

H3Sensing : mesure mobile du stress thermique par sac-à-dos instrumenté

ESIEE Paris coordinator: Martin Hendel (martin.hendel@esiee.fr), Sophie Parison (sophie.parison@esiee.fr)

Equipe : James Kamara (james.kamara@esiee.fr), Frédéric Filaine (frederic.filaine@u-paris.fr)

Laboratoires: COSYS-IMSE et LIED, ESIEE Paris

Filières: ENE, BIO, SE, SEI

Contexte

Le changement climatique se traduira notamment par une augmentation des vagues de chaleur. En milieu urbain, leurs conséquences sont aggravées par le phénomène d'îlot de chaleur urbain qui se traduit par une surélévation de la température de l'air par rapport aux zones rurales environnantes. Si à l'échelle communale, la température de l'air est le meilleur prédicteur de la mortalité [1], c'est le stress thermique qui traduit le mieux le risque individuel. Pour autant, le stress thermique est très variable dans l'espace et dans le temps et il n'existe que peu d'études portant sur l'exposition des citoyens à ce stress. Cela s'explique en partie par la difficulté à la caractériser au cours d'une journée-type pour un.e citoyen.e.

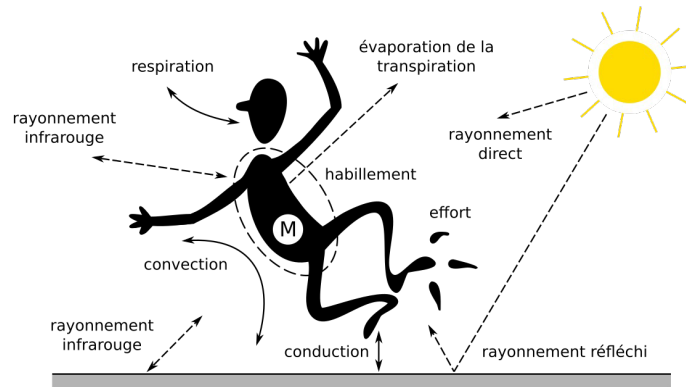


Figure 1 : Stress thermique du piéton (adapté de [2])

Dans le cadre du projet ANR H3Sensing, l'INSERM, l'APUR et ESIEE Paris (Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain, UMR 8236, CNRS et Université Paris Cité), ont mené une campagne de mesure auprès de 180 habitant.es du Grand Paris du printemps à l'automne 2025. Les participants ont été suivis pendant deux périodes de 4 jours en période douce et en période chaude [3]. Cette campagne de mesure inclut des mesures par sac-à-dos instrumenté à même de caractériser le stress thermique de son porteur en temps réel, complétée par des mesures par bracelets électroniques et une station météo fixe dans les logements.

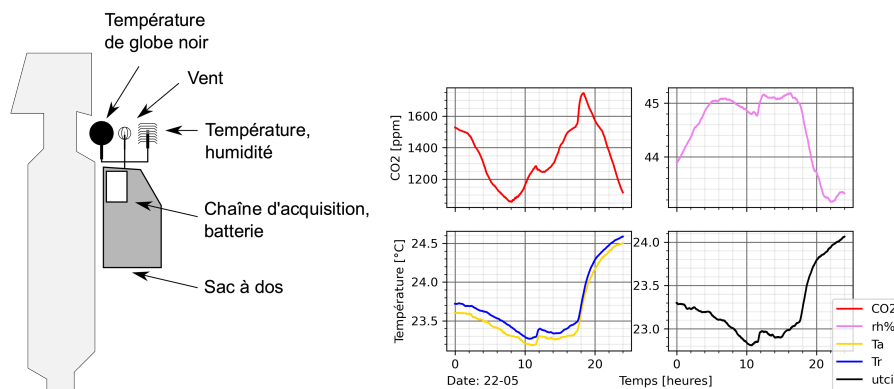


Figure 2 : Schéma du sac-à-dos (gauche) et données préliminaires (droite) [4]

https://www.franceinfo.fr/replay-jt/france-2/13-heures/canicule-mesurer-l-impact-des-fortes-chaleurs-sur-le-corps-via-des-capteurs_7441657.html

Un des retours d'expérience du projet est que la mesure de la température moyenne radiante (T_{mrt}) nécessite une attention particulière, avec un besoin d'améliorer la réactivité des capteurs utilisés. Le projet s'inscrit dans ce cadre et vise à contribuer à cette réflexion.

Objectifs

Le projet vise à développer, tester et caractériser des solutions et améliorations de la mesure de T_{mrt} . Dans le cadre du projet H3Sensing, il s'est avéré que les thermomètres à globes noirs utilisés à cette fin avaient notamment un temps de réponse trop important pour caractériser les variations soudaines lors de la marche en ville.

Le projet Tremplin vise donc à réduire le temps de réponse des globes noirs de 5 cm de diamètre utilisés. Pour cela, il s'agira de caractériser les échanges thermiques au sein d'un thermomètre à globe et à en modifier les principales propriétés. Les pistes envisagées comprennent notamment :

- a) la réduction de l'inertie du capteur de température
- b) l'intensification des échanges thermiques entre le thermomètre et le globe via :
 - i) l'augmentation de l'émissivité de la surface intérieure des globes
 - j) l'augmentation de la conductivité du gaz à l'intérieur des globes
- c) l'utilisation d'une paire de globes à albédo contrasté, l'un blanc et l'autre noir

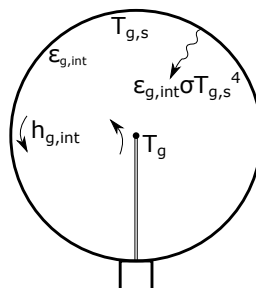


Figure 3 : Paramètres d'échange thermique au sein d'un thermomètre à globe par rayonnement et convection

Le projet sera co-encadré par le laboratoire LIED et COSYS-IMSE et s'appuiera principalement sur des études expérimentales. Le matériel nécessaire sera fourni par les partenaires du projet.

Bibliographie

- [1] M. Pascal, V. Wagner, and M. Corso, "Changes in the temperature-mortality relationship in France: Limited evidence of adaptation to a new climate," *Int. J. Biometeorol.*, vol. 67, no. 4, pp. 725–734, Apr. 2023.
- [2] G. Havenith, "Heat balance when wearing protective clothing," *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 43, no. 5, pp. 289–296, 1999.
- [3] J. Heins, M. Petitjean, and G. Liaboeuf, "Canicule : mesurer l'impact des fortes chaleurs sur le corps via des capteurs," 2025.
- [4] R. Bartoli, F. Filaine, S. Parison, and M. Hendel, "Mise au point d'un dispositif de mesure portatif du stress thermique du piéton," in *XV^e Colloque International Franco-Québécois*, 2022, pp. 14–18.