

Mesure de pH et de concentration de gaz dissout par PLIF inhibée ratiométrique.

T. Lacassagne¹, A. Femat-Ortiz¹, S. Simoëns¹, M. EL Hajem¹, J-Y. Champagne¹

¹Univ Lyon, INSA de Lyon, Ecole Centrale de Lyon, Université Lyon 1, CNRS, LMFA UMR 5509, F-69622 Villeurbanne CEDEX, France

Email auteur correspondant : tom.lacassagne@gmail.com

La fluorescence induite par plan laser inhibée (Inhibited Planar Laser Induced Fluorescence, $I - PLIF$) est une technique couramment utilisée pour étudier les transferts de masse et de chaleur dans les fluides. Elle permet la visualisation instantanée du champ 2D d'un scalaire passif dans la mesure ou ce scalaire agit comme inhibiteur de la fluorescence d'une molécule spécifique, et que cette molécule est initialement mélangée au fluide de manière homogène à concentration connue. Les valeurs locales de scalaire sont déduite de la mesure de l'intensité locale de fluorescence après établissement d'une loi de calibration. Cependant, l'intensité de fluorescence dépend également de la distribution d'intensité d'excitation qui peut, dans le cas de système optique non-fins, ne pas être homogène du fait notamment de l'absorption de Beer-Lambert. La connaissance précise de cette répartition d'excitation est délicate, car le coefficient d'absorption peut dépendre lui même du scalaire à mesurer. Des méthodes dites "deux couleur" ou "ratiométriques" ont été développées pour contourner cette difficulté [1]. Le rapport d'intensité de deux longueurs d'ondes (ou bandes spectrales) de fluorescence provenant de la même excitation est alors utilisé comme indicateur de la valeur du scalaire, ce qui permet de s'affranchir des hétérogénéités d'intensité d'excitation. En phase liquide, l'approche ratiométrique a été fréquemment utilisée pour mesurer des champs de température [2], mais rarement pour la mesure de pH et de concentration de gaz dissout, alors que sa version "classique" à une couleur est fréquemment employée.

Une nouvelle méthode ratiométrique de mesure du pH ($I_{pH}^r - PLIF$) est ici présentée [3]. Elle repose sur l'utilisation de la fluorescéine sodium comme seul marqueur fluorescent et permet de mesurer efficacement des variations de pH comprises entre pH 4 et pH 8. Une approche théorique préliminaire permet de montrer que le ratio d'intensité de fluorescence provenant de deux bandes spectrales ne dépend que du rendement quantique spectral de fluorescence, lui même sensible au pH. Une étude détaillée en spectrofluorimétrie (figure 1) révèle que pour deux bandes spectrales judicieusement choisies, ce ratio est strictement croissant quand le pH de la phase liquide augmente. Cette tendance est confirmée au cours de la phase de calibration des différents dispositifs optiques utilisés.

La faisabilité de la méthode est vérifiée sur un écoulement test : l'injection d'un jet acide dans un volume de fluide initialement à pH neutre. Les résultats obtenus en utilisant l'approche ratiométrique sont cohérents avec ceux obtenus par approche classique, mais les hétérogénéités d'intensité d'excitation y sont mieux corrigées, avec un temps de traitement des données bien plus faible, et sans besoin de connaître la répartition d'intensité d'excitation dans la nappe laser [3]. Ce dernier point en particulier fait de l' $I_{pH}^r - PLIF$ une technique intéressante pour étudier les phénomènes pH de transfert de masse aux interfaces diphasiques, puisqu'elle corrige intrinsèquement les réflexions instationnaire de l'intensité d'excitation (nappe laser) sur ces interfaces. Elle permet en particulier de mesurer la dissolution du dioxyde de carbone gazeux dans différents milieux liquides transparents et différentes configurations, par exemple autour d'une bulle de CO₂ pure piégée sous une surface solide ou depuis un ciel gazeux au niveau d'une surface libre.

References

- [1] Coppeta, J., Rogers, C.,(1998) Dual emission laser induced fluorescence for direct planar scalar behavior measurements, *Experiments in Fluids*, vol. 25, no 1, p. 1-15.
- [2] Chaze, W.,Caballina, O.,Castanet, G.,Lemoine, F., (2016) The saturation of the fluorescence and its consequences for laser-induced fluorescence thermometry in liquid flows, *Experiments in Fluids*, vol. 57, no 4, p. 58.

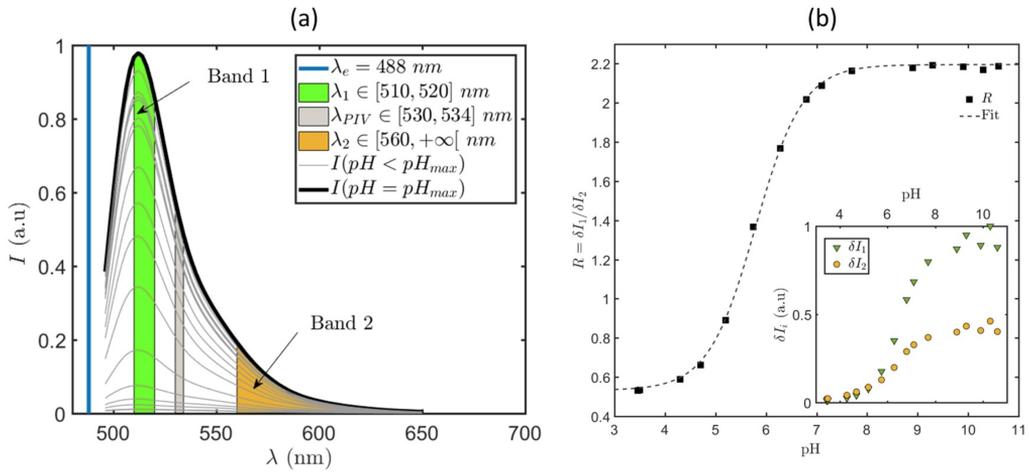


Figure 1: Choix des bandes spectrales (a) et évolution du ratio de fluorescence en fonction du pH (b). L'intensité de fluorescence de la bande 1 (vert) dépend fortement du pH et celle de la bande 2 (orange) faiblement.

- [3] Lacassagne, T., Simoëns, S., EL Hajem, M., Champagne, J-Y, (2018) Ratiometric, single-dye, pH-sensitive inhibited laser-induced fluorescence for the characterization of mixing and mass transfer, *Experiments in Fluids*, vol. 59, no 1, p. 21.