



**HAL**  
open science

# Évaluer l'explosivité des nanomatériaux : une démarche essentielle pour la maîtrise des risques

Alexis Vignes, Jacques Bouillard

## ► To cite this version:

Alexis Vignes, Jacques Bouillard. Évaluer l'explosivité des nanomatériaux : une démarche essentielle pour la maîtrise des risques. Rapport Scientifique INERIS, 2016, 2015-2016, pp.18-19. ineris-01869616

**HAL Id: ineris-01869616**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869616>**

Submitted on 6 Sep 2018

**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.

# ÉVALUER L'EXPLOSIVITÉ DES NANOMATÉRIAUX :

## une démarche essentielle pour la maîtrise des risques

### TRANSLATION



Accidental events such as the spontaneous release of nanoparticles, ignition and explosion of a nano-dispersed dust cloud, have potential consequences that can only be predicted through a better understanding of the fundamental safety parameters: agglomeration behavior, flammability and explosivity. It is therefore needed to generate new data in order to better characterize these safety parameters and be able to predict accidental consequences related to the production and use of nanomaterials. In this context, research work performed within WP14 – Accidental Risks – in the European FP7 project MARINA enabled to better understand fundamental mechanisms and accidental risks related to the production and use of nanomaterials. INERIS investigated more specifically the following questions:

- Do the current standard approaches lead to underestimate/overestimate explosion severity of nanopowders?
- Which explosion behavior is to be expected for nano-dust explosions compared to micro-powders?
- What is the influence of agglomeration and passivation on safety parameters?

The knowledge gained through MARINA project is currently under discussions in the CEN TC 352/WG3/PG3 working group led by INERIS dedicated to the development of a guideline for testing flammability and explosivity of nanopowders.

Les événements accidentels redoutés, tels que la libération spontanée de nanoparticules, l'inflammation/explosion d'un nuage nanodispersé ont des conséquences potentielles qui ne peuvent être prévues que par une meilleure connaissance des paramètres fondamentaux de sécurité : agglomération, inflammabilité, explosivité. L'acquisition de ces nouvelles connaissances est une nécessité à la fois pour mieux caractériser les nanomatériaux et pour être capable de prédire les conséquences de scénarios accidentels. L'évaluation de l'explosivité de nanomatériaux pulvérulents constitue une base pour l'évaluation des risques et le dimensionnement des barrières de sécurité actives ou passives.

Dans ce contexte, l'INERIS participe au projet européen FP7 MARINA ([www.marina-fp7.eu](http://www.marina-fp7.eu)). Ce projet, composé d'acteurs industriels majeurs dans le domaine des nanotechnologies, d'instituts de recherche et académiques, a débuté en novembre 2011 et s'est achevé en octobre 2015. Comportant plus de 45 partenaires européens, sans compter la participation de la Russie, de la Chine et des États-Unis, le projet MARINA, pierre angulaire du Nanosafety Cluster européen (<http://www.nanosafetycluster.eu/>), a permis de développer des méthodes de référence en vue d'harmoniser les approches au niveau européen dans les domaines de la toxicologie, de l'écotoxicologie, de l'évaluation des risques accidentels, de la caractérisation des nanomatériaux, de l'étude des performances des systèmes de surveillance de l'exposition aux nanoparticules et enfin de l'évaluation des systèmes et stratégies de réduction des risques liés aux nanoparticules. Au travers de ses actions, le projet MARINA a appuyé significativement une démarche responsable dans le domaine des nanosciences et des nanotechnologies.

## Travaux

L'INERIS a coordonné plus spécifiquement le WP14 « Accidents Risks ». L'objectif était d'acquérir une meilleure connaissance des phénomènes dangereux accidentels relatifs à l'utilisation et à la production de nanomatériaux et de pouvoir émettre des recommandations quant aux méthodes de caractérisation des dangers physico-chimiques (pyrophoricité, inflammabilité) et des risques d'explosion des nanomatériaux, tout en accompagnant le développement de la plateforme expérimentale S-NANO de l'Institut (**Fig1**).

Dans le cadre de ce projet, l'INERIS s'est penché plus spécifiquement sur les questions opérationnelles suivantes :

- Est-ce que les protocoles actuels sont adaptés pour évaluer l'explosivité des nanopoudres ? Est-ce que les approches standards mènent à sous-évaluer ou bien à surévaluer la sévérité d'explosion des nanopoudres ?
- Quel comportement spécifique peut-on attendre pour les explosions de nanopoudres ? Est-ce que la violence d'explosion des nanopoudres est plus élevée que celle des micropoudres ?
- Quelle est l'influence de l'agglomération, de la passivation et de la préinflammation de certaines nanopoudres sur la mesure des paramètres de sécurité ? Si influence, comment la prendre en compte dans les protocoles d'essai ?
- Comment extrapoler les résultats d'explosivité de l'échelle laboratoire à grande échelle ? Y a-t-il un comportement « nano » spécifique ?

## Résultats

Les travaux mettent en évidence que l'augmentation de la surface spécifique entraîne une augmentation de la sensibilité à l'inflammation

mais tend à diminuer la sévérité d'explosion, du moins dans le cas de certains nanomatériaux métalliques. Les données expérimentales rassemblées au travers des collaborations, des mesures directes et des recherches bibliographiques montrent que la sévérité d'explosion des nanopoudres n'est pas toujours supérieure à celle des micropoudres et tend même à décroître avec la diminution de la taille, ce qui constitue une nouveauté comparativement à des poudres de taille micrométrique (Fig2).

Les tendances observées ont été attribuées à plusieurs facteurs tels que l'agglomération, des problématiques de stockage des poudres entraînant une perte de réactivité ou encore des modifications dans les mécanismes de propagation de flamme comparativement à des poudres classiques.

L'influence de ces différents facteurs sur l'explosivité des nanomatériaux a alors été étudiée via des outils expérimentaux originaux (e.g. rhéologie [1], [2]) ou des outils de modélisation.

Le travail effectué a permis d'identifier des problématiques opérationnelles et scientifiques

## RÉFÉRENCES

- [1] HENRY F., BOUILLARD J., MARCHAL Ph., VIGNES A., DUFAUD O., PERRIN L., *Exploring a new method to study the agglomeration of powders: application to nanopowders*, Powder Technology, 250, 13-20 (2013)
- [2] BOUILLARD J., HENRY, F., MARCHAL Ph., *Rheology of powders and nanopowders through the use of a Couette four-bladed vane rheometer: flowability, cohesion energy, agglomerates and energy*, Journal of Nanoparticle Research, Springer Verlag, 2014
- [3] J. BOUILLARD, A. VIGNES, G. KYLAFIS, A. TOMLIN, A. SLEIGH., *Explosivity of Nanopowders in Accidental Risk Management*, MARINA and NanoValid INTERNATIONAL CONFERENCE, *New Tools and Knowledge developed to overcome Uncertainties in Regulatory Risk Assessment of Engineered Nanomaterials*, OCDE, Paris, 29-30 septembre 2015
- [4] PORCHER J., VIGNES A., DEBRAY B., JANES A., CARSON D. *Protocols for determining the explosivity and Flammability of Powders Containing Nano-objects (for transport, handling and storage)*,

à étudier au niveau de la plateforme S-NANO et a également montré la nécessité d'étudier plus avant l'influence de la dispersion/agglomération sur l'explosivité, et notamment l'influence des propriétés de surface des nanoparticules sur les paramètres de sécurité (inflammabilité, explosivité) [3].

Les connaissances et l'expertise acquises dans le projet MARINA ont été transférées au niveau des comités de normalisation européens (CEN TC 352 « Nanotechnologies ») via le groupe de travail « inflammabilité et explosivité des nanomatériaux » mené par l'INERIS, qui développe un guide technique spécifique [4].

## FIGURES



**Fig1** Vue du laboratoire d'inflammabilité et d'explosivité de la plateforme S-NANO, plateforme dédiée à l'évaluation des risques des nanomatériaux tout au long de leur cycle de vie

**Fig2** Résumé des principales observations relatives à l'explosivité des poussières (micrométrique à nanométrique) dans le cas de nanopoudres métalliques

Comportement de la poudre		
Évolution de la taille primaire des particules		
Évolution de la sévérité d'explosion		
Gouvernée par...	Réactivité de surface	Réactivité de surface et énergie d'agglomération