

TECONER

Mesures de l'humidité avec des capteurs optiques

Dans la fabrication du béton, une grande attention doit être apportée aux proportions et au mélange des ingrédients. La teneur en humidité des granulats doit être connue, afin de minimiser la variabilité de la qualité du béton et de permettre une utilisation optimale du produit final. Retour sur ces mesures de l'humidité, avec l'exemple du détecteur WCM411 de Teconer.

La fabrication du béton consiste à mélanger les éléments suivants : eau, granulats, ciment et additifs spécifiques pour bétons. La proportion générale par volume est d'environ 10/15 % de ciment, de 60/75 % de granulats et de 15/20 % d'eau. Il est ainsi important de respecter les proportions et le mélange de ces ingrédients, afin de produire un béton résistant et durable. La qualité du matériau ne sera garantie que si la formule est rigoureusement respectée. La quantité d'eau ajoutée a un effet direct sur sa résistance et sa consistance. En effet, les granulats grossiers peuvent contenir de 0 à 2 % d'humidité de surface en poids, tandis que les fins peuvent aller jusqu'à plus de 10 %. Ces chiffres ne comprennent pas l'eau absorbée, qui varie généralement de 0,5 à 4 %. La teneur en humidité des granulats doit ainsi être connue, afin de d'obtenir une qualité optimale du béton. Sachant que le rapport eau/ciment a des effets significatifs sur le mode de mélange, sur la maniabilité, et sur les propriétés de résistance et de durabilité.

Quelles sont les techniques de mesures de l'humidité ?

Aujourd'hui, la façon la plus courante de mesurer l'humidité dans l'industrie du béton est basée sur des capteurs capacitifs ou à micro-ondes, le cas échéant. Ceux-ci sont souvent installés au contact des granulats, dans les silos ou les alimentateurs de silos, ou encore sur les bandes de transport. Le caractère dipolaire de la molécule d'eau implique une constante diélectrique élevée, ce qui permet une détection facile dans les granulats par couplage à un champ électromagnétique. En général, la détection capacitive produit un résultat assez fiable. Néanmoins, le contact direct avec l'échantillon provoque une usure mécanique du capteur, nécessitant un réétalonnage occasionnel. Et de fait, le remplacement soit de la plaque du capteur, soit du capteur entier.

Quant aux capteurs optiques d'humidité, ils utilisent une source de lumière active, transmettant des bandes de longueurs d'ondes présélectionnées sur l'échantillon. Le retour de la lumière réfléchi est recueilli sur un élément détecteur pour son analyse. En règle générale, il y a au moins deux bandes de longueurs d'ondes utilisées. La première se fait sur un pic de la molécule d'eau et la seconde est utilisée comme un signal de référence. La quantité de lumière réfléchi est comparée avec le signal de référence, dont l'information est ensuite amenée à déterminer la teneur en humidité au moyen d'un étalonnage.

La détection optique de l'humidité d'un matériau permet une

opération sans contact, ce qui représente un grand avantage pour l'industrie du béton. Il existe des détecteurs optiques de l'humidité pour l'industrie de transformation depuis des dizaines d'années, mais ils ne sont pas toujours utilisés dans les usines de béton, en raison de leurs prix plus élevés. De récents progrès dans les sources lumineuses et sur les détecteurs permettent désormais de concevoir des capteurs optiques à des prix compétitifs et pouvant être optimisés pour des tâches spécifiques.

L'exemple des capteurs optiques de Teconer

Ainsi, le détecteur de teneur en eau WCM411 (Water Content Monitor) de Teconer est un capteur conçu pour mesurer l'humidité des granulats du béton. Il est typiquement installé à une distance comprise entre 50 et 80 cm de la surface de l'échantillon et peut être fourni avec un tube de protection contre les poussières.

On dénombre plusieurs avantages de ces capteurs optiques :

- mesures sans contact ;
- longue durée de vie grâce à une conception robuste et sans pièces mobiles ;
- étalonnage simple ;
- haute précision ;
- maintenance réduite.



Tête du capteur WCM411 (Water Content Monitor).

Capteur WCM411 installé au-dessus d'un alimentateur de silo.

Ces propriétés sont des plus pour le déploiement de la mesure de l'humidité dans la fabrication du béton et pour de nombreux autres granulats industriels.

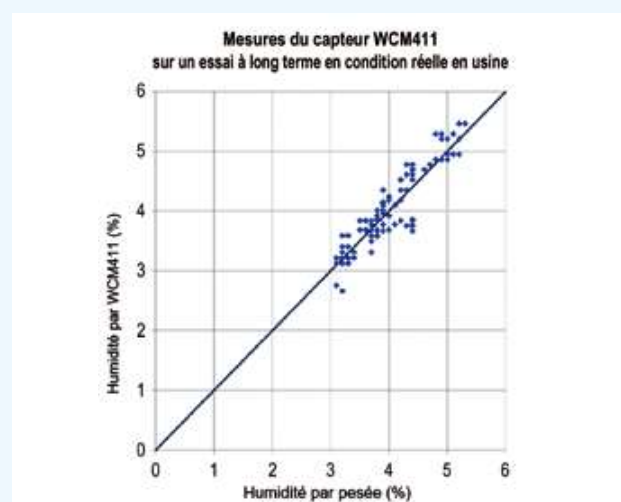
Comment fonctionnent ces capteurs optiques ?

La répétitivité et la stabilité à court terme du capteur WCM411 sont d'environ 0,1 % par unité de poids. On peut atteindre une précision totale d'environ 0,3 % avec un étalonnage rigoureux et un échantillon homogène. Ce niveau de précision peut être maintenu longtemps, à condition que la protection contre la poussière de la fenêtre du capteur soit efficace. Le capteur ne possède pas de parties mobiles et utilise une source de lumière à longue durée de vie. Ce qui implique une maintenance minimale.

La zone de détection du capteur est assez restreinte : environ 5 cm de diamètre à 1 m de distance. Comme des mesures précises ne peuvent pas être obtenues avec des échantillons statiques, il est préférable d'utiliser des échantillons mobiles et de calculer une valeur moyenne pour représenter une plus grande quantité d'échantillon. On peut obtenir un étalonnage plus précis du capteur avec un granulat déterminé, en commençant par environ 1 à 2 % d'humidité et en ajoutant ensuite de l'eau par étape, en allant de 1 % jusqu'à près de 5 %.

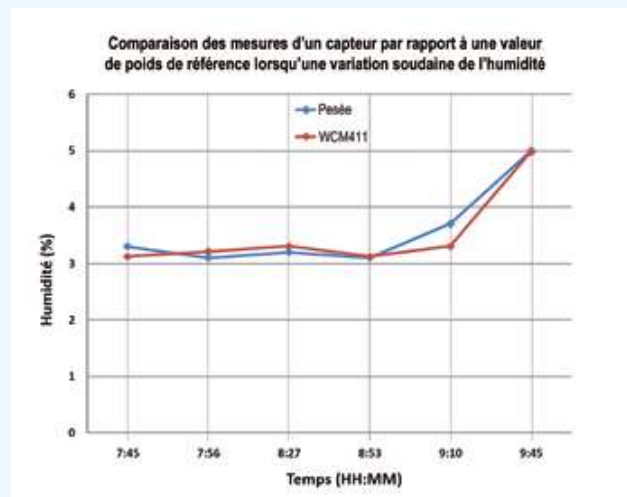
Le schéma "Mesures du capteur WCM411" montre les mesures recueillies sur quatre mois, sans toucher le capteur optique pendant toute la durée de l'essai. Les valeurs de poids (méthode de la pesée) de référence ont été collectées, en prélevant de façon manuelle trois échantillons sur une gâchée donnée et en comparant la perte de l'eau lors du séchage avec les mesures correspondantes du capteur.

Même si la dispersion des données est plus importante par rapport aux données d'étalonnage, l'écart type de 0,25 % en humidité est bas. La raison la plus évidente de cet écart est due à des facteurs externes comme les problèmes de prélèvement manuels des données du poids de référence. Pour des raisons pratiques, les échantillons de référence sont de l'ordre de 1 kg, représentant juste une partie infime de la gâchée entière et sont donc sensibles à une variation locale. Les mesures du capteur représentent des valeurs moyennes d'une plus grande partie de la gâchée. Elles sont alors plus probables que l'humidité moyenne de la gâchée.



Pour sa part, le schéma "Comparaison des mesures d'un capteur" présente un exemple d'une variation soudaine d'humidité dans un silo. Jusqu'à environ 9 h 00, les valeurs de références et

les lectures du capteur montrent une humidité plutôt stable, environ 3,2 %. D'un coup, les deux lectures ont commencé à augmenter, atteignant plus de 5 %. L'augmentation importante et rapide de l'humidité dans le silo a certainement été causée par une période de fortes pluies quelques jours auparavant. L'augmentation rapide d'humidité ayant commencé à 9 h 10 a été stabilisée plus tard dans la même journée. Cet exemple confirme l'importance du contrôle continu de l'humidité du granulat plutôt que de prélever un seul échantillon par jour.



Implications économiques des mesures de l'humidité

Des économies considérables peuvent être obtenues grâce à l'utilisation de capteurs dans l'industrie mondiale du béton. A l'heure actuelle, il semble que la mesure de l'humidité dans les granulats soit loin d'être systématique.

La résistance du béton est déterminée avant tout par le rapport eau/ciment (E/C). Lorsque l'eau dans les granulats n'est pas mesurée, il est supposé, pour des raisons de sécurité, qu'il y a une quantité maximale d'eau. La quantité de ciment est ajustée à la valeur cible d'E/C. Cependant, la quantité réelle d'eau peut être inférieure à la valeur maximale estimée. La différence peut aller jusqu'à 2 % ou même plus, jusqu'à 20 kg d'eau dans le granulat fin. Avec un E/C de 0,5, il faudra ajouter 40 kg de ciment pour 1 m³ de béton, afin de ne pas tomber au-dessous du niveau choisi du calcul de résistance. Environ la moitié peut être évitée à l'aide de la mesure précise de l'humidité dans les granulats. Sachant que le prix du ciment est d'environ 100 €/t, la perte représente 2 €/m³. Pour une petite centrale à béton produisant environ 20 000 m³/an, cela représente une perte annuelle de 40 000 €/an. En moyenne, un à trois capteurs optiques sont installés dans une unité de production. Selon ces chiffres, l'amortissement de la solution du capteur optique se ferait en moins d'un an.

La consommation mondiale de béton est de l'ordre de 4 200 Mm³. Une mesure précise de l'humidité dans la production du béton pourrait faire économiser à peu près 8 Md€/an. Ce qui entraînerait aussi une baisse des émissions de CO₂, sans compter la préservation d'une matière première précieuse.

En plus des pertes financières directes, il y a des coûts indirects causés par la mauvaise qualité du béton et sa courte durabilité. Au lieu d'une durée potentielle de vie de 100 à 200 ans, elle peut chuter à 50 ans, voire moins, si la qualité du béton n'est pas assurée.