

# PROTECTION DU COMBATTANT

Un soutien impératif à l'action de l'homme

## UN SYSTÈME MILITAIRE AUSSI SOPHISTIQUÉ SOIT-IL NE VAUT QUE PAR LA QUALITÉ DES HOMMES QUI LE METTENT EN ŒUVRE

Contrôleur général François CAILLETEAU

### MOTS CLÉS

- Privilégier un réseau d'expertise de haut niveau
- Entretenir un partenariat durable avec le SSA
  - Anticiper les risques
- Accroître l'efficacité des équipements dans la protection du combattant
  - Optimiser leur efficacité en situations extrêmes

#### PROTECTION COLLECTIVE ET INDIVIDUELLE DES COMBATTANTS

- APLNu (brouilleur IED) • *RAPID*
- Bouclier de protection du combattant • *OER*
- Panneau composite absorbant de chocs • *REI*
- Validation des équipements du système de protection individuelle RBC • *PEA*

#### PRÉVENTION DU RISQUE EN SITUATIONS EXTRÊMES

- Bubble occurrence et risk attrition • *RAPID*



#### SPÉCIFICITÉS DE LA MÉDECINE MILITAIRE

- Étude de matériau innovant en vue de la réalisation de pansements actifs intelligents • *Thèse*
- Comprendre les cibles d'action de nouvelles molécules antibactériennes à l'aide des bionanotechnologies • *Thèse*
- Nouvelles stratégies pour bloquer l'infection par les Henipavirus • *ASTRID*
- Étude de la formation et de la réparation des dommages de l'ADN chez l'animal exposé à l'ypérite • *Thèse*
- Nouvelles voies d'accès à des épurateurs oligosaccharidiques d'agents organophosphorés - Développement de relations structure • *Thèse*

# D'UN MATÉRIAU INNOVANT VERS UN PANSEMENT ACTIF ET UN SUBSTITUT CUTANÉ

## OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

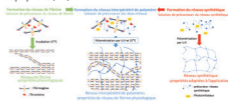
• Élaborer des biomatériaux facilitant la réparation tissulaire, en mimant la matrice extracellulaire temporaire générée lors d'une cicatrisation physiologique.

### • Pourquoi ?

- La détérioration prolongée des fonctions de la peau due à une perte massive de substance cutanée nuit à la survie de l'organisme à plus ou moins long terme.
- Les matériaux actuels miment la matrice extracellulaire de la peau et la régénération de la peau est imparfaite et plus longue que lors du processus physiologique.

## APPROCHE SCIENTIFIQUE

Le réseau de fibrine est associé, sans le modifier, à un réseau synthétique dans une architecture de réseaux interpénétrés de polymères (RIP).

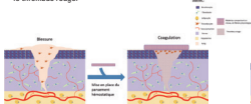


Le réseau synthétique confère les propriétés (résistance mécanique, stockage à sec) rendant le matériau facilement manipulable.

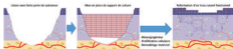
## APPLICATIONS / INTÉRÊT DÉFENSE

**Ce projet s'inscrit dans les cadres prioritaires 2013 du domaine biologie et technologie : santé du militaire en opération.**

• Autosupportés et stockables à sec, ces matériaux peuvent servir en tant que pansements hémostatiques. En cas de flux sanguin, les plaquettes se fixent sur la fibrine et libèrent des facteurs de coagulation et de croissance pour former rapidement le thrombus rouge.



• S'ils sont en plus biodégradables, ils peuvent également servir de support de culture. Dans le cas de perte massive de substance tels que lors de brûlures profondes par thermie ou radiation, le matériau stimulera la néoangiogenèse et soutiendra la reformation du tissu lésé.



## RÉSULTATS

Différentes formulations de RIP associant un réseau physiologique de fibrine et différents réseaux synthétiques ont été synthétisées pour obtenir toutes les propriétés souhaitées :

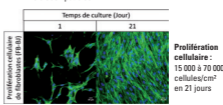
### → RIPs autosupportés



### → RIPs avec état variable de biodégradation



### → RIPs biocompatibles

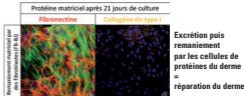


## CONTACTS

**DOCTORANT : Laurent BIDAULT** - Laurent.Bidault@outlook.com  
Encadrement de thèse : Pr Véronique LARRETA-GARDE (ERRMECE) veronique.larreta-garde@u-cergy.fr  
Pr Odile FICHET (LPPI) : odile.fichet@u-cergy.fr  
Cédric VANCAEYZEEL (LPPI) : cedic.vancaeyzeel@u-cergy.fr

## LABORATOIRES PARTENAIRES

- Institut des matériaux de Cergy-Pontoise « I-Mat » (FD 4122)
- Équipe de recherche sur les relations matrice extracellulaire-cellule (ERRMECE, EA 1391)
- Laboratoire de physicochimie des polymères et des interfaces (LPPI, EA 2528)



# Thèse

# ÉTUDE DE LA FORMATION ET DE LA RÉPARATION DES DOMMAGES À L'ADN CAUSÉS PAR L'YPÉRITE CHEZ L'ANIMAL

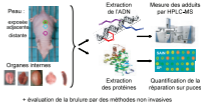
À la recherche de données toxicologiques nouvelles sur le gaz moutarde

## OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

L'ypérite est une arme chimique dont un des principaux organes-cibles est la peau où elle induit brûlures profondes et phlyctènes. A plus faible dose, l'ypérite est aussi un agent cancérogène. Une fois dans la cellule, l'ypérite est capable de former des liaisons covalentes avec les macromolécules, en particulier au niveau de l'ADN. Elle y forme des monoadduits, (une seule base modifiée) principalement avec la guanine et dans une moindre mesure avec l'adénine, et des biadduits entre deux guanines. Ces modifications du génome sont une des causes des propriétés cytotoxiques et cancérogènes de l'ypérite. Le but du travail est de quantifier la formation de ces adduits, d'en suivre la persistance et d'étudier l'impact de l'ypérite sur les systèmes de réparation de l'ADN.

## APPROCHE SCIENTIFIQUE

L'ypérite a été déposée en solution sur une zone du dos de souris sans poils SKH-1 sacrifiées entre 6 h et 21 jours après exposition. La peau exposée ainsi qu'une zone adjacente et une zone située à 2 cm ont été biopsiées. Le cerveau, les poumons, les reins la rate et le foie ont été prélevés. L'ADN a été extrait et les adduits quantifiés par HPLC-spectrométrie de masse. L'impact sur la réparation a été étudié par des puces développées au laboratoire à 4 et 24 h. (Figure 1).



► Figure 1 : principe de l'étude et principales approches expérimentales.

## APPLICATIONS / INTÉRÊT DÉFENSE

L'ypérite est un agent chimique de guerre de la catégorie des vésicants dont les effets dévastateurs ont été largement montrés lors de la première guerre mondiale mais aussi lors de conflits plus récents comme la guerre Iran-Irak dans les années 80 (Fig. 2). De plus, l'ypérite étant une molécule relativement facile à synthétiser, elle pourrait devenir un outil d'attaque terroriste. Aujourd'hui, elle est donc encore considérée comme un agent redoutable, d'autant plus qu'il n'existe pas d'antidote spécifique ni de thérapeutique vraiment efficace. La thèse a apporté des informations inédites sur le lien entre apparition des symptômes après exposition cutanée, endommagement et réparation de l'ADN dans la peau. Enfin, une étude approfondie de la formation d'adduits dans les organes internes a confirmé la capacité de l'ypérite à diffuser à travers la peau dans la circulation sanguine. Ces données pourront être exploitées dans le développement de nouvelles thérapeutiques et dans l'amélioration de la prise en charge des personnes exposées. Par ailleurs, la persistance des adduits à l'ADN a été évaluée et pourra être la base de leur utilisation comme biomarqueurs.

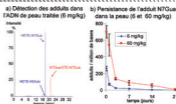


▲ Figure 2 : la petite molécule chimique qu'est l'ypérite peut provoquer de graves dégâts, en particulier pour la peau, les yeux et les poumons. Elle a été utilisée à plusieurs reprises sur les champs de bataille et contre des populations civiles dans les cent dernières années. Facilement synthétisable, l'ypérite est également un candidat pour des utilisations terroristes.

## RÉSULTATS

Cette toute première étude détaillée de la formation des adduits de l'ypérite à l'ADN après exposition cutanée a montré que :

- la fréquence des adduits est maximale à 6h ou J1 post-exposition ;
- des adduits restent présents dans la zone traitée après 3 semaines (Fig. 3) ;
- peu de diffusion du toxique à lieu dans la peau ;
- l'ypérite traverse la peau, surtout aux fortes doses, et atteint les organes internes, en particulier le cerveau et les poumons (Fig. 4) ;
- la persistance des adduits peut également atteindre 3 semaines dans les organes internes ;
- l'ypérite a un impact négatif sur certaines activités de réparation de l'ADN.



▲ Figure 3 : formation des adduits de l'ypérite dans la peau. a) chromatogramme HPLC-MS/MS obtenu pour de la peau exposée à 6 mg/kg b) Cinétique d'élimination des adduits de la peau après exposition à 6 ou 60 mg/kg.

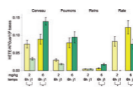
## CONTACTS

**DOCTORANT : Mohamed BATAL**  
Co-directeur : Thierry DOUKI, chercheur CEA  
Laboratoire « Lésions des acides nucléiques »  
Co-directrice : Isabelle BOUDRY, IRBA : équipe « Brûlures chimiques »

## LABORATOIRES PARTENAIRES

CEA/Laboratoire « Lésions des acides nucléiques »  
Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA) :  
L'équipe « Brûlures chimiques »

► Figure 4 : niveau de l'adduit majoritaire de l'ypérite à l'ADN dans les organes de souris exposées à 2 et 6 mg/kg. À ces doses, aucun adduit n'est détecté dans le foie. On note pour certains organes une augmentation entre 6h et J1, suggérant l'existence d'un réservoir d'ypérite.



# BIONANOTECHNOLOGIES

Comprendre les cibles d'action de nouvelles molécules antibactériennes à l'aide des bionanotechnologies

## OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

Depuis plusieurs années nous sommes confrontés d'une part à une augmentation dramatique de la prévalence des infections nosocomiales (IN) et d'autre part à la dissémination très rapide des bactéries multirésistantes aux antibiotiques. Parmi les espèces bactériennes les plus fréquemment retrouvées, *Pseudomonas aeruginosa* est responsable de 10% des IN en France. Cette bactérie, naturellement résistante à de nombreux antibiotiques (ATB), peut de surcroît, acquérir très rapidement de nouveaux mécanismes de résistance aux ATB. Il est donc urgent de développer de nouveaux ATB, possédant si possible un mécanisme d'action innovant, pour lutter contre ce type de pathogène. Une de nos approches s'est intéressée à des composés synthétiques : les calixarènes, oligomères cycliques possédant une organisation spatiale rigide particulière. Sachant que la charge globale nette de surface des bactéries est négative ; l'hypothèse de départ était d'introduire des charges positives sur les calixarènes, afin d'obtenir un polycation capable d'interagir et de désorganiser les parois bactériennes. Des travaux récents de Grare et al ont démontré que le para-guanidinoethylcalix[4]arene (Cx1) possède une activité antibactérienne. Cependant, le mécanisme d'action de cette molécule n'a pas été encore complètement élucidé.

Afin de comprendre, à l'échelle nanométrique, les effets du Cx1 sur la paroi de *P. aeruginosa*, nous avons choisi les nanotechnologies, en particulier la Microscopie à Force Atomique (AFM) qui permet d'explorer la nanostructure de surfaces en condition aqueuse. Cette propriété fait de l'AFM un outil idéal pour étudier les effets de molécules antibactériennes sur les bactéries.

## APPLICATIONS / INTÉRÊT DÉFENSE

Ces dernières années, avec la montée du terrorisme, la menace NRBC est de nouveau d'actualité. Ces armes non conventionnelles sont classées de « destruction massive » car leurs effets sont difficiles à contrôler et à confiner en raison de leur puissance et de leur pouvoir de dissémination dans l'environnement. Dans ce contexte, les bactéries multi résistantes aux antibiotiques

## RÉSULTATS

Les bactéries cultivées en présence des antibiotiques, la ticarcilline (1<sup>ère</sup> ligne) et la tobramycine (2<sup>ème</sup> ligne), présentent une surface lisse et régulière. Elles font 1,6 µm de long, 0,6 µm de large et 350 nm de hauteur. Les bactéries traitées avec le Cx1, en revanche, ont une paroi déformée, comme nous pouvons le voir en figure 2g, h.

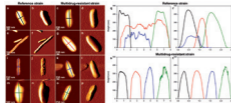


Figure 2: Images AFM de hauteur et de diffusion de bactéries sensibles ou résistantes. À droite des coupes de hauteur sont présentées. De haut en bas, les cellules sont non traitées, traitées à la ticarcilline, à la tobramycine et au Cx1.

## CONTACTS

DOCTORANTE : Cécile FORMOSA - cformosa@laas.fr  
Directeur de thèse : Étienne DAGUE - edague@laas.fr  
Codirecteur : Raphaël E. DUVAL, raphael.duval@univ-lorraine.fr

## LABORATOIRES PARTENAIRES

CNRS, LAAS, LISBP, SRSMC, Université Paul Sabatier Toulouse, INSA LYON, Université de Lorraine

## APPROCHE SCIENTIFIQUE

Nous avons choisi une souche de phénotype sauvage : *P. aeruginosa* ATCC 27853 ; ainsi qu'une souche multirésistante : *P. aeruginosa* R3, résistante à la ticarcilline et la tobramycine. Ces deux antibiotiques, très utilisés en milieu hospitalier, sont de plus en plus inefficaces et inutilisables du fait de la dissémination des mécanismes de résistance aux ATB.

Dans un premier temps, les mécanismes d'action de la tobramycine et de la ticarcilline étant connus, nous avons choisi de caractériser les effets de ces deux antibiotiques sur la structure et sur les propriétés nanomécaniques des deux souches de *P. aeruginosa* (ATCC 27853 et R3). Puis, dans un deuxième temps, de comparer ces effets avec ceux obtenus pour le Cx1, pour mieux élucider et comprendre son mécanisme d'action.

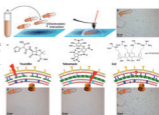


Figure 1: Stratégie d'étude. Des bactéries sensibles ou résistantes sont traitées par les antibiotiques ou une molécule innovante le Cx1. Leur paroi est alors étudiée par Microscopie à Force Atomique.

présentent un risque majeur pour la sécurité des pays. Afin d'anticiper cette menace, la recherche scientifique, déjà très active dans la mise en place de moyens de protection, de détection et de décontamination, se doit de développer et de comprendre les mécanismes d'actions de nouvelles molécules antibiotiques.

Les analyses de sections (Figure 2i, j) confirment les observations faites sur les images de déflexion verticales et montrent que seules les bactéries traitées par Cx1 ont une surface irrégulière. Cx1 est donc la seule molécule capable de modifier la morphologie de la bactérie multirésistante.

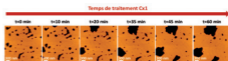


Figure 3: Membranes phospholipidiques artificielles mimant la membrane extérieure des bactéries. On observe la formation de trous après l'ajout de Cx1. Le Cx1 est donc capable de dissocier des membranes de type bactériennes.

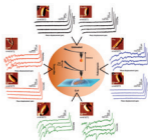


Figure 4: Interactions moléculaires entre une pointe AFM fonctionnalisable par une lectine et la paroi des bactéries sensibles ou résistantes traitées par les antibiotiques et le Cx1. Encore une fois, il apparaît que seul Cx1 est capable de désorganiser à l'échelle moléculaire, la paroi de bactérie multi-résistante.

### OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

Les agents neurotoxiques organophosphorés sont des inhibiteurs des acétylcholinestérases, enzymes clés de la neurotransmission cholinergique. Les agents de guerre chimiques et les pesticides les plus puissants appartiennent à cette famille de composés.

Leur synthèse étant relativement aisée, outre une exposition accidentelle, leur utilisation est non seulement à craindre dans le cadre d'une guerre asymétrique, mais aussi dans un attentat terroriste.

La prévention et le traitement actuels d'une intoxication par un agent neurotoxique sont limités, et des contre-mesures médicales plus efficaces doivent être élaborées pour se prémunir contre de tels risques.

Notre but est de mettre au point une stratégie alternative en développant des épureurs capables de piéger et dégrader ces composés.

### APPLICATIONS / INTÉRÊT DÉFENSE

Une attaque chimique dans le cadre d'un attentat terroriste ou d'une opération militaire peut générer une situation d'urgence où les équipes de premiers soins doivent maintenir les capacités opérationnelles.

Le déploiement d'épureurs chimiques permettra un meilleur contrôle de la crise avant l'installation d'une chaîne de décontamination et une assistance médicale.

Tenues de protection permettant un piégeage et une dégradation des agents neurotoxiques



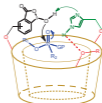
Primo-intervenants

Zone de décontamination

Attaque chimique

### APPROCHE SCIENTIFIQUE

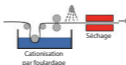
Afin de développer un système chimique biomimétique, nous utilisons un oligosaccharide cyclique, la  $\beta$ -cyclodextrine, pour piéger l'agent neurotoxique. Cette plate-forme est modifiée pour permettre une dégradation efficace des armes chimiques. Cela consiste à introduire sur la cyclodextrine deux groupements qui agissent de manière coopérative pour reproduire un mécanisme concerté similaire à celui retrouvé au niveau du site actif d'hydrolases.



R = H, CH<sub>3</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> = groupes alkyles; GP = groupe partant

Étape initiale de la dégradation d'un agent neurotoxique par un processus biomimétique concerté

Une application directe de notre concept est le développement de tissus fonctionnalisés pour la conception d'équipements de protection (tenues, masques de protection, filtres...) qui piégeront et dégraderont les agents neurotoxiques. La méthodologie pour immobiliser ce type d'épureur sur textile est mise au point dans le cadre d'un partenariat industriel (contrat OSEO A 1204005 P). Le recours à des supports textiles non tissés permettra la production de divers équipements à des coûts acceptables pour protéger de larges populations (civiles ou militaires).

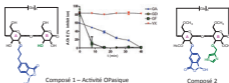


Immobilisation des dérivés de cyclodextrine sur surface textile



### RÉSULTATS

Le greffage d'un nucléophile  $\alpha$  sur la cyclodextrine a permis d'obtenir des composés capables de dégrader efficacement les agents G, en particulier le cyclosarin. Un des épureurs (composé 1) a même conduit à une diminution initiale de 20% du potentiel d'inhibition du VX. Un 2<sup>ème</sup> groupement, à savoir un noyau imidazole, a été introduit pour faciliter la déprotonation du nucléophile  $\alpha$  à pH physiologique. Les premiers tests d'activité OPasique sont en cours sur le composé 2.



Exemples d'épureurs

### CONTACTS

DOCTORANTE : Sophie LETORT

Ecole doctorale Normande de Chimie (ED 508)

Directeurs de thèse :

Pr. Géraldine GOUHIER et Dr. François ESTOUR, Université de Rouen

### PARTENARIAT INDUSTRIEL

Société Robert BLONDEL, Malaunay (Seine-Maritime, France)

François ESTOUR

CNRS UMR 6014, C.O.B.R.A. - I.R.C.O.F.

francois.estour@univ-rouen.fr

Tél : +33 (0)2 35 52 29 21

# NOUVELLES STRATÉGIES POUR BLOQUER L'INFECTION PAR LES HENIPAVIRUS / HENIPASTOP

## ÉMERGENCE DU VIRUS NIPAH DANS L'ASIE DU SUD

### Inde (West Bengal)

Virus Nipah :  
Rambéa 2001 et 2007  
75% de mortalité

### Bangladesh

Virus Nipah :  
8 Rambéa 2001-2008  
40 à 90% de mortalité

### Malaisie :

Virus Nipah :  
(08/1998 au 04/1999)

**Nipah :**  
Malaisie : 212 cas, 100 cas fataux ;  
Bangladesh, Inde : 212 cas,  
dont 142 cas fataux

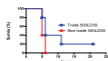
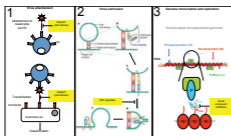
**Indonésie :**  
7 cas, dont 4 fataux

**Australie**  
Virus Hendra : 1994/2009  
60% de mortalité

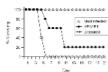


## OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DES TRAVAUX

Les virus Nipah et Hendra (NiV et HeV) ont récemment émergé en Malaisie comme agents responsables d'encéphalites sévères (mortalité de 75%) chez l'homme. L'absence de vaccins et de traitements thérapeutiques, ainsi que le large spectre d'hôte et la transmission inter-espèces ont conduit à leur désignation en tant qu'agents pathogènes de niveau 4. La prévention et le contrôle d'épidémies présentes et futures, qu'elles soient d'origine naturelle ou liées à des actes de bioterrorisme, dépendra de notre capacité à concevoir des stratégies efficaces pour combattre ces nouveaux virus. L'objectif principal de ce projet est d'identifier des nouveaux candidats pour le développement de médicaments contre les Henipavirus.



**Figure 1.** Efficacité de l'héparine dans la prévention de l'infection par le virus Nipah. L'héparine dépourvue d'activité anticoagulante a été administrée par voie sous-cutanée à des groupes de 5 animaux infectés ensuite par le NiV. Les injections ont été répétées chaque jour pour une période de 10 jours. Le traitement conduit à une augmentation statistiquement significative de la survie des hamsters traités par rapport aux animaux non traités (p-value = 0.017).



**Figure 2.** Efficacité in vivo du peptide (NPV-P4) possédant la séquence « Repeat repeat » répétée deux fois ainsi qu'un groupe de cholestérol. Le peptide a été administré par voie intra-péritonéale à des groupes de 5 hamsters infectés par le NiV. Les injections ont été répétées chaque jour pour une période de 10 jours. Le traitement conduit à une augmentation statistiquement significative de la survie des hamsters traités par rapport aux animaux non traités (p-value = 0.006).

## APPROCHE SCIENTIFIQUE

Nos efforts portent sur trois axes : (1) l'évaluation de la capacité de l'héparine, et de ses dérivés, à inhiber l'attachement du NiV à des cellules non-permissives capables de transmettre et disséminer le virus par transinfection, (2) l'évaluation et l'amélioration de peptides capables d'inhiber la fusion de l'enveloppe virale et la membrane des cellules hôtes et (3) le criblage de chimiothèques à la recherche de composés inhibant une interaction protéine-protéine cruciale pour la réplication de ces virus.

## PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS ET FAITS MARQUANTS

Nous avons montré que (i) l'héparane sulfate (HS) est impliqué dans la transinfection du NiV, (ii) l'héparine interfère dans la liaison du NiV au HS, et (iii) l'incubation avec une héparine non-anticoagulante est capable de retarder, voire inhiber, l'apparition des symptômes liés à l'infection par le NiV (Fig. 1). Nous avons aussi identifié des peptides anti-fusion ayant un effet antiviral accru (Fig. 2) (Pessi et al, *Plos One* 2012).

Collectivement, ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives thérapeutiques potentiellement utilisables dans les pays émergents pour lutter contre ces redoutables pathogènes.

## PERSPECTIVES ENVISAGÉES

Tester l'efficacité antiviral du traitement combiné héparine plus peptide (effet synergique éventuel ?)



DURÉE DES TRAVAUX : 36 mois

## NOMS DES ENTREPRISES/LABOS PARTENAIRES :

AFMB, UMR 7257, CNRS et Aix-Marseille Univ  
CIRI, INSERM U1111, CNRS, Univ Lyon 1, ENS  
Institut de Biologie Structurale, Grenoble  
Laboratoire Jean Mérieux-INSERM P4, Lyon

## CONTACTS :

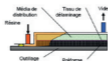
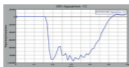
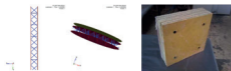
AFMB, UMR 7257  
CNRS et Aix-Marseille Université  
Sonia LONGHI  
sonia.longhi@afmb.univ-mrs.fr



# CASO

## MATÉRIAUX COMPOSITES SANDWICH 3D ABSORBEURS D'ÉNERGIE DE FORTE PUISSANCE

Système d'absorption forte énergie pour le souffle - BBox (Blast Box) - B<sup>2</sup>Box (Ballistic Blast Box)



**DURÉE DES TRAVAUX :** 24 mois

### NOMS DES ENTREPRISES/LABOS PARTENAIRES :

CEDREM (Centre d'expertise en explosion dynamique

rapide et multi physique)

PPE (Pôle de plasturgie de l'Est)

### CONTACT :

CEDREM

Karine THORAL PIERRE

ktp@cedrem.fr



### OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

- conception d'un nouveau matériau absorbant « léger » pour diminuer la masse de la protection des véhicules ;
- maîtriser la conception du matériau à une échelle inférieure à l'échelle macroscopique ;
- maîtriser la fabrication du matériau ;
- concevoir les protections en mode inversé - l'outil de conception défini l'architecture du matériau pour répondre à une demande ;
- maîtrise du procédé industriel ;
- conception protection mine / EEI avec couplage balistique.

### APPROCHE SCIENTIFIQUE

- caractérisation statique et dynamique du matériau (Mousse / pont / mousse aigüilletée / empilement) ;
- modèle numérique du matériau (loi spécifique et changement d'échelle numérique) ;
- conception numérique du matériau / réalisation virtuelle des pontages et empilement ;
- optimisation numérique du matériau et des empilements en fonction des menaces ;
- tests dynamique en laboratoire et champs de tir.

### PRINCIPAUX RÉSULTATS ET FAITS MARQUANTS

- tests de la solution pour une menace EFP dans une configuration B<sup>2</sup>Box (Blast Ballistic Box) - gain de masse de 15% par rapport à une solution métallique ;
- tests de la solution pour une menace type mine - gain en déformée par rapport à la solution métallique ;
- procédé de fabrication industriel.

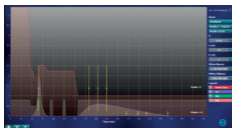
### PERSPECTIVES ENVISAGÉES

- applications dans le domaine civil : intégration dans le BTP pour la protection des bâtiments ;
- intégration de la solution pour les engins de génie ;
- intégration sur véhicule blindé (EEI et Mine) ;
- intégration de la technologie pour la réalisation de blindage structurel.

# BORA

## BUBBLE OCCURRENCE & RISK ASSESSMENT

Plongée sous-marine, l'ère de la décompression personnalisée



**DURÉE DES TRAVAUX :** 21 mois  
septembre 2010 à juin 2012

**NOM DES LABORATOIRES PARTENAIRES**  
CNRS Institut Langevin, laboratoires I3S et LMA

**CONTACT (ENTREPRISE PORTEUSE DU PROJET)**  
BF SYSTEMES  
Axel Barbaud  
contact@bf-systemes.fr  
Tél: +33 (0)6 81 91 95 80

### OBJECTIFS TECHNOLOGIQUES DU PROJET

Le projet BORA a pour ambition de mieux prévenir les accidents de décompression en plongée sous-marine en personnalisant les procédures à leurs utilisateurs.

Il s'appuie sur deux outils novateurs :

- une technologie nomade de mesure des microbulles de décompression sur les plongeurs (illustration ❶) ;
- un simulateur de bulles capable de déterminer la réponse physiologique d'un plongeur à une plongée donnée (i.e. la quantité de bulles produite) (illustration ❷).

### INNOVATIONS DÉVELOPPÉES PAR LE PROJET ET RÉSULTATS OBTENUS

Ce projet contient deux innovations :

- Une technologie conçue pour être utilisable sur le terrain et optimisée en laboratoire. Elle possède des performances uniques pour détecter les bulles et offre la possibilité de transmettre les données à distance (❶) ;
- Système d'analyse et de calcul du risque
  - A la différence des modèles de calcul existants qui sont fondés sur des analyses statistiques globales, le simulateur BORA est couplé aux données de bulles observées sur les plongeurs avec l'appareil de mesure. Il ouvre une perspective nouvelle : celle de la personnalisation des procédures de plongée. (❷)

### APPLICATIONS MARCHÉS

#### Applications marché défense

- Marines militaires : sécurité en plongée, élaboration de procédures pour plongeurs d'armes
- NATO Submarine Rescue System: élaboration de procédures de secours
- Defence Research and Development Canada (pour plus d'information, merci de nous contacter)
- Espace, vol haute altitude, sorties extra-véhiculaires

#### Applications marché civil (illustration ❸)

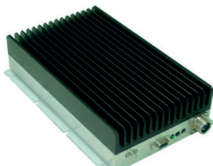
- Sécurité en plongée commerciale, domaines parapétrolier et énergies marines ;
- Sécurité des interventions hyperbares (BTP, travaux en tunneliers)



# ALPNu

## AMPLIFICATEUR À LINÉARISATION PAR PRÉDISTORSION NUMÉRIQUE

Hyperfréquence = donner à l'Europe son indépendance stratégique



**DURÉE DES TRAVAUX :** 22 mois  
février 2010 à décembre 2011

**NOM DES ENTREPRISES PARTENAIRES**  
AA MCS, ZEUS ELECTRONIQUE, (UMS)

### CONTACT (ENTREPRISE PORTEUSE DU PROJET)

Franck DARDE - Directeur commercial  
franck.darde@aa-a.fr  
James Belluot - Responsable technique  
James.belluot@aa-mcs.com  
tel 01 76 91 50 12  
www.aa-mcs.com



### OBJECTIFS TECHNOLOGIQUES DU PROJET

Le projet ALPNu avait pour objectif de participer à l'indépendance stratégique de l'Europe dans le secteur des hyperfréquences, en explorant un nouveau concept d'amplificateur large bande à haut rendement.

Les objectifs clés de ce développement étaient de :

- Concevoir un amplificateur large bande (20-3000MHz, 100W), compact et robuste
- Explorer et valider les nouvelles technologies GaN (source Européenne) pour un rendement accru.
- Explorer et développer des technologies innovantes telles que la polarisation dynamique et le diplexage jointif.

### INNOVATIONS DÉVELOPPÉES PAR LE PROJET ET RÉSULTATS OBTENUS

Cette étude a permis la conception de nos produits :

- AAMCS-AMP-0020M-3000M-50dB-47dBm-920223-P (50W 20MHz-3000MHz 50dB amplif module) entièrement conçu à partir de briques de puissance GaN de filière française. Ce produit permet de couvrir une extrême largeur de bande instantanée exploitant les propriétés du diplexage jointif tout en offrant des possibilités de linéarisation dynamique.
- AAMCS-AMP-0225M-0400M-70dB-51dBm-000033-P (120W LOS/SatCom – DAMA amplif module) élaboré autour du concept de la prédistorion numérique en LDMos pour les applications satellite.
- AAMCS-AMP-400M-2700M-47dB-47dBm-000022 bâti à l'aide de puces de puissance GaN UMS.

### APPLICATIONS MARCHÉS

#### Applications marché défense

Applications de télécommunications militaires qui nécessitent une interopérabilité croissante. Le marché des brouilleurs « anti IED » était également visé par le dispositif de diplexage jointif (amplificateurs très large bande).

#### Applications marché civil

Développement d'une gamme d'amplificateurs à très large bande instantanée pour l'instrumentation, ainsi que pour les télécoms civiles, permettant la possibilité d'émettre à la fois dans la bande tetra et la bande GSM, DCS UMTS avec une excellente immunité.



# DÉMONSTRATEUR D'UN SYSTÈME DE PROTECTION INDIVIDUELLE NUCLÉAIRE, RADIOLOGIQUE, BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE (NRBC)



MINISTÈRE DE LA DÉFENSE  
**ANR**

**DURÉE DES TRAVAUX :** 21 mois

## **NOMS DES ENTREPRISES/LABOS PARTENAIRES :**

Cotraitants :

- NBC-Sys
- Paul Boyé Technologies

Sous-traitant :

- SP Defense

## **CONTACT :**

- DGA, UM NBC  
Carine SONTAG,  
carine.sontag@intradef.gouv.fr

## **OBJECTIFS DU PROJET**

Depuis le début des années 2000, les armées sont confrontées à de nouvelles situations opérationnelles (opération de maintien de l'ordre, terrorisme en opérations extérieures, intervention sur le territoire national) et à de nouveaux risques (TICs, prolifération B et C). Par conséquent, les moyens opérationnels doivent s'adapter à cette nouvelle menace. La défense NRBC doit disposer de capacités pour assurer la protection des forces. Cette protection, comprenant la protection individuelle, se traduit par l'ensemble des moyens contribuant au maintien à la capacité opérationnelle de nos forces. Il s'agit de maintenir la capacité opérationnelle des forces en milieu NRBC, en garantissant la sauvegarde des personnels afin d'assurer dans les meilleures conditions la poursuite de la mission. L'objectif de ce projet est la définition, la réalisation et l'évaluation d'un démonstrateur d'un système de protection individuelle NRBC pour l'opérateur en mission confronté à un risque connu de type vapeur (gaz), liquide et aérosols.

## **CARACTÈRE INNOVANT DU PROJET**

- Développement d'un système complet de protection individuelle ainsi que son évaluation à travers des protocoles de validation élaborés au stade de l'offre.
- Fédération des acteurs français du domaine protection individuelle NRBC (NBC-Sys, Paul Boyé Technologies, SP Defense).
- Développement d'une pièce d'interface avec le textile de la tenue et le masque, d'un dispositif évacuant la sueur, d'un dispositif de prise de boisson optimisé, d'un procédé régulé de ventilation intégré à la tenue.
- Amélioration, au niveau de l'équipement de protection de la face et des voies respiratoires, de la protection des aérosols et de l'ergonomie (durée de port, vision large).

## **ÉTAPES FRANCHIES**

- 1 Notification du marché par DGA UM NBC en février 2011.
- 2 Acceptation par DGA UMNBC de la définition du démonstrateur du système de protection individuelle NRBC en juin 2012.
- 3 Fin de la réalisation et de l'évaluation du démonstrateur prévue en octobre 2013 avec fourniture finale de 20 exemplaires du démonstrateur.

## **APPLICATIONS**

- Dans le domaine militaire, ce démonstrateur contribue au maintien de la capacité opérationnelle des forces armées en opérations extérieures ou sur le territoire national ou en soutien de l'action des moyens civils d'intervention.
- Dans le domaine civil, le système de protection individuelle pourrait être, tout ou partie, utilisé par le personnel de la sécurité civile dans le cadre de leurs interventions.

**PEA**

# BOUCLIER BALISTIQUE NOUVELLE GÉNÉRATION



Nouveau bouclier avec épiscopes



Ancien bouclier

**DURÉE DES TRAVAUX :** 16 mois

## CONTACT :

TENCATE ADVANCED ARMOUR

M. Cyril VEILLAT

Business Manager - Personal Protection

Tél : +33 (0)4 74 79 50 59

 **TENCATE** **ADVANCED ARMOUR**

## OBJECTIFS DU PROJET

Mettre à profit les progrès réalisés avec les plaques de protection balistiques utilisées dans les gilets pare-balles pour les adapter à un bouclier portable pour les forces spéciales et le GIGN.

## CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES ATTENDUES

- Bouclier portable :
  - passer de 25 à 17 kg avec une meilleure protection
  - mobilité d'intervention dans des espaces confinés type couloir d'avions ou de trains
- Protection balistique correspondant à des armes de guerre à munitions perforantes
  - sur l'intégralité de la surface
  - conserver la protection en cas d'impacts multiples
- Performances balistiques non affectées par les chutes ou les chocs
- Permettre la fixation de moyens de visualisation et d'intervention optimisés

## CARACTÈRE INNOVANT DU PROJET

Transposer des technologies de pointe dans la mise en œuvre de matériaux pour une application plus complexe au niveau de la forme et des contraintes d'utilisation. Le financement de la DGA a permis de développer des moyens pour fabriquer des plaques de céramique de grande dimension et de les utiliser dans le cadre d'une protection composite résistant aux agressions du contexte opérationnel.

## RÉSULTATS OBTENUS

- Masse du bouclier : 17,2 kg (bouclier + poignée).
- Après test de chute, le bouclier résiste aux balles perforantes en multi impact.
- Conserve ses propriétés après immersion, exposition au feu et projections d'hydrocarbures.

## RÉSUMÉ DES TRAVAUX

- Rédaction des spécifications février-avril 2011.
- Essais réalisés par DGA/TT : août 2011 à février 2012. Ils ont, en particulier, permis de vérifier le niveau de protection, d'évaluer la résistance aux chocs, d'améliorer les poignées ou moyens de fixation et de valider le concept de vue indirect.
- Livraison aux forces des premiers boucliers et accessoires : août 2012.

OER