



La lettre de l'IPE

Expert de la sécurité pyrotechnique

Janvier 2022 – N°48

Editorial

L'année 2021 s'est achevée dans un contexte épidémique qui perdure mais avec lequel nous avons appris à travailler et communiquer. Malgré les restrictions de rassemblement en présentiel, nous avons tout de même réussi à poursuivre nos travaux en lien avec la communauté pyrotechnique.

« Celui qui ne sait pas d'où il vient ne peut savoir où il va... » Bismarck. Aussi, retrouver l'origine des dispositions réglementaires pour mieux les faire évoluer et les adapter si nécessaire au contexte actuel au regard du retour d'expérience, telle est la démarche qui continue de guider notre réflexion sur plusieurs sujets présentés dans cette lettre. Le cadre rénové de la prévention des risques pyrotechniques pour les travailleurs que nous proposons dans la lettre n°45, avec la présentation d'une « grille des ti », a été l'objet d'échanges avec différents employeurs. Des précisions sont apportées permettant de répondre à certaines questions et préoccupations qui nous ont été soumises. La poursuite d'un travail interactif permettra de mieux préparer des évolutions futures du cadre réglementaire.

Lors du semestre écoulé, nous avons concentré une partie de nos travaux pour mieux cerner le champ d'application de l'article R4462-1. En effet, ce sujet fait l'objet de discussions depuis la codification opérée en 2013, surtout chez les utilisateurs de produits explosifs. Notre analyse est présentée dans un article qui propose des évolutions en vue d'optimiser l'effort global de la formalisation documentaire exigée des employeurs.

Les réflexions tournées vers le futur sont certes importantes mais il est également primordial d'améliorer en permanence les outils concourant à la sécurité. La connaissance de l'accidentologie est une donnée fondamentale dans le domaine pyrotechnique qui sert notamment à justifier les probabilités d'évènement. Et c'est pourquoi le retour d'expérience de l'accidentologie est demandé dans les études de sécurité. L'IPE apporte une contribution par le bilan semestriel des accidents pyrotechniques que nous partageons dans la lettre de l'IPE. Nous avons décidé de compléter cette action par la mise en place d'une base de données d'accidents/incidents pyrotechniques. Un article présente cette base qui est actuellement en test [au sein du ministère des armées](#). Les employeurs et exploitants de sites pyrotechniques qui souhaitent disposer de données complémentaires pour leurs analyses de sécurité peuvent transmettre leur demande à l'adresse fonctionnelle de l'IPE et nous leur ferons parvenir les extraits de la base s'y rapportant.

La Direction Générale du Travail (DGT) a également envoyé un article pour rappeler la réglementation suite à un accident récent.

L'actualité internationale et les pratiques de pays étrangers sont une source d'information pour confronter nos pratiques actuelles et d'inspiration pour le futur. Ainsi une étude récente menée par le MSIAC a permis de faire un point de situation sur l'état de la connaissance en matière de risques liés aux ondes électromagnétiques sur les objets explosifs. Nous présentons également une comparaison des approches de différents pays concernant les probabilités d'accidents pyrotechniques dans les stockages.

Cette tribune me permet de saisir l'opportunité de vous souhaiter une bonne lecture de cette nouvelle lettre et une bonne année 2022 sous le signe de la sécurité pyrotechnique et sanitaire.

Françoise LEVEQUE

*Inspectrice de l'armement
pour les poudres et explosifs*

Sommaire

Réflexions relatives aux dispositions de l'arrêté du 20 avril 2007 (suite)
page 2

Utilisateurs d'objets explosifs marqués CE : faut-il maintenir l'exigence d'EST ?
page 5

Utilisation des cartouches pyrotechniques de catégorie P2
page 8

Téléphones portables et sécurité pyrotechnique
page 8

Version 2021 du guide défense de bonnes pratiques en pyrotechnie
page 9

Les probabilités d'accidents pyrotechniques dans les études de sécurité
page 10

Incidents / accidents pyrotechniques
page 14

Sites internet utiles
page 17

Incidents/accidents Bilans 2021 et 2001-2021
page 18

Nous contacter
page 21



Réflexions relatives aux dispositions de l'arrêté du 20 avril 2007 (suite)

L'arrêté du 20 avril 2007, via son tableau de conformité d'implantation des installations (article 16), traite à la fois l'implantation des installations et la protection des travailleurs, en élargissant pour l'occasion le concept d'installation à celui d'emplacement de travail et en confondant *in fine* ces deux notions. Or, la recherche d'une « conformité d'implantation » peut faire perdre de vue le double objectif visé par les études de sécurité (EST) que sont la prévention des effets dominos au sein d'un établissement d'une part et la réduction de l'exposition des travailleurs au risque pyrotechnique d'autre part.

C'est pourquoi nous proposons dans la lettre IPE n°45 de séparer les considérations relatives aux installations pyrotechniques de celles relatives aux travailleurs afin de mieux traiter les attendus en matière de sécurité pyrotechnique. Cette nouvelle approche serait aussi de nature à résoudre de nombreuses difficultés récurrentes soulevées depuis 40 ans dans les EST avec, pour ne citer qu'un exemple, le recours - non réglementaire *stricto sensu* - à la gestion des co-activités pour « rendre conforme des installations non conformes ».

Une démarche spécifique pour évaluer l'exposition des travailleurs au risque pyrotechnique est possible et serait davantage dans l'esprit du document unique d'évaluation des risques professionnels (instauré postérieurement aux études de sécurité). La nouvelle approche pour évaluer cette exposition n'est pas révolutionnaire en soi : elle repose sur la simple idée que moins un travailleur est impliqué dans une opération pyrotechnique, plus il doit être éloigné et/ou plus son temps d'exposition dans les zones de dangers potentiels de cette opération pyrotechnique doit être réduit.

Il était ainsi proposé de retenir trois grandes catégories de travailleurs œuvrant au sein d'un établissement pyrotechnique :

- Un travailleur t1 est indispensable à la réalisation de l'opération menée.
- Un travailleur t2 exerce régulièrement une activité, pyrotechnique ou non, directement liée aux activités se déroulant au sein de l'enceinte pyrotechnique (son emplacement de travail habituel est situé en enceinte pyrotechnique).
- Un travailleur t3 relève de l'établissement responsable de l'installation pyrotechnique mais exerce une activité non directement liée aux opérations pyrotechniques (son emplacement de travail habituel est donc situé en dehors de l'enceinte pyrotechnique). Il peut être amené à intervenir temporairement en enceinte pyrotechnique.

Le risque pyrotechnique inhérent aux activités menées auquel sont exposés ces travailleurs est fonction de la probabilité d'occurrence d'un événement pyrotechnique redouté lors de l'opération menée (P_i) et de la gravité de cet événement en prenant en compte, le cas échéant, des mesures de réduction des risques. En établissant la relation entre la gravité d'exposition et la zone d'effets correspondant (Z_j), l'exposition maximale des travailleurs pourrait être analysée sur la base du tableau suivant :

Zone d'effets	Probabilité d'évènement pyrotechnique affectée à une opération pyrotechnique					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
Z1Z2	t1 t2 t3	t1 t2	t1			
Z3	t1 t2 t3	t1 t2 t3	t1 t2	t1		
Z4	t1 t2 t3	t1 t2 t3	t1 t2 t3	t1 t2	t1	

Concernant les zones d'effets Z_j , l'arrêté du 20 avril 2007 définit un seuil de létalité à 50% pour la limite Z1/Z2. Des travaux menés par l'IPE et l'INERIS pour retrouver les fondements des formules de calculs actuelles des zones d'effets conduisent à penser que la limite Z2/Z3 correspond à un seuil de létalité de 10% environ et que la limite Z3/Z4 correspond à un seuil de létalité de 1%. Le tableau proposé est donc construit logiquement, par décades, ce qui diffère quelque peu du tableau de l'article 16 de l'arrêté du 20 avril 2007.

Il est donc plus facile de voir à travers cette nouvelle « grille des ti » qu'un travailleur est dix fois moins exposé lorsque l'on passe d'une probabilité P_i à P_{i-1} ou lorsque l'on passe d'une zone de danger Z_j à Z_{j+1} . Au final, les préceptes proposés visent simplement à ce qu'un travailleur t2 soit dix fois moins exposé que le travailleur t1 qui participe à l'opération génératrice de risque pyrotechnique et qu'un travailleur t3 soit dix fois moins exposé qu'un travailleur t2.

Pour tenir compte de la réalité du terrain, il était indiqué la possibilité d'une décote d'une décade (et une seule) sous certaines conditions et notamment lorsqu'un travailleur n'est que très brièvement exposé à l'opération pyrotechnique menée.

Les réactions qui nous sont parvenues à la suite de la publication de la lettre de l'IPE n°45 montrent que cette nouvelle approche suscite un intérêt certain mais aussi et naturellement des interrogations. Cet article vise à préciser certains points de cette nouvelle approche centrée sur les travailleurs et à approfondir en commun ces réflexions.



Les définitions des travailleurs t1, t2, t3 devraient être davantage développées ?

Les définitions données pour les ti sont délibérément concises. La tentation est grande de vouloir préciser ces notions mais on peut penser que la multitude d'actions possibles par des travailleurs ainsi que leur positionnement lors des activités pyrotechniques ne peuvent être retranscrits réglementairement de façon exhaustive. L'avantage de définitions minimalistes est de rester concentré sur l'idée essentielle : les travailleurs doivent être d'autant plus éloignés qu'ils sont moins indispensables à l'opération menée.

Il est donc jugé préférable de renvoyer à une circulaire le développement de ces définitions t1, t2, t3. Une certaine souplesse est également souhaitable pour ne pas figer toutes les situations avec des règles qui pourraient se révéler difficilement applicables à l'usage. Cette notion de souplesse paraît indispensable pour les employeurs afin de prendre en compte les situations réelles de terrain en justifiant les dispositions qu'ils prennent pour les traiter.

Surtout, il ne s'agit pas de mettre d'emblée les travailleurs dans des cases au risque d'annihiler a priori toute réflexion sur la sécurité : un chef d'équipe est a priori un t1 même s'il n'agit pas directement sur l'objet explosif, un travailleur t1 se rendant aux toilettes « redevient » un travailleur t2, voire t3, vis-à-vis de l'opération en cours, un directeur d'établissement est a priori un t3 mais sa présence in situ pour apprécier une situation dégradée ne peut être exclue ... Le tableau des ti donne donc les grands principes à respecter pour pouvoir traiter les situations de travail extrêmement diverses et variées rencontrées sur le terrain.

Au-delà de la sémantique, les questions essentielles doivent rester les suivantes : Est-ce que le travailleur est vraiment indispensable à l'opération en cours sur le produit explosif (t1) ? Est-ce que les autres travailleurs (t2 et t3) sont suffisamment éloignés (a minima, hors Z2 si P2 et hors Z3 si P3) et est-ce que leur durée d'exposition est réduite au minimum vis-à-vis de l'opération menée par les travailleurs t1 ?

Les travailleurs classés t1 sont-ils forcément des pyrotechniciens ?

Il pourrait être utile de préciser qu'une opération pyrotechnique est un travail mené directement sur une substance, une matière ou un objet explosif mais on trouvera sans doute des contre-exemples. L'idée est donc que les travailleurs t1 mènent des opérations, pyrotechniques ou non, concourant à l'activité pyrotechnique des employeurs signataires de l'EST. A ce titre, ils se retrouvent souvent au plus proche des charges explosives. Dès lors, ce sont eux qui encourent le plus grand risque résiduel.

Les travailleurs t1 sont donc normalement des pyrotechniciens, formés et habilités aux opérations pyrotechniques par le ou les employeurs signataires de l'EST. Outre les travailleurs menant les opérations pyrotechniques, certains agents ont des tâches qui peuvent

les conduire à être présents en permanence à proximité des matières et objets pyrotechniques. Ainsi, certaines exigences qualité du secteur spatial ou aéronautique peuvent impliquer la présence de contrôleurs qui, bien que ne menant pas directement une opération pyrotechnique, sont donc bien dans ce cas des travailleurs t1.

En ce qui concerne les travailleurs t2 et t3, un minimum de réflexion est également nécessaire comme le montrent les cas suivants :

Les rondiers ou les agents de maintenance peuvent également intervenir en enceinte pyrotechnique et être exposés dans certaines circonstances. Néanmoins, ces personnels ne sont pas à considérer comme des travailleurs t1 mais au maximum comme des travailleurs t2 occasionnels ou, pour le formuler autrement, leur durée d'exposition ramenée sur l'année devrait être très inférieure à celle des travailleurs t1. On gardera à l'esprit qu'un travailleur t2 peut effectivement être *ponctuellement* exposé au même niveau qu'un travailleur t1 (cf. les conditions de décote d'une décade) et si les circonstances l'exigent, avec éventuellement des mesures complémentaires de maîtrise des risques.

En ce qui concerne la « surveillance » des installations en heures non ouvrées, il n'apparaît pas justifiable qu'un rondier soit autant exposé qu'un travailleur pyrotechnicien t1. La surveillance des installations peut de nos jours être menée à distance, par exemple au moyen de caméras. En revanche, si le rondier à une action éventuelle à mener dans les installations pyrotechniques, il pourrait être considéré comme un travailleur t1 et devrait être à ce titre formé et habilité en conséquence. On notera que les personnels en astreinte sur les sites pyrotechniques Seveso sont souvent des opérateurs pyrotechniciens qui, dans ce cas, remplissent les conditions pour être comptés comme des travailleurs t1.

A l'inverse d'un rondier qui pourrait avoir une action à mener dans une installation pyrotechnique, il paraît plus difficile d'accepter qu'un agent de maintenance soit assimilé à un travailleur t1. S'il est un personnel de l'entreprise signataire de l'EST, il pourrait au mieux être considéré comme un t2, œuvrant régulièrement dans l'enceinte pyrotechnique suivant à ce titre les formations au risque pyrotechnique ad-hoc (y compris les formations trimestrielles). Un agent de maintenance courante (mécanique, électricité...) sera plus sûrement considéré dans la catégorie t3, sachant que la situation nominale est de réaliser les activités de maintenance des installations pyrotechnique de façon programmée en l'absence de matières pyrotechniques.

Dans le cas de situations dégradées qui exigeraient une intervention de personnels de maintenance, une analyse des risques préalable est indispensable. Elle devrait analyser pour les travailleurs le niveau d'exposition admissible selon les principes de la grille des ti tout en prenant en compte la situation réelle avec la mise en place de mesures de maîtrise des risques adaptées. La pertinence de cette analyse, signée et archivée au document unique à l'instar d'une analyse de sécurité, devrait pouvoir prendre le pas sur une recherche de stricte conformité à un tableau réglementaire.

Le cas des travailleurs des entreprises extérieures est abordé ci-après.



Pourquoi n'y-a-t-il pas de travailleurs classés t4 ?

Il est important de souligner que les travailleurs ti sont les travailleurs relevant des employeurs réalisant une activité pyrotechnique et signataires à ce titre de l'EST. L'EST

décrit ainsi l'exposition au risque pyrotechnique des travailleurs demandée par l'arrêté du 7 novembre 2013.

L'évaluation des risques encourus par les travailleurs relevant des entreprises extérieures doit quant à elle faire l'objet d'un plan de prévention conformément aux dispositions afférentes du code du Travail (CT). Les conclusions de l'EST doivent être reportées dans le plan de prévention comme stipulé par l'article R.4462-5 du CT.

Les principes proposés permettraient toutefois de préciser l'évaluation de l'exposition des travailleurs des entreprises extérieures en estimant cette dernière par rapport à celle des travailleurs t3 de l'établissement pyrotechnique, ce que ne permet pas la réglementation actuelle :

En première approche, il apparaît logique que les travailleurs des entreprises extérieures *non signataires de l'EST* soient moins exposés que les travailleurs de l'établissement pyrotechnique. En effet, les travailleurs d'une entreprise extérieure, non signataire de l'EST, ne sauraient être autant exposés que des travailleurs pyrotechniciens t1 qui mènent les opérations concourant directement à l'activité pyrotechnique ou des travailleurs t2 régulièrement exposés en enceinte pyrotechnique.

Ceci dit, le niveau résiduel de risque pyrotechnique auquel est exposé un personnel d'une entreprise extérieure reste à débattre, d'où l'absence de t4 dans la grille. On peut notamment comprendre que :

- Soit l'entreprise extérieure mène une activité non liée aux activités pyrotechniques de l'entreprise utilisatrice : entreprise de nettoyage, de restauration, Alors l'analyse menée dans l'EST devrait démontrer que ces travailleurs sont moins exposés que les travailleurs t3 de l'entreprise utilisatrice.
- Soit l'entreprise extérieure mène une activité indirectement liée aux activités pyrotechniques de l'entreprise utilisatrice : contrôles et vérifications périodiques obligatoires, intervention pour maintenance corrective, rondiers, entretien de la végétation... Alors l'analyse menée dans l'EST devrait démontrer que ces travailleurs sont moins exposés que les travailleurs t2 de l'entreprise utilisatrice, donc au même niveau que des travailleurs t3.

L'application de la grille des ti pour l'évaluation des risques des travailleurs des entreprises extérieures permettrait ainsi d'indiquer dans le plan de prévention le niveau de leur exposition, par référence à celui des travailleurs t3 de l'établissement d'accueil (entreprise utilisatrice).

En ce qui concerne les visiteurs, ceux-ci ne sont, par définition, associés à aucune opération pyrotechnique, à la différence des travailleurs occasionnels. Les visites d'installation ne devraient donc être réalisées qu'en dehors des phases liées aux opérations pyrotechniques.

Pourquoi ne pas chiffrer les conditions permettant une décote d'une décade ?

Ce sera certainement le point le plus délicat dans l'application des principes portés par la nouvelle approche ti. Cette question est d'ailleurs déjà présente avec la notion de ai* de l'arrêté du 20 avril 2007 ou encore avec la notion de probabilité d'exposition (PE) de l'arrêté du 12 septembre 2011 dont elle reprend l'idée. Les lignes qui suivent visent à préciser le débat, le but recherché étant d'être certain de gagner au moins une décade sur le niveau d'exposition du travailleur.

La grille d'exposition maximale rappelée au début de cet article s'entend avec des travailleurs exposés en permanence, tout au long de l'année, puisque les probabilités Pi sont estimées à l'aune annuelle. On pourrait donc effectivement considérer que le fait d'être exposé moins de 10% de son temps de travail permet une décote d'une décade. L'attention est cependant attirée sur le fait que les classes de probabilité Pi actuelles sont historiquement semi-empiriques et que l'estimation des probabilités est une question en elle-même au cœur du risque (cf. l'article sur les probabilités dans la présente lettre).

Il apparaît justifié de pondérer l'exposition des travailleurs t2 et t3 par le temps de présence effectif de ces derniers dans les zones de dangers Zj d'une opération menée par des travailleurs t1, s'il est démontré que leur temps d'exposition est très faible rapporté à l'année. L'évaluation des risques aurait à justifier de la brièveté ou du caractère transitoire dans les zones de dangers d'une opération pyrotechnique menée par des travailleurs t1 (ou d'une installation pyrotechnique mise en œuvre par des travailleurs t1) pour pouvoir prétendre à bénéficier d'un déclassement maximum d'une décade.

En ce qui concerne les travailleurs t1, leur action est la plupart du temps une composante intégrante de la probabilité intrinsèque (et semi-empirique) d'un événement pyrotechnique. La justification relative à la décote d'une décade pour un travailleur t1 ne devrait donc pas reposer uniquement sur une durée d'exposition brève, sauf, peut-être, si l'opération en question vise uniquement à aller relever ou vérifier les paramètres d'une machine automatisée.

Afin d'éviter de devoir « dosimétrer » les travailleurs, une durée d'exposition clairement inférieure à 10% sur l'année pour prétendre à une décote d'une décade maximum pour les travailleurs t2 et t3 devrait être visée. Ce serait par exemple le cas de travailleurs t2 empruntant des voies de circulation passant dans les zones de danger P1/Z1 d'une autre installation pyrotechnique pour se rendre à leur emplacement de travail, ce que ne permet pas la réglementation actuelle (seul le a0 est autorisé en Z1 quelle que soit la probabilité d'occurrence).

L'argumentation pour bénéficier d'une décote pour le travailleur t1 doit quant à elle s'appuyer sur un temps d'exposition le plus court possible mais aussi sur d'autres mesures de maîtrise des risques telle qu'une habilitation ou une qualification particulière. Ce sont les compétences élevées et reconnues du travailleur t1 qui contribuent à



abaisser la probabilité « moyenne » d'un événement pyrotechnique. Cela est particulièrement vrai pour les opérations classées P3 qui ne devraient être confiées qu'à des travailleurs hautement qualifiés, comme explicité ci-après.

Peut-on mener une opération « au contact de la charge » dont la probabilité est estimée à P3 ?

Une lecture rapide de la grille d'exposition maximale des ti semble imposer que les opérations pyrotechniques classées P3 soient menées à distance. En effet, lorsqu'un événement pyrotechnique est estimé comme « probable » (ce qui est la définition actuelle de la probabilité P3), il conviendrait de rechercher avant tout la possibilité de mener à distance cette opération.

Si l'opération ne peut être menée à distance des charges explosives, la durée de cette opération devrait être minimisée, le nombre de personnes présentes dans la zone réduit au strict minimum et les opérateurs devront être dûment formés, qualifiés, habilités pour l'opération à mener. C'est le sens des justifications demandées pour pouvoir gagner une décade et autoriser des travailleurs t1 « au contact » soient, comme exemples, les opérations de branchement de détonateurs (certificat de préposé au tir) ou d'expertise de munitions dégradées.

Qu'est devenue la zone de danger Z5 ?

La limite Z4/Z5 est communément admise comme étant la distance au-delà de laquelle la présence de riverains ou d'habitations extérieures au site pyrotechnique est permise. Le risque y est considéré comme très faible et, dès lors, cette zone n'est pas significative pour les travailleurs de l'établissement pyrotechnique, qu'ils soient t1, t2 ou t3.

En revanche, cette zone Z5 qui s'étend souvent au-delà des limites clôturées du site pyrotechnique demeure importante pour l'élaboration des études de dangers,

l'étude de l'implantation des installations pyrotechniques et la maîtrise de l'urbanisation portées par le code de l'Environnement.

En guise de conclusion provisoire

L'approche proposée se base sur l'idée simple qu'un travailleur doit être d'autant moins exposé au risque d'un événement pyrotechnique que son implication dans l'opération menée sur le produit explosif ou pyrotechnique est faible. Elle se traduit par un « tableau des ti » qui fixe le risque résiduel maximal acceptable pour chacune des trois grandes catégories de travailleurs relevant de l'employeur signataire de l'étude de sécurité.

Cette approche directe, « centrée sur les travailleurs », ne fait plus appel à l'intermédiaire d'un « emplacement de travail a0 » dont les contours et le contenu font encore aujourd'hui l'objet de nombreuses discussions. Surtout, elle tient compte du fait que les activités des travailleurs et leur présence dans les installations (bâtiments) pyrotechniques ou au voisinage de ces dernières sont fugaces.

Il ne s'agit plus de mettre les travailleurs dans des cases figées que sont les « installations ai » et de rechercher une « conformité » de ces dernières mais d'évaluer leur lien avec l'opération pyrotechnique en cours et de réduire en conséquence leur exposition aux effets potentiels de cette activité via des mesures adéquates.

L'IPE poursuivra ses réflexions sur le sujet avec tous les acteurs qui le souhaitent afin de mettre en place une réglementation future mieux adaptée et cohérente avec les démarches actuelles de prévention des risques pour les travailleurs.

Dans les prochaines lettres de l'IPE, des exemples de situations de travail posant des questions récurrentes seront analysés au travers de l'approche « travailleurs ti » montrant la pertinence de cette nouvelle approche, ces exemples étant tirés d'études de sécurité réelles.

Utilisateurs d'objets explosifs marqués CE : faut-il maintenir l'exigence d'EST ?

L'IPE poursuit ses réflexions sur l'optimisation du référentiel documentaire de sécurité pyrotechnique réglementaire. Dans cet article, nous proposons d'apprécier la pertinence de l'exigence d'approbation des études de sécurité au travail (EST) à partir notamment de notre retour d'expérience de relecture et de constats sur le terrain en s'interrogeant sur la plus-value de l'élargissement de l'exigence pour des activités qui en étaient précédemment dispensées.

CONSIDERATIONS HISTORIQUES

L'étude de sécurité : un outil méthodologique historique pour maîtriser les conséquences des accidents dans les établissements fabriquant ou encartouchant des poudres et explosifs

Les risques associés aux activités pyrotechniques sont avant tout liés à la sensibilité des substances et matières pyrotechniques dès lors qu'elles sont directement soumises à des agressions externes comme un choc, une friction ou l'électricité statique. Certaines substances ou intermédiaires de synthèse sont instables et peuvent réagir



à des stimuli de très faible énergie. Au cours des opérations de fabrication, les substances sont soumises à des sollicitations de nature mécanique ou thermique qui, bien qu'étroitement contrôlées, peuvent conduire à des

réactions pouvant transiter en déflagration, voire en détonation. Les effets seront d'autant plus importants en cas de détonation en masse de toutes les matières et objets explosifs situés à proximité. L'accident peut alors prendre des dimensions catastrophiques si l'explosion d'une installation pyrotechnique entraîne par effets dominos un sinistre dans d'autres installations pyrotechniques proches, pouvant provoquer de nombreuses victimes et des dommages majeurs jusque dans l'environnement extérieur à l'établissement.

Les études de sécurité obligatoires ont été instaurées par le décret 79-846 en réaction à une série d'accidents pyrotechniques survenus dans des établissements fabricant des poudres et des matières explosives dont l'un a conduit à des victimes et des dommages extérieurs à l'établissement (Poudrerie de Pont-de-Buis en 1975). Les études de sécurité pyrotechnique avaient pour objet de formaliser une démarche d'évaluation des risques et d'isolement des installations pyrotechniques les unes des autres de façon à limiter les effets des événements pyrotechniques survenant en fabrication. La première étape de l'élaboration des études de sécurité pyrotechnique consistait à estimer une probabilité d'évènement pyrotechnique d'une installation donneuse et calculer les zones de dangers autour de cette installation dite a_0 . La maîtrise de la sécurité des travailleurs et de l'environnement devait être ensuite garantie par un éloignement judicieux des installations voisines (a_i) conformément à un tableau d'implantation (zones d'effets Z_i / probabilité P_i d'occurrence de l'évènement pyrotechnique) figurant dans un arrêté d'application.

Il est à noter que l'étude de sécurité traitait la sécurité intérieure et extérieure des établissements pyrotechniques, ce qui n'était pas surprenant dans le contexte de l'époque. C'était au temps où le document unique d'évaluation des risques professionnels n'existait pas encore et où les préoccupations relatives à la préservation de l'environnement étaient moins prégnantes qu'aujourd'hui. Le décret 79-846 et les études de sécurité se voulaient donc une approche globale et novatrice de prévention des risques générés par les établissements de fabrication de substances et objets explosifs.

Les dispositions techniques de l'arrêté d'application (du 26 septembre 1980) avaient été élaborées pour s'adapter aux schémas d'infrastructure des établissements de fabrication qui comprenaient généralement un nombre important de bâtiments pyrotechniques, isolés et dispersés sur une grande emprise foncière, dédiés chacun à des opérations pyrotechniques, opérations réalisées séquentiellement par une petite équipe de travailleurs attachée à l'installation.

En résumé, historiquement, le monde pyrotechnique se divisait entre fabricants et utilisateurs d'objets

pyrotechniques. L'étude de sécurité concernait les fabricants et était avant tout une étude d'implantation des installations pyrotechniques. Compte tenu de la fréquence des accidents à l'époque et de l'importance en termes d'investissements pour l'employeur, l'approbation de cette étude devait permettre de marquer l'accord de l'administration sur les distances d'isolement entre installations, intérieures et extérieures.

L'EST aujourd'hui : un outil ayant peu évolué malgré des modifications de contexte

En étant clairement rattachée au code du Travail en 2013 lors de l'abrogation du décret 79-846, l'étude de sécurité au travail (EST) soumise à approbation de l'administration est devenue un outil d'évaluation des risques pour les travailleurs, sachant que les règles de gestion des risques à l'extérieur des établissements industriels ont été reprises par le corpus réglementaire de l'Environnement.

Malgré cela et l'instauration de l'évaluation obligatoire des risques professionnels transcrite dans le document unique afférent, l'EST et ses règles techniques n'ont pas évolué. Il faut toutefois noter que l'EST peut traiter indirectement l'exposition des travailleurs par l'analyse de la conformité de l'implantation des installations.

De plus, l'obligation de rédaction d'EST a été élargie en 2013 aux employeurs qui conservent des produits explosifs pour les utiliser, sans prendre réellement en considération les différences fondamentales de nature de risques entre la fabrication et l'utilisation alors que la réglementation et la normalisation européenne ont connu au préalable sur ce point des évolutions notables.

En effet, avec l'arrivée sur le marché industriel et grand public de nombreux dispositifs pyrotechniques tels que les dispositifs de sécurité comme les airbags de véhicule, les dispositifs de signalisation ou d'intervention d'urgence, la réglementation a pris en compte la sécurité des utilisateurs. Ces objets pyrotechniques au même titre que tous les explosifs civils, pour être mis sur le marché dans l'union européenne, doivent satisfaire à des exigences essentielles de sécurité et sont soumis à l'obligation de marquage CE depuis les années 90. Ce marquage (délivré par l'INERIS en France) certifie que le risque lié à un évènement pyrotechnique intempestif dans les conditions nominales d'utilisation, de stockage et de maintenance est extrêmement peu probable dans la mesure où les consignes d'utilisation et de sécurité sont respectées.

Dans le domaine défense, des efforts considérables ont été déployés depuis les années 90 pour rendre les munitions peu sensibles à des agressions extérieures, au travers de la politique dite MURAT (MUnitions à Risques Atténués) et pour connaître précisément les réactions des munitions en service soumises à ces agressions. Les munitions qui sont qualifiées et dont les matières explosives sont homologuées en conformité avec des standards internationaux de sécurité présentent des risques d'évènements pyrotechniques extrêmement peu probables également.



PROPOSITIONS DE L'IPE

EST et utilisateurs d'objets explosifs civils marqués CE

Si l'utilisation d'objets explosifs pour les effets de leur fonctionnement n'est pas concernée par la rédaction d'EST, l'interprétation actuelle de l'article R.4462-1 du code du travail a conduit à soumettre à l'obligation d'EST approuvée, toutes les activités menées par les utilisateurs des objets explosifs mis sur le marché, hormis la seule phase proprement dite du fonctionnement de ces derniers. Ainsi le stockage des objets par l'utilisateur et certaines opérations telles que des maintenances nécessitent la rédaction d'une EST même si ces phases ont bien été prises en compte dans le périmètre du marquage CE.

Les employeurs, utilisateurs de produits explosifs, qui se sont vus imposer la rédaction d'EST à partir de 2014, ont souvent eu des difficultés à comprendre la démarche et son positionnement par rapport aux référentiels documentaires auxquels ils étaient soumis par ailleurs (études de dangers, prescriptions relatives aux installations classées, évaluation des risques et document unique). Ces EST ont ajouté une charge lourde de formalisation à la fois pour les employeurs mais également l'administration qui doit les analyser en vue de leur approbation. Après quelques années de retour d'expérience, il convient de s'interroger sur la plus-value de ces EST approuvées par l'administration par rapport à une évaluation des risques « classique » au poste de travail pour les utilisateurs d'objets explosifs marqués CE. En d'autres termes, l'instruction d'une étude de sécurité par les utilisateurs d'objets explosifs marqués CE réduit-elle ou a-t-elle réduit la probabilité de survenance d'un accident au poste de travail?

En déclinaison des directives européennes, le décret et l'arrêté du 4 mai 2010 relatifs aux modalités d'homologation, de marquage, d'étiquetage, d'utilisation et de manipulation des produits explosifs prennent en compte les exigences essentielles de sécurité pour toutes les phases de vie chez l'utilisateur, que ce soit l'entreposage ou l'utilisation du produit pour les effets de son fonctionnement ou non. L'arrêté prévoit que les instructions précisent les conditions de stockage et que les utilisateurs sont, le cas échéant, formés par des organismes certifiés (exemple des articles pyrotechniques P2).

Dès lors, l'acquéreur d'un objet explosif mis sur le marché, avec un marquage CE, dispose normalement de toutes les instructions nécessaires au stockage et à la manipulation de son produit jusqu'à son utilisation finale pour les effets de son fonctionnement. Au regard de la description des objectifs des EST rappelés précédemment, notamment les étapes d'estimation des probabilités d'évènement pyrotechnique et d'évaluation des zones d'effets, exiger des utilisateurs la rédaction d'une étude de sécurité peut s'avérer inutile voire contre-productif en ne ciblant pas les enjeux réels de sécurité. En effet, la sécurité intrinsèque de l'objet marqué CE mis à disposition des utilisateurs est considérée comme maîtrisée conduisant à une probabilité très faible d'évènement pyrotechnique dès lors que

l'utilisateur l'entrepose, le manipule et le met en œuvre conformément à la formation reçue et aux documents utilisateurs, notamment ceux relatifs à la sécurité.

La prévention des risques devrait plutôt être ciblée sur la vérification de l'état intègre de l'objet explosif, sur la connaissance de la notice d'utilisation et sur sa stricte mise en œuvre, ce qu'une étude de sécurité ne fait pas. L'employeur doit cependant s'assurer que le travailleur est formé et dispose du niveau de qualification requis. Il doit également réaliser une évaluation des risques au poste de travail intégrant les risques précisés dans la notice d'utilisation des produits, risques pyrotechniques et non pyrotechniques. Il doit faire respecter les périmètres de sécurité requis lors de la mise en œuvre.

Enfin, il doit s'assurer qu'en cas de situation accidentelle (erreur humaine, incendie par exemple), les quantités de matières pyrotechniques présentes dans les installations ne généreront pas d'effets domino. Rappelons que, dès lors que les quantités présentes le justifient, des déclarations, enregistrements ou autorisations au titre des installations classées sont obligatoires et encadrent la prise en compte de ces considérations, notamment via le respect des dispositions des arrêtés ministériels de prescriptions générales.

En résumé, les analyses formalisées dans une EST (connaissance des sensibilités des substances explosives, estimation des probabilités d'évènement pyrotechnique...) n'apportent pas de plus-value pour les utilisateurs de produits explosifs marqués CE. La sécurité des utilisateurs repose principalement sur les mesures de prévention mises en place suite à l'évaluation des risques au poste de travail, le strict respect des documents d'utilisation et de sécurité fournis avec l'objet explosif, le respect des périmètres de sécurité et, le cas échéant, des instructions reçues lors de leur formation par un organisme agréé.

Transposition au cas des munitions et objets pyrotechniques utilisés par les armées

Les matières explosives intégrées dans les munitions et missiles sont homologuées en conformité à des exigences de sécurité prescrites au niveau de l'OTAN. Les équipements et systèmes fournis aux armées sont qualifiés avant leur mise en service sur la base de leur performance ainsi que de leur sécurité intrinsèque. Des essais sont menés sur les différents lots de production pour vérifier la conformité des produits à leur définition qualifiée. Enfin les munitions et missiles sont conservés par des organismes qui réalisent les contrôles périodiques et la maintenance préventive permettant de maintenir dans la durée la conformité aux exigences de sécurité et de performance.

Pour les matériels acquis à l'étranger, un processus analogue est mis en place incluant éventuellement la reconnaissance d'homologation ou de certification établie par des organismes étatiques.

On peut donc considérer que les objets explosifs militaires dès lors qu'ils sont qualifiés, mis en service, utilisés conformément aux instructions d'emploi et à jour des contrôles satisfont aux exigences essentielles de sécurité pour les travailleurs et opérateurs.



Les recommandations proposées pour les utilisateurs d'objets explosifs CE pourraient être transposées : il serait préférable de substituer aux EST une évaluation des risques et une étude d'implantation des installations permettant de vérifier l'absence d'effets domino en cas d'agression externe conduisant à un accident pyrotechnique.

En conclusion, l'IPE propose que les utilisateurs d'objets pyrotechniques présentant des garanties de sécurité certifiées selon les exigences réglementaires applicables ne soient plus soumis à la rédaction d'EST mais fassent porter leurs efforts sur l'évaluation des risques au poste de travail et l'analyse d'implantation des installations pour éviter les effets domino en situation accidentelle dès lors qu'ils utilisent ces objets conformément aux documents utilisateurs, pour toutes les phases de vie qui les concernent.

Utilisation des cartouches pyrotechniques de catégorie P2

Cet encart a été rédigé par la Direction Générale du Travail.

Les cartouches pyrotechniques de catégorie P2, dites « cartouches de déroctage », sont utilisées lors de travaux du bâtiment ou travaux publics pour fragmenter la roche ou le béton.

Plusieurs accidents mortels ou graves sont survenus lors de l'utilisation de ces cartouches.

Ces cartouches répondent à la définition d'objets explosifs du code du travail (cf. article R. 4462-2) ainsi qu'à celle de produits explosifs du décret n° 87-231 du 27 mars 1987 concernant les prescriptions particulières de protection relatives à l'emploi des explosifs dans les travaux du bâtiment, les travaux publics et les travaux agricoles.

Tous travaux du bâtiment, travaux publics ou travaux agricoles réalisés par un employeur, même à titre occasionnel, impliquant l'emploi de cartouches pyrotechniques P2, sont soumis aux dispositions du décret précité.

En particulier, le travailleur qui met en œuvre la cartouche (dénommé le boutefeu) doit être titulaire d'un permis de tir (qui comprend le certificat de préposé au tir dit « CPT »).

A noter que le code de l'environnement (article R. 557-6-13) dispose que « Sans préjudice des autres réglementations applicables concernant la formation relative à la mise en œuvre des produits explosifs, ne sont autorisées à manipuler ou utiliser les articles pyrotechniques des catégories F4, T2 ou P2 mentionnées à l'article R. 557-6-3 que les personnes physiques titulaires d'un certificat de formation ou d'une habilitation délivré par un organisme agréé par le ministre chargé de la sécurité industrielle ». Aujourd'hui, seuls deux organismes sont agréés pour dispenser les formations à l'utilisation d'articles pyrotechniques de catégorie P2 : TSC BRAULT OLIVIER et ONEX TNTP (cf. https://www.ecologie.gouv.fr/produits-et-atmospheres-explosifs#scroll-nav_4).

Un travailleur utilisant ce type de cartouches doit donc être titulaire du permis de tir et du certificat de formation délivré par un organisme agréé.

Il convient de rappeler que la conservation de ces cartouches doit également être réalisée dans le respect des exigences de sécurité pyrotechnique du code du travail (cf. articles R. 4462-1 à 36).

Téléphones portables et sécurité pyrotechnique

Ces dernières années ont été marquées par une explosion du nombre de composants ou d'objets électroniques portables (téléphones, tablettes, routeurs Wifi, montres connectées, puces RFID¹, composants médicaux,) émettant des ondes radiofréquences.

¹ Radio Frequency Identification (radio-identification en français)

L'effet général des ondes électromagnétiques sur les munitions ou objets contenant des dispositifs électro-pyrotechniques est bien établi (évaluation et classement DRAM ou HERO²). Un certain nombre de caractérisations et

² Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance (Dangers des Rayonnements électromagnétiques Aux Munitions – DRAM en français)



de restrictions d'emploi sont prises pour se prémunir notamment d'une initiation intempestive de ces composants sensibles dans les munitions ou articles pyrotechniques. Simplement, les différences d'échelle sont telles

entre les puissances potentiellement émises au voisinage d'un radar par exemple et celles relatives à ces nouveaux objets connectés du quotidien professionnel que la légitimité de ces mesures conservatoires est souvent questionnée.

Transmission Type	Frequency (MHz)	EIRP (W)	Safety Distance (m)
Car key	433	0.016	0.26
Personal Radio Service – EU	446	0.820	1.78
Personal Radio Service – USA / AUS	462 - 477	8.200	5.43
4G / 5G mobile	703 - 748	0.372	0.76
4G / 5G mobile	832 - 862	0.372	0.64
2G mobile (3G / 4G / 5G mobile)	873 - 915	3.200	1.80
2G mobile (4G / 5G mobile)	1710 - 1785	1.600	0.65
3G mobile (4G / 5G mobile)	1920 - 1980	0.372	0.28
4G / 5G mobile	2300 - 2400	0.372	0.23
Wi-Fi (Bluetooth)	2400 - 2484	0.100	0.12
Active medical implant devices / medical data acquisition devices	2483 - 2500	0.010	0.04
4G / 5G mobile	2500 - 2570	0.372	0.21
4G / 5G mobile	2570 - 2620	0.316	0.19
5G mobile	2620 - 2690	0.372	0.21
5G mobile (4G mobile)	3300 - 3800	0.630	0.21
5G Mobile	3800 - 4200	0.316	0.15
Wi-Fi	5150 - 5350	0.200	0.08
Wi-Fi	5470 - 5725	0.200	0.07
Undeclared	5725 - 5875	0.025	0.02
UWB	6000 - 8500	0.001	<0.01

Distances de sécurité calculées pour des dispositifs électroniques portables hors routeur wifi (suivant scenario identifié comme le plus contraignant³)

³ Scenario détaillé dans le rapport MSIAC L265 – part 3 (p 28)

Une synthèse technique détaillée sur cette thématique pour les munitions a été réalisée en 2021 par le MSIAC (L265 – part 3). Elle passe en revue les facteurs susceptibles de conduire à une initiation intempestive des munitions et tente de quantifier le danger réel posé par une utilisation qui pourrait être extensive de ces appareils électroniques dans leur voisinage (cf. tableaux ci-dessous). Les politiques nationales des pays de l'OTAN sur le management de ces risques particuliers sont également détaillées dans ce document.

Transmission Type	Frequency (MHz)	EIRP (W)	Safety Distance (m)
2.4 GHz Wi-Fi	2400 - 2483	0.1	0.12
5 GHz Wi-Fi	5150 - 5350	0.2	0.08
5 GHz Wi-Fi	5470 - 5725	1.0	0.16
5.8 GHz Wi-Fi	5725 - 5875	4.0	0.31
6 GHz Wi-Fi	5925 - 6425	1.0	0.15
6 GHz Wi-Fi	6725 - 7125	4.0	0.26

Distances de sécurité calculées pour des routeurs WIFI (suivant scenario identifié comme le plus contraignant³)

Le constat est fait que devant le nombre très important et la grande variété de ces équipements électroniques, il n'est pas pertinent de caractériser de façon individualisée les sources d'émission. Aussi seule une approche générale et simplifiée fait sens pour gérer ce nouveau risque en cohérence avec la réglementation générale SST. Alors que le benchmarking international n'a pas mis en évidence de façon conclusive un seul cas d'initiation intempestive d'objets pyrotechniques par un stimulus radiofréquence ayant pour origine ces équipements, des analyses théoriques et des exemples pratiques montrent cependant que la présence en champ très proche (< 1 m) n'est pas recommandée.

Version 2021 du guide défense de bonnes pratiques en pyrotechnie

En 2016, la communauté pyrotechnique du ministère des armées s'est dotée d'un guide défense de bonnes pratiques en pyrotechnie à destination d'une utilisation interne.

Une nouvelle version de ce guide, validée par la commission soutien munitions des armées, est parue en décembre 2021. S'inscrivant dans la continuité des actions précédemment menées, elle est le fruit d'un travail d'actualisation et d'évolution de plusieurs années porté par l'IPE avec le soutien technique d'experts de la

DGA, du service interarmées des munitions, des armées et du SGA via le centre de formation de Bourges.

Ce guide a été enrichi de sujets portant sur le stockage, le transport, une nouvelle version de la fiche de données de sécurité pyrotechnique (FDSP), le DRAM, le calcul des zones d'effets de projection...

Le guide est disponible sur le réseau interne du ministère des armées à l'adresse :

<https://portail-ema.intradef.gouv.fr/MUN>



Les probabilités d'accidents pyrotechniques dans les études de sécurité

« Puis donc que la crainte d'un mal doit être proportionnée non seulement à la grandeur du mal, mais aussi à la probabilité de l'événement » Blaise Pascal

L'analyse du risque consiste traditionnellement à répondre aux trois questions: Qu'est-ce qui peut conduire à des situations de danger ? A quelles conséquences doit-on s'attendre ?, *Quelles sont les probabilités pour que ces situations se produisent ?*

Les estimations de fréquence étant souvent le volet le plus difficilement justifiable d'une évaluation des risques, il convient d'adopter une méthode rigoureuse à cette partie de l'analyse en établissant ce qu'on sait (histoire), en le complétant par ce qu'on pense savoir (analyse prédictive) et en affinant l'estimation de fréquence à mesure que de nouvelles données sont disponibles à partir de l'une ou l'autre source. L'objet de cet article est de rappeler, dans un premier temps, les principes directeurs de cette démarche puis de présenter une vue des pratiques internationales dans le domaine de la sécurité pyrotechnique des munitions.

METHODES D'EVALUATION DES PROBABILITES

Deux approches sont communément utilisées pour estimer la fréquence d'un événement indésirable : **analytique et historique**.

Méthodes analytiques

Ces méthodes cherchent à identifier de façon la plus exhaustive possible l'ensemble des causes qui mènent à l'évènement redouté. La fréquence d'occurrence de l'évènement redouté est déterminée en fonction des fréquences d'occurrence des différentes causes dites racines. L'analyse par arbre de défaillances est une des méthodes analytiques où tous les paramètres responsables d'un événement redouté sont évalués et combinés.

Il est important, au cours de l'évaluation des fréquences d'occurrence des événements causes, de bien identifier si la barrière de sécurité (technique ou organisationnelle) associée à la cause n'a pas déjà été prise en compte dans la probabilité de la cause : si la barrière est déjà prise en compte, elle ne devra pas être considérée une deuxième fois en tant que barrière. Il s'agit donc d'identifier toutes les causes potentielles (par l'analyse préliminaire des risques (APR) par exemple), de connaître les fréquences des causes, de décrire analytiquement comment elles se combinent pour donner naissance à l'évènement redouté et de traduire cette relation en probabilité.

Méthodes historiques ou fréquentielles

Les méthodes historiques, couramment utilisées dans le domaine pyrotechnique permettent d'estimer la fréquence annuelle d'occurrence de base (générique) d'un accident (probabilité chiffrée/quantifiée issue de l'accidentologie-retour d'expériences) au cours d'une opération pyrotechnique (stockage, fabrication...). Ces fréquences annuelles d'occurrence historiques sont des fréquences moyennes annuelles évaluées par une approche statistique sur un ensemble d'opérations similaires. On retrouve cette approche dans le guide sectoriel français des bonnes pratiques.

Elle est également mise en œuvre dans de nombreux autres pays (OTAN AASTP-4 Partie II Chapitre Méthodologies fréquentielles nationales et limitations)

Ces fréquences annuelles de référence génériques sont estimées pour une opération donnée et pour un temps de fonctionnement donné parfois mal renseigné (nombres d'heures par an...). Par conséquent, l'utilisation de ces probabilités exige de connaître les conditions dans lesquelles elles peuvent être employées.

Pour l'IPE, une approche combinée des différentes méthodes est souhaitable. En effet pour ce qui concerne les méthodes historiques, les questionnements et constats suivants ont été soulevés dans la lettre de l'IPE n°1 : Quelle expérience a-t-on d'une activité future ? Quand, dans les meilleurs cas, on peut avoir une expérience de quelques années (voire quelques dizaines d'années en accumulant l'expérience de plusieurs établissements), l'absence constatée d'accident ne peut pas prouver, à elle seule, des niveaux de probabilité nettement inférieurs à P4 ou P5 (le niveau P4 correspond en effet, pour l'opération concernée, à un accident tous les 10 à 100 ans).

La méthode analytique présente l'avantage de pouvoir s'appliquer de manière générale comme suit (lettre de l'IPE n° 22) : la probabilité annuelle d'occurrence d'un accident ou incident est la somme des produits $N \times P_a \times P_b \times P_c$ où N est le nombre annuel d'opérations réalisées ou réalisables au poste de travail, P_a est la probabilité d'apparition d'une situation dangereuse, P_b est la probabilité d'initiation pyrotechnique une fois la situation dangereuse atteinte (prise en feu ou d'amorçage du contenu du malaxeur lorsqu'un corps étranger est à l'intérieur...), P_c est la probabilité de transmission du phénomène pyrotechnique à l'ensemble de la charge.

Chacune des probabilités P_a , P_b et P_c peut être estimée elle-même soit de façon analytique, soit de façon empirique. Cette méthodologie présente permet la réflexion par la recherche des causes d'un accident, des mesures compensatoires mais présente également des



écueils. Il est en effet parfois difficile de recenser de façon exhaustive la totalité des scénarios possibles, de statuer sur l'indépendance des événements et le caractère erratique lié au facteur humain.

PRATIQUES INTERNATIONALES DANS LE DOMAINE DE LA SECURITE PYROTECHNIQUE DES MUNITIONS [OTAN, AASTP4]:

Royaume-Uni

La méthodologie fréquentielle britannique consiste à considérer, comme fréquence de base, la fréquence observée lors d'explosions ou d'incendies au sein des installations pyrotechniques depuis 1945 et de procéder aux ajustements appropriés afin de prendre en compte les différences inhérentes au type d'explosif et au conditionnement des substances explosives stockées ou manipulées dans des dépôts particuliers. Les ajustements reposent généralement sur des avis concordants d'experts sur les sensibilités de différents types de munition aux stimuli d'amorçage. Toutes les estimations de fréquence ne prennent pas en compte la quantité d'explosifs ou de munitions.

Les fréquences de base considérées sont extraites de listes de catégories de risques standards liés aux opérations pyrotechniques. L'estimation de fréquence de base est affinée de manière à refléter les éventuels facteurs spécifiques aux sites inhabituels, tels que les bâtiments sans protection contre la foudre, l'effet de risques externes tels que la circulation à proximité de matières dangereuses, le transport de substances explosives à proximité du site, la possibilité de dommages par actes délibérés,

La propagation potentielle des effets explosifs dus aux bâtiments adjacents.

A la fin des années 80, les experts britanniques se sont concentrés sur l'examen de l'application et de l'applicabilité de l'analyse par arbre de défaillances aux opérations pyrotechniques. Ils ont ensuite élaboré des arbres de défaillances génériques et spécifiques aux types de munitions considérées. Cette méthodologie est aujourd'hui traduite par un programme informatique appelé "SWIFT". Cependant, le modèle initialement utilisé, "RISKWING", reposait sur la méthode historique.

Suisse

Lors du calcul de la probabilité d'un événement explosif dans une installation pyrotechnique, les paramètres suivants sont généralement considérés : le type d'installation (en surface, enterré, enfoui à faible profondeur, souterrain), la quantité de munitions ou d'explosifs en jeu (tonnes brutes), le dispositif de lutte contre l'incendie (uniquement dans le cas de mélanges de munitions faiblement réactifs). La formule utilisée pour calculer la probabilité d'un événement P_e a la forme suivante : $P_e = A + B * X$. Le modèle ci-dessus suppose qu'une explosion peut être déclenchée par des causes aussi bien internes qu'externes.

Le terme A prend en compte les influences extérieures à la substance explosive sur la sécurité. Il couvre le type de construction utilisée pour le stockage (léger, construction préfabriquée, magasin en béton armé...), les conditions environnementales (telles que foudre ou chute de pierres), les systèmes de détection d'incendie, les dispositifs de lutte contre l'incendie, la qualité des installations techniques, la menace par sabotage et acte de terrorisme (en temps de paix), l'influence de mesures de sécurité.

En principe, le terme A considère le degré de protection externe des munitions ou explosifs dans l'installation. Il reflète tous les facteurs qui ne dépendent pas de la masse des munitions en question. A est défini comme une probabilité constante ou de base pour chaque type d'installation alors que le terme B prend en compte tous les facteurs induits sur la sécurité par les matières ou objets considérés.

Par exemple B couvre la corrosion des amorces, la décomposition du propergol, l'instabilité des substances pyrotechniques, etc. De plus, il considère tous les facteurs directement liés à la masse totale de munitions stockées, comme par exemple le nombre d'activités de manutention, la stabilité des piles de munitions....

Le terme B est une valeur spécifique pour une tonne de munitions (masse brute) indépendamment du siège exposant. Il correspond à la pente de la courbe de probabilité d'un événement pE . Le terme X dépend de la quantité totale de munitions stockées sur un seul siège exposant, exprimée en tonnes (masse brute).

Suède

Seul le stockage des munitions fait l'objet de la méthodologie suivante.

La probabilité d'un événement, P_e , est calculée à partir de l'équation :

$$P_e = P_b * f_1 * f_2 * f_3 * f_{R1}$$

comme une probabilité de base, P_b , qui est soit augmentée, soit réduite en fonction de facteurs d'échelle donnés. La probabilité de base s'applique au stockage de munitions à condition que tous les dépôts répondent aux normes propres au stockage d'explosifs (et qu'ils répondent aux exigences en matière d'installations mécaniques et électriques et d'équipements de manutention), la direction du site justifie des compétences requises en matière de valorisation de pratiques de travail sécuritaires, le contrôle et la gestion des sites soient adaptés, seules les munitions dûment répertoriées soient stockées de manière appropriée et par groupes de compatibilité.

Dans le cas de stockages répondant à toutes les exigences susmentionnées, les probabilités de base suivantes s'appliquent :

- stockage souterrain dans la roche, $P_b = 5 * 10^{-6}$;
- stockage en surface, $P_b = 5 * 10^{-5}$;
- stockage à ciel ouvert, $P_b = 5 * 10^{-4}$.



La probabilité de base peut être augmentée par des facteurs de multiplication (fl), comme suit :

- Chargements / déchargements fréquents, fl1: Dans le cas de stockages pour lesquels le nombre de chargements/déchargements est élevé - plus de 20 par an - et/ou la quantité de munitions rechargée chaque année dépasse 30% de la quantité maximum autorisée et est supérieure à 10 tonnes, fl1 = 3 ;
- Risque extérieur associé à des véhicules ou sites potentiels d'explosion alentour, fl3 - Dans les cas où des matières explosives sont transportées à proximité du site et/ou les dépôts de stockage risquent d'être heurtés par des véhicules routiers ou aériens, fl3 = 3.

La probabilité de base peut également être réduite par un facteur de démultiplication lié à la, sécurité/surveillance, FR1. Par exemple, dans le cas de stockages avec présence de forces de sécurité et d'unités de gardiennage/surveillance, FR1 = 0.3.

Etats-Unis

Les Etats-Unis ont, pour leur part, recours à l'approche historique. Les probabilités d'événements sont déterminées d'après l'histoire de la Défense américaine considérée sur une période de 10 ans. Les événements associés sont répertoriés dans un tableau représentant Pe en fonction du type d'activité. Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, l'ensemble des activités pyrotechniques sur les munitions est couvert par cette méthode. La probabilité initiale Pe est ensuite affinée en fonction des types d'explosifs et de différents facteurs environnementaux.

La Figure suivante présente une synthèse de différentes valeurs de probabilité d'événement.

		Probabilité d'événement (par an/PES)													
Destination principale du PES :		Facteurs d'échelle autorisés		1E-6	3E-6	1E-5	3E-5	1E-4	3E-4	1E-3	3E-3	1E-2	3E-2	1E-1	3E-1
Terrain en feu / Démilitarisation / Démolition / Evacuation	A1, A2, A8, B1, B2									III	II		I		
Montage / Démontage / PAL / Maintenance / Rénovation	A1, A4, A5, A8, B1, B2							III	II		I				
Labo / Essais / Formation	A1, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4							III	II		I				
Fabrication	A4, A5										All				
Contrôle / Peinture / Collage	A1, A2, B1, B2					III	II			I					
Chargement / Déchargement	A1, A2, B1, B2, B3, B4					III	II			I					
Stockage transitoire (qqh - qqj)						III	II	I							
Stockage temporaire (1 jr - 1 mois)				III	II	I									
Stockage profond (1 mois - an)	A1, A2		III		I, II										

Facteurs d'échelle		Eléments	Groupe de compatibilité
A. Multiplier P_e par un facteur 10 (deux colonnes vers la droite) pour : 1. Opérations menées en dehors du territoire des Etats-Unis (OCONUS) pour soutenir des actions de guerre 2. Opérations impliquant des articles dangereux hors service en attente de destruction 3. Essais préliminaires de nouveaux dispositifs 4. Opérations dans des environnements dangereux, impliquant gaz, fibres, etc. 5. Opérations nécessairement réalisées à distance 6. Services commandés temporaires au cours d'exercices/actions d'urgence/alertes 7. Opérations d'arrêt au stand obligatoire 8. Opérations impliquant des explosifs exposés	B. Réduire P_e d'un facteur de 3 (une colonne vers la droite) pour : 1. Stockage/opérations extérieurs habituellement réalisés à l'intérieur 2. Opérations à domicile au cours d'exercices/actions d'urgence/alertes 3. Zones d'attente de vol 4. Services commandés temporaires en temps de paix	I	L, A, B, G, H, J, F
		II	C
		III	D, E, N
		Notes : Les éléments de la matrice consistent en des groupes de compatibilité. Des définitions de ces groupes sont fournies dans le document intitulé "DoD 6055.9-STD" (Ref 0).	

Probabilité d'occurrence d'un événement pyrotechnique : approche américaine



Pays-Bas

Au début des années 80, les Pays-Bas ont réalisé une étude qui visait à déterminer la fréquence d'une explosion accidentelle dans un siège exposant en vue d'alimenter l'analyse quantitative des risques.

Ils eurent recours à la méthode historique basée sur des données issues d'accidents enregistrés dans divers pays membres de l'OTAN entre 1960-1980. L'étude a globalement montré que la fréquence était comprise entre $1*10^{-5}$ et $1*10^{-6}$ (par an et par magasin). Cependant, les données disponibles n'étaient pas suffisantes pour permettre de définir toutes les situations spécifiques de stockage. Par soucis de conservatisme, la valeur $1*10^{-5}$ (par an et par magasin) a donc finalement été utilisée comme valeur par défaut dans l'analyse quantitative des risques. En 1998, il a été procédé à une révision des études internationales existantes qui ont finalement révélé que la probabilité d'une explosion accidentelle dépendait de nombreux paramètres tels que le type d'entrepôt de stockage, le type d'activité des munitions, le groupe de compatibilité, NEQ (quantité nette d'explosifs)...

Il a ainsi été décidé de définir de nouvelles valeurs par défaut de la probabilité pour diverses situations standards rencontrées aux Pays-Bas. Quelques exemples d'après les méthodes hollandaises :

Valeur par défaut (par an par entrepôt) :

- Stockage standard $1*10^{-5}$;
- Stockage dans un véhicule sur le site de stockage $1*10^{-4}$;
- Activités de munitions d'atelier $1*10^{-3}$.

Norvège

En 1996, une approche plus analytique a été tentée en considérant des sources variées de fréquence. La fréquence d'incendie a été étudiée d'après des statistiques d'incendie en supposant qu'un feu de forêt ou électrique pouvait provoquer un incendie dans des sites d'explosifs. Cette approche tient également compte des accidents alentour et des stocks endommagés par des accidents de manutention, de même que les risques de sabotage. Elle

laisse supposer que la fréquence d'accidents serait de l'ordre de $1*10^{-6}$ pour des stockages en surface de munitions et que la contribution des risques d'incendie serait du même ordre que les risques liés à la manutention. La contribution des écrasements d'avions, des séismes ou des chutes de météorite est en revanche moindre, avec un ordre de grandeur de $1*10^{-9}$ à 10^{-10} . Cette étude n'a pas fait l'objet d'une publication de rapport.

Le stockage à ciel ouvert, lors d'opérations de maintien de la paix, a également été analysé. Le nombre d'années de stockage multiplié par le nombre de conteneurs laissent supposer que la fréquence d'un événement est de l'ordre de $5*10^{-4}$ dans de telles circonstances. Cependant, la relation entre fréquences d'accidents et conséquences acceptables ne doit pas être ignorée et les critères de risques utilisés en Norvège dans des situations diverses de stockage ont donc été développés en considérant la fréquence d'accidents mentionnée initialement. La Norvège utilise couramment le modèle "AMMORISK", dérivé du modèle suisse. Cette méthode norvégienne a été adoptée au même moment que la méthode suisse de détermination de la fréquence d'accidents. Elle est jugée acceptable dans la mesure où les valeurs P_e fournies par le modèle AMMORISK sont confirmées par les statistiques historiques.

Allemagne

En Allemagne, il n'existe, à ce jour, aucune base de données historiques concernant la fréquence d'explosions accidentelles. En raison de l'absence de données détaillées sur le type de munitions stockées, l'Allemagne applique une fréquence d'événement, P_e , obtenue d'après des critères d'acceptation de risques :

- stockage en surface dans un dépôt en béton : $P_e = 4*10^{-5}$;
- magasin enterré : $P_e = 4*10^{-5}$;
- conteneurs en acier, risque d'incendie potentiel : $P_e = 4*10^{-4}$.

En présence de données sur la destination du siège exposant et sur le type de munitions stockées, l'Allemagne a systématiquement utilisé la probabilité historique américaine décrite précédemment.



Incidents / accidents pyrotechniques

En France

Le tableau suivant résume les nouveaux événements portés à la connaissance de l'IFE depuis la précédente lettre.

Vous pouvez trouver une description plus détaillée de certains événements sur la base ARIA du site du BARPI.

DATE	DESCRIPTION	BILAN
Du côté des fabricants		
25/01/2021	<p>Détonation intempestive contenue dans le bouchon de sécurité lors d'un test électrique effectué par un opérateur pyrotechnique formé (tâche effectuée derrière une porte blindée, conformément à l'EST)</p> <p>L'événement a eu lieu lors d'un test électrique 25kV pour analyser la conformité d'un lot produit de détonateurs fabriqués. L'origine semble être un percement localisé de la jupe antistatique de faible dimension qui a permis le claquage entre le corps et la composition et a entraîné son initiation.</p> <p><i>Actions mises en place par l'entreprise : Un perfectionnement de la fabrication a été réalisé afin de pallier le défaut initial sur la pièce.</i></p>	Aucun blessé mais des dégâts matériels
26/07/2021	<p>Déflagration lors de l'injection d'hexosil sous presse, opération télé-opérée</p>	Aucun blessé mais des dégâts matériels
29/09/2021	<p>Prise en feu d'un pain infrarouge (masse de 60 grammes) en cours de compression qui a provoqué la rupture totale de la matrice de compression sous l'effet de la génération très importante de gaz de combustion du pain</p> <p><i>Actions mises en place par l'entreprise : Définition de règles de compression (effort, pression, type de compression) pour validation des essais</i> <i>Mise à jour de l'instruction de développement des compositions au vu du RETEX des derniers incidents</i> <i>Formation du personnel concerné sur le RETEX incidents et les évolutions des processus</i></p>	Aucun blessé mais des dégâts matériels
30/09/2021	<p>Activation intempestive (par effet mécanique) d'une contre-mesure sous-marine lors d'un essai d'étanchéité en phase de production</p> <p>La cause est une erreur de montage qui a conduit à lever de façon permanente la première sécurité de la contre-mesure.</p>	Pas de dégâts matériels
04/10/2021	<p>Caisse identifiée comme vide mais contenant des produits pyrotechniques</p> <p><i>Actions mises en place par l'entreprise : L'ensemble de l'étagère du bâtiment où sont stockées les autres caisses vides ont toutes été vérifiées.</i> <i>Action déjà menée dans les stockages de caisses vides mais à dupliquer dans les ateliers comportant des stockages d'appoint de caisses vides.</i></p>	Pas de dégâts matériels
03/11/2021	<p>Découverte d'une caisse active sans aucune identification extérieure (absence d'étiquette de danger, absence de désignation)</p>	Pas de dégâts matériels
17/11/2021	<p>Prise en feu d'une étuve contenant 35kg de produits à base de magnésium</p>	Aucun blessé mais des dégâts matériels
Du côté des essais/centres DGA		
22/07/2021	<p>Fonctionnement intempestif d'un pétard après tir de vérification du fonctionnement d'une batterie de pétards à composition flash</p> <p>L'initiation du pétard s'est produite après le délai d'attente et la mise en place d'une nouvelle batterie. Aucun personnel n'était présent sur l'aire d'essais.</p> <p><i>Actions mises en place : Vérification d'absence de points chauds, nettoyage si nécessaire de la zone d'essai</i></p>	Pas de dégâts matériels
26/10/2021	<p>Transition en déflagration lors d'une destruction de blocs de propergol par brûlage</p> <p>Les blocs de propergol étaient répartis sur un lit de poudres propulsives. La réaction a entraîné une dispersion de grains de poudre jusqu'à une distance de 70 m autour de l'aire de brûlage.</p>	Aucun blessé mais des dégâts matériels légers



Code couleur indiquant le niveau de gravité des conséquences humaines

Mort(s)
Blessé(s) grave(s)
Blessé(s) léger(s)
Aucun blessé

DATE	DESCRIPTION	BILAN
Du côté des forces		
26/08/2021	<u>Chute de moins d'un mètre d'une palette de cartouches de 20 mm lors d'un transport interne</u> <i>Actions mises en place : Optimiser la répartition du parc de chariots élévateurs en service, sensibiliser les acteurs logistiques au respect des plannings fixés, maintenir une vigilance particulière dans la gestion des imprévus, améliorer le processus interne de formation initiale et de recyclage des agents pour la conduite des engins</i>	Aucun blessé mais des dégâts matériels très légers
25/09/2021	<u>Fonctionnement intempestif d'une grenade à main défensive</u> Lors de la mise en place de la ceinture contenant une poche porte-grenade, l'opérateur a constaté que la tête du bouchon allumeur d'une grenade ne comportait plus de goupille de sécurité. <i>Actions immédiates : Rappel des recommandations Recensement et reversement immédiat pour destruction de toutes les poches porte-grenade non réglementaires</i>	2 blessés graves
Autres		
15/09/2021	<u>Projection d'éclats lors d'une opération de déroctage</u> (tir de mine) avec une cartouche P2, lors d'une opération de maintenance/entretien en accès difficile sur des bâtiments et ouvrages d'art Les causes semblent multiples : défaut de formation, non utilisation du tapis anti-projection, distance minimale non respectée.	1 blessé
13/10/2021	<u>Intoxication de collégiens et professeurs sur un stade, lors d'une séance de sport</u> L'enquête est toujours en cours pour en connaître l'origine.	34 blessés (légèrement intoxiqués)

Il est rappelé que, conformément à l'article R4462-31 du code du travail, le signalement d'événements pyrotechniques à l'autorité d'approbation compétente et à l'IPE est obligatoire. Pour l'IPE, les signalements peuvent être adressés à votre point de contact habituel ainsi qu'à l'adresse fonctionnelle dga-insp.ipe.fct@intradef.gouv.fr.

À l'étranger

L'équipe IPE présente dans cette rubrique une sélection, non exhaustive, des accidents dont elle a eu connaissance.

L'équipe remercie en particulier DGA ITE (Intelligence Technique et Économique) pour sa veille sur les accidents survenus à l'étranger ainsi que le MSIAC.

En complément, de nombreux autres signalements d'accidents sont disponibles sur les sites internet indiqués page suivante.

PAYS	DESCRIPTION	BILAN
Allemagne	10/11/2021 : Explosion dans un stockage de munitions	Aucun blessé mais des dégâts matériels
	01/12/2021 : Explosion d'une bombe (aérienne de 250kg) de la deuxième guerre mondiale au cours d'un chantier ferroviaire (elle a été heurtée accidentellement)	4 blessés
Arabie Saoudite	14/07/2021 : Explosion dans un dépôt d'armes «inutilisables»	Aucun blessé mais des dégâts matériels
Argentine	13/08/2021 : Explosion d'engins pyrotechniques dans un entrepôt lors de la manipulation de engins saisis par la police (3 tonnes de produits pyrotechniques)	3 blessés



Code couleur indiquant le niveau de gravité
des conséquences humaines

Mort(s)
Blessé(s) grave(s)
Blessé(s) léger(s)
Aucun blessé

PAYS	DESCRIPTION	BILAN
Espagne	14/09/2021 : Explosion de matériels pyrotechniques dans une maison lors de travaux	Aucun blessé mais des dégâts matériels (effondrement du toit)
États-Unis	30/06/2021 : Explosion intempestive de feux d'artifices artisanaux lors d'une intervention de démineurs	17 blessés
	11/09/2021 : Explosion lors d'un chargement de caisses de feux d'artifices dans une remorque (déclenchement intempestif des feux d'artifices)	1 blessé
Guatemala	14/10/2021 : Explosion d'un atelier de fabrication de feux d'artifices	2 blessés Des dégâts matériels
Inde	11/09/2021 : Explosion dans un atelier de fabrication clandestin de feux d'artifices	1 mort 3 blessés
	21/09/2021 : Explosion d'une voiture garée dans un village, chargée de 30 000 feux d'artifices en prévision d'un festival (environ 30kg de matière explosive)	2 blessés Des dégâts matériels
	26/10/2021 : Incendie dans un magasin de feux d'artifices	5 morts 10 blessés Des dégâts matériels
	04/11/2021 : Explosion de feux d'artifice transportés dans un sac sur une moto	2 morts 3 blessés
Irak	26/07/2021 : Explosion d'un dépôt de munitions	Non renseigné
Italie	27/07/2021 : Explosion dans une ancienne poudrière causée par une étincelle (peut-être dû à des résidus d'explosifs sur les murs) Le soudeur a d'abord été projeté par le souffle, puis partiellement écrasé par un camion-citerne.	1 blessé
Kazakhstan	26/08/2021 : Explosion d'un dépôt de munitions militaire	4 morts 66 blessés
Mexique	16/07/2021 : Explosion d'un atelier clandestin de fabrication de feux d'artifices	1 blessé
	02/08/2021 : Explosion d'une poudrière clandestine de feux d'artifices	2 blessés
	24/08/2021 : Explosion d'une camionnette remplie de feux d'artifices lors d'un festival	3 blessés
	14/09/2021 : Explosion d'une usine de fabrication de feux d'artifices	1 mort 4 blessés
	14/09/2021 : Explosion de feux d'artifices dans une maison	2 blessés Des dégâts matériels
	19/09/2021 : Explosion de feux d'artifices dans une maison	3 blessés
	26/09/2021 : Explosion d'un atelier clandestin de fabrication de feux d'artifices	Aucun blessé mais des dégâts matériels
	12/10/2021 : Explosion d'un atelier de fabrication de feux d'artifices (dans une maison)	2 morts Des dégâts matériels
	15/10/2021 : Explosion dans un atelier clandestin de fabrication de feux d'artifices	4 blessés Des dégâts matériels
	20/10/2021 : Explosion d'un atelier de fabrication de feux d'artifices	2 blessés Des dégâts matériels
	23/10/2021 : Explosion d'un atelier de fabrication de feux d'artifices (dans une maison)	4 blessés Des dégâts matériels
24/10/2021 : Explosion d'un stockage de feux d'artifices (dans une maison)	Non renseigné	



Code couleur indiquant le niveau de gravité
des conséquences humaines

Mort(s)
Blessé(s) grave(s)
Blessé(s) léger(s)
Aucun blessé

PAYS	DESCRIPTION	BILAN
Mexique (suite)	10/11/2021 : Explosion d'un atelier de fabrication de feux d'artifices (dans une maison)	1 blessé Des dégâts matériels
	16/11/2021 : Explosion d'un atelier clandestin de fabrication de feux d'artifices	2 blessés Des dégâts matériels
	24/11/2021 : Explosion d'un atelier clandestin de fabrication de feux d'artifices (dans une maison)	2 morts 4 blessés
Pakistan	17/10/2021 : Incendie d'un entrepôt de feux d'artifices L'origine serait un court-circuit être électrique.	Aucun blessé mais des dégâts matériels
	02/11/2021 : Explosion de feux d'artifices dans une usine	1 mort 2 blessés
Pays de Galle	07/11/2021 : Raté de fonctionnement de feux d'artifices lors d'un spectacle Les feux d'artifice ont atterri dans la foule et certains ont ensuite explosé entraînant des blessures et des brûlures.	Plusieurs blessés
Pérou	21/09/2021 : Explosion dans une poudrière	2 morts
	07/11/2021 : Explosion d'un atelier de fabrication de feux d'artifices	Aucun blessé mais des dégâts matériels
Roumanie	18/11/2021 : Explosion dans une usine de fabrication de munitions lors d'un essai de fonctionnement de mines anti-personnel	4 morts 4 blessés
Royaume-Uni	06/11/2021 : Explosion d'un camion rempli de feux d'artifices	Aucun blessé mais des dégâts matériels
Russie	29/07/2021 : Explosion dans une usine de munitions	6 morts 1 blessé
	22/10/2021 : Incendie dans une usine d'explosif (à destination civile et militaire) L'origine pourrait être un non-respect des processus de fabrication et des règles de sécurité.	16 morts 1 blessé Des dégâts matériels
Salvador	07/11/2021 : Incendie d'un atelier clandestin de fabrication de feux d'artifices	5 morts
Serbie	23/11/2021 : Explosion dans une usine d'armement (fabricant de moteurs de fusées et de turboréacteurs, de moteurs pour missiles, drones et de carburant pour fusées) L'explosion a eu lieu dans une zone de stockage contenant 500 fusées avec 30 kg de matières explosives.	2 morts 16 blessés
Tchéquie	20/07/2021 : Explosion d'un matériel probablement d'origine pyrotechnique	7 blessés

Sites internet utiles

Vous trouverez ci-après quelques adresses de sites internet qui présentent des signalements d'accidents :

BARPI (MEEM-Fr), voir *la base de données d'accidents ARIA*

www.aria.developpement-durable.gouv.fr/

Munitions Safety Information Analysis Center (MSIAC-OTAN) : voir *la Newsletter*

www.msiac.nato.int

Health and Safety Executive (HSE-UK) : voir *la base de données d'accidents EIDAS*

www.hse.gov.uk/explosives/eidas.htm

SAFEX International : voir *la base de données d'accidents*

www.safex-international.org



Incidents/accidents Bilans 2021 et 2001-2021

L'information des acteurs sur tous les incidents/accidents pyrotechniques dont l'IPE a eu connaissance, en France et à l'étranger, est un aspect important de son travail. Ces informations permettent d'améliorer en permanence la sécurité pyrotechnique en intégrant le retour d'expérience de ces événements pyrotechniques dans les modes opératoires et procédures diverses. Un bilan de l'accidentologie (événements non confidentiels) est présenté dans chaque lettre IPE.

Afin d'améliorer la mise à disposition de cette information au profit de la communauté, une base de données regroupant plus de 800 incidents/accidents dont l'IPE a eu connaissance depuis 1990 a été élaborée cette année. Quelques conclusions extraites de l'analyse de cette base sont données ci-dessous.

En France en 2021¹:

À ce jour, en 2021, en France, il y a eu **37 événements pyrotechniques**: **8 accidents**, **20 incidents type 1 (avec effet pyrotechnique)** et **9 incidents type 2 (sans effet pyrotechnique)**. Certains ont donné lieu à une inspection ou une investigation afin d'en comprendre l'origine et de vérifier la bonne mise en place de mesures correctives.

La répartition de ces événements pyrotechniques par secteur d'activité est indiquée sur la figure ci-dessous.

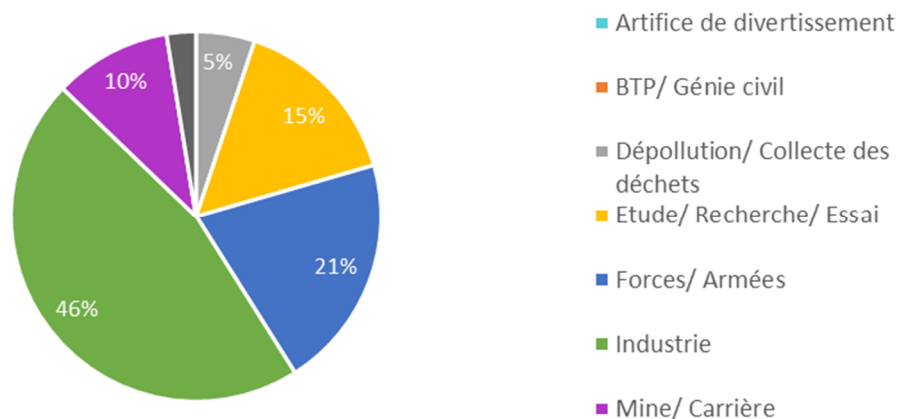


Figure 1 : Répartition des incidents/accidents pyrotechniques par secteur d'activité en 2021

La répartition de ces événements suivant leur cause (figure 2) montre qu'ils ont notamment pour origine une agression mécanique ou une erreur humaine.

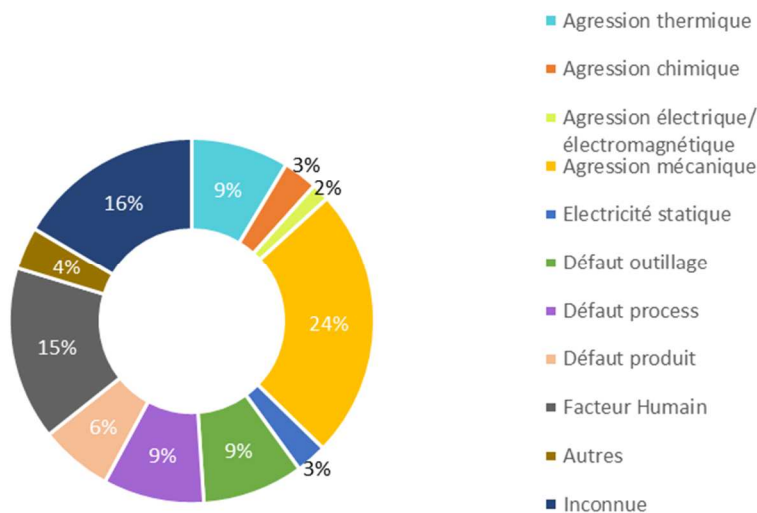


Figure 2 : Répartition des incidents/accidents pyrotechniques par type d'agression/cause en 2021

¹ Sur la base des incidents / accidents déclarés à l'IPE



En France ces 20 dernières années¹:

- Répartition du nombre d'incidents/accidents par secteur d'activité suite à un événement pyrotechnique (figure 3):

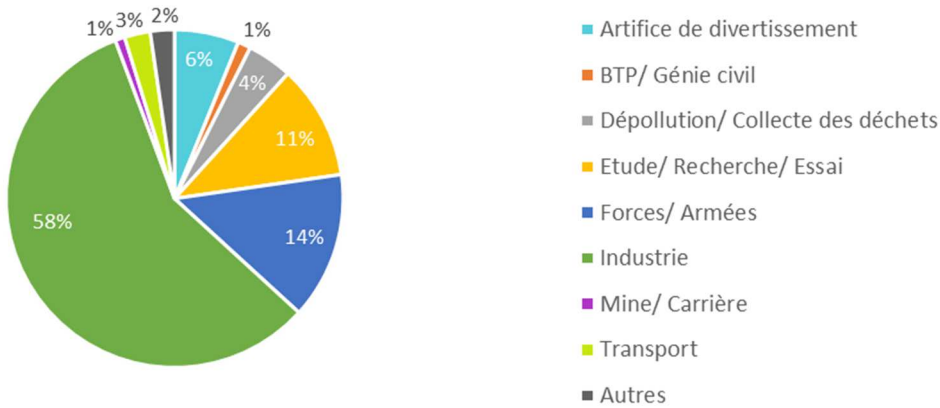


Figure 3 : Répartition des incidents/accidents pyrotechniques par secteur d'activité depuis 2001

D'après ce graphique, plus de la moitié des événements pyrotechniques s'est produit dans le secteur industriel (hors artifices de divertissement).

- Evolution du nombre d'évènements pyrotechniques (figure 4):

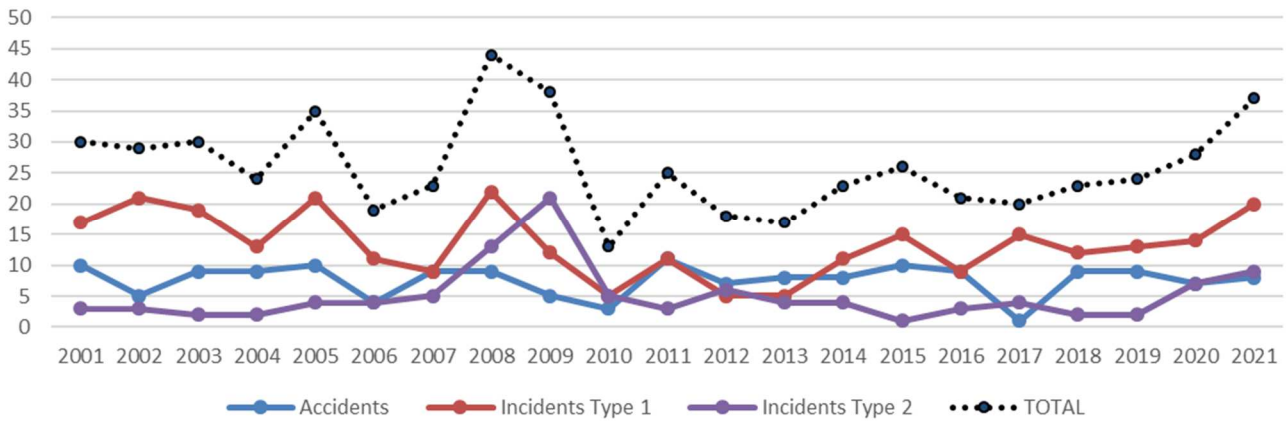
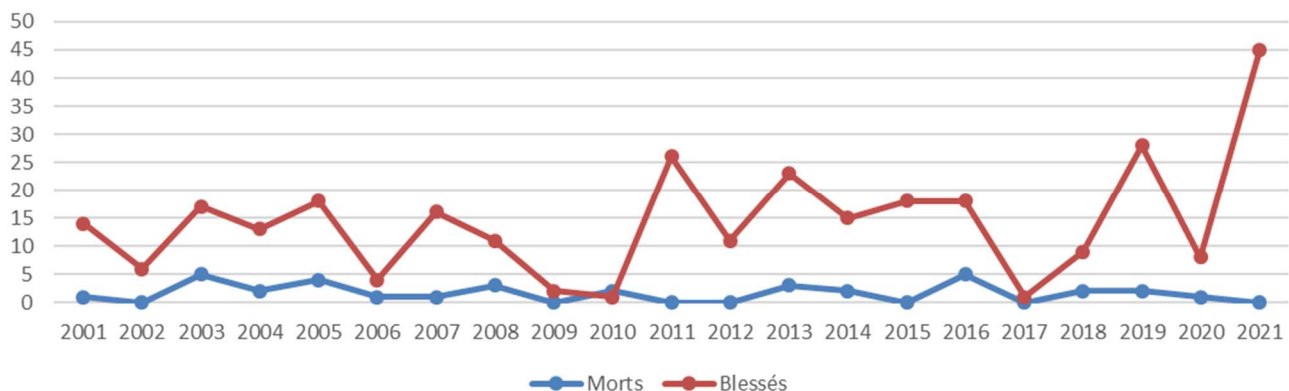


Figure 4 : Evolution du nombre d'accidents/incidents suite à un événement pyrotechnique depuis 2001

Les événements pyrotechniques sont répartis en trois catégories suivant leurs conséquences : accident, incident type 1 (avec effet pyrotechnique) ou incident type 2 (sans effet pyrotechnique). Ces quatre dernières années, le nombre d'évènements pyrotechniques déclarés a augmenté, le nombre d'accidents restant stable. L'IPE reste vigilante sur les situations conduisant à des incidents, y compris ceux de type 2 car leur répétition pourrait avoir des conséquences plus graves.

- Evolution du nombre de blessés et de morts suite à un événement pyrotechnique (figure 5):



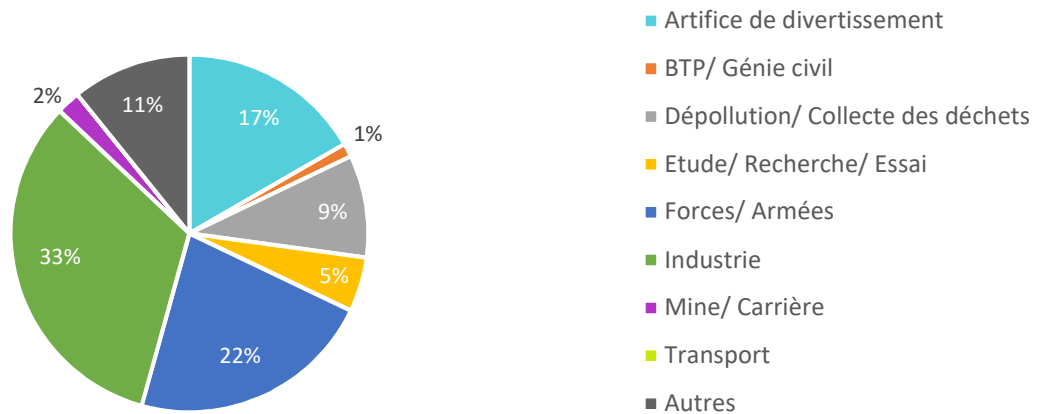
Nombre élevé de blessés en 2021 en raison d'un accident qui a conduit à intoxication légère de 34 personnes

Figure 5 : Evolution du nombre de blessés et de morts suite à un incident/accident pyrotechnique depuis 2001



- Répartition du nombre de blessés et de morts par secteur d'activité (figure 6) :

Répartition du nombre de blessés par secteur d'activité



Répartition du nombre de morts par secteur d'activité

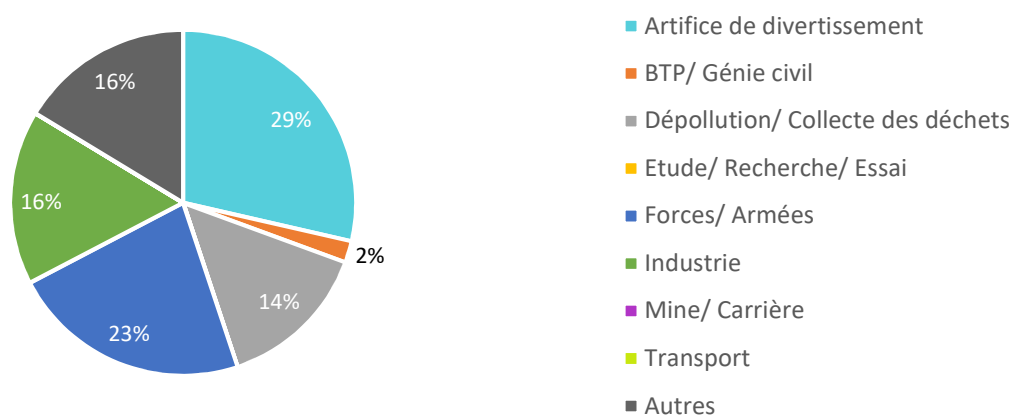


Figure 6 : Répartition du nombre de décès et de blessés par secteur d'activité suite à un incident/accident pyrotechnique depuis 2001

Les secteurs les plus impactés sont l'industrie, y compris les artifices de divertissement (fabrication ou utilisation) et le ministère des armées (essais ou utilisation). A noter, aucun décès ou blessé lors de transports sur la voie publique (hors transport interne).

Les lettres de l'IPE sont disponibles sur son site internet :

<https://www.defense.gouv.fr/dga/liens/poudres-et-explosifs>

*IPE - 60 boulevard général Martial Valin – 75509 Paris cedex 15
Secrétariat tél : +33 – (0)9 88 67 73 56 – fax : +33 – (0)9 88 67 86 41*

Adresse fonctionnelle : dga-insp.ipe.fct@intradef.gouv.fr



ISSN 2554-0912

Diffusion : numérique / 2 numéros par an

Dépôt légal : janvier 2022

Editeur : DGA/INSP/IPE