



Université
Gustave
Eiffel

LABORATOIRE LESCOT
LABORATOIRE ERGONOMIE
ET SCIENCES COGNITIVES
POUR LES TRANSPORTS



Umrestte



UNIVERSITY OF
BIRMINGHAM

Réseau ELUE



Electromobilité Légère Urbaine
et Extra-urbaine

Impact d'expositions aiguës aux émissions du trafic sur les fonctions cognitives pendant la pratique du vélo et du vélo électrique

MOSaR - 10.10.2025

Projet TRAPCo

Doctorant : Ilann Mahou¹

Équipe de direction :

Alexandra Fort¹, Aurélie Charron²,
Claude Marin-Lamellet¹

Équipe projet :

Elie Almarj², Roy Harrison³,
Francis Pope³, Thomas Faherty³

¹ LESCOT – Univ. Gustave Eiffel, France, ² UMRESTTE – Univ. Gustave Eiffel, ³ School of Geography, Earth and Environmental Sciences - University of Birmingham

Impacts de l'exposition aux polluants atmosphériques

Exposition à **LONG TERME**

Impacts bien connus dans la littérature

Pulmonaire
Dégénérescence
et déclin cognitif

Delgado-Saborit *et al.* (2021) ; ANSES report (2019)

Exposition à **COURT TERME**



Nombreux indices et informations



Difficilement comparables
(Polluants différents,
périodes de temps différentes ...)

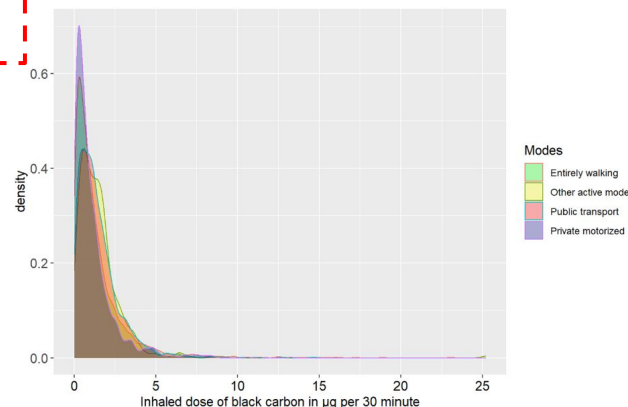


Shehab *et al.* (2019), Gignac *et al.* (2022), Gao *et al.* (2021)

TRAP ⇒ Traffic-Related Air Pollution

- › Forte proximité
- › Exposition quotidienne
- › Mise en place des effets à long terme
- › Modulation en fonction du mode de déplacement

(Bista *et al.*, 2022)



PROBLEMATIQUE

Quels sont les impacts à court terme sur les capacités cognitives de l'exposition au TRAP lors de déplacements domicile travail ?

TRAP ⇒ Traffic-Related Air Pollution

- › Forte proximité
- › Exposition quotidienne
- › Mise en place des effets à long terme
- › Modulation en fonction du mode de déplacement

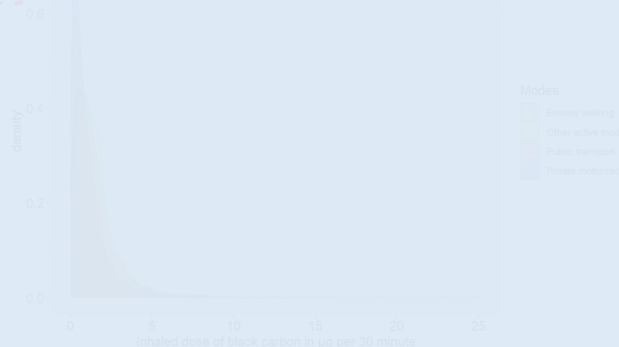


Exposition à COURT TERME

Nombreux indices et informations

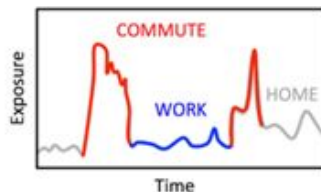
Difficilement comparables
périodes de temps différentes ...)

et al. (2019), Gignac et al. (2022), Gao et al. (2021)



Rappel protocole et déroulé expérimental

Déplacements type domicile-travail



Aux heures de pointe
(matin ou soir)

 40 - 45 min

Deux modes de transport



Vélo

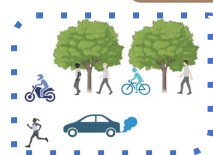


VAE

Différence d'activité physique

Condition inter-participants

Deux types de trajet



Loin du trafic



Proche du trafic

Condition intra-participant



Évaluation cognitive

3 tâches cognitives sur ordinateur



Reaction time (RT)



Error rate (ER)

Mesures environnementales

DiSCmini



Particules
ultrafines
(UFP)

MA200



Suie (BC)

Aerocet532



Particules
fines
(PM_x)

Montre Garmin



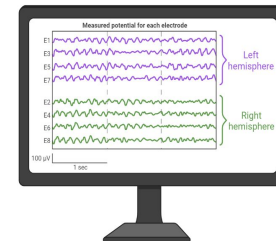
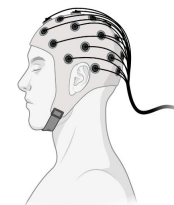
Rythme
cardiaque
(BPM)

App Noise Capture



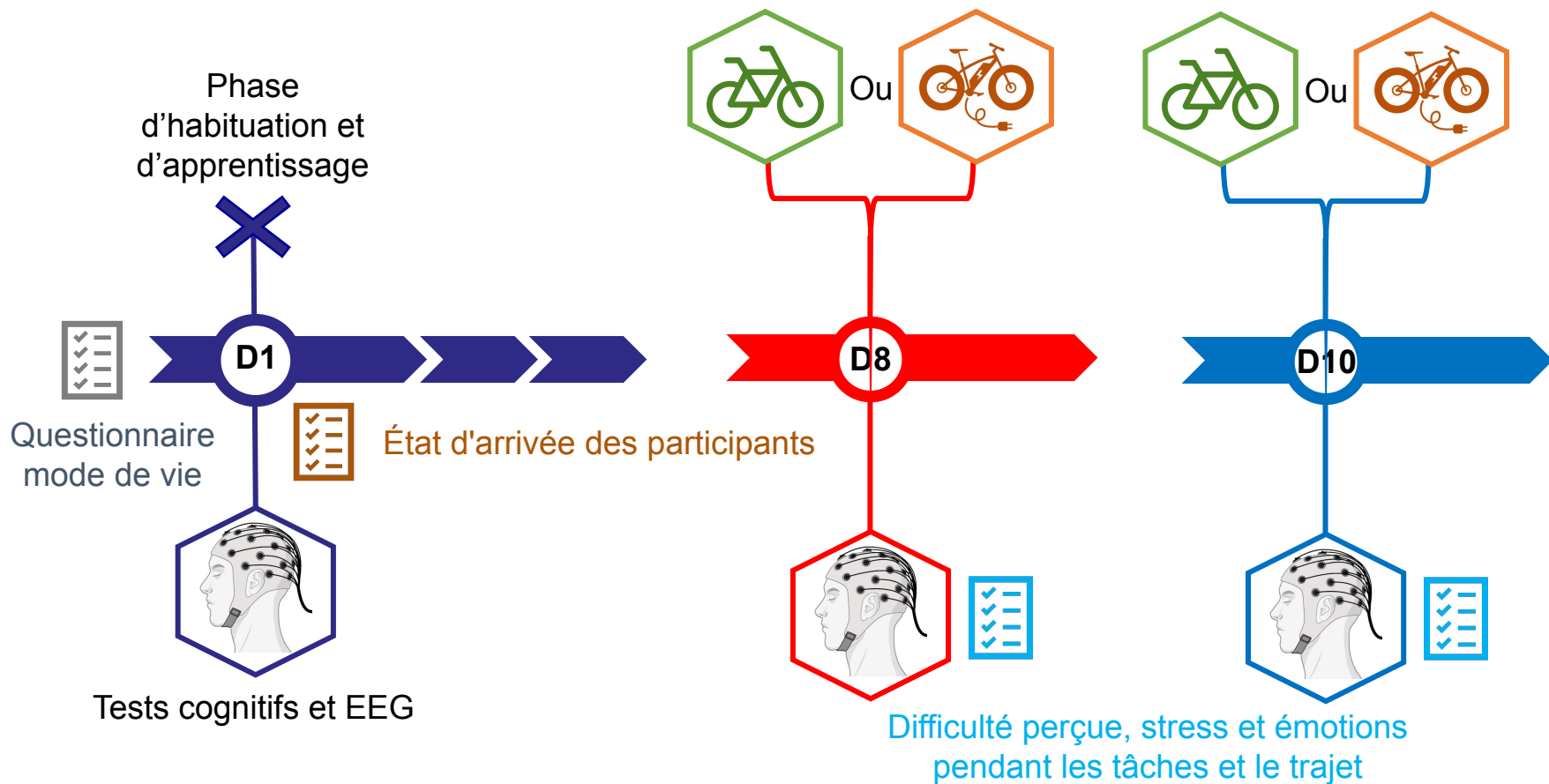
Exposition au
bruit
(dB and Hz)

Imagerie cérébrale



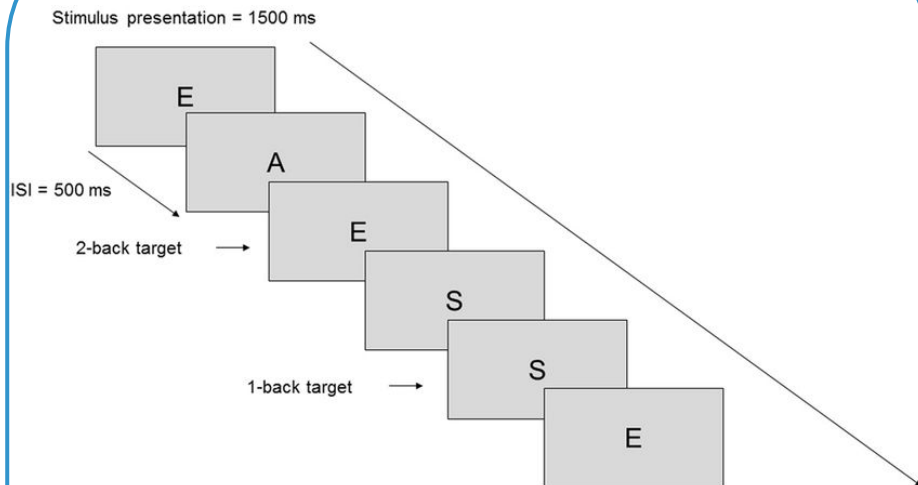
Casque EEG à 32 électrodes

Rappel protocole et déroulé expérimental



Tâches cognitives

1 et 2-Back



Attention soutenue

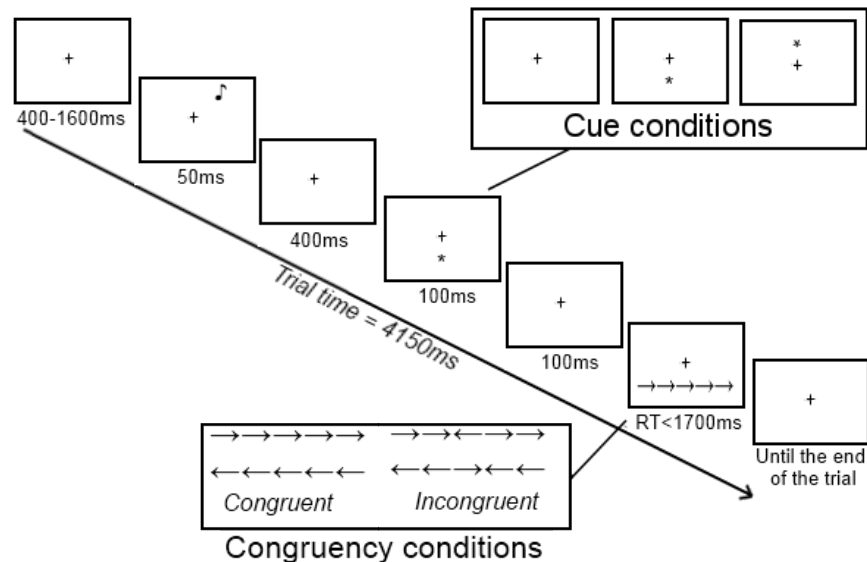
Traitement de l'information

Mémoire de travail



ER

Attention Network Test (ANT-I)



Alerte

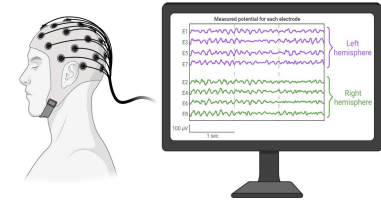
Orientation

Contrôle exécutif

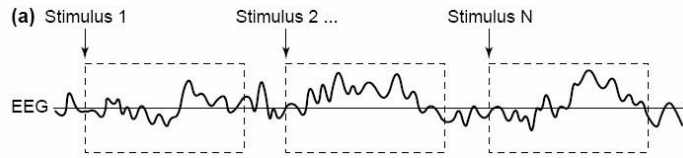


TR

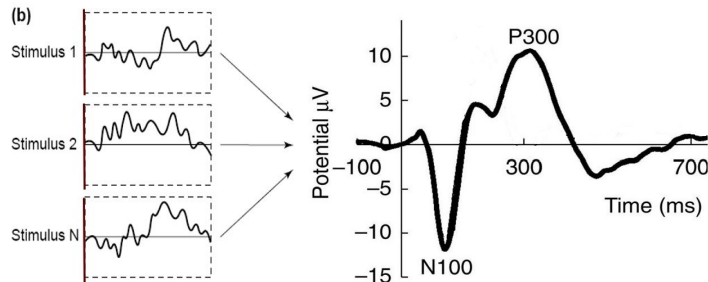
=> Traces EEG enregistrées **pendant les tâches cognitives**



Potentiel moyen : variété de fréquences, de distributions spatiales, associées à différents états de fonctionnement cérébral.



Enregistrement continu de l'EEG



Potentiels évoqués

Intervient dans l'évaluation ou la catégorisation des stimuli

Latence : indication de la durée.
Amplitude : indication de l'aspect énergétique.

Estimation et résultats de l'exposition

Facteurs de recrutement

- Femme ou Homme
- Âge : 18 à 40 ans
- Français parlé couramment
- Droitier ou ambidextre
- Aucun trouble neurologique ou cardiorespiratoire
- Être à l'aise à vélo ou en vélo à assistance électrique (VAE) en ville

Mode de transport	Participant
Vélo	N = 20
VAE	N = 22

Dose estimée de polluants inhalés

$$ID = \int_{t_1}^{t_2} C \times VE \times dt$$

ID: Dose inhalée

VE: Volume inhalé équivalent par unité de temps

C: Concentration de polluants mesurée

♂ $VE = \exp(1,16 + 0,021 \times \text{Fréquence cardiaque})$

♀ $VE = \exp(0,99 + 0,021 \times \text{Fréquence cardiaque})$

Vélo vs **VAE**

Dose inhalée de BC ~1,7x

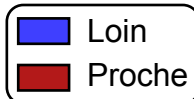
Dose inhalée de UFP ~1,8x

Tâches N-Back

Tâche de 1-Back



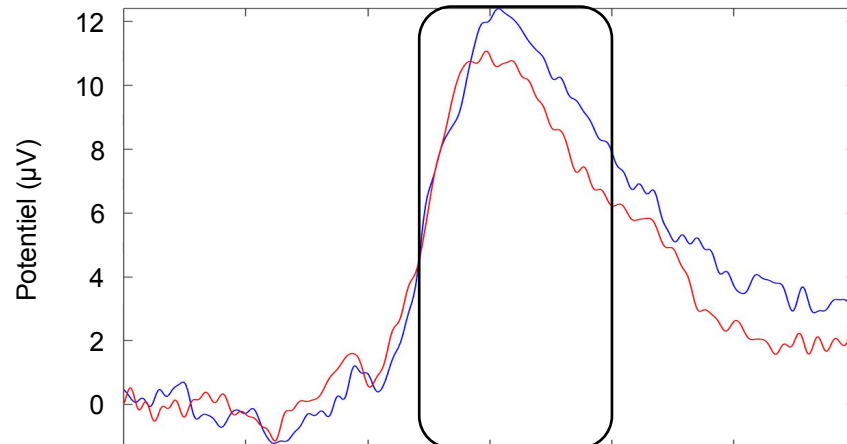
Aucun effet ni tendance



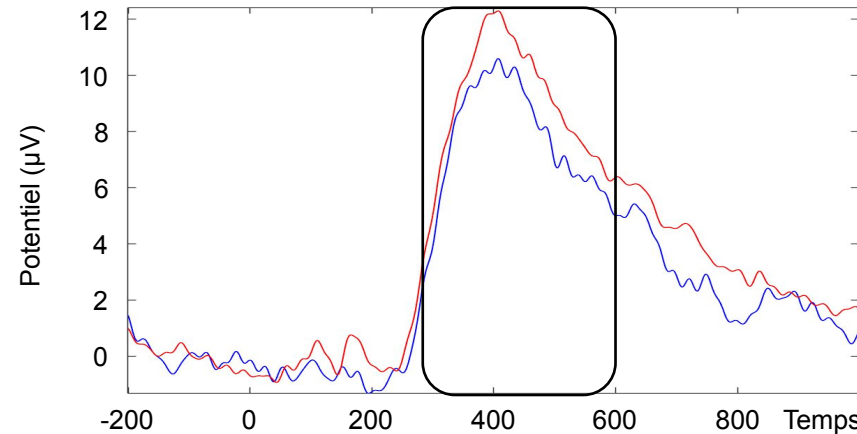
Effet d'interaction entre la condition et le mode de transport sur l'amplitude max de la P3 en Pz ($p=0.0025$)

=> L'effet du trajet semble dépendre du mode de transport

ERP – Pz – Vélo – Invalide



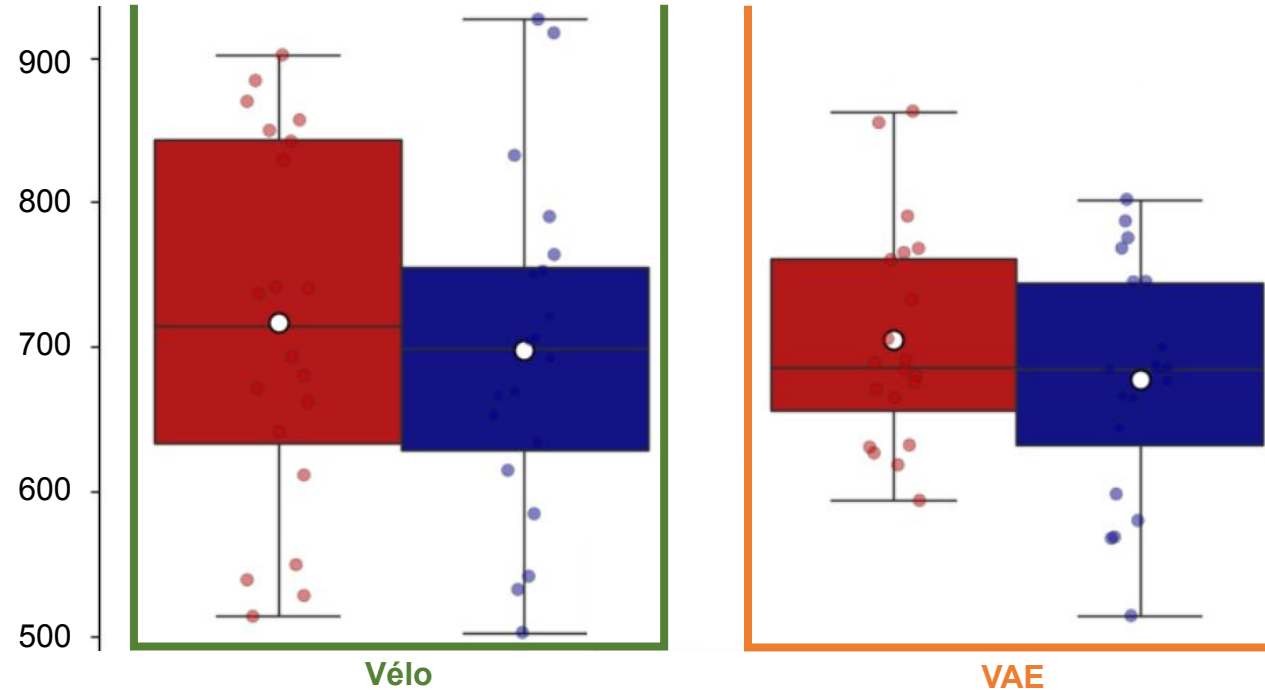
ERP – Pz – VAE – Invalide



Tâches N-Back

2-Back

TR moyen (ms)



Effet du global du trajet
significatif ($p=0.015$)

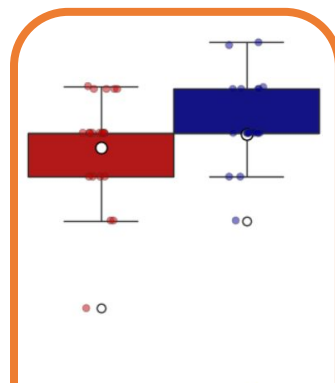
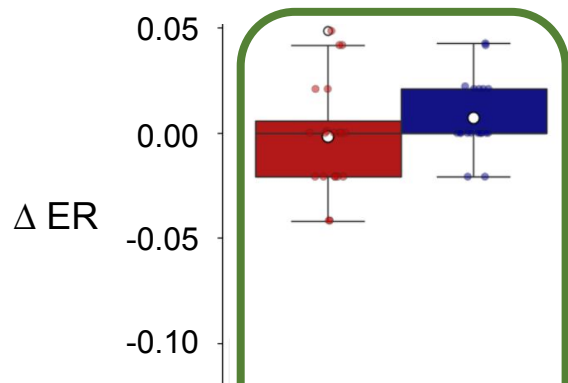
Effet significatif d'interaction du
trajet pour les utilisateurs de
VAE ($p=0.04$)

Pas d'effets sur la P3

Résultats cognitifs

Attention Network test

ER-Alerte auditive

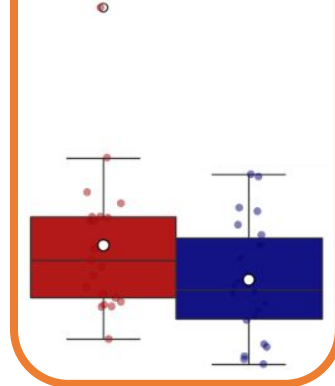
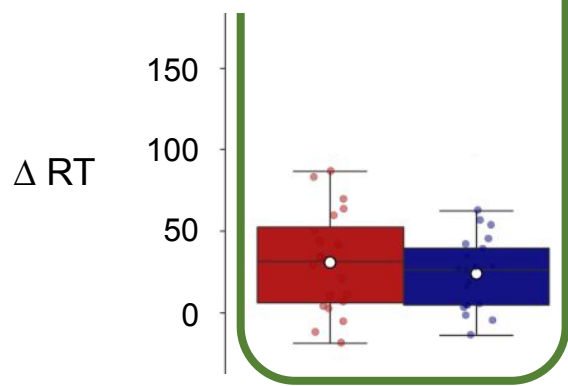


■ Loin
■ Proche



Tendance sur le trajet ($p=0.054$)

TR-Alerte auditive



Effet significatif du trajet ($p=0.049$)

Analyses EEG en cours

Vélo

VAE

Récapitulatif des résultats et futures analyses

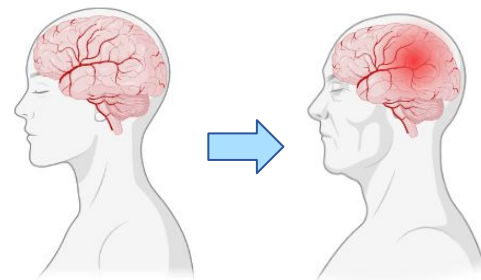
Effets observés sur les réponses comportementales et électrophysiologiques.

- ☐ 1B : Compensation de l'activité cérébrale pour les tâches plus faciles ?
- ☐ 2B : Temps de réaction plus long pour la mémoire de travail ?
- ☐ ANT : Impulsivité sur l'attention ?

Les effets sont **plus marqués** pour les utilisateurs de **VAE** => Effet compensatoire de l'**activité physique** ?

Enjeux et impacts

**SECURITE
ROUTIERE**



A stylized illustration of a blue winding path that loops through the scene. Along the path, there are several elements: an orange bus at the top, a person on a scooter, a blue house, an orange car, a large green tree, a person walking, and a person on a bicycle. The path is set against a white background with some greenery and a small blue stream at the bottom.

Merci pour votre attention !

ANNEXES

Recruitment and questionnaires

Recruitment factors

- Female or Male
- Age 18 to 40
- French spoken fluently
- Right-handed or ambidextrous
- No neurological or cardiorespiratory disorders
- Comfortable on a bicycle or electric-assisted bicycle (EAB) in the city

Pre-experiment Lifestyle questionnaire

- General (7 items) ⇒ Age, sex, height, weight
- Exposure (9 items)
- Activity/sedentary lifestyle (30 items) ⇒ ONAPS
- Sleep (11 items) ⇒ PSQI
- Medical (2 items)
- Addictions (13 items) ⇒ ASSIST
- Personality (10 items) ⇒ TIPI
- Stress (10 items) ⇒ PSS10
- Depression (9 items) ⇒ PHQ9
- Diet (25 items) ⇒ FFQ



Standardized
Personalized

Questionnaires during the experiment



Participant arrival state
Task difficulty and emotional evaluation



Perceived difficulty and stress during cycling
+ Emotions (Post-Ride)

Exposition estimation and results

Comparison of Inhaled Doses of BC (μg)

Route	Mean	Min	Max
Away	1.66	< LOD	5.28
Close	5.58	0.66	16.85

Modality	Mean	Min	Max
CvB	6.96	1.75	16.85
E-Bike	4.08	0.66	14.48

Comparison of Inhaled Doses of UFP (part)

Route	Mean	Min	Max
Away	9.7E+09	< LOD	8E+10
Close	2.4E+10	< LOD	9.5E+10

Modality	Mean	Min	Max
CvB	3E+10	6.2E+09	9.5E+10
E-Bike	1.7E+10	< LOD	5.1E+10

Close to Traffic vs Away from Traffic

BC inhalation dose ~3.4x higher
UFP inhalation dose ~2.5x higher

CvB vs E-Bike

BC inhalation dose ~1.7x higher
UFP inhalation dose ~1.8x higher

Measurements during journeys

Aerocet532



- Measurement of particles (PM_x) with a diameter $\geq 0.3 \mu\text{m}$
- Measurement of temperature and relative humidity

MA200



- Soot measurement (Black Carbon or BC) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

DiscMini



- Measurement of ultrafine particles (diameter $< 0.1 \mu\text{m}$)

Garmin



- GPS data acquisition
- Heart rate measurement (BPM)

Noise Capture



- Estimation of noise exposure (dB and Hz)
- Description of the sound environment