

Sécurité en milieu pyrotechnique

Diplôme d'établissement de niveau 7 (BAC+5)

Délivré par l'INSA Centre Val de Loire

2025-2026

Campus Bourges

Syllabus

Table des matières

Parcours	Page
Module	
Parcours Modélisation des accidents pyrotechniques et leurs effets	3
Risques physiques et chimiques	4
Ondes de choc et effets de souffle	5
Module Explosion de poussières	6
Module Incendies	7
Module Risques en pyrotechnie	8
Module Simulations d'onde de choc (sur code)	9
Parcours Aspects sécuritaires et environnementaux de la pyrotechnie	10
Module Caractéristiques des substances pyrotechniques	11
Module Analyse du risque et études de sécurité pyrotechnique	13
Module Matières dangereuses et sites classés (ICPE)	14
Module Risques et transport de matières dangereuses	16
Module Droit de l'environnement	18
Module Dépollution des sols	20
Module Projet industriel	22
Module Projet pyrotechnie industriel	23

Parcours Modélisation des accidents pyrotechniques et leurs effets

Module Risques physiques et chimiques	
Volume horaire Cours : 12h00	Volume horaire TD : 12h00
Volume horaire Projet : 02h00	Visite au laboratoire avec démonstrations : 02h00

Objectifs

Les objectifs de ce cours sont de : 1) sensibiliser l'auditeur aux risques avec des définitions scientifiques ; 2) donner les concepts de base des matériaux hautement énergétiques afin de suivre le parcours de spécificité sécurité pyrotechnique ; 3) définir les différents types d'explosion pouvant survenir en milieu industriel. Les explosions en milieu gazeux, solides et liquides sont examinées. L'accent est mis sur la détermination des effets consécutifs à ces explosions servant la rédaction des documents de sécurité.

Ces premiers outils permettront d'appréhender les premières études de risque en milieu industriel pour établir des documents uniques, des plans d'intervention, par exemple. Un volet important est consacré aux applications.

Pré-requis

Thermodynamique - Mécanique des fluides

Programme

- Notions de risques et estimation pratique des risques
- Toxicologie
- Hygiène industrielle
- Caractéristiques d'inflammabilité
- Risques liés aux explosions de gaz et de poussières
- Présentation des explosifs
- Thermochimie des explosifs
- Estimation des propriétés des explosifs
- Déflagration
- Détonation
- Explosion de nuages gazeux

Modalités d'évaluation

Projet 2h00

Compétences

C1	Maîtriser	Modéliser, analyser et évaluer les risques pyrotechniques associés à chaque activité de l'entreprise au regard de la complexité et de la dangerosité des matériaux.
-----------	-----------	---

Module Ondes de choc et effets de souffle	
Volume horaire Cours : 08h00	Volume horaire TD : 08h00
Volume horaire Projet : 06h00	

Objectifs

L'objectif de ce cours est de donner la base nécessaire pour comprendre les phénomènes de propagation d'onde choc suite à des explosions.

Pré-requis

Mécanique des fluides

Programme

- Perturbation en milieu inerte - Généralités
- Onde de choc sans combustion - Equations pour un écoulement 1D chimiquement inerte
- Ondes de choc obliques
- Ondes de choc réfléchies
- Transmission d'une onde de choc entre deux milieux
- Analyse des effets de souffle suite à la détonation d'explosifs

Modalités d'évaluation

Projet 06h

Compétences

C2	Réaliser	Modéliser, analyser et évaluer les impacts de chaque effet caractéristique pyrotechnique sur l'environnement.
----	----------	---

Module Explosion de poussières	
Volume horaire Cours : 10h30	Volume horaire TD : 03h00
Volume horaire TP : 04h00	

Objectifs

Proposer des outils pour permettre une approche à plusieurs niveaux du problème :

- Caractériser des poussières (physique et chimique) pour évaluer le risque, moyens de diagnostique utilisable pour caractériser des poussières.
- Caractériser le milieu environnant des poussières, évaluer la possibilité de génération du nuage et identifier les sources d'amorçages potentielles.
- Décrire l'explosion et évaluer les effets de surpression sur les structures par l'utilisation de modèles.
- Démarche de l'expert en analyse de risques accidentels liés aux explosions de poussières

Pré-requis

Thermodynamique - Mécanique des fluides

Programme

- ATEX : Phénoménologie de l'explosion - Grands principes et moyens de prévention/protection pour les gaz et vapeurs - Réglementation
- Risques et explosions dans les silos : Retour d'expérience - Phénomènes dangereux et données de sécurité - Réglementation - Prévention et protection
- Résistance des structures aux explosions de poussière : Caractérisation agression - Modèles/modélisation - Protection - Etude de cas concrets

Modalités d'évaluation

Examen 01h20

Compétences

C2	Réaliser	Modéliser, analyser et évaluer les impacts de chaque effet caractéristique pyrotechnique sur l'environnement.
-----------	----------	---

Module Incendies	
Volume horaire Cours : 13h30	Volume horaire TD : 06h00
Volume horaire TP : 03h00	

Objectifs

- Analyser les phénomènes présents dans un incendie et d'estimer ses caractéristiques.
- Utiliser un code à zone pour simuler le risque incendie.

Pré-requis

Thermodynamique - Combustion - Mécanique des fluides

Programme

- Introduction
- Physique de l'incendie
- Combustion
- Feux libres
- Feux à l'intérieur des bâtiments
- Utilisation du code MAGIC : Modélisation de feu dans des locaux multi-compartimentés

Modalités d'évaluation

Examen 01h20

Compétences

C2	Réaliser	Modéliser, analyser et évaluer les impacts de chaque effet caractéristique pyrotechnique sur l'environnement.
-----------	----------	---

Module Risques en pyrotechnie	
Volume horaire Cours : 03h30	Volume horaire TD : 04h00
Visite sur site pyrotechnique avec démonstrations : 03h00	

Objectifs

Donner les bases de réduction des dommages et les moyens de protection liés aux explosions dans le domaine de la pyrotechnie.

Pré-requis

Analyse des Risques - Mécanique des fluides - Thermochimie - Combustion

Programme

- Définition et historique de la pyrotechnie
- Les utilisations de la pyrotechnie
- Les produits pyrotechniques aussi bien civils que militaires
- Le fonctionnement d'un dispositif pyrotechnique
- Les effets
- La réglementation
- Sources de déclenchements involontaires
- L'évaluation du risque en pyrotechnie avec les zones d'effet Z1...Z2... etc et le niveau de probabilité d'accidents
- Comment réduire la probabilité d'accident
- Comment réduire les zones d'effets
- Les moyens de protection
- Accidentologie

Modalités d'évaluation

Examen 01h20

Compétences

C1	Maîtriser	Modéliser, analyser et évaluer les risques pyrotechniques associés à chaque activité de l'entreprise au regard de la complexité et de la dangerosité des matériaux.
-----------	-----------	---

Module Simulations d'onde de choc (sur code)	
Volume horaire Cours : 04h00	Volume horaire TD : 08h00
Volume horaire Projet : 15h00	

Objectifs

L'objectif de ce module est de se familiariser avec un code de calcul dédié à propagation des ondes de choc

Pré-requis

Mécanique des fluides – Fluide compressible

Programme

- Présentation de l'outil
- Exercices guidés

Modalités d'évaluation

Projet 20h00

Compétences

C2	Réaliser	Modéliser, analyser et évaluer les impacts de chaque effet caractéristique pyrotechnique sur l'environnement.
-----------	----------	---

Parcours Aspects sécuritaires et environnementaux de la pyrotechnie

Module Caractéristiques des substances pyrotechniques

Volume horaire Cours : 24h00

Objectifs

Comprendre, analyser et manipuler les matériaux énergétiques en toute sécurité pour la conception, la fabrication et la sécurisation de produits et matériels pyrotechniques

Pré-requis

Thermochimie des explosifs

Programme

- Introduction sur les matières énergétiques
 - Différentes matières énergétiques
 - Modes de décomposition : combustion, détonation, déflagration
 - Sensibilités, sécurité et toxicité
 - Chaîne pyrotechnique
 - Vieillessement
- Poudres propulsives
 - Familles de poudres
 - Caractéristiques (forme, caractéristiques physico-chimiques)
 - Propriétés et sensibilité
 - Combustion et balistique intérieure
 - Vieillessement
 - Principales applications
- Propergols :
 - Composants : bases, liants,
 - Caractéristiques
 - Principales applications
- Explosifs :
 - Différents types d'explosifs et compositions explosives
 - Caractéristiques et sensibilité
 - Mise en œuvre
 - Principales applications
- Compositions pyrotechniques
 - Oxydants, réducteurs, liants
 - Mise en œuvre
 - Caractérisation
 - Application

Modalités d'évaluation

Examen de 01h20

Compétences

Référence	Verbe	Description
C1	Maîtriser	Modéliser, analyser et évaluer les risques pyrotechniques associés à chaque activité de l'entreprise au regard de la complexité et de la dangerosité des matériaux.
C2	Rédiger	Modéliser, analyser et évaluer les impacts de chaque effet caractéristique pyrotechnique sur l'environnement.

Module Analyse du risque et études de sécurité pyrotechnique	
Volume horaire Cours : 09h00	Volume horaire TD : 09h00

Objectifs

Être en mesure de réaliser des études de risques pyrotechniques afin de rédiger les études de sécurité appropriées.

Pré-requis

Analyse des risques – Thermochimie des explosifs

Programme

Rappel sur la sécurité pyrotechnique :

- Les accidents pyrotechniques et leurs causes
- Les grands principes de sécurité
- Les principaux textes de la réglementation de sécurité pyrotechnique
- L'application de la réglementation
- Les consignes de sécurité

Méthodologie de l'évaluation des risques

Les études de sécurité

Les distances de sécurité entre installations

TD : Réalisation d'une évaluation des risques sur un cas concret

Modalités d'évaluation

Examen 1h20

Compétences

Référence	Verbe	Description
C1	Maîtriser	Modéliser, analyser et évaluer les risques pyrotechniques associés à chaque activité de l'entreprise au regard de la complexité et de la dangerosité des matériaux.
C2	Rédiger	Modéliser, analyser et évaluer les impacts de chaque effet caractéristique pyrotechnique sur l'environnement.
C3	Réaliser	Concevoir et rédiger les différentes études de sécurité pyrotechnique en fonction situations d'emploi.

Module Matières dangereuses et sites classés (ICPE)	
Volume horaire Cours : 10h00	Volume horaire TD : 06h00

Objectifs

Maîtriser la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) : L'objet de ce module de formation est de présenter la réglementation européenne et française des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et comment elle s'applique aux établissements où sont mis en œuvre des matières et objets pyrotechniques (Classe 1 de la réglementation ONU pour le transport de matières dangereuses)

Pré-requis

Analyse des risques – Thermochimie des explosifs

Programme

- La réglementation européenne (Directive SEVESO 3) et sa transcription en droit français en vue de la prévention des accidents majeurs.
- La nomenclature française des ICPE : régimes de déclaration/contrôle, d'enregistrement et d'autorisation ; seuils haut et bas issus de la Directive SEVESO 3.
- Les Etudes de Danger réglementaires : objectifs, méthode d'établissement, plan-type.
- Les Etudes d'Impact : objectifs, méthode d'établissement, étendue des aspects environnementaux à prendre en compte.
- Les régimes réactionnels et les divisions de risque : la circulaire interministérielle du 20 avril 2007 et la circulaire ministérielle MEEDDM du 10 mai 2010.
- Notions de vivacité et de cloisonnement applicables à la détermination de la nature et de la gravité des effets des matières et objets pyrotechniques. Evaluation du risque de transition entre les régimes de combustion et d'explosion en masse.
- Calcul des distances d'isolement entre elles des installations internes à un site classé. Mesures permettant leur réduction. Evaluation des risques d'effets domino. Justification des positionnements relatifs des installations du site. Définition de la zone pyrotechnique.
- Incidence des activités du site sur son voisinage immédiat. Evaluation du nombre de personnes exposées hors du site par type de danger généré. Analyse du caractère critique ou non de la situation observée. Etablissement de la matrice MMR. Définition des mesures permettant de réduire si possible à la source les situations critiques.
- Présentation d'un exemple d'Etude de Danger.
- Présentation d'exemples d'analyses réalisées dans la cadre des Etudes d'Impact environnemental (Etudes Faune/Flore, Gestion des eaux, Impact sur la santé publique...)

- Procédure de soumission des Etudes de Danger et des Etudes d'Impact environnemental aux services de l'Etat (Préfecture, DREAL)
- Périodicité de révision des Etudes de Danger
- Conclusions et questions

Modalités d'évaluation

Examen final de 01h20

Compétences

C3	Réaliser	Concevoir et rédiger les différentes études de sécurité pyrotechnique en fonction situations d'emploi.
-----------	----------	--

Module Risques et transport de matières dangereuses	
Volume horaire Cours : 12h00	Volume horaire TD : 06h00

Objectifs

Maîtriser les règles en matière de transports de matières dangereuses.

Pré-requis

Analyse des risques – Thermochimie des explosifs

Programme

Accord ADR

- Identification et classification
 - Numéro ONU
 - Désignation réglementaire
 - Code de classification
 - Groupe d'emballage
 - Classe des produits
- Dispositions spéciales
- Exemptions
 - Colis en quantités limitées
 - Colis en quantités exceptées
- Emballages
 - Instructions d'emballage
 - Marquage et étiquetage
 - Emballages vides
- Exemptions partielles
- Citernes mobiles et citernes ADR
 - Utilisation
 - Conception
- Agrément des véhicules
- Dispositions spéciales pour le transport en colis et vac
 - Chargement et déchargement
 - Interdiction de chargement en commun
 - Précautions particulières
- Exploitation
- Signalisation et placardage des véhicules
- Documents de bord
 - Documents de transport
 - Consignes écrites de sécurité

- Autres documents
- Equipement des véhicules
- Circulation et restriction de circulation dans les tunnels
- Sûreté
- Formation de différents intervenants
 - Formation des conducteurs
 - Formation des autres personnes
- Cas pratiques (QCM)
 - Identification des matières
 - Classification des matières
 - Exemptions
 - Emballages
 - Marquage et étiquetage des emballages

Spécificités classe 1

- Définition des divisions des lettres de compatibilité
- Classement des artifices de divertissement
- Glossaire
- Emballage, marquage, étiquetage, suremballage, les emballages vides
- Interdiction de chargement en commun, limitation des quantités chargées
- Agrément des véhicules EXII / EXIII
- Signalisation et placardage
- Documents obligatoires
- Equipement du véhicule
- Formations
- Dispositions concernant la sûreté
- Obligations et responsabilité

Modalités d'évaluation

Examen final de 01h20

Compétences

Référence	Verbe	Description
C1	Maîtriser	Modéliser, analyser et évaluer les risques pyrotechniques associés à chaque activité de l'entreprise au regard de la complexité et de la dangerosité des matériaux.
C2	Rédiger	Modéliser, analyser et évaluer les impacts de chaque effet caractéristique pyrotechnique sur l'environnement.
C3	Réaliser	Concevoir et rédiger les différentes études de sécurité pyrotechnique en fonction situations d'emploi.

Module Droit de l'environnement	
Volume horaire Cours : 11h00	Volume horaire TD : 09h00

Objectifs

Sélectionner les principaux textes en vigueur dans le monde industriel pyrotechnique et les appliquer lors des études de risques et de sécurité.

Pré-requis

Etude de dépollution des sols - ICPE

Programme

- Sources du droit environnemental
 - Le droit international de l'environnement
 - Le droit de l'environnement de l'Union européenne
- Les sources du droit environnemental français
 - Notions de droit
 - Le droit français et l'environnement
- Repères en droit de l'environnement
- L'évaluation environnementale
 - L'évaluation environnementale des projets
 - L'évaluation environnementale des instruments de planification
- Les ICPE
 - Le régime commun
 - Les régimes spécifiques
 - L'application de la réglementation
- Le droit de l'air et du climat
 - Notions et principes
 - La lutte contre la pollution atmosphérique
- Le droit des déchets
 - Notions et principes
 - Gestion des déchets
 - Gestion des produits dangereux pour la santé et l'environnement
- Le droit de l'eau et de la biodiversité
 - Quelques points de repère
 - La gestion de l'eau
 - La biodiversité

Modalités d'évaluation

Dossier à constituer durant les heures de TD

Compétences

C3	Réaliser	Concevoir et rédiger les différentes études de sécurité pyrotechnique en fonction situations d'emploi.
-----------	----------	--

Module Dépollution des sols	
Volume horaire Cours : 12h00	Volume horaire TD : 07h00

Objectifs

Mener une étude historique et technique en matière de dépollution pyrotechnique des sols

Pré-requis

Risques en pyrotechnie – Modélisation des accidents – Analyse du risque et EST – Droit à l’environnement

Programme

- Etude en dépollution des sols
- Définition d’un sol par ses caractéristiques :
 - Géologiques et pédologiques : le sol « naturel » et la composition de son épiderme.
 - Anthropiques : les remaniements du sols liées à des activités humaines :
 - Aménagements et constructions
 - Géochimiques et géotechniques :
 - Notions de résistance mécanique des sols (à la pénétration de munitions)
 - Notions de chimie des sols, des facteurs de corrosion qui en résultent et peuvent provoquer la fragilisation des engins de guerre.
- Recherche documentaire des informations « sol » : les sources disponibles
- Les origines du risque Pyrotechnique en France : chronologie et géographie des risques sur le territoire métropolitain et les principaux territoires ultramarins
- Bilan de la journée
- La problématique de la gestion du risque historique pyrotechnique sur les chantiers de travaux publics (hors domaine militaire), réglementation et usages
 - Cadre règlementaire spécifique au domaine militaire, procédures
 - Les sources disponibles et leur collecte
- Rédiger une EHTPP pour une approche expertale : rigueur, formalisme, précautions
- Evaluer le bénéfice de l’étude et collaborer avec les AMO en pyrotechnie pour sécuriser les opérations
- Cas concrets et mise en situation de groupe

Modalités d'évaluation

Examen 01h20

Compétences

C3	Réaliser	Concevoir et rédiger les différentes études de sécurité pyrotechnique en fonction situations d'emploi.
C4	Réaliser	Décliner et mettre en œuvre les actions de prévention aux risques pyrotechniques.

Projet industriel

Module Projet pyrotechnie industriel
Volume horaire Projet : 50h00

Objectifs

Réaliser une étude de sécurité pyrotechnique (ou AST) au sein de son entreprise.

Pré-requis

Être en mesure d'analyser les risques et leurs effets au regard du site et des matériaux utilisés.

Programme

Modalités d'évaluation

Rapport d'activités + soutenance orale

Compétences

Référence	Verbe	Description
C1	Maîtriser	Modéliser, analyser et évaluer les risques pyrotechniques associés à chaque activité de l'entreprise au regard de la complexité et de la dangerosité des matériaux.
C2	Rédiger	Modéliser, analyser et évaluer les impacts de chaque effet caractéristique pyrotechnique sur l'environnement.
C3	Réaliser	Concevoir et rédiger les différentes études de sécurité pyrotechnique en fonction situations d'emploi.
C4	Réaliser	Décliner et mettre en œuvre les actions de prévention aux risques pyrotechniques.