

Étude des mécanismes d'émission d'aérosols lors de la manipulation de poudres

Olivier Le Bihan, Olivier Aguerre-Chariol, Somik Chakravarty, Marc Fischer,
Martin Morgeneyer

► **To cite this version:**

Olivier Le Bihan, Olivier Aguerre-Chariol, Somik Chakravarty, Marc Fischer, Martin Morgeneyer. Étude des mécanismes d'émission d'aérosols lors de la manipulation de poudres. Rapport Scientifique INERIS, 2018, 2017-2018, pp.18-19. ineris-02044858

HAL Id: ineris-02044858

<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-02044858>

Submitted on 21 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Étude des mécanismes d'émission d'aérosols

lors de la manipulation de poudres

Contributeurs

Olivier
LE BIHAN,
Olivier
AGUERRE-
CHARIOL

/

Collaborateurs

Somik
CHAKRAVARTY,
Marc FISCHER,
Martin
MORGENEYER

(Université
de technologie
de Compiègne)

La manutention et la mise en œuvre des matériaux granulaires peuvent libérer de fines particules de poussière qui, dans un contexte industriel, peuvent affecter la santé et la sécurité des travailleurs, le fonctionnement global de l'installation et mener à des émissions dans l'environnement. La capacité d'un matériau à libérer des particules, puis leur émission, dépendent de plusieurs mécanismes et paramètres relatifs au matériau mais aussi au procédé. Ces émissions sont généralement mesurées par des tests d'empoussièremment à l'échelle du laboratoire. Ces tests reposent principalement sur des études expérimentales et manquent de capacité prédictive fiable en raison d'une compréhension limitée des mécanismes mis en jeu et des interactions complexes concernant les particules entre elles mais aussi leur interaction avec le dispositif les contenant et le fluide porteur, survenant simultanément pendant la génération de poussières.

L'Ineris a mené, en partenariat avec l'université de technologie de Compiègne un travail basé sur des approches expérimentales et statistiques pour comprendre les mécanismes de génération de poussières en étudiant : a) les effets des caractéristiques des particules et poudres en vrac sur l'émission de poussières ; b) la nature et l'ampleur des interactions entre particules, entre particules et parois du contenant ainsi qu'entre particules et fluide porteur ; c) l'évolution de l'empoussièremment et des mécanismes de génération pour des applications mettant en œuvre une poudre sur une longue durée.

Méthode

Les études de pulvérisation présentées ici ont été réalisées à l'échelle laboratoire dans un système

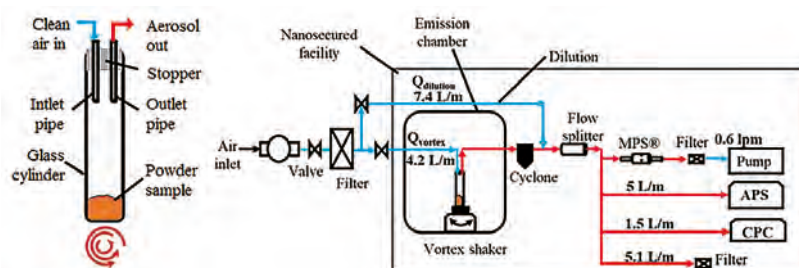
vortex basé sur l'agitation d'un tube à essai contenant une poudre (Figure 1), système installé au sein de la plateforme S-nano de l'Institut.

Résultats

Un premier axe de travail a porté sur une meilleure connaissance du mouvement de la poudre au sein du dispositif expérimental [2]. Le traçage radioactif de particules de poudre, apporté par les universités de Greenwich et Birmingham, a permis d'étudier leur mouvement à l'intérieur d'un tube à essai cylindrique agité par agitateur vortex. Le mouvement montre une nature cyclique (Figure 2) ; il est symétrique et isotrope (position et vitesse) dans le plan horizontal, les vitesses radiales les plus basses et les plus élevées étant proches du centre du tube et de la paroi, respectivement. Les particules ont tendance à s'élever lentement au milieu du tube tout en descendant rapidement près de la paroi. Les valeurs les plus élevées de la vitesse se trouvent dans le haut du tube et près de la paroi interne du tube, où les densités de population de particules sont les plus faibles. Les valeurs plus élevées de la vitesse pourraient provenir d'une diminution du nombre de chocs due à des densités de population plus faibles. L'augmentation de la taille des particules et des vitesses de rotation des tourbillons tend à augmenter la vitesse des particules tandis que l'augmentation de la masse de poudre conduit à une diminution de la vitesse des particules pour des vitesses de rotation allant jusqu'à 1 500 tr / min.

Un second axe d'étude a porté sur les mécanismes de génération de poussière : les résultats montrent que les mécanismes en jeu diffèrent en fonction de la taille des particules et de la distribution en taille de la poudre [1]. Pour les échantillons considérés et les conditions expérimentales données, les différences dans les modèles initiaux de libération de poussière peuvent être expliquées en considérant trois groupes différents de poudres : des poudres contenant des particules cohésives fines, des poudres bi-modales (constituées de fines et de grosses particules) et, enfin, des poudres constituées de grosses particules. La cohésion globale, particulièrement celle due aux forces de van der Waals (mesurée à l'aide de testeurs de cisaillement) détermine le niveau de poussières pour les poudres fines : l'augmentation de la cohésion

Figure 1 / Schéma de principe de l'agitateur vortex (à gauche), et de sa mise en œuvre (à droite). [1 ; 2 ; 3]



globale réduit les émissions de poussière. Pour leur part, les grosses particules peuvent émettre de la poussière uniquement par usure des particules primaires en particules fines aérosolisables. Dans le cas des poudres bi-modales, les émissions sont la combinaison de ces deux mécanismes.

Une étude plus approfondie a été menée sur une sélection d'échantillons (carbure de silicium [3], alumine et coke d'acétylène). L'empoussièrément initial apparaît comme déterminé par la fraction de fines particules respirables présentes dans la poudre. En revanche, il n'en est pas de même sur le long terme : la poussière est générée par la fragmentation et/ou l'abrasion des particules primaires, ce qui conduit à la production et à l'émission de fines particules-filles. Les échantillons ayant de grandes particules de forme irrégulière sont susceptibles de générer une grande quantité de poussière en réduisant des aspérités lors des collisions des particules entre elles ou contre la paroi (ex. F220, Figure 3), se rapprochant ainsi progressivement d'une forme plus sphérique [3]. Au contraire, les particules plus petites sont plus résistantes à l'abrasion et génèrent relativement moins de poussière.

Les résultats obtenus aident à comprendre l'influence des paramètres de la poudre et du procédé qui peuvent être exploités pour réduire la production de poussière. De plus, les résultats expérimentaux peuvent être utilisés pour développer et valider des modèles numériques afin de prédire l'empoussièrément.

Remerciements

Depuis son origine (2008), l'activité de recherche sur la pulvéulence des poudres est menée en partenariat avec l'UTC (Dr Morgeneyer). Ce partenariat a notamment permis de bénéficier de la thèse de Somik Chakravarty (2015-2018) financée dans le cadre du projet Marie Curie « T-MAPPP », et du post-doctorat de Marc Fischer, financé par la région Hauts de France (2017-2018).

Références

[1] Chakravarty S.; Fischer M.; Garcia-Trinanes P.; Parker D.; Le Bihan O.; Morgeneyer M.; Study of the particle motion induced by a vortex shaker, *Powder Technology* POWTEC-D-17-01165R1, 2017

[2] Chakravarty S.; Le Bihan O.; Fischer M.; Morgeneyer M.; Dust generation in powders: Effect of particle size distribution, EPJ Web of Conferences 140, DOI: 10.1051/epjconf/201714013018, *Powders & Grains* 2017

[3] Chakravarty S.; Fischer M.; Garcia-Trinanes P.; Dalle M.; Meunier L.; Aguerre-Chariol O.; Le Bihan O.; Morgeneyer M.; Long-term dust generation from silicon carbide powders, February 2018, *Process Safety and Environmental Protection* 116. DOI:10.1016/j.psep.2018.01.021

ABSTRACT /

Handling and processing of granular material release fine solid dust particles, which in an occupational setting, can severely affect worker health and safety, the overall plant operation and can release particles to the environment. Dustiness or the ability of a material to release dust particles depends on several material and process properties and is usually measured by lab-scale dustiness testers. Ineris and its partners use an experimental approach (vortex shaker) to understand the dust generation mechanisms. The results indicate that these mechanisms differ based on particle size and size distribution of the powder [1]. Analysis of a traced particle motion inside a cylindrical tube agitated by a vortex shaker dustiness tester shows the cyclic nature of the particle motion [2]. For the given samples and the experimental conditions, the initial dustiness is determined by the fraction of fine respirable particles present in the powder, but the long-term dust generation patterns and levels are influenced by the material attrition behavior [3].

Figure 2 / Trajectoire type de la particule de poudre, au sein d'un agitateur vortex – plan horizontal et plan vertical [1]

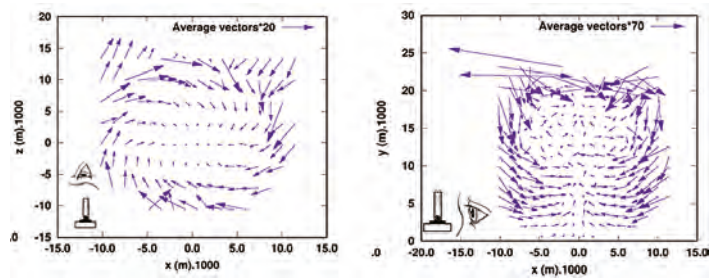


Figure 3 / Évolution temporelle du diamètre moyen et de la concentration en nombre de l'aérosol généré, pour deux poudres de SiC. La poudre F220 s'avère beaucoup plus fragile que la F320 [3].

