

EUROPYRO 2003 - Compte rendu global

Le 8^{ème} Congrès International du GTPS, **EUROPYRO 2003** et **30th International Pyrotechnic Seminar** de l'IPS s'est tenu du 23 au 27 Juin à Saint-Malo, en parallèle avec le Congrès International sur les Hautes Pressions Dynamiques **HDP 5**.

L'organisation de l'AFP a, comme toujours, recueilli tous les suffrages et la **lettre du GTPS** remercie une fois de plus notre organisation sœur pour son soutien sans faille.

A l'attention de nos lecteurs qui n'ont pas eu le privilège d'y participer, la **lettre du GTPS** se devait de présenter un compte rendu de cette manifestation essentielle pour la Pyrotechnie Française.

Discours d'ouverture de l'Inspecteur des Poudres et Explosifs, l'Ingénieur Général Philippe ALIOTTI

Un congrès de pyrotechnie au pays des corsaires, y a-t-il un lien ? Certainement pas dans les méthodes de travail des corsaires et celles actuelles des pyrotechniciens !

A l'origine chinoise et militaire, la pyrotechnie a, tout au long de l'Histoire, eu une réputation de violence, à l'image des bombardements comme ceux dont tous les anciens Malouins se souviennent, juin 1944, mois où leur ville a été détruite pendant la 2^{ème} guerre mondiale. Par ailleurs, jusqu'aux dernières décennies du siècle dernier, les applications pacifiques de la pyrotechnie se réduisaient à la dynamite pour les travaux publics, aux feux d'artifices, et aux cartouches de chasse.

La pyrotechnie a heureusement beaucoup évolué et s'est introduite dans notre vie quotidienne, particulièrement dans les 10 à 15 dernières années :

- les téléphones portables fonctionnent, entre autres, grâce aux satellites lancés et mis en orbite par les fusées ;
- les automobiles causent moins de blessures qu'auparavant grâce aux coussins gonflables et aux prétensionneurs de ceintures de sécurité !
- les naufragés lancent des SOS pyrotechniques ;
- la réalisation des routes et des tunnels resterait des travaux herculéens sans explosifs industriels ;
- des barres d'immeubles sont détruites proprement ;
- des techniques de thérapie sont basées sur la pyrotechnie, menaçant de jeter les seringues classiques aux oubliettes ;
- les feux d'artifices sont de plus en plus spectaculaires ;
- les pare-brise de trains et d'avions sont testés aux chocs de projectiles lancés de canons ;
- les dispositifs de sécurité pyrotechnique sont également présents dans le domaine du bricolage ;
- des fusées font tomber la pluie avant qu'elle ne se transforme en grêle ;
- etc.

Dans le domaine militaire :

- les munitions sont encore plus sûres en terme d'efficacité militaire et de sécurité d'emploi ;
- les leurres protègent les avions et d'autres systèmes d'armes ;
- les missiles sont de plus en plus efficaces, en particulier par leur précision, non seulement en termes de guidage mais aussi par leur charge militaire.

Pour résumer, efficacité, précision, confort et sécurité sont les 4 composantes de la pyrotechnie civile et militaire moderne. Peut-on encore imaginer l'évolution de notre société sans toutes ces applications ?

Une révolution lente a eu lieu et les membres de ce congrès font certainement partie des principaux acteurs.

Le programme de la semaine est attirant et démontre que de nombreux domaines continuent d'être explorés de plus en plus souvent en coopération, et ceci bien que l'on trouve que les budgets de recherche sont toujours insuffisants un peu partout en Europe et dans le monde.

Ce congrès ira au cœur de la matière en voyageant entre plasma, micro-défauts et grains d'explosifs ou au cœur de la lumière avec les techniques optiques ou laser. Par exemple, le domaine des nano-matériaux, terme recouvrant un type de matériaux aux vastes possibilités car on approche de l'échelle atomique, peut susciter de grands espoirs, comme ceux suscités et confirmés par le Malouin Jacques Cartier à la découverte du Canada. Des progrès fulgurants sont à attendre aux confluent de ces domaines. Nous n'en sommes encore certainement qu'aux balbutiements.

L'informatique et ses corollaires, simulation et modélisation, épaulent également la pyrotechnie, mettant la réflexion préliminaire et l'imagination au pouvoir : on fait de moins en moins d'essais en conception pyrotechnique.

La protection de l'environnement n'est pas oubliée et, à juste titre, car elle interpelle les citoyens et ce à l'échelle de la planète. La modélisation est de fait un axe de protection de l'environnement mais plusieurs approches directes seront également présentées, dont une consistant à recycler des métaux nobles par explosion sous-marines.

Le domaine de la sécurité sera à l'honneur le dernier jour. Il me tient particulièrement à cœur en tant qu'Inspecteur des Poudres et Explosifs, autorité nationale française pour la sécurité des explosifs et des munitions dans le domaine militaire et expert pour les ministères du Travail et de l'Environnement, comme au sein du ministère de la Défense.

Les accidents dans le domaine de la pyrotechnie (comme ailleurs) sont encore trop nombreux et trop importants et, même si leurs conséquences sont un peu réduites dans les pays où une réglementation précise est appliquée et contrôlée, ce qui est sans conteste le cas des grands professionnels de l'industrie et de l'administration, il est de notre devoir de les faire tendre vers zéro. Or on sait que le risque zéro n'existe pas et n'existera jamais : il nous appartient donc de le prendre en considération à tout moment de l'activité.

La maîtrise de la sécurité est dès à présent une condition majeure de la pérennité d'une activité, demain ce sera aussi une performance intrinsèque de la profession.

En marge de la pyrotechnie, l'INERIS nous brossera un état de l'art des équivalents TNT des explosifs occasionnels et proposera quelques réponses à certaines de nos interrogations : l'accident de Toulouse en septembre 2001 est encore vif dans nos mémoires et l'expérience montre que de tels accidents peuvent encore se produire. Un de mes collaborateurs vous décrira 10 ans de muratisation des munitions et l'avenir tel que nous le voyons dans ce domaine, notamment en liaison avec nos partenaires de l'OTAN.

Vous aurez l'occasion, tout au long de la semaine, de constater que de nombreuses solutions techniques sont en cours de développement pour rendre les munitions encore plus sûres, intrinsèquement, y compris au niveau de la molécule de poudre ou d'explosif ou par des méthodes de stockage adaptées.

Un bon nombre de pays sont représentés à ce congrès. Je veux saluer la présence de tous nos partenaires, porter un hommage appuyé non seulement à ceux qui ont eu à souffrir d'accidents dans lesquels la pyrotechnie est en cause, mais encore à ceux qui ont été meurtris par des phénomènes naturels dont on ne saura hélas jamais se prémunir. Agissons simplement pour que la main de l'homme, et son manque de précaution, n'ajoute pas à de tels drames.

Le congrès EUROPYRO 2003 s'annonce comme un outil efficace pour confronter des hypothèses, conforter des idées, coopérer sur des projets, simplement dit pour travailler en commun dans une optique de développement scientifique et de franche collaboration.

Merci au GTPS et l'AFP d'avoir organisé ce 8^{ème} congrès international de pyrotechnie.

Je vous souhaite donc une bonne semaine studieuse sous le soleil de Bretagne et vous remercie de votre attention.

Philippe Aliotti
Inspecteur de l'Armement pour les Poudres et Explosifs

Contenu Scientifique

résumé du rapport d'Alain DAVENAS, Président du Comité Scientifique

EUROPYRO 2003 a illustré l'évolution importante de la pyrotechnie au cours de ces dernières années. Les avancées les plus spectaculaires sont intervenues dans le domaine de la sécurité automobile mais les domaines de la sécurité et de la santé sont aussi concernés, confirmant le caractère très dual d'une technologie jusque là essentiellement cantonnée dans la Défense et l'Espace.

Dans ce contexte l'objectif du congrès était de faire le point des développements scientifiques et techniques survenus depuis EUROPYRO 99, soit une période de quatre ans qui permet une bonne appréciation de l'évolution dans les thèmes débattus qui représentaient toute la vie des produits depuis les études de base jusqu'à la dépollution, en passant par tous les aspects de la modélisation, de la sûreté de fonctionnement et bien sûr de la sécurité pyrotechnique.

La première session sur l'Initiation a permis de constater que si performances, sécurité, miniaturisation et coûts restent des préoccupations courantes, les problèmes de toxicité des compositions sont maintenant pris en compte. Les techniques d'initiation optique restent d'actualité et la modélisation est de plus en plus utilisée comme aide à la conception et au développement.

Trois sessions étaient consacrées aux Composants et Systèmes et ont permis de souligner, si besoin en était, la part prise par les systèmes pyrotechniques de protection passive utilisés dans la sécurité automobile, initiateurs électriques et générateurs de gaz. Il est à noter que les deux présentations qui ont reçu le prix FRANK-CARVER traitaient d'un procédé de fabrication de propergol extrudé en continu et de la modélisation du fonctionnement des générateurs de gaz et du remplissage du sac gonflable. Le fonctionnement en série des initiateurs pyrotechniques a fait l'objet d'une étude approfondie afin de permettre la simplification des câblages électriques. Les préoccupations sur la sécurité des matériaux énergétiques étaient illustrées par plusieurs études de base sur la stabilité, en particulier la décomposition thermique et les propriétés d'explosifs et de propergols particulièrement sensibles. Parmi les autres applications, la génération d'oxygène faisait l'objet de deux communications.

La session sur les nanomatériaux n'a pas vu de communications réellement novatrices par rapport aux présentations vues dans différents congrès récents. Mais la diversité des travaux et des nationalités des orateurs démontrent l'intérêt généré par ces technologies dans le monde entier.

Les deux sessions sur les thèmes sûreté, sécurité, environnement étaient bien remplies, démontrant l'actualité de ces sujets. Il faut noter les communications sur la Muratisation, préoccupation majeure dans le domaine de la défense mais aussi sur la définition et les limites des équivalents TNT, indispensables à l'évaluation des zones de danger et donc des études de sécurité. Autres sujets d'actualité, la démilitarisation et le recyclage ont fait l'objet de plusieurs communications.

En résumé, parmi les points les plus remarquables d'EUROPYRO 2003 on note :

- la caractérisation de nouveaux ingrédients énergétiques et de nouvelles variétés insensibles d'explosifs traditionnels ;
- le développement des nanomatériaux en pyrotechnie ;
- la sensibilisation aux problèmes d'équivalent TNT ;
- de nouveaux procédés « écologiques » de destruction de matériaux énergétiques ;
- les nouveaux systèmes d'initiation opto-électroniques ;
- les développements de la pyrotechnie dans les systèmes de sécurité et en particulier des systèmes « airbag » pour la sécurité automobile.

Si la Pyrotechnie reste encore pour longtemps irremplaçable dans les domaines de la Défense et du Spatial, les applications sur la Sécurité, surtout automobile mais aussi industrielle et sur les micro-actionneurs médicaux représentent l'avenir des débouchés industriels. Dopée par ces nouveaux besoins et les développements des techniques de simulation et de miniaturisation et même de nanotechnologie, la science de la Pyrotechnie, devenue totalement duale, retrouve une seconde jeunesse et assure son avenir EUROPYRO 2003, en étant l'illustration et la preuve vivante.

Quelques Chiffres

EUROPYRO 2003 a réuni 189 congressistes dont 1/3 d'étrangers venus de 17 pays. En comptant les 123 participants d'HDP V et les accompagnants, les deux congrès réunissaient donc plus de 350 participants.

Durant 4 journées, 97 exposés ont été présentés dont 53 communications orales au cours des 5 sessions plénières et 44 lors de la session poster.

Enfin 9 stands d'exposition ont permis de présenter quelques sociétés et organismes français particulièrement actifs en pyrotechnie.

Les Récompenses attribuées à l'occasion d'EUROPYRO 2003

Comme le veut la tradition, cet EUROPYRO a été l'occasion de remettre les récompenses attribuées à nos collègues les plus méritants.

Le prix PAUL-VIEILLE a été remis à notre ami Thierry ROUBY de PYROALLIANCE pour ses travaux réalisés en pyrotechnie dans le domaine du développement des systèmes pyromécaniques et conduisant à l'élargissement de leur champ d'application.

Le jury PAUL-VIEILLE a aussi décerné sa mention spéciale à Guy LENGELLE pour l'ensemble de ses travaux, réalisés en pyrotechnie, sur les mécanismes réactionnels de combustion des propergols solides.

La Bourse FRANK-CARVER de l'IPS, destinée à récompenser de jeunes ingénieurs pyrotechniciens méritant a été attribuée à Nicolas DAVIOT de LIVBAG pour ses travaux sur l'application de simulations numériques aux développements des générateurs de gaz pour la sécurité automobile et Dimitri CHARRETTE de SME pour l'application d'un Process Continu à la Production de matériaux pyrotechniques pour Airbags.

Afin de mieux faire connaissance avec ces deux jeunes chercheurs et leurs travaux, la Lettre du GTPS se devait de présenter un résumé de leur communication.

Application de la Simulation numérique de la dynamique des fluides au développement des générateurs de gaz pour airbags par Nicolas DAVIOT (LIVBAG)

La simulation numérique de la dynamique des fluides est de plus en plus souvent intégrée dans la phase de développement des générateurs de gaz du groupe AUTOLIV. Cet outil permet en effet la compréhension du fonctionnement interne, l'optimisation des conceptions en apportant des informations locales sur les écoulements internes ou externes inaccessible à la mesure.

Son apport est multiple et l'on peut souligner les avantages suivants :

- réduction des coûts par limitation du nombre des essais (destructifs dans la très grande majorité des cas) ;
- réduction du temps de développement des produits ;
- possibilité de lancer plusieurs études simultanément en employant les ressources informatiques nécessaires en parallèle et 24h/24.

Les deux simulations numériques dont les résultats ont été présentés en séance plénière au congrès EUROPYRO 2003 ont très largement contribué à la compréhension du fonctionnement des générateurs de gaz et ont conduit à l'établissement de règles de conception.

En ce qui me concerne, ces études m'ont apporté une grande maîtrise de l'outil numérique et la possibilité de développer des programmes de pilotage du code utilisé pour l'adapter aux besoins particuliers de l'entreprise. On peut citer entre autres la programmation de conditions limites permettant à la fois l'allumage et la combustion d'un bloc de propergol en fonction des conditions locales d'écoulement ou bien encore simulant la rupture d'un opercule au delà d'une contrainte fluide donnée.

Ces travaux vont être poursuivis dans une optique d'amélioration continue et de prise en compte progressive de tous les phénomènes complexes intervenant dans le fonctionnement d'un générateur de gaz. C'est ainsi qu'une simulation du fonctionnement interne d'un générateur pyrotechnique prenant en compte la régression du bloc au travers d'un maillage mobile et déformable est prévue dès la validation de cette option. Par ailleurs, grâce à l'augmentation des ressources informatiques et de la performance des processeurs, la réalisation de calculs tridimensionnels permettant de respecter strictement la géométrie des composants du générateur est maintenant planifiée.

Application d'un Process Continu à la Production de matériaux pyrotechniques pour Airbags par Dimitri CHARETTE, SME, France

Les systèmes Airbag basés sur l'utilisation de matériaux pyrotechniques générateurs de gaz exigent des définitions et des développements spécifiques. Les gaz produits par ces matériaux doivent contenir une très faible quantité d'oxyde de carbone (CO) et d'oxydes d'azote (NOx). Selon le type d'airbag (conducteur, passager, protection latérale,...) la masse de matériau pyrotechnique nécessaire varie de quelques grammes à quelques dizaines de grammes par générateurs de gaz qui doivent être fabriqués à plusieurs millions d'exemplaires.

Les propergols double base extrudés ont été utilisés en premier par SNPE et LIVBAG. Le procédé d'extrusion double base est bien adapté à la production industrielle pour la fabrication de petits blocs en grandes quantités. L'extrusion permet de modifier aisément la géométrie de la charge du bloc en changeant de filière. Les deux inconvénients du procédé sont :

- a) le haut niveau de CO dans la chambre de combustion primaire, qui exige l'addition d'un catalyseur chimique pour convertir le CO en CO₂, entraînant une augmentation de volume et de complexité ;
- b) la limitation de l'aptitude du propergol à la tenue aux niveaux de température et aux cycles thermiques imposés pour les pays non européens.

Pour répondre à ces nouveaux besoins, tout en conservant des coûts compétitifs, la SNPE a développé de nouvelles formulations spécifiques, basées sur la technologie des propergols composites et adaptés au procédé d'extrusion continu. Ce procédé est basé sur l'utilisation de mélangeur-extrudeur continu à double vis corotative ; la formulation est définie pour être compatible avec les exigences du procédé : la pesée discontinue des ingrédients est remplacée par un chargement continu contrôlé des solides énergétiques et des ingrédients liquides du liant. Le matériau final est directement extrudé à la sortie du mélangeur.

Cette technologie a été la base de la production industrielle de la SNPE durant ces dernières années et la production a été augmentée plusieurs fois durant cette période. Suite à ces années d'expérience de production industrielle, il est possible d'en tirer les conclusions en terme de performances, fiabilité, reproductibilité et sécurité du procédé.