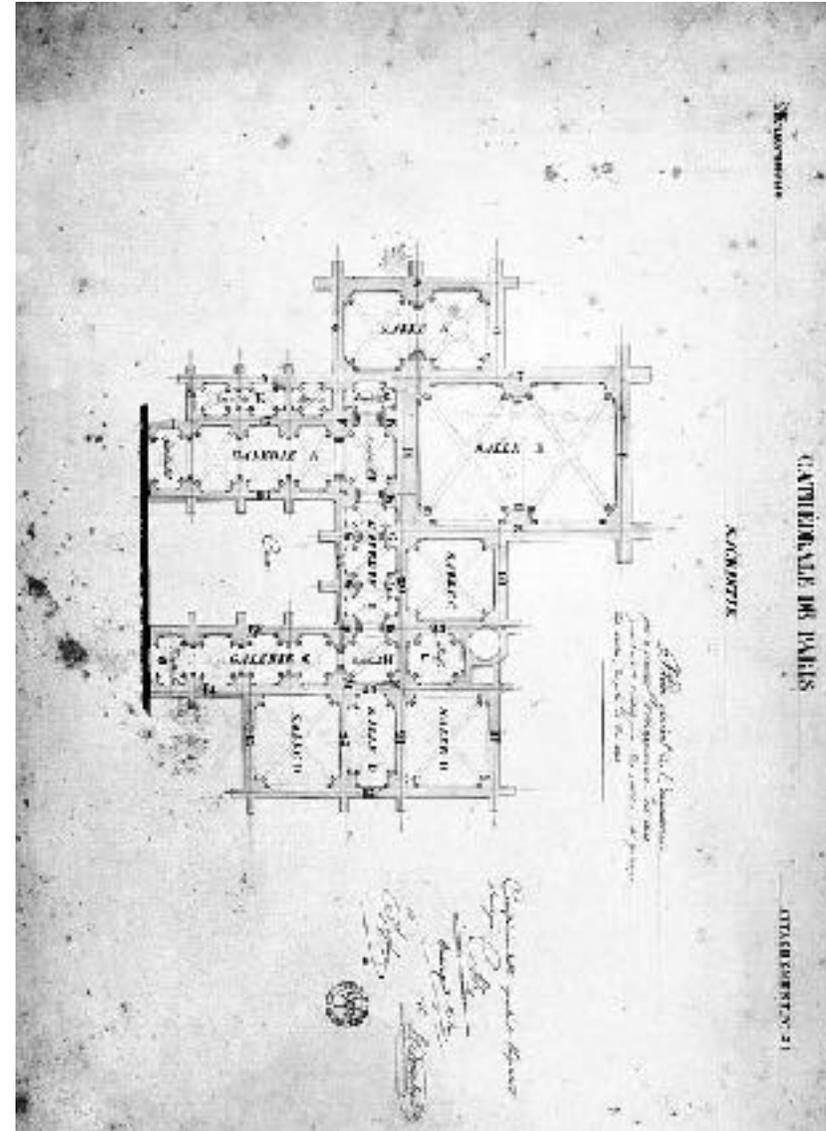
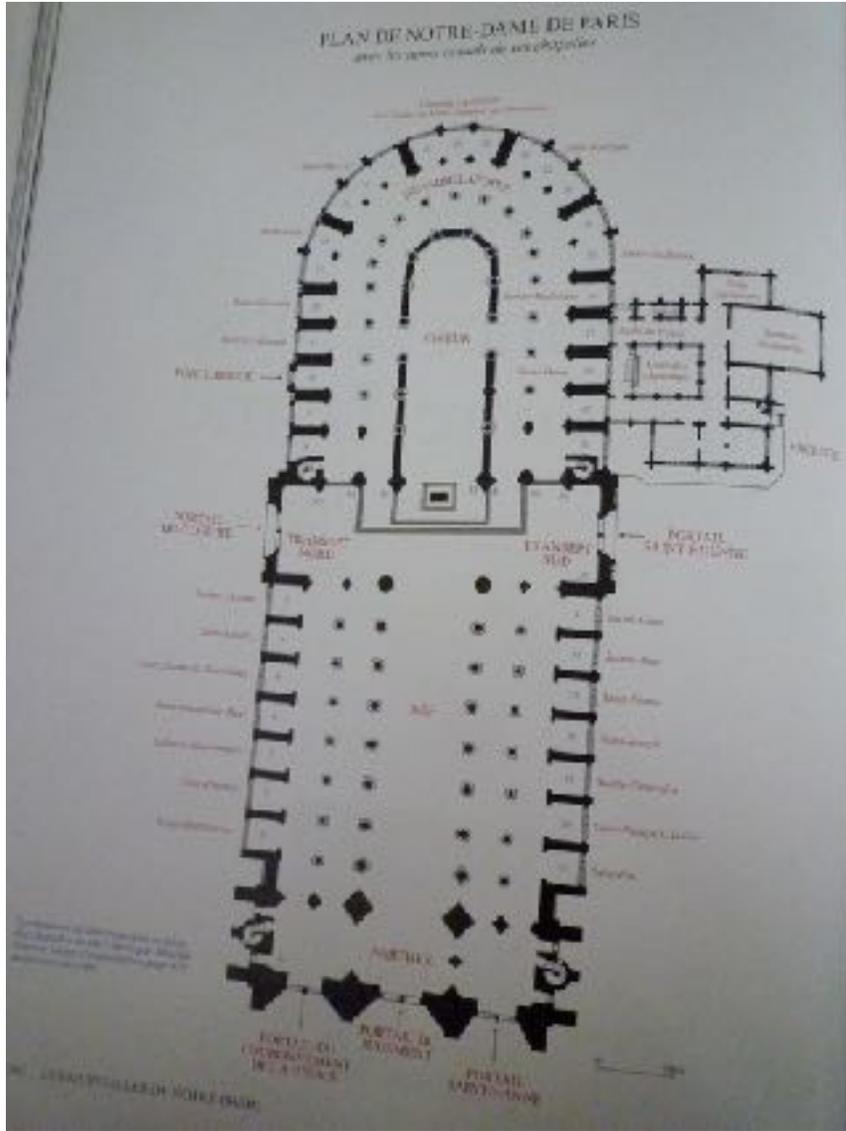


# Notre-Dame de Paris Théorie et pratique

Plan de  
sauvegarde des  
œuvres  
15 avril 2019



# Plan de sauvegarde des œuvres état des lieux et réflexions

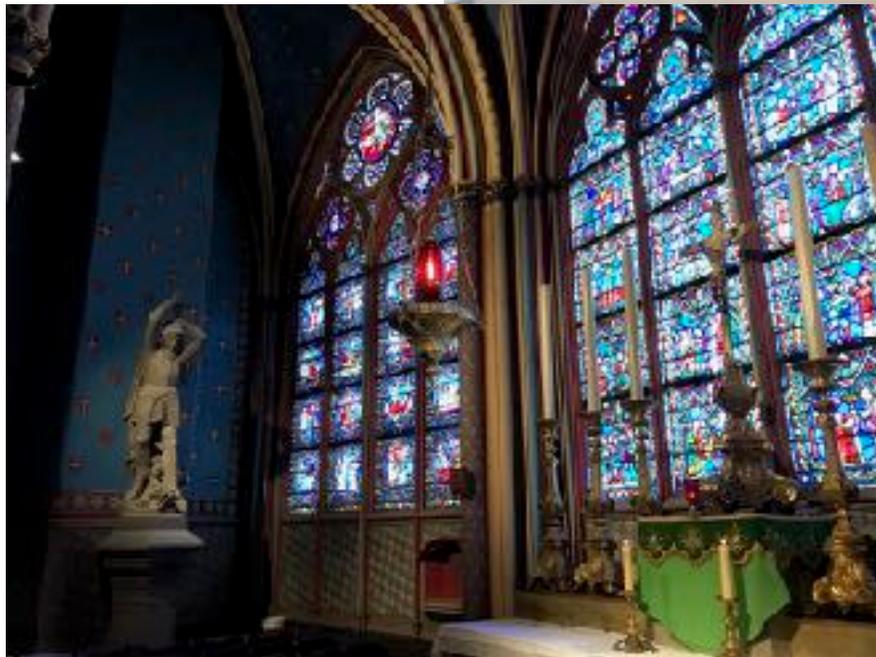


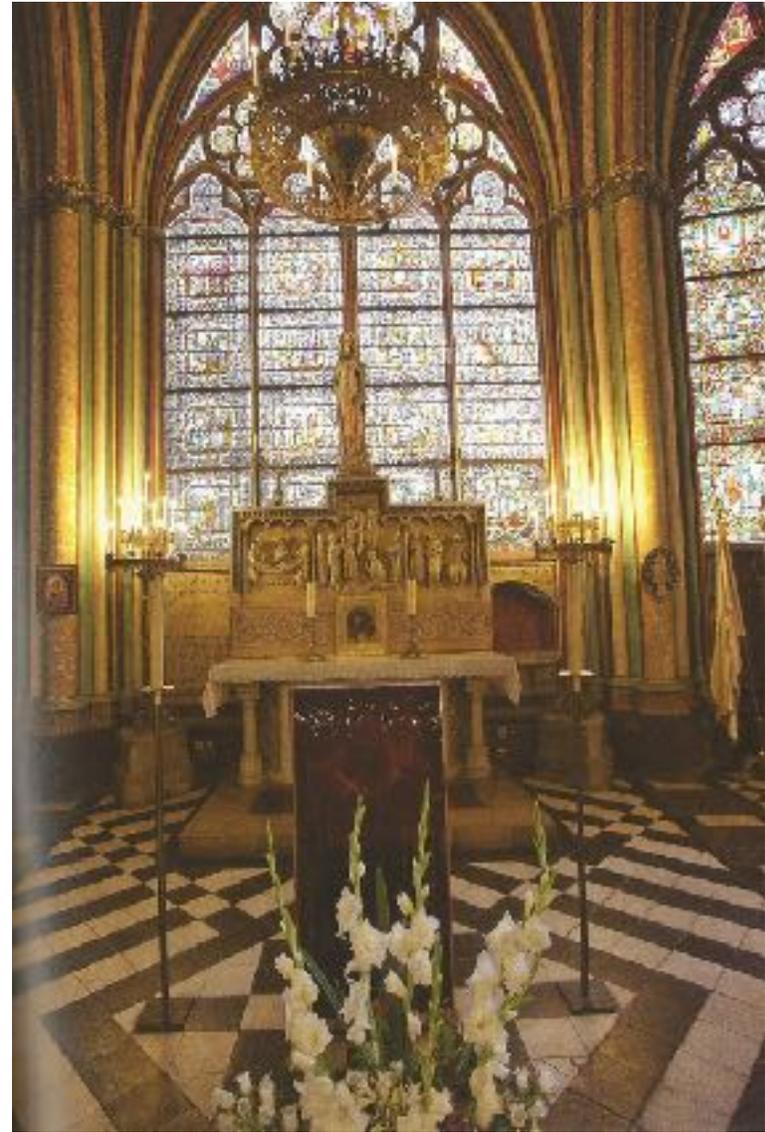
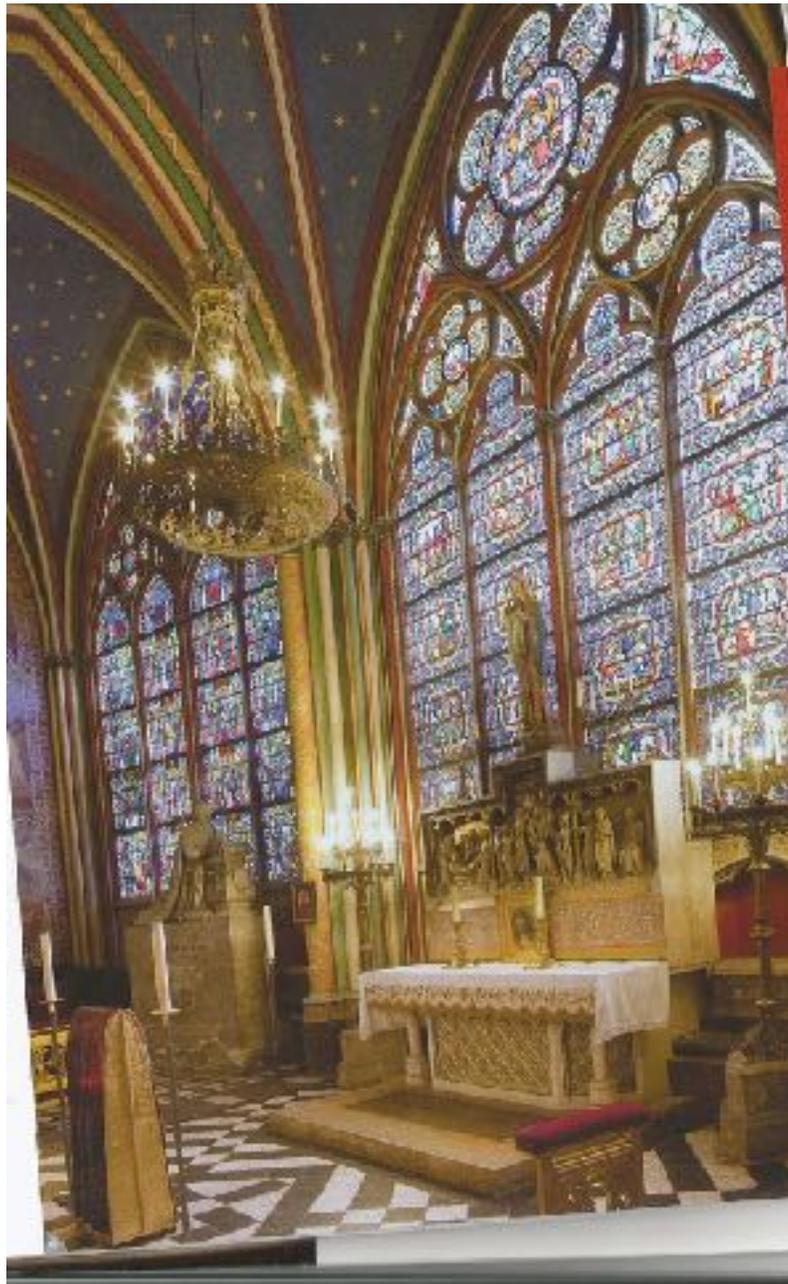












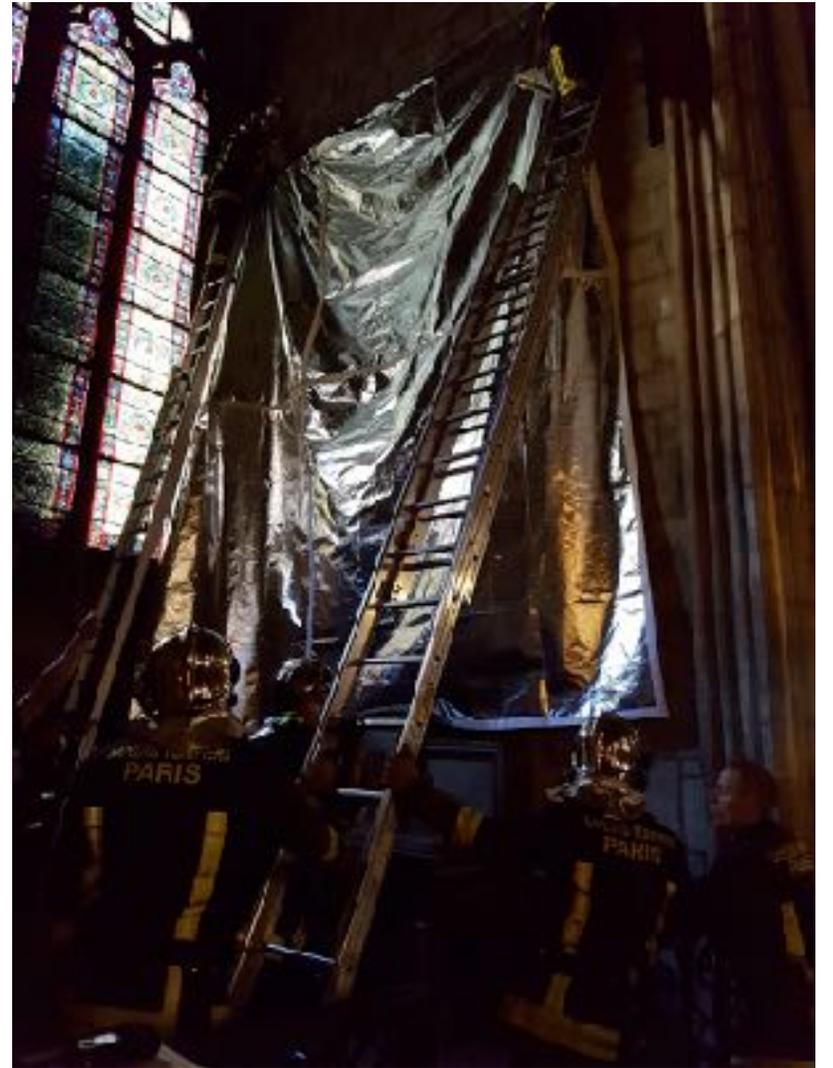
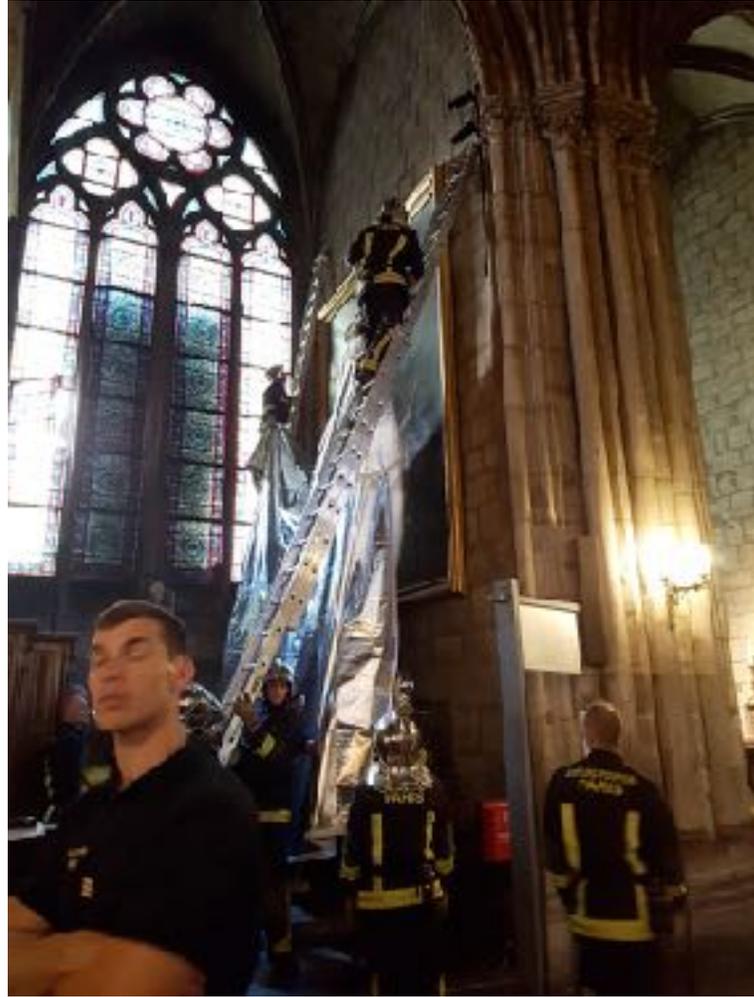


















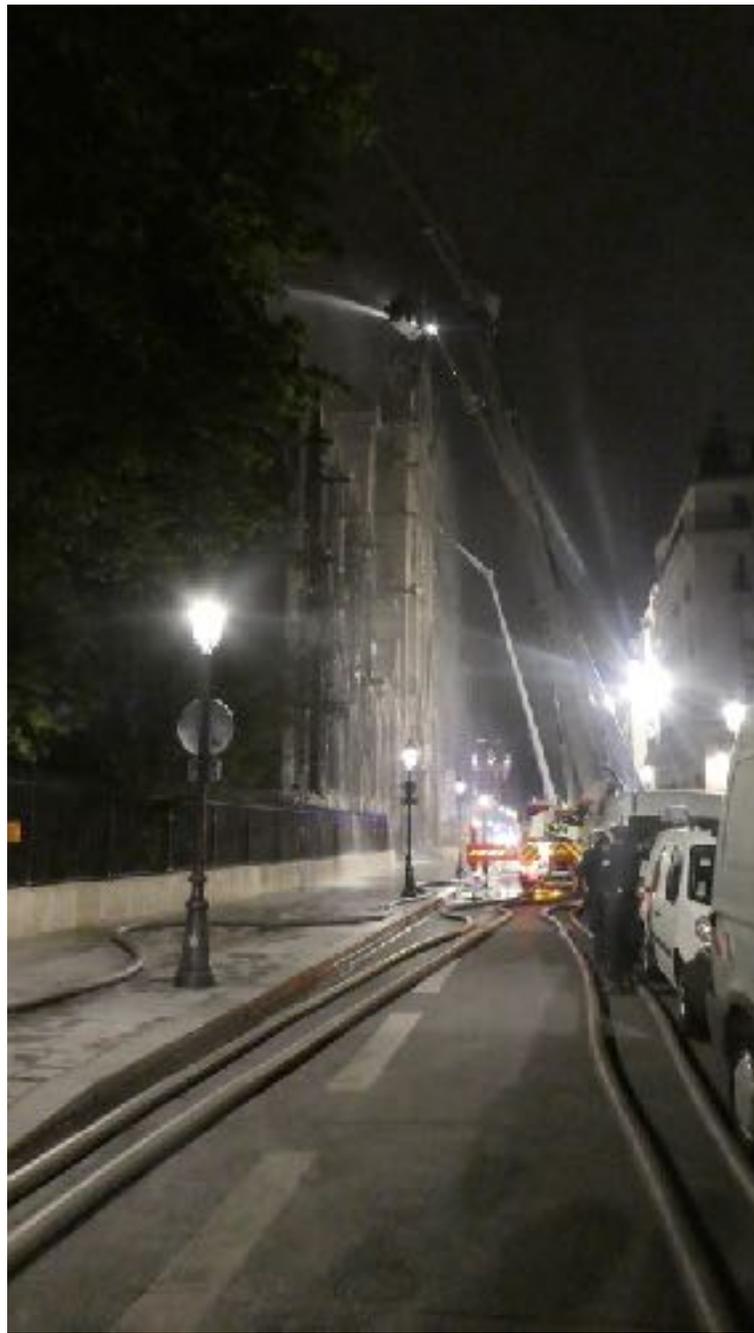




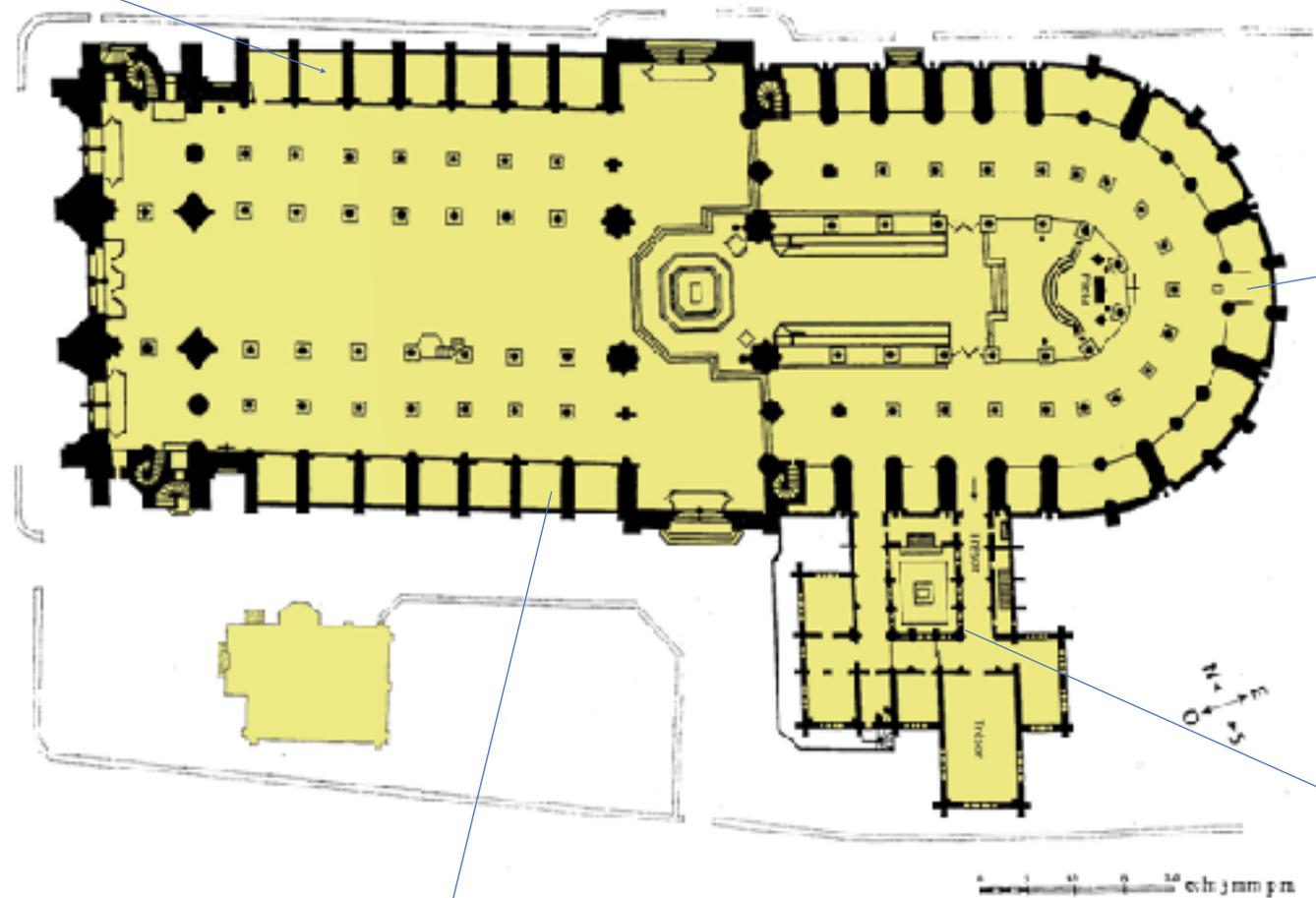




**15 avril**



La Vierge de Pitié



Reliques

Trésor

La Nativité de la Vierge





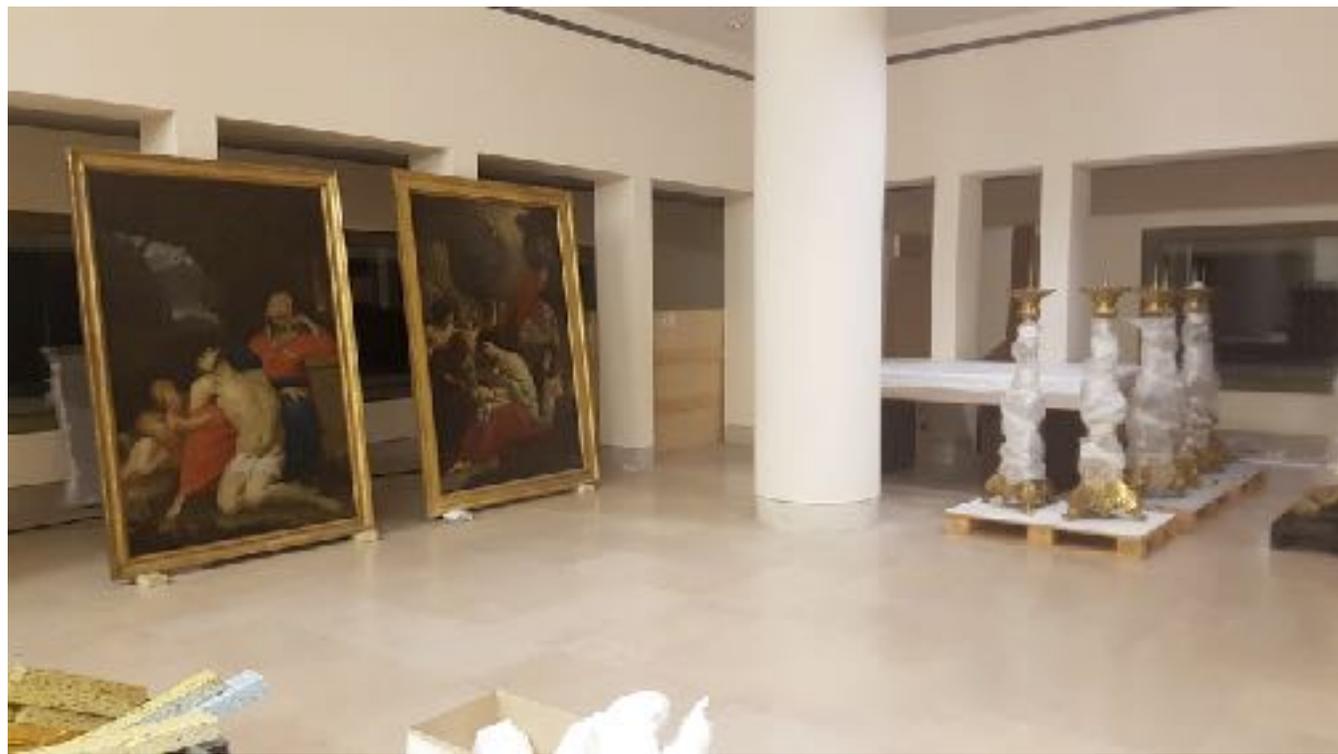




**16 avril**

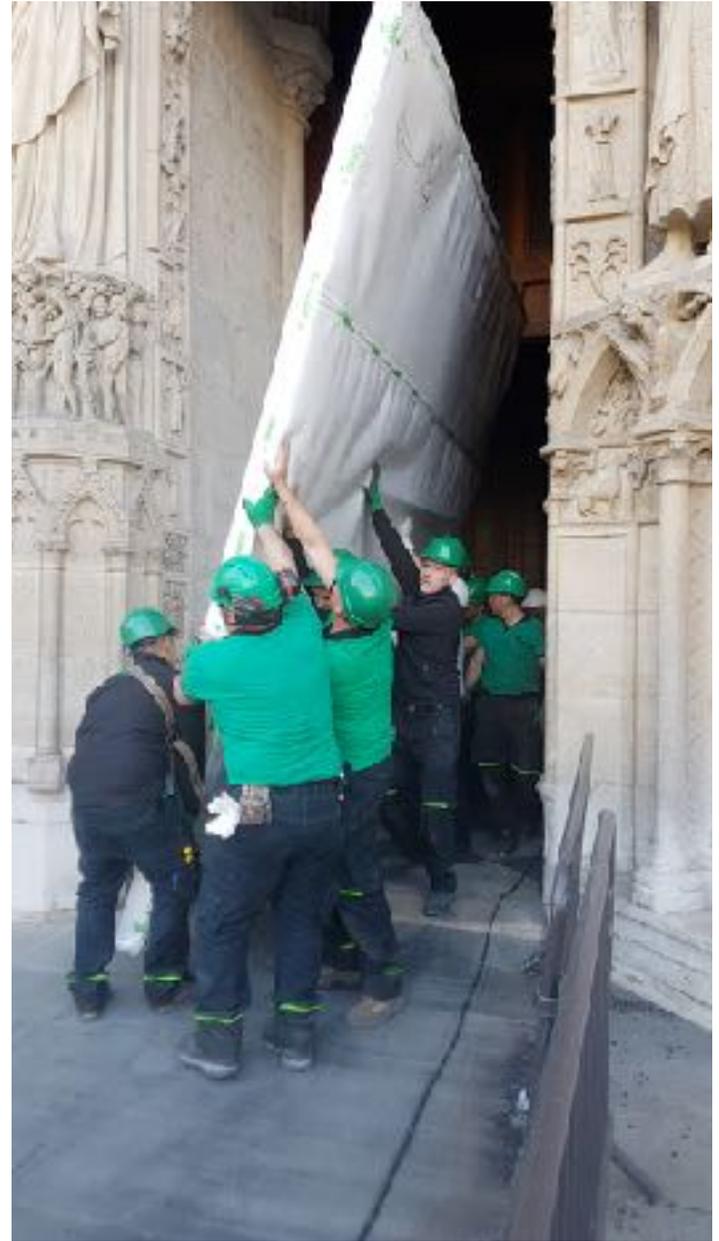


**17 avril**



**19 avril**





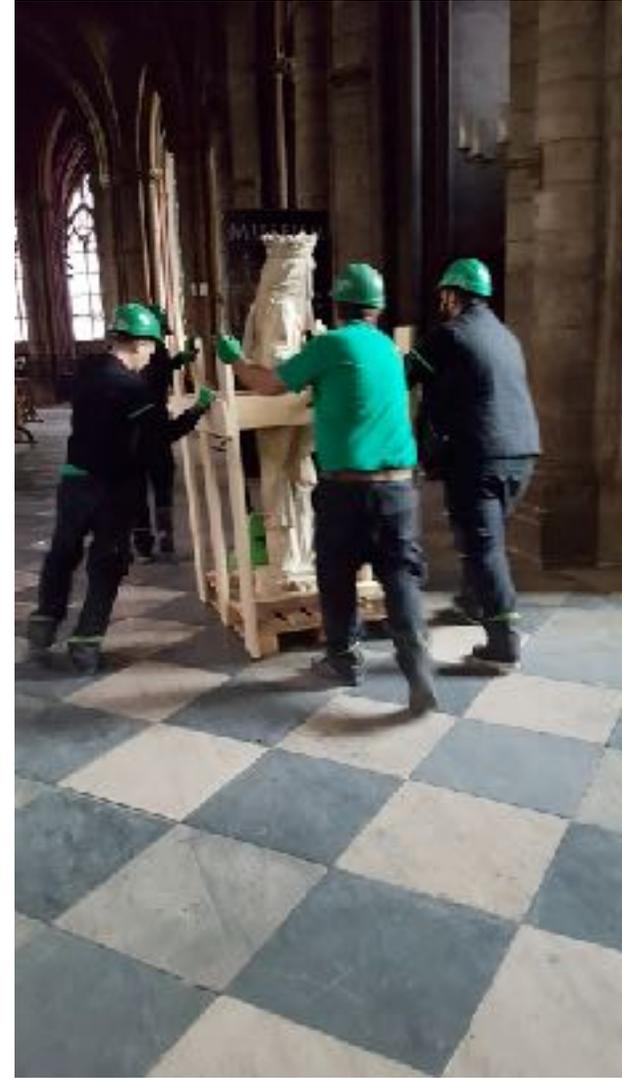


**24 avril**



**25 avril**





# NOTRE-DAME DE PARIS

## La sécurité et la défense incendie de la cathédrale

# ANALYSE DES RISQUES

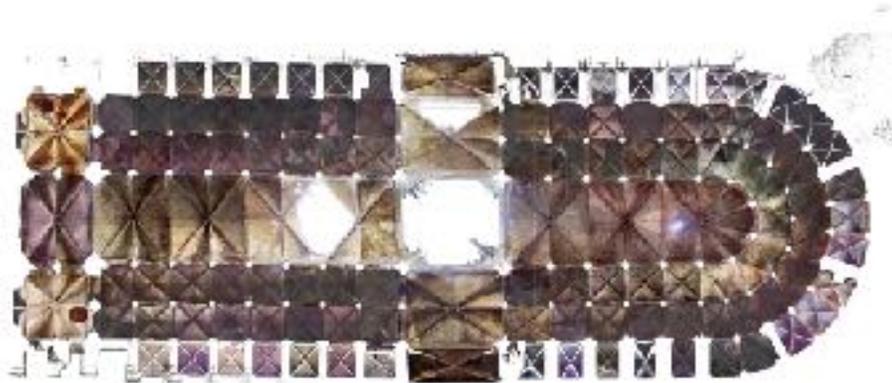
1. Les zones à risque de la cathédrale
  - La flèche et les charpentes du grand comble
  - Les beffrois
  - Les grandes orgues
  - Les locaux techniques
2. Le retour d'expérience des sapeurs-pompiers
3. Les préconisations du plan d'action « sécurité cathédrale »
4. La simulation feu
  - Défense passive
  - Défense active

# 1. Les zones à risque de la cathédrale

## *La flèche et les charpentes du grand comble*

### Types de risque

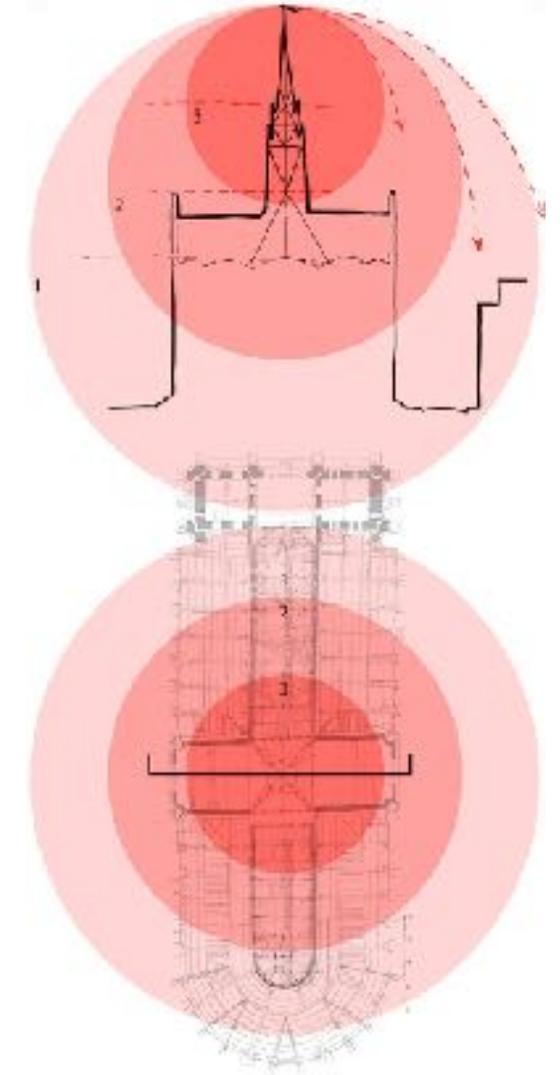
- **Public** : effondrement possible des voûtes et des pignons
- **Monument** : perte d'une partie emblématique de la cathédrale
- **Avoisinant** : effondrement sur les rues et bâtiments voisins
- **Sanitaire** : plomb de la couverture



*Risque d'effondrement des voûtes en cas d'incendie dans les charpentes*



*Identification des zones potentiellement affaiblies par un incendie dans la flèche*



*Schéma démontrant l'impact potentiel de la chute de la flèche selon les différents niveaux de rupture de sa structure*

# 1. Les zones à risque de la cathédrale

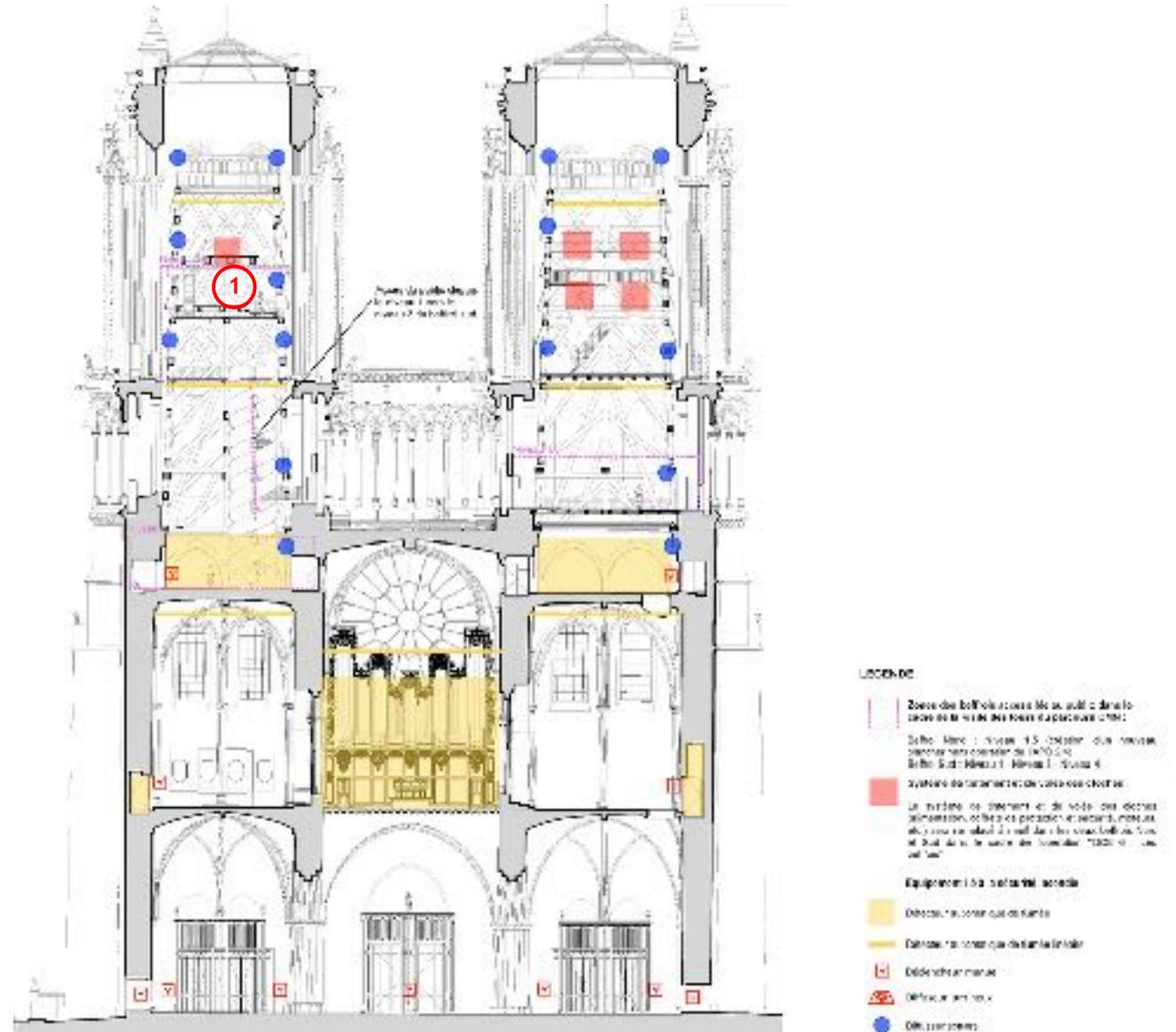
## Les beffrois

### Types de risque

- **Public** : parcours de visite
- **Monument** : chute des cloches, altération des structures et des mobiliers
- **Avoisinant** : effondrement possible des tours
- **Sanitaire** : plomb recouvrant les abat-sons



Photographie des cloches du beffrois sud



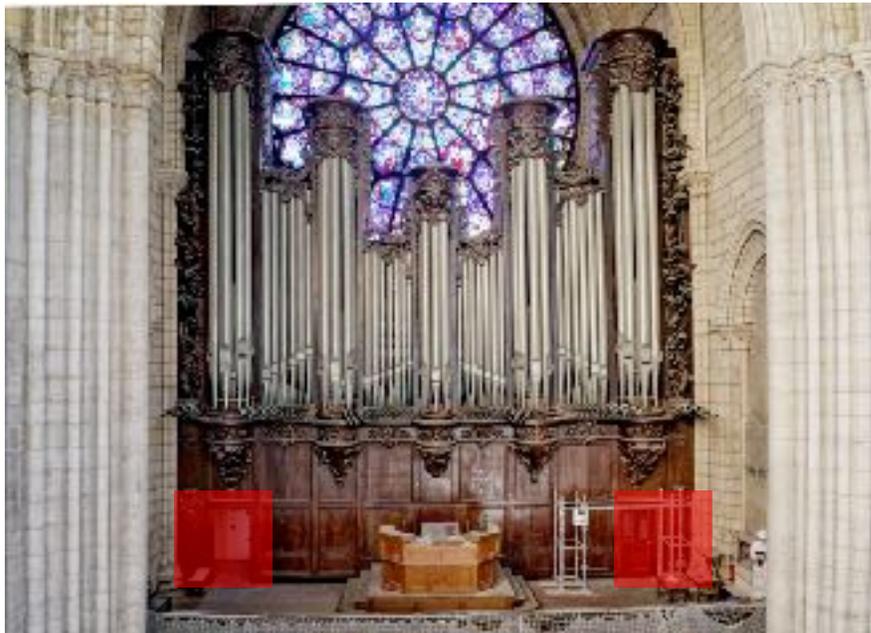
Coupe du massif occidental

# 1. Les zones à risque de la cathédrale

## Les grandes orgues

### Types de risque

- **Public** : passage des visiteurs au-dessous de la tribune de l'orgue
- **Monument** : altération de l'orgue

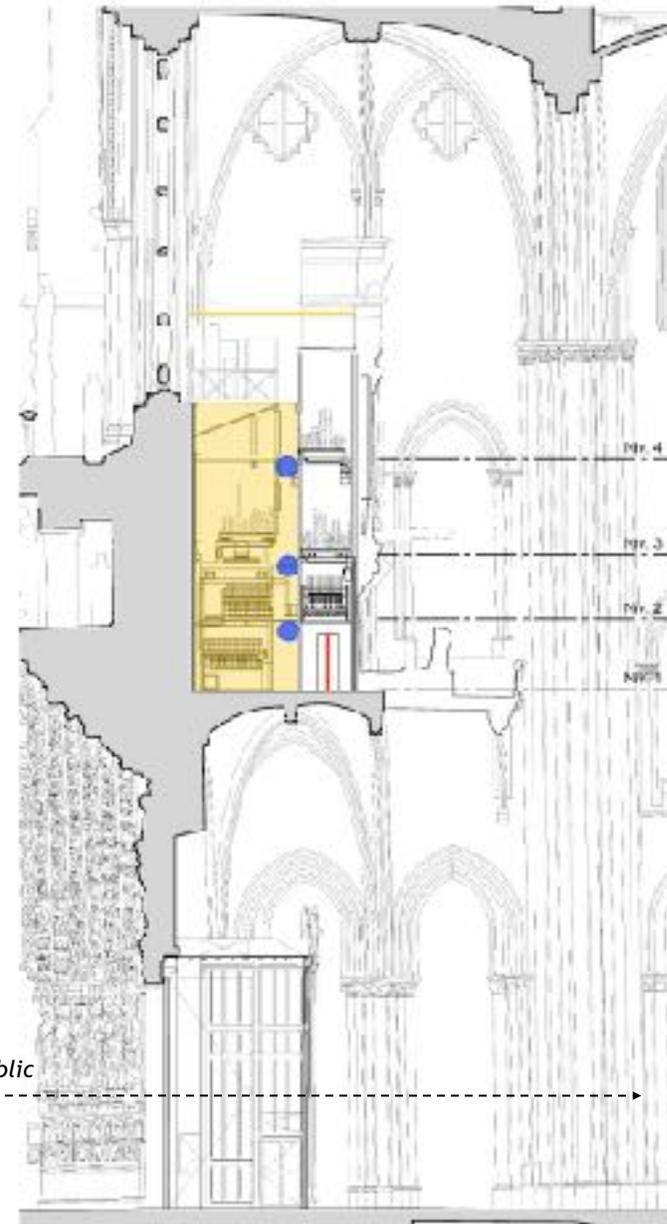


Photographie de la tribune d'orgue

#### Risque Mortel

Équipement d'un bâtiment existant  
 - Population en présence : 10 personnes environ, sans motif  
 une évacuation et une évacuation possible en cas de  
 sinistre.  
 - Situation des lieux : 1000-1500 m en altitude, 1000 m de  
 la mer, 1000 m de l'orgue, 1000 m de l'orgue, 1000 m de  
 l'orgue.

Passage du public



Coupe de la tribune d'orgue

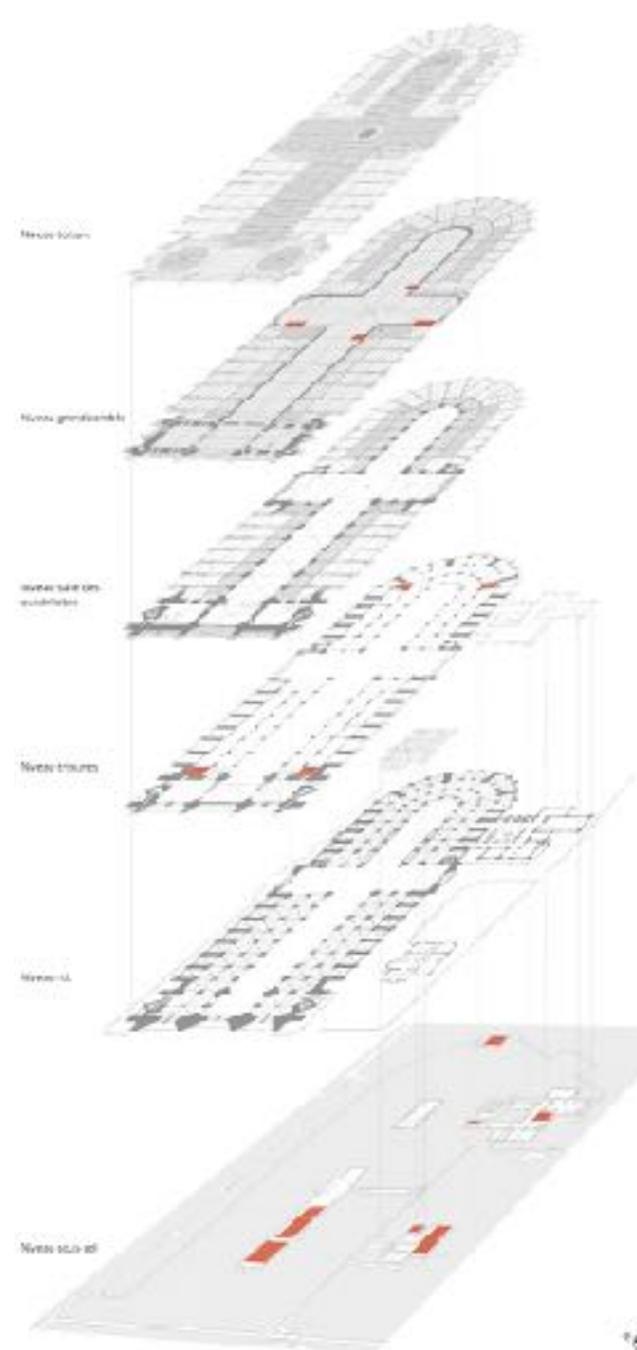
- Couverture à la sécurité incendie
- Détection automatique de fumée
- Détection automatique de fumée
- Diffuseur sonore
- Porte d'accès à l'orgue
- Porte d'accès à l'orgue

# 1. Les zones à risque de la cathédrale

## *Les locaux techniques*

### Types de risque

- **Monument** : altération des fonctions techniques et de sécurité



## 2. Le retour d'expérience des sapeurs-pompiers

- Amélioration des moyens d'accès
- Amélioration des moyens d'action
- Recouvrements physiques dans le grand comble
- Installation d'un système de défense active



*Photographie de la cathédrale le 15 avril 2019*

### 3. Les préconisations du plan d'action « sécurité cathédrales »

- Limiter les risques de départ de feu
- Réduire les risques de développement et de propagation d'un incendie
- Faciliter l'intervention des sapeurs-pompiers
- Faciliter l'évacuation des eaux déversées par les pompiers



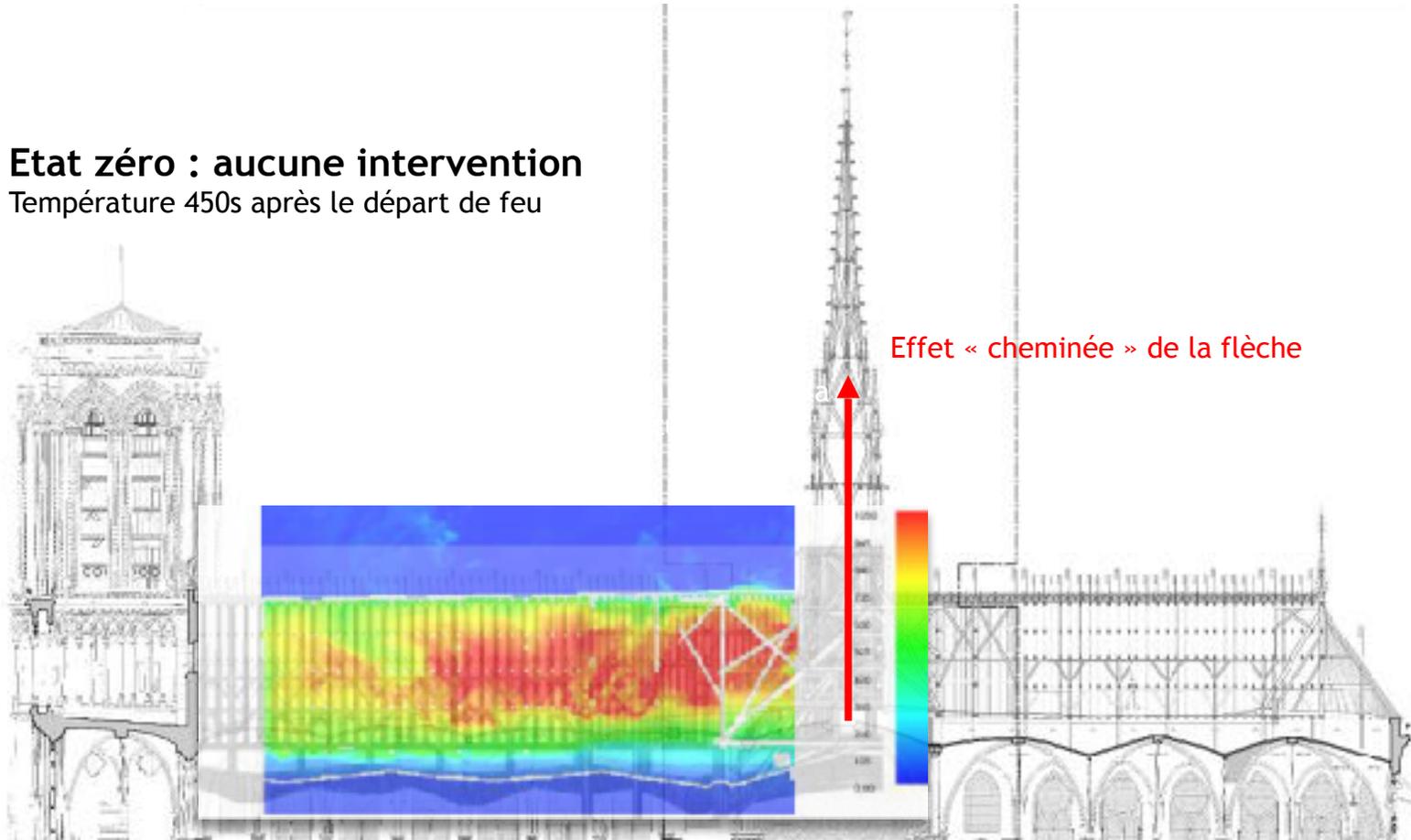
*Dégâts de l'eau sur les voûtes de la nef*

## 4. La simulation feu (INERIS)

*Etat zéro*

**Etat zéro : aucune intervention**

Température 450s après le départ de feu



**4 différentes simulations :**

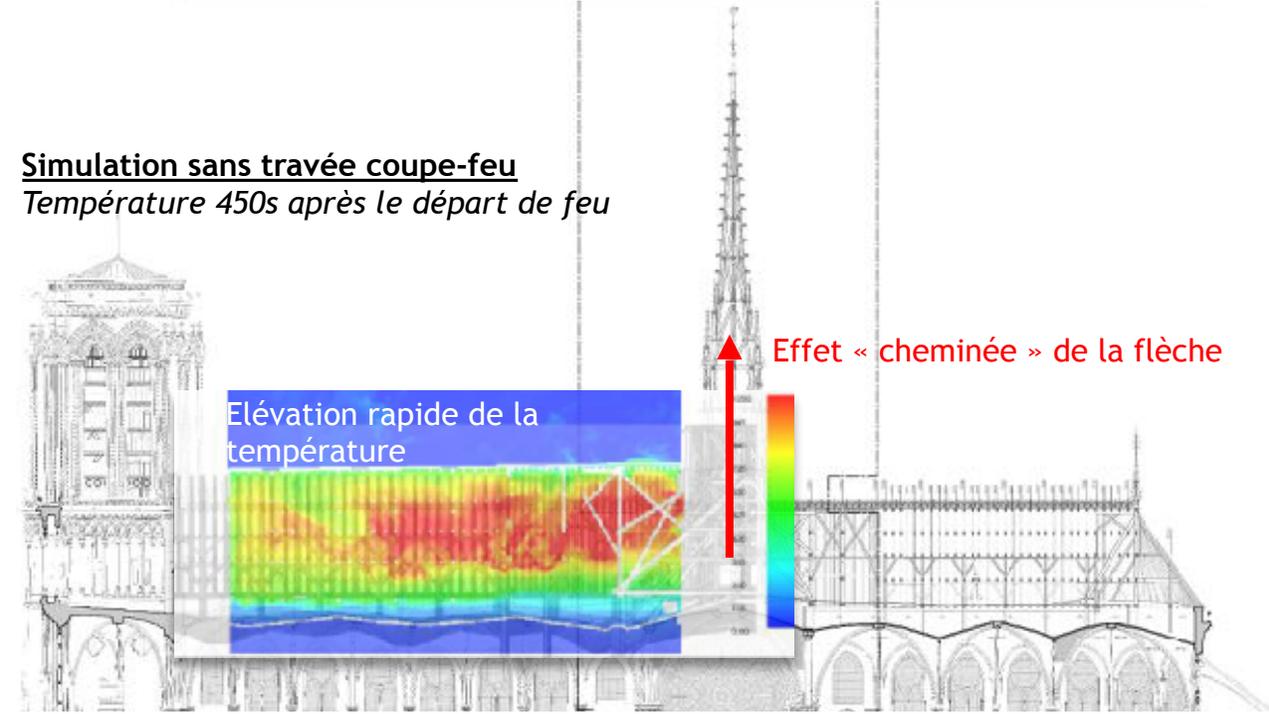
- Aucune intervention
- Travées coupe-feu
- Epaissement de la volige
- Brumisation

## 4. La simulation feu (INERIS)

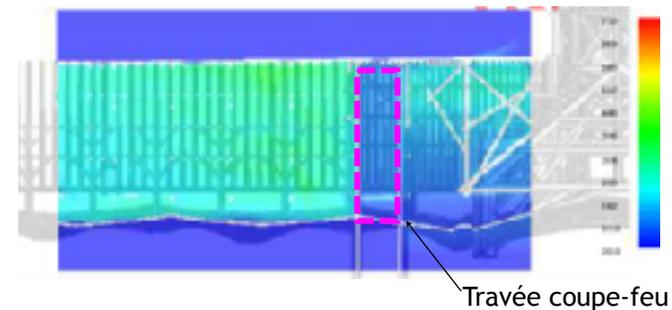
Aide à la décision

- **Travées coupe-feu dans le comble**
  - Réduction de la ventilation
  - Réduction de la température
  - Ralentissement de la cinétique de propagation du feu
  - Durée de tenue de la travée = temps de percement de la toiture
  - Utile pour un départ d'incendie dans la nef et le chœur
  
- **Augmentation de l'épaisseur de la volige (de 27mm à 41mm)**
  - Retard du percement des toitures

Simulation sans travée coupe-feu  
Température 450s après le départ de feu



Simulation avec travée coupe-feu  
Température 450s après le départ de feu



# LIMITER LE RISQUE A LA SOURCE

Risque électrique

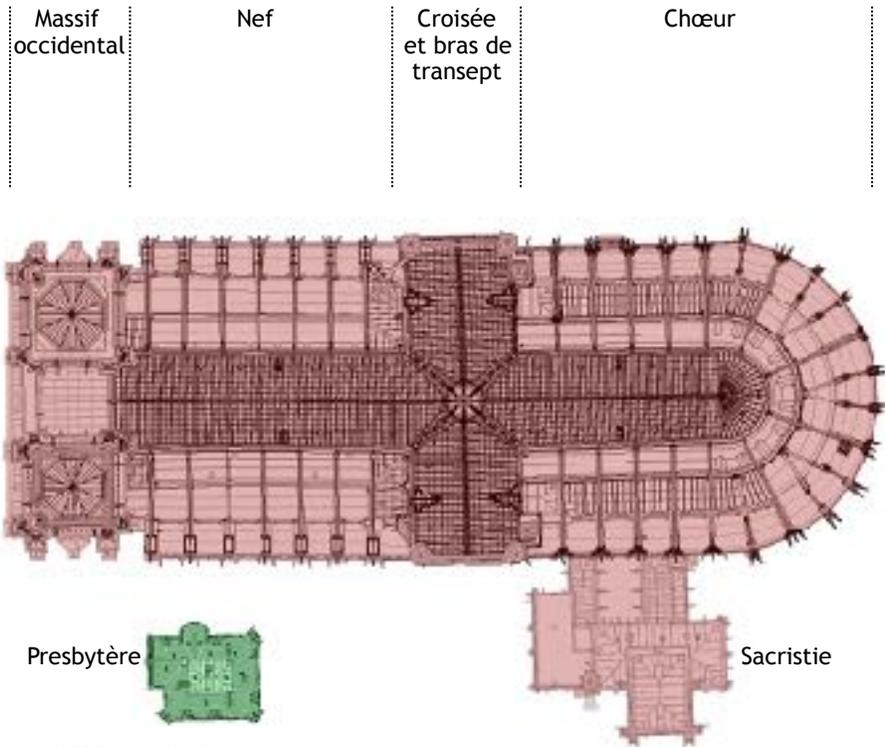
## Le risque électrique :

- **Purge des anciens réseaux**
- **Limiter ou supprimer les installations dans les zones à fort potentiel électrique**
- **Renforcer la sécurité des zones à fort potentiel électrique**

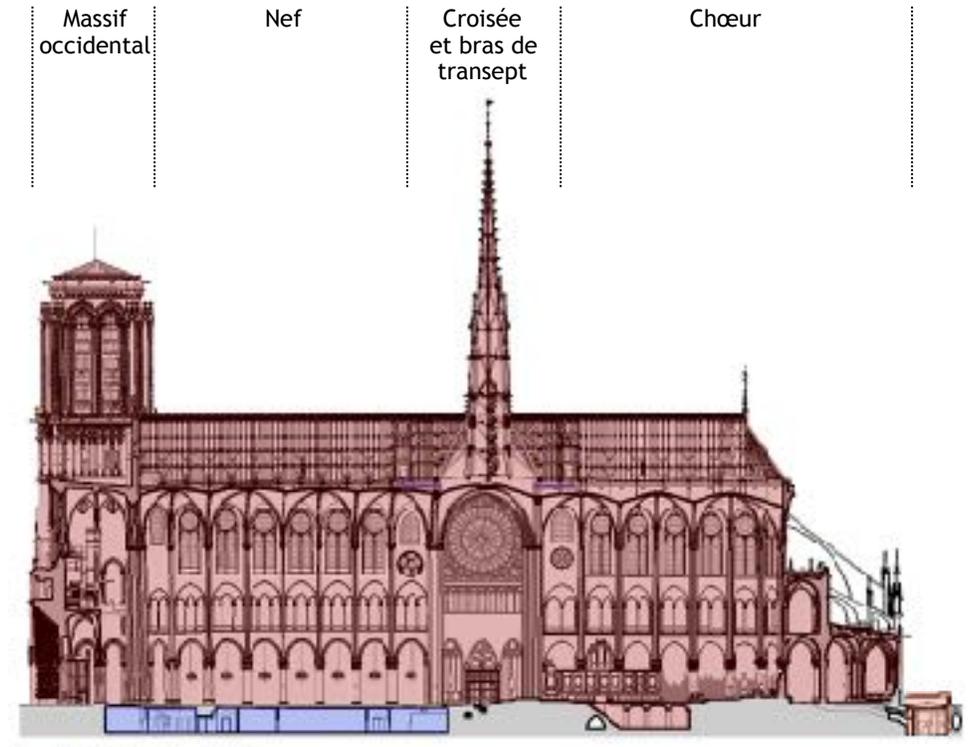
# DETECTER ET ALERTER

1. Les zones d'alarme dans la cathédrale - Etat projeté
2. La détection dans les zones à risque - Etat projeté

# 1. Les zones d'alarme dans la cathédrale - Etat projeté



Vue en plan des toitures



Coupe longitudinale vue vers le nord

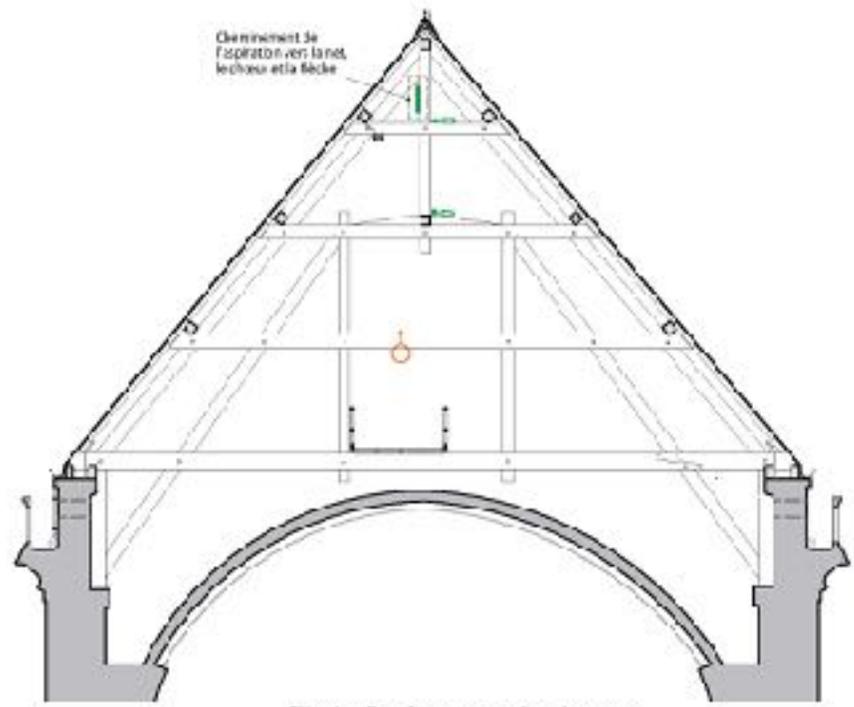
**Zones d'alarmes :**

- Zone d'alarme 1: nef / Croisée / Massif occidental / Sacristie
- Zone d'alarme 2: Crypte soufflot
- Zone d'alarme 3: Presbytère

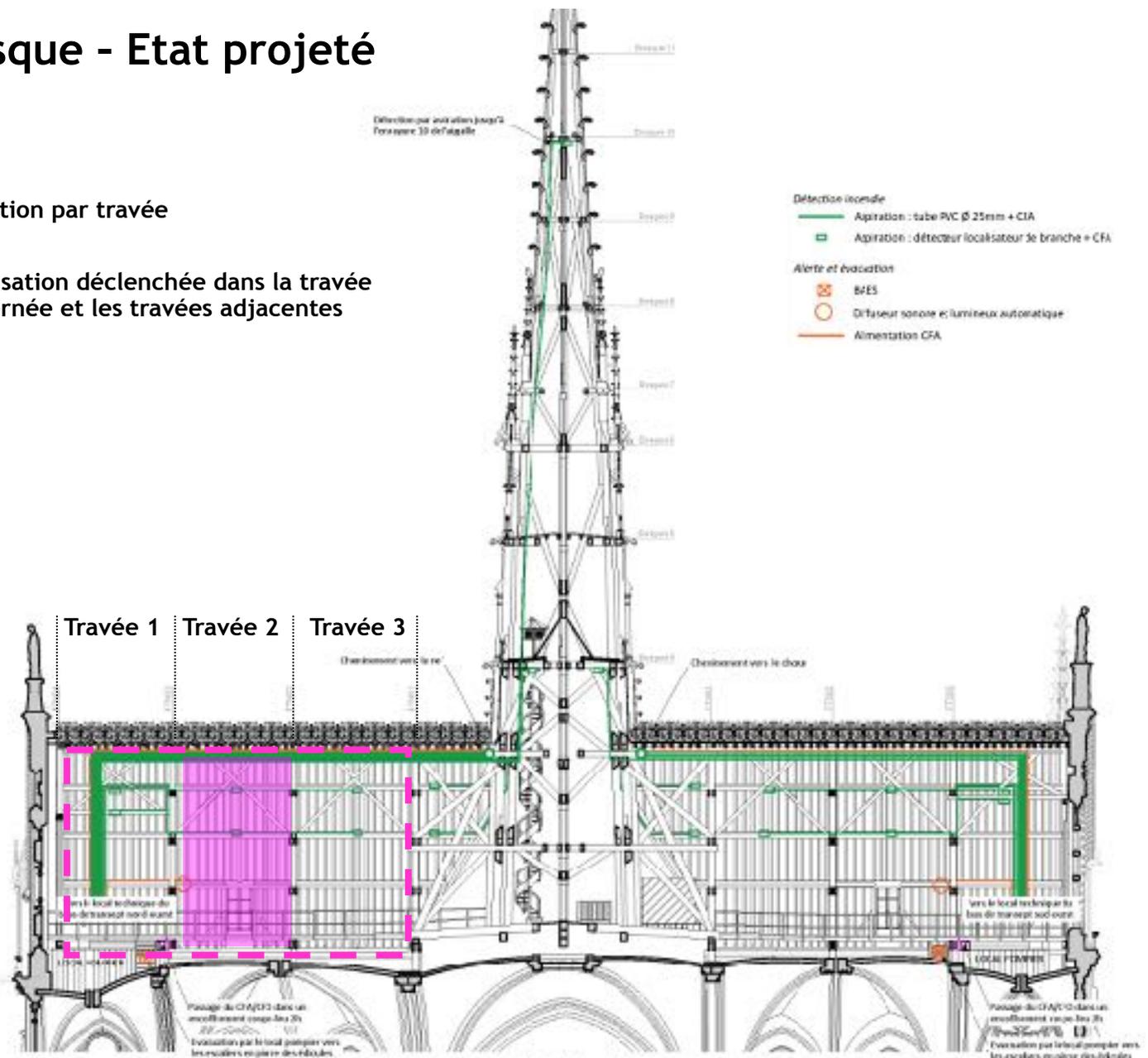


## 2. La détection dans les zones à risque - Etat projeté

- Détection par travée
- Brumisation déclenchée dans la travée concernée et les travées adjacentes



Elevation d'une ferme type ces bras de transept



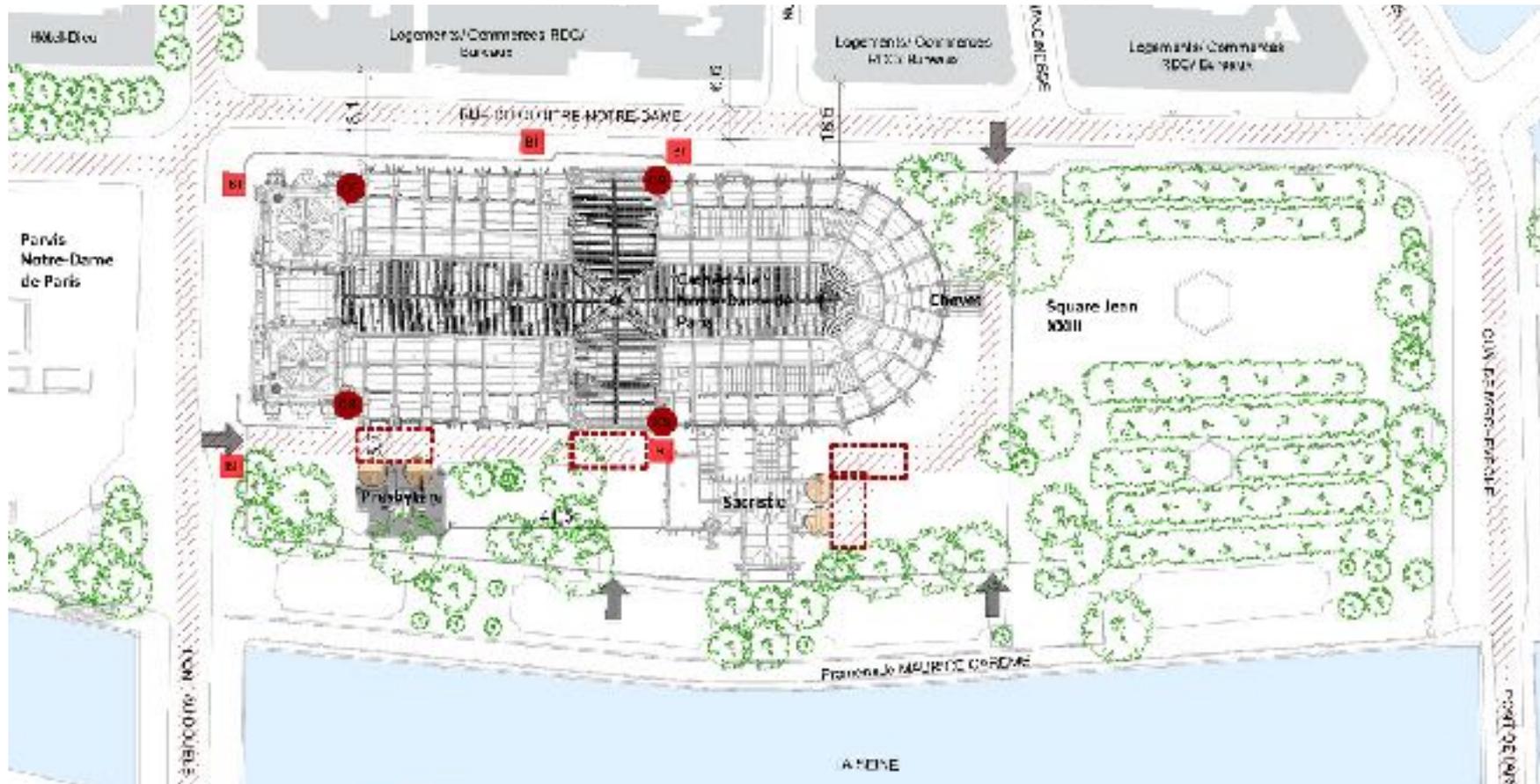
- Détection incendie**
- Aspiration : tube PVC Ø 25mm + CIA
  - ▭ Aspiration : détecteur localisateur de branche + CIA
- Alerte et évacuation**
- ⊗ BRES
  - Difuseur sonore et lumineux automatique
  - Alimentation CIA

Coupe transversale axiale des bras de transept - vue vers l'est

# AMELIORER LA CAPACITE D'ACTION DES SECOURS

1. Approche globale
2. Grand comble

# 1. Approche globale



Etat avant incendie :  
3 colonnes sèches

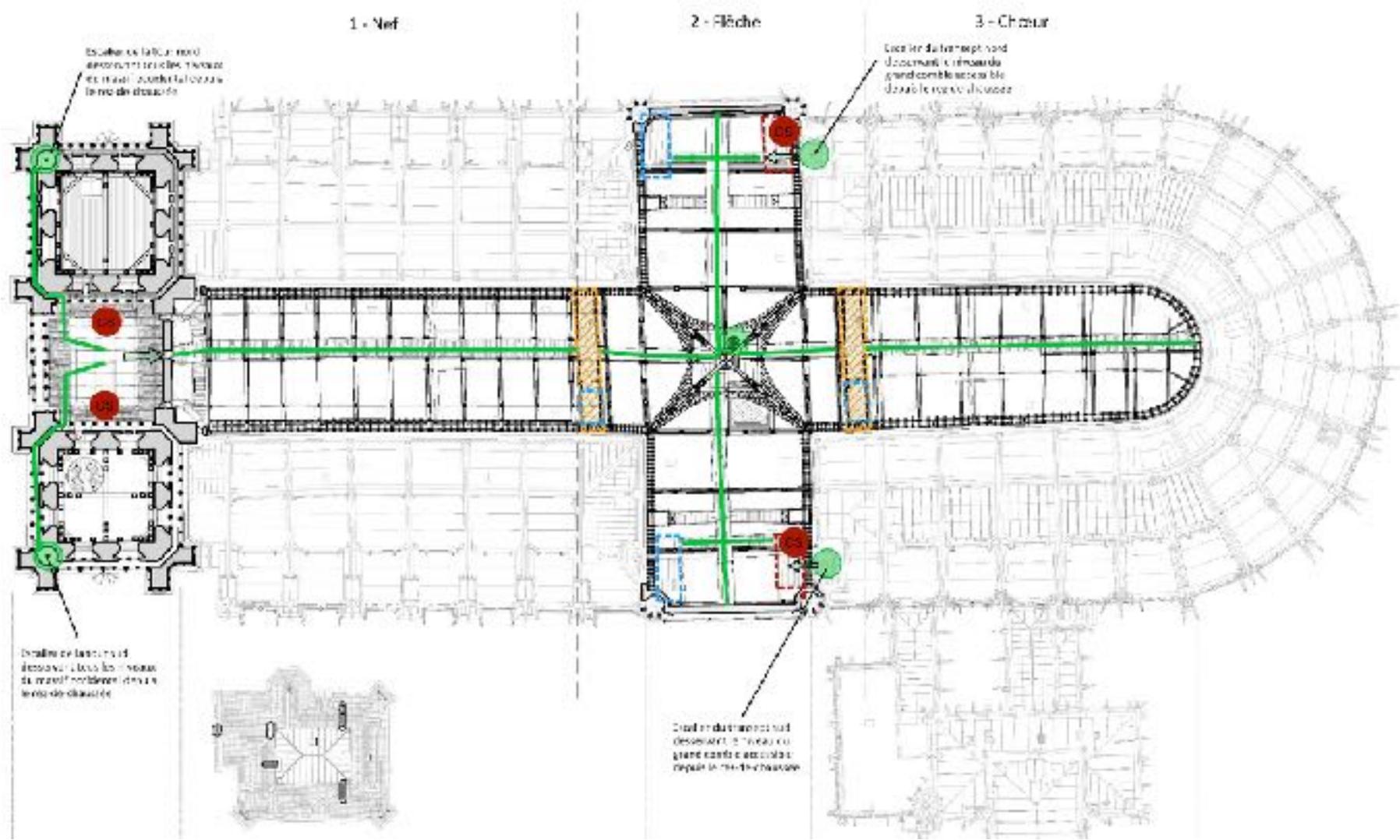
Etat projeté après 2024 :  
4 colonnes sèches

Vue en plan des accès secours et colonnes sèches

Accès des secours aux abords de la cathédrale - Post 2024 :

- Principales voies d'accès pompiers
- Bonne incendie
- Colonne sèche - capacité de pression 120 m³/m³  
Brisure maximum de l'adduction en eau des pompiers
- Point d'accès secours
- Aire renforcée pour le stationnement et le manœuvre des camions de pompiers
- Boîtes accessibles

## 2. Grand comble



**Accès des secours en partie supérieure de la cathédrale :**

**Locaux accessibles pour les pompiers en cas d'incendie (zone coupe-feu 2h) dans le but de leur fournir des espaces de préparation et de replis vis-à-vis de l'incendie**

-  Locaux pompiers accessibles depuis les édicules Nord et Sud placé au droit des transepts
-  Travée coupe-feu accessibles depuis les passerelles du grand comble

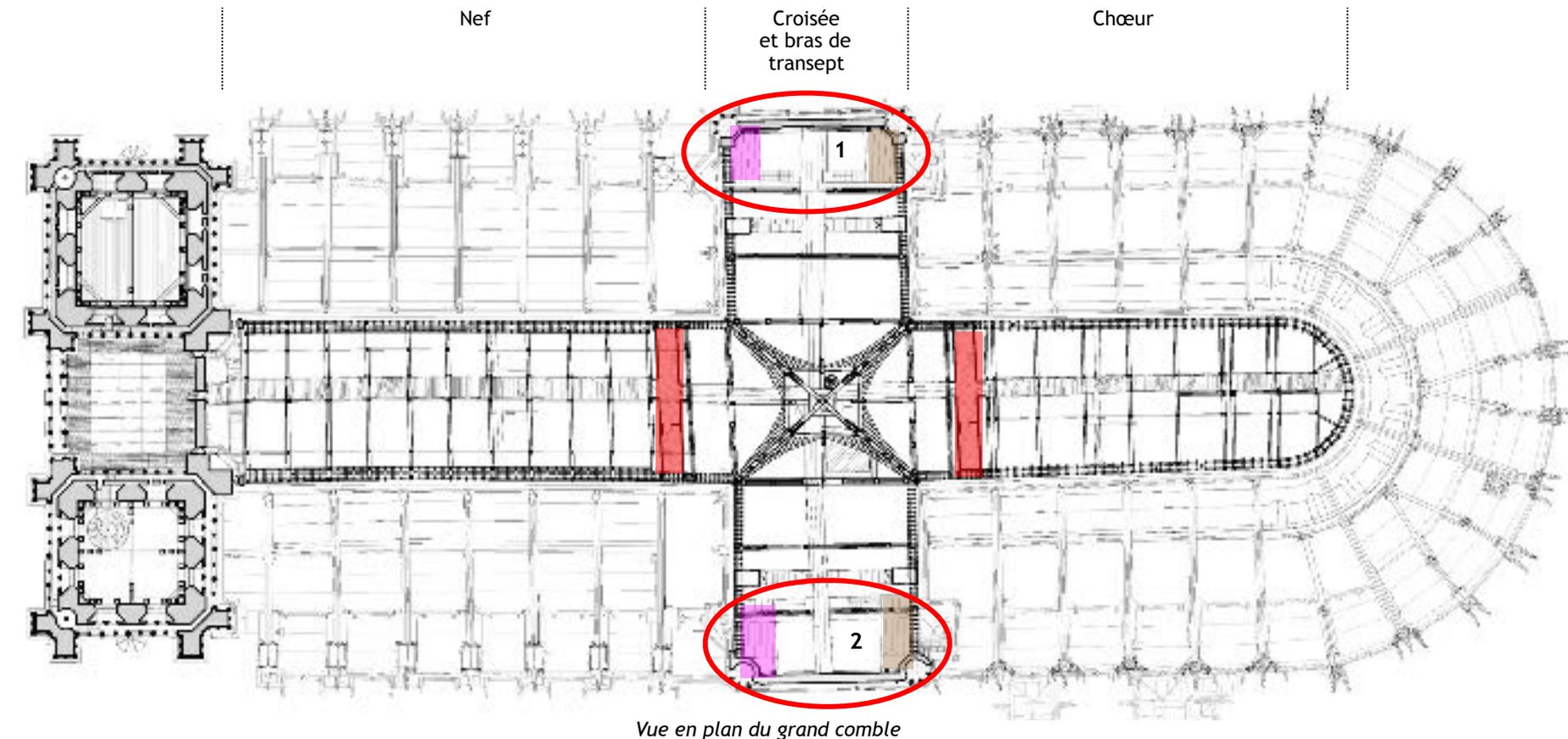
**Vanne d'activation du système de brumisation de la charpente**

-  Locaux vannes accessibles depuis les passerelles du grand comble pour activation du système de brumisation de la charpente

 Colonne sèche - capacité de pression 120 m<sup>3</sup>/h  
Prise d'alimentation des colonnes sèches à trois bras pour les lances des pompiers

-  Circulations verticales
-  Circulations horizontales
-  Accès secours intérieur du grand comble

## 2. Grand comble

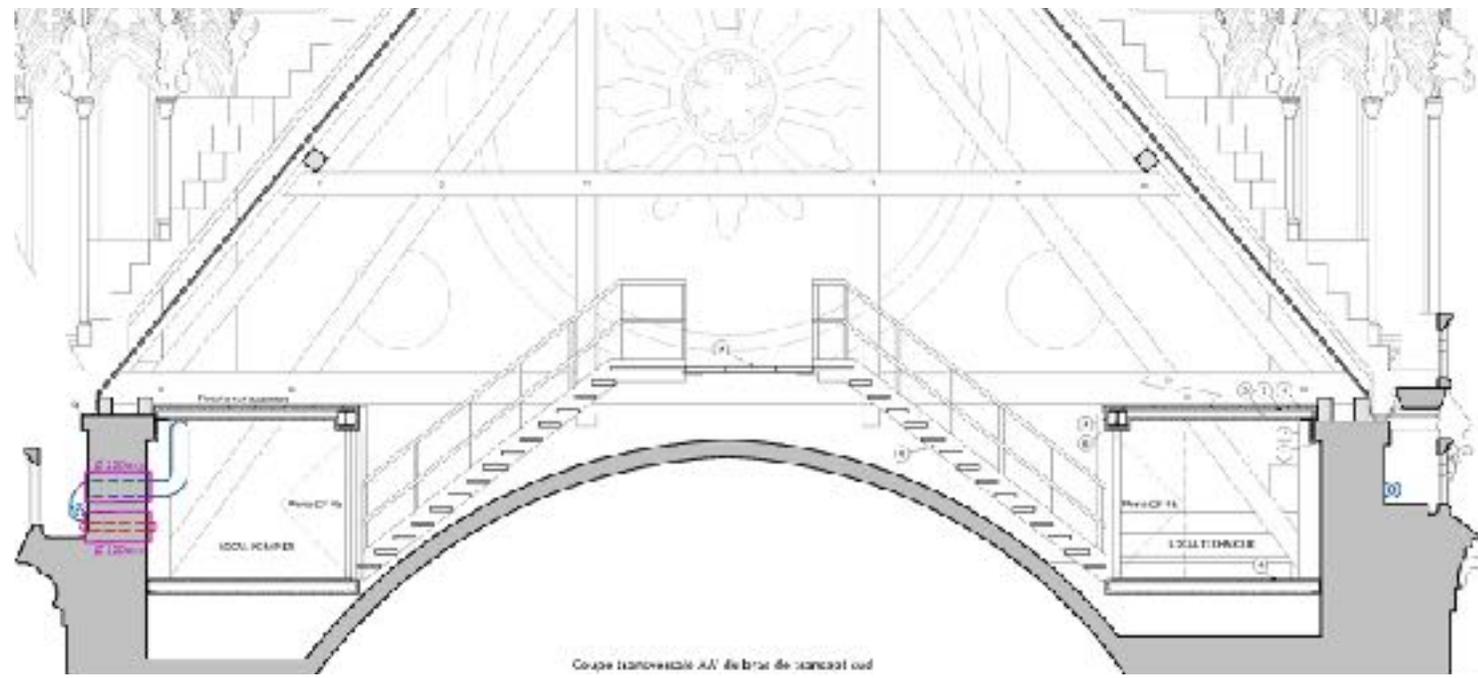


Photographie 1 - Vue avant incendie de l'accès au bras de transept nord par l'édicule



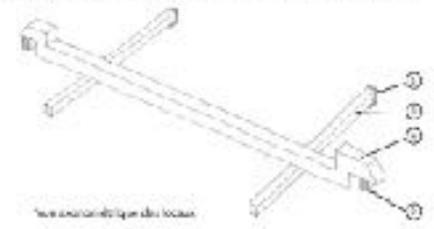
Photographie 2 - Vue avant incendie de l'accès au bras de transept sud par l'édicule

## 2. Grand comble



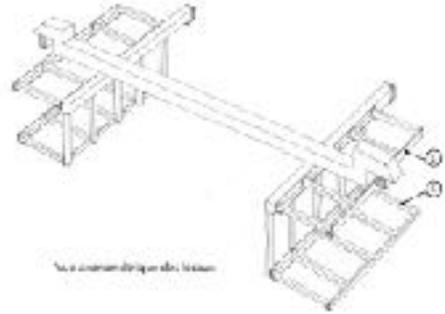
### 1. Structure principale

1. Le point de jonction principal se situe sur les murs extérieurs. L'ensemble d'un bras de charpente principal est fixé à l'autre dans son rôle de stabilité et de rigidité. Les 2 courants suspendus à la charpente principale, en bois ou en acier, sont fixés à la base de la charpente principale.



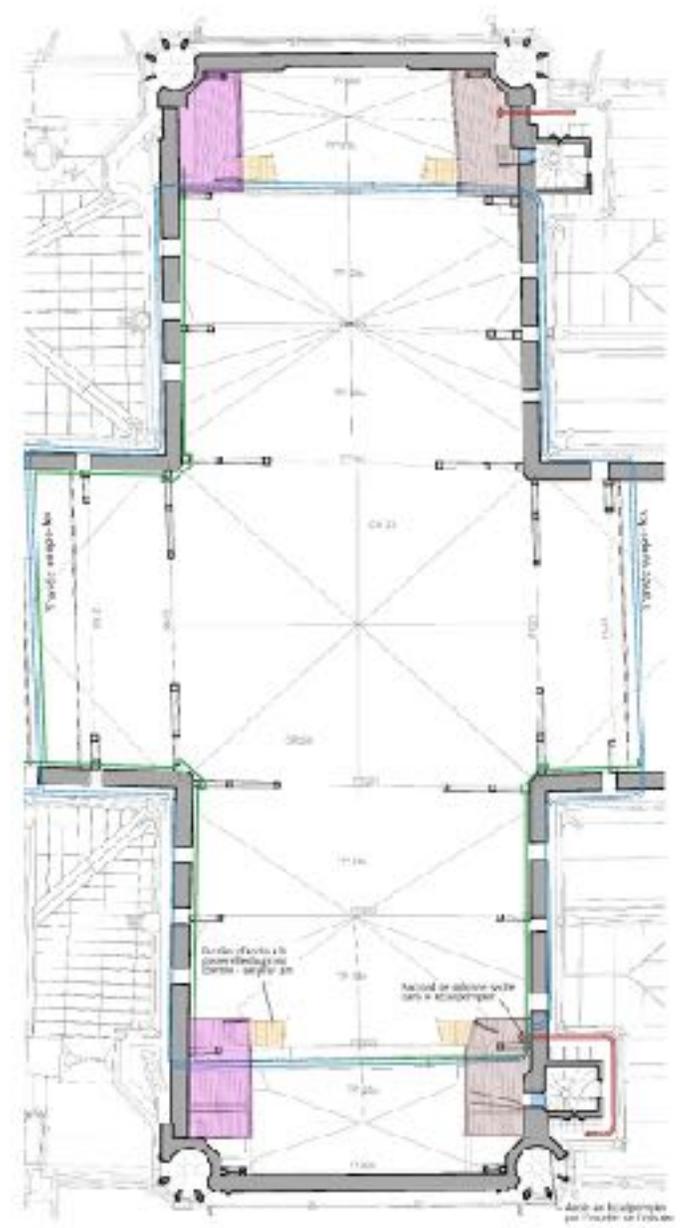
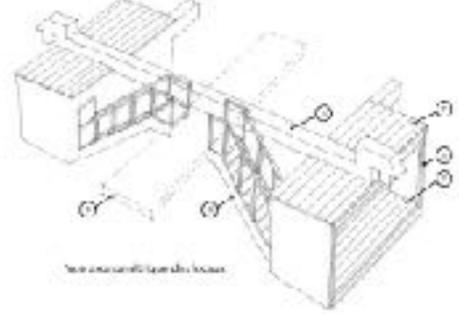
### 2. Structure secondaire

2. Dans un second temps, les toitures secondaires, en bois ou en acier, sont fixées à la charpente principale par l'intermédiaire de fermes métalliques.



### 3. Développement des toitures en acier

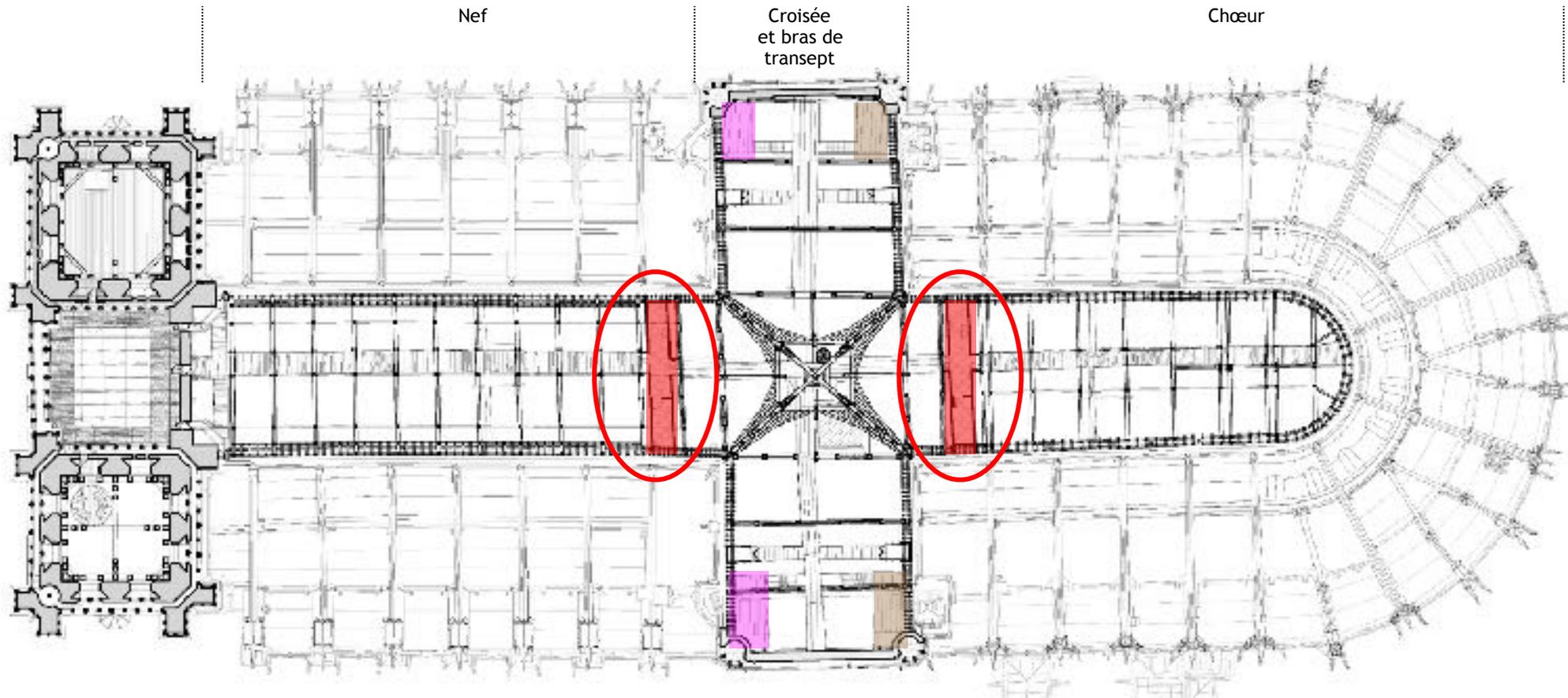
3. Les toitures en acier sont réalisées sur charpente bois, en bois ou en acier, en fonction des besoins. Elles sont fixées à la charpente principale par l'intermédiaire de fermes métalliques. Elles sont réalisées en acier ou en bois.



# DEFENSE INCENDIE DU GRAND COMBLE

1. La défense passive : travée coupe-feu
2. La défense active par brumisation
  - Simulation feu
  - Synthèse

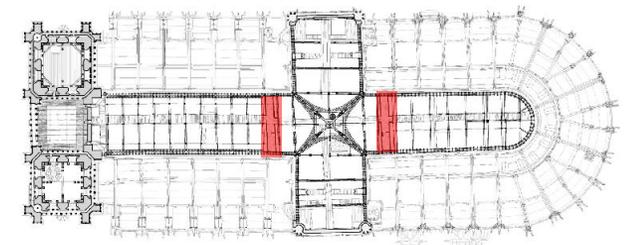
## 1. La défense passive : travées coupe-feu



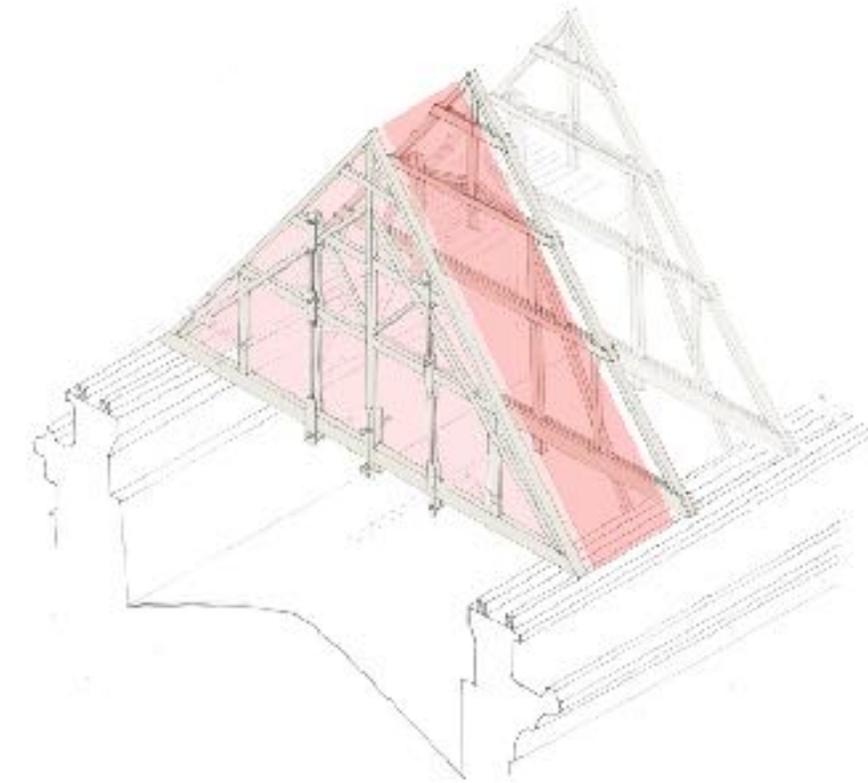
*Vue en plan du grand comble*

-  Locaux techniques coupe-feu 2h
-  Locaux pompiers coupe-feu 2h - accès depuis les édicules
-  Travées coupe-feu 2h comprenant des locaux techniques

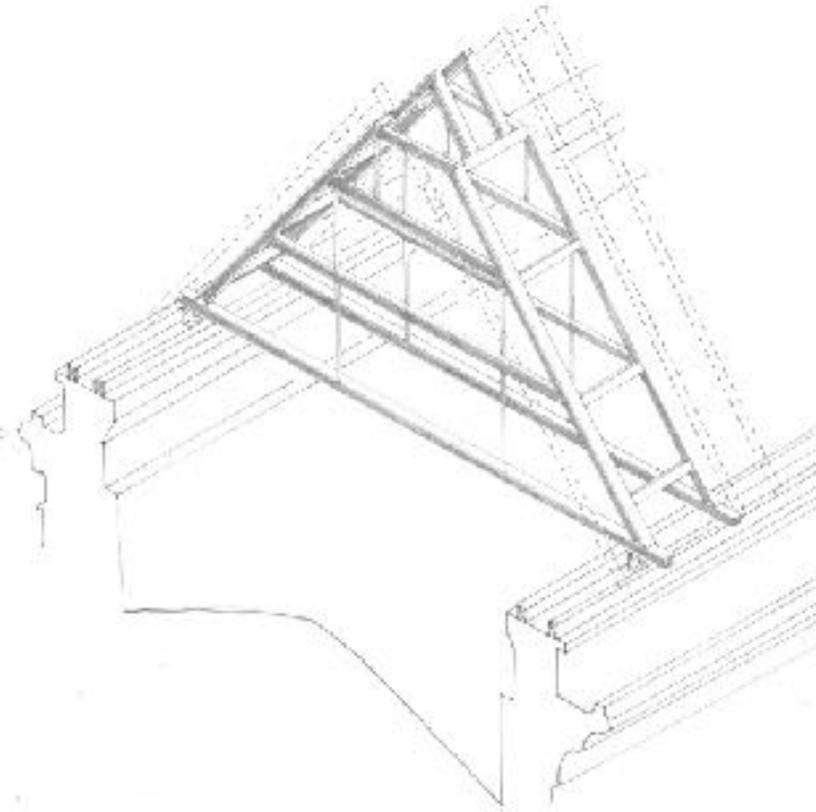
## 1. La défense passive : travées coupe-feu



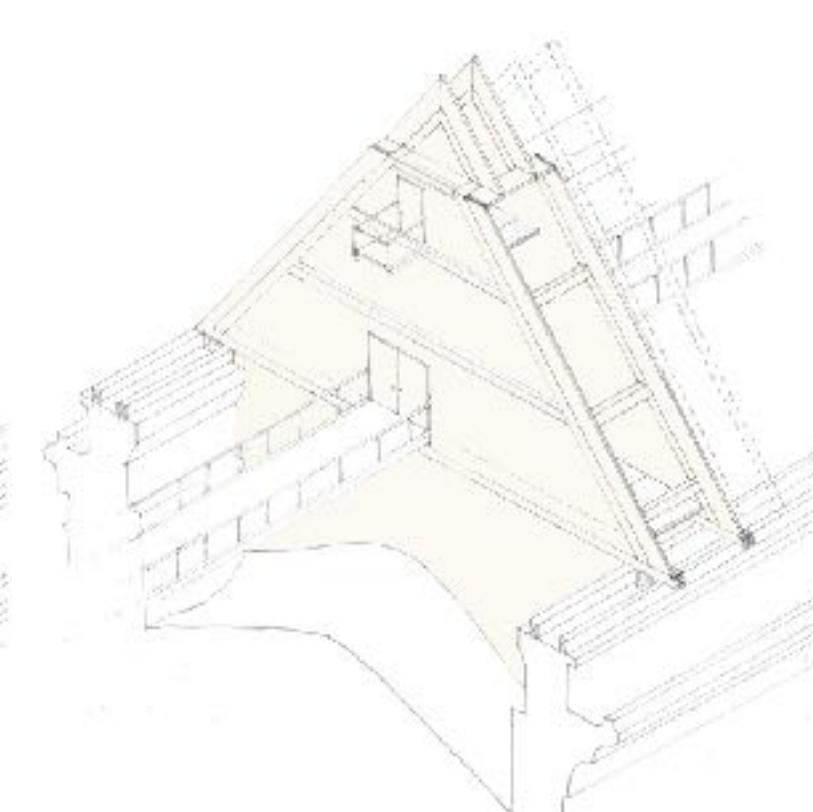
Vue en plan du grand comble



- Montage en sous-œuvre entre les fermes de charpente
- Compartimentage du comble en 3 zones nef / croisée / chœur



- Structure auto-stable et indépendante
- Appui sur les murs bahuts

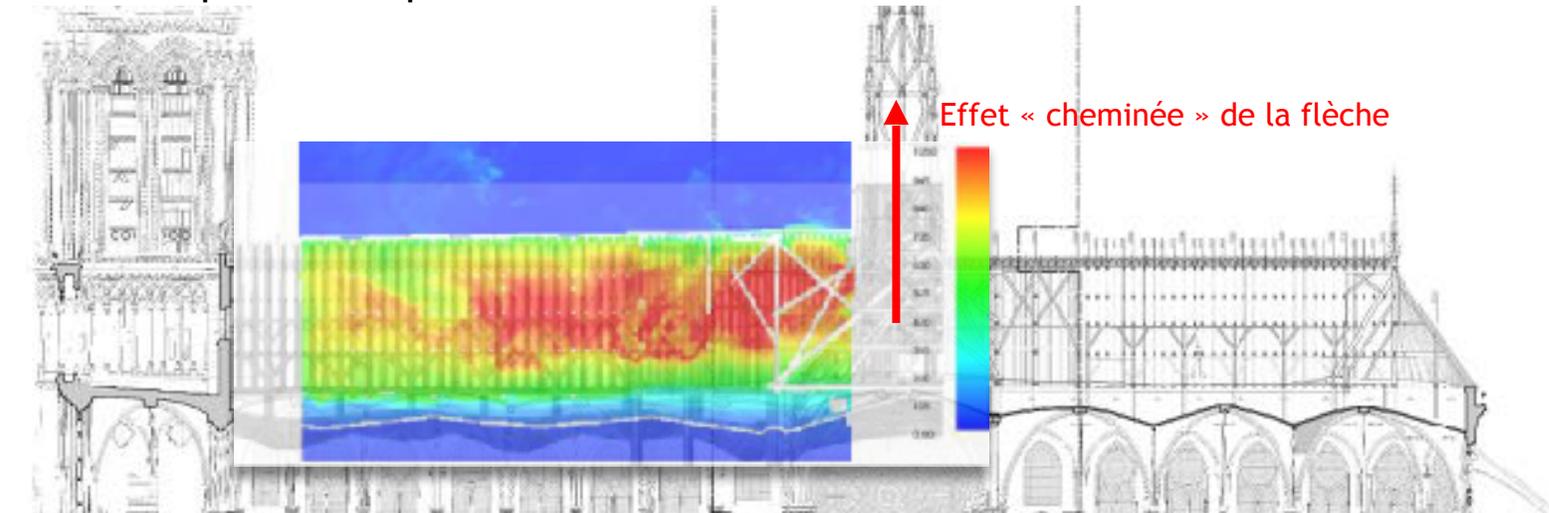
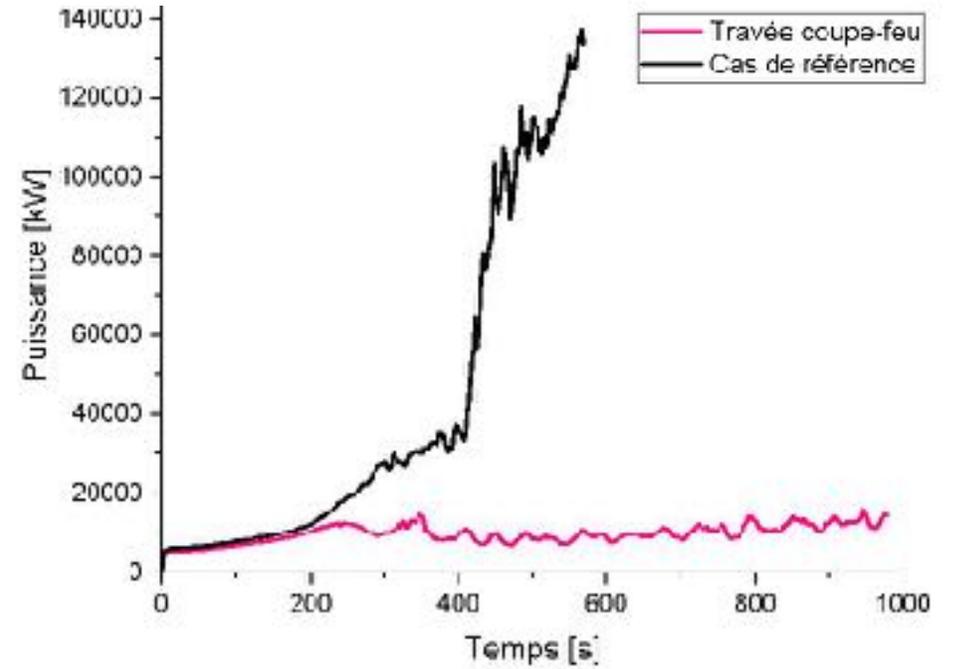


- Enveloppe coupe-feu 2h
- Contient des locaux vannes
- Accès aux niveaux supérieurs des charpentes

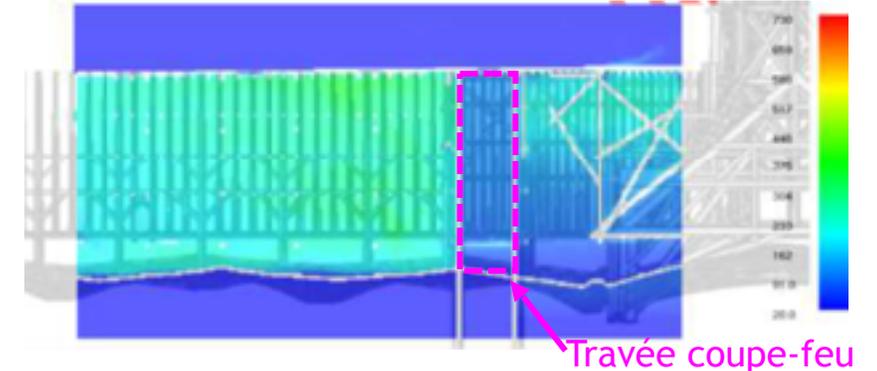
# 1. La défense passive : travées coupe-feu

## Simulation feu avec les travées coupe-feu :

- Réduction de la ventilation
- Réduction de la température
- Ralentissement de la cinétique de propagation du feu
- Durée de tenue de la travée = temps de percement de la toiture
- Utile pour un départ d'incendie dans la nef et le chœur

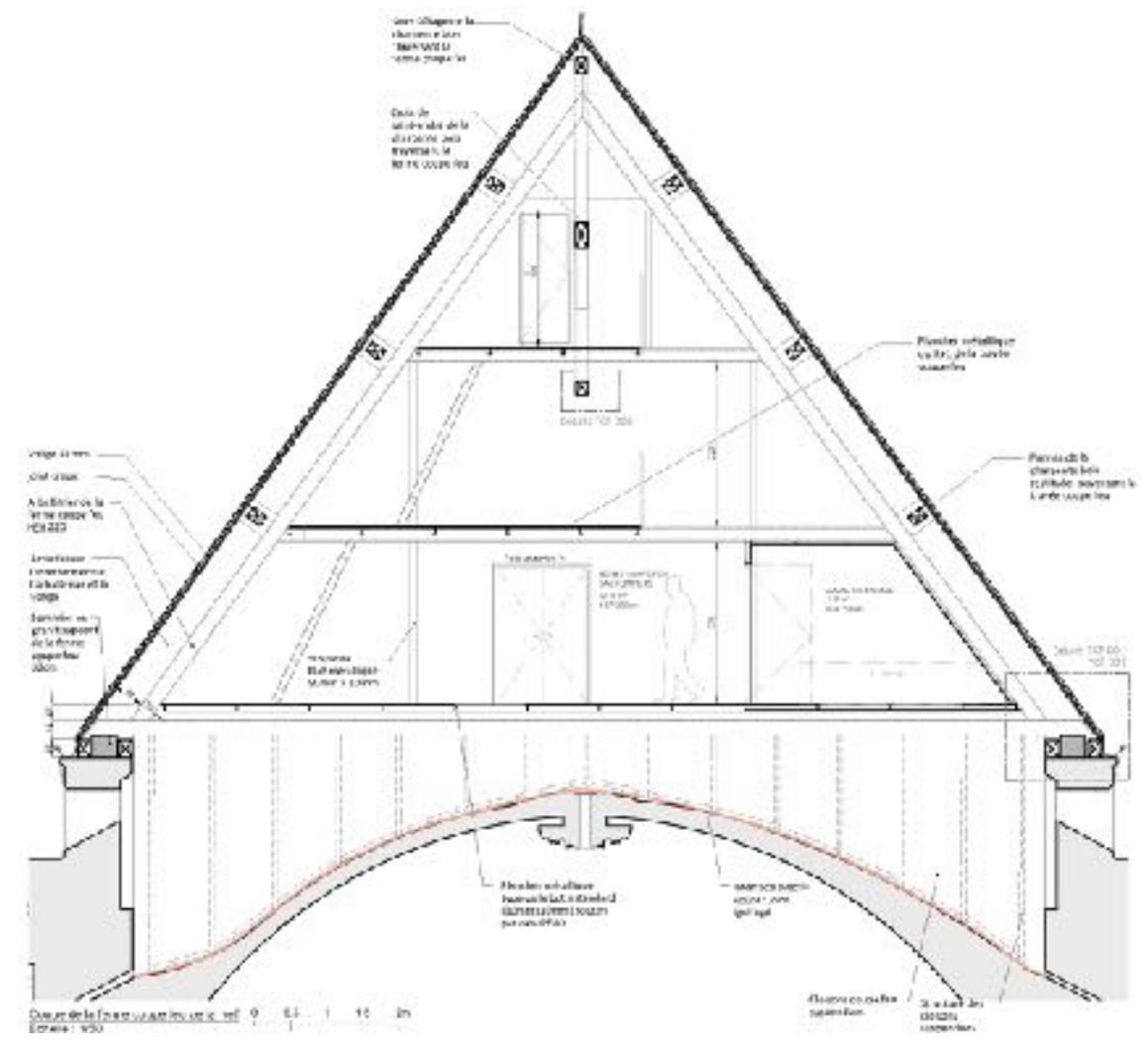
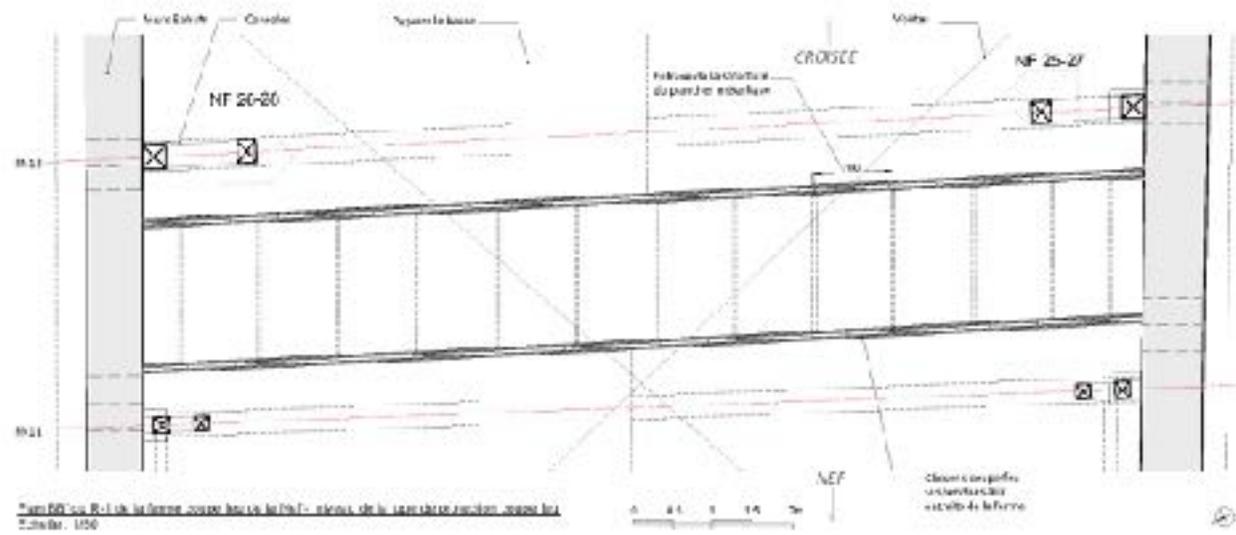
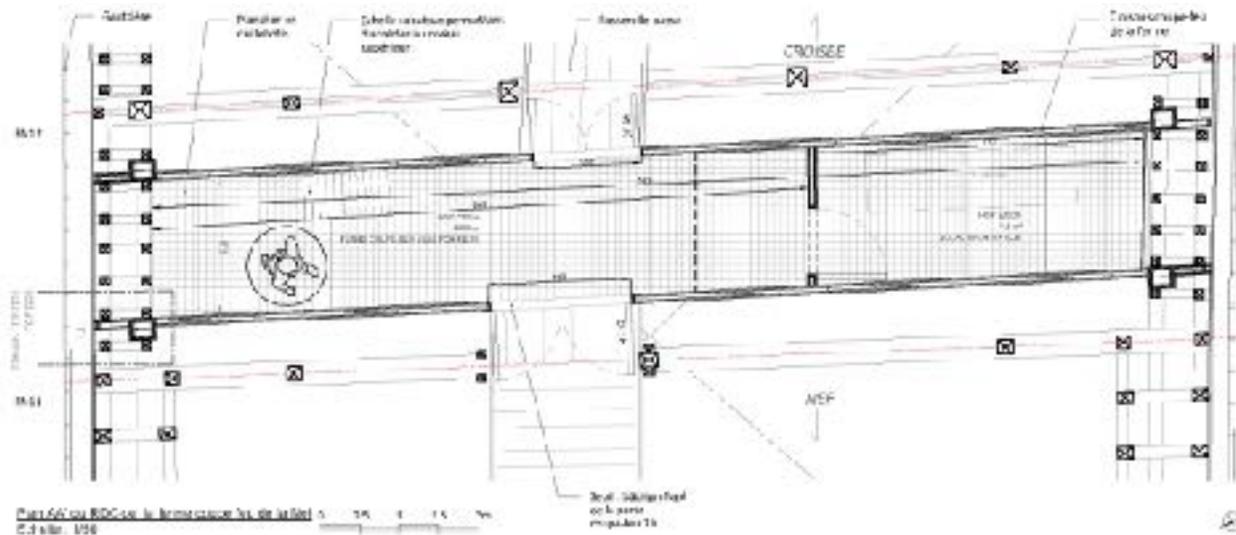


**Simulation sans travée coupe-feu**  
Température 450s après le départ de feu



**Simulation avec travée coupe-feu**

## 1. La défense passive : travées coupe-feu

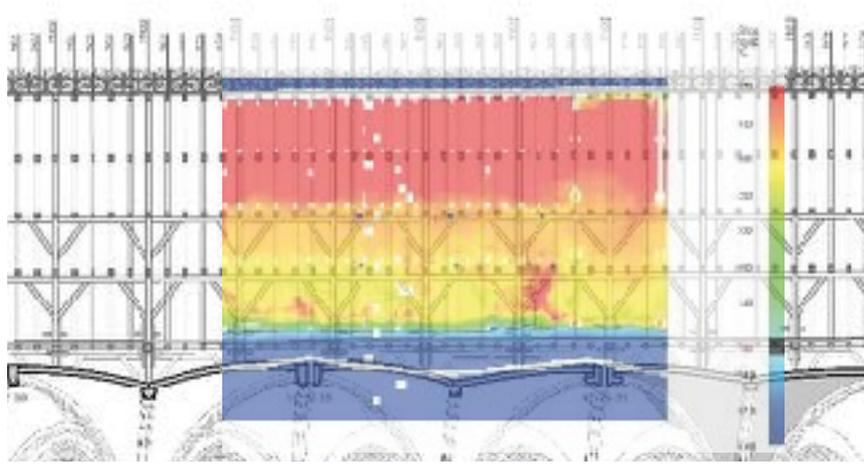
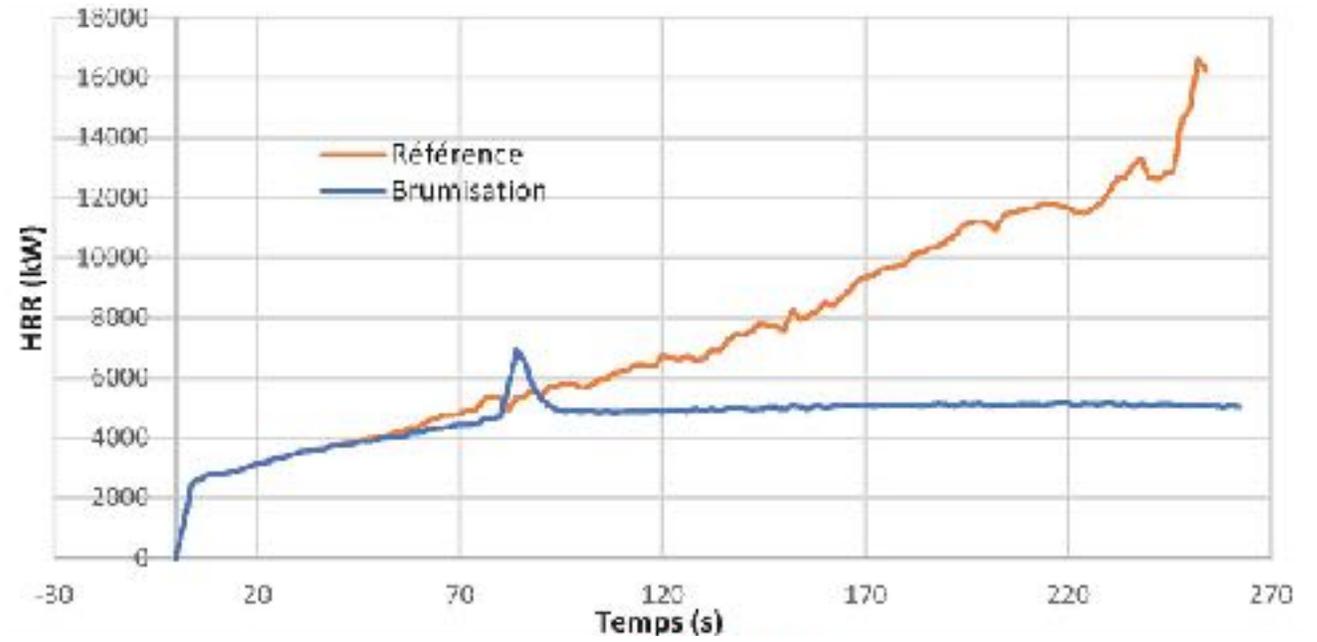


## 2. La défense active par brumisation

Simulation feu INERIS

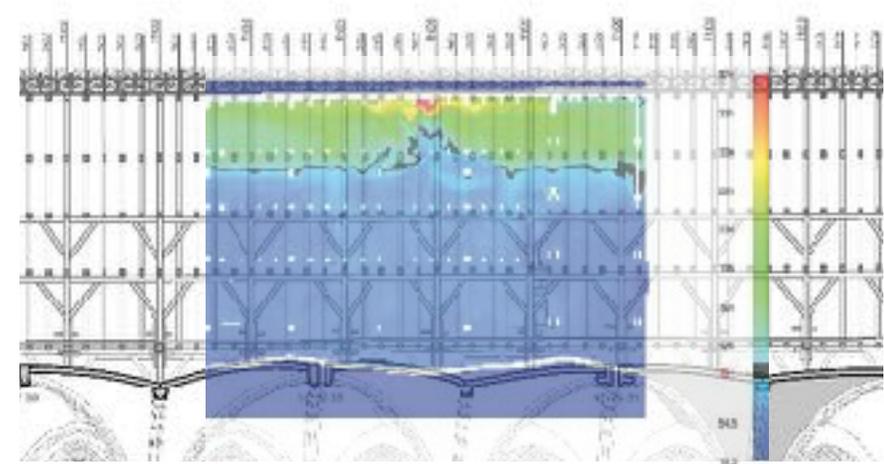
### Simulation feu avec la brumisation :

- Saturation de l'air par les gouttelettes d'eau
- Feu étouffé rapidement et précisément



Simulation sans brumisation

Température 250s après le départ de feu



Simulation avec brumisation



## 2. La défense active par brumisation

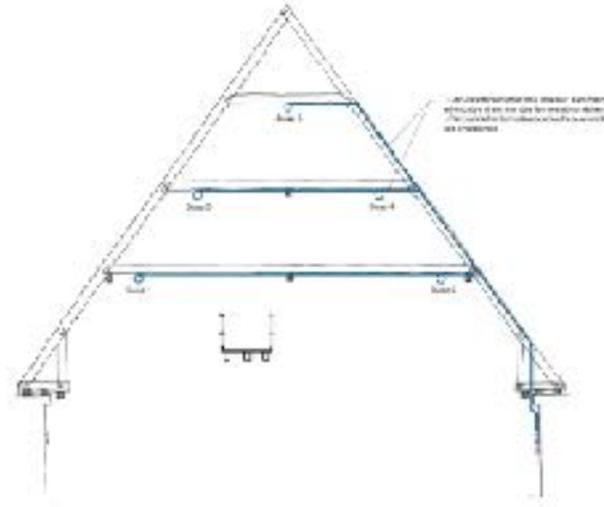
*Le réseau non chargé en intérieur du comble*

LEGEVDE:

- Réseau de brumisation
- Niveau de brumisation non chargé en eau



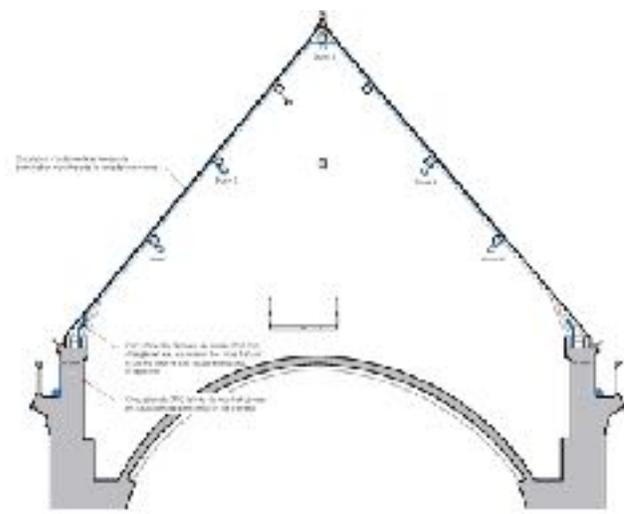
Photographie 1 - Vue avant incendie du bras de transept sud



Élévation d'un 'gros comble' type de la nef



Photographie 2 - Vue avant incendie de la nef



Élévation d'un 'gros comble' type de la nef



Photographie 3 - Vue avant incendie de la nef

# Conclusion

- Etude des risques
- Détection : fiabilité et précision du système
- Accès des secours facilité
- Défense passive :
  - Dispositifs architecturaux réversibles
  - Efficacité
- Défense active :
  - Brumisation dans tout le comble et la flèche
  - Complémentaire des dispositifs passifs
  - Essentiel pour permettre une intervention en sécurité des secours