

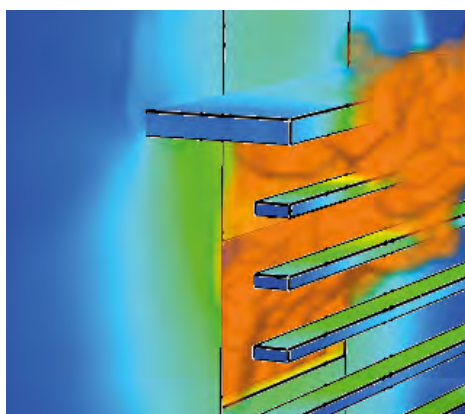
> EXPERTISE

# Ingénierie de Sécurité Incendie (ISI)

Libérer la conception tout  
en fiabilisant les ouvrages

Créativité architecturale, innovation technique, objectifs de performance... Comment répondre à ces objectifs tout en garantissant la sécurité incendie des ouvrages ? L'ingénierie de sécurité incendie proposée par le CSTB aux concepteurs, maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage permet de garantir la sécurité au feu des ouvrages.

[www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



# Ingénierie de Sécurité Incendie (ISI)

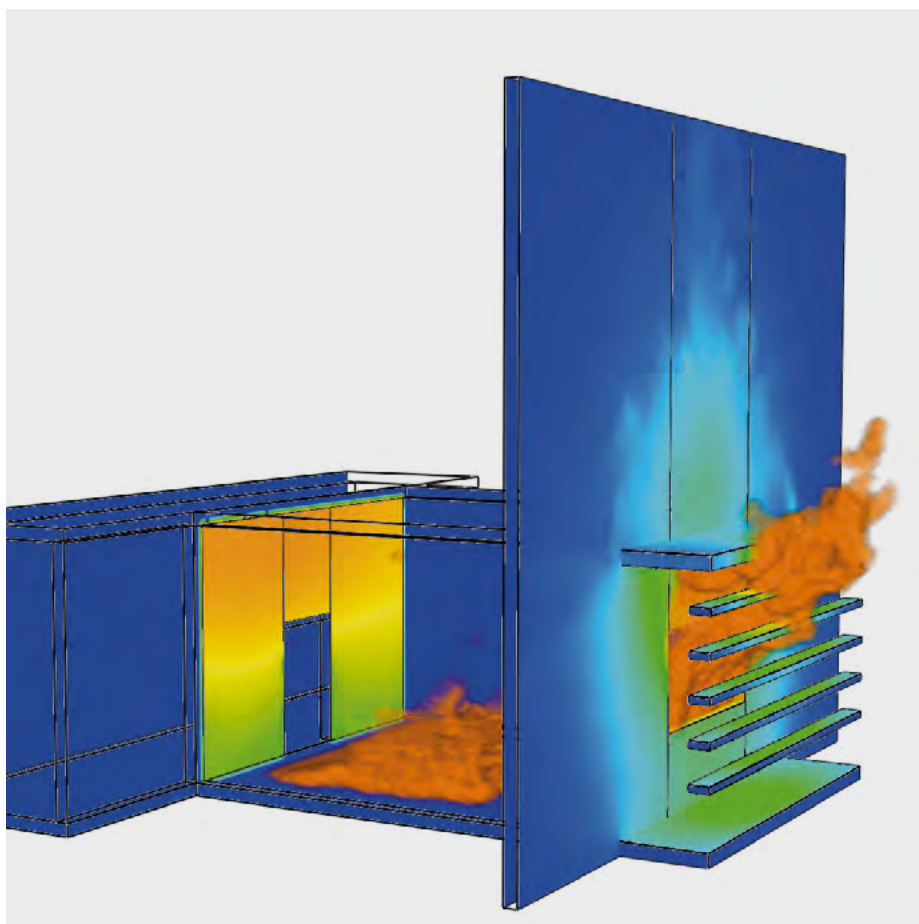
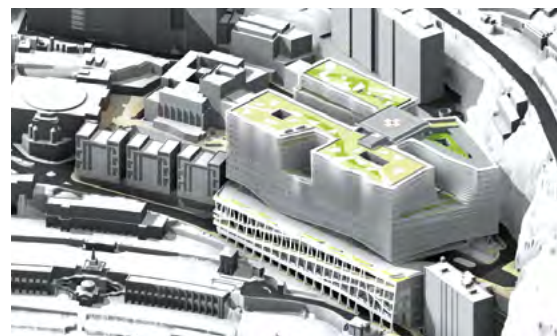
L'Ingénierie de la Sécurité Incendie permet de concevoir des ouvrages en fonction de l'impact de l'incendie sur le bâti. L'ISI est une alternative aux dispositions prédéfinies par la réglementation prescriptive française ou les normes internationales, pour des bâtiments et des ouvrages exceptionnels, mais aussi pour la rénovation du parc existant. Elle permet d'intégrer des dispositions de protection et de prévention pour apporter le niveau de sécurité recherché. Le CSTB met à la disposition des maîtres d'ouvrages, bureaux d'études, architectes et maîtres d'œuvre une approche d'ingénierie de sécurité incendie éprouvée sur la base de méthodes de référence. Avec à la clé, une plus grande liberté dans l'art de concevoir et de bâtir.

## L'APPROCHE ISI

Ouvert par les autorités publiques en France depuis 2004, le champ réglementaire laisse la place à une plus grande liberté de conception, en permettant aux concepteurs de recourir à l'Ingénierie de la Sécurité Incendie (ISI), pour justifier de la résistance d'un bâtiment à un incendie. Cette approche dite « performancielle » complète l'approche « prescriptive », adaptée à l'évaluation des solutions traditionnelles. L'ISI est autorisée par les autorités françaises en désenfumage et en stabilité au feu des structures. Le CSTB propose cette prestation, et anticipe les besoins, en appliquant l'ISI à des études d'évacuation des personnes ou de réaction au feu et combine toutes ces approches au travers d'études d'ingénierie globales, en collaboration avec les acteurs concernés (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, commissions de sécurité...).

## ▼ Étude de la résistance au feu

Brise-soleil du nouveau centre hospitalier Princesse Grace de Monaco. Architectes : AIA associés et Natacha Morin-Innocenti.



## ➤ ÉTUDE D'INGÉNIERIE GLOBALE

L'ingénierie de la sécurité incendie peut être appréhendée par thématique (réaction au feu, stabilité au feu, désenfumage, évacuation) ou prendre en compte l'ouvrage dans son ensemble. Le CSTB propose aux concepteurs les deux approches.

L'approche globale combine les différentes analyses en y ajoutant les mesures organisationnelles, que sont les procédures des pompiers, les règles d'évacuation, etc. Pour être encore plus fin dans l'analyse des scénarios d'incendie appliqués au projet, le CSTB peut également compléter par une approche « probabiliste ». Celle-ci consiste à identifier le niveau de sécurité des différents éléments entrant en ligne de compte dans l'analyse, comme les personnes susceptibles de se trouver dans le lieu, l'intervention des secours, le type de bâtiment, etc., et ceci sur l'ensemble des scénarios d'incendie possibles et des événements particuliers (ouverture de porte, bris de verre, personne qui ne respecte pas les consignes, etc.), en intégrant leur probabilité d'occurrence.

Ainsi, on pourra identifier les risques en termes de probabilités et redimensionner les espaces et les équipements en fonction des résultats.



## ➤ RÉACTION AU FEU

Lorsque la solution de conception proposée ne répond pas aux exigences prescriptives définies au règlement de sécurité, l'ingénierie de la réaction au feu est une alternative à laquelle les concepteurs peuvent avoir recours. L'ISI permet d'étudier la contribution des matériaux de construction (structure principale, secondaire ou revêtements) au développement d'un incendie et ses conséquences sur les objectifs de sécurité fixés. Elle se base sur une analyse du comportement des matériaux en situation réelle d'incendie et de leurs impacts sur les conditions de développement, de propagation et d'aggravation du feu.

### **Méthodologie**

La méthodologie repose sur un couplage de simulations numériques et de moyens expérimentaux (essai SBI, cône calorimètre, essai ISO 9705, etc.). Plusieurs phénomènes physiques sont potentiellement examinés : le temps d'atteinte de l'embrase généralisé, le débit calorifique, la production de fumées, la production de particules enflammées ou bien la propagation surfacique des flammes.

### ▶ Évacuation

Étude ISI pour le parc ornithologique de Villars-les-Dombes, qui a permis de valider une configuration optimale pour l'évacuation de cette tour de plus de 26 mètres de hauteur.

### ▼ Réaction au feu

Éprouvette soumise à l'essai au cône calorimètre.



## ➤ ÉVACUATION

L'ingénierie de l'évacuation apporte de nouvelles possibilités pour aider les exploitants dans la mise en œuvre de procédures de sécurité de leur ouvrage et la définition de stratégies d'évacuation. En fonction de la précision requise, elle repose sur des modèles simples de déplacement, ou bien inclut les effets du feu sur les personnes. Elle peut également, si besoin, intégrer une représentation du comportement humain, ainsi que les interactions avec le mobilier urbain (escalator, ascenseur, tourniquet du métro...).

L'ingénierie de l'évacuation permet de :

- quantifier la durée totale minimale nécessaire à l'évacuation d'un bâtiment ;
- quantifier différents scénarios d'évacuation et optimiser la stratégie de mise en sécurité du bâtiment.

Le CSTB réalise des campagnes expérimentales instrumentées pour aider les exploitants à améliorer leurs stratégies d'évacuation.



## ➤ STABILITÉ AU FEU

L'ingénierie de résistance au feu permet de vérifier si les objectifs de stabilité au feu d'un bâtiment sont atteints, en prenant en compte une approche basée sur des scénarios de feux réels. Cette démarche permet de définir des solutions constructives adaptées aux risques, tout en tenant compte du contexte particulier de l'ouvrage.

Elle présente un intérêt technico-économique, en présence de :

- potentiels calorifiques faibles ou très localisés ;
- structures porteuses extérieures (coursives, balcons, etc.) ;
- grands volumes intérieurs et grandes hauteurs (atriums) ;
- bâtiments d'héritage culturel ;
- ouvrages très ventilés ou ouverts sur l'extérieur (PSLV).

Sur la base des Eurocodes, l'ingénierie de résistance au feu fait appel à des méthodes de calcul avancées en termes de développement du feu, de transferts thermiques et thermomécaniques.

L'approche prescriptive française, pour les éléments porteurs de la structure d'un bâtiment, impose des durées de stabilité au feu sous une sollicitation thermique conventionnelle (courbe ISO 834, courbe HCM, courbe HC, courbe RWS). Grâce à l'ISI les mesures proposées pour assurer la tenue mécanique des structures peuvent être optimisées tout en garantissant le niveau de sécurité attendu en situation d'incendie.

### **Méthodologie**

Le CSTB accompagne les concepteurs selon une méthode éprouvée :

1. définition des objectifs de sécurité ;
2. définition des scénarios d'incendie « réels » ;
3. étude d'ingénierie (modélisation, simulation, analyse des résultats) ;
4. conclusion sur la stabilité au feu des structures et propositions de solutions techniques de mise en sécurité, si nécessaire.

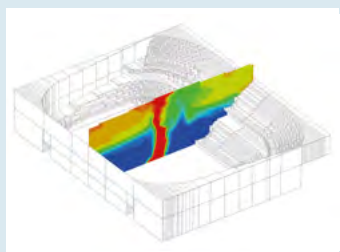
### ◀ Premier parking en bois en France

Le projet de parc de stationnement aérien en superstructure bois Arbotech, développé par Arbonis, au cœur de l'aménagement d'Epa Marne, est une première en France. L'étude ISI réalisée par le CSTB avait pour but de justifier la stabilité au feu de la structure. Cette approche a permis de fiabiliser et de sécuriser le procédé utilisé, car elle a permis de prendre en compte l'effet de l'incendie lors de la conception de la structure.



### ▲ Four mobile ville de Paris

Le CSTB est doté d'un four capable de mettre à l'épreuve du feu une paroi de tunnel *in situ*. La Mairie de Paris a eu recours à cet équipement pour tester deux des tunnels du périphérique. Objectif : justifier auprès des pouvoirs publics leur bonne résistance au feu et économiser ainsi quelques millions d'euros.



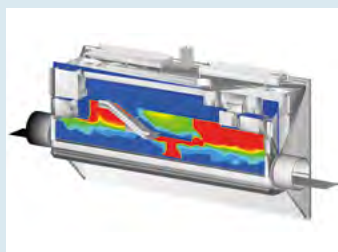
### ▲ Salle de spectacle de Laval

Pour respecter à la fois l'ambition architecturale et les performances acoustiques, l'ingénierie du désenfumage a permis de valider avec les acteurs du projet une solution de protection garantissant un haut niveau de sécurité pour tout le public, y compris dans la zone supérieure des gradins, fortement exposée aux fumées en cas d'incendie.



### ▲ Stabilité au feu du tunnel sous le canal de Suez

Vérifier la tenue au feu d'un voussoir de tunnel à l'échelle réelle en condition d'exploitation, tel était l'objectif de ce projet hors du commun. La plateforme d'essais Vulcain du CSTB est capable d'exercer des chargements mécaniques horizontaux de plus de 1000 tonnes et verticaux de plus de 200 tonnes. Elle a permis de reproduire les contraintes de compression les plus élevées qui s'exercent sur la structure du tunnel.



### ▲ Prolongement du métro B de Lyon

Pour ce projet de prolongement d'une ligne de métro, l'ingénierie du désenfumage a permis de faire converger les problématiques de sécurité des personnes et les orientations esthétiques et architecturales, en préservant les secteurs de la gare, même en cas de feu de rame.

### ▶ CHU de Chambéry

Pour optimiser le système de désenfumage du hall de l'hôpital, les simulations ont permis d'appréhender les conditions de praticabilité de la rue intérieure, ainsi que le niveau de température au contact des parois de l'atrium, confirmé par les essais *in situ* effectués avant la mise en service de l'hôpital.

## ➤ DÉSENFUMAGE

Réhabiliter un monument historique requiert des modifications complexes, comme créer des ouvrages originaux demande des solutions constructives spécifiques en termes de désenfumage. L'évaluation par l'approche d'ingénierie de sécurité incendie s'adapte à ces spécificités et les décrit finement pour mieux les évaluer.

Cette approche permet de mieux connaître la réaction des ouvrages en fonction de différentes situations : surface d'exutoire trop petite, cantons trop longs ou trop volumineux, amenées d'air insuffisantes, hauteur sous plafond trop importante, parkings ne respectant pas les exigences des PSLV, trémies sur plusieurs niveaux, établissements connexes non isolés devant justifier d'une indépendance, volumes complexes...

Appliquer l'ingénierie du désenfumage permet d'apprécier l'efficacité d'une solution de désenfumage en évaluant les conditions d'évacuation de l'ouvrage en situation de feu réaliste.

L'étude ISI de désenfumage permet ainsi :

- d'apprécier la performance de différentes solutions envisagées pour accompagner la prise de décision ;
- de justifier le maintien d'une solution de désenfumage lorsque celle-ci ne répond pas aux exigences prescriptives définies dans la réglementation.

### Méthodologie

1. définition des objectifs de sécurité et des critères de performance associés ;
2. définition des scénarios d'incendie « réels » ;
3. modélisation des scénarios d'incendie et analyse des conditions d'évacuation en situation d'incendie ;
4. conclusion sur l'efficacité du système de désenfumage et propositions éventuelles de mise en sécurité.





Confrontés à la recherche d'un équilibre optimal entre coût et sécurité, compatible avec le concept architectural et l'exploitation projetée de l'ouvrage, les architectes, bureaux d'étude, maîtres d'ouvrages, exploitants font appel au CSTB pour réaliser des études d'ingénierie de sécurité incendie. Les experts du CSTB accompagnent les acteurs dans cette démarche, depuis plus de vingt ans.

L'ISI au service de tous les ouvrages, en amont des projets de construction, en exploitation ou en rénovation, appliquée aux projets les plus simples comme les plus complexes.

ERP (Établissement Recevant du Public) : gares, centres commerciaux, centres hospitaliers, salles de spectacles, musées, médiathèques,

IGH (Immeuble de Grande Hauteur)

INB (Installation Nucléaire de Base)

Tunnels

Stades

Bâtiments logistiques...



Projet Arbotech d'Arbonis.

## ➤ POURQUOI L'ISI ?

### Ouvrages hors du champ réglementaire

Les solutions proposées par les concepteurs lors de rénovations ou de constructions d'ouvrages comme les établissements recevant du public ou les tours de grande hauteur, se retrouvent souvent hors du cadre réglementaire. L'ISI offre la possibilité d'accéder à plus de flexibilité dans l'application et la mise en œuvre de solutions innovantes, particulièrement dans le cas de solutions constructives non prévues par la réglementation.

### Réhabilitation ou conception innovantes

L'ingénierie de la sécurité incendie permet de réhabiliter des ouvrages anciens ou des monuments historiques pour lesquels certaines modifications auraient été auparavant impossibles à valider par les méthodes existantes. L'ISI permet aussi de concevoir des ouvrages complexes et innovants (pont, stade, tunnel, tour de grande hauteur...) hors normes.

### Optimisation environnementale et financière

Les conceptions innovantes permettent aujourd'hui d'optimiser les dimensionnements et d'accroître les économies de matière, pour réduire l'empreinte carbone. L'approche en matière de risques évolue en conséquence afin de maintenir le niveau de sécurité requis et faire que les bâtiments garantissent toujours l'abri et la sécurité de leurs occupants, à un coût financier et environnemental maîtrisé.

# ISI : alliance de modélisation et de démonstration

Socle d'une expertise de pointe et de ressourcement scientifique, le CSTB développe une approche combinant calcul et expérimentation en grandeur réelle.

## ➤ DES ESSAIS SPÉCIFIQUES IN SITU OU EN SITUATION RÉELLE

Le CSTB peut compléter son expertise par la réalisation d'essais *in situ*, en intervenant sur des bâtiments existants ou en reconstituant des bâtiments démonstrateurs. Les données issues de ces essais réels sont intégrées au modèle numérique, qui s'enrichit au fur et à mesure des expérimentations, pour obtenir des évaluations toujours plus pointues.



### ▲ Centre de Congrès et d'Exposition du Havre

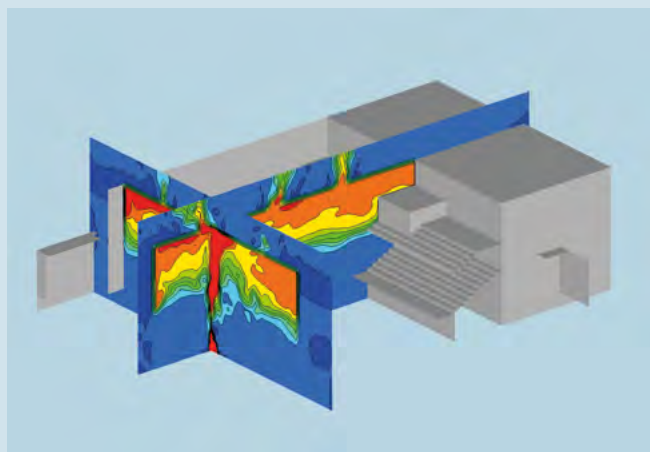
L'étude ISI du désenfumage a combiné la simulation et les essais réels, permettant de vérifier que les solutions proposées autorisaient une hauteur libre de fumée et des flux de chaleur permettant l'évacuation.

## ➤ DES MODÈLES REPRODUCTIBLES

Les études ISI font largement appel à la modélisation pour décrire les phénomènes et les dupliquer à l'infini :

- **modèles simplifiés** : modèles analytiques, modèles à zones ;
- **modélisation tri-dimensionnelle des écoulements de fumées** : modèles de type CFD.

Le CSTB dispose d'un serveur de calcul à 48 cœurs, permettant la réalisation de simulations de grande ampleur.



## CONTACT

**Eric Gallet**

eric.gallet@cstb.fr – 01 61 44 81 80

## CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

**CSTB**  
le futur en construction