



Université
Gustave
Eiffel

LABORATOIRE LESCOT
LABORATOIRE ERGONOMIE
ET SCIENCES COGNITIVES
POUR LES TRANSPORTS



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

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

Impacts de l'exposition aux polluants atmosphériques

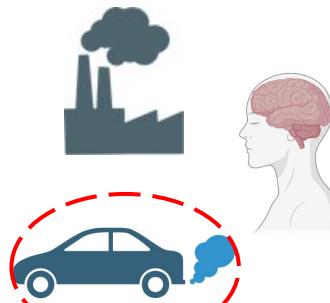
Exposition à **LONG TERME**

Impacts bien connus dans la littérature



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

Exposition à **COURT TERME**



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

Nombreux indices et informations



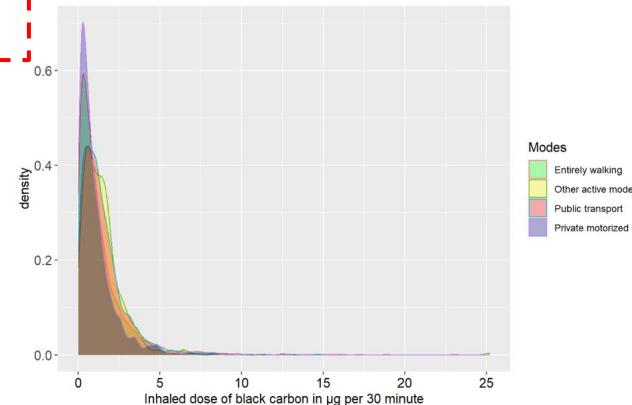
Difficilement comparables
(Polluants différents,
périodes de temps différentes ...)



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)



Exposition à COURT TERME

PROBLEMATIQUE

Impacts bien connus

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

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



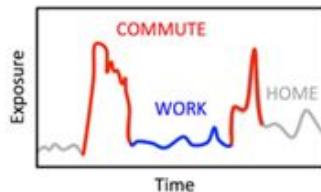
Difficilement comparables
(... dans la même ville, dans la même ville mais dans des périodes de temps différentes ...)

Nombreux indices et informations



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)

DiSCmini



MA200



Aerocet532



Montre Garmin



App Noise Capture



Particules ultrafines (UFP)

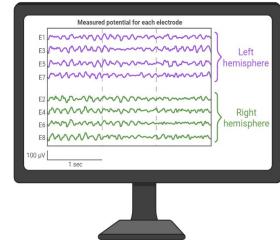
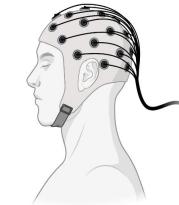
Suie (BC)

Particules fines (PM_x)

Rythme cardiaque (BPM)

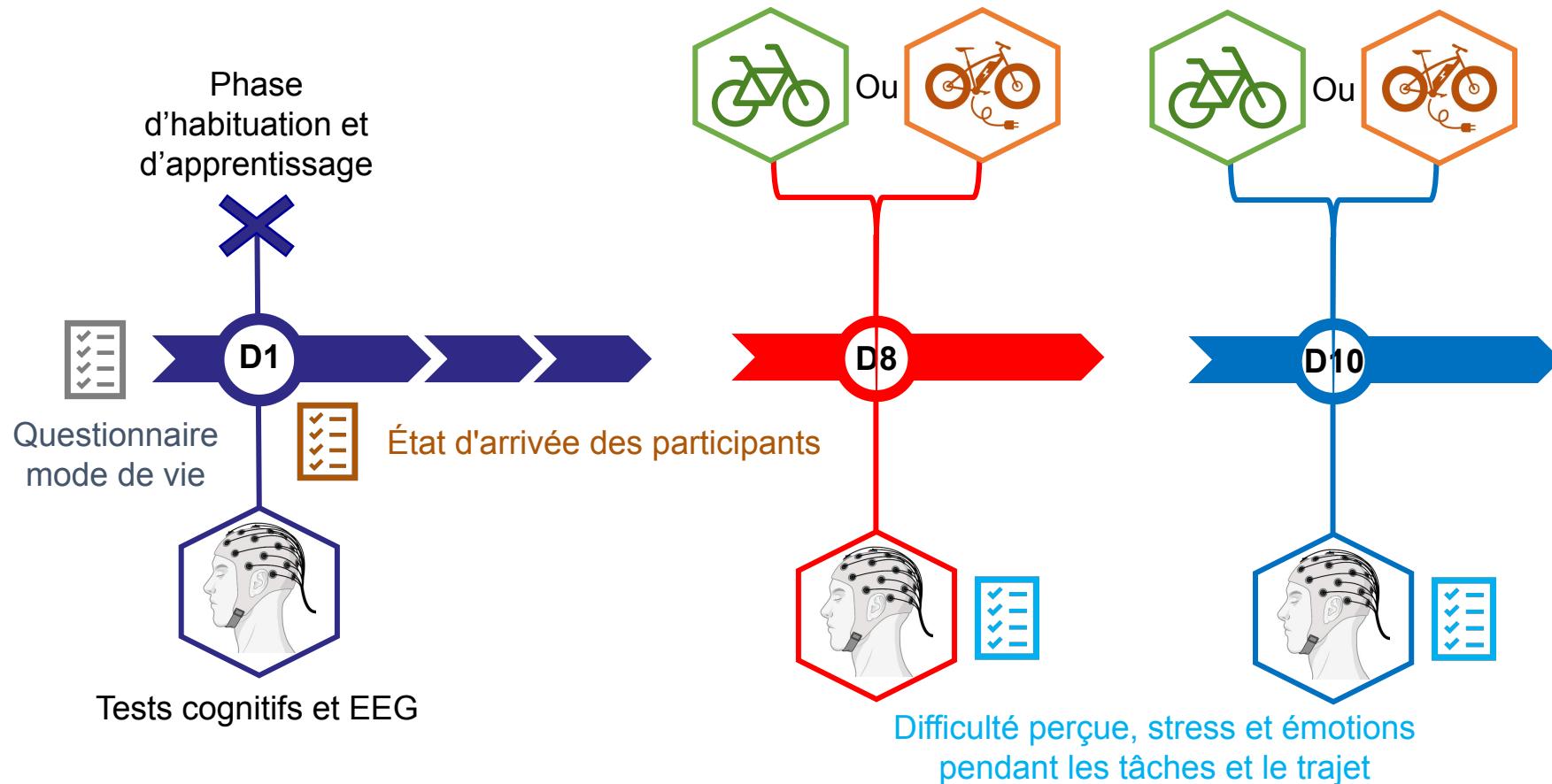
Exposition au bruit (dB and Hz)

Imagerie cérébrale



Casque EEG à 32 électrodes

Rappel protocole et déroulé expérimental



Tâches cognitives

1 et 2-Back

Stimulus presentation = 1500 ms

1-back target

Attention soutenue

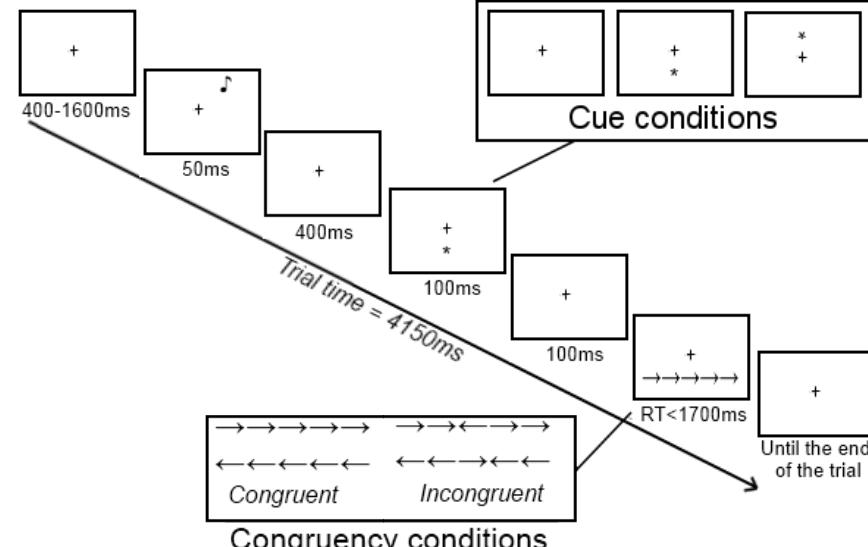
Traitement de l'information

Mémoire de travail



ER

Attention Network Test (ANT-I)



Alerte

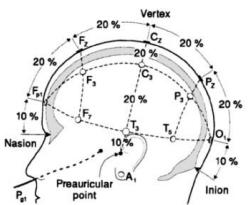
Orientation

Contrôle exécutif

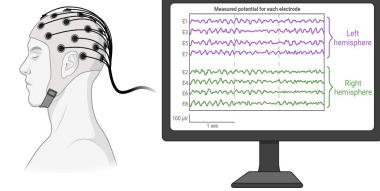


TR

Électroencéphalographie

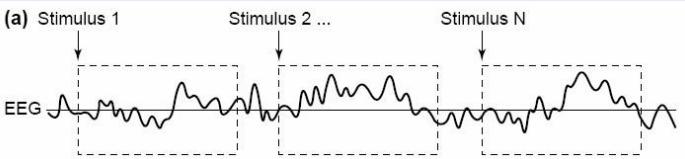


Casque EEG à 32 électrodes utilisé pour l'acquisition de données
=> Traces EEG enregistrées pendant les tâches cognitives

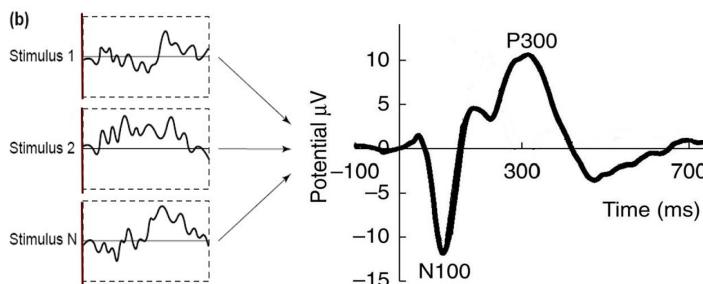


Activité liée à un événement spécifique

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

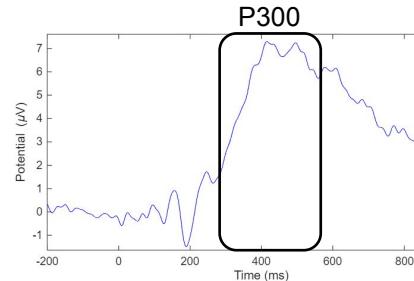


Enregistrement continu de l'EEG



Potentiels évoqués

Potentiels évoqués (ERPs)



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

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

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

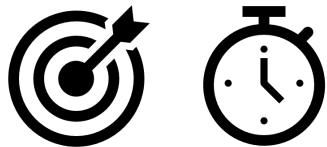
Vélo vs VAE

Dose inhalée de BC ~1,7x

Dose inhalée de UFP ~1,8x

Résultats cognitifs

Tâche de 1-Back

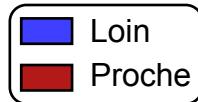


Aucun effet ni tendance

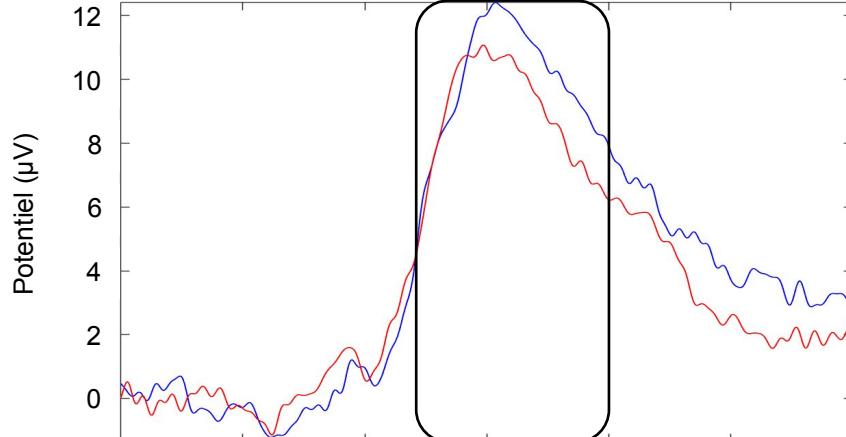
Effet d'interaction entre la condition et le mode de transport sur l'amplitude max de la P3 en Pz
($p=0.0025$)

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

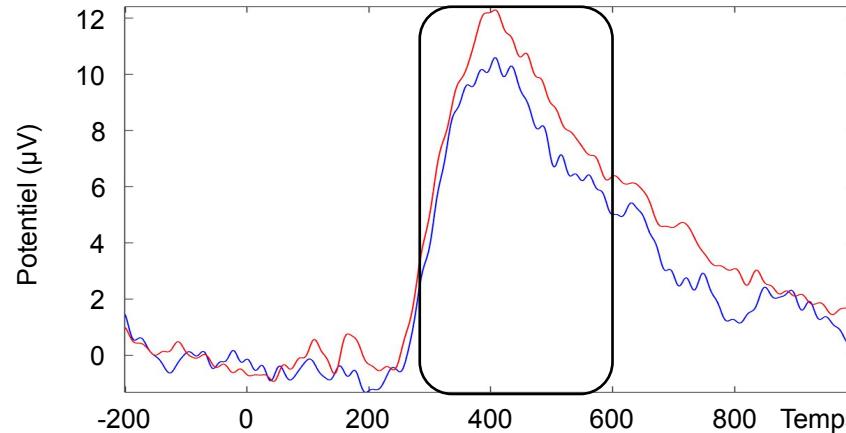
Tâches N-Back



ERP – Pz – Vélo – Invalidé



ERP – Pz – VAE – Invalidé

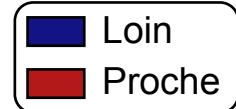
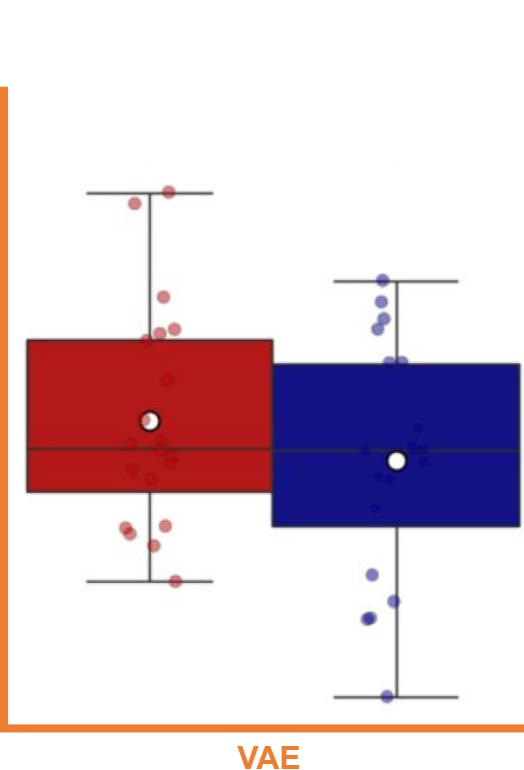
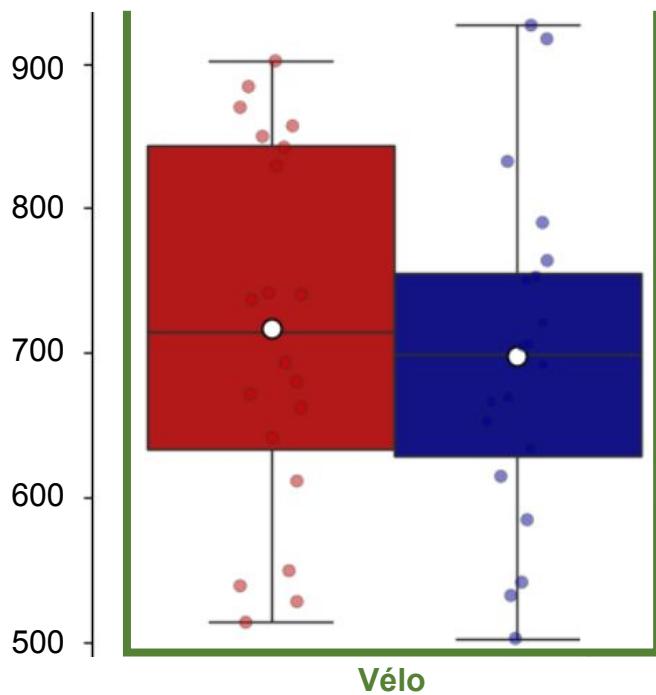


Résultats cognitifs

Tâches N-Back

2-Back

TR moyen (ms)



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

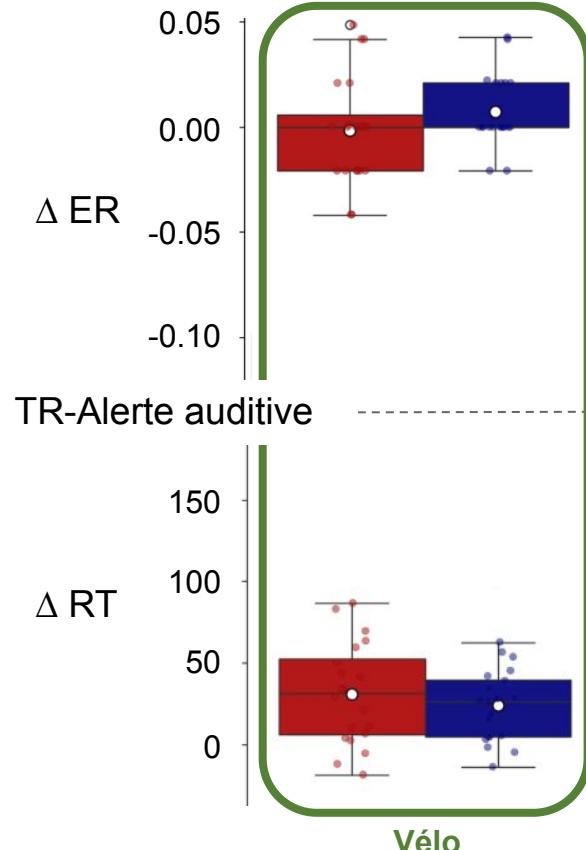
Effet significatif d'interaction du
trajet pour les utilisateurs de
VAE ($p=0.04$)

Pas d'effets sur la P3

Résultats cognitifs

Attention Network test

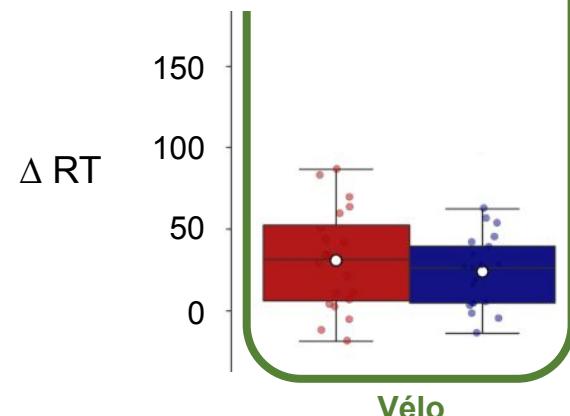
ER-Alerte auditive



Tendance sur le trajet ($p=0.054$)



TR-Alerte auditive



Après avoir été proche du trafic, un son préparatoire semble raccourcir le RT mais diminue la précision



Effet significatif du trajet ($p=0.049$)

Analyses EEG en cours

Récapitulatif des résultats et futures analyses

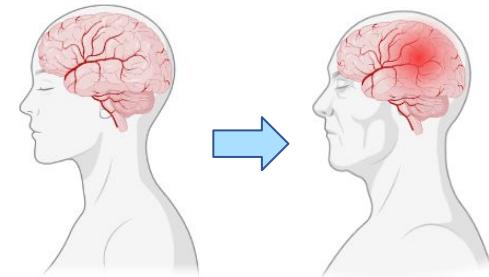
Effets observés sur les réponses **comportementales** et **électrophysiologiques**.

- 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**





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