



**ENSTA  
BRETAGNE**

**BRETAGNE**

Mastère spécialisé®  
**Pyrotechnie et Propulsion**  
*Advanced Master in  
Pyrotechnics and Propulsion*



**BECOME AN EXPERT**

Réospace / Défense / Automobile / Travaux publics / Sécurité & prévention  
Aerospace / Defense / Automotive / Civil Engineering / Safety and Prevention



## Pyrotechnie et propulsion ?

Cette formation vise la connaissance des phénomènes de combustion, de déflagration et de détonation. Ces phénomènes physiques se caractérisent par l'obtention de températures élevées et de fortes pressions dans des temps très courts.

L'acquisition d'une expertise de haut niveau permettant de maîtriser l'intégration de ces phénomènes dans un système mécanique complexe et les techniques propres à la fabrication, à la mise en œuvre et à l'utilisation pratique des matériaux énergétiques sont au cœur du programme de cette année de spécialisation.



## Domaines d'application

Les techniques étudiées, pyrotechniques et de propulsion, sont employées à très grande échelle dans tous les secteurs de l'industrie :

- ★ Aérospatiale (propulsion de fusées, satellites...)
- ★ Défense (missiles, explosifs militaires, balistique...)
- ★ Automobile (airbags, prétensionneurs de ceintures...)
- ★ Travaux publics (mines, chantiers, carrières...)
- ★ Prévention des risques industriels (dépollution de sites, incendies, explosions...)

## Pyrotechnics and Propulsion ?

*The aim of this course is knowledge of combustion, deflagration and detonation phenomena. These physical phenomena are characterized by high temperatures and pressure, reached in a short period of time.*

*The acquisition of high-level expertise enabling the integration of these phenomena into a complex, mechanical system and into specific manufacturing and application techniques, and practical use of substances which could generate such phenomena, are at the heart of this year of specialization.*

## Fields of Application

*The techniques studied, pyrotechnics and propulsion, are employed extensively in all sectors of industry:*

- ★ Aerospace (rocket propulsion, satellites)
- ★ Defense (missiles, military explosives, ballistics)
- ★ Automotive (airbags, seatbelt pretensioners)
- ★ Civil engineering (mines, sites, quarries)
- ★ Industrial hazard prevention (depollution of sites, fires, explosions...)



Dans un contexte de forts investissements dans les programmes de défense et l'aérospatiale, les entreprises industrielles recrutent rapidement ces spécialistes en pyrotechnie et propulsion pour répondre à la demande de clients exigeants, en France et à l'international.

We are entering a period of extensive investment in defense and aerospace programs, where industrial companies are recruiting specialists in Pyrotechnics and Propulsion in order to meet the high standards of French and international clients.





## Formation unique en France

La seule formation à bac+5 et bac+6 de France en pyrotechnie est délivrée par l'ENSTA Bretagne. L'expertise de l'ENSTA Bretagne dans ce domaine résulte des nombreuses applications de la pyrotechnie dans le secteur de la défense dont est issue l'école et d'un réseau de collaborateurs expérimentés dans ce domaine.

## Objectifs de la formation

Ce cursus complète une formation d'ingénieur par l'acquisition de compétences techniques de haut niveau dans les domaines de :

- ★ La mécanique des fluides compressibles et réactifs
- ★ Le comportement dynamique des matériaux
- ★ La chimie des matériaux énergétiques
- ★ La propulsion solide
- ★ Les méthodes de traitement et de simulation numériques
- ★ La réglementation pyrotechnique

## Enseignants-chercheurs et spécialistes reconnus

Tous les cours sont dispensés à l'ENSTA Bretagne soit par des enseignants-chercheurs permanents, soit par des ingénieurs spécialistes de leur domaine issus de l'industrie : Ariane Group, CNES, MBDA, DGA, Thales... Vous profiterez d'interventions de spécialistes issus des divers domaines de la pyrotechnie.

La formation est ponctuée de visites d'entreprises et de travaux pratiques. Le semestre académique se termine par 4 jours de formation technique au centre de la DGA Techniques terrestres à Bourges.

## Unique course in France

Due to its military origins and thus extensive experience in the world of defense, ENSTA Bretagne can boast a long tradition of expertise in this field and a network of associates with long experience in this field.

## Course Objectives

The curriculum furthers engineer training through the acquisition of high level technical knowledge in the following fields:

- ★ Compressible and reactive fluid mechanics
- ★ The dynamic behavior of materials
- ★ The chemistry of energetic materials
- ★ Rocket propulsion
- ★ Processing methods and numerical simulations
- ★ Pyrotechnic regulations

## Renowned Researchers & Specialists

Most of the courses are given at ENSTA Bretagne either by research faculty members or by engineers who are specialists in their field of industry: Ariane Group, CNES, MBDA, DGA, Thales... (depollution of sites, fires, explosions...). You will profit from the expertise of the staff who are specialized in various areas of pyrotechnics. Lectures are punctuated by company visits and practical work. The academic semester ends with 4 days of technical training at the DGA Techniques terrestres centre in Bourges.



**Sharon**

ASSYSTEM



PROMOTION 2016

Ingénieure modélisation incendie

GRADUATED 2016

Fire safety engineering

# 1er semestre

## Cours et projets

Il est dédié aux cours théoriques (principes fondamentaux de la pyrotechnie et de la propulsion), à la connaissance du domaine (culture générale) et aux applications (intégration dans des systèmes mécaniques divers).

De septembre à février  
à l'ENSTA Bretagne

### SYSTÈMES PYROTECHNIQUES

- Balistique intérieure
- Propulsion solide
- Sécurité pyrotechnique

132 H

### MÉCANIQUE DES MATÉRIAUX ÉNERGÉTIQUES

- Ondes de choc
- Modélisation et analyse des problèmes de dynamique rapide
- Cycle de vie (procédés de fabrication, comportement en service, vieillissement et recyclage)

132 H

### COMBUSTION ET DÉTONATION

- Combustion
- Détonation

125 H

### CONFÉRENCES ET VISITES

- Conférences transversales
- Visites

48 H

# 1st semester

## Project oriented training

This is dedicated to theory (fundamental principles of pyrotechnics and propulsion), domain knowledge (academic knowledge) and application (integration in diverse mechanical systems). Courses are taught in French. Course materials are in French and in English.

From September to February  
ENSTA Bretagne campus

### PYROTECHNIC DEVICES

- Interior ballistics
- Solid propellants
- Pyrotechnic regulation and safety

### MECHANICAL ENGINEERING OF ENERGETIC MATERIALS

- Shock waves
- Dynamic behaviour of Materials
- Life cycle (manufacturing, ageing, recycling)

### COMBUSTION AND DETONATION

- Combustion
- Detonation

### CONFERENCES AND VISITS

- Transverses conferences
- Sites visits



**Romain**

GRUPE LACROIX DEFENSE

PROMOTION 2015  
Ingénieur d'études

GRADUATED 2015  
Engineer in studies



**Mahdi**

SAFRAN

PROMOTION 2015  
Resp. programmes

GRADUATED 2015  
Program Manager



# 2nd semestre

## En entreprise

Le second semestre, de mars à septembre (18 semaines minimum) est dédié à la thèse professionnelle en milieu professionnel ou universitaire (en France ou dans un autre pays) avec soutenance en septembre.

### Exemples

#### AÉROSPATIAL

- Avant-projet d'une architecture propulsive innovante (SME)
- Études d'architectures pour moteur multipulse (SNECMA Propulsion Solide)
- Étude des oscillations de pression dans un moteur à propergol solide (ONERA)

#### RECHERCHE

- Interaction d'une onde de détonation dans le nitrométhane avec une cavité gazeuse (CEA)
- Étude de la propagation de déflagrations métastables (Mc Gill University, Canada)

#### SÉCURITÉ ET PRÉVENTION

- Mise en conformité de l'étude de sécurité pyrotechnique de la BAN de Lann-Bihoué
- Application d'un outil numérique de simulation d'incendie dans des stations des réseaux ferrés souterrains (Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris)

#### ARMEMENT, DÉFENSE

- Caractérisation de la percussion dans des systèmes pyrotechniques (ALSETEX)
- Influence de la granulométrie de l'aluminium sur les effets des explosifs à effet de souffle augmenté (Institut de Saint-Louis)

#### CONDITIONS D'OBTENTION DU DIPLÔME

Le diplôme est délivré à tous les élèves qui satisfont aux épreuves écrites, aux examens de travaux pratiques et à leur projet de fin d'études.

# 2nd semester

## Internship

The second semester, from March to September - 18 weeks minimum - is dedicated to the final year project in a professional entity/university in France or another country, with a viva voce in September.

### Examples

#### AEROSPACE

- Outline of an innovative propulsion architecture (SME)
- Architectural studies of multiple motors (SNECMA Propulsion Solide)
- Study of pressure fluctuations in a solid fuel engine (ONERA)

#### RESEARCH

- Interaction of a detonation wave in nitromethane with a gaseous cavity (CEA)
- Study of the propagation of metastable deflagrations (Mc Gill University)

#### SAFETY AND PREVENTION

- Compliance of the pyrotechnic safety study of the Lann Bihoué Naval Air Station
- Application of a numerical simulation tool to fires in underground rail networks (Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris)

#### ARMAMENT AND DEFENSE

- Characterization of percussion in pyrotechnic systems (ALSETEX)
- Influence of the granulometry of aluminium on the explosive effects of enhanced blast explosives (Institut Saint-Louis)

#### REQUIREMENTS TO PASS THE DEGREE

The degree is awarded to students who have fulfilled all necessary examinations and their final thesis.



© ArianeGroup

ENSTA Bretagne est une grande école et un centre de recherche pluridisciplinaire, sous tutelle du ministère des Armées (DGA). L'école forme, de bac+5 à bac+8, des ingénieurs et des experts, civils et militaires.

Elle est reconnue pour son excellence en sciences mécaniques, en technologies de l'information, en sciences humaines pour l'ingénieur et en sciences marines. Les enseignants-chercheurs du domaine pyrotechnie et propulsion font partie de l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme, Unité Mixte de Recherche 6027 du CNRS.



ENSTA Bretagne is a multidisciplinary engineering and research institute under the auspices of the Defense Procurement and Technology Agency (DGA) of the Ministry of the Armed Forces.

ENSTA Bretagne offers Engineering and MSc programmes to both civilian and military students, in Mechanical Engineering, IT and Maritime Engineering. Research in energetic materials are conducted in IRDL laboratory.



© Armée de l'air/EMA

### NIVEAU D'ENTRÉE

Diplôme Bac+5 ou VAE (Validation des Acquis de l'Expérience)

### SÉLECTION SUR DOSSIER ET ENTRETIEN

Décembre : candidature en ligne

Avril : dépôt des dossiers complets

Juin : jury et résultat d'admission

### FRAIS D'INSCRIPTION

Consultez la rubrique

«Mastère Spécialisé / Tarifs »

sur notre site web

### CONTACT

Prof. Michel ARRIGONI, responsable du MS

admission@ensta-bretagne.fr

Tel. : +33 (0)2 98 34 87 01 / 89 74

### ENTRY LEVEL

MEng, MSc degree or equivalent

### APPLICATION PROCEDURES

December: online registration

April: deadline for application submission

June: admission results

### TUITION FEES

Check site tab

«Advanced masters/Costs»

on our website

### CONTACT

Prof. Michel ARRIGONI, Head of this program

admission@ensta-bretagne.fr

Tel. : +33 (0)2 98 34 87 01 / 89 74

ENSTA Bretagne - 2 rue François Verny - 29806 Brest cedex 9 - FRANCE

www.ensta-bretagne.fr

