



# Avis de Soutenance

Monsieur Romuald VAN RIET

Chimie

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Nouveaux matériaux énergétiques à base de carbone nanoporeux rempli d'agent oxydant*

dirigés par Madame Maria Concepcion OVIN ANIA et Peter Lodewyckx

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : CEMHTI - Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiation

Co-tutelle avec l'université "Ecole Royale Militaire" (BELGIQUE)

Soutenance prévue le **jeudi 09 décembre 2021** à 14h00

Lieu : Délégation Centre Limousin Poitou-Charentes 3E avenue de la Recherche Scientifique 45071 Orléans CEDEX 2

France

Salle : Charles Sadron

## Composition du jury proposé

Mme Sylvie BONNAMY	CNRS Orléans	Examinatrice
Mme Nathalie JOB	Université de Liège	Rapporteuse
M. Robert MATYÁŠ	University of Pardubice	Rapporteur
M. Peter LODEWYCKX	Ecole Royale Militaire	Co-directeur de thèse
Mme Conchi ANIA	CNRS Orléans	Directrice de thèse
M. Michel LEFEBVRE	Ecole Royale Militaire	Examineur

**Mots-clés :** Carbone nanoporeux, Matériau énergétique, Explosif, Charbon actif,

## Résumé :

Dans le cadre du développement de matériaux énergétiques avec des propriétés améliorées en matière de sécurité, de toxicité et de performances, ce travail vise à explorer une nouvelle famille de ces matériaux produits en remplissant la porosité d'un carbone nanoporeux, agissant comme un agent réducteur, avec un agent oxydant solide. Par rapport aux nanoparticules utilisées dans d'autres nanomatériaux énergétiques, le remplissage d'une matrice nanoporeuse réductrice par un agent oxydant permet de conserver les avantages potentiels d'un mélange nanométrique en matière de cinétique de décomposition rapide, sans avoir à souffrir des inconvénients des nanoparticules en matière d'homogénéité, de manipulation dangereuse et de toxicité potentielle. L'utilisation du carbone nanoporeux comme matrice réductrice présente en outre de nombreux avantages par rapport à d'autres agents réducteurs. Ses produits de décomposition sont en effet essentiellement gazeux, c'est un matériau tridimensionnel robuste et il est susceptible d'avoir un effet de désensibilisation sur les formulations. Ce nouveau concept est susceptible de conduire à une nouvelle famille de matériaux énergétiques aux propriétés et applications prometteuses comme composition pyrotechnique, poudre, propergol ou explosif brisant. La première partie de ce travail consiste à développer un procédé de synthèse pour remplir efficacement la porosité des carbones nanoporeux avec des agents oxydants solides. Un nouveau procédé de remplissage des pores par cristallisation après contraction de la solution lors du séchage est proposé pour atteindre cet objectif. Il est démontré que l'efficacité du procédé de remplissage des pores dépend fortement de la nature du sel oxydant et du carbone. Ce procédé permet d'atteindre avec succès un haut taux de remplissage des pores en accord avec de potentielles applications comme matériau énergétique et permet un remplissage sélectif des nanopores. La plus grande partie de l'oxydant est cristallisé dans des pores de largeur inférieure à 4 nm, ce qui assure un mélange homogène de l'agent oxydant et de l'agent réducteur à l'échelle nanométrique. La deuxième partie de ce travail consiste à prouver expérimentalement le concept en démontrant la capacité des carbones nanoporeux remplis d'un agent oxydant à détoner et en évaluant leurs propriétés fondamentales en tant que matériaux énergétiques. Il a été démontré que la nature de l'agent oxydant et de l'agent réducteur joue un

rôle important dans le mécanisme de décomposition. Un carbone rempli de perchlorate de sodium à un degré élevé de remplissage des pores a ensuite été choisi pour effectuer une étude de sa détonabilité et de ses propriétés de détonation. Dans un confinement fort en acier, il est démontré que le matériau est capable de détoner lorsqu'il est initié par un simple détonateur, avec des vitesses de détonation mesurées allant de 3000 à 4200 m/s pour différentes densités, des diamètres critiques d'environ 6 à 8 mm et des diamètres idéaux d'environ 8 à 10 mm. Ces propriétés sont impressionnantes pour un matériau énergétique composite comportant une fraction très importante de produits de décomposition solides, ce qui dénote une cinétique de décomposition dynamique très rapide favorisée par l'échelle nanométrique du mélange. En conclusion, le concept d'une nouvelle famille de matériaux énergétiques basés sur des carbones nanoporeux remplis d'oxydants a été démontré dans ce travail, ouvrant de nouveaux horizons dans la voie vers des nanomatériaux énergétiques performants, sûrs et non toxiques avec un large spectre d'applications. Les propriétés uniques et la versatilité des carbones nanoporeux, combinées au grand nombre de degrés de liberté du procédé de remplissage des pores développé dans ce travail, offrent en outre des perspectives prometteuses dans ce domaine.