

Non-Invasive Transcutaneous Characterisation of Blood Carbon Dioxide (CO₂) Content

Thesis summary

This thesis aims to develop a non-invasive method for measuring arterial carbon dioxide (CO₂) content, which is crucial in clinical practice. Two main approaches are investigated: pulse carbametry, which extrapolates oximetry principles to carbaminohaemoglobin using spectrophotometric techniques, and the study of transcutaneous CO₂ diffusion, which provides insights into the CO₂ content of subcutaneous tissues. The first approach proved to be a dead-end, while the second shows greater potential.

In particular, the concept of a sensor in the form of a patch containing a pH-sensitive fluorophore appears especially promising. A preliminary clinical study was conducted to better characterize transcutaneous CO₂ diffusion, enabling the dimensioning of such a patch. An in-depth theoretical study followed, leading to the development of patch prototypes that exhibited a satisfactory response to CO₂. This thesis concludes that, despite the many improvements still needed for the patch to be usable in a real-life clinical context, this new measurement modality could pave the way for continuous and portable CO₂ monitoring in medical care.

Keywords: carbon dioxide (CO₂), biomedical, fluorescence, dual lifetime referencing, spectrometry, photobleaching, carbaminohaemoglobin.

Résumé en français

Cette thèse cherche à développer une méthode non-invasive de mesure du taux de dioxyde de carbone (CO₂) artériel, dont la connaissance est cruciale sur le plan clinique. Deux approches principales sont étudiées : la carbamétrie pulsée, qui extrapole les principes de l'oxymétrie à la carbamino-hémoglobine via des techniques spectrophotométriques, et l'étude de la diffusion transcutanée du CO₂, qui donne des indications sur le contenu en CO₂ des tissus sous-cutanés. La première approche s'est révélée être une impasse, tandis que la seconde montre un plus grand potentiel.

En particulier, la piste d'un capteur se présentant sous la forme d'un patch contenant un fluorophore sensible au pH semble particulièrement prometteuse. Une première étude clinique visant à mieux caractériser la diffusion transcutanée du CO₂ a été réalisée, permettant le dimensionnement d'un tel patch. Une étude théorique approfondie est ensuite menée, et des prototypes de patches sont conçus, présentant une réponse au CO₂ satisfaisante. La thèse conclut que – malgré les nombreuses améliorations qui restent à apporter au patch ainsi conçu – cette nouvelle modalité de mesure pourrait permettre le suivi médical continu et portatif du CO₂.

Mots-clefs : dioxyde de carbone (CO₂), biomédical, fluorescence, dual lifetime referencing, spectrophotométrie, photo-blanchiment, carbaminohémoglobine.