Capteur WO_3 pour la détection de faibles concentrations de gaz BTEX en présence d'humidité

A. Favard[1,2], K. Aguir[1], T. Contaret[1], M. Bendahan[1]

1 Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France
2 EcoLogicSense, Rousset, France

Le suivi de la qualité de l'air est devenu un enjeu important pour la santé et la société. Les gaz BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) font partie des COV ciblés par la directive européenne 2008/50/CE. La détection de ces polluants dans des conditions réelles nécessite de travailler dans un environnement humide qui limite souvent les performances des capteurs de gaz, en particulier en terme de sensibilité. Dans ce travail, nous montrons la capacité de détecter et de quantifier de très faibles concentrations de BTEX à différents taux d'humidité relative (0-80%). Pour effectuer cette détection, nous utilisons une couche sensible au trioxyde de tungstène déposée par radiofréquence magnéton réactive RF sur un nouveau transducteur conçu dans notre laboratoire [1]. Nous avons développé un banc d'essai spécialement conçu pour la détection de très faibles concentrations de BTEX en présence de différents taux d'humidité. Notre capteur a été exposé à des concentrations allant de 10 à 100 ppb (part per billion) pendant trois minutes avec un taux d'humidité compris entre 0 et 80% sous un débit d'air de 500 mL/min. La réponse a été calculée en utilisant la relation (1) :

$$Réponse\ (\%) = \left(\frac{R_{air} - R_{gaz}}{R_{gaz}}\right) * 100 \qquad (1)$$

R_{air} est la résistance du capteur sous air humide et R_{gaz}, est la résistance du capteur en présence de BTEX. Les résultats obtenus sont donnés dans la figure 1. Les concentrations détectées sont inférieures à la valeur seuil imposée par l'Union européenne et les résultats publiés dans la littérature [2, 3]. Avec une résolution de 5 ppb, le capteur réalisé est donc très sensible aux BTEX. Pour montrer la consistance de nos résultats, nous avons caractérisé davantage les réponses du capteur. Les capteurs ont été soumis à 10 expositions de 10 ppb de BTEX avec des taux d'humidité relative variant entre 0 et 80% afin d'évaluer l'erreur de répétabilité. Une diminution de la réponse moyenne est observée lorsque le taux d'humidité de l'air augmente. Cependant, la réponse devient stable à partir de 40% d'humidité. L'écart type (S_r) et l'erreur de répétabilité (E_r) ont été calculés en utilisant les relations (2) et (3) :

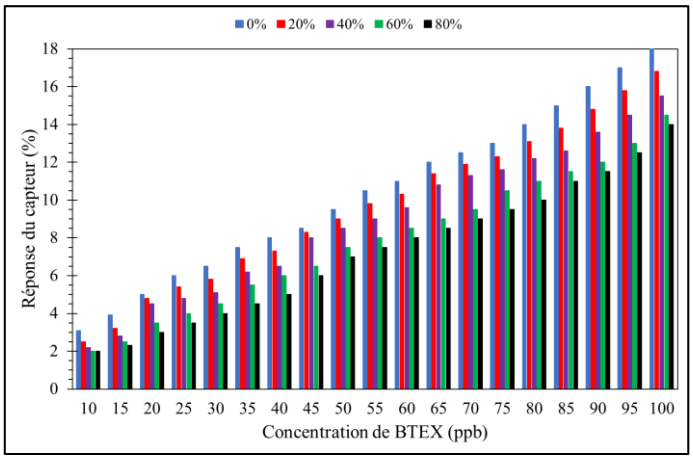

Figure 1 : Réponses du capteur WO_3 en présence de différentes concentrations de BTEX pour plusieurs taux d'humidité relative.

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}{N}} \qquad (2)$$

$$E_r(\%) = \left(\frac{S_r}{\bar{x}}\right) * 100 \qquad (3)$$

Où $\{x_1, x_2 \ldots x_i \ldots x_N\}$ sont les valeurs de réponse, $\bar{x}$ est la moyenne des réponses du capteur et N le nombre d'expositions. L'ensemble des résultats sont présentés dans le tableau 1. Le capteur réalisé est ainsi capable de détecter une très faible concentration (10 ppb) de BTEX avec un écart type très bas et une erreur de répétabilité inférieure à 5% pour les cinq taux d'humidité testés. Tous les résultats montrent que notre capteur permet de surveiller la qualité de l'air intérieur et extérieur avec une réponse stable même à de forts taux humidité.

Humidité relative (%)	*0*	*20*	*40*	*60*	*80*
Réponse moyenne (%)	*3*	*2.3*	*2.2*	*2.1*	*2.0*
Ecart type	*0.1*	*0.1*	*0.1*	*0.1*	*0.1*
Erreur de répétabilité (%)	*5*	*4*	*5*	*4*	*4*

Tableau 1 : Caractérisation des réponses du capteur WO_3 pour une concentration de 10 ppb de BTEX sous différents taux d'humidité relative.

References:

[1] Heated sensitive layer gas sensor, K. Aguir, M. Bendahan, V. Laithier, patent N° FR 13 59494, 2013, international extension in 2016

*[2] M.-T. Ke, M.-T. Lee, C.-Y. Lee, L.-M. Fu (2009): A MEMS-based benzene gas sensor with a self-heating WO_3 sensing layer, Sensors **9**, 2895–2906.*

*[3] F Li, S Guo, J Shen, L Shen, D Sun, B Wang, Y Chen, S Ruan (2017): Xylene gas sensor based on Au-loaded WO_3-H_2O nanocubes with enhanced sensing performance, Sens and Act B **238**, 364–373.*