



**HAL**  
open science

## 20 ans d'approche expérimentale du risque industriel

Didier Gaston

► **To cite this version:**

Didier Gaston. 20 ans d'approche expérimentale du risque industriel. Préventech, Mar 1995, Paris, France. <ineris-00971916>

**HAL Id: ineris-00971916**

**<https://ineris.hal.science/ineris-00971916v1>**

Submitted on 3 Apr 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## 20 ans d'approche expérimentale du risque industriel

---- D. GASTON ----

Direction "Essais et recherches"  
Responsable "Risques technologiques"

INERIS

L'approche expérimentale dans le domaine des phénomènes dangereux d'émission, d'incendie et d'explosion a permis ces vingt dernières années de faire avancer la "science du risque industriel".

*Cette approche couvre les domaines suivants:*

- *Quantification des effets utilisant souvent l'extrapolation des résultats obtenus dans des essais en grandeur,*
- *caractérisation des substances dangereuses (étiquetage, classification, ...) à l'aide d'essais de laboratoires codifiés,*
- *mise en place de mesures de prévention et de protection en s'appuyant sur l'expérience industrielle acquise comparaison des résultats obtenus dans des essais de laboratoires normalisés entre des produits de référence et les produits nouveaux,*
- *validation de moyens de protection par des essais permettant de vérifier leur fiabilité et leur adéquation aux situations accidentelles ,*
- *analyse du comportement de systèmes complets assurant des fonctions de sécurité soumis à des contraintes d'environnement sévère dans des essais de qualification.*

C'est en se basant sur ces connaissances que de nombreuses réglementations ont été mises en place (exemple : réglementation pyrotechnique, ...).

*Dans les années 70-80 l'arrivée de moyens de calculs et d'algorithmes puissants associés à l'émergence de compétences importantes a tout d'abord permis de développer une approche plus précise des phénomènes physiques mis en oeuvre dans les domaines où l'approche expérimentale était difficilement applicable: dispersion de produits toxiques, détermination d'un terme source d'un incendie, ....*

Une modélisation réaliste s'est rapidement révélée difficile à mettre en oeuvre et d'un coût de revient peu compatible avec les possibilités de l'industrie dans le domaine de l'évaluation des risques. Il a donc été indispensable, pour réduire leur nombre, de hiérarchiser les paramètres à prendre en compte et ainsi mettre au point des moyens de calcul plus simples. L'approche expérimentale fut le seul moyen pour valider les choix effectués.

Ces nouveaux outils ont permis de satisfaire une demande de plus en plus importante et pressante d'évaluation des risques.

**Le retour d'expérience issu des accidents industriels, s'il a permis d'augmenter la connaissance des phénomènes, a aussi mis en évidence les limites de cette approche uniquement basée sur l'utilisation de moyens de modélisation simple :**

- la simplification des phénomènes s'accompagne souvent de l'introduction de "facteurs ou coefficients correctifs" qui ont pour conséquence la majoration des effets ( par exemple la modélisation de la dispersion atmosphérique),
- à l'inverse l'omission de paramètres jugés secondaires a conduit à sous-estimer certains effets (par exemple les effets de la turbulence liée à la présence d'obstacles, sur l'explosion de gaz à l'air libre)

Par ailleurs, le manque de connaissance de base de l'ensemble des paramètres gouvernant le phénomène considéré n'a pas permis de faire la liaison " expérimentation / modélisation / extrapolation " (par exemple toxicité des fumées d'incendie).

Ces dernières années une nouvelle approche expérimentale a vu le jour.

*Elle est basée sur :*

- *la prise en compte d'un besoin spécifique ( produits particuliers, dans un environnement donné, dans des circonstances accidentelles définies),*
- *la définition d'un champ expérimental couvrant un large domaine ( essais de laboratoire, essais en grand, voire essais à l'échelle 1),*
- *l'intégration ,dès la conception des projets, des besoins et impératifs imposés par la modélisation.*

Cette démarche, associée à des moyens de modélisations mieux adaptés et surtout mieux connus, permet d'obtenir un évaluation réaliste du risque compatible avec les exigences industrielles de la fin du XX siècle (par exemple le programme en cours à l'INERIS relatif à l'hydrogène liquide. Ce programme comprend une étude de la dispersion des vapeurs et de l'explosion du mélange inflammable formé).

**Cette présentation de l'approche expérimentale ne saurait être exacte sans aborder les essais de base que l'on désigne par essais codifiés, essais de laboratoires, .... Ces essais dont le nombre s'est accru de façon importante ces dernières années (suite à la mise en place de normes, de réglementations, ...) sont encore indispensables pour définir les mesures de sécurité permettant de réduire le nombre des accidents ( par exemple sensibilité des substances explosibles). De nombreux domaines ne sont pas encore couverts (par exemple atmosphères explosives). Par ailleurs de tels essais permettent et permettront dans les années à venir de proposer la mise en place de moyens de prévention ou de protection adaptés (exemple explosion de produits pulvérulents).**

Dans ce contexte, l'INERIS a joué un rôle important eu égard aux moyens expérimentaux et humains disponibles.

Son rôle s'est articulé autour des axes suivants :

- utilisation et promotion pour la caractérisation des phénomènes dangereux, des appareillages et modes opératoires reconnus nationalement et/ou internationalement.
- participation active, dans des domaines ciblés, à des commissions chargées de l'unification des méthodes d'essais ( commissions internationales, européennes, nationales, ...)
- participation à des programmes de recherches européens ou nationaux dans le but de réaliser des recherches appliquées permettant de mieux comprendre certains phénomènes et le cas échéant de mettre au point des moyens de modélisation spécifiques.
- définition de programmes de recherche correspondant à des besoins spécifiques exprimés par les pouvoirs publics et/ou les industriels (sociétés, syndicats interprofessionnels, ....).

A titre d'exemple, nous présentons trois programmes, l'un terminé et les deux autres en cours à l'INERIS :

- Inflammation d'atmosphères explosives par un faisceau lumineux,
- Toxicité des fumées d'incendie,
- Explosion dans un jet de gaz inflammable.

### **Inflammation d'atmosphères explosives par un faisceau lumineux**

L'emploi d'équipements optiques utilisant des sources lumineuses de forte énergie telles que les lasers peut conduire à des risques d'inflammation lorsqu'ils se situent dans des atmosphères contenant des gaz, vapeurs ou poussières combustibles, donc explosives. Les risques d'explosion liés à l'utilisation de l'énergie électrique dans une atmosphère explosive sont reconnus et il existe des méthodes pour tenter de les quantifier. En revanche, les risques liés à l'utilisation de l'énergie lumineuse sont mal connus et fréquemment ignorés. Bien souvent, il est supposé implicitement que la "lumière" ne peut pas engendrer d'explosion. Il n'existe pas de normes ou de guides consacrés à la quantification de ce risque et aux moyens de s'en prémunir.

Cette étude a cherché à déterminer les conditions dans lesquelles une atmosphère contenant des gaz, vapeurs ou poussières combustibles pouvait être mise à feu par un faisceau laser.

Les résultats montrent que la puissance lumineuse nécessaire à l'inflammation d'un pré-mélange gazeux est beaucoup plus faible pour une surface chauffée que pour une suspension de particules inertes. Dans le cas de particules inertes, leur taille influe peu sur ce seuil. Pour des poussières combustibles, les risques semblent n'avoir aucun lien avec les paramètres d'inflammabilité habituellement utilisés.

## Toxicité des fumées d'incendie

---

Les effluents du feu sont constitués d'un mélange complexe de matières particulaires solides, d'aérosols, de gaz et de vapeurs dont l'impact toxique est très difficilement évaluable.

Dans un incendie, deux types d'exposition aux fumées sont à considérer dans leur étude d'impact toxique:

- le premier se rapporte au milieu confiné et concerne essentiellement les équipes d'intervention et les personnes piégées dans un incendie. Très souvent caractérisé par des intoxications, ce type d'exposition entraîne l'inhalation de fumées qui peut être mortelle de façon directe, mais aussi de manière indirecte par la modification du comportement des personnes et notamment par leur incapacité physique à échapper au sinistre;
- le second concerne plus particulièrement les populations voisines et environnantes, distantes de 50 m à quelques kilomètres du sinistre. Celles-ci sont exposées au nuage toxique issu de la dispersion du panache dans l'atmosphère. Les risques encourus sont moins importants que dans le cas précédent: on considère en général que le nuage toxique n'a pas immédiatement de conséquences mortelles, cependant il est à noter que ces risques ne sont pas nuls. De nombreuses personnes indisposées, choquées, intoxiquées, nécessitant parfois une hospitalisation, ont été recensées.

Afin d'améliorer les connaissances relatives à ces diverses situations, un programme expérimental est en cours à l'INERIS.

Une première étape a consisté à reproduire dans des essais "*en grand*" un scénario représentatif d'un accident industriel afin d'évaluer la composition des effluents ainsi que les conditions générales (durée, température, ...).

La deuxième étape consiste à reproduire en laboratoire des mélanges toxiques reconstitués reprenant les constituants majeurs observés dans l'essai en grand afin de déterminer d'une part la contribution respective de chacun des gaz dans la toxicité du mélange et d'autre part les interactions entre les différents gaz.

Pour ce faire, il a été fait essentiellement appel à l'expérimentation animale et aux essais "*en grand*" afin d'avoir la vision la plus réaliste et représentative d'une situation accidentelle réelle.

Pour atteindre ces objectifs, l'INERIS a regroupé autour de ses compétences un partenariat de spécialistes (toxicologues, médecins, biologistes, sapeurs-pompiers,...)

Cette recherche appliquée permettra d'intégrer de nouvelles données dans les modèles de calcul du potentiel toxique d'effluents d'incendies et donc d'affiner leurs estimations qui peuvent s'avérer utiles dans le cadre de la réalisation d'étude de dangers ou de plan particulier d'intervention.

## **Explosion dans un jet de gaz inflammable**

---

Les explosions de gaz dans les unités chimiques et pétrolières sont régulièrement à l'origine de dégâts importants dans les installations chimiques et pétrolières. Les accidents survenus en novembre 1992 à la suite d'une fuite de gaz liquéfié à la raffinerie de la Mède et en avril 1992 au dessus d'un stockage souterrain de gaz de pétrole liquéfié à Brenham aux Etats-Unis en sont des illustrations marquantes.

Tous les paramètres pouvant influencer le déroulement d'une telle explosion n'ont pas encore été complètement identifiés, compte tenu de la diversité des situations possibles. La présence de bâtiments et d'installations sur le trajet parcouru par la flamme de l'explosion contribue souvent à augmenter les effets de pression de l'explosion.

Pour mieux en cerner les paramètres, l'INERIS a étudié en 1992/1993 la formation d'un mélange gaz inflammable/air et son inflammation en cas de décharge à l'air libre, en l'absence d'obstacle. Ces travaux montrent que les caractéristiques du mélange inflammable et celles de l'explosion dépendent notamment de facteurs tels que la dimension de l'orifice de décharge et la nature du gaz. La turbulence initiale due au jet, voire le caractère non homogène du mélange inflammable formé suffisent à expliquer que les explosions obtenues sont 10 à 100 fois plus violentes que celles qui mettraient en cause des volumes équivalents de mélanges air-méthane ou air-hydrogène, de composition stoechiométrique, homogènes et au repos.

Ces travaux se poursuivent avec pour objectif de caractériser l'explosion de mélanges ayant une forte turbulence initiale, puisque résultant de la décharge dans l'air ambiant d'un gaz inflammable, sous forme d'un jet non plus libre mais dévié perpendiculairement vers le sol en présence ou non d'un obstacle.

A l'issue de cette étude, entreprise dans le cadre du projet européen Merge prolongé par EMerge, l'INERIS dispose de moyens plus adaptés de calcul des effets d'explosions de gaz non confinées. Ces moyens sont utilisables pour réaliser des études de risques d'installations industrielles existantes ou en projet; ils permettent aussi une amélioration de l'expertise des explosions accidentelles de ce type.

**Les connaissances sur la prévention et la protection des risques industriels ont pu évoluer aussi rapidement grâce à l'approche expérimentale qui reste une pièce maîtresse pour permettre de définir de manière plus réaliste les phénomènes d'émission, d'incendie, et d'explosion.**

**Cette approche nécessite et nécessitera de plus en plus la mise en oeuvre de moyens spécifiques et de compétences "pointues" afin de répondre au rôle qui lui est confié :**

- être l'ultime recours pour valider des moyens de modélisation,
- fournir des données fiables et indispensables pour la connaissance de base sur les phénomènes dangereux.