

4 Avril 2023 – Séminaire TS2

**Caroline Pigeon**  
Chargée de recherche

# Transports autonomes et accessibilité



**LABORATOIRE LESCOT  
LABORATOIRE ERGONOMIE  
ET SCIENCES COGNITIVES  
POUR LES TRANSPORTS**

# Présentation

**Chargée de recherche**, recrutée en décembre 2022 au Lescot

Intérêts de recherche : mobilité et participation sociale & handicap et vieillissement  
Comprendre l'effet de facteurs individuels et environnementaux  
Evaluer, adapter, développer des interventions

Méthodes de recherche mixtes (quanti / quali), appétence pour la recherche participative

2013-2016 : Thèse Lescot – Capacités attentionnelles des piétons aveugles

2017-2018 : Postdoc U de Sherbrooke – Participation sociales des aînés avec déficience visuelle

2019-2021 : CDD Lescot – Bus autonome

2021-2022 : CDD Univ. Lyon 2 – Enquête sur le quotidien des personnes déficientes visuelles

## Contexte



**Mobilité** : condition de participation sociale

Incapacités, vieillissement & environnement non adapté

Véhicule autonome présenté comme une solution pour résoudre les problèmes d'accès à la mobilité

Qu'en est-il vraiment ? Et comment améliorer l'accessibilité de ces moyens de transport ?  
Toute la chaîne de déplacement et toutes incapacités  
Physique et aux informations

Répondre aux besoins d'accessibilité améliore la mobilité de tous



# Le projet STAR – Système de Transport Autonome Rapide (avec L. Paire-Ficout, A. Alauzet)

Développement d'un bus autonome opérant dans des conditions similaires à une exploitation réelle

→ Véhicule standard, 12 mètres, ≈ 100 passagers, 40 km/h

- Notre questionnement

- Comment les usagers potentiels acceptent-ils les transports en commun autonomes ?
- Est-ce que le vieillissement et le handicap sont considérés dans la conception de ces véhicules ?
- Comment rendre ces transports le plus accessible possible ?

→ Identifier les attentes, les craintes et les besoins de potentiels usagers, y compris âgés ou handicapés

→ Proposer des recommandations afin que le bus réponde le mieux possible aux besoins de tous

→ Sensibiliser les concepteurs à la prise en compte des besoins particuliers

Financements FUI

**bpi**france

La Région  
Auvergne-Rhône-Alpes

GRANDLYON  
la métropole

La Région  
Occitanie  
Pyrénées - Méditerranée

Pôles de  
compétitivité

CARA  
aerospace  
valley  
EUROPEAN CLUSTER  
FOR MOBILITY SOLUTIONS

**easy**  
MILE

**IVECO**  
BUS

sector  
group

**MICHELIN**  
UNE MEILLEURE FAÇON D'AVANCER

Isae  
Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace  
**SUPAERO**

**Inria**  
inventors for the digital world

**TRANSPOLIS**

**IFSTAR**  
devient l'université  
Gustave Eiffel

# Méthodes

Différentes méthodes pour investiguer l'**acceptabilité**, l'**acceptation** et l'**usage** des **véhicules autonomes de transport public** et leur **accessibilité**

1

## Typologie

Inventaires des difficultés dans transports publics amplifiées par l'automatisation et solutions /type d'incapacité (étape de déplacement)

2

## Revue de la littérature

1) Facteurs, 2) recommandations ergo – anglais, français, 1999-2019, 10 bases de données + backward & forward snowballing

3

## Enquête en ligne

Grand public, 30 questions ( quanti & quali), 13 min, LimeSurvey

4

## Enquête par mail

Experts handicap, vieillissement, mobilité, 5 questions

## Résultats – typologie

# Typologie

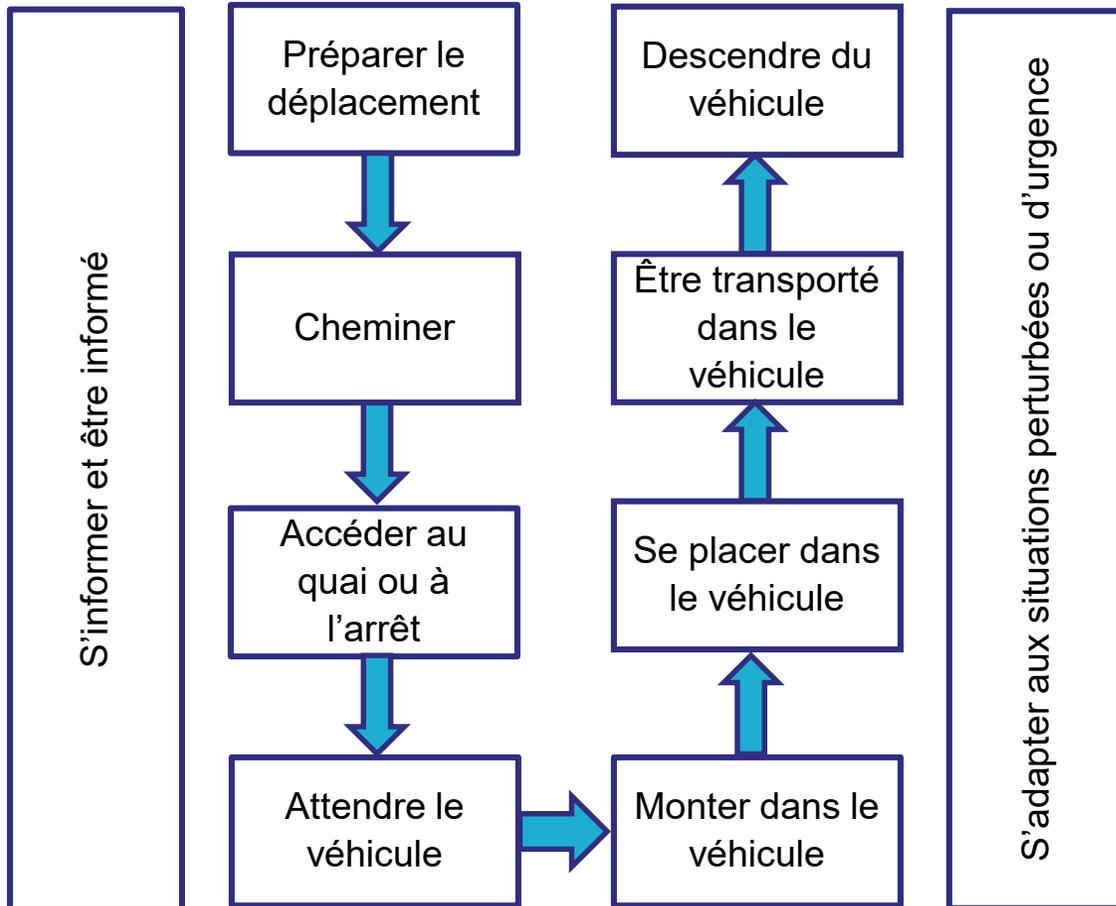
## Difficultés rencontrées dans les transports publics / type d'incapacité (extrait)

Groupes d'usagers	Limitations	Sous-groupes de limitation	Exemples d'effets lors de l'usage des transports en commun
Personnes avec déficience visuelle	Limitations de la vision ou autres limitations visuelles	Limitations légères ou modérées (acuité visuelle réduite, accommodation lente, etc.)	Difficultés à lire, à identifier des symboles
		Champ visuel réduit	Difficultés à voir le trafic en approche, à traverser les rues
		Limitations de la vision nocturne et de la vision des couleurs	Difficultés dans le noir, ou à comprendre les codes couleur ou les cartes
		Photophobie	Inconfort ou douleur dans les environnement éclairés ou lors des variations de luminosité, baisse d'acuité visuelle possible
		Limitations graves, cécité	Pas de lecture ou de détection d'emplacements spécifiques (par ex. : bouton d'appel, siège)
Personnes avec déficience auditive	Limitation auditives ou autres limitations audio	Limitations légères ou à modérée	Difficultés à entendre l'information vocale, les signaux sonores, les messages d'alerte
		Limitations sévères ou surdité totale	Impossibilité d'entendre de l'information vocale, des signaux sonores, des messages d'alerte, éventuel non accès à l'information écrite

# Typologie

## Inventaire des difficultés rencontrées dans les transports publics et solutions proposées / étape de la chaîne de déplacement

### 7/25 difficultés susceptibles de survenir ou d'être amplifiées avec l'automatisation



### Extrait (étape : monter dans le véhicule)

Principales difficultés	Solutions proposées
Difficultés à ouvrir la porte	En priorité : Ouverture des portes automatique à chaque arrêt Sinon : Boutons d'ouverture lumineux et en relief, atteignable par les usagers de fauteuil roulant et les personnes de petite taille
Difficultés à monter dans le véhicule	Plancher bas ou rampe d'accès Mains courantes sur les portes avec un revêtement de surface non glissant et de couleur contrastée
Besoin de confirmation de la ligne de bus et de la destination	Affichage écrit et diffusion sonore à l'extérieur avant et à l'intérieur du bus Possibilité de poser des questions à un agent présent ou distant (oral / écrit / LSF)
Difficultés à valider le titre de transport	Valideurs contrastés Validation sans contact (plutôt qu'insertion dans une fente)

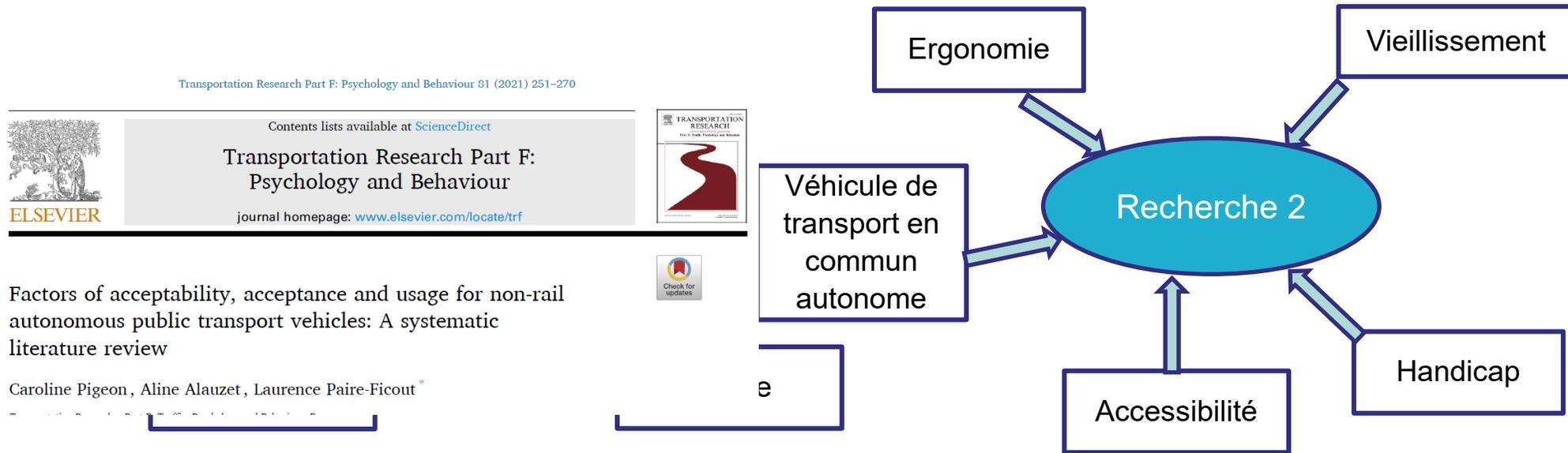


## Résultats – revues de la littérature

# Revue de la littérature

## Identifier

- 1) Les facteurs d'acceptabilité, d'acceptation et d'usage des véhicules autonomes de transport public
- 2) Des recommandations ergonomiques pour améliorer l'accessibilité de ces véhicules



## 2) revues de la littérature recensées

Automatisation pour transport à la demande (↓ coût, ↑ efficacité)<sup>1</sup>

Lignes directrices d'accessibilité pour l'automatisation (transports ordinaires)<sup>2</sup>

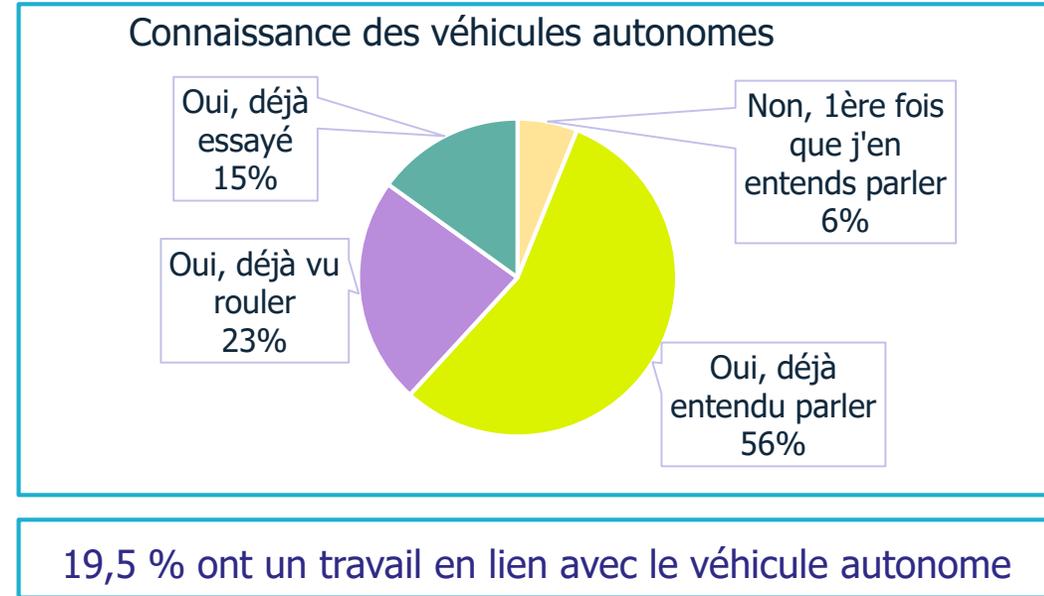
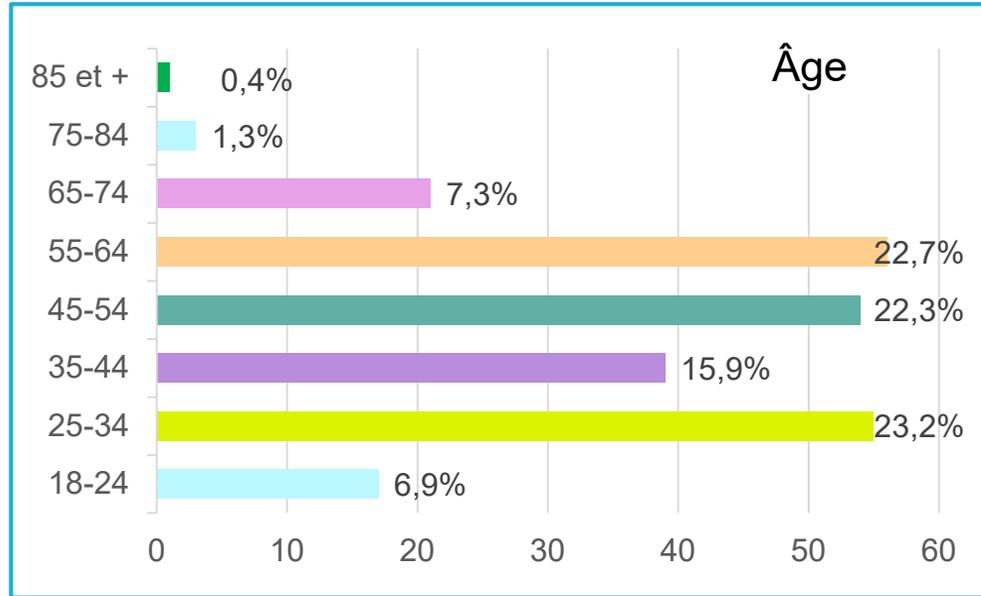
→ Aucune prise en compte du handicap et du vieillissement

<sup>1</sup> Azad et al., 2019 ; <sup>2</sup> Tabattanon et al., 2019

# Résultats – enquête en ligne

# Enquête en ligne

## Caractéristiques des répondants (n=246)



Personnes gênées dans leurs déplacements (incapacités, problèmes de santé) : n=28 (11,4 %)

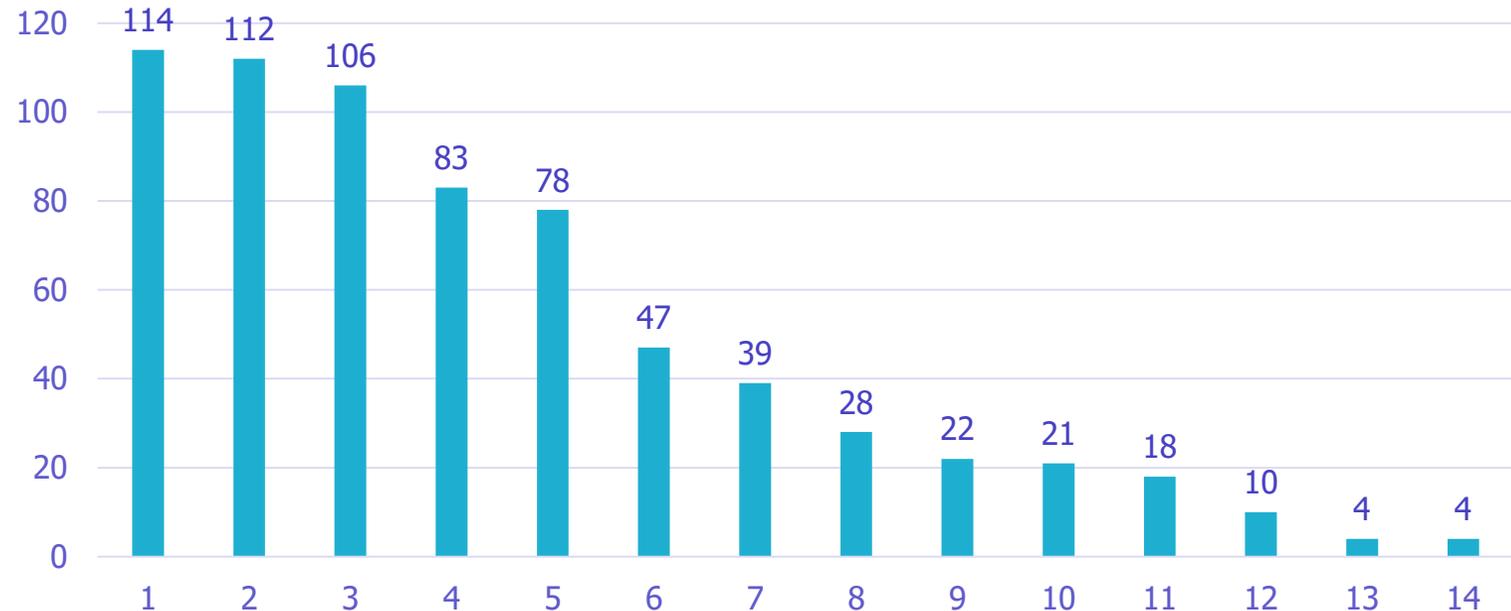
- Peuvent se déplacer seules sur tous les itinéraires : 15 (6,1 %)
- Ne peuvent se déplacer seules que sur certains itinéraires : 10 (4,5 %)
- Ne peuvent pas se déplacer seules sans aide : 3 (1,2 %)

Gêne : marche (22), stress (4), audition (3), mémoire (1), orientation (1), autre (4)

# Enquête en ligne

Qualités (max 3) les plus importantes que devrait avoir un bus autonome ? (n=246)

1. Fiable
2. Sûr
3. Accessible pour les PAM
4. Améliore la circulation
5. Fait gagner du temps
6. Facile d'utilisation
7. Rassurant
8. Utile
9. Innovant
10. Confortable
11. Autre (écologique, présence humaine, bon marché, pas de grève, algo. transparent)
12. Intéressant
13. Attrayant
14. Agréable



## Enquête en ligne

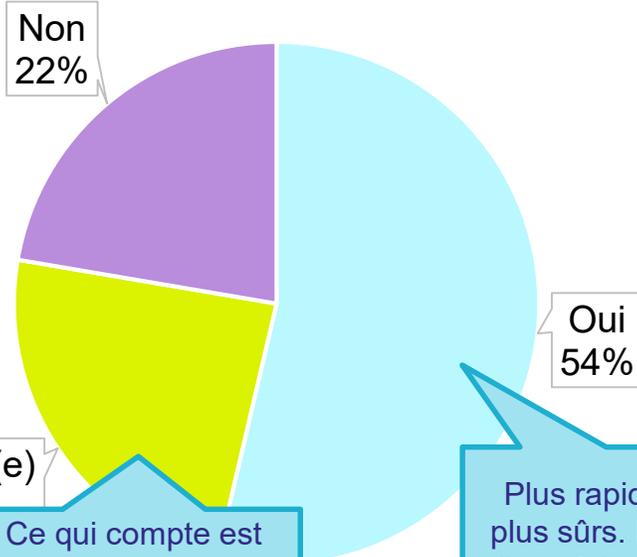
**Qualités** choisies par les personnes gênées dans les déplacements (n=28)

- Accessible\*
- Fiable
- Rassurant\*
- Améliore la circulation
- Facile d'utilisation

\*  $p < .05$  (Chi2)

# Enquête en ligne

## Intention d'utiliser un bus autonome (n=246)



Seul **facteur individuel** qui influe l'intention d'utiliser un bus autonome ou non : déclarer être **gêné dans ses déplacements** ( $p=.008$ )

Indifférent(e) 24%  
C'est un moyen. Ce qui compte est d'avoir la finalité c'est à dire le déplacement fiable, rapide, sûr et écologique

Oui 54%  
Plus rapide, fiable, plus sûrs. Possibilité d'une fréquence plus importante

Je privilège d'autres moyens de transport (vélo), je me sens plus en sécurité avec une personne au volant

Déshumanisation. Plus de "capitaine" à bord à qui dire bonjour et pour faire respecter les règles dans son bus

- Si non, pourquoi:
- Sécurité, confiance
  - Déshumanisant (emplois, rejet techno)
  - N'utilise pas le bus/les TC
  - Inutile
  - Pas écologique
  - Mauvaise expérience

# Enquête en ligne

## Bus autonome et déplacements des personnes âgées ou ayant des incapacités (n=24)

Le bus autonome va

- Favoriser les déplacements : 4
- Gêner : 4
- Un peu des deux : 6
- Ni l'un ni l'autre : 10

En quoi va-t-il favoriser [...] ?

- Conduite douce, confortable
- Plus de fréquence
- Fiable

En quoi va-t-il gêner [...] ?

- Sans conducteur : pas d'assistance, d'adaptation, d'information pour rassurer
- Sécurité
- Procédure en cas de panne ou évacuation d'urgence

## Résultats – enquête par mail

# Enquête auprès d'experts handicap / vieillissement

Professionnel de la réadaptation, chercheur, administrateurs d'associations de personnes handicapées, chargés de mission dans le domaine du handicap, délégation ministérielle à l'accessibilité, expert handicap au CARPA (n=9/25 experts sollicités)

## Inconvénients

- Absence de présence humaine pour
  - Partager de l'information adaptée et personnalisée (ex. : ligne, destination, prochain arrêt)
  - Adapter les temps d'ouverture des portes et d'arrêt
  - Déployer la palette pour usagers en fauteuil roulant
  - Atténuer les craintes, rassurer, confirmer
  - Aider à la gestion de l'imprévu (ex.: modification de trajet, chute, problème d'orientation)
  - Prévenir des incivilités et intervenir immédiatement
- Automatisation
  - Freinages brusques

## Avantages

- Meilleur service possible
  - Horaires
  - Desserte
  - Flexibilité (par rapport au transport à la demande)
- Désengorgement du transport à la demande
- Conduite plus douce
- Pallier un manque de personnel

**Pour conclure**

# Synthèse des résultats

- L'acceptation dépend plus du service rendu que du caractère autonome
  - ➔ Autonomisation doit apporter un plus ➔ service, confort
- Besoin de confiance dans le système
  - ➔ Priorité aux aspects sécuritaires (ex. : freinage)
- Accessibilité primordiale
  - Vieillesse et handicap pas considérés dans les études, mais diminuent l'intention d'utilisation
  - Prise en considération de toutes les **étapes** de la chaîne de déplacement et tous les **types de handicap**
  - Aménagements intérieurs **et** accessibilité des informations (avant / pendant le trajet ; redondance)
- Palier à l'absence de conducteur
  - Même les tâches du conducteur implicites ➔ Informer – rassurer – attendre – aider – s'adapter – etc.
- Pour qu'un 1er essai mène à une ré-utilisation : démonstrations convaincantes



## Prise en compte des recommandations ? Projet de 5 étudiants de l'école de design Rubika (projet *Urban Move Ability*)



**Caroline Pigeon**

Caroline.Pigeon@univ-eiffel.fr

Lescot



## Concepts



## Accessibilité

Préparation du déplacement → fin du déplacement  
Physique et aux informations

Sécurité : freinages d'urgence



# Revue de la littérature 1

## Résultats

### 70 facteurs issus de 39 articles concernant tout type de véhicule de transport public



Factors of acceptability, acceptance and usage for non-rail autonomous public transport vehicles: A systematic literature review

Caroline Pigeon, Aline Alauzet, Laurence Paire-Ficout

Themes	Factors related to vehicle or service characteristics (47)	n
Mobility services	Times and schedules: frequency/waiting time, travel time, schedules	20
	Fares, integration with public transport and intramodality	18
	Location context	13
	Travel information and reliability	9
	Flexibility	6
	Education to vehicle use	1
Safety	Concerns	14
	Vehicle speed	8
	Braking behavior	5
Automation factors	Countermeasures	11
	Supervision	13
	Manual control means	4
Comfort	Automation level	2
	Information about autonomous functioning	2
	Visibility of the outside	4
	Free internet access	3
	Seats	3
	Noise	2
	Internal and external appearance	2
	Air-conditioning	1
Cleanliness	1	
Access to the vehicle	Humanoid voice	1
	Vehicle size	5
	Access without physical obstacle	3
	Occupancy rate and overloading prevention	2
	Access to the vehicle with a bicycle or a dog	1

Themes	Personal factors (23)	n
Socio-demographics	Gender	20
	Age	19
	Education	7
	Residential situation or work place	7
	Income	5
	Employment	3
Travel behavior	Travel habits	10
	Travel purpose and weather	4
	Mobility difficulties	4
	Attitude towards public transport	2
Personality	Technology interest	8
	Trust towards autonomous vehicles	8
	Ecological values	3
	Behavioral control	1
	Need to control	1
Performance and effort expectancy	Performance expectancy	11
	Effort expectancy	8
Exposure to autonomous vehicles	Previous experience	12
	Having heard about	3
	Knowledge about an accident	2
	Media coverage	2
Symbolic-affective system evaluation	Social influence	6
	Perceived pleasure	4



# Revue de la littérature 2

## Résultats

Est-ce que le vieillissement et le handicap sont considérés ?

Seulement deux documents, des revues de la littérature

- 1 - Objectif : identifier les thématiques abordées dans les études sur les bus/navettes autonomes (Technologie, Acceptation, Social et économique, Sécurité, Législation)  
3/40 sur handicap → Automatisation pour transport à la demande (↓ coût, ↑ efficacité)
- 2 - Objectif : recenser les études portant sur l'accessibilité des véhicules autonomes de transport public  
Aucune étude sur l'automatisation  
Études sur l'accessibilité dans les véhicules de transport public ordinaires → Lignes directrices d'accessibilité pour l'automatisation (outil en ligne)



<sup>1</sup> Azad, M., Hoseinzadeh, N., Brakewood, C., Cherry, C. R., & Han, L. D. (2019). *A literature review on fully autonomous buses* (No. 19-05492).

<sup>2</sup> Tabattanon, K., Sandhu, N., & D'Souza, C. (2019, November). Accessible Design of Low-Speed Automated Shuttles: A Brief Review of Lessons Learned from Public Transit. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 63, No. 1, pp. 526-530). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

# Revue de la littérature 2

## Résultats

### Accessible Design of Low Speed Automated Shuttles: A Literature Synthesis

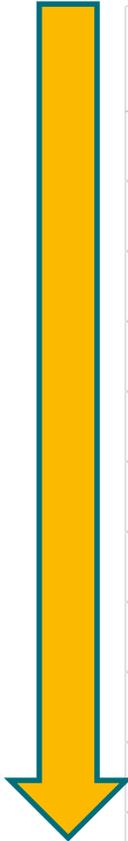
Goal: To summarize existing research and identify knowledge gaps in matching major disability types with potential barriers when performing tasks associated with using a low-speed Autonomous Shuttle (LSAS).

Instructions ▾

Type de handicap

	Unspecified Disability	Cognitive and/or Developmental Disability	Auditory Impairment	Visual Impairment	Wheeled Mobility Devices	Ambulatory Impairment	Older Adults	Extremes of Size and Weight
Plan Route		3		1				
Identify Correct Vehicle Station		4	1	9				
Identify Correct Vehicle to Board		4	1	8				
Board Vehicle				2	16	5	2	
Pay Fare			1	1	2	1		
Move to Seat or Securement				1	8	2		
Secure and/or Retrieve Belongings					1	1		
Secure Passenger/ Maneuver from Securement				3	5			
Ride Vehicle		1		1	4	2	1	
Indicate Stop								
Identify Correct Stop for Alighting		3	3	4				

Étape de la chaîne de déplacement



Go to 65 Unique Documents 

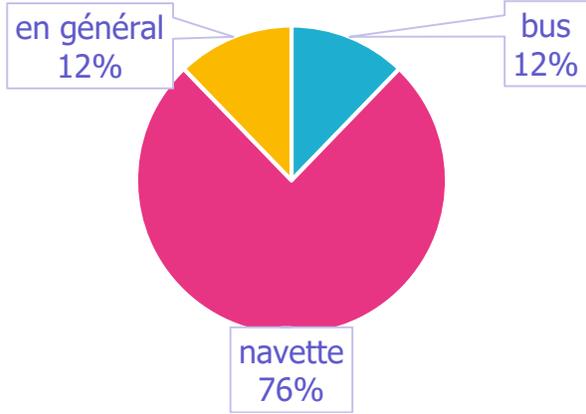
<http://dsouzalab.engin.umich.edu/research/av/framework/>



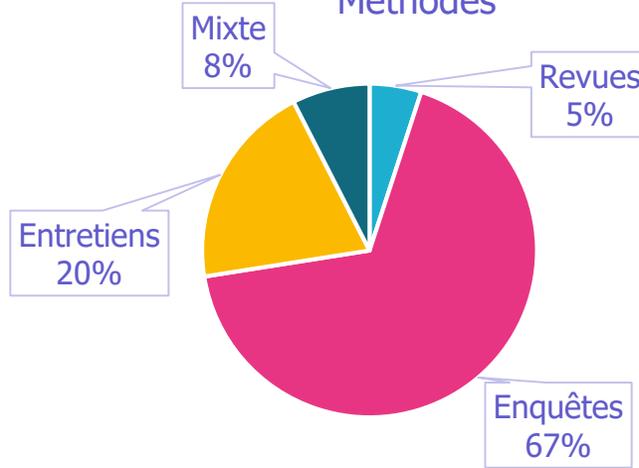
# Revue de la littérature

## Documents analysés (n=41)

Véhicules concernés



Méthodes



The	Factors of acceptability, acceptance and usage for non-rail autonomous public transport vehicles: A systematic literature review
Acce	
Acceptation	17
Usage	: 3
Accessibilité	: 2

## Principaux résultats

- 1) 70 facteurs issus de 39 articles concernant tout type de véhicule de transport public  
 Liés aux caractéristiques du véhicule ou du service (47) et personnels (23)  
 → Caractéristiques service et véhicule (confort, accès) important + que caractère autonome  
 → Sources d'inquiétudes (sécurité, freinage brusques) diminuent l'acceptabilité
- 2) Aucune prise en compte du handicap et du vieillissement  
 → 2 revues de la littérature recensées  
 Automatisation pour transport à la demande (↓ coût, ↑ efficacité)<sup>1</sup>  
 Lignes directrices d'accessibilité pour l'automatisation (transports ordinaires)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Azad et al., 2019 ; <sup>2</sup> Tabattanon et al., 2019

# Conclusions

## Forces

- Différentes investigations qui convergent et se complètent
- Opportunité de proposer des recommandations pour la conception d'un bus autonome
  - Transposables à tout type de transport en commun, autonome ou non

## Limites

- Crise COVID : ajustement des méthodes
  - Entretiens, *focus groups* et tests utilisateurs sur prototype annulés
- Difficulté à rejoindre les personnes âgées et/ou handicapées
- Peu de possibilité d'influer réellement sur le prototype issu du projet
  - Développements techniques priorités
  - Développement sur véhicule standard