



APPEL A CANDIDATURE  
SUJET DE THESE EN COTUTELLE



AU 2024-2025

DANS LE CADRE DU PROJET TUNISO-ALGERIEN

**Etude des composés céramiques-métal et assemblage (MGF) par frittage flash (SPS) pour projection balistique**

« Ce projet va être réalisé au sein du laboratoire de physicochimie des matériaux. Technopôle Borj Cedria, BP 73, 8027 Soliman – Tunisie en collaboration avec les sociétés d'industrie militaire »

LABORATOIRES IMPLIQUES

- TUNISIE : LABORATOIRE DE PHYSICO- CHIMIE DES MATERIAUX MINERAUX ET LEURS APPLICATIONS (LPCMMA)
- ALGERIE : LABORATOIRE DE MECANIQUE APPLIQUEE DES NOUVEAUX MATERIAUX (LMANM)
- FRANCE : LE LABORATOIRE DES SCIENCES DES PROCEDES ET DES MATERIAUX (LSPM, UPR3407 CNRS)

SUJET DE THESE

**TITRE:** Elaboration, caractérisation et modélisation thermo-mécanique de composés céramiques-métal et assemblage (MGF) par frittage flash (SPS) pour projection balistique

**ENCADREMENT :**

**Mounir FERHI**, Maitre de Conférences, LPCMMA du Centre National de Recherches en Sciences des Matériaux, Technopole de Borj Cedria. BP. 73, 8027, Soliman, Tunisie  
**Badis BENDJEMIL**, Professeur, LMANM, Faculté des Sciences et Technologies, Université 8 May 1945, Avenue 19 may 1956, 24000 GUELMA, Algérie  
**Noureddine JOUNI**, Professeur Emérite à LSPM-UPR CNRS, Institut Galilée, Université paris 13, France

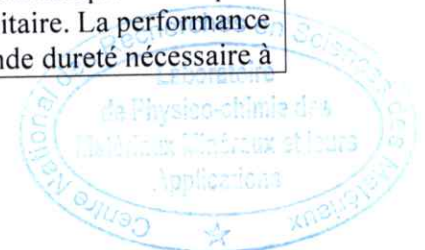
**CONTEXTE SCIENTIFIQUE :**

Ce projet fera l'étude et l'évaluation d'un composite à gradient céramique-métal pour application aux blindages, il est piloté par les sociétés de d'industrie militaire. La performance de certains blindages passe par un matériau présentant à la fois une grande dureté nécessaire à



Le Directeur Général  
par intérim

**Chokri MESSAOUD**



la fragmentation du projectile et une bonne ductilité pour absorber, par déformation plastique, l'énergie des débris restants. La différence de caractéristiques mécaniques et physicochimiques nous ont orientés vers un concept « matériau à gradient de fonction » (MGF), afin d'avoir une variation graduelle des propriétés depuis la céramique jusqu'au métal. Pour l'application, le MGF est également intéressant car il devrait avoir une meilleure capacité à résister à la propagation des fissures.

#### **DEVELOPPEMENT DU SUJET :**

Les technologies permettant de fabriquer ce type de matériaux sont nombreuses. Cependant, en vue de conserver la microstructure fine de la céramique, il a été décidé de privilégier les techniques de la métallurgie des poudres et, plus précisément, le frittage par Spark Plasma Sintering (SPS) ou frittage flash. Il s'agissait de produire en deux étapes ce type de matériaux par le frittage SPS.

L'objectif majeur de ce projet est de produire un MGF céramique métal et d'évaluer son comportement balistique. La caractérisation structurale sera mener par l'étude de la morphologie et la composition on utilisant la microscopie à balayage à haute résolution FIB & FEG (MEB-FIB & FEG) couplée avec spectrométrie EDX, la diffraction des rayons X (DRX) et la diffraction sous conditions extrêmes et atypiques DRX in situ haute température. Les propriétés vibrationnelles seront étudiées par spectroscopie Raman et FTIR. La réflectivité diffuse et l'absorption UV-Vis seront effectué pour déterminées les propriétés optiques tels que l'énergie de gap des cibles.

Les propriétés mécanique seront conduit par nano-indentation afin d'étudier et mesurer tous les différents domaines et interfaces sur les matériaux cibles élaborées par SPS.

Les performances balistiques peuvent être estimé expérimentalement on utilisant le model de Heisenberg et mesurés expérimentalement par la réalisation de band d'essais afin de comparer les résultats théoriques et expérimentaux.

Finalement, des tests tribométrique sur nos cibles seront effectués dans les mesures possibles.

Les propriétés thermomécanique seront simulés in situ «Sparck plasma sintering» (SPS) machine sur des nouveaux matériaux à élaborer en collaboration avec le Professeur Nouredine JOUINI, professeur émérite au LSPM-UPR CNRS à l'Université Paris Nord, France.

#### **COMPETENCES REQUISES :**

Ce sujet de thèse s'adresse à un étudiant issu d'un master de recherche de chimie de l'état solide, chimie industrielle, génie des matériaux, et/ou diplôme, d'ingénieur en chimie industrielle, génie mécanique, génie des matériaux, nouvelles technologies ou équivalent. Il est souhaitable d'avoir une expérience en modélisation et simulation numérique sur ABAQUS ou ANSYS ou autre code de calcul par éléments finis.

#### **MOTS CLES :**

Protection balistique, Spark plasma sintering, Composés et assemblages (MGF) céramique-métal, Céramique, Composite, Nano-indentation, Essais balistique, Model de Heisenberg, Modélisation thermo-mécanique.



## REFERENCES:

1. S.G. Savio, D Arvindha Babu, B. Ramakrishna, Sarabjit Singh, C. Vanitha, Influence of sintering process on microstructure and mechanical properties of alumina ceramics: Spark plasma and microwave hybrid sintering, *Ceramics International*, « In Press, Corrected Proof», <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.01.078>
2. Zengbin Yin, Juntang Yuan, Mingdan Chen, Daoxing Si, Chunyu Xu, Mechanical property and ballistic resistance of graphene platelets/B<sub>4</sub>C ceramic armor prepared by spark plasma sintering, *Ceramics International*, 45(17) B, 23781-23787 <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.08.095>
3. O. Anthony Ogunmefun, B. Lawrence Bayode, T. Jamiru, Peter. A. Olubambi, A critical review of dispersion strengthened titanium alloy fabricated through spark plasma sintering techniques, *Journal of Alloys and Compounds*, 960, 170407 <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.170407>
4. Morin, C. Elaboration par frittage flash de composés céramique/métal pour la protection balistique (2012).

Les étudiants souhaitant candidater à cette proposition sont priés d'envoyer leur CV par mail ou de postuler sur le lien présentés ci-dessous avant le 28/01/2024 :

✉ [mounir.ferhi@cnrsm.rnrt.tn](mailto:mounir.ferhi@cnrsm.rnrt.tn)

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScpDM5QKjWmQQUANBRV-qNjHUxVfX8CvL5xi9XWt2Dho0T3HA/viewform?usp=pp\\_url](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScpDM5QKjWmQQUANBRV-qNjHUxVfX8CvL5xi9XWt2Dho0T3HA/viewform?usp=pp_url)

Prof. Karima HORCHANI  
Chef de Laboratoire



*Handwritten signature in blue ink.*

*Handwritten signature in green ink.*

Le Directeur Général  
par intérim

**Chokri MESSAOUD**

