

RÉSULTATS D'ÉVALUATION DE L'EXPÉRIMENTATION D'UNE NAVETTE AUTONOME À NANTES



JOURNÉES MOBILITÉS DU RST



Guillaume COSTESEQUE – Cerema Ouest

PLAN DE LA PRÉSENTATION

1. Contexte des expérimentations
2. Présentation de l'expérimentation à Bouguenais
3. Résultats de l'évaluation
4. Conclusions et perspectives

1. Contexte des expérimentations

CONTEXTE DES EXPÉRIMENTATIONS

- **Consortium :**



- **Un dispositif favorable aux expérimentations :** **Nantes City Lab**
L'expérimentation grandeur nature

- **Objectifs :**

- **S'approprier** un nouveau mode de transport et ses conditions d'insertion
- **Tester et évaluer** le service dans diverses situations
- Enjeu de **triple autonomie** : conduite / énergétique / détection
- Evaluer l'**acceptabilité** sociale

PRÉSENTATION DU VÉHICULE

• Navette « Autonom shuttle » de Navya

Cette architecture unique est composée de capteurs ultra-performants qui permettent aux véhicules de se localiser et d'analyser l'environnement. Grâce à cette technologie, les véhicules se déplacent alors efficacement et peuvent prendre les décisions les plus adaptées, et cela, sans conducteur. Ici, un exemple d'application sur notre véhicule AUTONOM SHUTTLE.

1

Capteurs LIDAR

Perception 2D et 3D pour cartographier l'environnement, garantir une position précise et assurer la détection d'obstacles.

2

Odométrie

Mesure de la vitesse des roues pour estimer la vitesse du véhicule et confirmer sa position

3

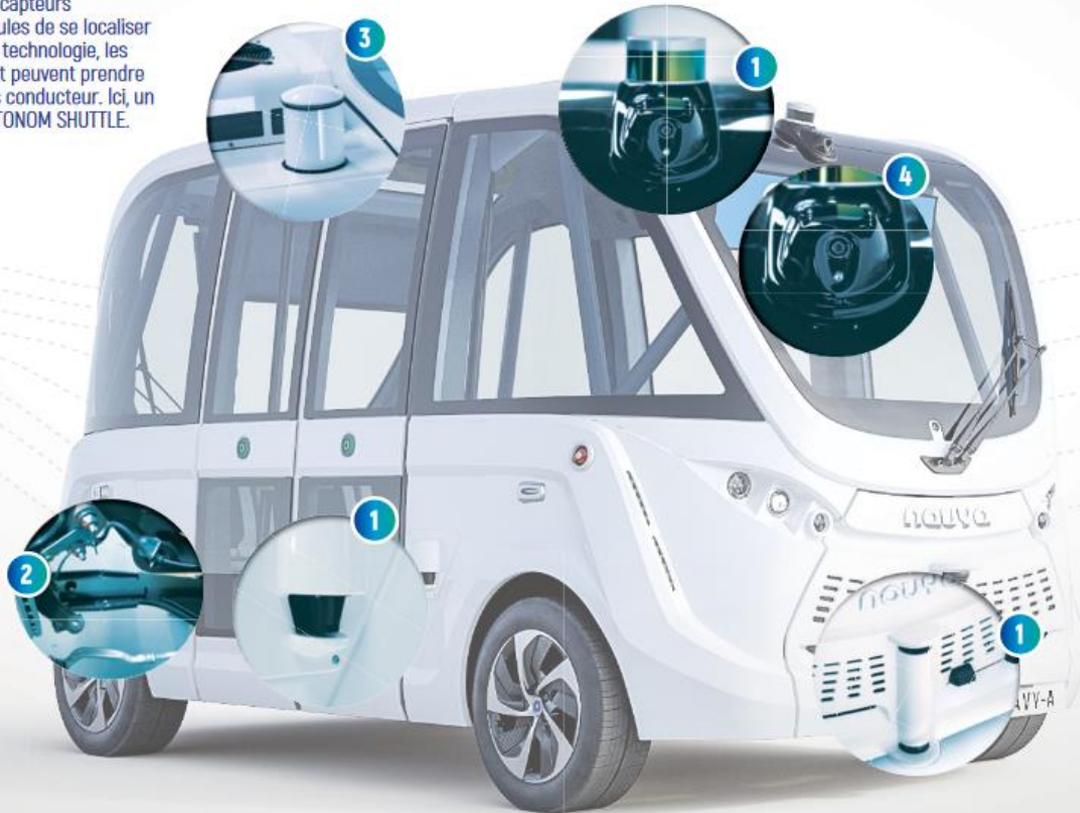
Antenne GNSS

Communication entre un capteur GPS et une balise de référence pour déterminer à tout moment et de manière précise la position du véhicule.

4

Caméras

Détection des obstacles et estimation de leur position par rapport au véhicule. Analyse de l'environnement (signalétiques, feux) et extraction d'informations.



Dimensions

Longueur 4,75 m - Largeur 2,11 m
Hauteur 2,65 m - Poids vide / PTC
2 400 kg / 3 450 kg



15 passagers

11 Assis
4 Debout

dont superviseur à bord



Autonomie moyenne

9 heures



Vitesse d'opération

25 km/h

PRÉSENTATION DE LA PREMIÈRE EXPÉRIMENTATION



• Premier déploiement

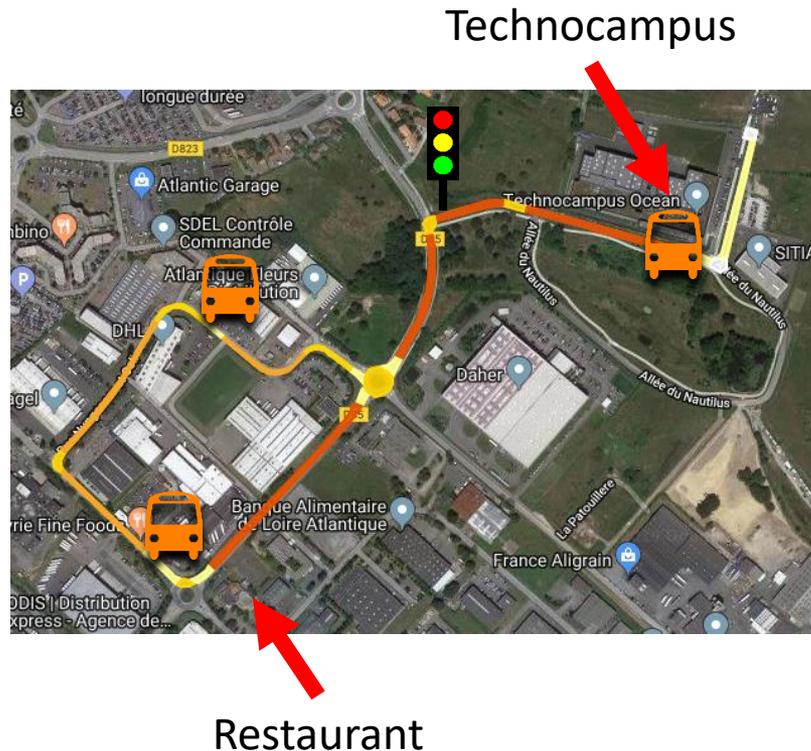
- Site : 1,3 km AR – quais de la Loire
- Site partagé avec piétons et vélos
- Site propre
- Entre le 1^{er} et le 30 juin 2018
- Service à la demande
- Du mardi au dimanche
- De 11h à 18h (pause 13h – 14h)

• Résultats

- 1029 voyages
- 5225 passagers
- Vitesse moyenne : 10 km/h
- Vitesse maximale : 12,5 km/h

2. Expérimentation à Bouguenais

PRÉSENTATION DE LA SECONDE EXPÉRIMENTATION



• Parcours

- **Site ouvert** à la circulation générale
- Zone d'activités aéroportuaires
- Boucle de 2,5 km
- 3 arrêts fixes
- Du lundi au vendredi
- De 11h30 à 14h30

• Difficultés

- 1 carrefour à feu
- 3 giratoires
- Passages piétons
- Voie verte

ADAPTATIONS DE LA VOIRIE POUR LA NAVETTE



- **Régulation :**
 - Vitesses abaissées à 30 km/h
 - Carrefour à feu
 - Mini-giratoire
 - Régulation du stationnement
- **Signalisation :**
 - Horizontale et verticale
 - 35 kakemonos
- **Arrêts :**
 - 3 arrêts de pose et dépose voyageurs
 - Caméras de détection à 2 arrêts

3. Résultats de l'évaluation Cerema

VOLETS DE L'ÉVALUATION CEREMA

Acceptabilité des usagers de la navette

3

Acceptabilité des usagers hors navette

4

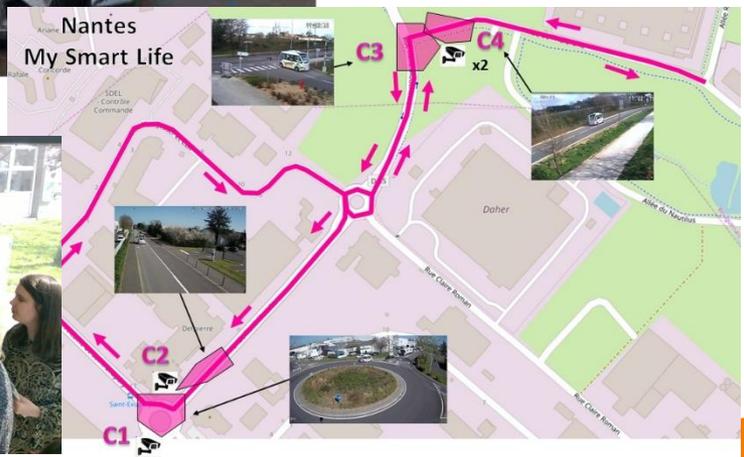
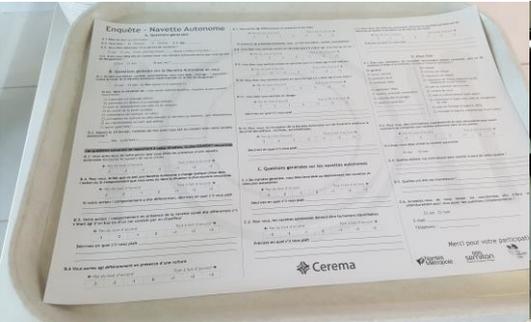
Acceptabilité pour les opérateurs SEMITAN*
*Nantes Métropole

Fonctionnement et service

1

Observations comportementales

2



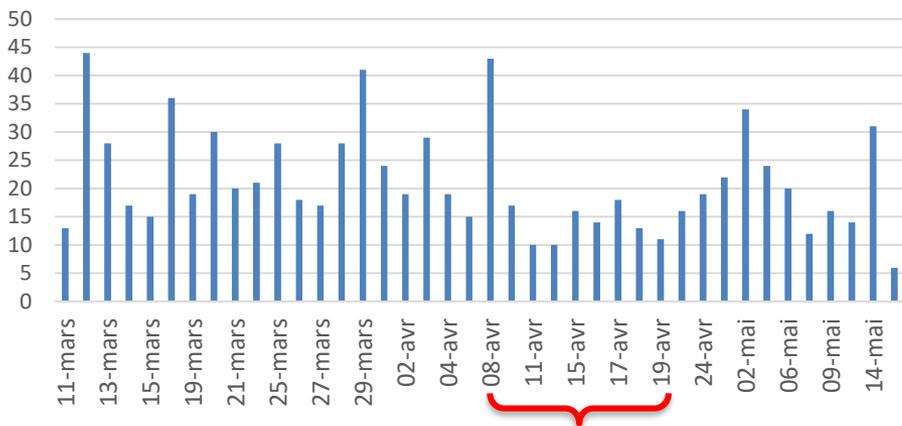
FONCTIONNEMENT : QUELQUES CHIFFRES

1

- **Période de fonctionnement**
 - Marche à blanc : du 4 au 28 février 2019
 - Service : du 1^{er} mars au 15 mai 2019 (54 jours)
- **Indicateurs**
 - 1020 km parcourus dont 98% en mode autonome
 - 847 passagers
 - Vitesse moyenne : 11,3 km/h (hors arrêts)
 - Vitesse maximale : **19,3 km/h**
 - 160 arrêts brusques suite à un dépassement
 - 8 arrêts à cause de mauvais stationnements
 - 73 arrêts pour raisons inconnues

FONCTIONNEMENT : FRÉQUENTATION

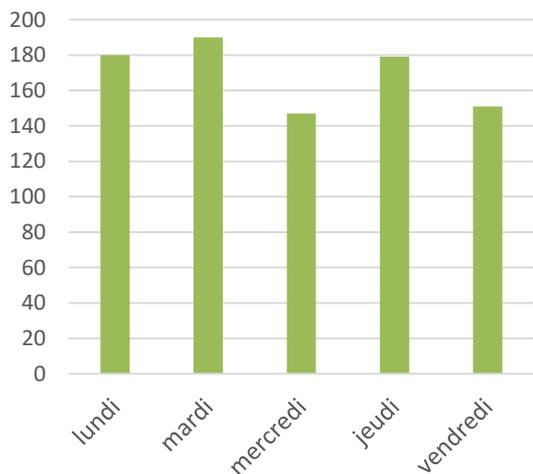
Nombre journalier de passagers



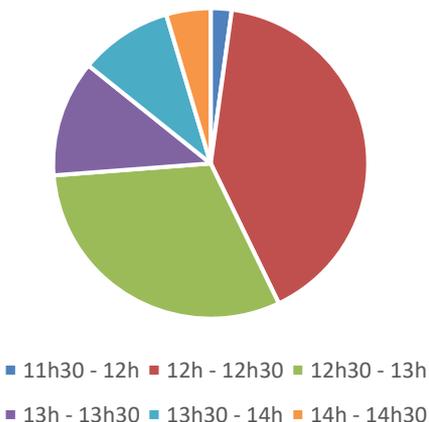
Analyses :

- Baisse de fréquentation en avril → vacances de Printemps
- Peu de variabilité dans la semaine
- Pas d'impact de la météo
- Majorité de voyages :
 - Entre 12h et 13h
 - Avec moins de 4 passagers

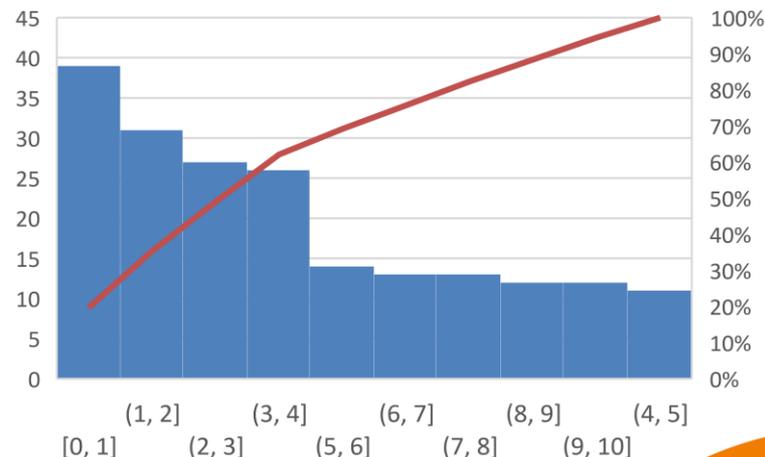
Nombre de passagers transportés



Répartition horaire des passagers



Histogramme du nombre de passagers par voyage



OBSERVATIONS COMPORTEMENTALES

2



• Analyse de vidéos

- 4 caméras
- Enregistrements du 25 mars au 2 mai
- 180 heures de vidéos par caméra

• Interactions

- 1297 interactions entre la navette et les autres usagers de la voirie
- 73 arrêts de la navette seule



...s d'une navette autonome à Nantes

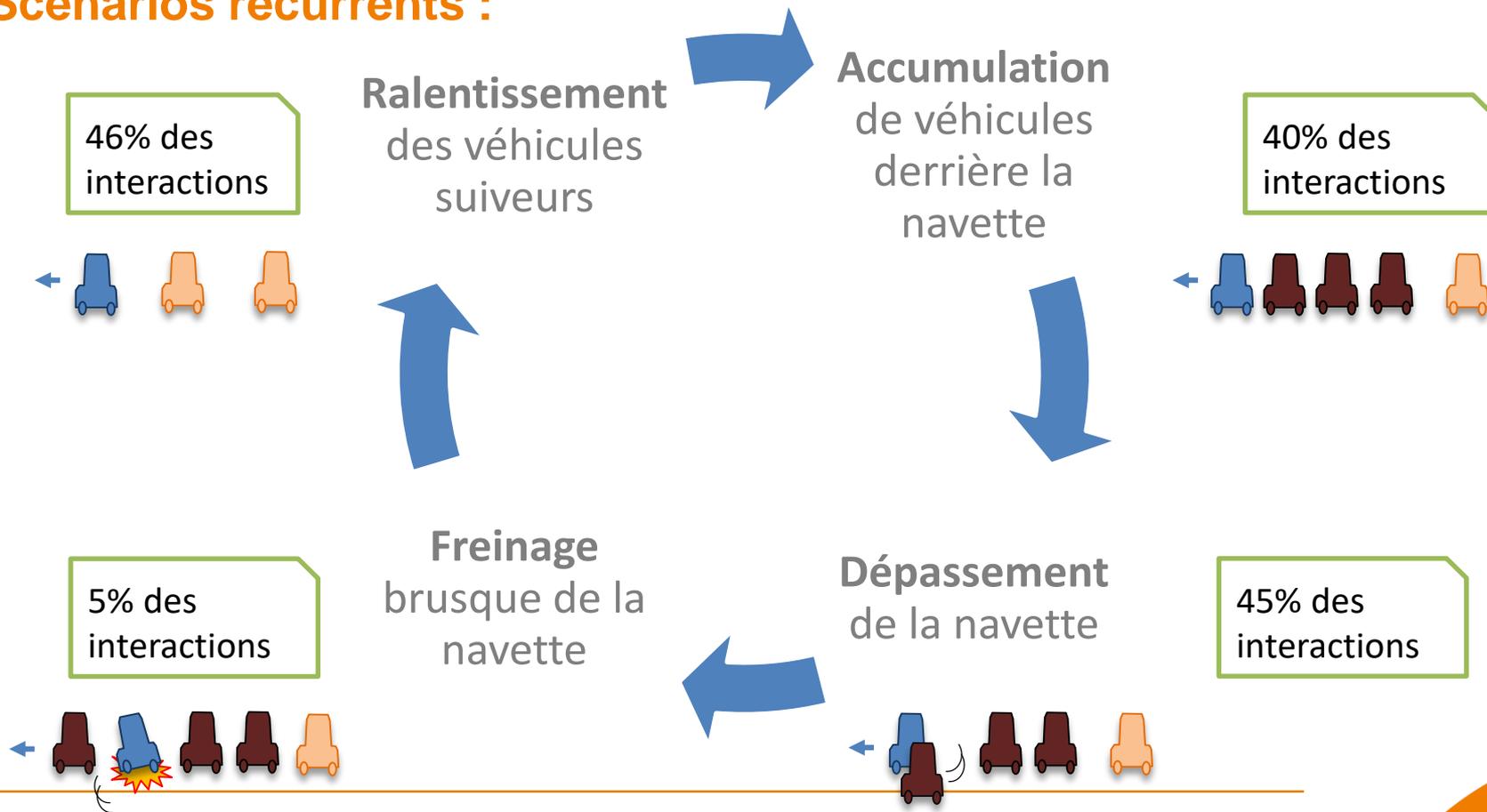
OBSERVATIONS COMPORTEMENTALES

- Interactions entre la navette et les autres usagers

Interactions	Accumulation derrière le VA	Dépassement du VA	Ralentissement du VA	Arrêt brusque du VA	Le VA coupe la route à un usager	Autre	Total par objet routier
Rond Point - Entrée	124 ≈10%	4	25	57	4	7	221
Rond Point - Dans	0	0	2	0	2	0	4
Rond Point - Sortie	25	393 ≈30%	7	4	0	8	437
Carrefour à Feu - TàD	78	5	5	7	2	2	99
Carrefour à Feu - TàG	12	0	12	1	0	1	26
Ligne Droite - Cont	185 ≈14%	132 ≈10%	6	23	0	5	351
Ligne Droite - Discont	90	47	15	2	0	3	159
Total par situation	514	581	72	94	8	26	1297

OBSERVATIONS COMPORTEMENTALES : SYNTHÈSE 2

- Scénarios récurrents :



Charger un questionnaire non terminé

Navette autonome de Bouguenais

Resseinti quant à la Navette Autonome sur le site d'activités de la zone aéroportuaire de Bouguenais et Saint-Aignan-de-Grandlieu.



Une navette autonome est expérimentée, comme démonstrateur technologique de recherche-développement, sur un itinéraire d'une longueur de 2,5 km, sur des voies ouvertes à la circulation générale sur le site interentreprises, à proximité de l'aéroport de Nantes Atlantique. La navette peut transporter jusqu'à 8 passagers assis à bord et roule à une vitesse maximale de 20 km/h. Elle dessert 3 arrêts fixes dont un Restaurant Inter-Entreprises (RIE). L'expérimentation se déroule du lundi au vendredi, de 11h30 à 14h30, entre le 15 février et le 15 mai 2019. De plus, elle est autonome en énergie, car une route solaire produit même plus d'électricité que la navette n'en consomme.

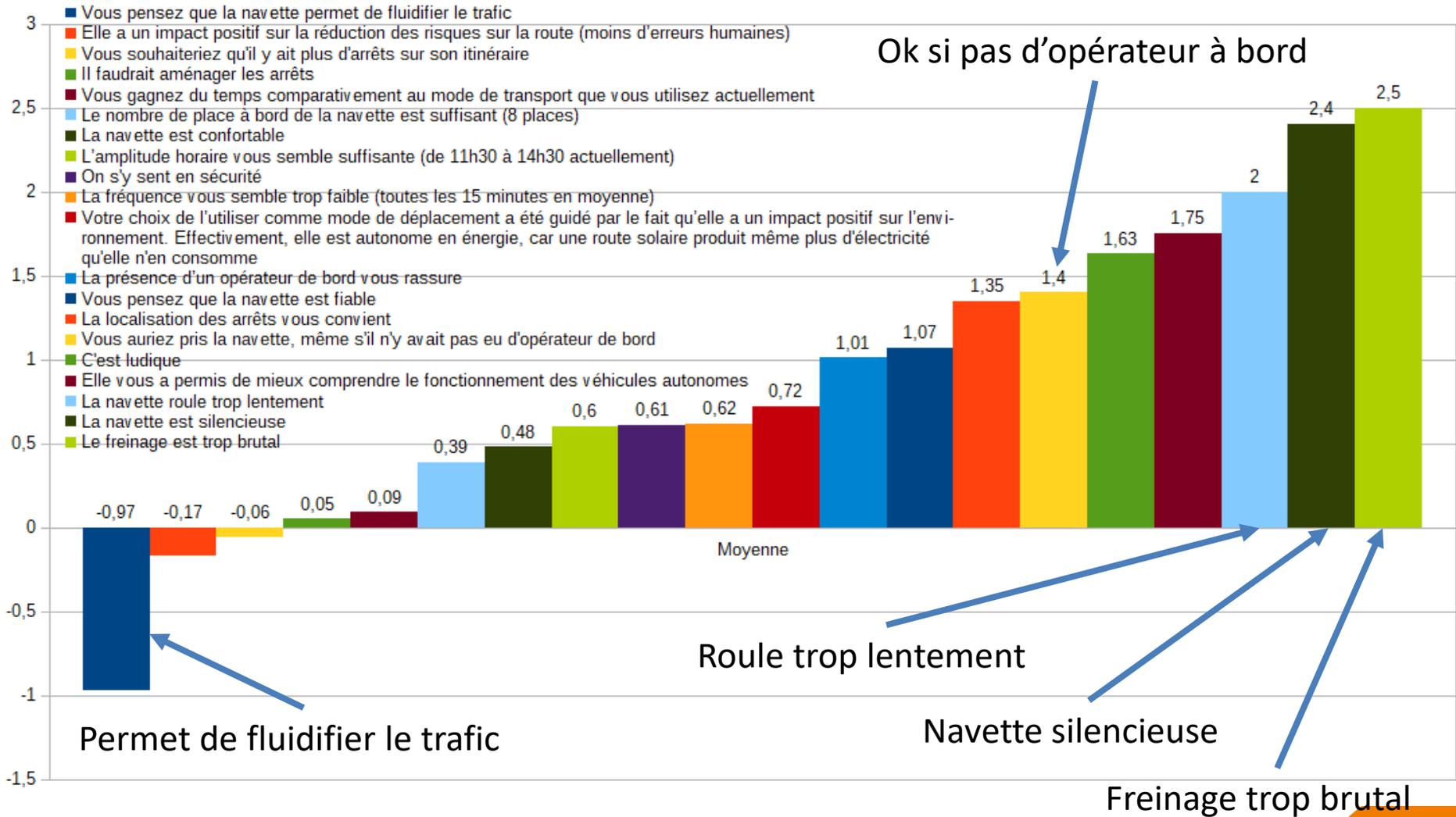
Afin d'estimer le ressenti des *utilisateurs* ou *non-utilisateurs* de la navette autonome, le Cerema, dans le cadre d'une évaluation réalisée par la Métropole de Nantes, souhaite recueillir votre ressenti à travers un questionnaire, qui peut être complété jusqu'au 31 mai. Au delà de cette date, le lien ne sera plus actif.

Il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponses. C'est **votre avis** qui nous intéresse.

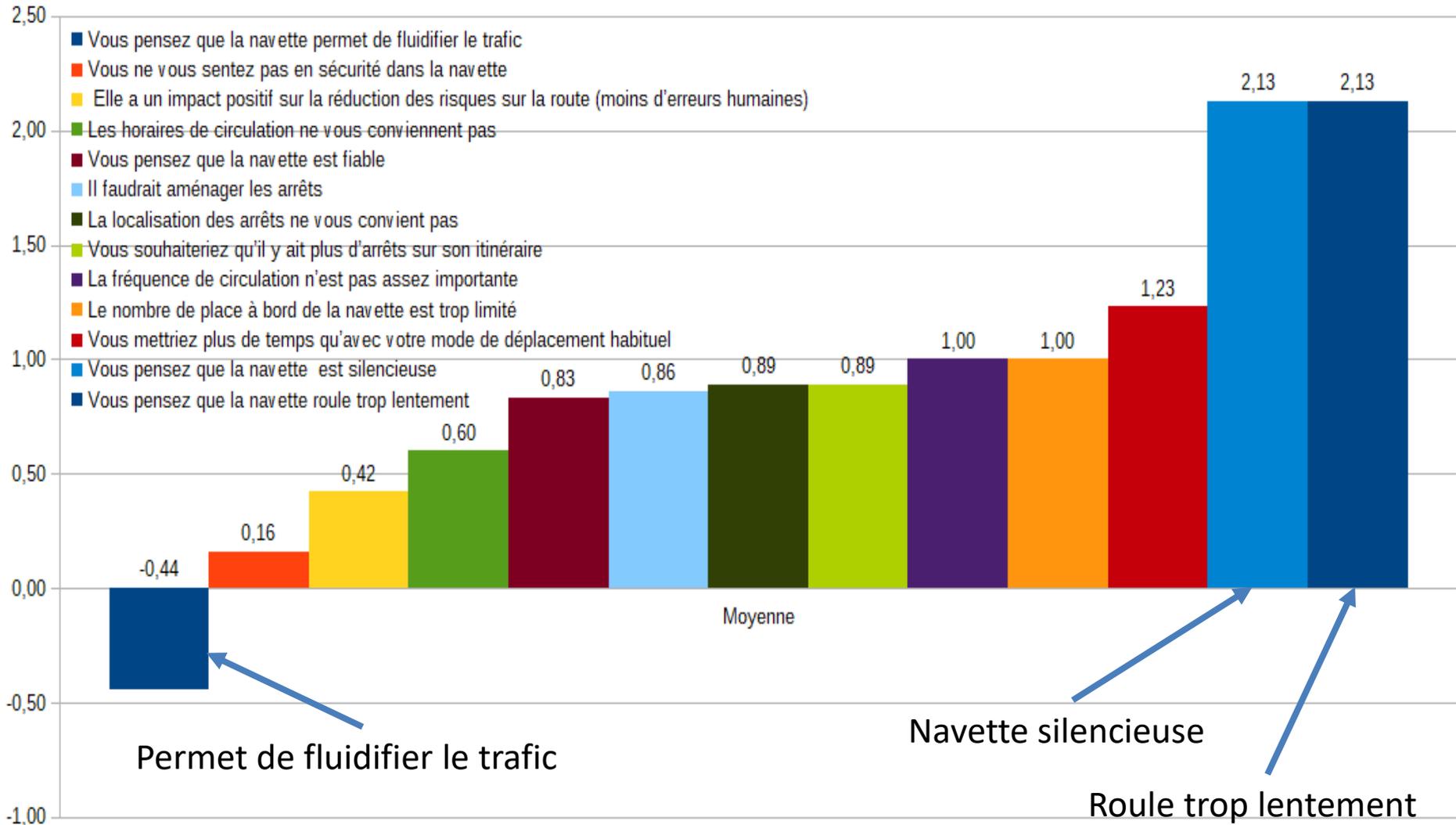
Suivant

- **Questionnaire en ligne**
 - Avril à juin 2019
 - Distinction entre **utilisateurs** et **non-utilisateurs** de la navette
 - Echelle en 7 points (de -3 à +3)
- **Résultats : 85 réponses**
 - 60 utilisateurs
 - 25 non-utilisateurs

ACCEPTATION (UTILISATEURS DE LA NAVETTE)



ACCEPTATION (NON-UTILISATEURS DE LA NAVETTE) 3



- **Opérateurs à bord :**
 - 5 conducteurs SEMITAN formés
 - Entretiens individuels
- **Ressentis :**
 - Expérience enrichissante
 - Plus d'interactions avec les voyageurs lors du 1^{er} déploiement
 - **Beaucoup de vigilance demandée**
 - **Maniement non aisé**
 - Lenteur de la navette
 - Nombreux freinages brutaux

4. Conclusions et perspectives

CONCLUSIONS (NAVETTE EXCLUSIVEMENT)

- **Résultats globalement satisfaisants :**
 - Autonomie de conduite : 😊
 - Autonomie de perception : 😊
 - Acceptabilité sociale : 😊
- **Expérimentations riches en enseignements pour l'ensemble du consortium**
- **Technologie à perfectionner avant d'envisager un déploiement à plus grande échelle et / ou sans superviseurs**

MERCI

Guillaume COSTESEQUE

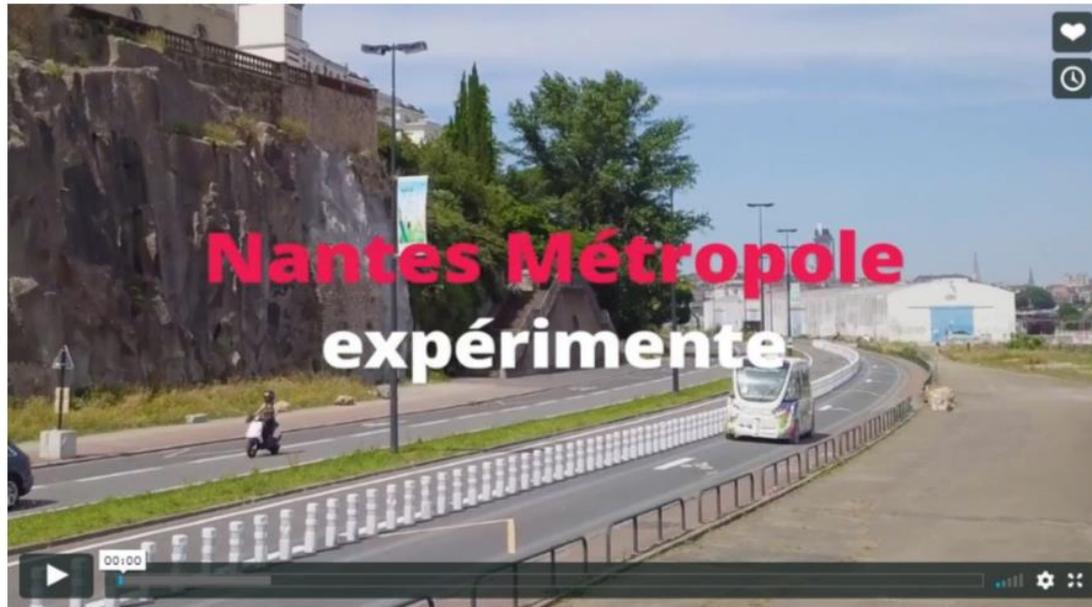
Chargé d'études optimisation du trafic routier et systèmes de transport intelligents

guillaume.costeseque@cerema.fr

Annexes

COMPLÉMENTS

- Vidéo de présentation des 2 déploiements



Vidéo de 2'16" : <https://vimeo.com/329531644/7e10026fd1>

SÉCURITÉ ROUTIÈRE : SCÉNARIOS

Remarque : « vide » indique l'absence d'action secondaire

Action Principale	Action Secondaire	C1 - Giratoire	C2 - Rue Mouchotte	C3 - Carrefour à Feu	C4 - Rue d'Halbrane	TOTAUX
Accumulation derrière le VA	Vide	128	178	104	71	481
	Dépassement du VA	22	0	0	1	23
	Ralentissement du VA	1	0	2	0	3
	Arrêt brusque du VA	2	0	0	0	2
	Le VA coupe la route	1	0	1	0	2
	Autre	1	1	0	1	3
	TOTAL		155	179	107	73
Dépassement du VA	Vide	374	97	0	11	482
	Accumulation derrière le VA	21	6	0	2	29
	Ralentissement du VA	2	2	0	21	25
	Arrêt brusque du VA	5	19	3	14	41
	Le VA coupe la route	0	0	0	0	0
	Autre	1	0	0	3	4
	TOTAL		403	124	3	51
Ralentissement du VA	Vide	12	17	5	1	35
	Accumulation derrière le VA	27	0	3	4	34
	Dépassement du VA	0	0	0	3	3
	Arrêt brusque du VA	0	0	0	0	0
	Le VA coupe la route	0	0	0	0	0
	Autre	0	0	0	0	0
	TOTAL		39	17	8	8
Arrêt brusque du VA	Vide	27	3	4	3	37
	Accumulation derrière le VA	32	2	2	2	38
	Dépassement du VA	4	2	1	7	14
	Ralentissement du VA	0	0	0	0	0
	Le VA coupe la route	0	0	0	0	0
	Autre	0	0	2	4	6
	TOTAL		63	7	9	16
Le VA coupe la route	Vide	2	2	1	0	5
	Accumulation derrière le VA	1	0	0	0	1
	Dépassement du VA	0	0	0	0	0
	Ralentissement du VA	0	0	0	0	0
	Arrêt brusque du VA	0	0	2	0	2
	Autre	0	0	0	0	0
	TOTAL		3	2	3	0
Autre	Vide	9	10	2	3	24
	Accumulation derrière le VA	0	0	0	0	0
	Dépassement du VA	0	0	0	3	3
	Ralentissement du VA	0	0	0	0	0
	Arrêt brusque du VA	0	0	0	0	0
	Le VA coupe la route	0	0	0	0	0
	TOTAL		9	10	2	6
TOTAL GENERAL		672	339	132	154	1297