

Introduction

Les concentrations en matières en suspension totales (MEST), exprimées en unités de masse par volume telles que le mg/L, peuvent constituer un paramètre de performance important pour les applications de surveillance, notamment les flux de procédés industriels et les boues dans les stations d'épuration des eaux usées. Les méthodes standard d'analyse des matières en suspension, par exemple la norme EPA 160.2 ou la norme ISO 11923, nécessitent le recours à une procédure gravimétrique. Celles-ci consistent à faire passer l'échantillon à travers un filtre en fibre de verre, puis à le sécher jusqu'à poids constant. Cette méthode peut fournir des résultats très précis, mais elle est chronophage et ne peut pas être réalisée en ligne ; elle n'est donc pas idéale pour mesurer des flux de procédés susceptibles d'évoluer rapidement.

Pour qu'une mesure en ligne des matières en suspension totales (TSS) soit utile, elle doit être continue, peu coûteuse, présenter un faible coût de possession et pouvoir être étalonnée à l'aide de résultats gravimétriques.

Lumière diffusée

Une approche adaptée à la surveillance continue en ligne consiste à mesurer la quantité de lumière diffusée ou transmise par l'échantillon. La mesure des propriétés optiques permet de mesurer en continu et de communiquer le niveau de matières en suspension totales dans un échantillon. Le capteur SoliSense® de Pi utilise la lumière diffusée pour effectuer ses mesures. La lumière est diffusée dans toutes les directions par les solides présents dans l'échantillon. La proportion de lumière diffusée dans différentes directions dépend de la nature des solides mesurés ; notamment, la taille des particules solides a une grande influence sur le comportement de diffusion. Les petites particules ($< 0,06 \mu\text{m} \approx 1/10$ e de la longueur d'onde de la lumière) diffusent la lumière de manière égale dans toutes les directions ; les particules de taille moyenne ($> 0,15 \mu\text{m} \approx 1/4$ e de la longueur d'onde de la lumière) diffusent davantage la lumière vers l'avant, en raison d'une interférence additive ; quant aux grosses particules ($> 0,6 \mu\text{m} \approx$ longueur d'onde de la lumière), elles diffusent nettement plus de lumière vers l'arrière. Le comportement de diffusion est également influencé par la couleur (qui affecte l'absorption de la lumière d'éclairage), l'indice de réfraction et la forme des particules, les formes sphériques provoquant davantage de diffusion vers l'avant que les formes en bâtonnets ou en spirales.

SoliSense®

Le SoliSense® mesure les concentrations en matières en suspension grâce à une mesure de rétrodiffusion. L'échantillon est éclairé par une LED d'une longueur d'onde de 860 nm et la lumière diffusée est détectée par deux détecteurs positionnés à un angle $> 270^\circ$ par rapport à l'angle d'incidence de la lumière d'éclairage. Le principal avantage de la mesure par rétrodiffusion, par rapport à d'autres méthodes de mesure optique possibles, réside dans la longueur de trajet de mesure réduite nécessaire. Il s'agit là d'un avantage car, bien que la quantité de lumière diffusée augmente avec la concentration en matières en suspension, l'atténuation du signal lumineux finit par prendre le dessus et la réponse devient instable. Cela donne lieu à la courbe de réponse caractéristique d'un détecteur de lumière diffusée, comme celle illustrée à la figure 1. Les concentrations en matières en suspension auxquelles le pic apparaît, et en fin de compte le capteur à partir de laquelle le capteur perd sa sensibilité, dépend de la longueur du trajet optique.

L'utilisation de détecteurs à rétrodiffusion offrant les longueurs de trajet les plus courtes possibles permet d'obtenir que le pic de réponse (le point à partir duquel le capteur perd sa sensibilité) se situe à des concentrations élevées en matières solides. L'utilisation d'une source lumineuse de 860 nm dans le SoliSense® réduit l'influence de la couleur des particules sur les mesures par rapport à l'utilisation de sources de lumière blanche ou visible.

Le SoliSense® est équipé de deux détecteurs à rétrodiffusion afin d'optimiser la sensibilité et la plage de mesure. Ces détecteurs sont situés à des distances différentes de l'émetteur et sont appelés « détecteur long » et « détecteur court », comme le montre le schéma de la figure 2. Le détecteur long, doté d'une longueur de trajet plus importante, offre une meilleure sensibilité, tandis que le détecteur court, doté d'une longueur de trajet plus courte, offre une plage de mesure plus large. La figure 3 montre comment les différents détecteurs réagissent lors de l'analyse d'échantillons de kaolin.

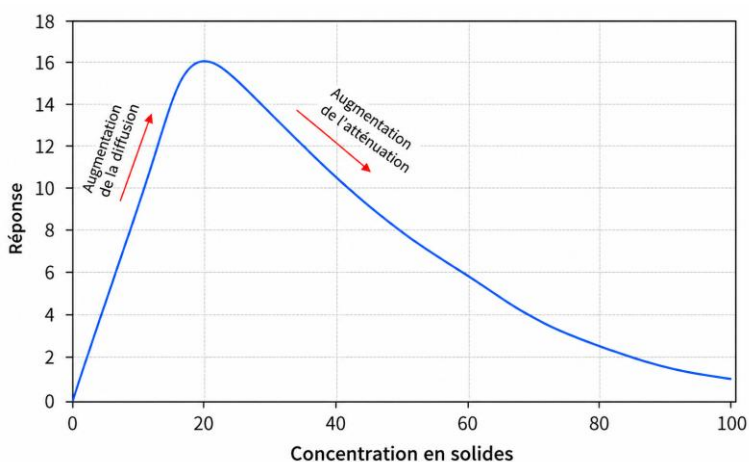
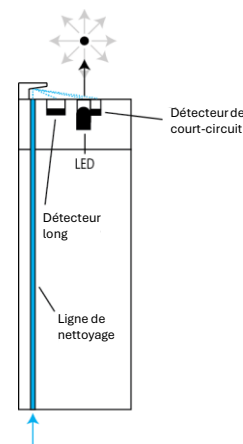


Fig. 2. Schéma et photo de la sonde SoliSense®



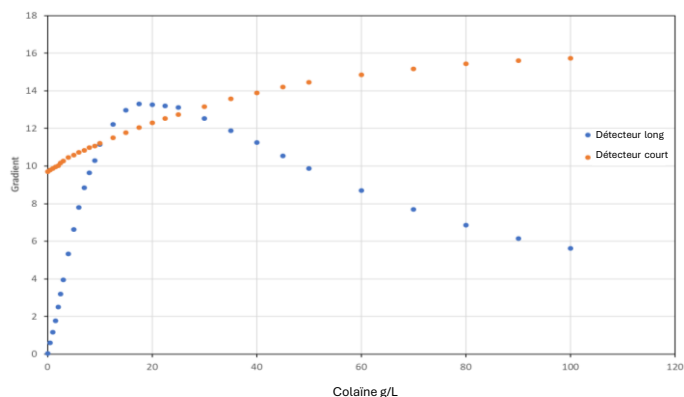


Fig. 3. Réponse d'un capteur SoliSense® face à des échantillons de caoline

Procédure de mesure

Lorsqu'une mesure optique est effectuée pour déterminer la concentration en matières en suspension d'un échantillon, le signal correspond à la différence entre la lumière de fond lors de l'étalonnage et lors de la mesure. Avec le SoliSense®, les effets de la lumière de fond sont éliminés grâce à la procédure de mesure innovante et brevetée de Pi. Cette procédure consiste pour le capteur à effectuer des mesures à différents niveaux de lumière émise (100 % de lumière, 75 % de lumière, 50 % de lumière et 25 % de lumière) et à utiliser le gradient entre les lectures pour déterminer la concentration en matières en suspension de l'échantillon. Les lectures étant effectuées en succession rapide, on peut considérer que les lumières de fond sont identiques ; le gradient n'est donc pas affecté par le niveau de lumière de fond.

Étalonnage

L'étalonnage de tout appareil optique mesurant les matières en suspension totales (TSS) doit être effectué par comparaison avec les résultats de TSS obtenus selon la norme EPA 160.2 ou ISO 11923.

La procédure de mesure implique qu'un échantillon à « 0 » mg/L n'est pas nécessaire pour l'étalonnage. Cela élimine l'une des plus grandes sources d'erreurs potentielles lors de l'étalonnage des instruments de mesure optiques, car un tel échantillon est difficile à obtenir, en particulier sur site, et sa mesure serait fortement affectée par les niveaux de lumière de fond.

Pour de nombreuses applications, un seul échantillon d'étalonnage suffit, mais pour les échantillons présentant des concentrations élevées en matières en suspension, la réponse du détecteur peut devenir non linéaire à mesure que la concentration augmente. Afin d'optimiser les résultats avec de tels échantillons, des étalonnages multipoints (jusqu'à 5 points) peuvent être effectués. Pour chaque échantillon d'étalonnage, le gradient entre les signaux mesurés à différents niveaux de luminosité est calculé. Les gradients des différents échantillons d'étalonnage sont utilisés pour établir une courbe d'étalonnage telle que celle illustrée à la figure 4.

L'utilisation d'une courbe d'étalonnage multipoint permet au SoliSense® de fournir une sortie linéaire sur toute la plage d'étalonnage, comme le montre la figure 5, qui présente les mesures obtenues avec divers échantillons de kaolin. Il est important de prélever des échantillons par gravimétrie sur toute la plage de TSS susceptible d'être observée dans n'importe quel échantillon.

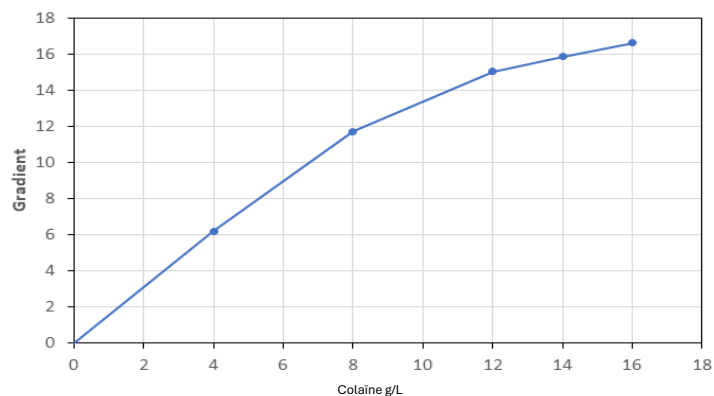


Fig. 4. Courbe d'étalonnage SoliSense® en cinq points pour le caolin

Il est important de comprendre que les propriétés optiques d'un échantillon, quel que soit le site, peuvent évoluer au fil du temps, par exemple en raison de variations des sources de matières solides, des volumes (épisodes pluvieux) ou, dans un contexte industriel, des changements dans la fabrication des produits. Les mesures optiques fournissent une estimation secondaire des TSS, ayant été étalonnées par rapport aux méthodes d'échantillonnage gravimétriques standard ; elles constituent donc une approximation des TSS réellement présents dans un échantillon.

Conclusion

Les TSS correspondent à la quantité de matières solides en suspension dans un échantillon et sont déterminées par des méthodes gravimétriques standard. Ces méthodes ne sont pas adaptées à une surveillance en continu. La rétrodiffusion de la lumière constitue un indicateur de substitution approprié et peut être étalonnée par rapport aux résultats gravimétriques.

Le SoliSense® de Pi est un appareil adapté à la mesure en continu des TSS dans divers contextes. Sa méthode de mesure brevetée en fait un outil particulièrement utile : il ne nécessite pas de remise à zéro, compense la lumière de fond et dispose d'une plage dynamique extrêmement large.

Références

1. EPA-NERL : 160-2 : Résidu non filtrable (gravimétrie, séché à 103-105 °C), Méthodes d'analyse chimique de l'eau et des déchets (MCAWW) (EPA/600/4-79/020)
2. ISO 11923:1997, Qualité de l'eau – Détermination des matières en suspension par filtration sur des filtres en fibre de verre
3. EP3472596 – Capteur de turbidité et méthode de mesure de la turbidité