



## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID: 15599

**To cite this version:**

Ther, Olivier and Colin, Christophe and Yahiaoui, Malik and Paris, Jean-Yves and Denape, Jean and Gerbaud, Laurent and Dourfaye, Alfazazi  
*Elaboration de carbures cimentés à gradient de propriétés par imbibition réactive : Application au forage pétrolier*. In: Science et Technologie des Poudres et Poudres et Matériaux Frittés STPMF, 8 April 2015 - 10 April 2015 (Nancy, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# Elaboration de carbures cimentés à gradient de propriétés par imbibition réactive : Application au forage pétrolier

Ther Olivier<sup>1,2</sup>, Colin Christophe<sup>2</sup>, Yahiaoui Malik<sup>3</sup>, Paris Jean-Yves<sup>3</sup>,  
Denape Jean<sup>3</sup>, Gerbaud Laurent<sup>4</sup>, Alfazazi Doufaye<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Varel Europe, 14 Rue Gaillon, Paris, [other@varelintl.com](mailto:other@varelintl.com)

<sup>2</sup>Centre des Matériaux – Mines ParisTech, 10 rue Henri-Auguste Desbrières, Evry,  
[christophe.colin@mines-paristech.fr](mailto:christophe.colin@mines-paristech.fr)

<sup>3</sup>Université de Toulouse, Laboratoire Génie de Production, 47 Avenue d'Azereix, Tarbes, [malik.yahiaoui@enit.fr](mailto:malik.yahiaoui@enit.fr)

<sup>4</sup>Centre de Géosciences – Mines ParisTech, 35 rue Saint Honoré, Fontainebleau,  
[laurent.gerbaud@mines-paristech.fr](mailto:laurent.gerbaud@mines-paristech.fr)

Présentation souhaitée : O

Thématique : 2 - Procédés de mise en forme et consolidation

Les carbures cimentés sont très utilisés dans l'industrie du forage pétrolier et minier, et dans l'usinage en tant que pièces résistantes à l'abrasion et à l'impact. En effet, ces matériaux possèdent un excellent compromis entre dureté et ténacité. Cependant, des conditions de plus en plus sévères, comme le forage profond pour l'industrie pétrolière et haute température pour la géothermie, rendent nécessaire le développement de tels matériaux encore plus performants. Ils doivent être à la fois plus tenaces mais également résister à des usures abrasives toujours plus sévères.

Afin d'améliorer ces deux propriétés antagonistes, l'idée la plus simple est de conserver les mêmes constituants dont les propriétés intrinsèques restent intéressantes puis d'introduire dans ce matériau un gradient de composition, i.e. un gradient de phase liante. Dans le domaine des carbures cimentés, l'intérêt de ce concept a été démontré dès les années 70, avant même le foisonnement d'études dix ans après pour les matériaux FGMs (*Functionally Graded Materials*) impulsé par le Japon. Depuis, de nombreux travaux ont concerné l'élaboration et la caractérisation de tels matériaux FGMs qui dépassent largement le cadre des carbures cimentés mais sont le plus souvent issus de la famille des cermets et des alliages lourds (*Heavy alloys*). Toutefois, peu de matériaux à gradient de composition ont été industrialisés.

Les principales limitations des premiers procédés de gradation des carbures cimentés étaient la formation de structures graduelles sur de trop faibles distances (inférieures au mm), leur mise en œuvre délicate par certaines techniques issues du frittage conventionnel ou encore la formation de défauts métallurgiques (présence de phases  $\eta$ -M<sub>6</sub>C) compromettant le bénéfice apporté par la gradation.

Les travaux présentés ici concernent le procédé d'imbibition réactive actuellement développé par Armines/Centre des Matériaux Mines-ParisTech et la société Varel Europe qui est l'un des derniers outilleurs français installé près de Tarbes.

Ce procédé peut être décomposé en deux procédés de gradation, à savoir : l'imbibition et le revêtement réactif. Le rôle de l'imbibition est d'enrichir graduellement en phase liante et en volume le cœur d'une pièce en carbure cimenté dense. Quant au revêtement réactif, son rôle est de venir durcir graduellement la surface de ce même matériau à l'aide d'une fine précipitation de borures ternaires, aux dépens de la phase liante et des carbures WC, sur également des profondeurs millimétriques.

Le procédé d'imbibition réactive décrit ci-dessus est le seul procédé de gradation connu à ce jour permettant de générer des gradients continus de plusieurs centaines de HV sur des dizaines de millimètres. Dans le cas de pièces industrielles (inserts tricône et taillants PDC (*Polycrystalline Diamond Compact*)), les gradients de dureté obtenus sont de l'ordre de 450 HV sur 25 mm.

Ces différentes parties actives des deux principaux outils de forage (tricône et PDC) ont montré une hausse très significative de leurs performances en laboratoire après traitement par imbibition réactive. Leurs résistances à l'abrasion présentent une augmentation de l'ordre de 30 à 100% par rapport à des outils non gradués. De même, leurs résistances à l'impact s'avèrent supérieures en moyenne à 20% mais peuvent être au maximum de 40% pour certaines configurations. Des essais chantiers sont en cours et les premiers résultats sont encourageants.