

## Objectifs

L'ingénierie de la sécurité est une méthode de quantification du niveau de sécurité offert par les ouvrages, les produits ou les systèmes, déjà ancienne dans certains secteurs technologiquement avancés ou confrontés à des enjeux de sécurité élevés et sensibles en terme d'équilibre sécurité-coût.

On peut citer, par exemple, les secteurs de l'aéronautique et plus généralement des transports, ceux du nucléaire et plus généralement de l'énergie ou encore ceux des constructions industrielles.

L'ingénierie de la sécurité est fondée sur le principe de la recherche systématique de tous les enchainements d'évènements susceptibles de conduire à une situation d'atteinte à la sécurité des personnes, des biens voire de l'environnement, et ce faisant, constituer un risque.

Chacun de ces enchainements possibles, appelés scénarios, est recensé, décrit et associé à une probabilité d'occurrence dans le cas spécifique d'un ouvrage considéré.

# Projet National ISI

## Ingénierie de la Sécurité Incendie

### ... suite Objectifs

Le risque associé à un scénario est alors déduit du couple "probabilité d'occurrence - gravité des conséquences". Il est alors soit possible de sélectionner les scénarios présentant les probabilités de risques plus élevés pour des analyses plus détaillées ou de cumuler des risques résultant de l'ensemble des couples "probabilité - gravité" pour quantifier la marge de sécurité globale offerte par l'ouvrage, relativement à un niveau de risque maximal accepté.

L'ingénierie de la sécurité incendie peut être définie comme l'application des principes de l'ingénierie, de règles et de jugements d'experts, fondés sur une appréciation scientifique des phénomènes du feu, de leurs effets et de la réaction et du comportement humains, pour :

- quantifier les dangers et risques d'incendie et leurs effets,
  - évaluer analytiquement les mesures optimales en matière de prévention et de protection nécessaires pour limiter, dans des niveaux prescrits, les conséquences de l'incendie,
- afin de sauver les vies, protéger les biens et préserver l'environnement et le patrimoine.

Le recours à l'ingénierie de la sécurité incendie se développe depuis plusieurs années et un corpus complet de méthodes reconnues par la normalisation internationale ou partagées par plusieurs pays est en cours d'élaboration.

L'objectif du Projet National ISI est de produire, à l'issue de près de six années de recherche-expérimentation, un guide méthodologique d'application de l'ISI à l'usage des maîtres d'ouvrage, des concepteurs, des gestionnaires et des prescripteurs, en présentant une démarche cohérente et facilement applicable, validée à partir de reconstitutions d'incendies réels et d'expérimentations sur des projets de construction ou de réhabilitation.

Le projet a pour enjeu autant de produire des outils professionnels spécifiques que de contribuer à l'évolution des cultures techniques et décisionnelles concernées par ces questions en s'appuyant sur une dynamique de travail partenariale.

## Programme réalisé

Le programme du Projet National ISI comprend deux premières parties consacrées aux travaux de recherche et développement, complétées par une troisième partie relative à la valorisation des travaux du PN ISI, la sensibilisation des acteurs de la sécurité contre l'incendie et l'élaboration de programmes de formations ISI.

La première partie est consacrée à des travaux détaillés et consensuels sur la méthodologie à employer dans une démarche d'ingénierie sécurité incendie. Ils conduiront à un guide d'application de la méthode.

Le programme de la deuxième partie du projet, présenté en suivant le découpage proposé par l'ISO, examine systématiquement l'incidence de scénarios d'incendie en prenant en compte les sous systèmes suivants : naissance et développement d'un incendie, propagation des effluents (fumées), stabilité structurale et compartimentage, comportement des personnes, protection de l'environnement.

Cette partie est consacrée à la présentation et l'analyse d'outils de simulation et expérimentaux.

La troisième partie du projet est consacrée à la valorisation des connaissances disponibles dans le domaine de l'ingénierie de la sécurité incendie et de celles acquises dans le Projet National ISI. Elle est complétée par des programmes de formations ISI et des propositions à l'Administration sur les évolutions réglementaires à faire pour permettre un recours plus large à l'ISI.

Les travaux du projet sont organisés en sept groupes de travail.

### GROUPE 1

**Animé par Joël KRUPPA (CTICM)**

A partir de travaux en cours de réalisation au niveau de l'ISO, une méthodologie générale d'application de l'ingénierie de la sécurité incendie à des ouvrages donnés a été élaborée tout au long des 4 premières années du Projet National. Cette méthodologie a pris en compte les spécificités françaises afin de pouvoir plus facilement être référencée par les autorités. Un grand nombre d'acteurs de l'acte de construire, en ce qui concerne l'aspect sécurité incendie, tels que pouvoirs publics, sapeurs pompiers, bureaux d'études, fabricants de matériaux, entrepreneurs, laboratoires, centres de recherche... a été impliqué.

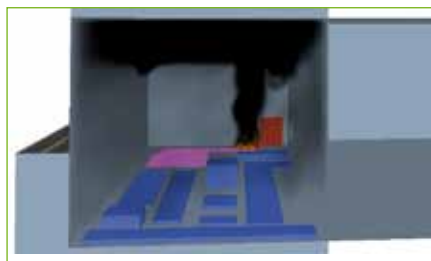
La définition des objectifs de sécurité pouvant être demandés à un ouvrage, ainsi que les critères de performance à leur associer, a fait l'objet de travaux spécifiques. Il en est de même pour la sélection des scénarios d'études, qu'ils soient des scénarios de développement et de propagation de l'incendie ou des scénarios d'évacuation et de mise en sécurité des personnes.

Les informations pouvant être recueillies sur les nombreux incendies qui se déroulent quotidiennement en France ont fait l'objet d'une attention particulière. Un site de recueil en ligne a été élaboré et des accords ont été passés avec les services de secours et d'investigation permettant ainsi d'asseoir la constitution des scénarios sur des réalités constatées.

Un vaste travail a également été accompli pour reconstituer, avec les outils de l'ingénierie de la sécurité incendie, de nombreux sinistres s'étant déroulés pendant la durée du Projet National. Ceci a permis de comprendre les enchainements et d'identifier les facteurs prépondérants ayant conduit aux conséquences observées ; et aussi à pouvoir évaluer les modifications à apporter aux ouvrages concernés pour réduire les risques.



« Cette méthodologie a pris en compte les spécificités françaises afin de pouvoir plus facilement être référencée par les autorités. »



Reconstitution - Gymnase



Simulation du désenfumage.

## GROUPE 2



« Des efforts importants ont été réalisés afin d'appréhender les problématiques propres de la sécurité incendie. »

**Animé par André de CHEFDEBIEN puis Pascal POURCEL (CERIB)**

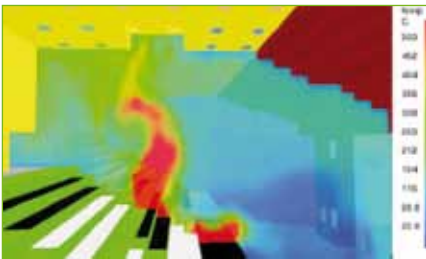
Les travaux réalisés ont permis d'établir l'état de l'art des méthodes pour la détermination des dangers propres aux systèmes, l'analyse de risque et d'aide à la décision. Ces méthodes ont été classiquement utilisées pour l'analyse de la sûreté de fonctionnement des équipements dans les installations industrielles. Des efforts importants ont été réalisés afin d'appréhender les problématiques propres de la sécurité incendie. Dans ce sens, des approches possibilistes ont été utilisées : elles permettent de tenir compte des concepts flous tels que les dires d'expert ou des analyses réalisées après sinistre. Elles permettent d'associer une quantification à des notions purement descriptives, et ainsi d'en tenir compte dans le calcul de risque.

Les démarches à suivre lors de la réalisation d'analyses de risque ont été présentées. Près d'une dizaine de méthodes d'analyse de risque ont été recensées et amplement décrites. Ces méthodes ont été utilisées pour analyser la sécurité incendie d'un hôtel et la sûreté des installations nucléaires pour la production d'énergie électrique.

## GROUPE 3

**Animé par Philippe FROMY (CSTB)**

L'ISI a recours à la simulation des phénomènes relatifs à la naissance, au développement de l'incendie et à la propagation de la fumée à l'intérieur d'un bâtiment. La mise en sécurité des personnes est l'objectif principal des codes et règlements de sécurité contre l'incendie. L'évaluation de l'efficacité des moyens destinés à protéger les personnes, envisagés dans un projet ou déjà mis en place dans un ouvrage, constitue une étape nécessaire dans une étude d'ingénierie complète. Pour chaque scénario de feu retenu, on examine si les personnes potentiellement exposées aux dangers du feu peuvent, soit s'éloigner de l'ouvrage en restant en sécurité, soit trouver dans celui-ci une zone de refuge. Le comportement humain joue un rôle essentiel dans la réussite d'une mise en sécurité.



Simulation du désenfumage.

L'examen des outils de calcul disponibles pour simuler les phénomènes physiques du feu et la mise en sécurité des personnes constitue l'objectif principal de ce groupe. Dresser un état des connaissances et des données disponibles exploitables par les outils de calcul en matière de comportement humain constitue le second objectif.

In fine, le praticien de l'ISI, en charge de définir ou d'évaluer des mesures de sécurité incendie doit pouvoir disposer d'outils dont les résultats sont validés et fiables.

## GROUPE 4

**Animé par Daniel JOYEUX (Efectis France)**

Le Groupe 4 a deux objectifs distincts. Le premier est de présenter des recommandations sur les données nécessaires à la quantification des scénarios d'incendie. Ces données concernent en premier lieu les charges calorifiques représentant la source et la propagation de l'incendie, pour lesquelles une enquête sur des charges calorifiques et des propriétés s'en rapportant a été réalisée pour différents types d'activité. La cinétique de l'incendie est alors définie par la notion de foyers.



« **A partir de la collecte des données, des analyses expérimentales et numériques, des recommandations sur les charges calorifiques, la caractérisation de foyers et le comportement de feu de vitrages sont effectués.** »

Les différentes solutions pour caractériser un foyer sont présentées. Le comportement des éléments verriers au niveau des fenêtres est un des paramètres importants pouvant interférer sur cette cinétique. Avec la réalisation d'essais de vitrage sans performance en résistance au feu et des analyses numériques, il est mis en évidence une meilleure compréhension du comportement des vitrages avec châssis pvc et alu.

A partir de la collecte des données, des analyses expérimentales et numériques, des recommandations sur les charges calorifiques, la caractérisation de foyers et le comportement de feu de vitrages sont effectués.

Le second objectif reprend l'ensemble des travaux techniques effectués au sein du Projet National Ingénierie de Sécurité Incendie pour argumenter et recommander aux autorités et aux pouvoirs publics des évolutions réglementaires permettant une utilisation plus importante de l'ingénierie de sécurité incendie. Pour ce faire, des recommandations sont effectuées vis-à-vis d'une évolution à court terme des textes actuels pour lever certains verrous ou étendre les ouvertures existantes à de nouvelles disciplines

Ces recommandations ont aussi pour but une évolution à plus long terme du corpus réglementaire vers une harmonisation des pratiques au sein des différents types d'ouvrages, via la méthodologie développée tout au long du Projet National.

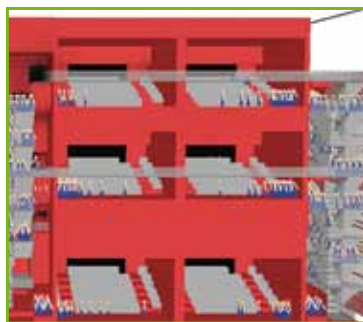
## GRUPE 5

**Animé par Fabienne ROBERT (CERIB)**

L'objectif du groupe de travail 5 était de réaliser, de manière collective, des applications de l'ingénierie de la sécurité incendie. Ceci a permis de confronter les approches de chacun des partenaires, de mettre en œuvre de nouvelles approches et enfin d'illustrer sur un cas concret, l'enchaînement des différentes étapes de la méthodologie générale (développée dans le cadre du groupe de travail 1) et d'apporter des commentaires sur les difficultés rencontrées afin de la modifier le cas échéant.

Les cas d'application traités sont les suivants :

- établissement de type « maison de retraite » installé dans un immeuble de 30 étages dans le cadre de la 6<sup>ème</sup> Performance-Based Code conference (Tokyo, juin 2006),
- réhabilitation d'un hôtel et analyse des niveaux de sécurité offerts par différentes solutions de mise en sécurité (cet exemple a notamment permis d'illustrer les modèles de simulation événementielle probabiliste),
- complexe cinématographique multi-salles pour lequel différentes stratégies d'évacuation ont été étudiées (un focus particulier a été fait sur l'objectif de sécurité relatif à la protection de la santé et de la vie des occupants).



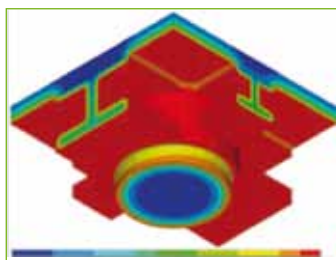
Cinéma à Créteil.

## GRUPE 6

**Animé par Menad CHENAF (CSTB)**

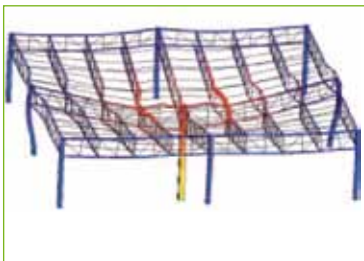
Le Groupe 6 s'est intéressé à deux aspects du Projet National : les outils disponibles en matière d'analyse structurale et les problèmes particuliers du compartimentage entre locaux.

Pour le premier sujet, ont été passés en revue les principaux logiciels existants et les limites d'analyse qu'ils offrent, notamment pour les lois de comportement ainsi que pour la distribution de sollicitations au sein des structures. Les conclusions qui en ont été tirées concernent essentiellement les précautions d'emplois de ces divers outils, et notamment la formation spécifique nécessaire des utilisateurs potentiels.



Simulation du transfert thermique.





Simulation du comportement thermomécanique.

## GROUPE 7

### Animé par Dhionis DHIMA (CSTB)

Le travail du groupe 7 a été guidé par les trois objectifs suivants :

- premièrement, sensibiliser tous les acteurs de la sécurité incendie avec la démarche ISI (ingénierie de la sécurité incendie),
- deuxièmement, établir des programmes de formations initiales de l'ISI,
- troisièmement, faire connaître et valoriser les travaux réalisés et les connaissances acquises dans le cadre du Projet National ISI.

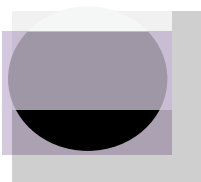
La sensibilisation des acteurs a été effectuée à l'aide de séminaires et d'une plaquette consacrés à ISI. Un séminaire a été organisé à Paris et un autre à Marseille. Trois autres suivront avant la fin de 2011 dans trois villes différentes.

Concernant le deuxième objectif, après avoir réalisé une étude de marché sur la demande de l'ISI en France, et après avoir étudié plusieurs programmes de formation continue de différents pays du monde, deux programmes de formations initiales ISI ont été proposés. Ces deux programmes ont démarré en septembre 2010 à l'Université de la Méditerranée Aix-Marseille II et à l'INSA de Rouen.

La valorisation interne des travaux du Projet National ISI a été réalisée à l'aide d'un site intranet qui a été mis en service dès le démarrage du Projet National. Un guide pratique, basé sur la méthodologie de l'ISI, établi par le Groupe 1, et un site internet qui remplacera le site intranet, complètent l'objectif de la valorisation du Projet National ISI. Le guide pratique est présenté d'une manière didactique à l'aide de trois exemples concrets traités dans le cadre du Projet National ISI. Ce guide sera présenté facilement à tous les acteurs de sécurité incendie à l'aide d'un CD.

« **Faire connaître et valoriser les travaux réalisés et les connaissances acquises dans le cadre du Projet National ISI.** »





## Organisation

### La Direction du Projet

Président : Raphaël SLAMA  
(CGPC MEEDDAT)

Directeur Scientifique  
et Technique : Charles BALOCHE (CSTB)

Co-animateurs du CST : Joël KRUPPA  
(CTICM)

et André de CHEFDEBIEN puis Fabienne ROBERT  
(CERIB)

Suivi IREX : Georges CASARI

### Les partenaires

- Accor - ANAH - Agrepi - Arcelor - Areva - Assistance Publique (AP-HP) - ATILH - Bertin Technologie - BMPM - BSPP - CSD Faces - CEA - CETU - CERIB - CNPP - CSTB - CTICM - Ecole d'Architecture de Nantes - EGIS Scetauroute - ENSOP - EPA Jussieu - FFSA - FFB - FNTP - Fire&Construction - GIF - IRSN - INERIS - INSA Rouen - LNE - LCPP - Plastics Europe - Semmaris - SNI - SFPE - Sogea Construction - SPK Engineering - SNPPA - Université Blaise Pascal - Université de Clermont Ferrand - Université de Cergy Pontoise - Université de Savoie - USIRF - Vinci Construction



## Durée Budget

Le Projet National ISI a démarré en 2005 pour une durée prévisionnelle de 4 ans.

Le budget total prévu s'élève à 4 870 000 € HT, dont des subventions du MEDDTL (DRI + DGALN + PUCA) : 943 555 € HT et du Ministère de l'Intérieur : 84 221 € HT, le solde en apports en nature et cotisations des partenaires.



## Publications

**Les travaux du Projet National ISI permettront la rédaction d'un guide pratique à paraître en 2011 et seront présentés au cours de manifestations.**

- Dès à présent plusieurs séminaires ont été organisés :
  - en octobre 2006 à l'Université de Cergy Pontoise : « Séminaire international sur le comportement humain face aux incendies et autres situations de danger »,
  - en avril 2007 à la FNTP à Paris: « Séminaire International sur l'ingénierie de la sécurité incendie »,
  - en septembre 2007 à la FNTP à Paris « Retour d'expériences de la pratique de l'ISI en France »,
  - en juin 2008 à la FFB à Paris : « L'ingénierie de la sécurité incendie. L'approche française ».

## Applications et retombées du Projet National

### Les retombées d'un tel programme sont de plusieurs ordres :

- sur le plan de la connaissance scientifique, de la pratique technique des vérifications de sécurité des projets et du positionnement des acteurs, en particulier dans la relation entre les maîtres d'ouvrage et les bureaux d'études de conception,
- sur le plan de la perception et de l'approche de l'exigence réglementaire,
- le cas échéant, pour améliorer le niveau de sécurité dans les domaines où les règles empiriques seraient imparfaites,
- et surtout, in fine, sur le plan de la hauteur de vue avec laquelle la problématique "risque incendie" devra désormais être abordée.

### ■ Une méthode imposant de réfléchir avant de choisir et d'agir

L'ISI a la particularité de proposer une gestion du risque par l'exigence aval constituée par la vérification de l'atteinte de l'objectif de sécurité assigné. Elle autorise aux acteurs de conception une grande liberté dans le choix des moyens matériels et approches système, et permet le recours à un choix de solutions combinées illimité a priori, pour autant que la preuve in fine puisse être apportée que l'objectif est atteint.

Cette méthode, dite "performantielle", incite les concepteurs à imaginer l'ensemble des solutions les plus appropriées au problème posé, et s'interdit d'imposer un ensemble de dispositions techniques règlementées et prédéterminées.

C'est là la principale différence, et par suite, son premier avantage par rapport à une approche descriptive des dispositions de sécurité à adopter.

Cette caractéristique redonne le pouvoir à la réflexion, à l'étude, à la démonstration. Les solutions les meilleures seront celles qui vont atteindre l'objectif de sécurité assigné avec le degré de précision prévu, en retenant la combinaison de moyens la plus élégante, la moins onéreuse, la plus imaginative compte tenu des particularités de l'ouvrage étudié et du mode d'exploitation prévu.

#### ■ Une méthode qui impose pour la bonne cause, une rigueur bien comprise

Il va de soi que la démonstration doit être probante, reposer sur des bases scientifiquement prouvées, mettre en évidence la maîtrise des incertitudes associées à chacune des analyses constitutives du "chemin de preuve". Cette exigence est indispensable à l'appréciation de la fiabilité du résultat et à la confiance qui pourra lui être accordé. La maîtrise de la qualité dans les travaux d'études ISI est une évidence, et le mécanisme de vérification des conditions de mise en œuvre de la méthode s'attachera à s'assurer de son efficacité, nécessitant des compétences spécifiques indépendantes à disposition des pouvoirs publics, ou à tout le moins un mécanisme de contrôle qui ne pourra plus être fait par des contrôles de prescription. Il paraît alors certain qu'une des retombées majeures de ce programme aura été d'élever le niveau de réflexion et de profondeur des études requises: les bureaux d'études ont déjà compris la nécessité de s'y préparer et se montrent intéressés par les formations aux disciplines sous-tendues par les démonstrations qu'ils auront à établir, tant dans le domaine de l'étude des foyers, du développement de leur puissance, du mouvement des effluents du feu et de son interaction avec la ventilation, du comportement à chaud des matériaux, produits et systèmes, et enfin du comportement des personnes. Les outils de la mécanique avancée à chaud, de la mécanique des fluides, de l'évacuation des personnes existent déjà: il faudra les utiliser en toute fiabilité et les bureaux d'études l'ont bien compris.

#### ■ Une filière aux compétences spécifiques à l'ingénierie du feu

Une filière d'excellence dans les études concernées commence déjà à émerger de ce besoin. Elle aura à faire comprendre aux maîtres d'ouvrage le poids de leurs choix en terme économique, mais aussi leur responsabilité en terme d'engagement de l'exploitant devant faire respecter strictement les conditions d'exploitation prévues au projet. Les conclusions de cette recherche font clairement apparaître la nécessité d'une formation scientifique associée.

Cette acquisition de compétence devra être portée par les universités, les grandes écoles et les centres de formation continue qui doivent former à l'usage des disciplines en cause une nouvelle génération d'ingénieurs spécialistes susceptibles de valoriser leurs acquis dans les activités d'études, tant au plan français et qu'euro péen.

Corrélativement, ce projet permettra, si son appropriation par les professionnels est effective, de confirmer le positionnement de la France dans le peloton de tête des acteurs mondiaux du domaine des méthodes de sécurité avancées, au même niveau que les scandinaves et les anglo-saxons.

#### ■ Une méthode généralisable aux situations les plus complexes

En contrepartie de ces exigences d'emploi, la méthode permet d'aborder à peu près tous les cas : de l'ouvrage ancien dont les matériaux sont vieillis et les systèmes périmés, jusqu'à l'ouvrage neuf aux dimensions ou caractéristiques d'exploitation inhabituelles, en passant par les ouvrages plus courants appelés à des rénovations à l'occasion desquelles un changement des dispositions de sécurité est rendu nécessaire.

La méthode prend comme données les caractéristiques physiques et dimensionnelles des ouvrages telles qu'elles sont et n'impose rien, ce qui la rend utilisable sur un champ extrêmement varié de situations, les limites étant seulement constituées par la mise à disposition et la maîtrise des données indispensables à sa mise en œuvre. C'est la méthode qui se conforme à l'ouvrage, en en considérant tous les particularismes, et non pas l'ouvrage qui doit se limiter aux limitations de la méthode. On voit immédiatement toute la liberté de conception dont peuvent jouir les architectes et concepteurs dans le recours à une telle approche.

Sachant, bien évidemment, que l'ISI ne pourra développer tout son intérêt que si elle est partie prenante du projet dès la conception, d'où un dialogue dans l'équipe projet et une importance forte de l'ingénieur de sécurité incendie.

#### ■ En résumé

La recherche effectuée a permis de décrire les conditions d'emploi de la méthode d'ingénierie de la sécurité basée sur le principe des analyses de scénarios d'incendie.

Cette méthode est en mesure de créer, si ses conclusions sont correctement comprises et exploitées, une situation nouvelle dans le paysage des outils méthodologiques permettant aux acteurs de la construction de maîtriser toujours plus précisément les conditions de sécurité de leurs ouvrages:

- L'ISI peut élever le niveau d'analyse et d'évaluation de la pertinence des solutions présentées pour assurer l'atteinte des objectifs de sécurité assignés à un ouvrage;
- L'ISI pourra constituer une référence fiable dans l'approche des problèmes complexes, sans recourir à des solutions empiriques et par suite anti-économiques;
- L'ISI propose en outre aux acteurs d'études un challenge nouveau susceptible de renforcer grandement leur contribution à la valeur des projets, par une exploitation intelligente de leurs capacités de réflexion, au-delà de l'emploi des outils informatiques très performants actuellement disponibles.