

ATEX

# DÉTERMINER L'EMI DES POUDRES EN CONDITIONS « NON-ATMOSPHERIQUES »

L'énergie minimale d'inflammation (EMI) est une caractéristique clé des poudres pour l'évaluation des risques dans les usines de production et pilote dans le cadre de la réglementation européenne ATEX. Adrien Bisel, directeur Export et consultant ATEX chez TÜV SÜD Process Safety, nous livre à travers cet article son expertise.



Adrien Bisel, directeur Export et consultant ATEX chez TÜV SÜD Process Safety

Il est bien connu que l'EMI dépend d'un certain nombre de paramètres expérimentaux. Compte tenu des implications pratiques, les facteurs les plus importants sont : la température (par exemple pour les processus de séchage), et la concentration en oxygène (par exemple pour l'inertage). La dépendance de l'EMI à la température et à la concentration en oxygène a été analysée dans un certain nombre de publications, comme dans les ouvrages Glarner (1983), Bartknecht et Zwahlen (1993), Glor et Schwenzfeuer (1996). Néanmoins, la détermination expérimentale de l'EMI dans des conditions non standards est complexe et aucun équipement « standard » n'est disponible. De plus, ces recherches se sont concentrées soit sur la dépendance à l'oxygène à température ambiante,

soit sur la dépendance à la température de l'air normal. Jusqu'à présent, les combinaisons n'ont pas encore été étudiées de manière approfondie.

Par conséquent, une extension de l'appareil MIKE 3 avec des dispositifs complémentaires normalisés est présentée, et permettra à tous les opérateurs, qui ont déjà une expérience dans la détermination standard de l'EMI, de mesurer l'EMI à des températures élevées et sous des concentrations en oxygène dans des plages inférieures et supérieures à la condition

standard. La configuration assure une grande homogénéité de la température et du mélange gazeux à l'intérieur du tube de Hartmann sans provoquer d'impact négatif sur la turbulence, ce qui a encore une influence sur l'EMI. De plus, les données sont compatibles avec les valeurs d'EMI déterminées jusqu'à présent dans le MIKE 3. Le MIKE 3 amélioré est ci-après nommé MIKE 4.



Appareil MIKE 4.

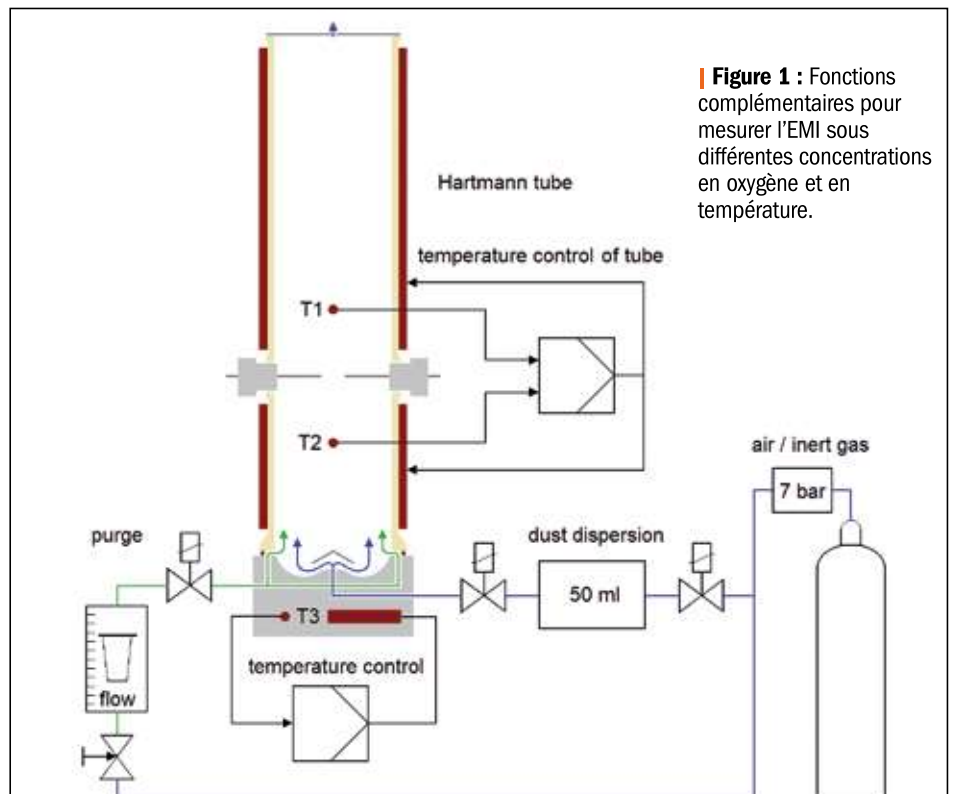
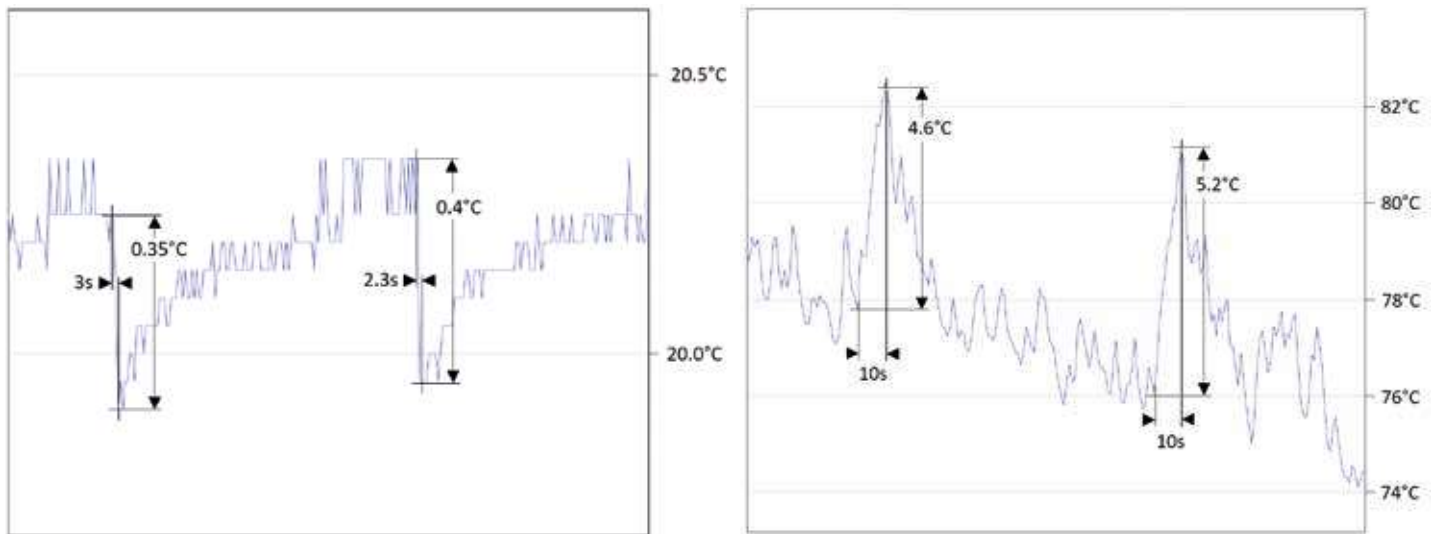


Figure 1 : Fonctions complémentaires pour mesurer l'EMI sous différentes concentrations en oxygène et en température.



**Figure 2 :** À gauche : stabilisation de la température à l'intérieur du tube Hartmann (les capteurs sont placés à la position des électrodes) avec et sans rinçage du tube, avec du gaz à travers la buse annulaire. À droite : effet de refroidissement adiabatique en raison de l'expansion du mélange gazeux du réservoir de 7 bar pour la dispersion de la poussière : l'effet de refroidissement peut être négligé.

### NOUVELLE CONFIGURATION DE TESTS

La nouvelle configuration de tests se compose de l'appareil MIKE 3 et des dispositifs complémentaires comme illustré sur la **Figure 1**. Il est important que l'atmosphère soit homogène en termes de température et de composition gazeuse au moment de l'inflammation. Par conséquent, la composition du gaz à l'intérieur du tube Hartmann

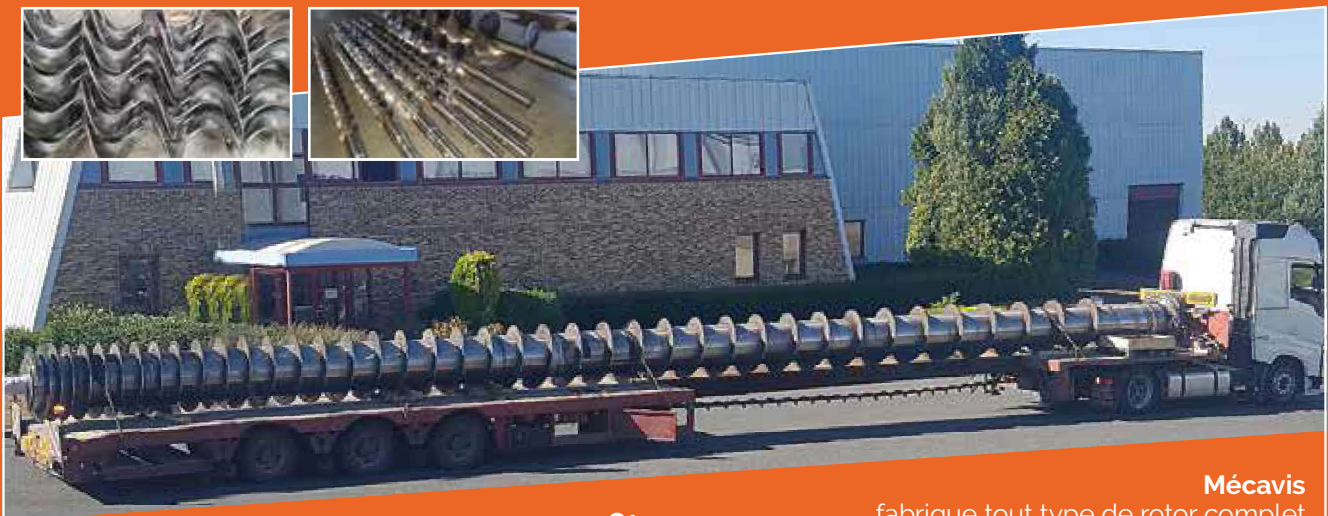
et dans le réservoir de gaz sous pression pour la dispersion des poussières doit être identique. Chaudhari et Mashuga (2017) ont utilisé une configuration de rinçage au gaz avec une entrée de gaz en haut du tube. Cependant, dans la configuration de la présente étude, le mélange gazeux a été insufflé dans le tube de Hartmann en utilisant une buse annulaire au fond du tube.

Cela permet une concentration en oxygène stable en 20 secondes avec un débit de gaz de 10 l/ min. Pour les tests sous différentes concentrations d'oxygène avec différents gaz inertes, il est recommandé d'utiliser des mélanges de gaz de composition définie stockés dans une bouteille de gaz. Ainsi, les opérateurs peuvent concentrer leur attention sur les tests EMI et

# Mecavis

Fabricant et fournisseur  
de vis d'Archimède

Agricole  
Industrie



### Mécavis

fabrique tout type de rotor complet et vis sans âme à partir de vos plans. En filet continu ou spires embouties, nous vous proposons l'alésage des tubes, l'usinage des tourillons et brides d'entraînement montés soudés ou boulonnés.



03.75.00.74.47



contact@mecavis.fr



Zone Industrielle  
25 rue Henry Potez  
80300 ALBERT

ne doivent pas se préoccuper de la stabilité du mélange gazeux.

Afin d'assurer une homogénéité à haute température, la poudre et le gaz contenant l'oxygène doivent être chauffés dans des conditions bien contrôlées. Nos tests ont révélé qu'il est nécessaire de chauffer à la fois la base métallique du tube de Hartmann et le tube Hartmann lui-même à la température souhaitée. Le préchauffage du réservoir de gaz pour la dispersion de la poussière n'est pas nécessaire. La **Figure 2** illustre la température à l'intérieur du tube pendant le rinçage (à gauche) et pendant la dispersion de poussière (à droite). Le contrôle de la température est basé sur deux contrôleurs intégrés dans le MIKE 4 : le chauffage de la température ambiante se fait à 150 °C, la stabilisation de la température se produit en 20 minutes.

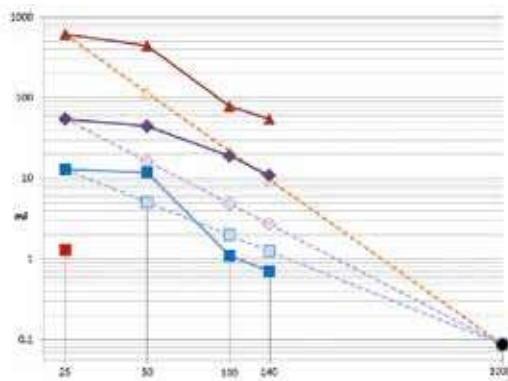
**L'UNITÉ DE CONTRÔLE**

Alors que la composition du gaz est contrôlée de l'extérieur à l'aide de bouteilles avec des gaz pré-mélangés, la température de la base et du tube sont contrôlées par l'unité de contrôle du MIKE 4. De plus, le nouveau logiciel de contrôle permet une documentation claire de toutes les séries de tests dans n'importe quelles conditions de test choisies. La nouvelle unité de contrôle permet de déterminer l'EMI pour des conditions définies simplement en introduisant le mélange de gaz approprié dans l'appareil et en sélectionnant la température souhaitée sur le tableau de contrôle. Si les courbes respectives sont intéressantes, la température sera modifiée pour obtenir EMI (T) pour une concentration en oxygène donnée. Ensuite, cette boucle de tests sera répétée avec d'autres mélanges de gaz pour obtenir l'EMI (T, C (O<sub>2</sub>)). Les calculs selon Glarner, Glor et Schwenzfeuer sont intégrés dans le logiciel de contrôle.

La **Figure 3** montre les informations complètes affichées sur l'écran de contrôle. Notez que les « valeurs EMI statistiques » (Es) sont tracées, et sont obtenues sur la base des statistiques des allumages et des non-allumages, par une formule publiée pour la première fois dans le manuel MIKE 3 (2000). Elles ont été reprises dans les normes CEN 13821 et l'ASTM E2019 :

$$E_S = 10^{\log E_2 - \frac{I[E_2] \cdot (\log E_2 - \log E_1)}{(NI + I)[E_2] + 1}}$$

Où :  
 ES Valeur EMI statistique  
 E1 Énergie la plus élevée sans allumage



**Figure 4 :** Dépendance à la température de l'EMI de la niacine à différentes températures sur un tracé logarithmique double. Les valeurs calculées avec la formule de Glarner sont affichées sous forme de courbes en pointillés.

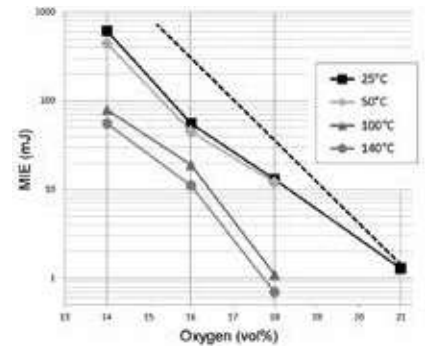
E2 Énergie la plus basse avec des inflammations observées pendant le cycle d'essai (= 3 x E1)  
 Énergie minimale d'allumage EMI E1 < EMI < E2  
 I [E2] nombre d'essais avec allumage à l'énergie E2  
 (NI + I) [E2] nombre total de tests à l'énergie E2

**RÉSULTATS**

La niacine, la poudre d'essai utilisée pour les tests Caro Round Robin, a été utilisée comme exemple.

**CONCLUSION**

Les nouvelles fonctionnalités du MIKE 4 permettent des mesures rapides et simples de l'EMI à température élevée et avec différents mélanges de gaz. L'intégration de ces options dans l'unité de contrôle et le logiciel d'enregistrement garantit une reproductibilité élevée et une documentation



**Figure 5 :** Dépendance de l'EMI de la niacine à différentes concentrations en oxygène. Les valeurs calculées avec la formule de Glor et Schwenzfeuer sont représentées par une courbe en pointillés. Notez que les valeurs calculées ne sont pas conservatrices, c'est-à-dire que les valeurs EMI obtenues sont trop élevées.

répondant aux exigences des bonnes pratiques de laboratoire (BPL). Les premiers résultats obtenus avec la poudre standard CaRo Round Robin indiquent que les formules de Glarner, Glor et Schwenzfeuer peuvent s'écarter considérablement des résultats expérimentaux et ne sont dans certains cas pas conservatrices, comme mentionné également par Hesener et al. (2015). À cet égard, la détermination facile de l'EMI à des températures élevées et en oxygène réduit fournit une véritable valeur ajoutée en ce qui concerne les évaluations des risques d'explosion et le développement de concepts de protection contre les explosions.

**Expertise proposée par TÜV SÜD**



**Figure 3 :** Écran de contrôle du MIKE 4 pour les mesures dans des conditions « non atmosphériques ».

À gauche : affichage standard des prises de vue pour différentes concentrations de poussière avec un temps de retard donné (tv), ici 180 ms pour 16 % d'oxygène et à 25 °C comme sélectionné par les boutons sous le graphique. À droite : dépendance à la température de l'EMI pour différentes concentrations d'oxygène.

L'« incertitude » est indiquée par la taille verticale des symboles. Le triangle pointant vers le bas à 140 °C et 18 % O<sub>2</sub> indique EMI < 1mJ. Les concentrations alternatives de l'EMI vs O<sub>2</sub> sont indiquées sur le côté droit (les données de la poussière sont issues du CaRo18 « Niacine ». Essais croisés inter-laboratoires).