

# CARACTÉRISATION ET ÉVALUATION DES AÉROSOLS ISSUS DE L'INTERACTION PNEU-CHAUSSÉE ET DE LEURS IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Xuan Trinh TRUONG (xuan-trinh.truong@univ-eiffel.fr)

## Résumé

La thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration de recherche formalisée entre l'Université Gustave Eiffel et la Manufacture Française des Pneumatiques Michelin. L'étude des particules d'usure issues de l'interaction pneu-chaussée (TRWP) soulève plusieurs difficultés. Tout d'abord, en raison de l'absence de méthodes standardisées, il n'est pas toujours évident d'obtenir des résultats et des conclusions cohérents entre les recherches. En outre, de nombreux paramètres affectent la dynamique d'émission ainsi que les propriétés physico-chimiques des particules d'usure. En effet, lors de leur formation, les TRWP sont mélangées aux poussières minérales et organiques déposées sur la chaussée ou aux particules fraîchement émises (par le système de freinage, les échappements, etc.). Compte tenu toutes ces difficultés, après une étude bibliographique approfondie sur les méthodes disponibles pour le suivi et l'analyse en temps réel des TRWP, la thèse est articulée autour de trois objectifs qui sont liés et complémentaires. Ils revêtent un caractère analytique, de recherche et appliqué, dans cet ordre, et s'énoncent comme suit :

- Elaborer une plateforme de suivi et de collecte des émissions de TRWP en condition d'usage réel d'un véhicule de tourisme.
- Caractériser la physico-chimie et la toxicité des échantillons afin d'identifier les TRWP parmi d'autres particules collectées et d'étudier leur impact sur l'environnement et la santé humaine.
- Comprendre les facteurs qui contrôlent les émissions ; ce qui représente un premier pas vers l'identification des zones et des situations les plus problématiques.

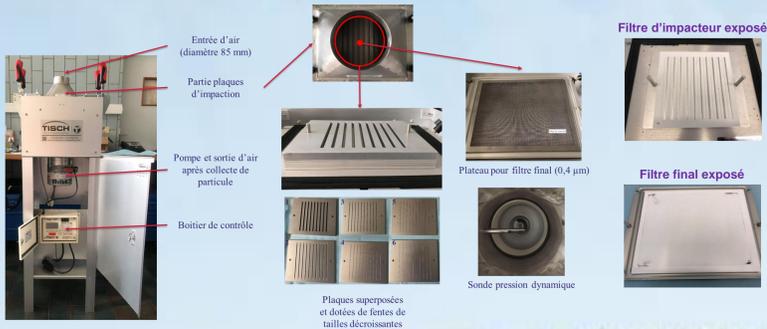
## Matériels et méthodes

### Collecte des particules

Un dispositif HVS est un système de collecte de particules de tailles décroissantes allant de 10 µm à 0,39 µm par impaction sur 6 plateaux superposés. L'aspiration est fournie par une pompe à haut débit de 1400 L/min. Afin de limiter le rebond et le réentrainement des particules, un filtre en cellulose est disposé sur chacun des plateaux. Sous le dernier plateau se trouve un filtre en fibres de verre servant à intercepter les particules inférieure à 0,39 µm.

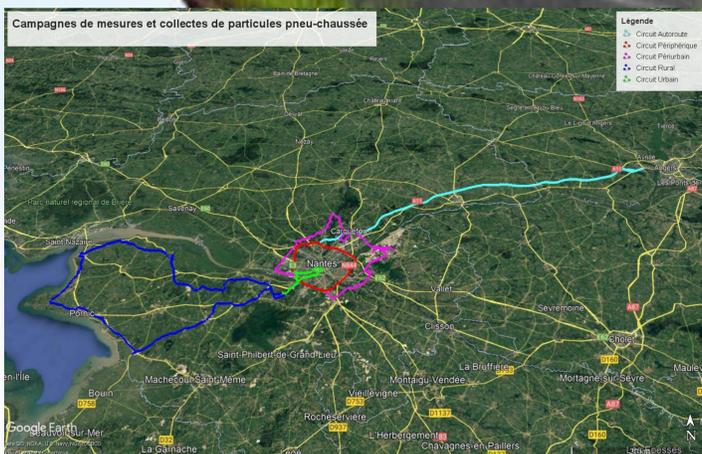
### Analyse des tailles

Un dispositif ELPI (Electrical Low Pressure Impactors) mesure la distribution granulométrique en nombre des particules à partir de leur diamètre aérodynamique sur 12 canaux allant de 0,007 µm à 4 µm. L'acquisition des données s'effectue à une fréquence de 1 Hz, avec un débit d'aspiration de 10 L/min.



### Campagnes de mesure

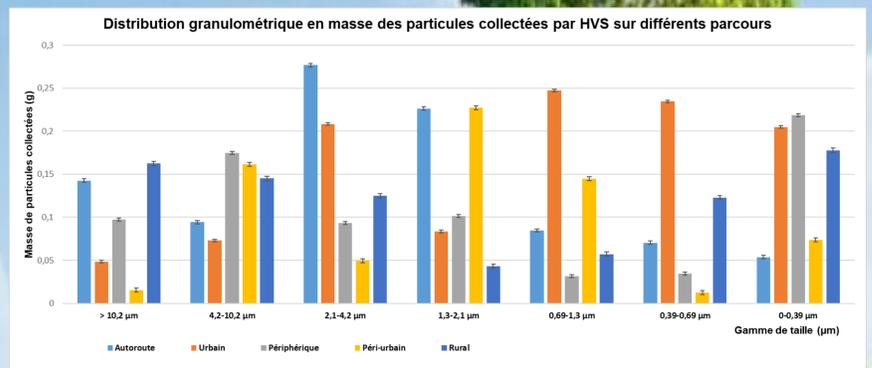
Cinq campagnes de suivi et de collectes de particules issues du contact pneu-chaussée ont été effectuées en 2020-21. Un véhicule instrumenté de l'Université Gustave Eiffel a été équipé d'une plateforme analytique permettant de suivre en temps réel les émissions des TRWP et près de 60 variables du véhicules, dans les conditions d'usage réel du véhicule. Au total, 5 campagnes ont été réalisées sur différents parcours : autoroute, périphérique, péri-urbain, rural et urbain. La distance parcourue du véhicule pendant chaque campagne (120 km minimum) vise à collecter une quantité suffisante de particules pneu-chaussée. La carte ci-dessous obtenue à l'aide d'un dispositif GPS présente les tracés des campagnes.



## Résultats

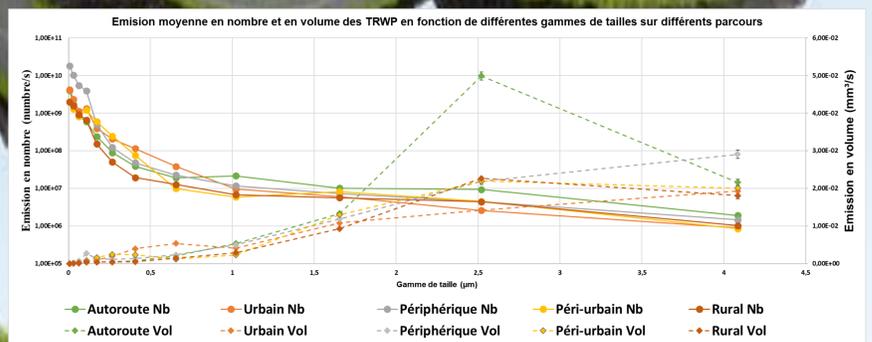
### Distribution granulométrique en masse des TRWP

Les filtres de collecte issus du dispositif HVS ont été pesés avant et après chaque campagne dans les mêmes conditions de température et d'humidité. Le premier plateau intercepte toutes les particules dont la taille est supérieure à 10 µm et le filtre final intercepte celles inférieures à 0,39 µm. Ainsi, les particules collectées sont classées de 7 gammes de tailles :



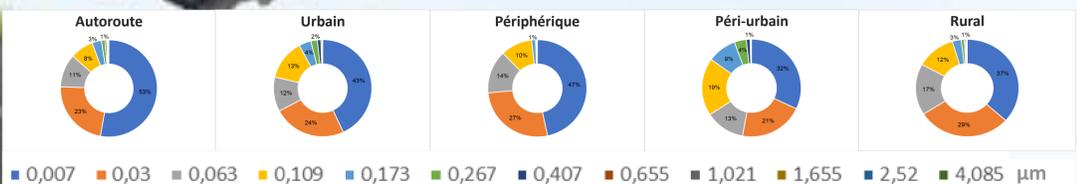
### Emission TRWP

La distribution granulométrique en nombre des particules pneu-chaussée de chaque campagne de suivi et de collectes est mesurée par le dispositif ELPI. A partir de ces données, la distribution granulométrique en volume a été calculée en admettant que la morphologie des particules est sphérique.



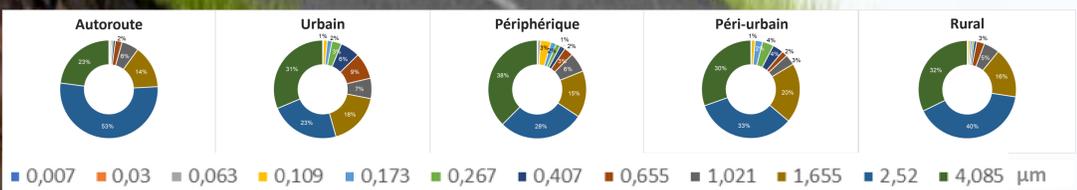
### Parts des émissions pondérées en nombre

- Les particules inférieures à 30 nm représentent la plupart des émissions : de 53% à 76%.
- Cette fraction serait peu liée aux émissions mais davantage au fond ambiant.
- Parmi les autres fractions, la contribution de la fraction de 0,109 µm est la plus importante.



### Parts des émissions pondérées en volume

- Les particules supermicroniques (1,02 - 4,09 µm) représentent la plupart des émissions : de 54 % à 76%.
- Sur autoroute, les classe des particules de 2,52 µm domine mais pas sur tous les trajets.
- L'autoroute et le trajet rural sont caractérisés par la présence de plus grosses particules (3/4 des émissions).



## Travaux en cours et perspectives

- Les filtres issus du dispositifs HVS ont aussi été utilisés pour analyser la composition inorganiques, les effets toxicologiques (à l'École des Mines de Saint-Etienne) des TRWP. Des observations au microscope électronique à balayage (MEB) ont été réalisées pour étudier la composition élémentaire, la morphologie et donc la diversité individuelles des particules collectées à l'arrière de la roue au cours des différentes campagnes.
- Un pneu standard a de plus été marqué chimiquement afin que les particules issues de ce dernier puissent être identifiées parmi les autres particules collectées par le dispositif HVS. La teneur chimique de l'élément de marquage mesurée sur chaque plateau fournira l'information sur le ratio entre les particules issues du pneu marqué (TWP) et l'ensemble des particules émises au niveau contact pneu-chaussée (TRCP) en fonction des gammes de tailles et du type de parcours. Une application envisagée est d'estimer, à partir des émissions des TRCP, l'ordre de grandeur de celles des TWP.
- Les données associées (relatives aux analyses de la composition inorganique, des effets toxicologiques, de caractérisation MEB ou du marquage du pneu) sont actuellement en cours de traitement.
- Les résultats de la thèse pourront servir à l'élaboration d'outils de suivi (p.ex. via l'utilisation de micro-capteurs) qui avertissent en temps réel le conducteur et lui permettent d'adapter sa conduite en fonction du trajet ou de la dynamique d'émission.

