déterminée par l'algorithme. Les trajets sont les plus optimisés pour les critères donnés.

Le programmeur définit une « fonction coût » qui évalue un trajet et donne son coût (qui n'a rien à voir avec un coût financier, qui est juste un nombre interne à l'algorithme) en fonction des critères définis par le programmeur.

Au fur et à mesure de l'utilisation de l'IA, la base de données est agrandie avec toutes les données récoltées par les navettes et les trajets optimisés précédemment calculés. Les trajets les moins coûteux (en terme de fonction coût) sont privilégiés et les trajets les plus coûteux sont totalement délaissés. Au terme de plusieurs mois/années, les trajets les moins coûteux continueront à être optimisés et les trajets les plus coûteux seront totalement oubliés.

En quelques mots, l'IA utilise le passé pour estimer l'avenir.

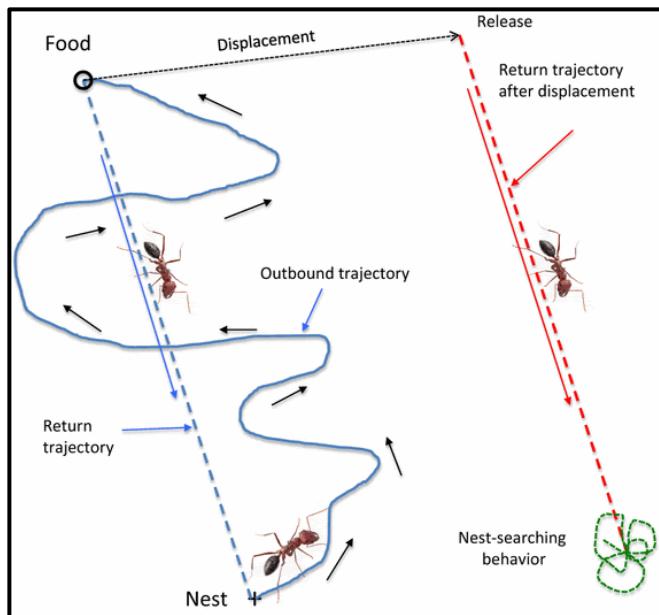


Figure 6: Illustration d'un algorithme d'optimisation grâce à l'analogie de la fourmi

Explications :

Les fourmis font les premiers chemins de manières non optimisée. Au bout d'un certain temps, elles ont trouvé le trajet de moindre résistance vers leur destination. La résistance s'exprime par la distance parcourue mais aussi par les obstacles rencontrés, les zones de chasse des prédateurs, etc. Les navettes se comportent de manière similaire, où la résistance rencontrée sur le chemin est déterminée par la fonction coût. Les obstacles sont alors plus abstraits, et peuvent être le trafic ou les sens interdits mais aussi les points de passage obligés

Complément concernant la « fonction coût » :

Entrées (les critères sont triés selon leur importance relative, de bas en haut) :

Critère	Signalé par
Zones momentanément inaccessibles (travaux, manifestations etc)	Les utilisateurs La préfecture
Intégrité de la navette	Les navettes
Consommation de batterie	Les navettes
Autonomie restante (il faut retourner régulièrement au dépôt à Perrache, on va donc évoluer assez près de Perrache)*	Les navettes
Nombre de passagers	Les navettes
Trafic	Les utilisateurs Les navettes
Retard instantané	Les navettes
Emplacement des arrêts demandés	Les utilisateurs
Etat de la chaussée	Les navettes

* Note : Lors d'un service de VTC (ou de taxi) les seuls trajets qui rapportent de l'argent sont les courses. Les trajets qui servent à se déplacer d'une course à une autre sont purement de l'argent "perdu", investit dans aller chercher la prochaine course. Pour un taxi par exemple, ce temps de trajet perdu représente environ $\frac{1}{3}$ du temps de conduite du taxi. Si par exemple une navette devait faire Paris Lyon pour une course, la moitié de ce trajet se ferait à vide, la pire des situations. Pour une navette automatisée, le retour au dépôt est aussi un trajet à vide et doit être le plus court possible. Tout cela justifie que l'IA va rechigner à éloigner les navettes du dépôt pour éviter ces trajets à vide.

Note : Les sorties ne sont pas anticipables par le programmeur. Il a recours à un tel algorithme car le nombre de données à traiter est bien trop grand. Il définit les critères et le poids des critères et laisse l'IA trouver la solution dans ce champ de critères.

Conclusion technique : Desservir toutes les zones n'est pas une contrainte. Ne pas desservir une zone n'est pas suffisamment pénalisant dans l'algorithme utilisé. Retarder le passage d'une navette à un endroit/passager n'a pas un poids fort dans le calcul.

3. Architecture de infrastructures:

La flotte de navette est constituée de 50 véhicules. Ce total doit permettre à environ 10% des actifs (18-65 ans) de la métropole d'utiliser pleinement les 5 trajets possibles par mois¹.

Le réseau de navettes dessert l'intégralité de la métropole de Lyon. Il est donc possible de commander une navette depuis n'importe quel point de départ vers n'importe quel point d'arrivée à condition qu'ils soient situés dans le territoire de la métropole.

¹ Sur la base des données démographiques de 2020.

En revanche, certaines adresses précises ne peuvent pas être desservies pour des raisons d'encombrement (rue trop étroite) ou bien de législation (zone piétonne² etc...). Il appartient alors à l'utilisateur de se rendre au point accessible le plus proche par ses propres moyens.

Cependant, les navettes ont accès aux voies réservées aux transports en commun afin de faciliter leur circulation.

Afin de pouvoir recharger leurs batteries électriques dernière génération, les navettes se rendent environ une fois par jour dans un dépôt situé dans le quartier de Perrache (ancien dépôt TCL). Ce dépôt sert également d'atelier de maintenance.

L'intégralité des installations de rechargement et de maintenance sont la propriété de la société Tyrex.

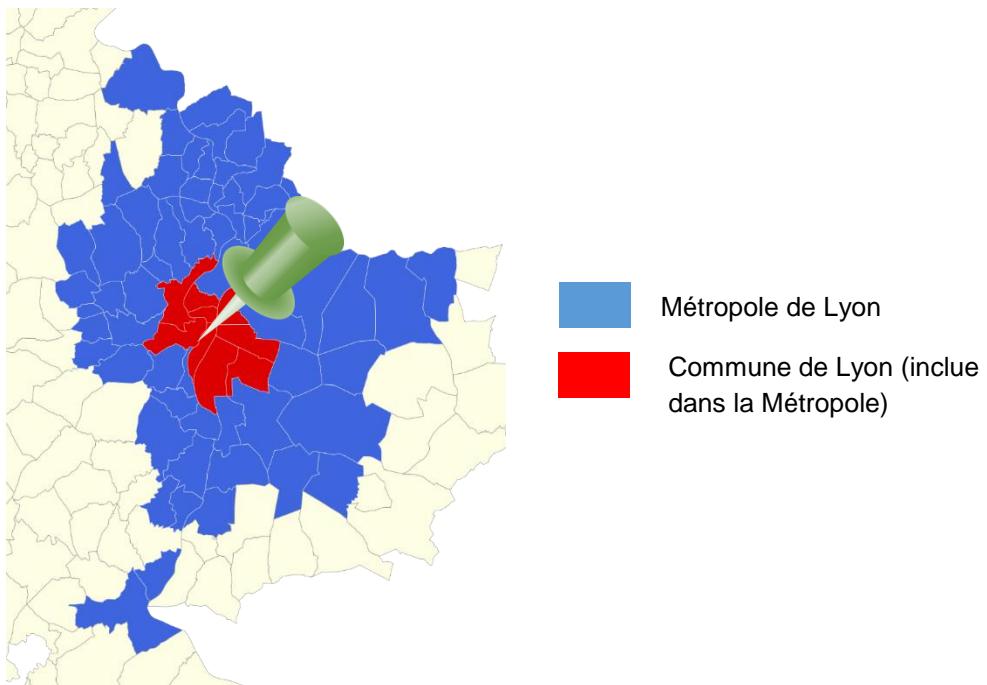


Figure 7: Positionnement du dépôt de rechargement dans la métropole de Lyon

Les locaux de la société InteligentMove se situent dans le quartier de la Part dieu. Les ordinateurs permettant de faire fonctionner l'intelligence artificielle dédiée à l'optimisation des trajets des navettes se situent dans ces locaux. Sont également présents dans ces bureaux les informaticiens veillant au bon fonctionnement du système.

Afin de permettre aux navettes de communiquer en temps réel leurs données de fonctionnement (permettant d'améliorer les performances de l'IA) au siège d'InteligentMove, ces dernières utilisent le réseau 5G d'internet haut débit.

Les demandes de réservations de navettes s'effectuent 24h à l'avance via un site internet ou bien via une application mobile dédiée.

² On pense notamment aux zones piétonnes de la presqu'île au centre de Lyon.

IV. Liste exhaustive des désordres et malfaçons

1. Désordres :

- ❖ Le 19 novembre 2029, M. Kevin Alberola a contacté par téléphone le service client de LyonFreeRide. Il a signalé que depuis septembre 2029 il a fait 8 demandes de desserte du service à son domicile via l'application. M. Kevin Alberola habite à Vaulx-en-Velin, Saint-Jean. A chaque fois le service s'est signalé comme indisponible. Le message affiché était :
« En raison du trop grand nombre de demandes, nous ne sommes pas en mesure de répondre à votre demande. Veuillez réessayer dans 24h. ».
Toutes les demandes ont été faites durant le week-end. Le service client de LyonFreeRide a offert ses excuses par téléphone et lui a proposé de demander des trajets en dehors des week-ends en raison de la forte sollicitation du service.
Cette réponse n'a pas satisfait M. Kevin Alberola qui a ensuite contacté RightsForGones.

- ❖ Le 7 novembre 2029 M. Qâsim Meznad a contacté le service client de LyonFreeRide. M.Qâsim Meznad a utilisé le service LyonFreeRide une fois par week-end depuis avril 2029 pour une desserte à son domicile à Vénissieux, Minguettes. Mais depuis le 7 septembre 2029 le service lui est systématiquement refusé, avec le message suivant :
« En raison du trop grand nombre de demandes, nous ne sommes pas en mesure de répondre à votre demande. Veuillez réessayer dans 24h. ».
Le service client de LyonFreeRide a offert ses excuses par téléphone et lui a proposé de demander des trajets en dehors des week-ends en raison de la forte sollicitation du service.
Cette réponse n'a pas satisfait M. Qâsim Meznad qui a ensuite contacté RightsForGones.

2. Cause possible n°1 :

Sachant que la quantité de navette est de 50 dans la métropole Lyonnaise, il est possible qu'en période de hauts flux de déplacements de la population, certaines réservations se voient refusées. Il est naturel de constater que les flux sont beaucoup plus importants le week-end et donc des refus de réservations beaucoup plus fréquents à cette période. Il est donc possible que MM. Kevin Alberola et Qâsim Meznad aient fait leurs réservations à une période où les demandes étaient trop nombreuses.

3. Cause possible n°2 :

L'IA communiquant avec les navettes qui recueillent constamment les informations environnementales (voir III.2) peut-être une cause fort probable de l'évitement de certaines zones géographiques lyonnaises. En effet, le système apprend constamment des données qui lui sont transmises et prend des décisions en fonction de ces dernières. Les dommages récoltés sur les navettes par l'IA sont énumérés ci-dessous ainsi que les causes de ces dommages.

- **Les dommages** perçus sur les navettes sont :
 - ❖ La détérioration des vitres latérales de certaines navettes.
 - ❖ Les tags sur les parties fonctionnelles de la navette (Caméras, Capteurs...).
 - ❖ Le non-respect des règles à bord (Interdiction de fumer, comportement non approprié).
 - ❖ La dégradation de la chaussée et de l'environnement causant la dégradation des composants mécaniques des navettes (Pneus, suspension, triangles).

- **Les causes** dont l'IA apprend de l'environnement sont :
 - ❖ Les incivilités de certains passagers.
 - ❖ Mauvais entretien des chaussées et du mobilier urbain par le service public.

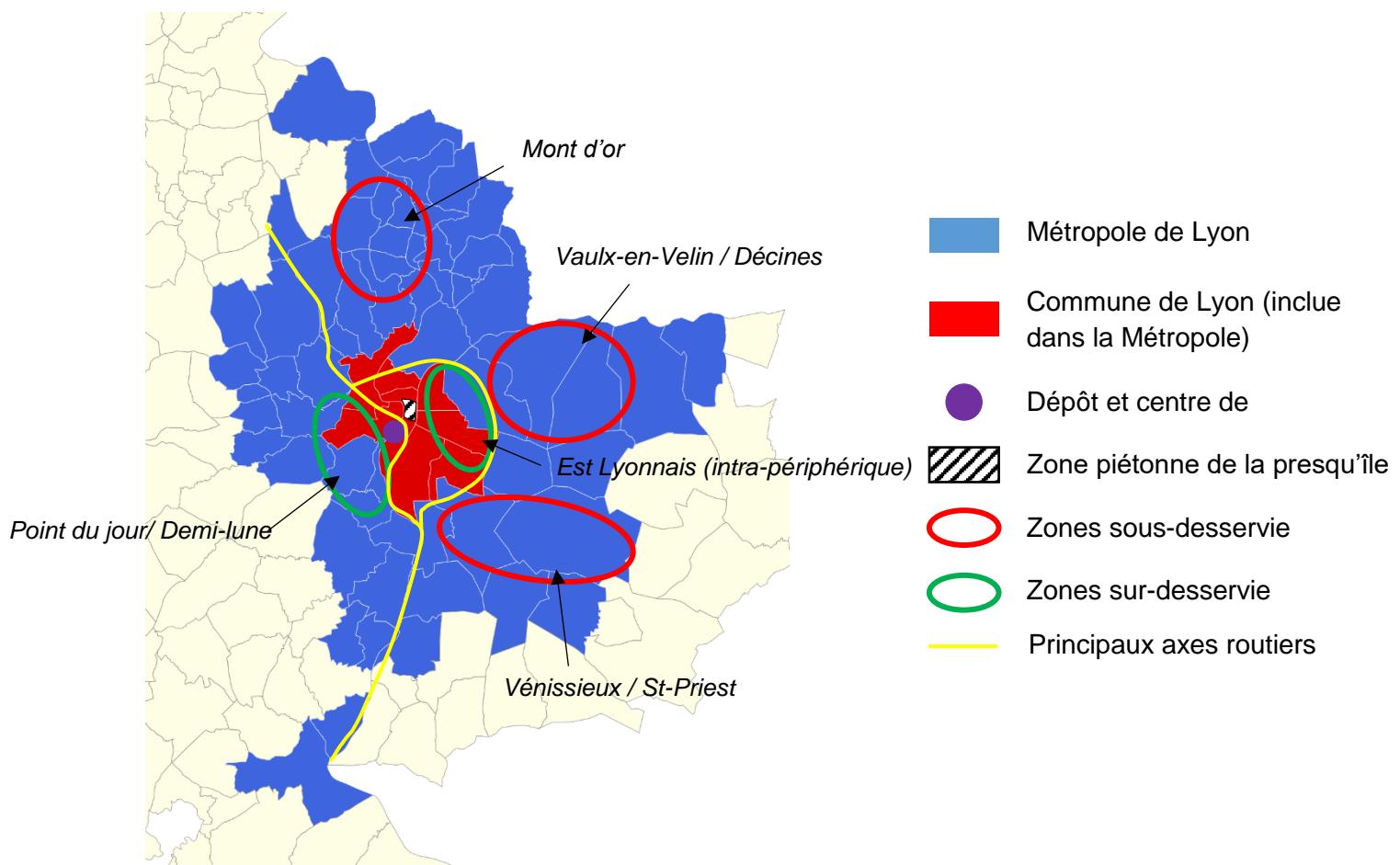


Figure 8: Cartographie de la desserte de la métropole de Lyon pour le système LyonFreeRide

V. Eléments de responsabilités

Les éléments de responsabilités sont définis pour permettre une meilleure compréhension de la situation. En effet, il est nécessaire de définir de manière logique et en prenant en compte tous les détails du problème pour émettre des éléments de responsabilités justes et cohérents.

Relativement à notre contexte, plusieurs éléments de responsabilités sont susceptibles d'intervenir dans le cadre du fonctionnement technique du dispositif :

- Un élément très important est la base de développement de l'IA des navettes. En effet, les navettes optimisent leur trajet afin d'éviter aux passagers trop de détour. L'IA installée à bord prend donc en compte les demandes des passagers en filtrant les destinations. De ce fait, la capacité à choisir les passagers par l'IA se fait en fonction des destinations proposées à l'IA. Aucunes conditions sur les destinations n'ont été omises aux passagers à savoir la capacité des navettes à venir les chercher. Bien évidemment, les passagers doivent préciser un endroit existant où la navette peut venir les chercher et les desservir. L'entreprise LyonFreeRide ne prévient pas ces utilisateurs des potentiels incidents que le système peut rencontrer à savoir la garantie que les navettes viennent les chercher malgré l'endroit indiqué par les passagers. Le système d'information de la société LyonFreeRide indique aux passagers victimes d'un refus de réservation que les navettes ne peuvent accueillir un nombre plus important que 7 passagers et ce, à chaque fois qu'ils font une réservation.
- L'intelligence artificielle qui communique avec le système d'information de la société LyonFreeRide collecte en permanence les données de fonctionnement des navettes à savoir les données liées à l'environnement où les navettes circulent. Les risques liés à l'intégrité des navettes sont également pris en compte afin d'assurer la sécurité des passagers. Avec toutes ces informations collectées, l'IA indique aux navettes les endroits avec ou sans potentiels dangers.

Ce type de responsabilité n'est pas en faveur de la société LyonFreeRide qui ne stipule nulle part que le système peut rencontrer des problèmes de réservation dans certaines zones de la métropole Lyonnaise. L'algorithme d'optimisation de trajet programmé dans le système est l'une des causes principales de cet incident. En effet, le délai de 24h prescrit pour la réservation permet à l'IA de choisir l'attribution des passagers aux navettes en fonction des destinations. Il est de la responsabilité de la société LyonFreeRide de prévenir les passagers des éventuels zones où les risques liés aux navettes peuvent exister mais également les causes matérielles que les navettes peuvent rencontrer dans certaines zones.

VI. Avis de l'expert utile à l'échange contradictoire ou à la solution amiable ou judiciaire de l'expertise

Au vu des différents éléments de ce dossier (voir ci-dessus), l'avis des experts concernant le fonctionnement du système LyonFreeRide est le suivant.

Tout d'abord, il semble important de souligner que du strict point de vue technique, le système de transport LyonFreeRide fonctionne de manière très satisfaisante.

En effet, les navettes remplissent parfaitement leur rôle de transport de personnes. De plus, le niveau de sécurité proposé par le service, atteint grâce au système d'autonomie de niveau 5 de la société Tyrex, est très élevé (aucun accident grave en 6 mois de fonctionnement de 50 navettes). On peut également noter que le programme d'intelligence artificielle chargé de l'optimisation des trajets permet également d'atteindre des performances importantes en terme de remplissage de navette (remplissage moyen d'environ 4.7 personnes).

Or, le litige auquel est consacré ce rapport ne concerne pas uniquement le fonctionnement global du système mais plutôt son accès et notamment la question de l'inégalité de l'accès à ce dernier en fonction du positionnement géographique de la zone de requête.

Concernant ce point, nous avons pu constater (voir IV : Liste exhaustive des désordres et malfaçons) que, du fait du fonctionnement particulier de l'intelligence artificielle chargée de l'optimisation des trajets ainsi que des contraintes logistiques, certaines aires géographiques de la métropole semblent en effet bénéficier d'une desserte moins importante que d'autres.

Cette constatation est donc problématique puisqu'elle entre en contradiction avec la mission de service public des navettes qui exige que tous les habitants de la métropole soient desservis au même titre par le système, et ce indifféremment de toutes considérations géographiques (distance avec le dépôt, proximité avec des grands axes de circulations...)

Or, les raisons permettant d'expliquer ces différences de traitement de la part du système d'optimisation sont très diverses.

Certaines sont introduites par le système lui-même. On pense notamment aux biais sociaux introduits dans le fonctionnement de l'IA par la contrainte "d'intégrité de la navette". Ce paramètre peut en effet expliquer l'exclusion de zones situées dans des quartiers dits sensibles. Remédier à ces causes ne devrait pas induire de conséquences significatives sur les performances du système.

D'autres sont inhérentes à l'accessibilité et l'attractivité globale des territoires. Par exemple, la zone des Mont d'or fait partie des moins desservie principalement car elle est à l'écart des grands axes routiers. Il est donc difficile de trouver un trajet optimisé permettant de desservir cette zone. A l'inverse du cas précédent, forcer les navettes à se rendre malgré tout dans ces zones pourrait avoir un impact sur les performances globales du système (en terme de remplissage moyen par exemple).

Aussi, si les inégalités induites par le système doivent être corrigées, celle induite par des considérations géographiques ne le devrait pas nécessairement afin de ne pas sacrifier l'intérêt certain d'un tel système de transport.

Nous préconisons de faire des tests sur le système de navette afin de déterminer si le système ne discrimine pas les usagers. Nous proposons de faire deux réservations en même temps dans deux zones différentes à savoir une zone où la discrimination est suspectée et une autre où la navette circule de manière récurrente. Une répétition de ce test permettrait de faire des statistiques quant à la potentielle discrimination faites sur certaines zones. Dans le cas où les tests révèlent une discrimination, nous préconisons les actions suivantes :

1. La première et principale modification préconisée est une refonte globale du système d'intelligence artificielle. Il s'agit de modifier les paramètres d'entrée du programme et/ou la « fonction coût » (voir III.2 : Architecture logicielle) permettant de quantifier l'intérêt d'un trajet par rapport à un autre.

Ces modifications pourraient prendre plusieurs formes:

- Réduction du poids des contraintes d'optimisations du remplissage et de l'intégrité des navettes ainsi que du temps de trajet au profit de nouveaux indicateurs chargés de rééquilibrer la desserte globale.
 - L'ajout d'un indicateur d'homogénéité de la desserte. En se dotant de variables stockant le nombre de dessertes par habitant pour chaque zone géographique, il est possible d'exiger de l'IA (avec plus ou moins de contrainte) d'équilibrer ces différentes variables.
 - Une adaptation de la fonction "coût" permettant de réduire artificiellement le coût d'un trajet si celui-ci passe par une zone peu desservie. Cela encouragerait l'IA à considérer des trajets différents et donc tendrait à homogénéiser la desserte.
2. Dans un second temps, nous préconisons l'installation de dépôts de rechargement dans différentes communes pour lesquels l'on constate que la desserte est de moins bonne qualité afin "d'encourager" le système à y faire circuler plus de véhicule tout en limitant l'impact sur les performances globales.

Il est en revanche important de noter que ces modifications pourraient entraîner une réduction des performances des navettes (en terme de remplissage par exemple).

Il s'agit donc finalement de définir l'ordre des priorités du système. Cela passera certainement par la recherche d'un juste équilibre entre performance et égalité d'accès.

Note: Du fait du fonctionnement complexe de l'IA. S'il est possible de déterminer les paramètres expliquant l'exclusion de certain territoire, il est difficile de quantifier explicitement leur influence. Nous ne pouvons donc être affirmatif concernant les conséquences exactes de la modification de ces paramètres.

Par exemple, la mauvaise desserte de la zone Vaulx-en-Velin / Decines s'explique par des considérations d'accessibilités (territoire périphériques enclavé) et par les biais sociaux de l'IA sans qu'il soit possible de déterminer clairement quel paramètre est le plus influent.

VII. Conclusion

D'un point de vue purement technique, beaucoup d'éléments viennent confirmer les défaillances techniques et communicatives de la société LyonFreeRide. En effet, les passagers ne sont pas assez informés des potentielles difficultés que les navettes peuvent rencontrer lors de leurs déplacements dans la métropole Lyonnaise. Ce manque de communication profite à la société LyonFreeRide qui justifie les refus de réservation de certains passagers par un nombre maximal de passagers atteint dans les navettes.

Le système d'information ainsi que l'IA installée à bord des navettes profitent également à la société LyonFreeRide car ils permettent de réduire considérablement les coûts directs des navettes.

Ces navettes conçues dans le but de répondre à un besoin particulier ne répondent pas totalement à la mission du service public à savoir l'égalité d'utilisation du système de navette par les habitants de la métropole Lyonnaise. Malgré une l'intelligence artificielle installée à bord des navettes très performante, l'apprentissage sur les données collectées doit être revu afin de trouver un équilibre entre efficacité des navettes et égalité des zones desservies. Cela passe également par un filtrage de données beaucoup plus poussé et moins radical. En effet, le système évite les zones dangereuses en fonction des différents dangers qu'elles peuvent y abriter. Il est de la responsabilité des habitants de respecter le matériel mis à leur disposition et ce, malgré des dégradations commises par une très petite minorité. Il est également de la responsabilité de la société LyonFreeRide de respecter l'égalité de réservation des utilisateurs peu importe la zone géographique de ces derniers.

Les éléments techniques présentés dans ce rapport décrivent le fonctionnement des navettes ainsi que leur utilisation dans la métropole Lyonnaise. Ces éléments semblent essentiels quant aux actions futures à mener pouvant répondre aux besoins de tous. Ces éléments peuvent également servir aux instances compétentes afin d'apporter une solution juste quant au problème posé.