



**HAL**  
open science

## Les nano-thermites, un concentré d'énergie

Carole Rossi

► **To cite this version:**

Carole Rossi. Les nano-thermites, un concentré d'énergie. Le petit illustré, regards croisés de chercheur.es, 2022. hal-03775512

**HAL Id: hal-03775512**

**<https://laas.hal.science/hal-03775512>**

Submitted on 21 Sep 2022

**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.

## Les nano-thermites, un concentré d'énergie

Carole Rossi

LAAS-CNRS, University of Toulouse, 7 Avenue du colonel Roche, 31400 Toulouse, France

\*\*\*

Dans le contexte de la transition énergétique, l'optimisation du système énergétique dans son ensemble est cruciale. Notre contribution se situe dans le stockage d'énergie. Nous explorons de nouvelles formes de matériaux à base d'oxydes métalliques pour introduire des sources d'énergie thermiques ou mécaniques pour réaliser des actionnements embarqués puissants dans des systèmes miniaturisés. Nous travaillons à la recherche de solutions peu impactantes sur l'environnement et peu coûteuses énergétiquement pour leur fonctionnement.

\*\*\*

Chaque année, environ 50 000 tonnes d'explosifs sont produites pour extraire des minerais, démolir, gonfler un airbag, propulser un missile, éjecter un pilote ou mettre des satellites en orbite. Or ces substances sont extrêmement dangereuses car leur réaction chimique dégage des gaz à haute température et à une vitesse pouvant atteindre 1500 km/h, occasionnant dommages aux alentours.

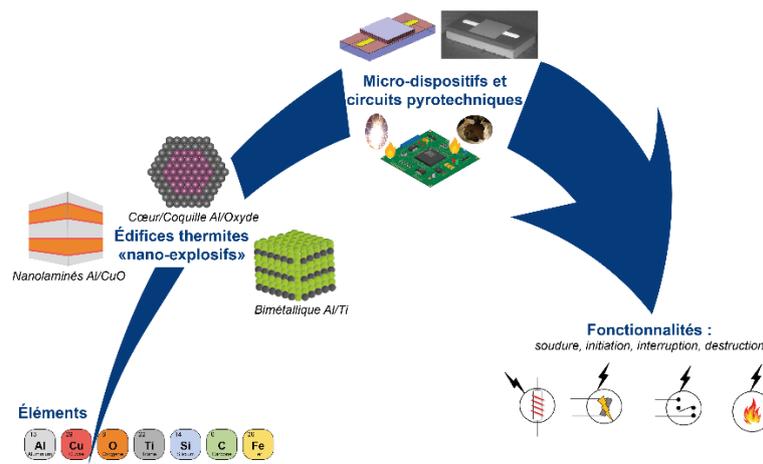
Le graal des chercheurs et ingénieurs pyrotechniciens est de concevoir des explosifs « non dangereux » tout en étant aussi énergétiques que ceux traditionnellement utilisés. C'est bien sûr une question difficile qui n'a pu être résolue par les sciences chimiques, principales sources de progrès dans le domaine des explosifs au XXs, et c'est aujourd'hui mon objectif de recherche.

Au XXIIs, les perspectives d'innovation dans le domaine des explosifs se sont ouvertes à des champs nouveaux grâce **aux micro-nanotechnologies** ; à la différence du génie chimique qui manipule des atomes au sein de molécules, celles-ci assemblent des petits agrégats de matière, des briques de tailles et formes différentes. Tel un architecte, le chercheur sélectionne ses briques initiales à partir d'éléments inoffensifs, les façonne en nano-bâtonnet, couche ou bille puis les assemble de façon contrôlée pour définir un édifice qui constitue le nano-explosif. Le nano-explosif ainsi obtenu est généralement constitué de briques de taille ~100 nm, c'est-à-dire 100 fois plus petites qu'un cheveu et ses propriétés énergétiques sont fonction de la façon dont les briques sont assemblées [1-10].

Aujourd'hui mon équipe travaille sur une classe de nano-explosif appelé nano-thermite à base d'aluminium, de titane et d'oxyde de cuivre et les verrous et les questions que nous adressons sont multiples : comment **bien choisir les briques élémentaires** pour que, une fois assemblées, elles demeurent stables pendant des dizaines d'années, puis que, sous stimulation, elles libèrent une grande quantité d'énergie. Comment sculpter ces édifices pour leur donner une forme et une taille qui conditionnera la façon dont sera libérée l'énergie tout en assurant une neutralité environnementale, et une sécurité totale dans les phases de fabrication et d'utilisation. Ensuite,

il faut développer des modèles physiques, aujourd'hui inexistant, pour prédire le fonctionnement de ces nano-explosifs et optimiser les prochains édifices. Enfin, il faut démontrer que ces matériaux sont plus performants que les explosifs traditionnels, il faut donc les caractériser ... ce qui n'est pas sans poser des problèmes de sécurité, puisque caractériser implique de les manipuler.

Les perspectives sociétales de ces recherches sont riches. Non seulement nos nano-thermites peuvent remplacer avantageusement (prix, sécurité, toxicité) les explosifs traditionnels, mais leur miniaturisation extrême permet de les déposer sur des puces électroniques pour les sécuriser. Il suffit d'une couche très mince de nano-thermite déposée sur une puce électrique de quelques mm<sup>2</sup> pour, en cas de détection d'intrusion ou piratage, détruire toutes les informations contenues dans la mémoire de la puce. [11-14]



*Illustration des recherches sur nano-thermites au LAAS-CNRS: des « nano-explosifs » sont architecturés puis intégrés dans des circuits électroniques pour générer des sources de chaleur ou mécaniques.*

Références scientifiques associées :

- (1) Rossi, C.; Orioux, S.; Larangot, B.; Do Conto, T.; Esteve, D. Design, fabrication and modeling of solid propellant microrocket-application to micropropulsion. *Sensor Actuat a-Phys* 2002, 99 (1-2), 125-133.
- (2) Larangot, B.; Conedera, V.; Dubreuil, P.; Do Conto, T.; Rossi, C. Solid propellant microthruster: an alternative propulsion device for nanosatellite. In *Aerospace Energetic Equipment Conference Avignon*, France, 2002.
- (3) Larangot, B.; Rossi, C.; Camps, T.; Berthold, A.; Pham, P.; Briand, D.; Puig-Vidal, M.; Miribel, P.; Esteve, D.; Rooij, N. D.; et al. Solid Propellant Micro Rockets - Towards a New Type of Power MEMS In *NanoTech 2002 - "At the Edge of Revolution"*, Houston, Texas; 2002.
- (4) Abdallah, I.; Zapata, J.; Lahiner, G.; Warot-Fonrose, B.; Cure, J.; Chabal, Y.; Esteve, A.; Rossi, C. Structure and Chemical Characterization at the Atomic Level of Reactions in Al/CuO Multilayers. *ACS Applied Energy Materials* 2018, 1 (4), 17-62.
- (5) Zapata, J.; Nicollet, A.; Julien, B.; Lahiner, G.; Esteve, A.; Rossi, C. Self-propagating combustion of sputter-deposited Al/CuO nanolaminates. *Combust Flame* 2019, 205, 389-396.

- (6) Wu, T.; Lahiner, G.; Tenailleau, C.; Reig, B.; Hungria, T.; Esteve, A.; Rossi, C. Unexpected Enhanced Reactivity of Aluminized Nanothermites by Accelerated Aging. *Chem Eng J* 2021, 129432.
- (7) Wu, T.; Sevely, F.; Julien, B.; Sodre, F.; Cure, J.; Tenailleau, C.; Esteve, A.; Rossi, C. New coordination complexes-based gas-generating energetic composites. *Combust Flame* 2020, 219, 478-487.
- (8) Wang, H. Y.; Julien, B.; Kline, D. J.; Alibay, Z.; Rehwoldt, M. C.; Rossi, C.; Zachariah, M. R. Probing the Reaction Zone of Nanolaminates at similar to  $\mu$  s Time and similar to  $\mu$  m Spatial Resolution. *J Phys Chem C* 2020, 124 (25), 13679-13687.
- (9) Salvagnac, L.; Assie-Souleille, S.; Rossi, C. Layered Al/CuO Thin Films for Tunable Ignition and Actuators. *Nanomaterials* (Basel) 2020, 10 (10).
- (10) Palussiere, S.; Cure, J.; Nicollet, A.; Fau, P.; Fajerweg, K.; Kahn, M. L.; Esteve, A.; Rossi, C. The role of alkylamine in the stabilization of CuO nanoparticles as a determinant of the Al/CuO redox reaction. *Phys Chem Chem Phys* 2019, 21 (29), 16180-16189.
- (11) Nicollet, A.; Salvagnac, L.; Baijot, V.; Estève, A.; Rossi, C. Fast circuit breaker based on integration of Al/CuO nanothermites. *Sensors and Actuators A: Physical* 2018, 273, 249-255.
- (12) Glavier, L.; Nicollet, A.; Jouot, F.; Martin, B.; Barberon, J.; Renaud, L.; Rossi, C. Nanothermite/RDX-Based Miniature Device for Impact Ignition of High Explosives. *Propell Explos Pyrot* 2017, 42 (3), 307-316.
- (13) Sevely, F.; Wu, T.; Pelloquin, S.; Segulier, L.; Mesnilgrente, F.; Rossi, C. Development of a Chip-Level Ultimate Security Device Using Reactive Composites. *20th International Conference on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Applications (Powermems 2021)* 2021, 204-207.
- (14) Sevely, F.; Wu, T.; Sodre, F.; Segulier, L.; Brossa, V.; Charlot, S.; Esteve, A.; Rossi, C. Developing a highly responsive miniaturized security device based on a printed copper ammine energetic composite, *Sensor Actuat a-Phys* 2022, 346, 113838.