

L'abrasion de nanomatériaux

Christophe Bressot

► **To cite this version:**

Christophe Bressot. L'abrasion de nanomatériaux: Obtention de données sur l'abrasion de nanomatériaux. Les cahiers de la Recherche. Santé, Environnement, Travail, ANSES, 2015, Nanomatériaux et santé, pp.16-18. [https://www.anses.fr/fr/content/les-cahiers-de-la-recherche . anses-01735984](https://www.anses.fr/fr/content/les-cahiers-de-la-recherche-anses-01735984)

HAL Id: anses-01735984

<https://hal-anses.archives-ouvertes.fr/anses-01735984>

Submitted on 16 Mar 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.

L'abrasion de nanomatériaux

Obtention de données sur l'abrasion de nanomatériaux

Christophe BRESSOT

Mots-clés : abrasion, céramiques antibactériennes, débris, dioxyde de titane, émissions, peintures, pneus, relargage, revêtements, silice, usure

L'inclusion de nanoparticules peut conférer des propriétés nouvelles à des matériaux ou à des revêtements. Ainsi, certaines d'entre elles, comme la silice, renforcent des polymères comme le caoutchouc. D'autres comme le dioxyde de titane (TiO_2) ont la propriété d'absorber le rayonnement ultraviolet. Le dioxyde de titane est de plus photocatalytique, c'est-à-dire qu'activé par le rayonnement ultraviolet, il peut décomposer des molécules de polluants. Les nanoparticules sont de plus en plus couramment utilisées. Par exemple :

- dans le domaine des transports, on peut évoquer le cas des chaussées rendues dépolluantes par l'ajout de dioxyde de titane, ou l'incorporation de nanoparticules d'oxyde de silice dans les pneus pour réduire la résistance au roulement ;
- dans le domaine du bâtiment, des matériaux ou des peintures incorporant du dioxyde de titane pour les rendre « auto-nettoyants », ou de l'oxyde de cérium pour augmenter leur résistance aux ultraviolets ;
- en milieu hospitalier, on utilise dans le cadre de la lutte contre les infections nosocomiales, des carrelages contenant une nano-charge en vue de conférer aux matériaux des propriétés antibactériennes.

D'un côté, ces applications sont très prometteuses. De l'autre, nous ignorons quel est le devenir des nanoparticules, une fois incorporées dans ces matériaux. Beaucoup subissent diverses agressions. Quelle est notamment, leur résistance à l'abrasion ?

Pourtant, la mise en application du décret N° 2012-232 du 17 février 2012 relatif à la déclaration annuelle des substances à l'état nanoparticulaire¹⁹ donne lieu à une synthèse annuelle des déclarations²⁰ mettant en évidence un usage intensif de ces nanomatériaux.



Le cycle de vie des matériaux

On soupçonne que, lorsqu'ils sont soumis à une sollicitation mécanique (comme les sols, les pneus) ou aux intempéries (revêtements de façade), certains nanomatériaux émettent des nanoparticules dans l'environnement, avec pour conséquences des risques sanitaires non encore évalués. L'évaluation de ces émissions nécessite d'être mieux documentée, d'autant plus que le dioxyde de titane (couramment

Ineris, Verneuil en Halatte

¹⁹ Pris en application de l'article L. 523-4 du code de l'environnement.

²⁰ http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/Rapport_public_format_final_20131125.pdf

employé) est classé cancérigène possible pour l'homme (catégorie 2B) par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ)²¹ - des études ayant démontré l'apparition de cancers du poumon chez l'animal. Les débris d'usure des matériaux de construction incluant des nanoparticules notamment de dioxyde de titane, sous forme de revêtement de surface ou dans la masse pose donc la question de l'innocuité de ces produits.

“ *On soupçonne que, lorsqu'ils sont soumis à une sollicitation mécanique ou aux intempéries, certains nanomatériaux émettent des nanoparticules dans l'environnement.* ”

Le projet de recherche : Nano-Data

Des premiers travaux de l'Ineris²² ont mis en évidence différents processus d'altération pouvant engendrer un relargage éventuel à partir de nanomatériaux dans les milieux aériens et aqueux (ex. abrasion humide, lessivage...). Ce projet qui élargit la démarche, porte sur un ensemble de matériaux actuellement utilisés et contenant des nanoparticules. Certains d'entre eux sont mis en œuvre en air intérieur (ex. céramiques et peintures dépolluantes dopées au TiO₂) et d'autres à l'extérieur des bâtiments (revêtements de façade dopés au TiO₂, revêtements routiers dopés au TiO₂, lasures²³ dopées au CeO₂...). Les tests ont porté sur des matériaux qu'on trouve dans le commerce. Il a parfois fallu les adapter pour qu'ils puissent être utilisés dans des tests. Pour mieux comprendre la manière dont le dioxyde de titane était émis dans le cas des carreaux, nous avons reproduit une partie du procédé d'imprégnation utilisé par le fabricant pour générer un dépôt en surface en faisant varier le nanomatériau, la concentration et le nombre de couches.

Pour caractériser la capacité de ces matériaux à émettre des nanoparticules lorsqu'ils sont abrasés en condition d'usage normal, on a utilisé des machines simulant des frottements dans des conditions réalistes, de manière automatisée et dans des conditions contrôlées. Ces mêmes machines sont utilisées dans l'industrie pour tester les performances de certains matériaux vis-à-vis de l'abrasion. Il est également prévu de placer les matériaux à tester dans des chambres simulant de manière accélérée l'effet du soleil et des intempéries par un éclairage UV, et des cycles de température (humidité). Les particules émises durant les tests d'abrasion sont analysées par une batterie d'appareils :

- certains mesurent la concentration de particules dans l'air autour du matériau abrasé en fonction de la taille dans une gamme allant de 4 à 20 000 nanomètres ;
- un microscope électronique à transmission permet de faire l'image de certaines de ces particules piégées sur une grille trouée. Il est couplé à un système informatisé qui permet de traiter un grand nombre d'images et de faire ainsi des analyses puis un dénombrement des nanoparticules observées. D'autre part, ce microscope permet d'analyser la composition chimique des particules et, en particulier, de détecter la présence de titane. Cela permet de différencier les nanoparticules de TiO₂ libérées de fragments du matériau massif arrachés par abrasion.

Un premier ensemble d'expérimentations a été réalisé. Pour citer quelques résultats :

- La présence de revêtements de façade, peintures et lasures, permet une meilleure résistance à l'abrasion car ces couches déposées en surface des matériaux protègent de l'usure. Les particules émises ont généralement des dimensions situées entre

²¹ Les monographies du Circ : <http://monographs.iarc.fr/indexfr.php>

²² Institut national de l'environnement industriel et des risques : www.ineris.fr

²³ Produit appliqué sur le bois qui, contrairement aux vernis, ne crée pas de films.

100 et 500 nm. En revanche les échantillons vieillissent donnent lieu dans certains cas à des émissions de nanoparticules libres.

- Des essais préliminaires sur les revêtements suggèrent que cette couche vieillit. La plupart du temps, on observe durant l'abrasion une émission de particules submicroniques²⁴ et peu de nanoparticules libres, sauf quand la couche appliquée vieillit ;
- Pour les carrelages commerciaux dopés au TiO₂ on observe une émission accrue de nanoparticules par rapport à des carreaux commerciaux non dopés, mais celle-ci est probablement due au fait que les carreaux dopés sont modifiés en surface pour les rendre plus rugueux et donc plus émissifs lors d'une abrasion. Là aussi l'émission est principalement formée de particules submicroniques avec quelques particules nanométriques ;
- Les particules arrachées par le frottement des pneus aux revêtements routiers dopés au TiO₂ sont principalement microniques.

Les travaux s'orientent désormais sur des essais pratiqués sur des matériaux vieillissants.

Les partenaires :

Christophe Bressot

Ineris, Verneuil en Halatte

Cécile Pagnoux

ENSCI, CEC, Limoges

Pierre Horny

Ifsttar, Centre de Nantes – Bouguenais

Martin Morgeneier

Laboratoire TIMR, Centre de Recherche Roberval, Université de Technologie de Compiègne

Durée : 42 mois

Financement: 166.608 €

Contact : Christophe.BRESSOT@ineris.fr

²⁴ C'est-à-dire de taille variant entre 200 et 1000 nanomètres.