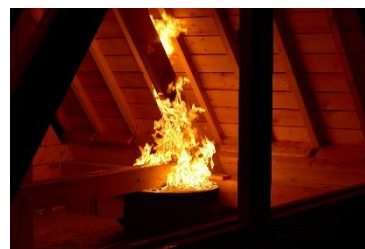


## **RESTAURATION DE LA CATHEDRALE NOTRE-DAME DE PARIS : L'EXPERTISE INCENDIE DE L'INERIS ACCOMPAGNE LE PROJET**

A la demande de l'établissement public **Rebâtir Notre-Dame de Paris**, maître d'ouvrage de la restauration de la cathédrale, en lien étroit avec les architectes en chef des monuments historiques, maîtres d'œuvre, l'Ineris a étudié la performance des mesures de sécurité incendie envisagées dans le projet de restauration de la cathédrale Notre-Dame de Paris, pour la reconstruction des charpentes. Focus sur une approche combinant des essais feu à façon et simulation numérique, dialogue entre plusieurs expertises propres à l'Institut.



L'incendie de la cathédrale Notre-Dame de Paris survenu le 15 avril 2019 a gravement endommagé l'édifice. Le choix d'une reconstruction à l'identique de la cathédrale s'accompagne de la volonté d'équiper la cathédrale d'une panoplie optimale pour garantir au monument la meilleure sécurité face au risque incendie, notamment pour la protection de la charpente et de la flèche.

Dans ce cadre, l'Ineris a été retenu par l'établissement public, dans le cadre d'une consultation publique, pour apporter son expertise sur ce volet, et répondre à trois finalités :

- **quantifier l'efficacité des solutions de protection contre l'incendie** qui avaient été envisagées dans le contexte particulier de Notre-Dame de Paris ;
- **évaluer la cinétique**, c'est-à-dire la vitesse de propagation de l'incendie ;
- **apporter un éclairage scientifique** pour le choix des solutions techniques permettant de circonscrire ou de ralentir la propagation d'un incendie et faciliter l'intervention des secours.

L'Ineris s'est appuyé sur une méthodologie fondée sur une approche associant des outils numériques et expérimentaux.

D'une part, les simulations numériques 3D du développement de l'incendie ont permis d'évaluer l'efficacité de différentes mesures de protection envisagées. L'Ineris a d'abord étudié une série de mesures passives (désenfumage, compartimentage au moyen de paroi résistante au feu, etc.) puis l'influence d'un système automatique de lutte incendie, de type brouillard d'eau. Au regard de l'enjeu et des objectifs pour ces modélisations, une approche reproduisant la complexité des échanges thermiques entre l'incendie et les matériaux a été mise en œuvre. Cette stratégie est innovante pour des modélisations incendie à cette échelle. Afin de conforter les choix méthodologiques sur une simulation d'une telle ampleur, l'Ineris s'est associé au LEMTA\*, laboratoire de recherche renommé dans le domaine de la modélisation des incendies.

D'autre part, et au regard du caractère innovant des simulations et des enjeux, plusieurs expérimentations feu ont été réalisées à grande échelle, en reproduisant une partie de la charpente à l'échelle 0,4, dans la chambre 1000 m<sup>3</sup> de l'institut, à des fins de vérification et validation. La réalisation de tels essais, notamment les essais finaux de validation des solutions techniques en situation réelle, avec présence de plomb, a été rendue possible par les performances uniques du système de traitement de fumées équipant ces installations. Ceci a permis de produire des données expérimentales aujourd'hui non disponibles dans la littérature. Ces essais ont ainsi permis d'évaluer la qualité et la pertinence des modélisations numériques tout en fournissant une démonstration expérimentale de la performance du système.

Cette double approche « modélisation – essai » a été proposée, à chacune des étapes, pour répondre aux particularités propres à ce projet hors norme. Ainsi des éléments de décision déterminants permettant de finaliser la meilleure panoplie de dispositions de protection incendie de la cathédrale ont pu être mis à la disposition de l'établissement public Rebâtir Notre-Dame de Paris, maître d'ouvrage, et des architectes en chef des monuments historiques, maîtres d'œuvre.

*Mots clés: modélisation, Notre-Dame de Paris, maîtrise du risque incendie*

*\* LEMTA : Laboratoire Énergies & Mécanique Théorique et Appliquée, Unité Mixte de Recherche de l'Université de Lorraine et du CNRS*

---

A propos de l'Ineris

**L'Institut national de l'environnement industriel et des risques** (Ineris) est l'expert public pour la maîtrise des risques industriels et environnementaux. Ses activités contribuent à évaluer et prévenir les risques que les activités économiques font peser sur l'environnement, la santé, la sécurité des personnes et des biens. Il développe ses compétences scientifiques et techniques dans le domaine des risques technologiques, des risques liés à l'impact des substances chimiques sur la santé et l'environnement, des risques du sol et du sous-sol. Créé en 1990 sous la tutelle du Ministère chargé de l'environnement, l'Ineris compte 532 collaborateurs. Son siège de 40 hectares, situé à Verneuil-en-Halatte (Oise) accueille 30 000 m<sup>2</sup> de laboratoires et halles d'essais, et 15 hectares dédiés aux plateformes d'essais, qui permettent de mener des expérimentations « sur mesure » à moyenne et grande échelle.

**À propos de l'établissement public Rebâtir Notre-Dame de Paris** Prévus par la loi du 29 juillet 2019, l'établissement public chargé de la conservation et de la restauration de la cathédrale Notre-Dame de Paris a été créé le 1<sup>er</sup> décembre 2019. Présidé par Philippe Jost, placé sous la tutelle du ministère de la Culture, l'établissement public assure la conduite, la coordination et la réalisation des études et des opérations concourant à la conservation et à la restauration de la cathédrale. Il a également pour mission de valoriser le chantier et les métiers et savoir-faire qui y concourent.

Pour suivre l'actualité du chantier : @[rebatirnotredamedeparis](#) sur Facebook, Instagram et YouTube et [rebatirnotredamedeparis.fr](http://rebatirnotredamedeparis.fr)

L'Ineris à votre disposition, *sur demande*, les ressources suivantes :

- Vidéos des essais



- Visuels des modélisations



Légende : Simulation numérique du développement d'un incendie dans la nef – influence d'une cloison coupe-feu (Version animée possible) – crédit : Ineris

Simulation 6.17 - 1/24 - 8/2015



Figure 1  
Image 2.2

2/20 0:00:00

Image 1

Test de l'influence du brouillard – grande échelle dans chambre 1 000 m<sup>3</sup> : Construction d'une maquette échelle 0,4 avec 2 essais : avec brouillard d'eau et sans brouillard d'eau



- Vidéo de témoignage ([en ligne](#))

