

Effet des aménagements cyclables
dans les carrefours giratoires
sur la charge mentale
et le comportement des cyclistes
Projet CharMent-Vélos

Lara DÉSIÉ¹, Kuotian LI², Bertrand BARBEDETTE²,
Théo GOHIER², Florence ROSEY¹, Flavien LOPEZ³,
Sébastien SAUDRAIS²

¹Cerema, PsyCAP ; ²ESTACA, ESTACA'Lab ; ³Cerema, DTecTV

11/10/2024

Introduction



CONTEXTE

1 Enjeux

2 Politiques publiques Promotion des déplacements à vélo pour les trajets du quotidien

3 Guides techniques Recommandations pour la conception des aménagements cyclables

Favoriser le développement des aménagements cyclables

Confort des aménagements cyclables



LOI n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités

• Dernière mise à jour des données de ce texte : 29 décembre 2023

NOR : TRET1821032L

JORF n°0299 du 26 décembre 2019

Le fonds mobilités actives



CONFORT DES AMÉNAGEMENTS CYCLABLES

5 critères d'évaluation des aménagements cyclables (Berghoefer & Vollrath, 2023)

« faire du vélo sans stress, détendu et avec un sentiment de sécurité »

« rester concentré et être attentif aux interactions avec les autres usagers »



PROJET CHARMENT-VÉLOS

Evaluer l'impact des aménagements cyclables sur le comportement des cyclistes et la **charge de travail mental** à l'aide d'un simulateur de déplacement

Volet 1
Intersection

Volet 2
Section courante

Carrefour giratoire



image : Flaticon.com



CHARGE DE TRAVAIL MENTAL

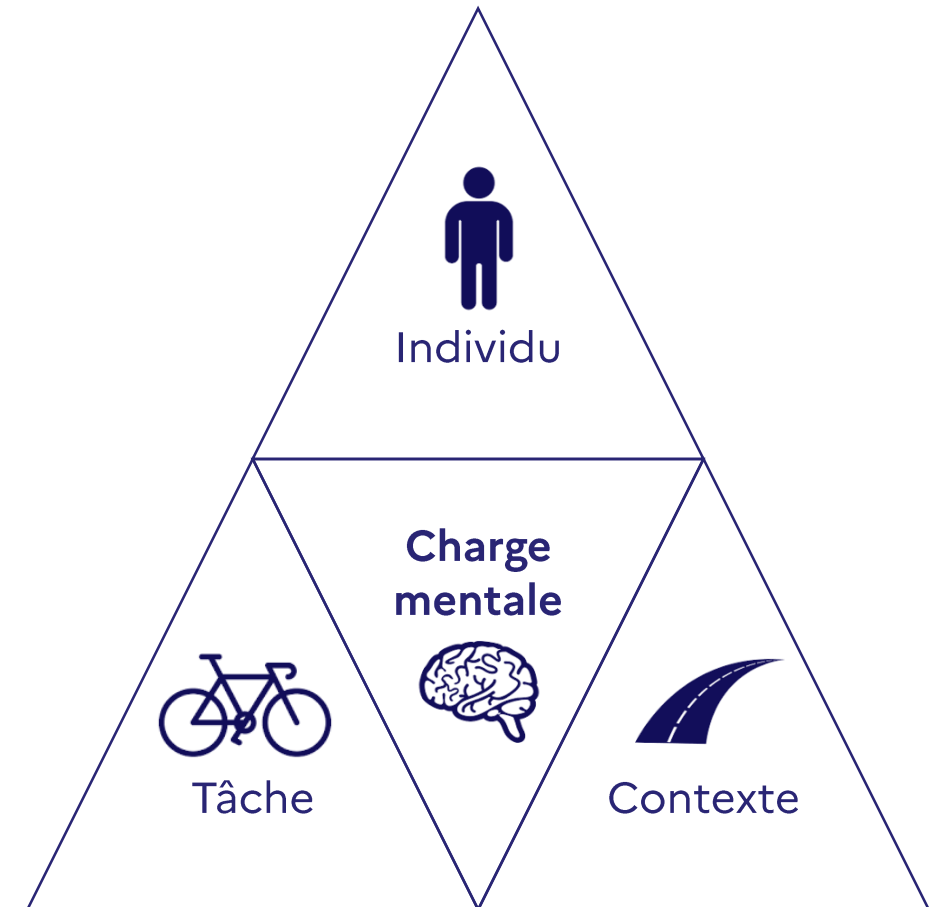
Concept multi-dimensionnel

- « La charge de travail mental reflète la **quantité de ressources attentionnelles** nécessaires à l'accomplissement d'une tâche en fonction :
 - De la demande de la **tâche**
 - Du **contexte** environnemental dans lequel la tâche est accomplie
 - De l'expérience passée de **l'individu** avec la tâche »

(Young et Stanton, 2005 cité par Young et al. 2015)

3 familles d'indicateurs

- Mesures subjectives
- Mesures de la performance à une tâche secondaire
- Mesures physiologiques

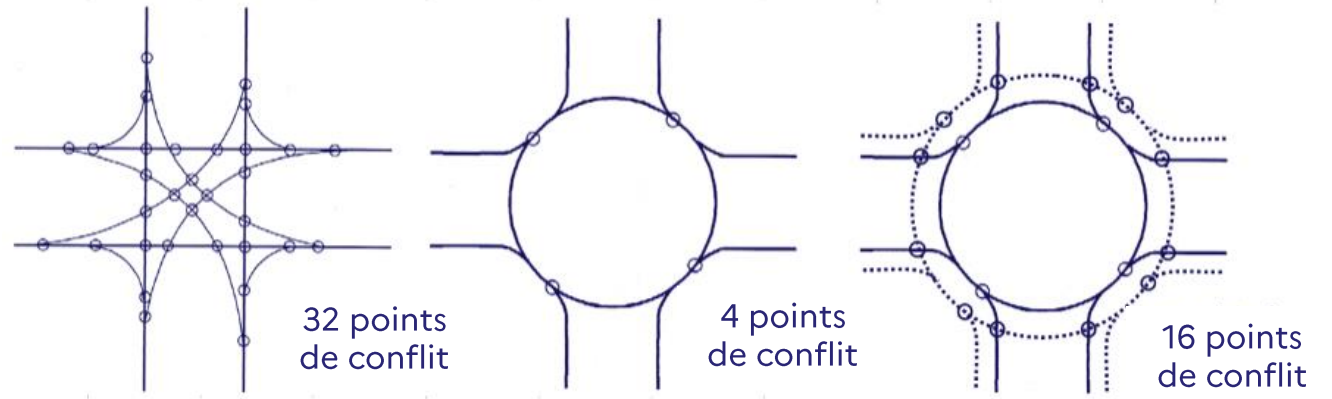


CARREFOURS GIRATOIRES ET CYCLISTES

Avantages (Certu, 2010, p. 65)

- Maîtrise de la vitesse en continu
- Modération de la vitesse des VL
- Diminution des conflits

Carrefour plan Carrefour giratoire 1 voie de circulation Carrefour giratoire 2 voies de circulation



Source : Adapté de Cumming (2011) – Australie, circulation à gauche

Inconvénients

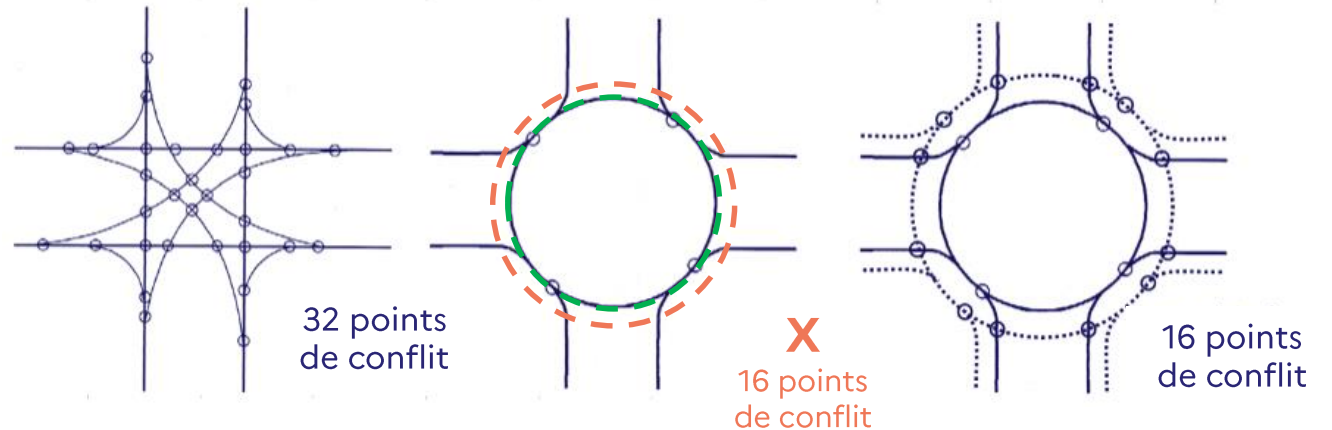
- Sentiment d'inconfort des cyclistes
- Gain de sécurité pour les automobilistes mais pas avéré pour les cyclistes

CARREFOURS GIRATOIRES ET CYCLISTES

Avantages

- Maîtrise de la vitesse en continu
- Modération de la vitesse des VL
- Diminution des conflits

Carrefour plan Carrefour giratoire 1 voie de circulation Carrefour giratoire 2 voies de circulation



Source : Adapté de Cumming (2011) – Australie, circulation à gauche

Inconvénients

- Sentiment d'inconfort des cyclistes
- Gain de sécurité pour les automobilistes mais pas avéré pour les cyclistes

Positions adoptées par les cyclistes :
Décalage entre sécurité perçue
et sécurité objective ? (Cumming, 2011)

CARREFOURS GIRATOIRES ET CYCLISTES

Solutions d'aménagements des carrefours de taille intermédiaire



Sans aménagement



Matérialisation trajectoire



Bande cyclable



Recommandations

Accidentalité défavorable pour les cyclistes

(Poudel & Singleton, 2021)

A éviter ... mais reste plébiscitée par les collectivités ... avec coloration de la chaussée

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Quel est l'impact de ces aménagements ?

Sans aménagement



Matérialisation trajectoire



Bande cyclable



Comportement : position adoptée, ressenti

Charge de travail mental

Matériels et méthodes

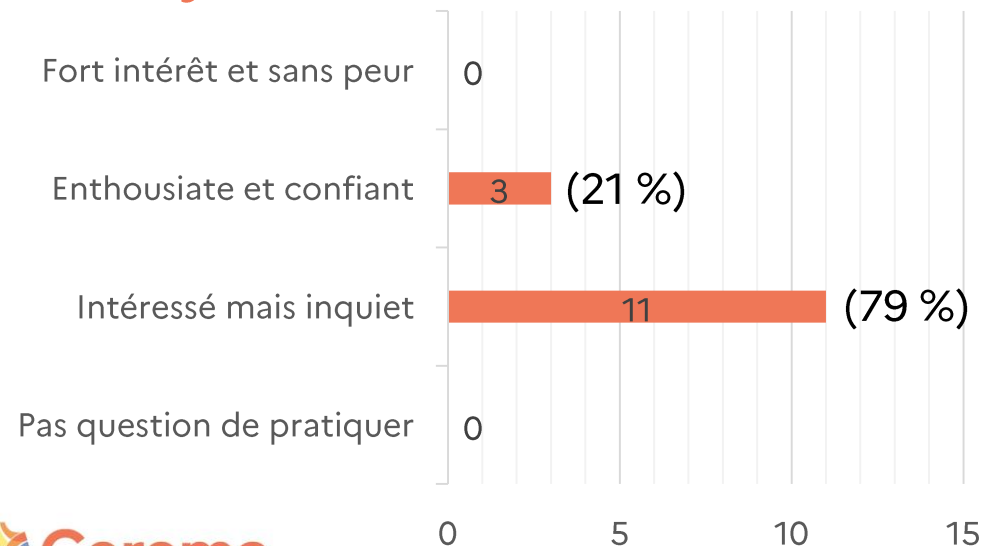


MATÉRIELS ET MÉTHODES

14 participants

- 3 femmes, 11 hommes
- Age compris entre 20 – 59 ans (M = 32,6 ; ET = 13,4)
- 7 avec pratique du vélo utilitaire dans les 30 derniers jours

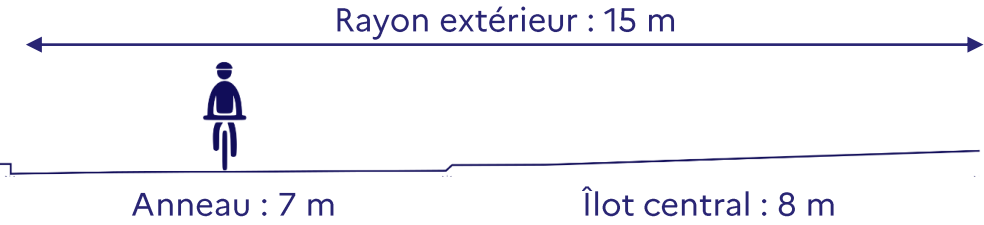
Types de cycliste (Dill & McNeil, 2013)



MATÉRIELS ET MÉTHODES

Parcours urbain avec des carrefours giratoires

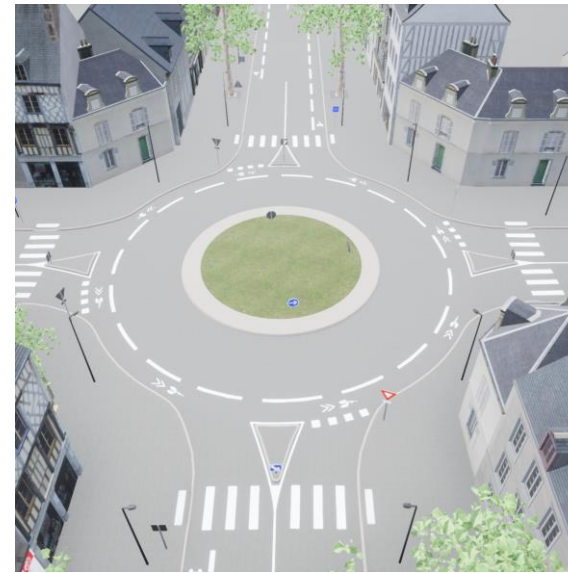
4 versions du parcours suivant l'aménagement du carrefour giratoire



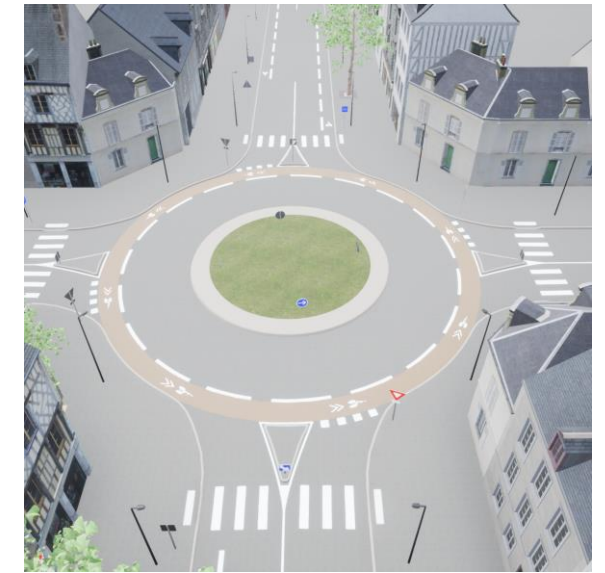
Référence



Matérialisation trajectoire
(Figurine vélo)



Bande cyclable
(1,5 m)

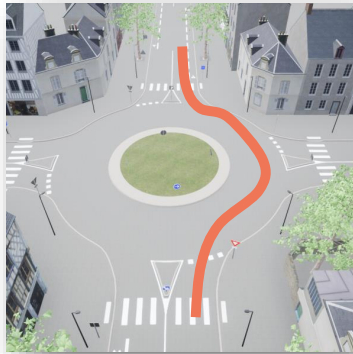


Bande cyclable différenciée
(1,5 m)

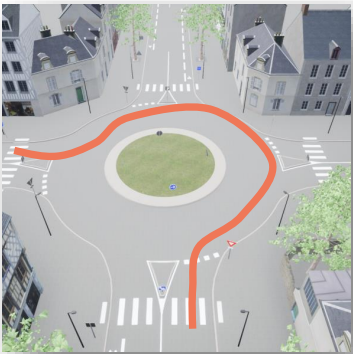
MATÉRIELS ET MÉTHODES

Deux types de manœuvres

- Traversée (n = 5)



- Tourne-à-gauche (n = 5)



Tâche secondaire

- *Detection-Response Task (DRT, ISO 17488)*
 - Stimulus : vibreur clavicule gauche (intervalle 3 - 5 s)
 - Réponse : bouton-poussoir index gauche



MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les indicateurs de la charge de travail mental et du comportement



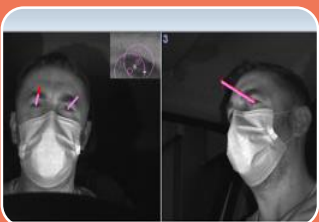
Mesures subjectives

- NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988 ; Cegarra & Morgado, 2009)
Exigence mentale | Exig. physique | Exig. temporelle | Effort | Performance | Frustration
- Score globale
- Score par dimension



Mesures de la performance à une tâche secondaire

- Tâche de détection-réponse (*Detection-Response Task - DRT*, ISO 17488)
- Temps de réponse



Mesures physiologiques de l'activation (*arousal*)

- Système visuel
- Fréquence de clignements spontanés (Stern et al., 1984)
- Diamètre pupillaire (Beatty & Lucero-Wagoner, 2000)

Mesure du ressenti (Berghoefer & Vollrath, 2023)

- Evaluation des aménagements
 - Appréciation globale
 - Appréciation par critère
Confort mental | Interaction | Environnement
| Facilité d'utilisation | Confort physique
- Préférence

Mesure de la performance à la tâche principale

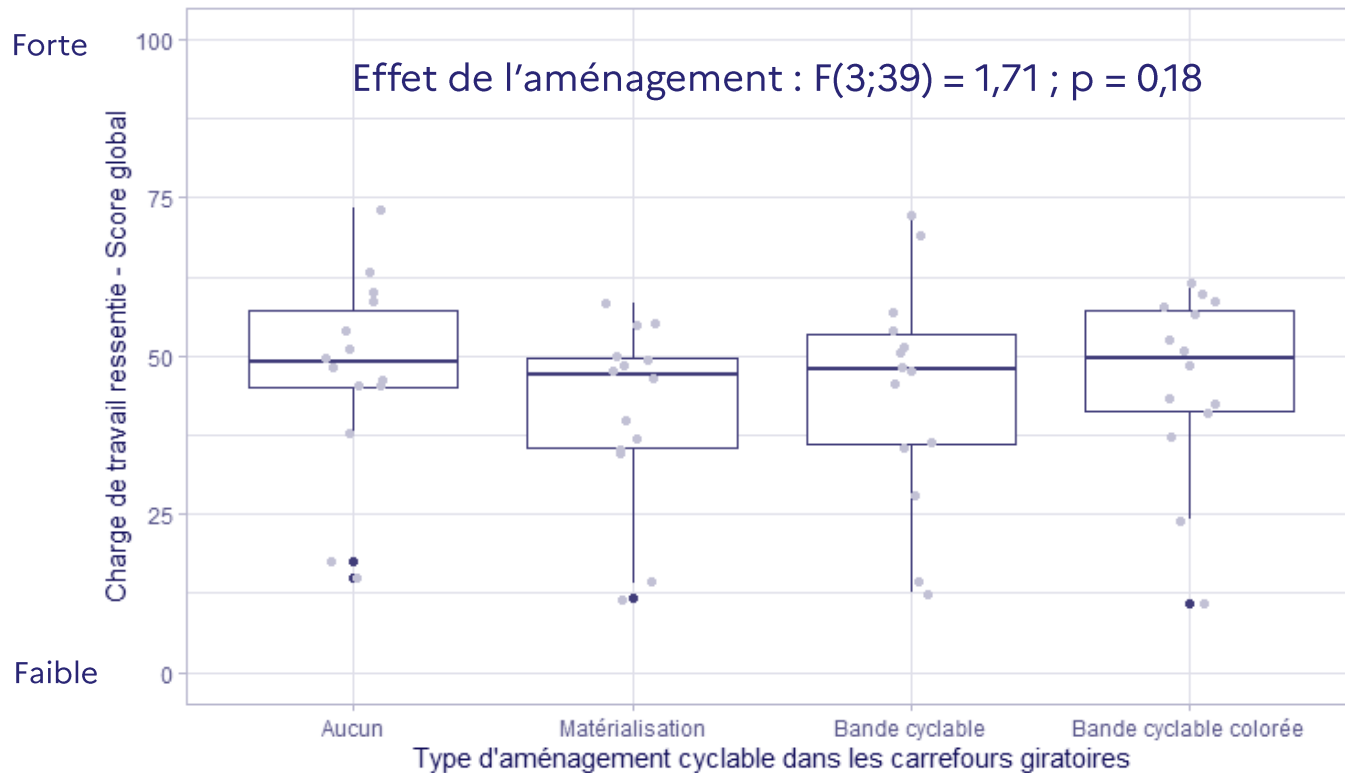
- Position, vitesse du vélo

Premiers résultats



CHARGE DE TRAVAIL MENTAL RESSENTIE

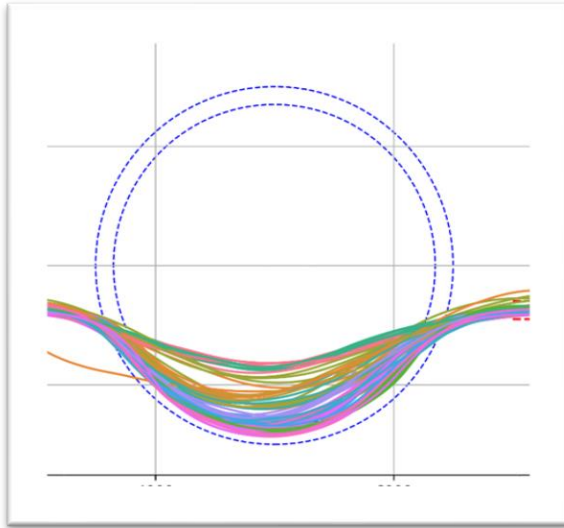
Analyse du score globale ou des 6 dimensions du NASA-TLX



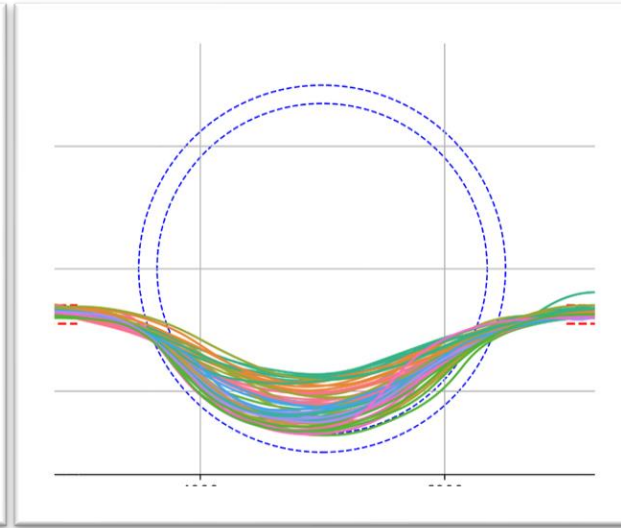
☒ Charge de travail mentale ressentie similaire dans les 4 aménagements

COMPORTEMENT : TRAJECTOIRES

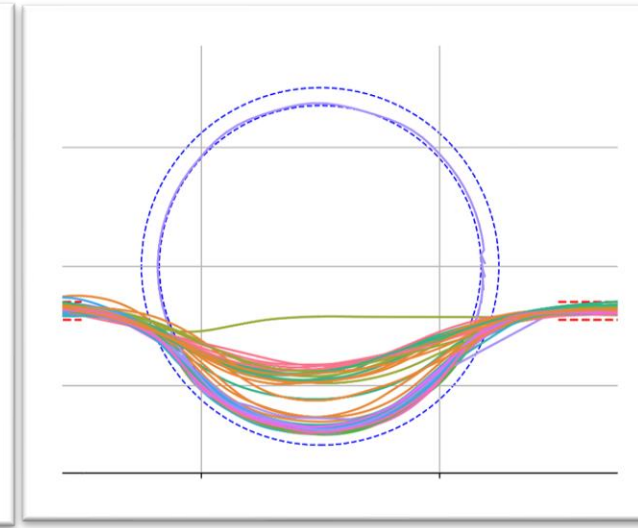
Manœuvres de traversée



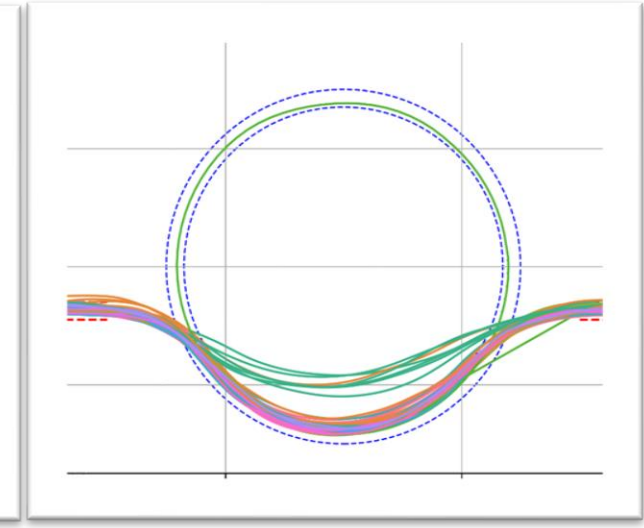
Référence



Matérialisation trajectoire
(Figurine vélo)



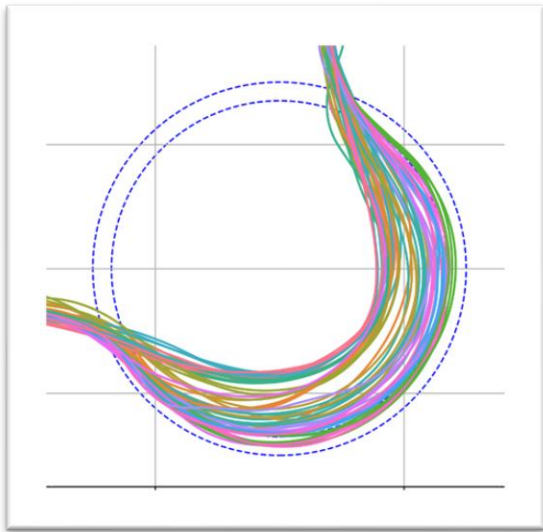
Bande cyclable



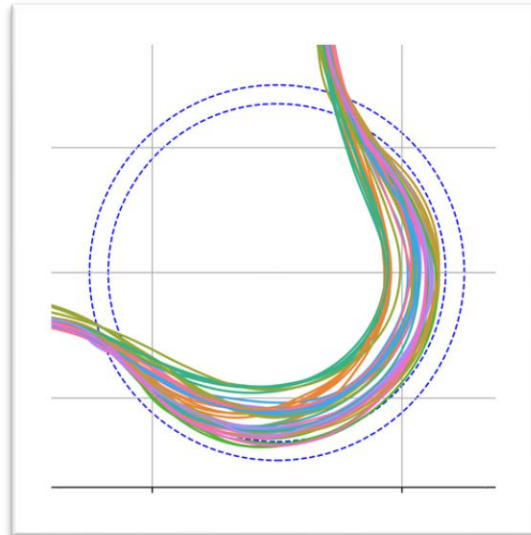
Bande cyclable différenciée

COMPORTEMENT : TRAJECTOIRES

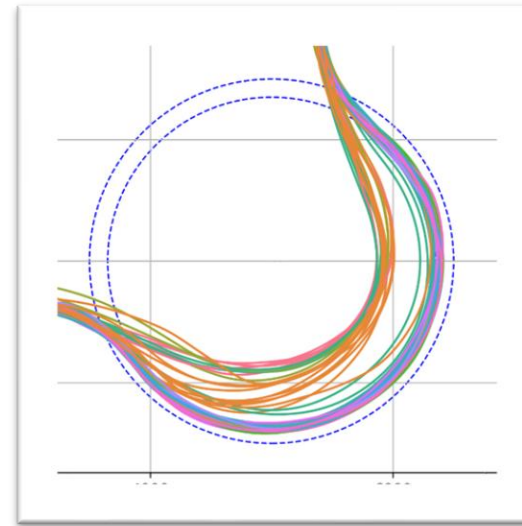
Manœuvres de tourne-à-gauche



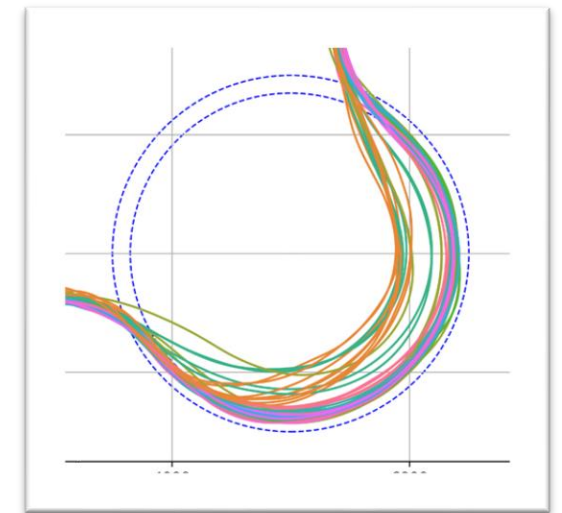
Référence



Matérialisation trajectoire
(Figurine vélo)



Bande cyclable



Bande cyclable différenciée

COMPORTEMENT : EVALUATION DES AMÉNAGEMENTS

Appréciation globale :

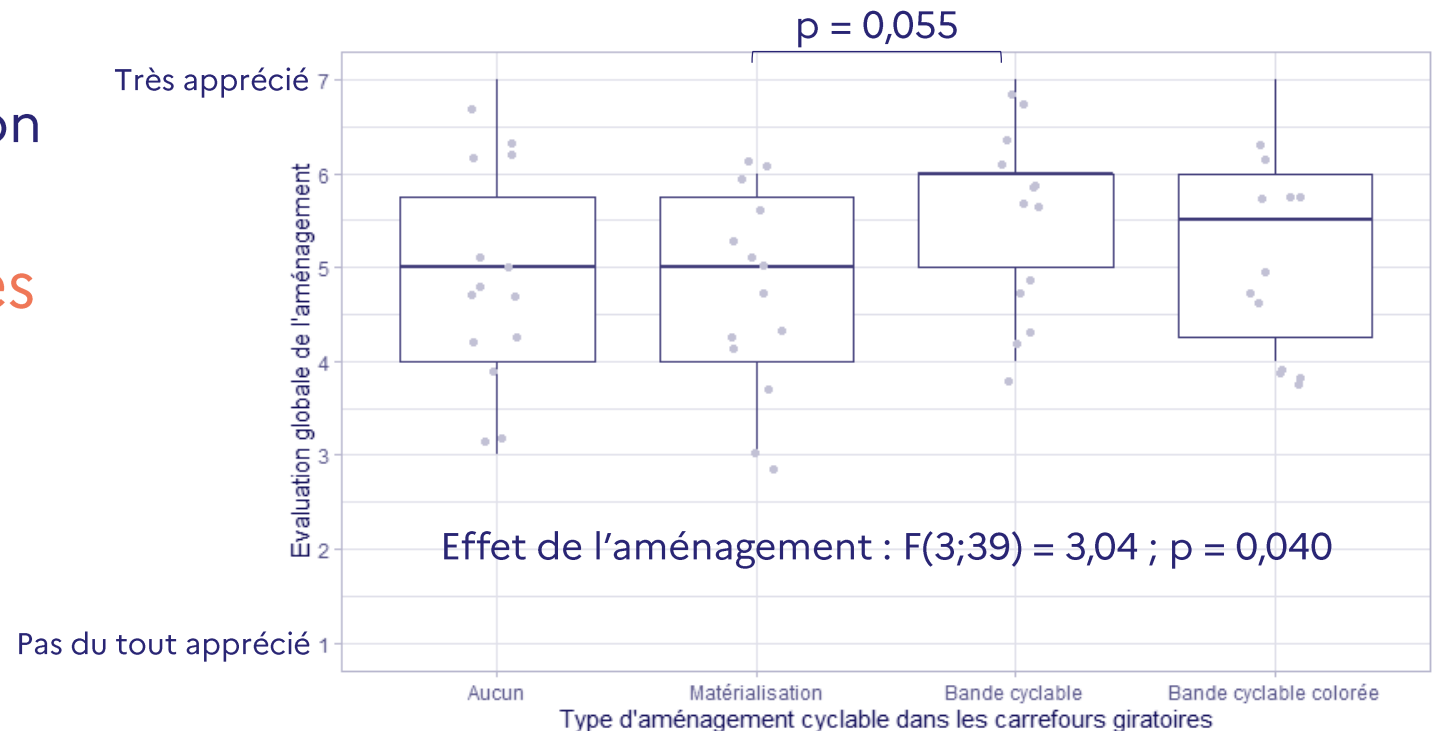
- bande cyclable > matérialisation
(figurine vélo)

Evaluation selon les 5 critères

(confort mental, interaction, environnement, facilité d'utilisation, confort physique)

- pas de différence entre les aménagements

Dans quelle mesure, avez-vous apprécié circuler à vélo sur cet itinéraire ?



COMPORTEMENT : PRÉFÉRENCE

	Référence	Matérialisation (Figurine vélo)	Bande cyclable	Bande cyclable différenciée
Rang 1	0 %	21 %	0 %	79 %
Rang 2	21 %	7 %	71 %	0 %
Rang 3	50 %	21 %	7 %	21 %
Rang 4	29 %	50 %	21 %	0 %
Rang moyen	3,1	3	2,5	1,4

La bande cyclable différenciée est plébiscitée

La préférence de la figurine vélo est contrastée

Conclusion



CONCLUSION

Charge de travail mental

- Similaire entre les 4 aménagements d'après la mesure subjective
- ... mais reste à confirmer avec les autres indicateurs

Matérialisation de la trajectoire à l'aide de la figurine vélo

- Semble inciter à se positionner dans la voie → favorable à la sécurité objective
- L'aménagement recommandé n'est pas celui plébiscité

Bande cyclable

- L'aménagement à éviter est celui plébiscité
- ... mais certains participants s'en affranchissent → favorable à la sécurité objective

Perspectives

- Court terme : Influence de la typologie des cyclistes sur les comportements ?
- Nécessité d'appuyer sur la sécurité objective des aménagements auprès des collectivités et des usagers



Merci de votre attention

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Beatty, J., & Lucero-Wagoner, B. (2000). The pupillary system. In *Handbook of psychophysiology, 2nd ed* (p. 142-162). Cambridge University Press.

Berghoefer, F. L., & Vollrath, M. (2023). Prefer what you like? Evaluation and preference of cycling infrastructures in a bicycle simulator. *Journal of Safety Research*, 87, 157-167. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.09.013>

Cegarra, J., & Morgado, N. (2009). *Étude des propriétés de la version francophone du NASA-TLX*. EPIQUE.

Certu. (2010). *Carrefours urbains* (Guide 103; Références, p. 179). Certu. <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/13987/carrefours-urbains-guide>

Cumming, B. (2011). A bicycle friendly roundabout : Designing to direct cyclists to ride where drivers look. *Australasian College of Road Safety*. <https://acrs.org.au/article/a-bicycle-friendly-roundabout-designing-to-direct-cyclists-to-ride-where-drivers-look/>

Dill, J., & McNeil, N. (2013). Four types of cyclists?: Examination of typology for better understanding of bicycling behavior and potential. *Transportation Research Record*, 2387(1), 129-138. <https://doi.org/10.3141/2387-15>

Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Éds.), *Advances in Psychology* (Vol. 52, p. 139-183). North-Holland. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166411508623869>

ISO. (2016). *ISO 17488:2016—Road vehicles—Transport information and control systems—Detection-response task (DRT) for assessing attentional effects of cognitive load in driving* (ISO 17488:2016). AFNOR.

Poudel, N., & Singleton, P. A. (2021). Bicycle safety at roundabouts: A systematic literature review. *Transport Reviews*, 41(5), 617-642. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1877207>

Stern, J. A., Walrath, L. C., & Goldstein, R. (1984). The endogenous eyeblink. *Psychophysiology*, 21(1), 22-33.

Tortel, F. (2014). Vélos et giratoires (Série « Vélo » Fiche n°10; Collection Références). Cerema. <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/17965/velo-amenagements-recommandations-et-retours-d-experiences-serie-de-fiches-fiche-10-velo-velos-et-gi>

Young, M. S., Brookhuis, K. A., Wickens, C. D., & Hancock, P. A. (2015). State of science : Mental workload in ergonomics. *Ergonomics*, 58(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.956151>

FIN

SIMULATEUR DE DÉPLACEMENT À VÉLO

Thèse de Meysam IMANIPOUR (ESTACA)



Home Trainer
(NEO 2T Smart, Tacx, GARMIN)



Unreal Engine 5
(Epic Games)
(Stagiaire M2 : Théo GOHIER)

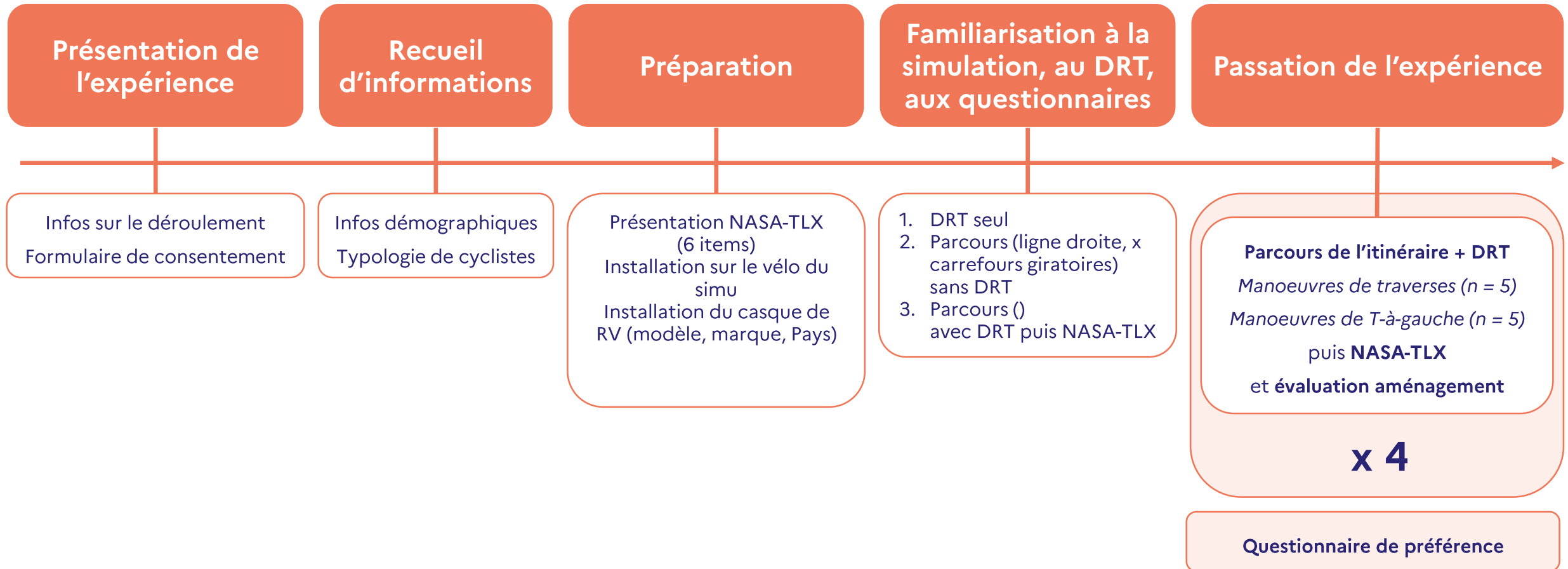


Casque de réalité virtuelle
(Vive Pro Eye, HTC)

TYPLOGIE DES GIRATOIRES

	Mini-giratoires (Certu, 2010, § 9.5, p. 129)	Giratoires compacts ou petits giratoires (Certu, 2010, § 9.4, p. 128)	Giratoires moyens (Certu, 2010, § 9. 3. 2, p. 125)	Grands giratoires (Certu, 2010, § 9. 3. 2, p. 125)
Contexte d'utilisation	Espaces contraints où la vitesse est modérée (zone 30, entrée de zone de rencontre)	Milieu urbain dense : emprise réduite, réduction des vitesses des véhicules, meilleure prise en compte des piétons et des cyclistes	Grande capacité et raccordement de plus de 4 branches tout en restant de taille modeste	Axes à forts trafics et dans les zones où le bâti est peu dense. Difficulté pour les itinéraires piétons et cyclistes
Caractéristiques				
• Rayon extérieur	7,5 – 12 m	12 – 15 m	15 – 22 m	> 22 m
• Largeur anneau	6,0 – 9,5 m	6 – 7 m	7 – 8 m	7 – 9 m
• Îlot central	Entièrement franchissable Rayon de 1,5 – 2,5 m	Avec bande franchissable de 1,5 – 2 m	Bande franchissable possible	
• Nb de voies d'entrée et de sortie	1 voie par branche	1 voie par branche	1 – 2 voies par branche dans les branches principales	1 – 2 voies par branche voire 3 dans les branches principales
Cycliste	Dans la circulation ou bande cyclable sur les branches interrompue 20 m avant	Dans la circulation ou bande cyclable sur les branches interrompue 20 m avant	Bande cyclable sur les branches prolongée jusqu'à l'anneau	Piste cyclable
Aménagements d'intérêts				
Rien Matérialisation de la trajectoire Bande Piste	A privilégier Matérialisation de la trajectoire ?	Matérialisation de la trajectoire Bande cyclable dans l'anneau ?	Matérialisation de la trajectoire ? Bande cyclable dans l'anneau	Piste cyclable

MATÉRIELS ET MÉTHODES



LES 5 CRITÈRES D'ÉVALUATION DES AMÉNAGEMENTS CYCLABLES

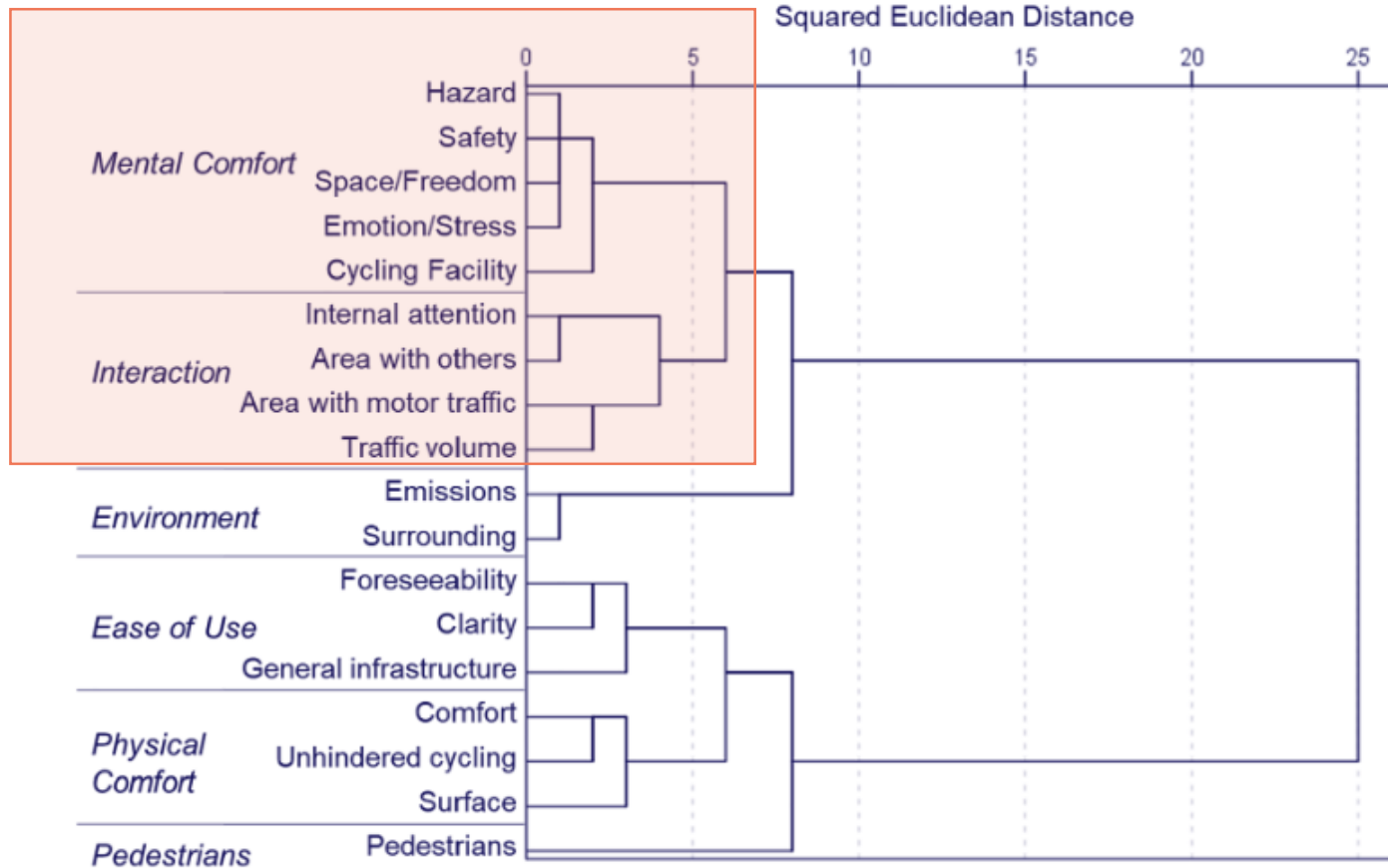


Fig. 3. The dendrogram of the cluster analysis of the categories and the resulting six clusters.

CHARGE DE TRAVAIL MENTAL (CM) DES CYCLISTES

Effet de la complexité de la tâche sur la performance à une tâche secondaire

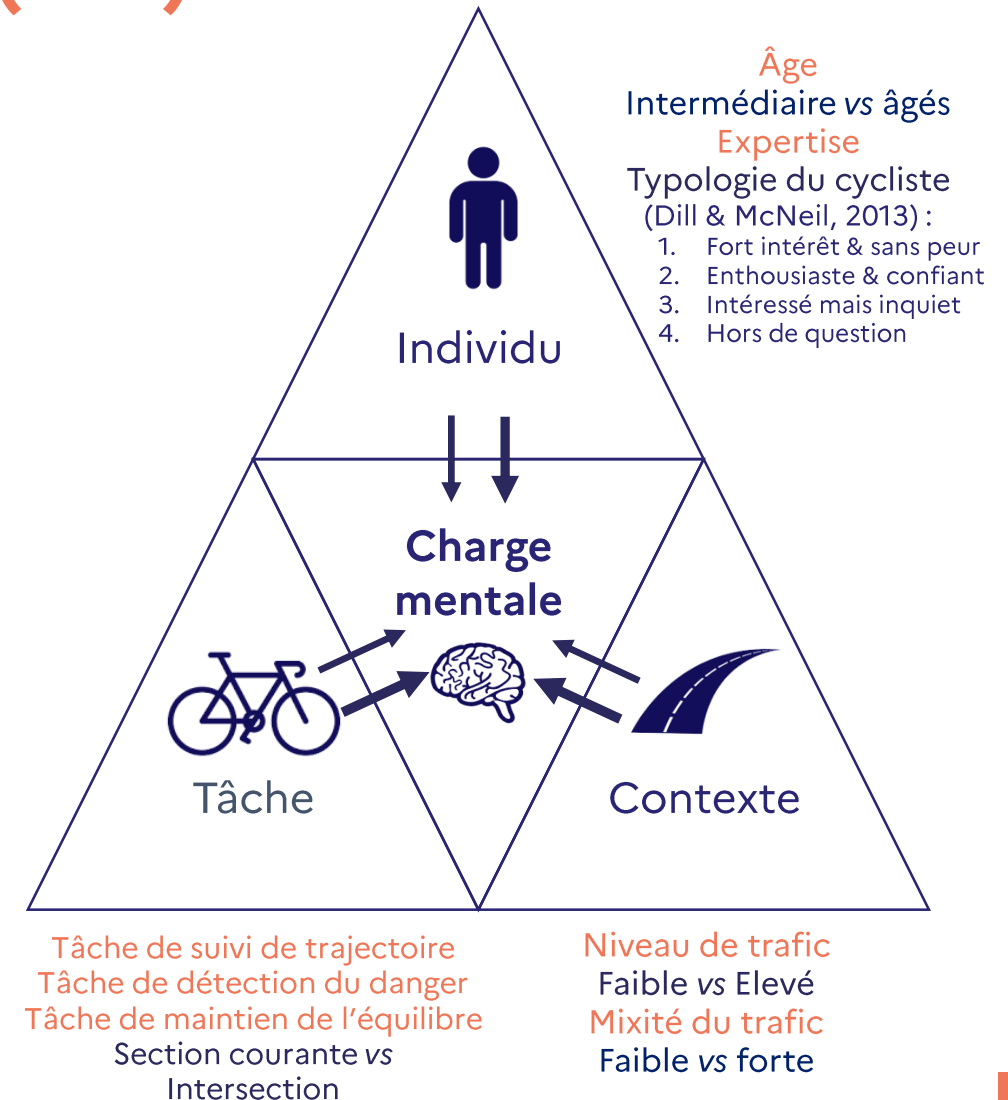
- CM section courante < CM intersection (Vlakveld et al., 2015)

Effet du trafic (niveau et mixité) sur l'évaluation du confort mental et de l'attention

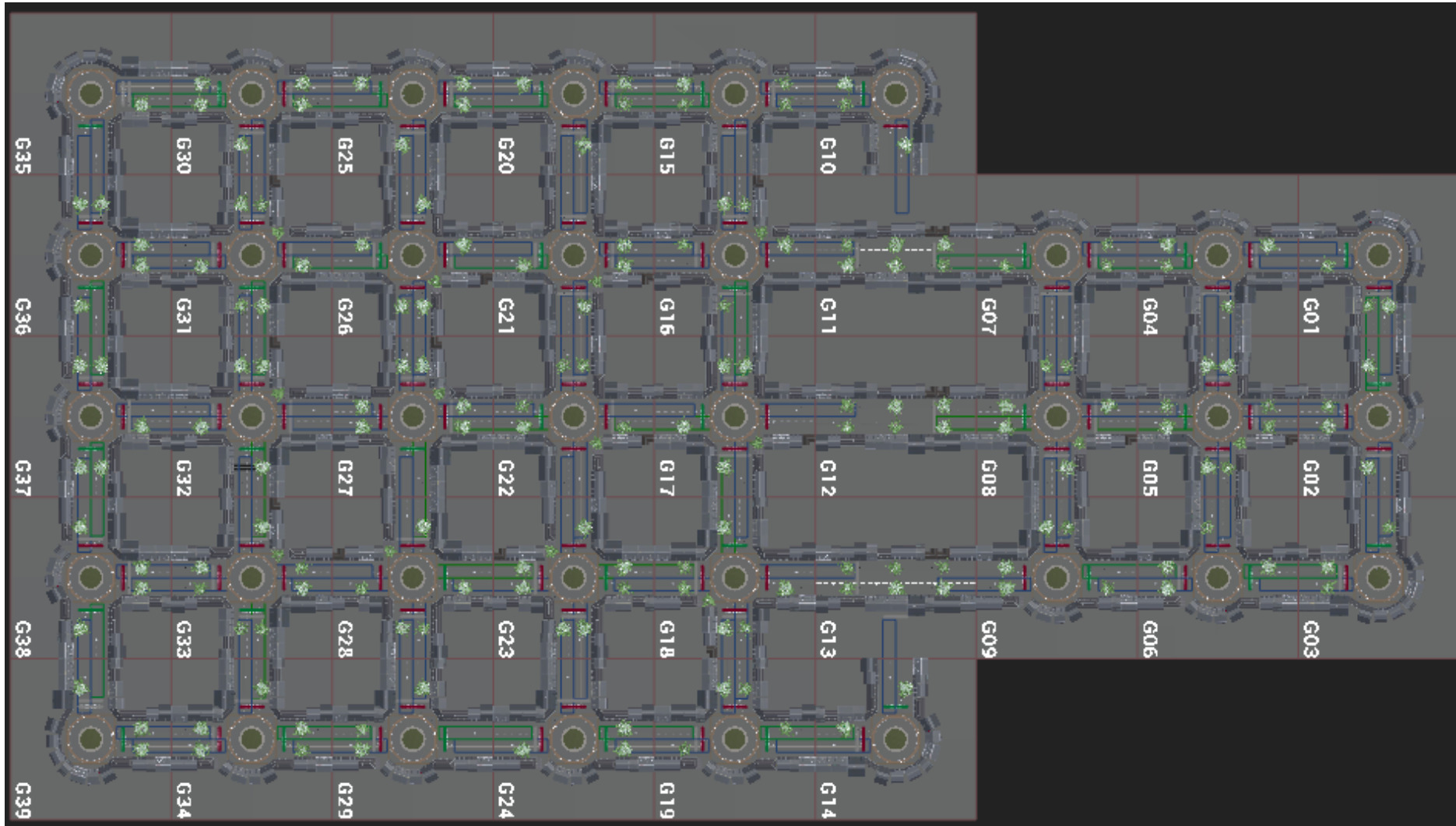
- CM faible niveau < CM fort niveau
- CM faible mixité < CM forte mixité (Berghoefer & Vollrath, 2023)

Effet de l'âge sur la performance à une tâche secondaire

- CM 30-44 ans < CM 65-78 ans (Vlakveld et al., 2015)



PARCOURS



BANDE CYCLABLE CONSEILLÉE

Panneau C113

