

Modération des explosions de nanopoudres : un exemple d'application des principes de sécurité intrinsèque

Audrey SANTANDREA¹, Alexis VIGNES², **Amandine THOMAS**², Yohan OUDART³, Laurent PERRIN¹
et Olivier DUFAUD¹

¹Université de Lorraine, CNRS, LRGP, F-54000 Nancy, France, France

²Direction des Risques Accidentels, INERIS, France

³Nanomakers, France

Alexis.Vignes@ineris.fr

RESUME

De par leurs grandes surfaces spécifiques et leur propension à former des suspensions stables dans l'air, les nanopoudres combustibles présentent, du moins en théorie, des risques importants au regard de la formation d'atmosphères explosives. Afin de maîtriser les risques d'explosion liés à la production et au transport de ce type de poudres, l'application des principes de sécurité intrinsèque peut être envisagée [1]. Plus spécifiquement, le principe de modération propose de modifier les conditions opératoires ou d'utiliser le même matériau sous une forme moins dangereuse. Cette dernière alternative a été testée lors de la production de nanoparticules de silicium enrobé de carbone (Nanomakers). Ainsi, quatre échantillons de silicium enrobé de carbone ont ainsi été choisis : une nanopoudre libre non modifiée, une poudre compactée à 400 g.L⁻¹, et deux poudres granulées respectivement à 260 g.L⁻¹ et 400 g.L⁻¹. L'objectif de cette étude est d'étudier l'influence des différents procédés de mise en forme des poudres sur la sévérité d'explosion, tout en observant l'évolution des caractéristiques physiques de la poudre, telles que la taille des particules et leur surface spécifique.

Des essais d'explosion ont été réalisés sur les quatre échantillons de poudre selon les conditions normalisées dans une sphère de 20 litres [2,3]. Il apparaît sur la figure 1.a que la surpression maximale d'explosion, paramètre thermodynamique, est très similaire pour les différentes nanopoudres. Cela implique que, pour une concentration donnée, la même quantité de combustible est globalement mise en jeu lors de l'explosion. En revanche, la vitesse maximale de montée en pression visible en figure 1.b, montre des écarts significatifs en fonction du mode de mise en forme des poudres. Il apparaît que plus la poudre est granulée ou compactée, plus la sévérité d'explosion est faible. A richesse constante, l'agglomération des poudres permet donc de modifier la cinétique de combustion et de diminuer la violence de l'explosion [4].

L'influence de la mise en forme des poudres sur leurs propriétés et celles des suspensions a été étudiée. Un granulomètre laser (Sympatec) permettant deux mesures par milliseconde sur une gamme allant de 0,5 et 175 µm a été utilisé afin d'évaluer la distribution de tailles de particules in situ après la dispersion de la poudre, au moment exact de l'explosion. La figure 2 présente les distributions obtenues, ainsi que le diamètre médian pour chaque échantillon. Il apparaît que la poudre agglomérée, plus particulièrement par granulation, présente des particules de plus petite taille que la poudre libre. Cela peut s'expliquer par une rupture des agglomérats initiaux durant le processus d'agglomération et par la fragmentation des agglomérats formés mécaniquement lors de la dispersion de la poudre.

Au regard des résultats obtenus, il est possible de conclure que la mise en forme des nanopoudres permet de limiter intrinsèquement la probabilité de génération d'une atmosphère explosive et de réduire les conséquences potentielles d'une explosion, tout en conservant les propriétés initiales de la poudre et en facilitant leur transport.

MOTS-CLES DU THEME

Prévention des risques / Sécurité des procédés.

MOTS-CLES LIBRES

Sécurité intrinsèque, explosions de poussières, nanoparticules, agglomération.

FIGURES

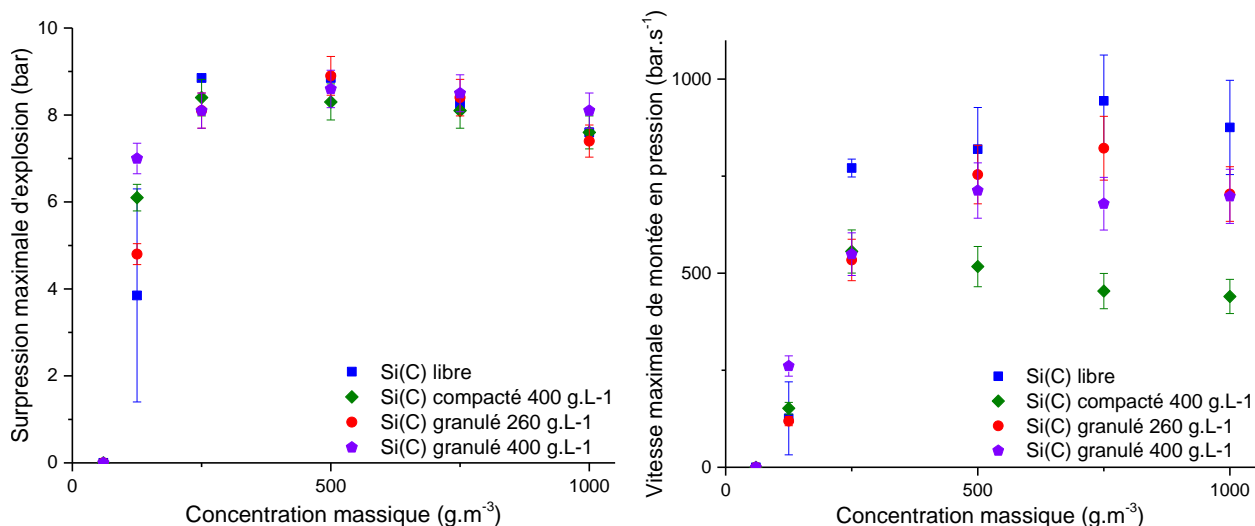


Fig. 1. a) Suppressions maximales d'explosion et b) vitesses maximales de montée en pression obtenues lors des essais d'explosion sur les différents échantillons de silicium enrobé de carbone.

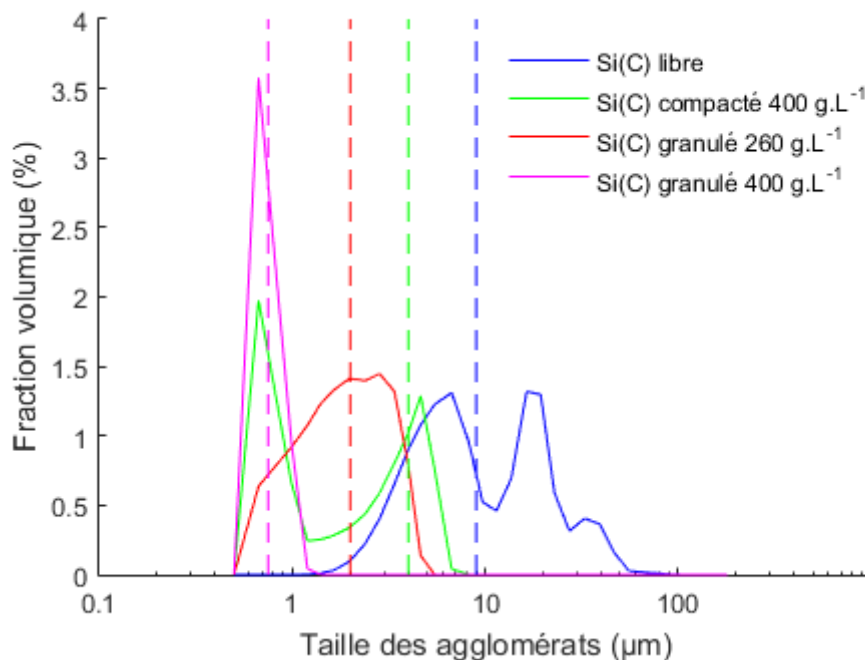


Fig. 2. Distribution de tailles des agglomérats des différents échantillons de silicium enrobé de carbone après dispersion dans la sphère de 20L et leur diamètre médian (représenté en pointillés).

REFERENCES

- [1] Amyotte, P.R., Pegg, M.J., Khan, F.I., Nifuku, M. & Yingxin, T. Moderation of dust explosions (2007) *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20 (4-6), 675-687.
- [2] EN 14034-1 (2004) Determination of explosion characteristics of dust clouds — Part 1: Determination of the maximum explosion pressure max of dust clouds.
- [3] EN 14034-2 (2006) Determination of explosion characteristics of dust clouds — Part 2: Determination of the maximum rate of explosion pressure rise (dp/dt)_{max} of dust clouds.
- [4] Holbrow, P., Wall, M., Sanderson, E., Bennett, D., Rattigan, W., Bettis, R. & Gregory, D. (2010) Fire and Explosion Properties of Nanopowders, *UK Health and Safety*, Executive. RR782.