

## Expérimentation et modélisation : 2 activités inséparables

Didier Gaston

► **To cite this version:**

Didier Gaston. Expérimentation et modélisation : 2 activités inséparables. ASTELAB 1995 "Simulation de l'environnement et maîtrise des risques industriels et technologiques (MAIRIT)", May 1995, Paris, France. pp.339-344. ineris-00971924

**HAL Id: ineris-00971924**

**<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00971924>**

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.

## Expérimentation et modélisation : 2 activités inséparables

---- D. GASTON ----  
**INERIS**

<p><b>résumé :</b></p> <p>Dans les années 1970-80, l'arrivée de moyens de calculs puissants associés à l'émergence de compétences importantes a permis de combler des domaines où l'approche expérimentale était difficilement applicable. Une modélisation réaliste s'est rapidement avérée difficile et d'un coût de revient élevé. Il a donc été indispensable de hiérarchiser les paramètres à prendre en compte pour réduire leur nombre et ainsi mettre au point des moyens de calculs plus simples.</p> <p>Ces dernières années, est apparue une nouvelle approche basée sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* la prise en compte d'un besoin spécifique,</li> <li>* la définition d'un champ expérimental couvrant un large domaine,</li> <li>* l'intégration, dès la définition du plan d'expérience, des besoins et impératifs imposés par la modélisation.</li> </ul> <p>Cette démarche, associée à des moyens de modélisation mieux adaptés et surtout mieux connus, permet d'obtenir une évaluation réaliste du risque compatible avec les exigences industrielles de la fin du XXème siècle.</p>	<p><b>abstract :</b></p> <p>In the seventies, powerful computers and incoming new knowledges permitted to fulfill gaps nearly inaccessible to the experimental search. Very soon, realistic modelling proved difficult and expensive. As a consequence, it was compulsory to classify the relevant parameters and, on this basis, devise more simple models.</p> <p>In the recent years, a new approach appeared which is based on:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*the consideration of a specific need,</li> <li>*the determination of an experimental scheme covering a large spectrum,</li> <li>*the integration, in the earliest stage of the definition of the experimental scheme, of needs and constraints linked to the modelisation.</li> </ul> <p>This approach, associated to models which are better targeted and controlled, allows a realistic evaluation of the risk to be obtained, compatible with the industrial requirements of the end of the century.</p>
---	---

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 vise les objectifs suivants:*

- *Quantification des effets en utilisant souvent l'extrapolation des résultats obtenus dans des essais en grand,*
- *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 et la comparaison des résultats obtenus dans des essais de laboratoires normalisés entre des produits de référence et les produits nouveaux,*
- *validation des 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 sévères lors d'essais de qualification .*

C'est en se basant sur ces connaissances que de nombreuses réglementations ont été mises en place.

*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 avérée 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 de hiérarchiser les paramètres à prendre en compte pour réduire leur nombre 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 philosophie associant approche expérimentale et modélisation a vu le jour.

*Elle est basée sur :*

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

A titre d'exemple, nous présentons deux programmes en cours à l'INERIS :

- Toxicité des fumées d'incendie,
- Explosion dans un jet de gaz inflammable.

## 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.

La première étape de ce travail 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 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. La modélisation est un complément indispensable pour valoriser et extrapoler les résultats expérimentaux . C'est un outil performant nécessitant une mise en oeuvre par des personnes connaissant bien les limites de validité des résultats obtenus.**

**L'association expérimentation-modélisation nécessite et nécessitera de plus en plus la mise en oeuvre de moyens spécifiques et de compétences "*pointues*".**

**En utilisant des moyens de modélisation calés sur des expériences adaptées, les données fournies sur les phénomènes dangereux sont très fiables. Il est alors possible de réaliser des évaluations réalistes des risques.**