



## EDITO

**L'**amitié qui, depuis 40 ans, réunit les membres du G.T.P.S. lors des assemblées plénières et des Commissions diverses a été une des raisons majeures des succès de ce groupe.

Pour le dynamiser encore plus et accentuer les contacts entre ses membres, le G.T.P.S. a décidé de diffuser tous les six mois une lettre d'information afin de tenir au courant ses membres de toutes les activités en cours ou en projet, ainsi que de leur offrir une tribune pour questions générales et diverses.

Vous apprécierez cette Lettre d'union, mais elle ne vivra et ne se développera que si chacun d'entre nous apporte de temps en temps sa modeste pierre à l'édifice.

Longue et joyeuse vie à la lettre du G.T.P.S. !

Pierre-Yves Hervé

## L'ASSOCIATION

Après une longue carrière, "France Pyrotechnie Information" prend sa retraite, remplacé par deux lettres semestrielles, l'une pour l'AFP, l'autre pour le GTPS.

Quelques informations sur cette nouvelle lettre. Tout d'abord elle est diffusée à l'ensemble des sociétés ou organismes membres du GTPS. La diffusion se fait soit nominativement soit par l'intermédiaire des directions techniques ou des services de documentation. Cette première lettre est tirée à 400 exemplaires.

Par l'intermédiaire de cette lettre nous avons souhaité avoir un meilleur contact avec nos membres et les informer régulièrement de l'avancée des travaux des commissions. En effet beaucoup d'entre nous utilisent les docu-

ments du GTPS sans vraiment savoir qu'ils proviennent des commissions.

Nous diffuserons aussi à l'aide de ce support des articles scientifiques ou techniques. Le premier qui inaugure cette rubrique concerne l'élimination des polluants de type explosifs, sujet qui ne manquera pas d'intéresser un grand nombre de nos membres. Un grand merci à Laurence Le Campion pour avoir rapidement accepté de nous confier la publication de son article.

Nous espérons que cette lettre vous apporte l'information que vous souhaitez sur le GTPS. Bonne lecture à tous.

Yann Guélou

### CONTACTS

Vous avez des questions,  
des informations,  
des suggestions :  
n'hésitez pas !

Rédacteur en Chef :

Yann Guélou

chez E. Lacroix

BP 213

31607 Muret Cedex

Tél. 05.61.56.65.29

Fax 05.61.56.64.55

yann.guelou2@freesbee.fr

Responsables des commissions :  
voir en pages 2 et 3

## COMMISSION « DOCUMENTS NORMATIFS EN PYROTECHNIE »

Cette commission, créée en 1989, se propose de mettre à disposition de la profession un "Recueil de références de documents normatifs" en usage courant dans le domaine pyrotechnique.

Un recueil manuscrit a été édité en 1995 portant sur environ 1500 références. Cette commission, mise en sommeil depuis, est en cours de réactivation avec 4 participants confirmés et a les objectifs suivants :

- décider de l'intérêt de la base documentaire actuelle par rapport aux multiples bases informatisées existant aujourd'hui,
- entreprendre un travail de remise à jour si l'intérêt reste marqué.

### CONTACT

Président de la Commission :  
Patrick MALBO chez TDA,  
route d'Ardon, 45240 La Ferté St-Aubin  
Tél. 02.38.51.64.38  
Fax 02.38.51.62.05  
patrick.malbo@tda.thomson-csf.com

## COMMISSION « FIABILITÉ »

La commission "Fiabilité" s'occupe tout particulièrement de la réalisation de modes opératoires relatifs à l'utilisation des méthodes statistiques pour la caractérisation des paramètres fonctionnels des composants pyrotechniques par essais "tout ou rien". Des remises à jour de documents anciens (Méthodes des Probits, de Bruceton) ont été effectuées en 1998 et 1999.

La commission s'est intéressée également depuis 1993 à d'autres méthodologies telles que l'approche dichotomique et l'utilisation des essais durcis ; elle a réalisé une recommandation pour assurer la fiabilité des produits pyrotechniques en conception.

A l'heure actuelle, les travaux portent sur l'élaboration d'un document sur l'utilisation de la méthode "one shot".

A la suite du départ de deux éminents spécialistes fiabilistes, la commission est à la recherche de nouvelles volontés.

### CONTACT

Président de la Commission :  
Michel PARADIS  
chez SNPE DFP/TEC/S  
BP 57. 33160 St Médard en J.  
Tél. 05.56.70.51.22  
Fax 05.56.70.51.90  
m.paradis@propulsion.snpe.com

## COMMISSION « DICTIONNAIRE »

Les travaux de préparation de la 5<sup>ème</sup> édition du dictionnaire de Pyrotechnie sont en cours d'achèvement. L'édition sera disponible au cours du 4<sup>ème</sup> trimestre 2000.

Un nouveau projet sera soumis à l'approbation de la 71<sup>ème</sup> Assemblée plénière qui se déroulera prochainement.

### CONTACT

Président de la Commission :  
Bernard LOTTE  
DGA/DSA/SDQS/SP  
8 bd Victor. 00303 ARMEES  
Tél. 01.40.59.15.30  
Fax 01.40.59.24.41

## Questions / Réponses



Cet espace est à votre disposition pour que chaque commission puisse répondre à vos questions lors des prochaines éditions :  
n'hésitez pas à leur écrire :

## Questions / Réponses



Rappels des dernières mises à jour :  
"Méthodes statistiques Probits"  
(document GTPS n°11 A)  
"Méthodes statistiques Bruceton"  
(document GTPS n°11 C)

## Questions / Réponses



Rappels des derniers titres parus :  
"Guide relatif au transport des marchandises dangereuses applicable à la classe 1" (document GTPS n°16)

"Document relatif au transport par route des marchandises appartenant à la classe 1" (document GTPS n°17)

"Document relatif aux fiches de données de sécurité des marchandises explosives de la classe 1" (document GTPS n°18)

## POUR VOUS PROCURER LES DOCUMENTS G.T.P.S. ÉDITÉS PAR L'AFP

Contactez Ruddy BRANKA  
Service Diffusion de l'AFP  
13 place J.-P. Rameau, 95340 Persan

Tél. 03.44.55.65.19  
Fax 03.44.55.65.10  
ruddy.branka@ineris.fr

Liste des documents disponibles également en consultation sur le site internet :  
<http://perso.wanadoo.fr/afp>

## COMMISSION « SÉCURITÉ-TRANSPORT »

La commission "Sécurité-transport" a pour objectif d'améliorer les connaissances en matière de sécurité pyrotechnique en analysant la réglementation, en établissant un langage commun et en confrontant l'expérience de ses membres. Nous avons plus particulièrement travaillé sur les consignes de sécurité des transports qui seront bientôt disponibles en 9 langues et sur les fiches de données de sécurité qui paraîtront prochainement en langue anglaise.

Nous avons organisé une journée technique sur les rayonnements électromagnétiques et nous préparons une nouvelle journée sur les petites charges et la sécurité pyrotechnique (toute expérience dans le domaine sera la bienvenue). Par ailleurs nous continuons nos travaux sur la mise à jour de l'étude de sécurité et sur la formation obligatoire en utilisant un moyen didactique sur le principe question/réponse. Un support dynamique et ludique sera disponible sur CD-rom. La commission reste à l'écoute de toute question ou suggestion, afin d'apporter le meilleur service aux sociétés membres du GTPS.

### CONTACT

Président de la Commission :  
Jean CHAMPANET  
chez E. LACROIX Mazères  
Tél. 05.61.67.79.56  
Fax. 05.61.67.79.85  
[jean.champanet@etienne-lacroix.fr](mailto:jean.champanet@etienne-lacroix.fr)

## COMMISSION « ÉLECTRICITÉ STATIQUE »

La commission "Electricité statique" est à un tournant important de son activité. En effet, la compilation des travaux de la commission est maintenant achevée. Dans les prochains jours, ces travaux feront l'objet d'un document GTPS intitulé "Electricité statique et Pyrotechnie : Synthèse de l'état des connaissances". Il est prévu également de mettre en forme, après vérification, une base de données bibliographiques sur le sujet.

### CONTACT

Président de la Commission :  
Michel ROUX  
LCD Poitiers-CNRS ENSMA BP109  
86109 Futuroscope cedex  
Tél. 05.49.45.37.88  
Fax 05.49.45.36.05

## LA TECHNIQUE

### APPROCHE PRÉVENTIVE POUR LA GESTION ET L'ÉLIMINATION DE POLLUANTS DE TYPE EXPLOSIFS : L'EXEMPLE DE L'ONTA

Laurence LE CAMPION, CEA Le Ripault, BP 16, 37260 Monts - France  
Tél. : 02 47 34 46 04 - Fax : 02 47 34 51 48 - Email : [lecampionl@ripault.cea.fr](mailto:lecampionl@ripault.cea.fr)

Une large partie des composés organiques ou xénobiotiques produits par l'homme se retrouve répandue dans l'environnement (pesticides, détergents, colorants, produits pharmaceutiques, explosifs,...). Le devenir de ces produits est sous le contrôle de transformations abiotiques (photodégradation) et de dégradations microbiologiques. Seuls les systèmes biologiques sont capables de réaliser la transformation totale de composés organiques en CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O ... Ce procédé, appelé minéralisation, est catalysé par des enzymes variées spécifiques de la conversion de composés présents naturellement dans l'environnement. Les xénobiotiques sont généralement conçus en fonction des propriétés que l'on attend d'eux sans que l'on se préoccupe de leurs capacités à être reconnus par des enzymes de dégradation. Les structures résultantes sont

généralement récalcitrantes à des dégradations biotiques ou abiotiques, et toxiques pour l'environnement, soit directement, soit à travers leurs dérivés ou métabolites.

Les composés nitrés aromatiques ou hétérocycliques sont des produits chimiques industriels courants, toxiques et dangereux. Ils sont associés à de nombreux procédés industriels et particulièrement à l'industrie des munitions. Les explosifs classiques tels que les TNT, RDX et HMX sont couramment retrouvés dans les sols et les eaux environnant certains sites de stockage et de fabrication. Parmi les technologies de remédiation chimique ou physique disponibles, la technique courante pour nettoyer un sol contaminé par des explosifs est l'incinération. C'est un procédé coûteux, générant des émissions toxiques et des cendres. La bioremédiation des

composés énergétiques<sup>1</sup> offre une alternative à ces techniques polluantes. L'ONTA ou 5-nitro-1,2,4-triazole-3-one est un explosif de nouvelle génération, qui présente des performances similaires à celles du RDX, mais dont la stabilité est beaucoup plus élevée vis-à-vis de contraintes mécaniques (friction, impact, pression...).

Dans le cadre de formulations militaires spécifiques, le conditionnement industriel de cet explosif a généré des solutions aqueuses contenant 10 à 15 g/l d'ONTA. Les solutions contaminées ont été stockées en attendant la mise au point d'un procédé de remédiation peu coûteux. Ainsi, la dégradation chimique, photochimique et microbiologique de l'ONTA a été évaluée. Des méthodes d'analyse de l'ONTA et de ses dérivés<sup>2</sup>, dans l'eau et dans le sol, ont tout d'abord été mises au point. Vu le caractère polaire de ces molécules et la difficulté de leur séparation sur des supports analytiques classiques, l'analyse qualitative et quantitative a été réalisée soit par CLHP sur une colonne de graphite poreux, soit par électrophorèse capillaire.

## 1. DÉGRADATION CHIMIQUE DE L'ONTA

### 1.1. Réactivité chimique

Afin de cibler les réactions susceptibles d'affecter l'ONTA et son dérivé aminé ATO ou 5-amino-1,2,4-triazole-3-one, la réactivité chimique de ces produits a été explorée, notamment celle du groupement nitro<sup>3</sup>, de l'amine primaire et de l'urée cyclique. Le groupement nitro de l'ONTA peut être facilement réduit aussi bien par nitroréduction chimique que microbiologique<sup>4</sup>. Une hydrolyse acide drastique de l'ONTA et de l'ATO permet de dégrader partiellement le cycle triazolone. En milieu alcalin, la fonction de type urée cyclique du dérivé aminé est efficacement hydrolysée, conduisant à un clivage du cycle, et à la formation d'aminoguanidine. Ce n'est pas le cas pour l'ONTA. L'ATO est facilement désaminé par dédiazotation. L'intermédiaire diazo n'est pas hydrolysé en urazole mais conduit au 1,2,4-triazole-3-one ou à l'azide correspondant suivant la concentration en nitrite présente.

Le couplage de la réduction chimique de l'ONTA et de l'hydrolyse basique de l'ATO permet donc la dégradation totale de l'ONTA. Cependant, ces réactions sont réalisées dans des conditions drastiques de pH, de température et de pression, ce qui justifie l'intérêt de la photodégradation ou de la biodégradation.

### 1.2. Procédé d'oxydation avancé

La photodégradation catalysée par TiO<sub>2</sub> conduit à une minéralisation complète de 0,15 g/l d'ONTA en trois heures. Cette dégradation implique une dénitrification et une scission de cycle simultanées, suivies d'une minéralisation totale de l'ONTA. Les produits finaux sont des nitrites, nitrates et du CO<sub>2</sub>. Aucune photodégradation significative n'est détectée en l'absence de catalyseur. Une irradiation prolongée (1 semaine) permet une dégradation complète d'une solution concentrée d'ONTA (5 g/l).

L'oxydation de Fenton constitue une méthode efficace et peu coûteuse de remédiation de l'ONTA. Cette réaction est plus rapide que la photolyse catalysée par TiO<sub>2</sub> et permet la minéralisation de solutions très concentrées d'ONTA (15 g/l). Elle provoque un clivage du cycle et une élimination ultérieure des deux atomes de carbone de l'ONTA sous forme de CO<sub>2</sub>. Au cours de cette réaction, le groupement nitro est totalement transformé en nitrates.

Ces deux techniques, et particulièrement l'oxydation de Fenton, sont applicables à des solutions limpides contaminées contenant jusqu'à 15 g/l d'ONTA. Ces procédés peu coûteux n'impliquent aucun intermédiaire réactif et conduisent à des sous-produits inoffensifs. Un mécanisme<sup>5</sup> de dégradation de l'ONTA par OH a été proposé.

## 2. DÉGRADATION MICROBIOLOGIQUE DE L'ONTA

Contrairement aux autres explosifs, l'ONTA est très soluble dans l'eau (jusqu'à 15 g/l). Une souche microbienne naturelle a été isolée des effluents contaminés par l'ONTA, par des techniques d'enrichissement : *Bacillus licheniformis*. Cette bactérie est capable de dégrader

totalement l'ONTA en deux semaines, en urée et en un composé polaire présumé être l'hydroxyurée. Une minéralisation de 40% est observée provenant de l'hydrolyse de l'urée par des activités de type uréase exprimées par la bactérie<sup>6,7</sup>. La transformation de l'ONTA par *Bacillus licheniformis* implique deux étapes consécutives : la nitroréduction de l'ONTA, et l'hydrolyse du dérivé aminé formé. Les conditions optimales pour chaque étape ont été sélectionnées. L'utilisation d'ONTA radiomarqué au C a permis d'élucider le mécanisme de dégradation.

L'utilisation de cette souche, qui peut réaliser les deux étapes de la dégradation de l'ONTA en continu, permet donc d'envisager un procédé de bioremédiation<sup>8</sup> pour les déchets contaminés par l'ONTA.

Cette approche préventive de gestion et d'élimination des polluants organiques tels que les explosifs permet d'éviter les impacts que ces composés auraient sur l'environnement ou de traiter des pollutions déjà existantes. La stratégie mise en œuvre tend au développement de méthodes de détection/quantification, et de procédés de remédiation chimique, photochimique ou microbiologique, applicables dans des cas de pollution accidentelle, ou utilisables pour le traitement de déchets industriels. En ce qui concerne la mise au point de méthodes de détection, nous travaillons actuellement sur le développement de biocapteurs sélectifs et très sensibles. Le biocapteur en cours de développement détecte et quantifie la présence d'un produit chimique, via une reconnaissance avec un élément biologique (anticorps, enzyme) couplé à un transducteur physique. Des études de dégradation chimique, photochimique ou microbiologique de molécules nitrées aromatiques (TNT,...) sont actuellement en cours, ainsi que sur la biodégradation de polymères.

1. Le Campion L. and Ouazzani J. (1998). *Biofutur*. 174 : 21-24.
2. Le Campion L., Adeline M.T. and Ouazzani J. (1997). *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*. 22 : 233-237.
3. Le Campion L., De Suzzoni Dezard S., Robic N., Vandais A., Varenne P., Noël J.P. and Ouazzani J. (1999). *J. Lab. Compd. Radiopharm.* 42(12) : 1203- 1213.
4. Le Campion L. and Ouazzani J. (1999). *Biocatalysis and biotransformations*. 17(1) : 37-44.
5. Le Campion L., Giannotti C. and Ouazzani J. (1999). *Chemosphere*. 38(7) : 1561-1570.
6. Le Campion L., Delaforge M., Noël J.P. and Ouazzani J. (1998). *J. Molecular Catalysis. B : Enzymatic*. 5(1-4) : 395-402.
7. Le Campion L., Vandais A. and Ouazzani J. (1999). *FEMS Microbiology Letters*. 176(1) : 197-203.
8. Le Campion L. and Ouazzani J: Brevet I.N.P.I. No FR 97 11757.

## AIDE-MÉMOIRE

### 71<sup>ème</sup> Assemblée plénière le 4 avril 2001

chez EADS LV Les Mureaux

Pour tout renseignement :

Alain Langellier, EADS LV

Tél. 01.39.06.10.85 - Fax 01.39.06.12.37

alain.langellier@lanceurs.aeromatra.com

### Réunion des présidents de commissions

le 14 novembre 2000 dans les bureaux Lacroix à Paris

Pour tout renseignement :

Patrick Malbo, T.D.A.

Tél. 02.38.51.64.38 - Fax 02.38.51.62.05

patrick.malbo@tda.thomson-csf.com