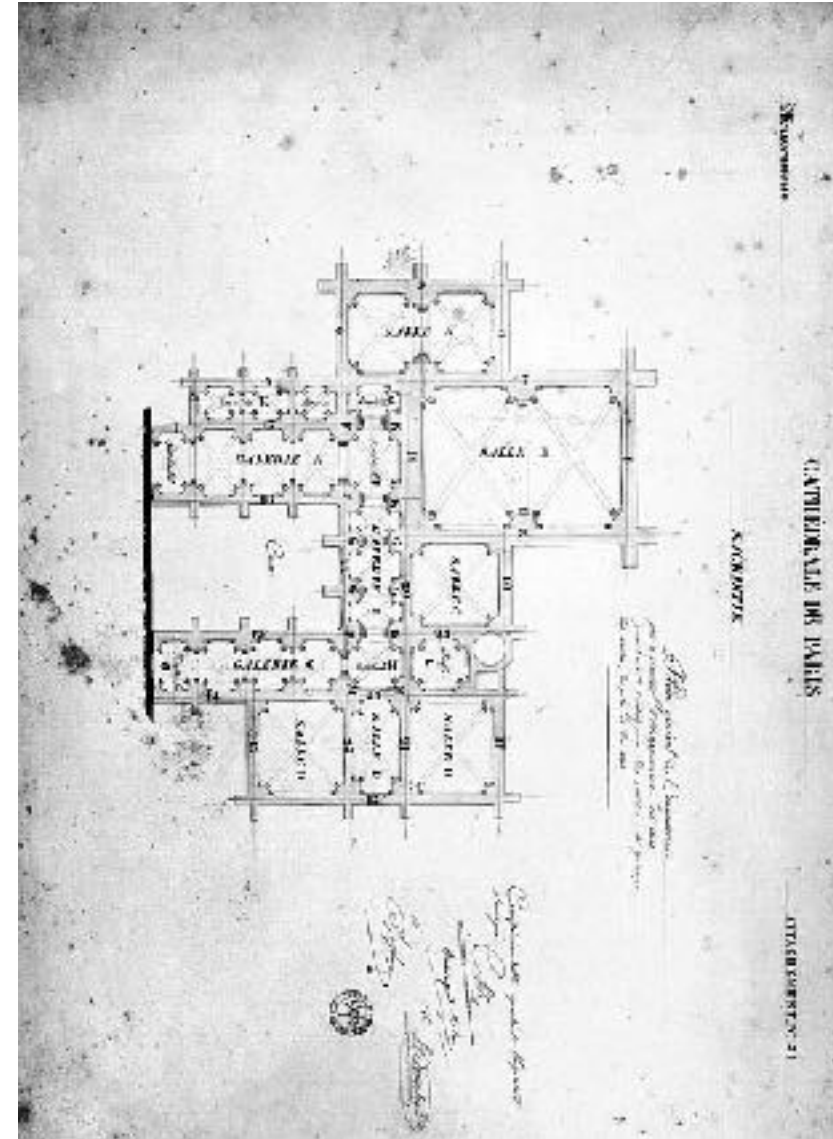
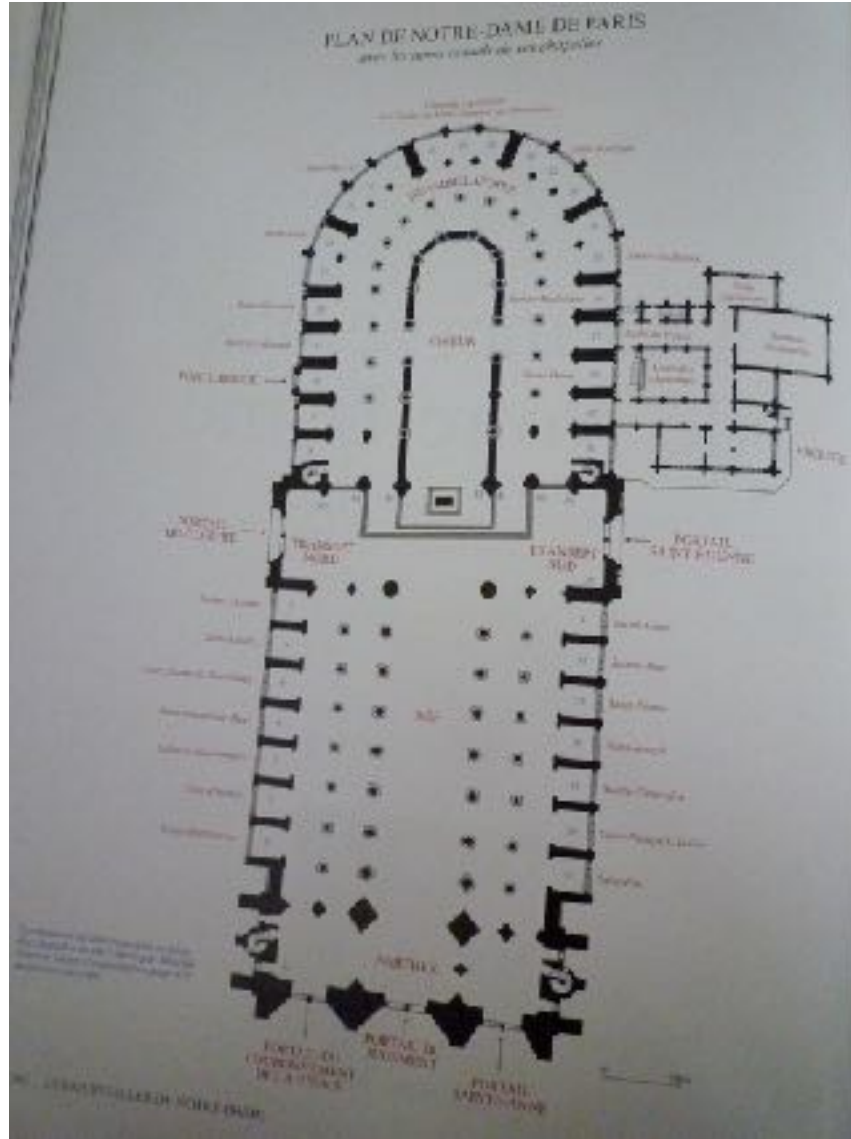


Notre-Dame de Paris Théorie et pratique

Plan de
sauvegarde des
œuvres
15 avril 2019



Plan de sauvegarde des œuvres état des lieux et réflexions



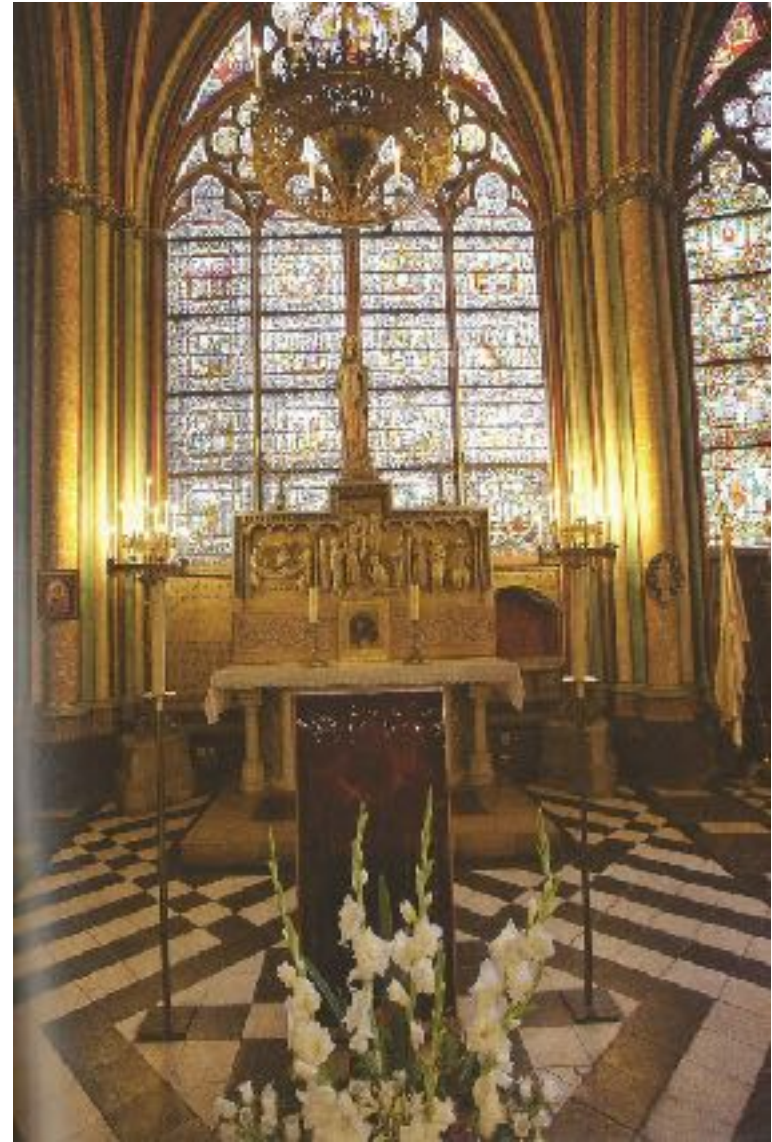
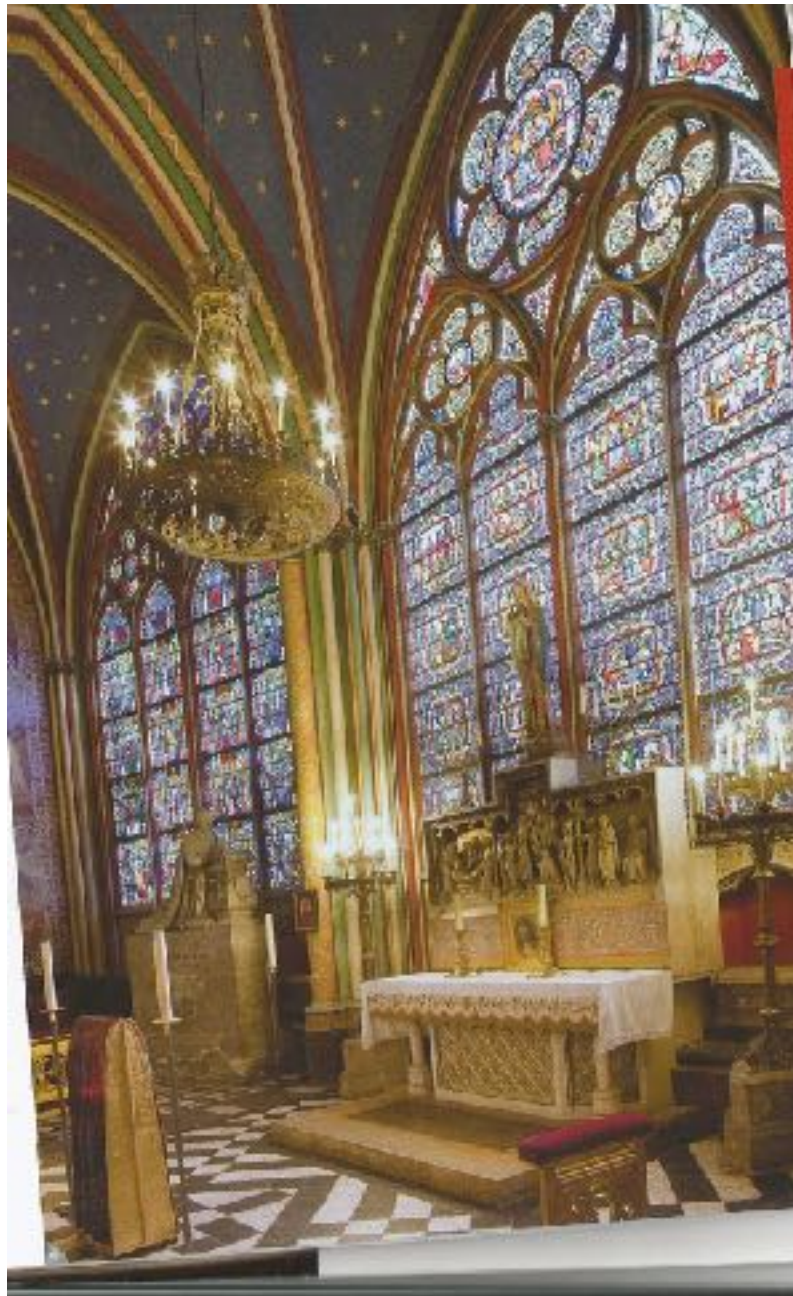




















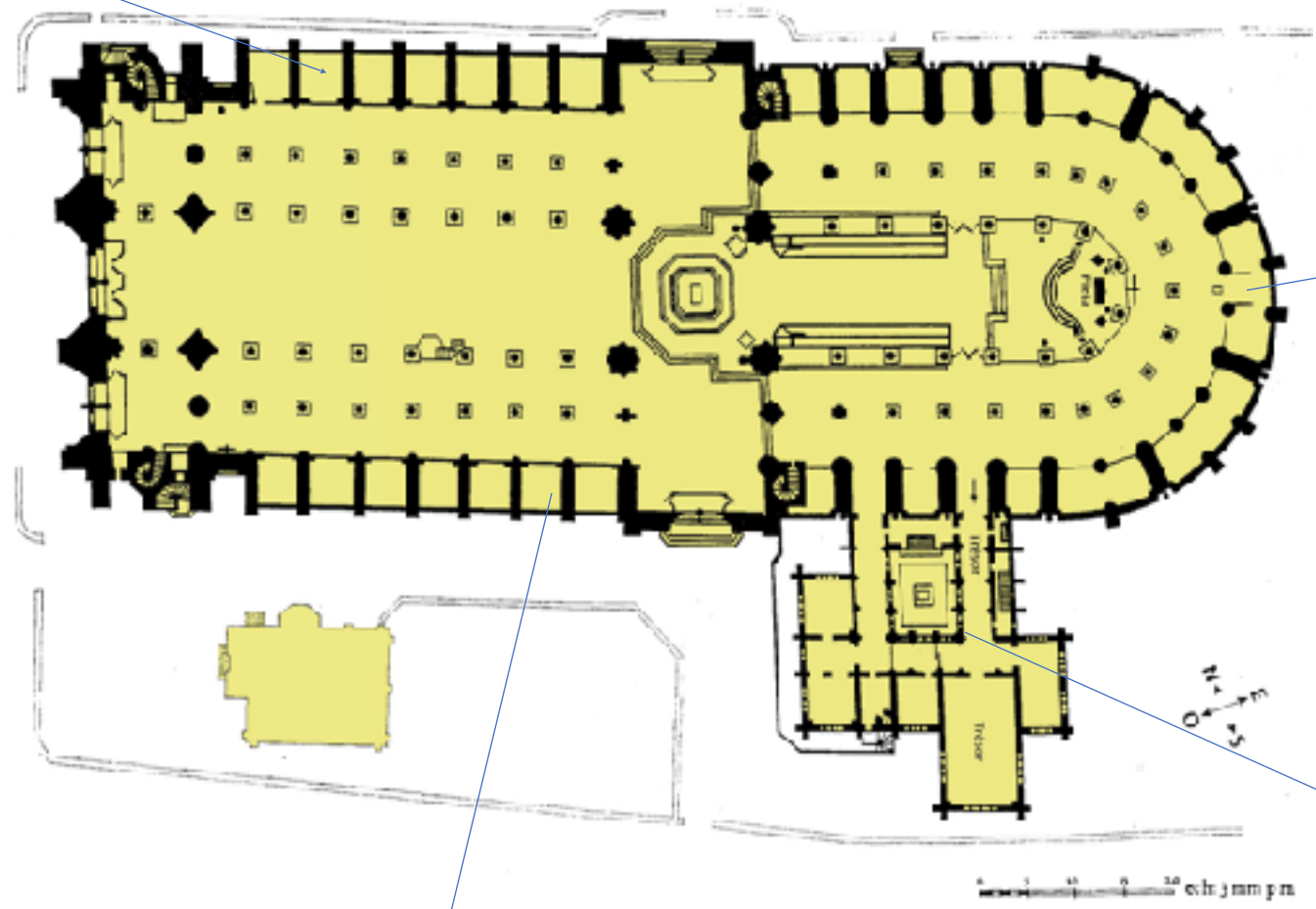




15 avril



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

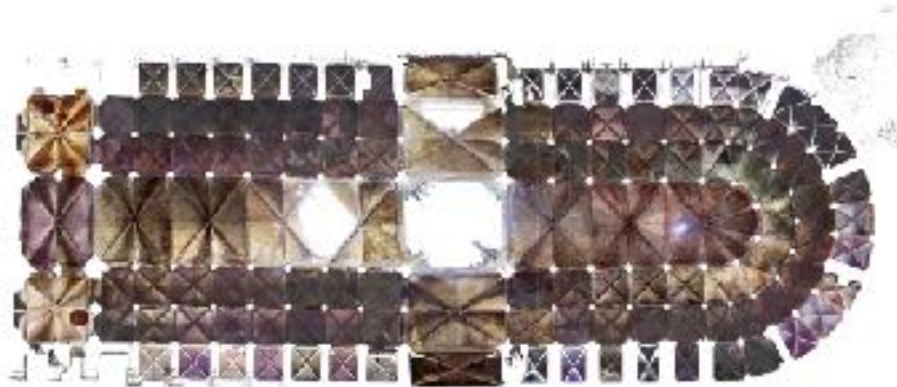
1. Les zones à risque de la cathédrale
 - La flèche et les charpentes du grand comble
 - Les beffrois
 - Les grandes orgues
 - Les locaux techniques
2. Le retour d'expérience des sapeurs-pompiers
3. Les préconisations du plan d'action « sécurité cathédrale »
4. La simulation feu
 - Défense passive
 -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

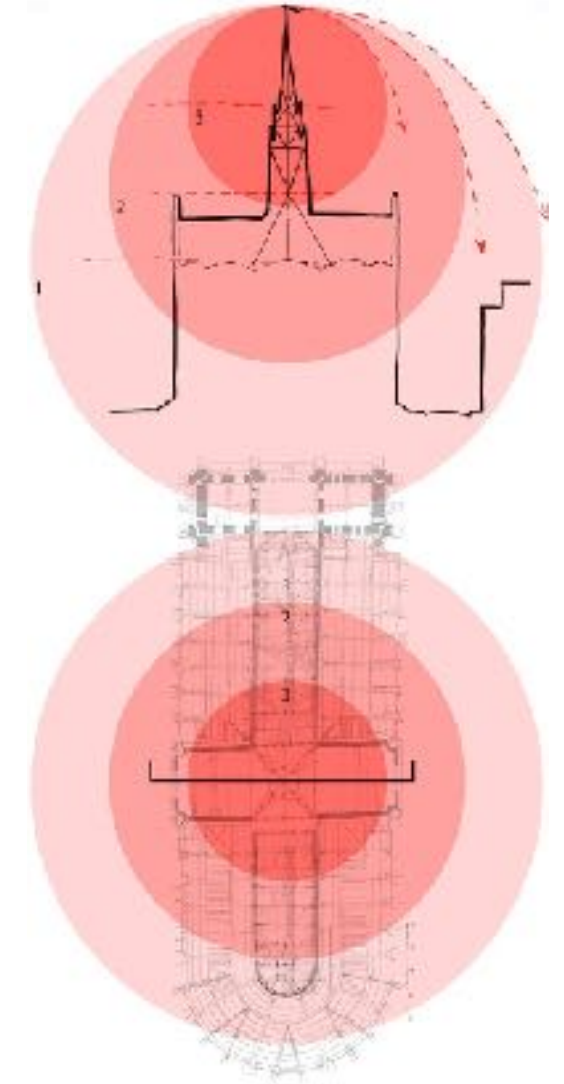


Schéma démontrant l'impact potentiel de la chute de la flèche selon les différents niveaux de rupture de sa structure

1. Les zones à risque de la cathédrale

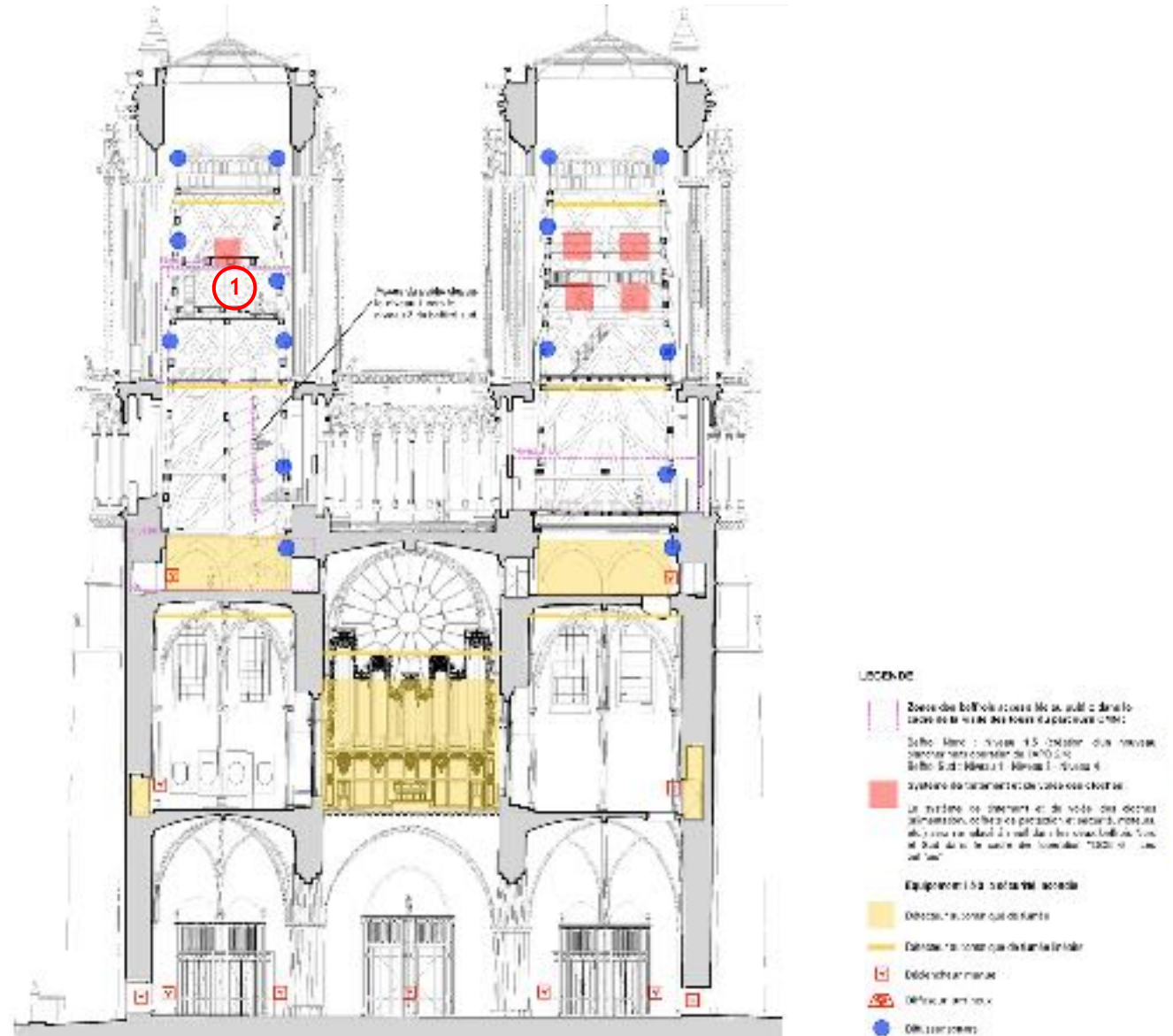
Les beffrois

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



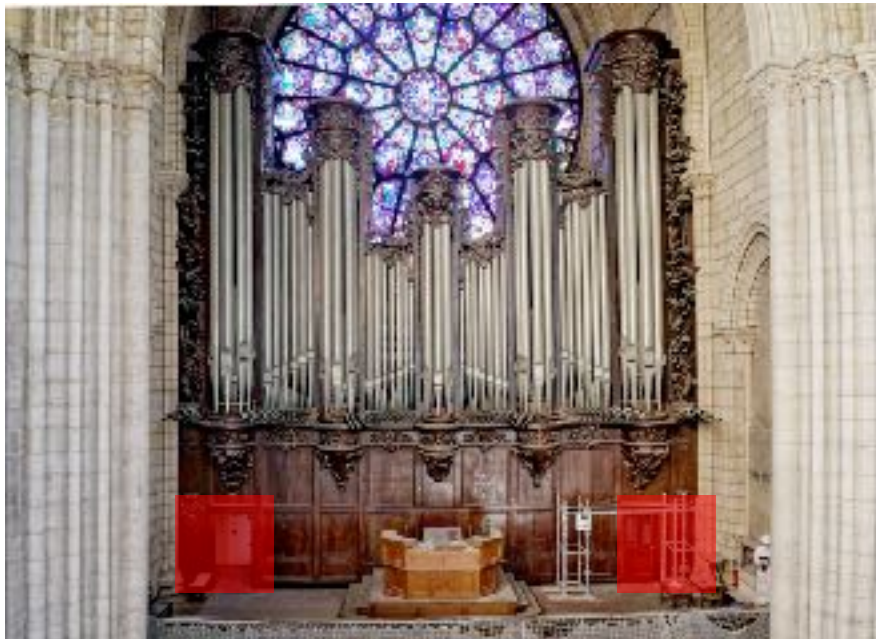
Coupe du massif occidental

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

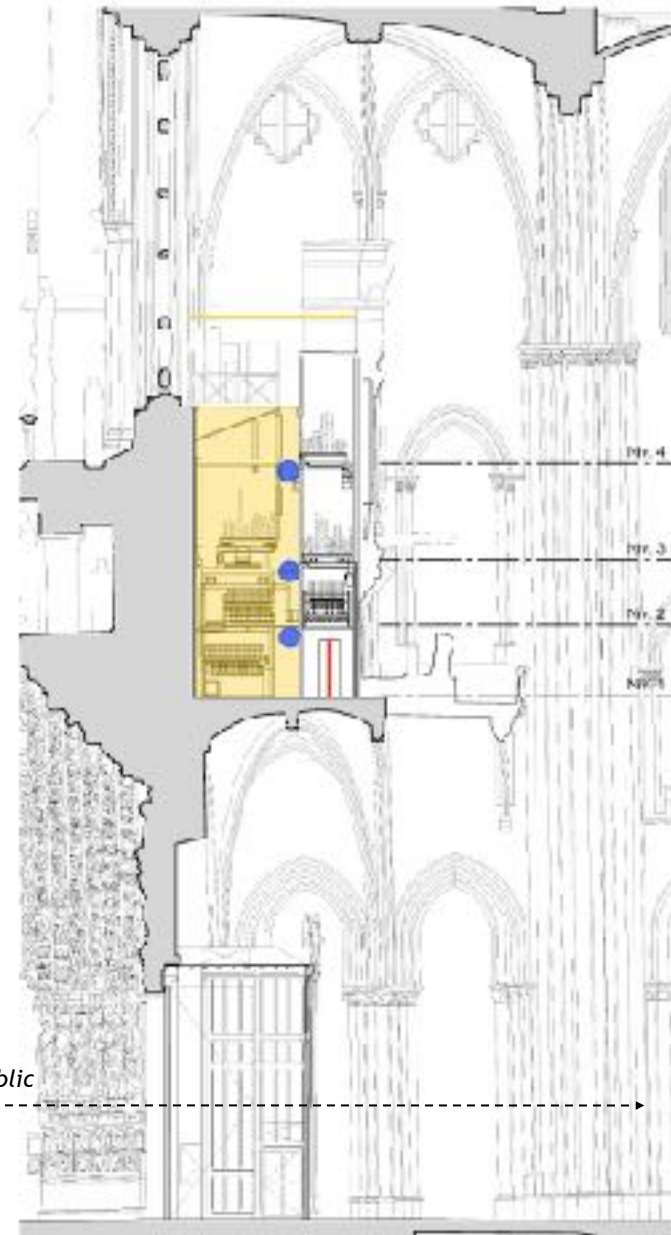


Photographie de la tribune d'orgue

Risque Mortel

Équipement d'un bâtiment existant
 - Population et maillage d'habitat existants sans voir une détention et une évacuation possible en cas de sinistre.
 - Situation des lieux existants en site sans accès au crois des points d'arrivée de l'orgue ou d'autres bâtiments de l'orgue.

Passage du public



Coupe de la tribune d'orgue

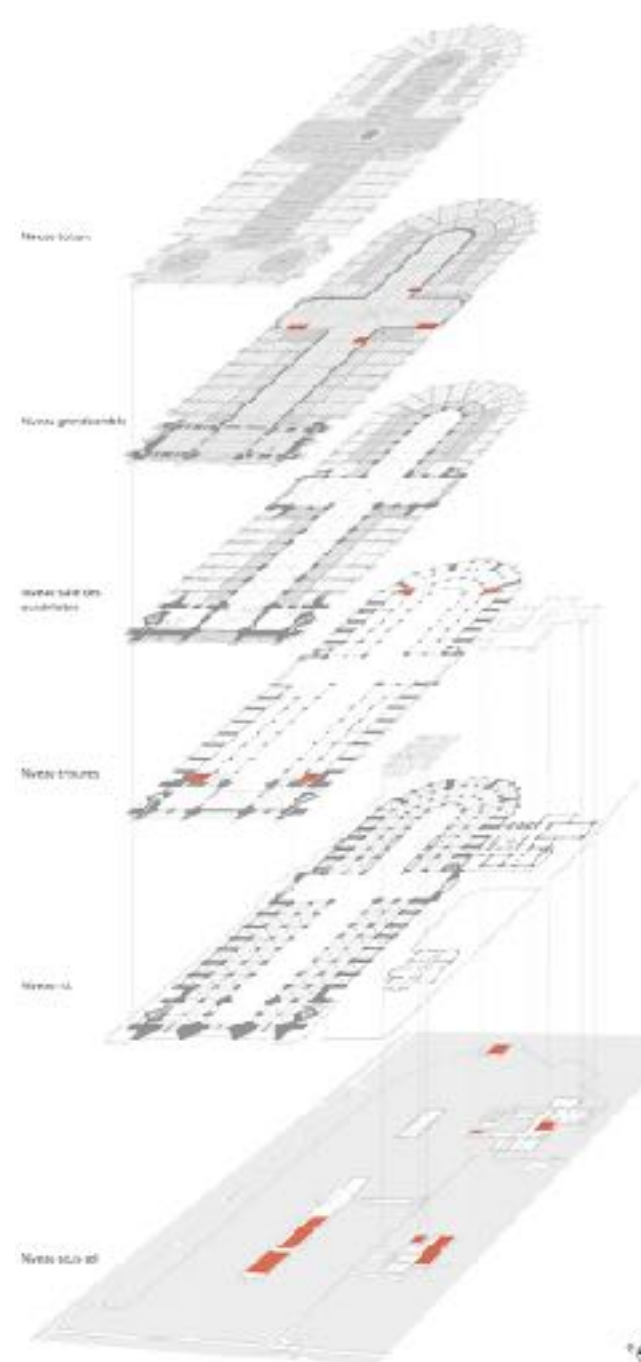
- Couverture à la sécurité incendie
- Détection automatique de fumée
- Détection automatique de fumée indirecte
- Diffuseur sonore
- Porte d'accès à l'orgue
- Porte coupe-feu R24

1. Les zones à risque de la cathédrale

Les locaux techniques

Types de risque

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



Synthèse des locaux techniques dans la cathédrale

2. Le retour d'expérience des sapeurs-pompiers

- Amélioration des moyens d'accès
- Amélioration des moyens d'action
- Recoupements 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



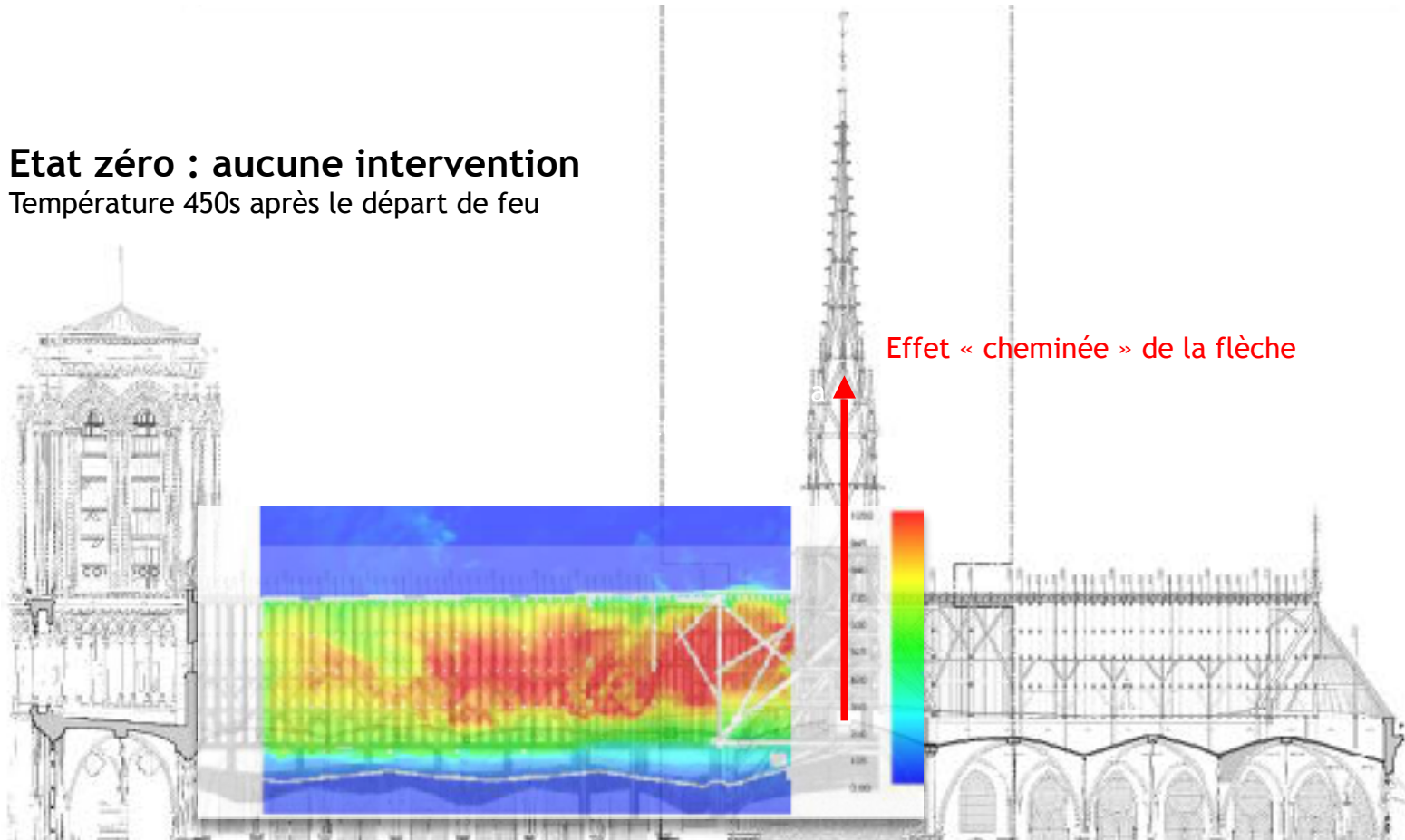
Dégâts de l'eau sur les voûtes de la nef

4. La simulation feu (INERIS)

Etat zéro

Etat zéro : aucune intervention

Température 450s après le départ de feu



4 différentes simulations :

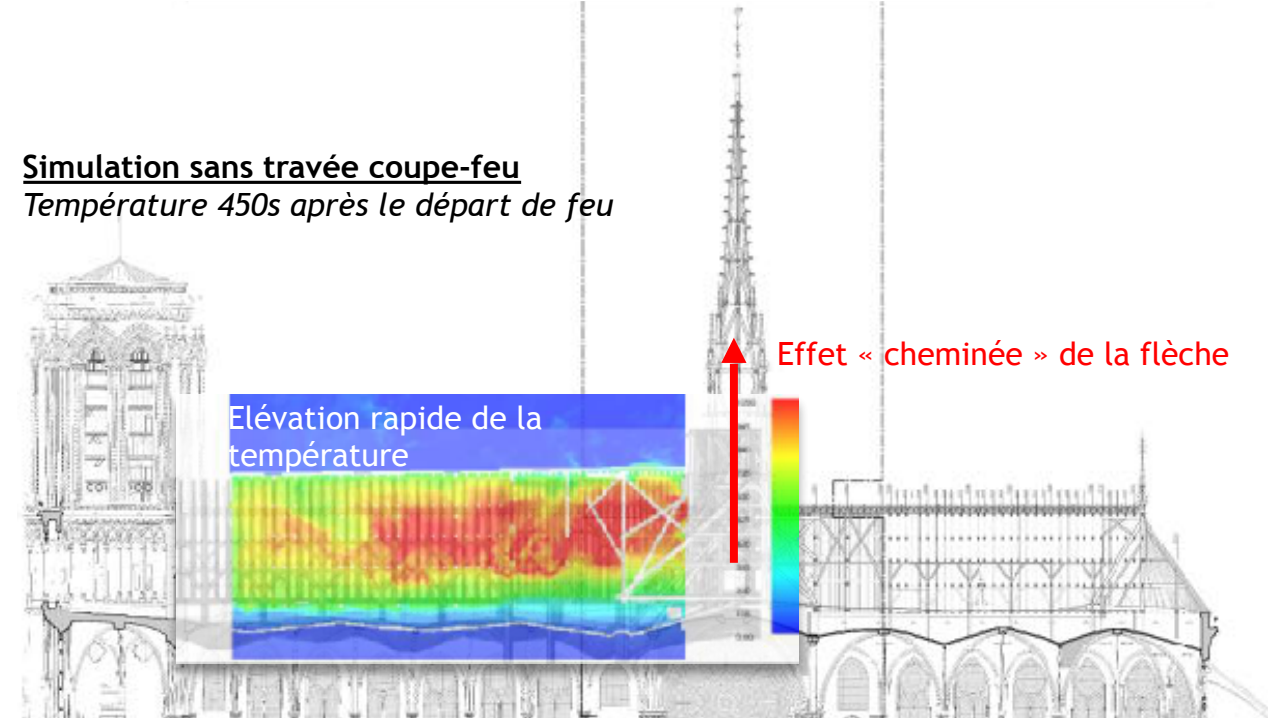
- Aucune intervention
- Travées coupe-feu
- Epaissement de la volige
- Brumisation

4. La simulation feu (INERIS)

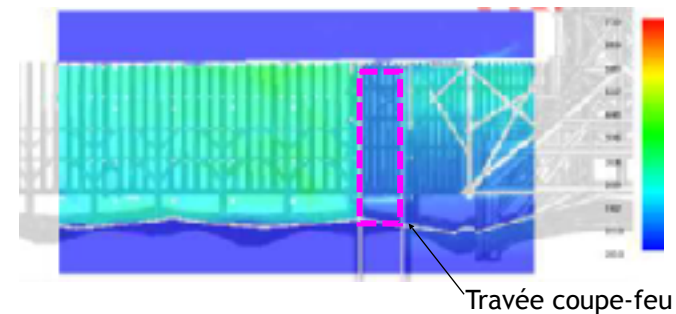
Aide à la décision

- **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

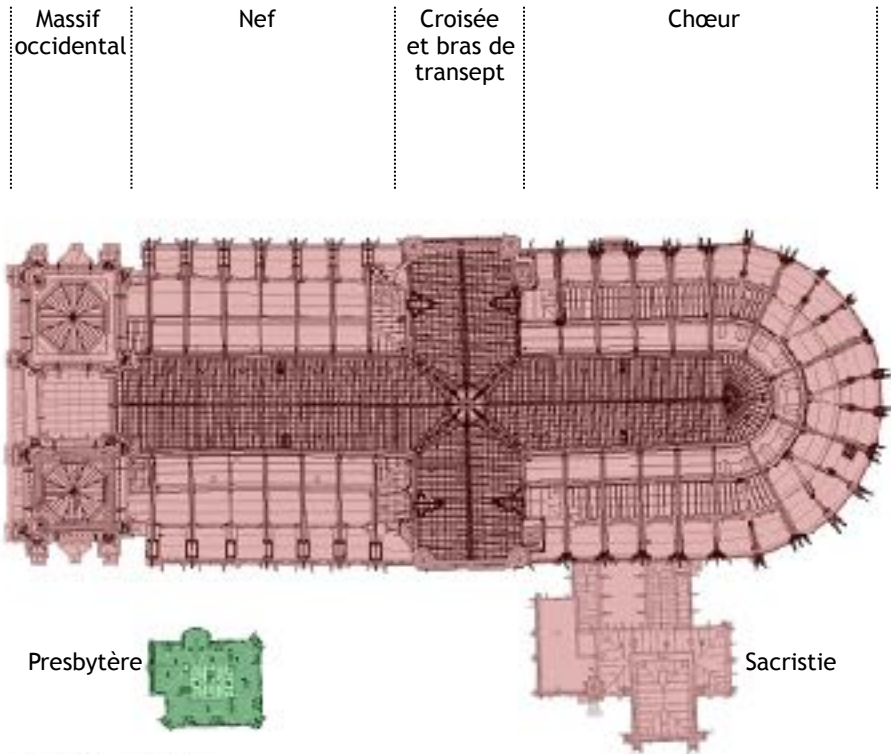
Le risque électrique :

- **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**

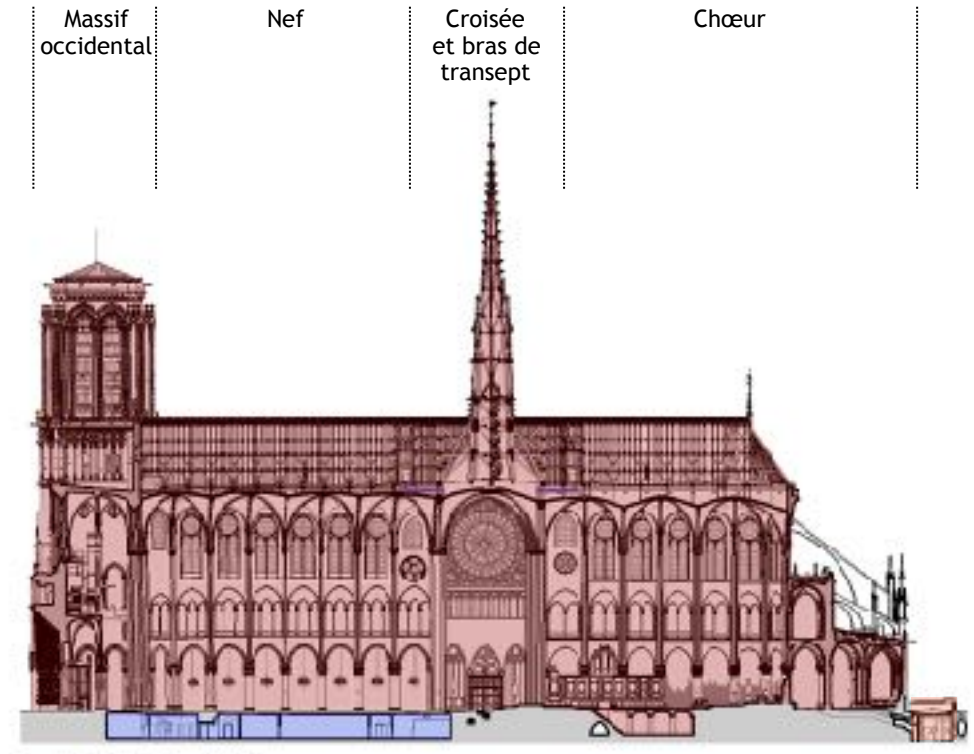
DETECTER ET ALERTER

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

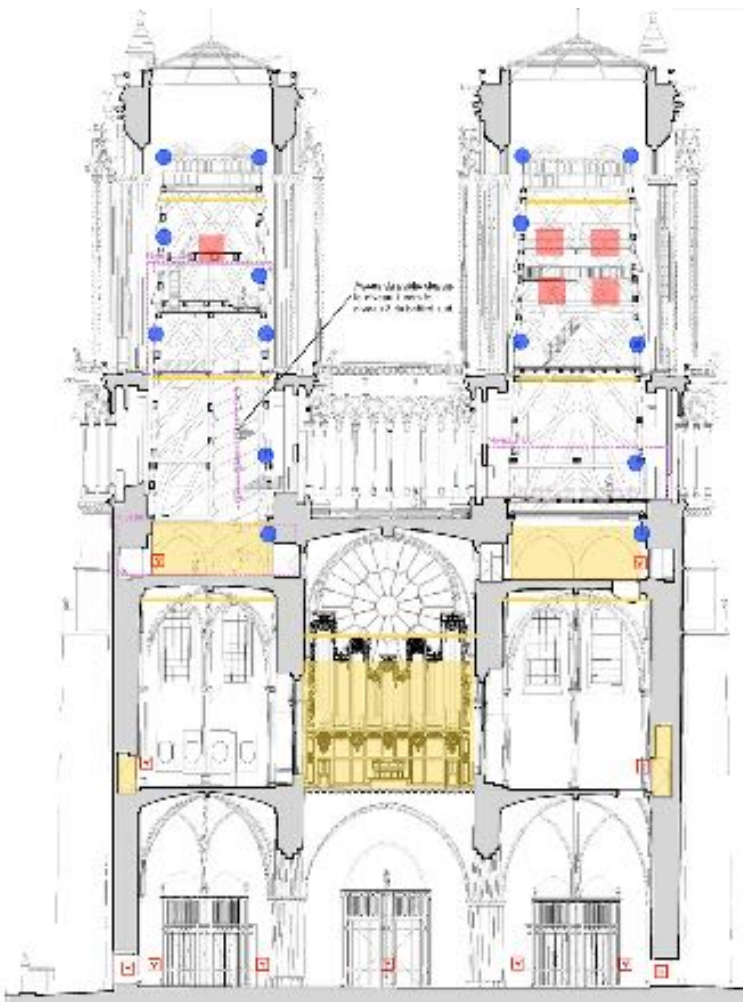


Coupe longitudinale vue vers le nord

- 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

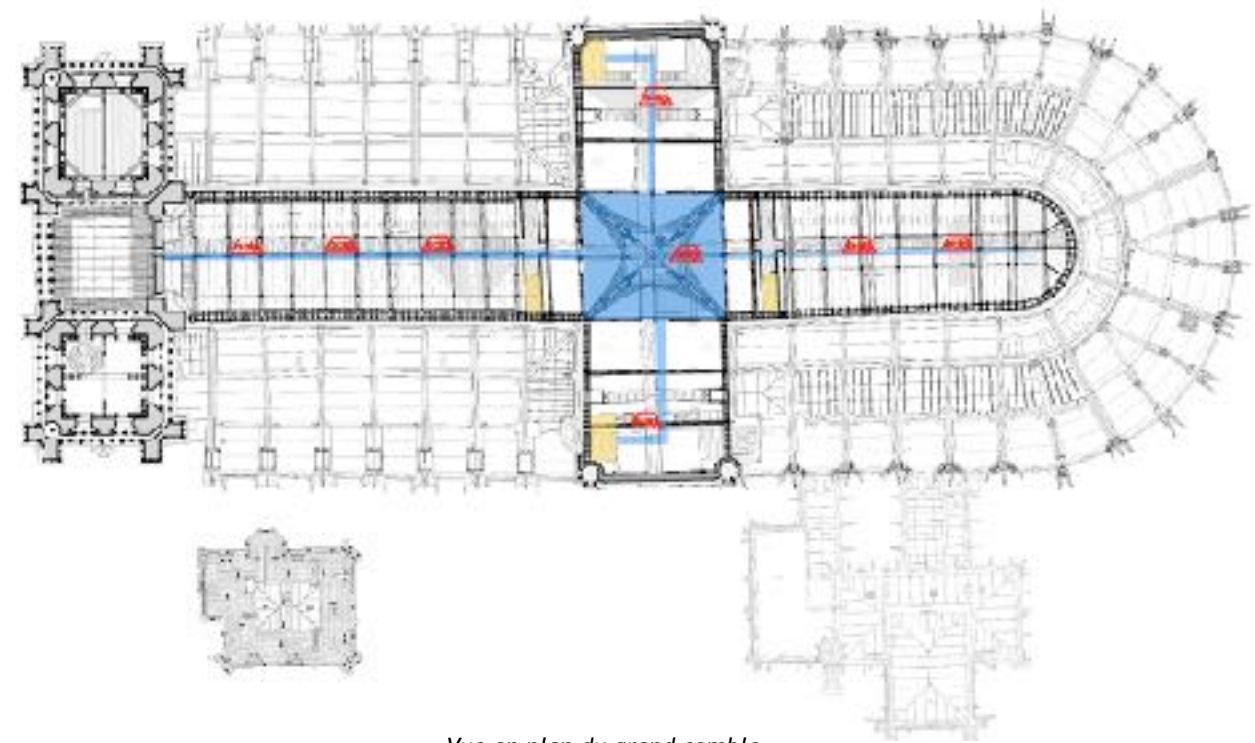
- les beffrois
- les grandes orgues
- la charpente du grand comble



Coupe du massif occidental

- LEGÈNDE**
- Zone de détection des beffrois et de la nef à droite
 - Beffroi Nord : Niveau 1-5 (niveau du niveau supérieur au-dessus de 1000 cm)
 - Beffroi Sud : Niveau 1 - Niveau 5 - Niveau 6
 - Niveau de la charpente du grand comble
 - Le système de détection est composé de détecteurs à aspiration, de détecteurs de fumée et de détecteurs optiques, ainsi que de diffuseurs lumineux et sonores.
 - Equipement à caractère accessoire
 - Détecteur à aspiration
 - Détecteur de fumée
 - Détecteur optique
 - Diffuseur lumineux et sonore
 - Diffuseur sonore

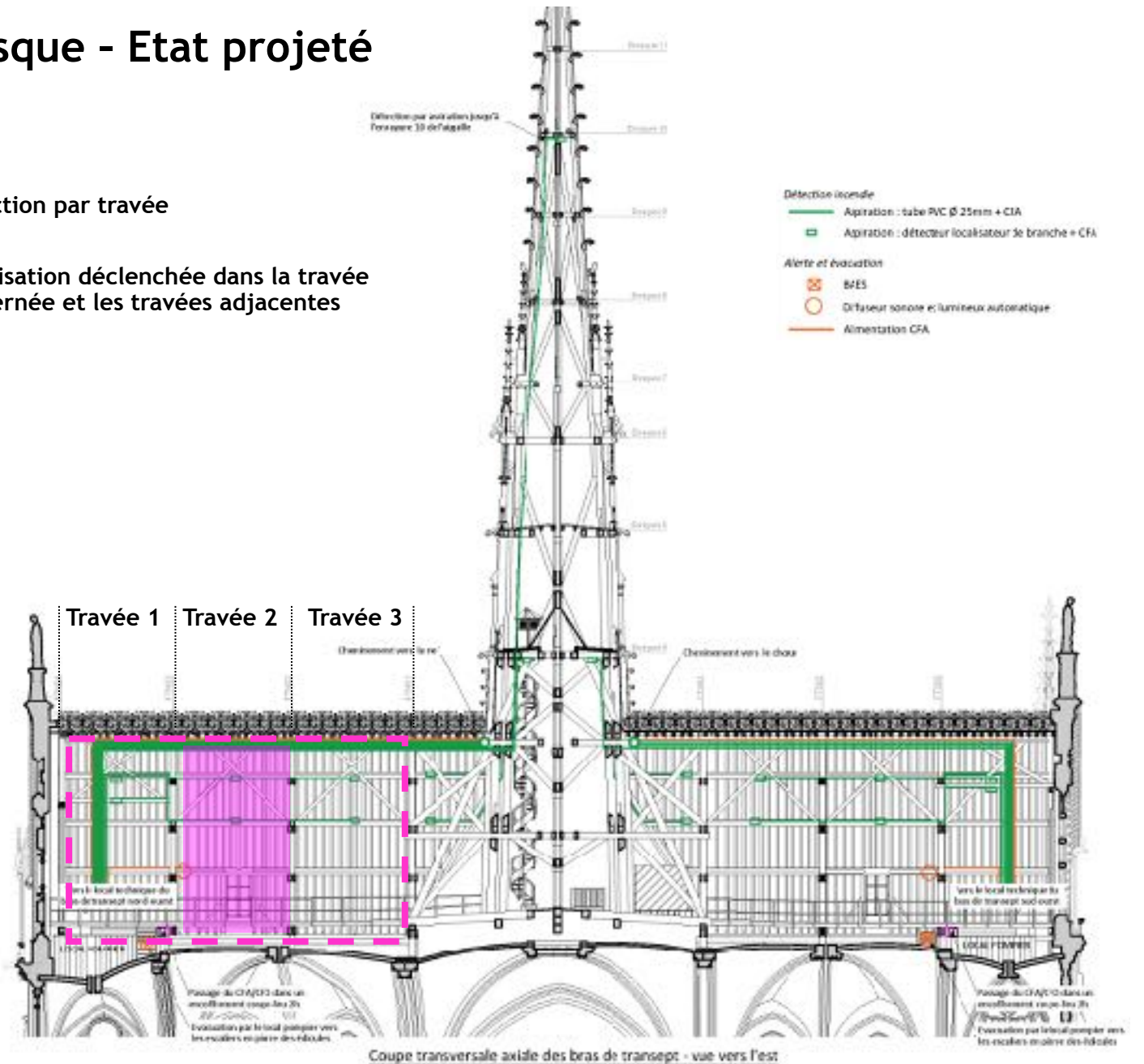
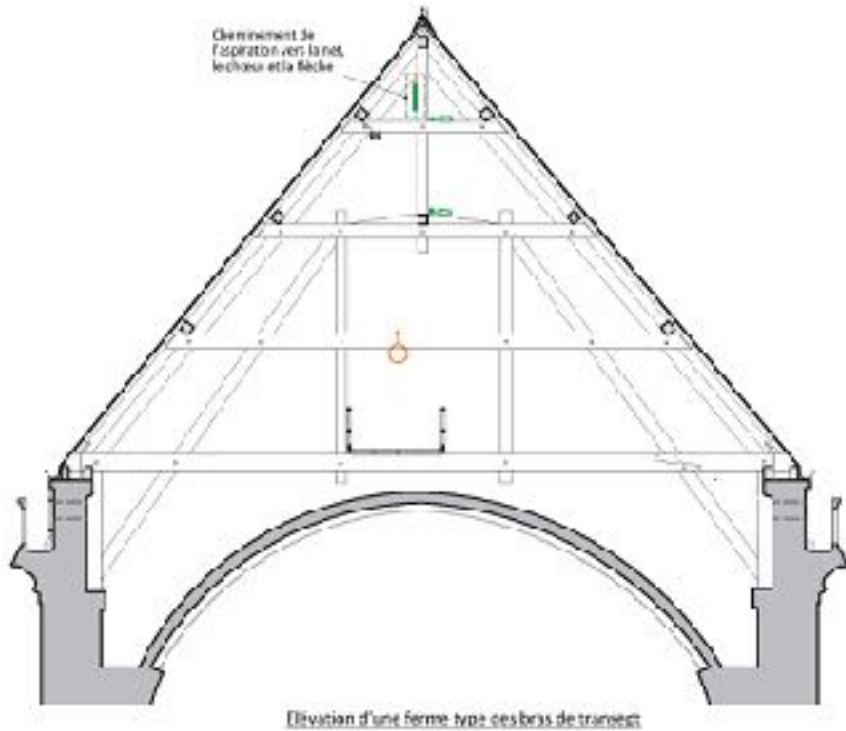
- Zonage des types de détection:**
- Détecteur multipointuel par aspiration
 - Injecteur automatique de fumée (détecteur optique)
 - Diffuseur lumineux et sonore automatique



Vue en plan du grand comble

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

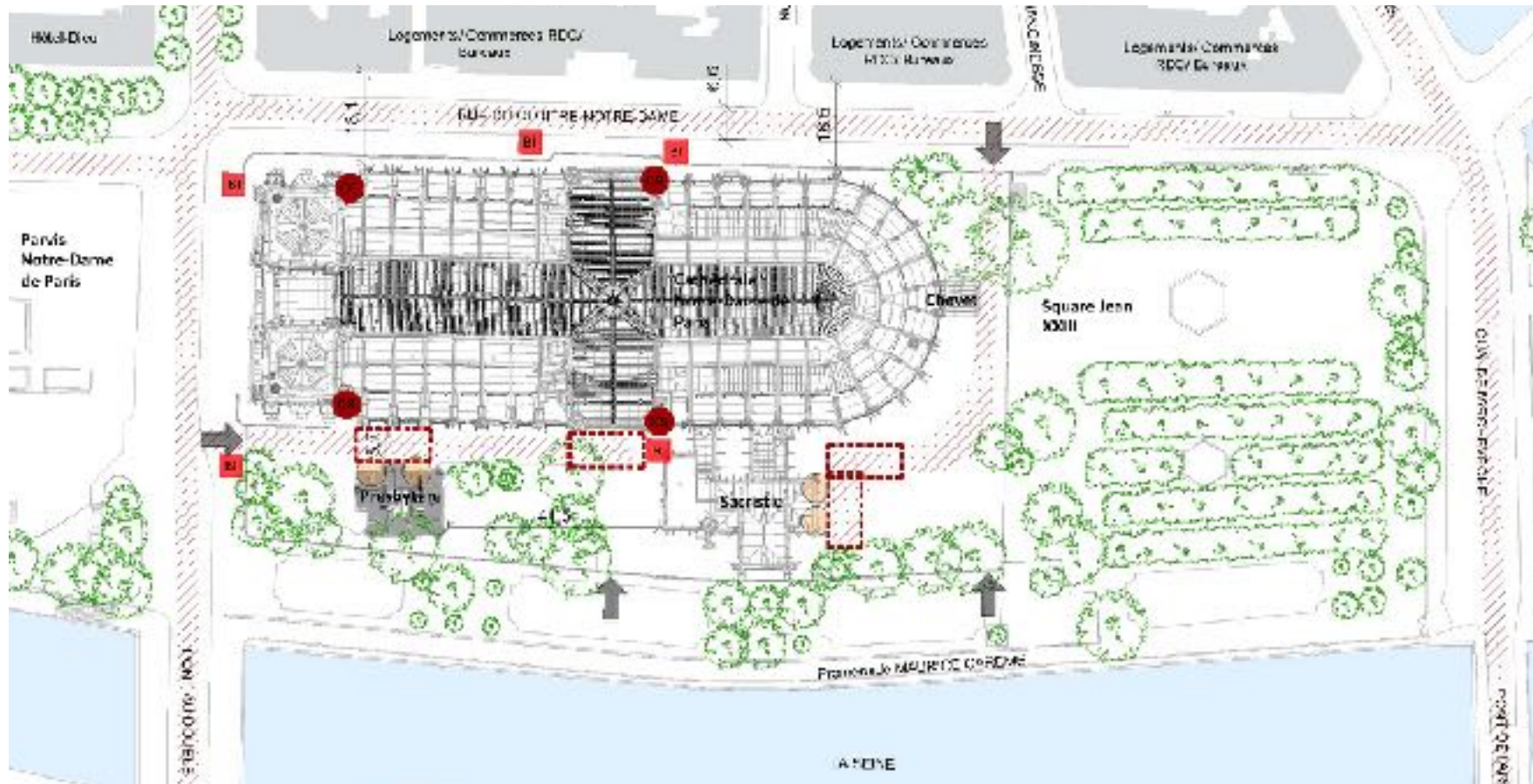
- Détection par travée
- Brumisation déclenchée dans la travée concernée et les travées adjacentes



AMELIORER LA CAPACITE D'ACTION DES SECOURS

1. Approche globale
2. Grand comble

1. Approche globale

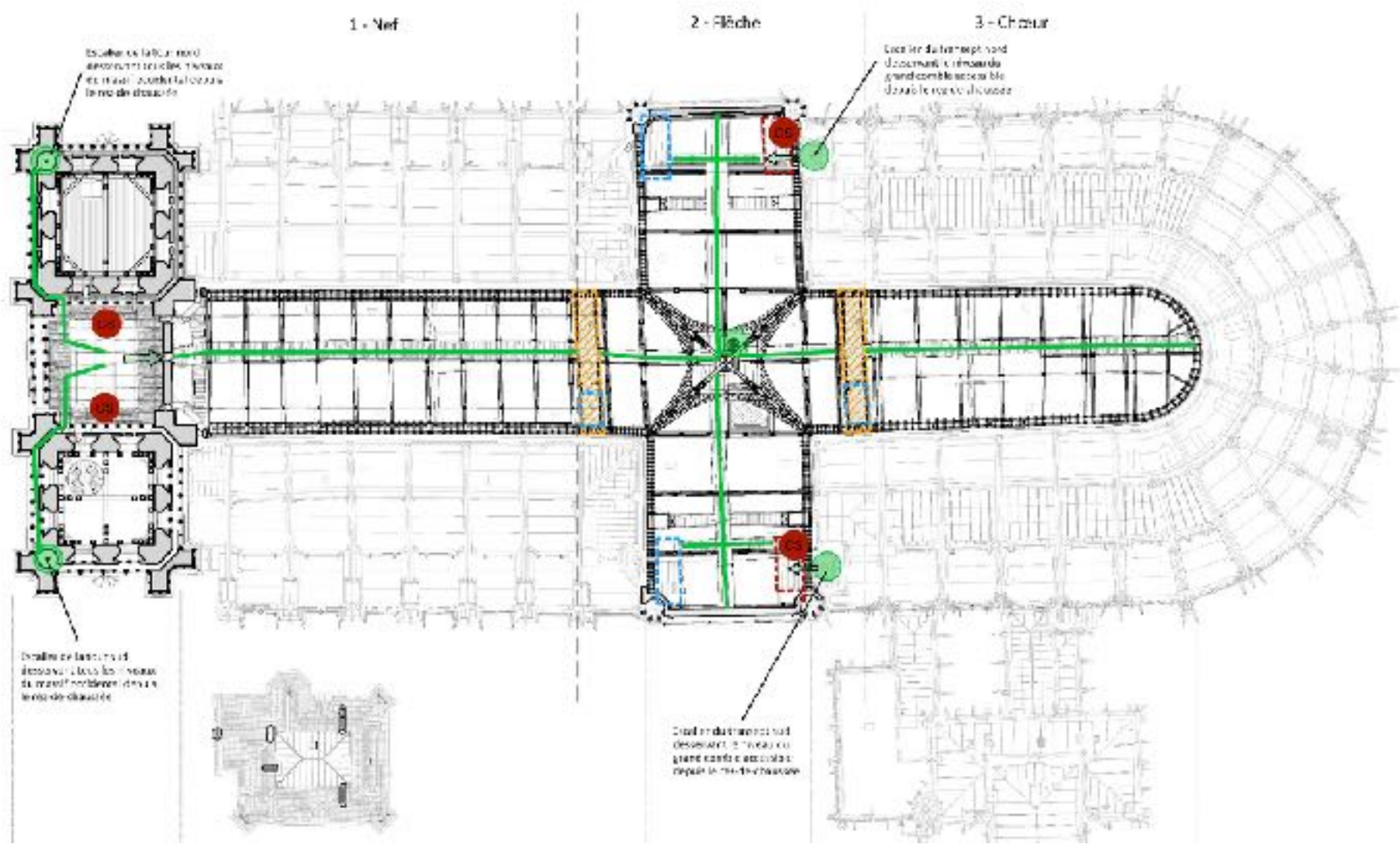


Vue en plan des accès secours et colonnes sèches

Etat avant incendie :
3 colonnes sèches



Etat projeté après 2024 :
4 colonnes sèches

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

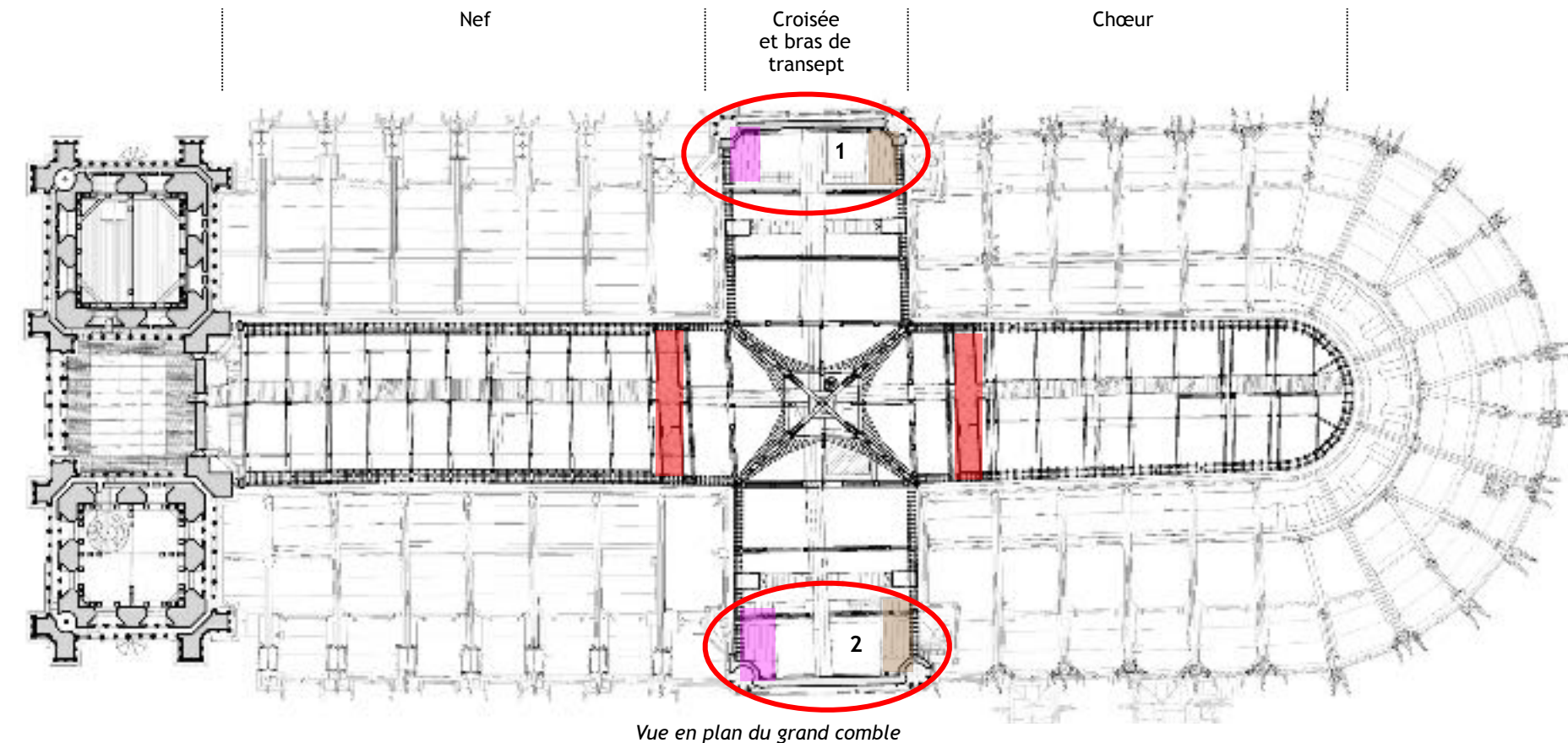
-  Locaux pompiers accessibles depuis les édicules Nord et Sud placé au droit des transepts
-  Travée coupe-feu accessibles depuis les passerelles du grand comble

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 m³/h
Prise d'alimentation des colonnes sèches à trois bras pour les lances des pompiers
CS 14.6

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

2. Grand comble

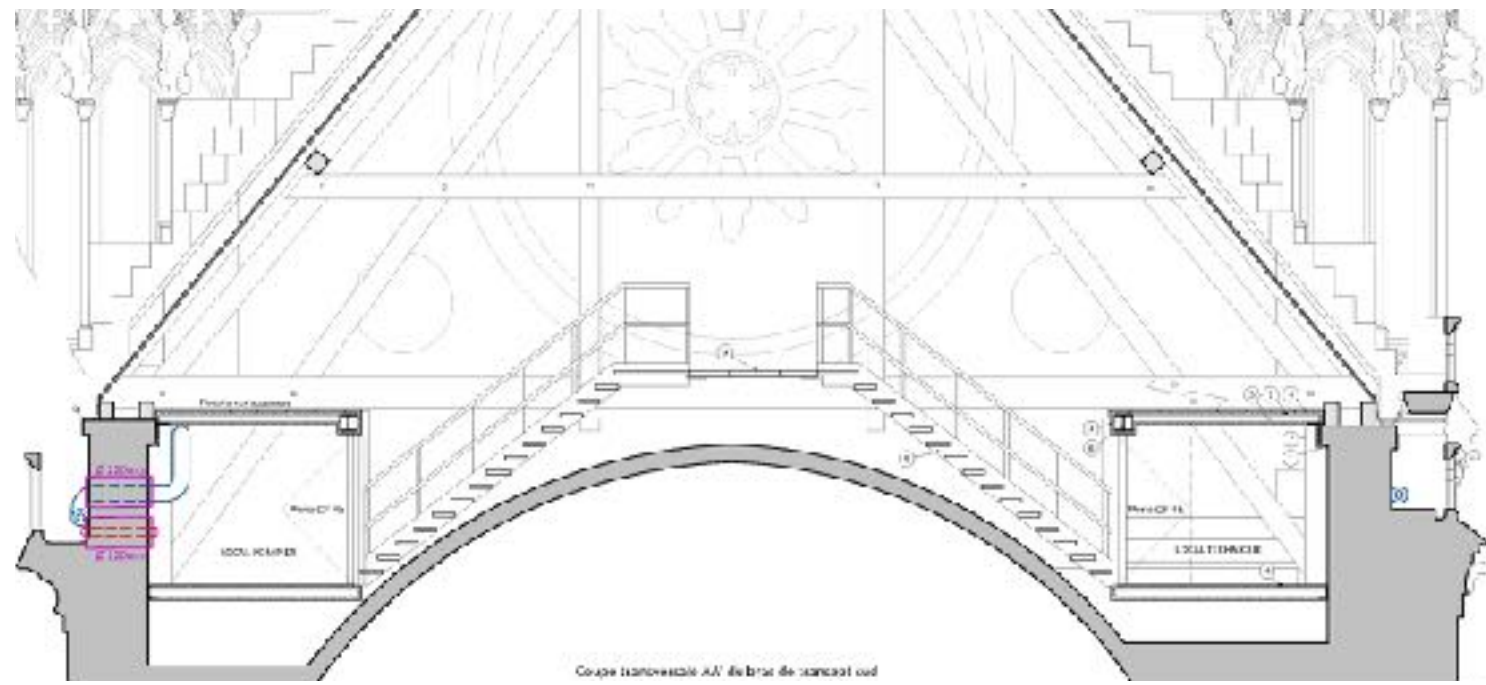


Photographie 1 - Vue avant incendie de l'accès au bras de transept nord par l'édicule



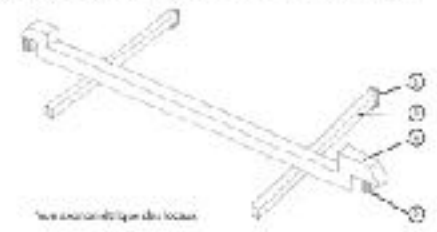
Photographie 2 - Vue avant incendie de l'accès au bras de transept sud par l'édicule

2. Grand comble



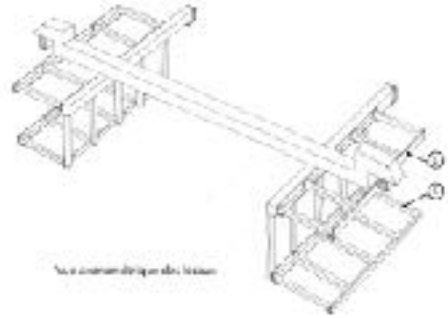
1. Structure principale

1. Le point de jonction principal se situe sur les murs extérieurs. L'ensemble d'un bras de charpente principal est constitué de deux poutres en bois qui supportent la toiture. Les poutres sont reliées par des chevilles et des boulons.



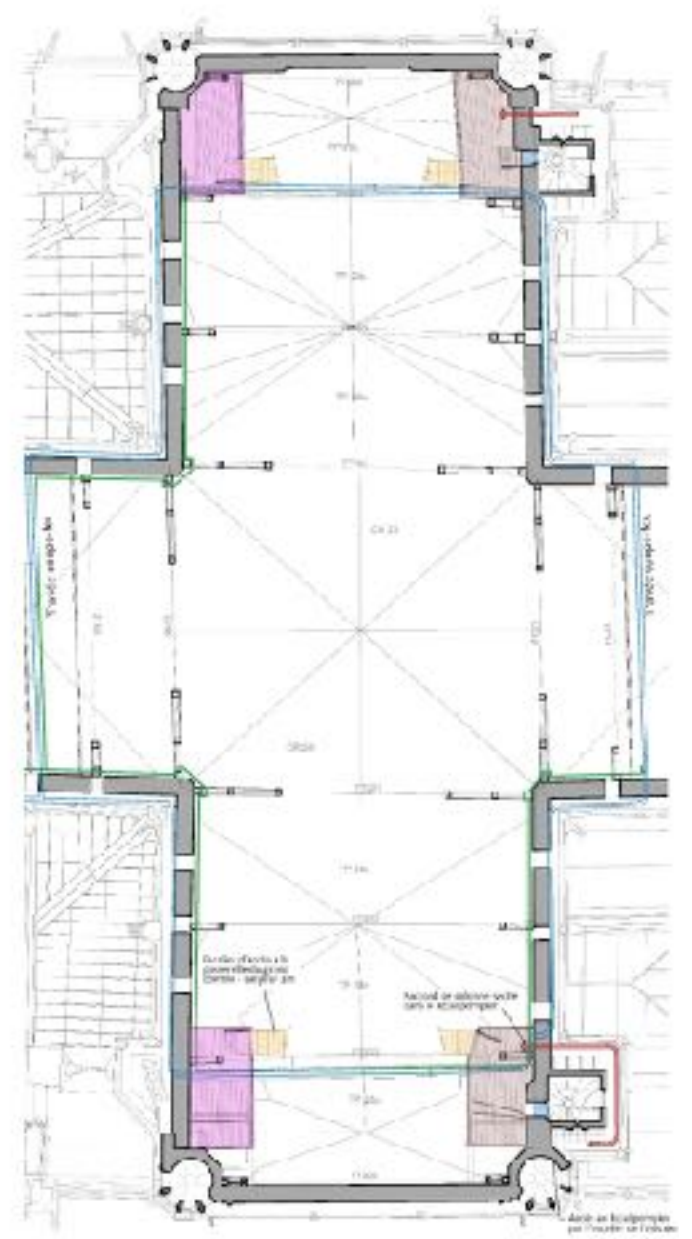
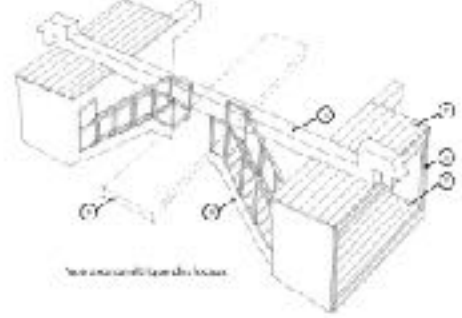
2. Structure secondaire

2. Dans le cas d'une charpente traditionnelle, la structure principale est constituée de deux poutres en bois qui supportent la toiture. Les poutres sont reliées par des chevilles et des boulons.



3. Développement des poutres et des arêtes

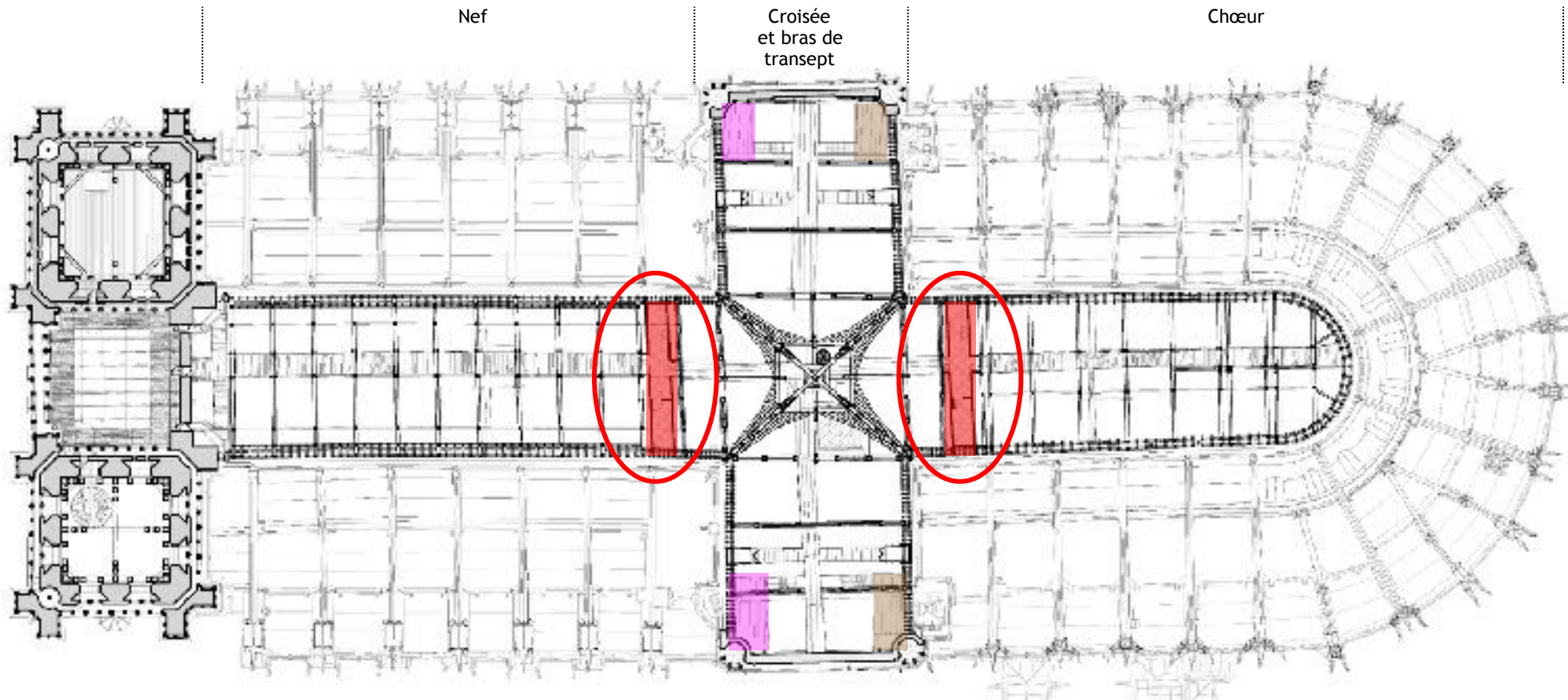
3. Les poutres sont reliées par des chevilles et des boulons. Les arêtes sont reliées par des chevilles et des boulons. Les poutres sont reliées par des chevilles et des boulons.






DEFENSE INCENDIE DU GRAND COMBLE

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

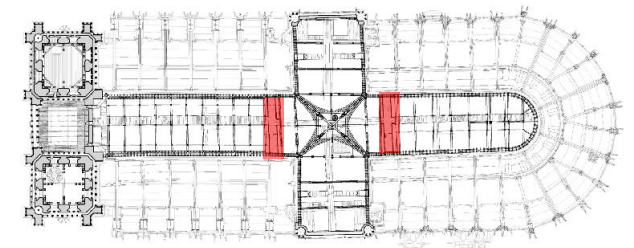
1. La défense passive : travées coupe-feu



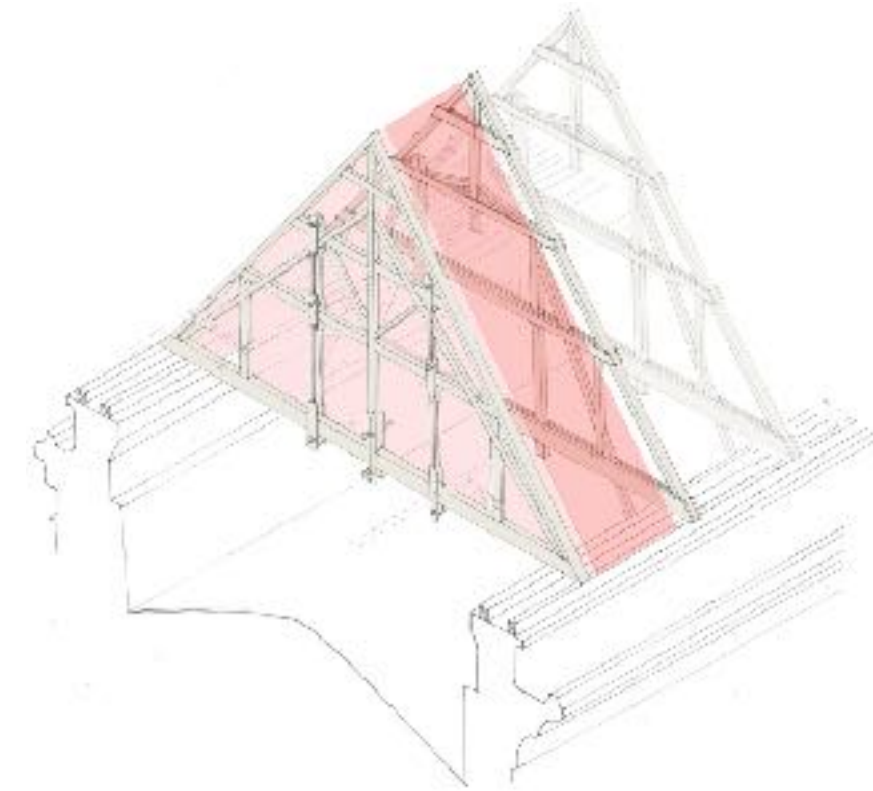
Vue en plan du grand comble

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

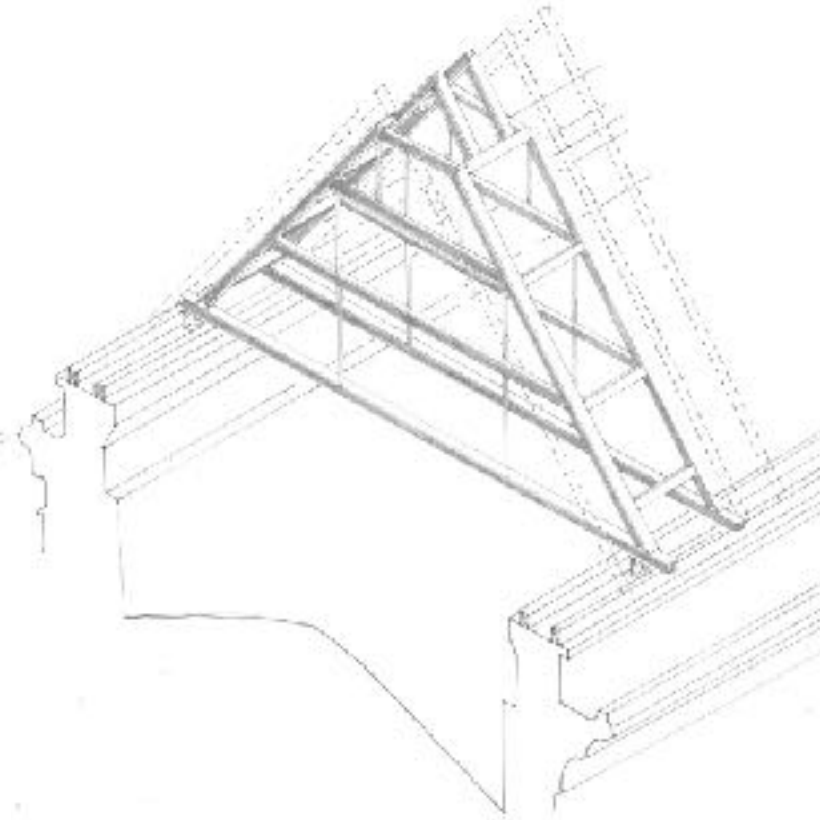
1. La défense passive : travées coupe-feu



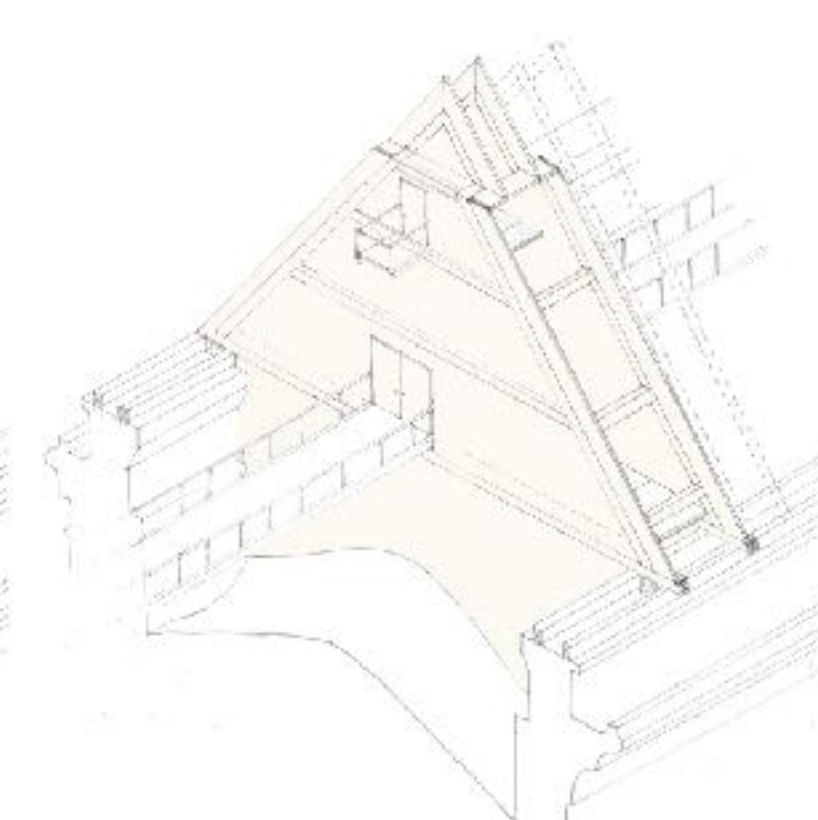
Vue en plan du grand comble



- 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

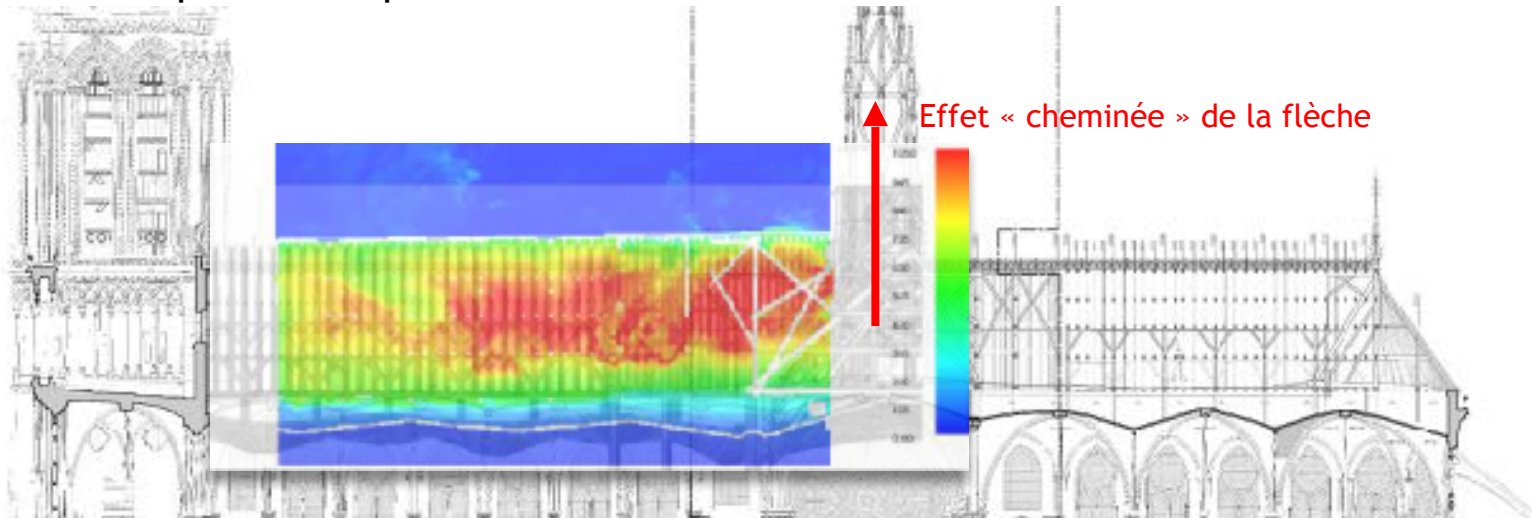
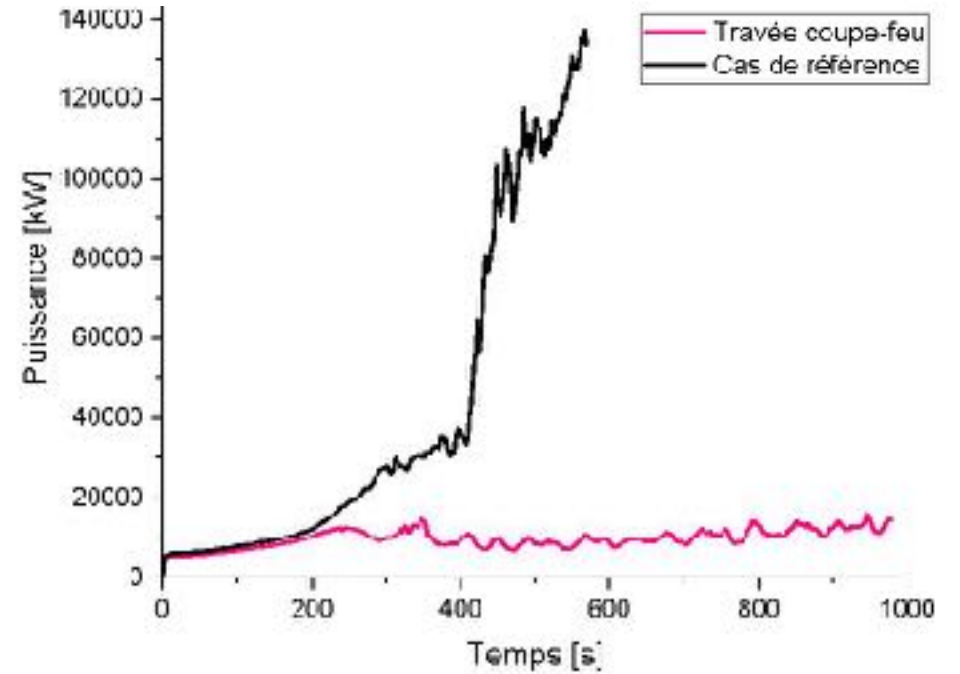


- Enveloppe coupe-feu 2h
- Contient des locaux vannes
- Accès aux niveaux supérieurs des charpentes

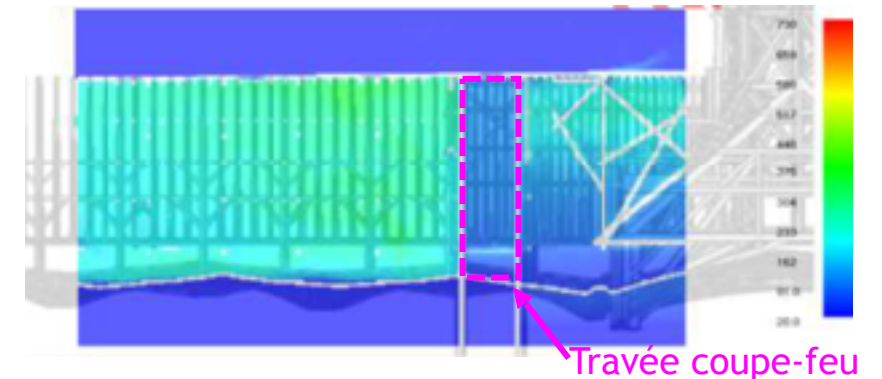
1. La défense passive : travées coupe-feu

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

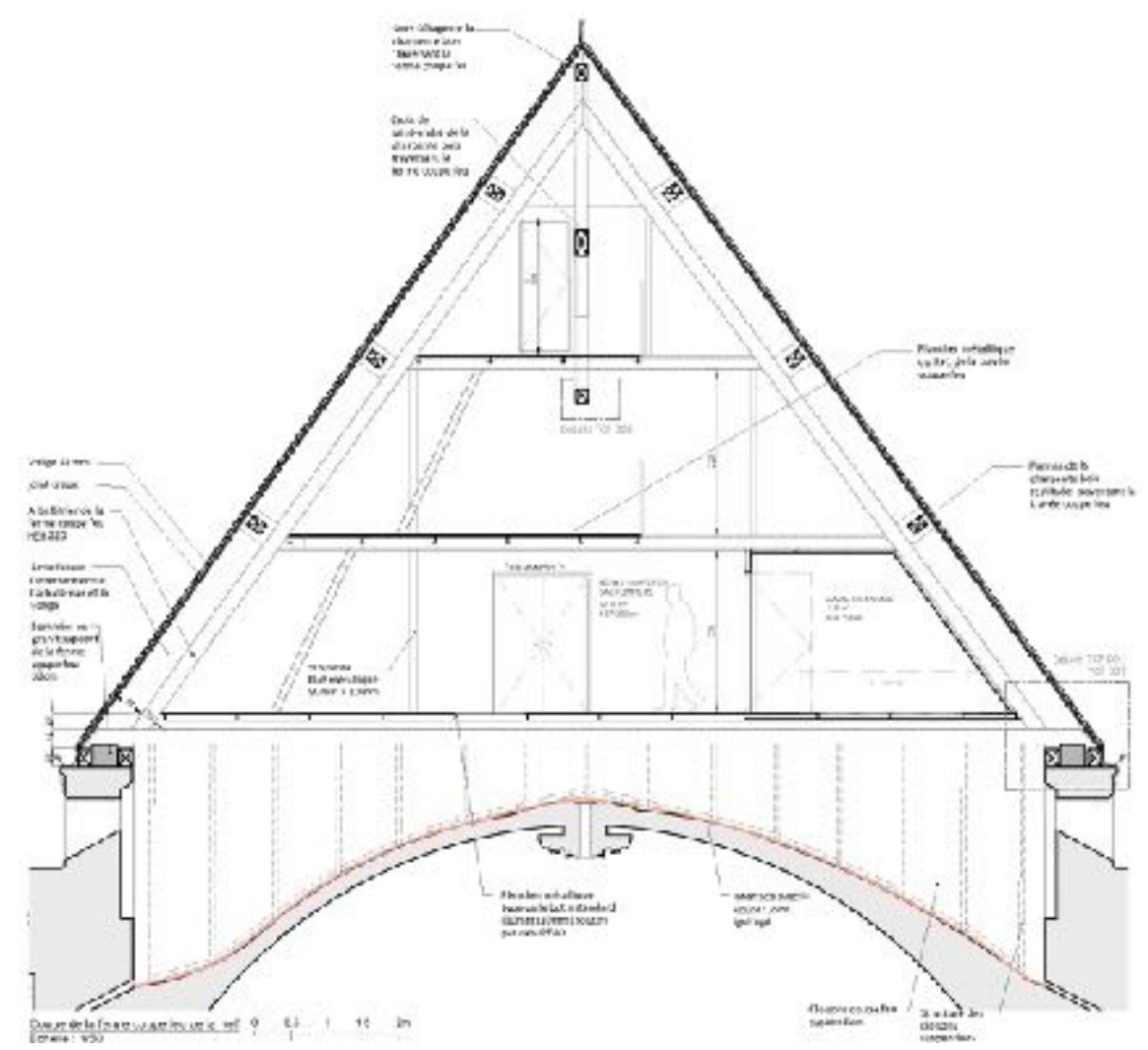
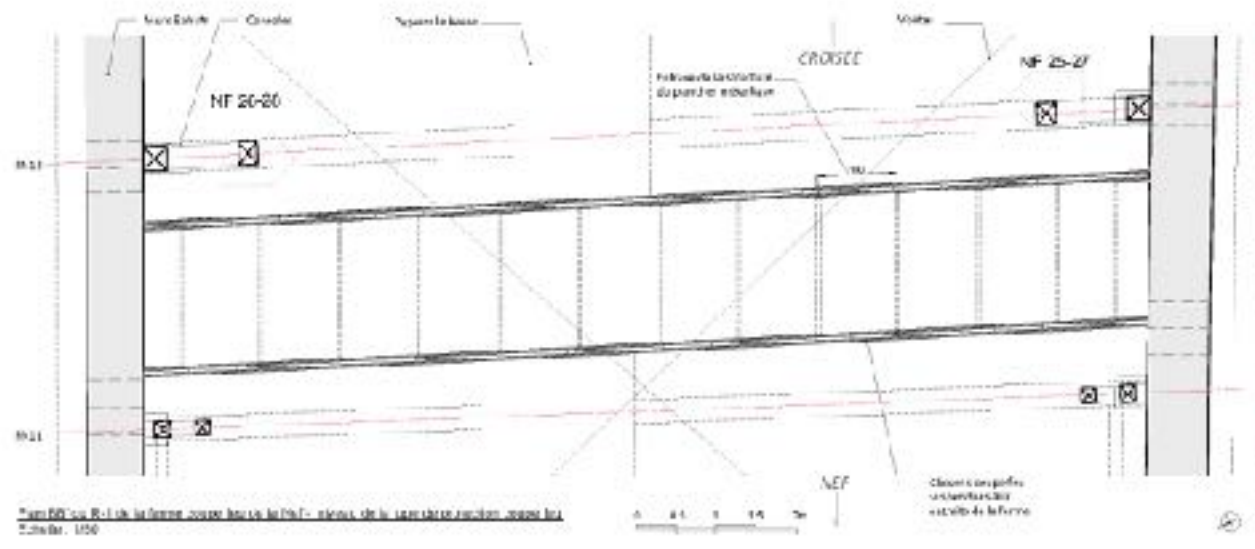
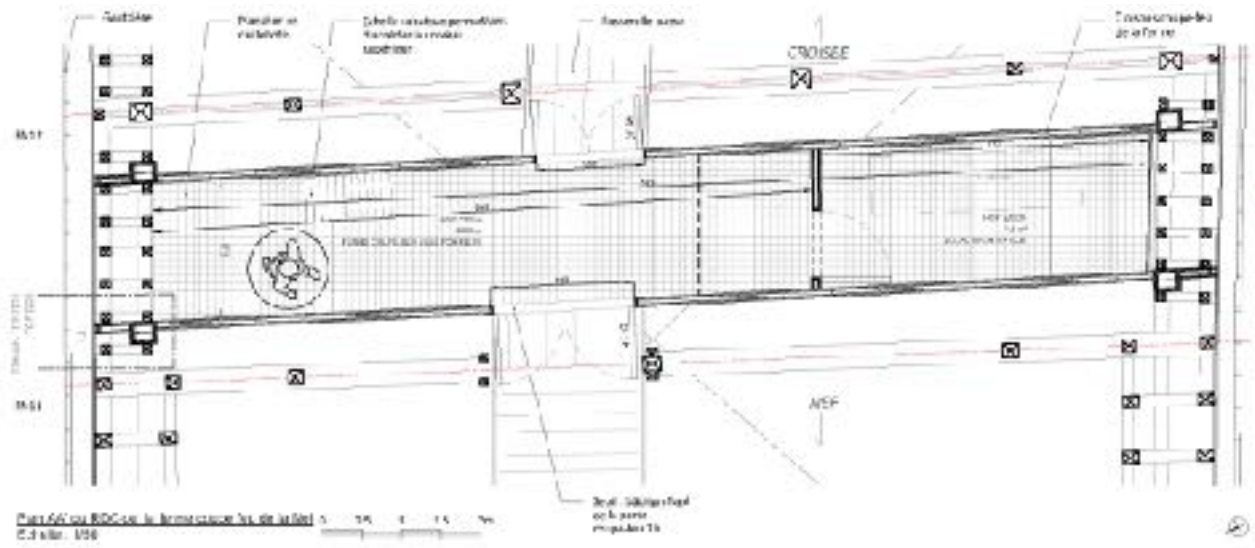


Simulation sans travée coupe-feu
Température 450s après le départ de feu



Simulation avec travée coupe-feu

1. La défense passive : travées coupe-feu

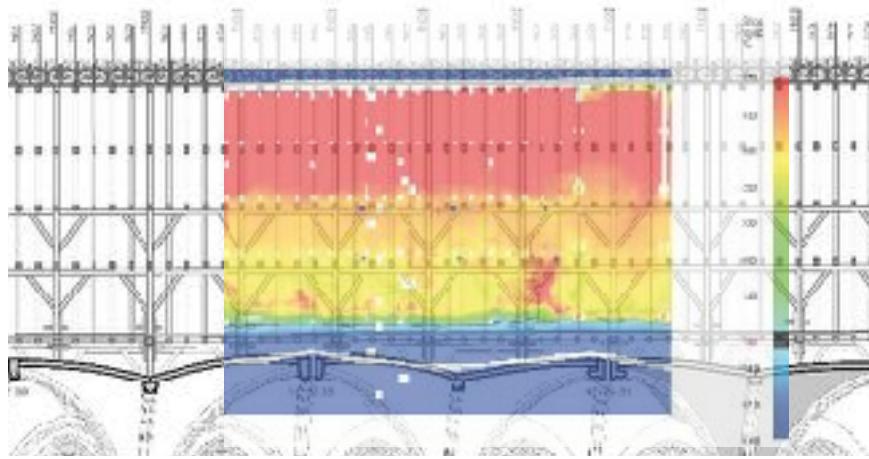
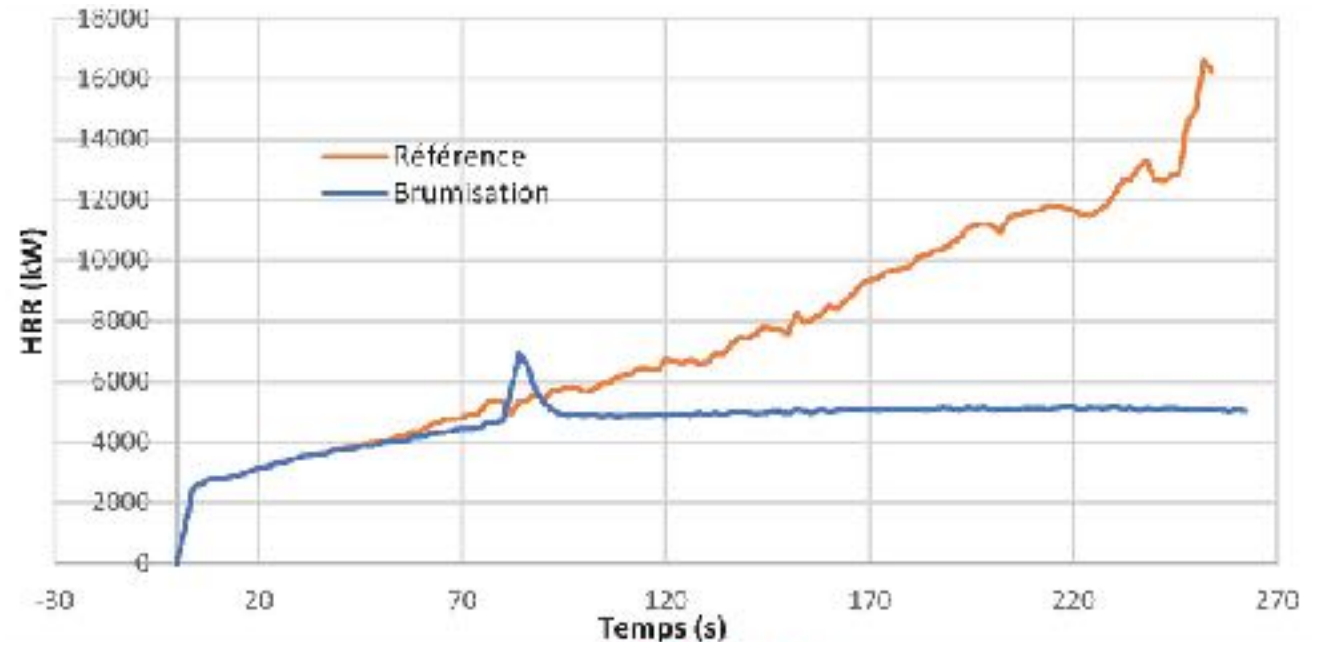


2. La défense active par brumisation

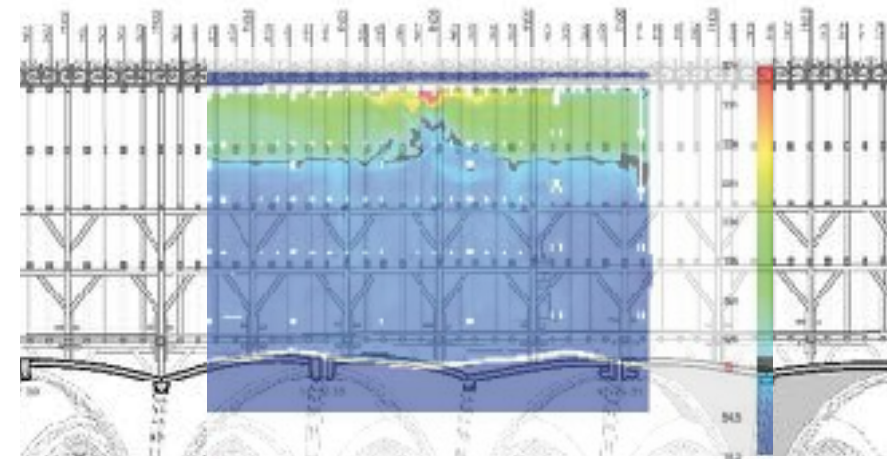
Simulation feu INERIS

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

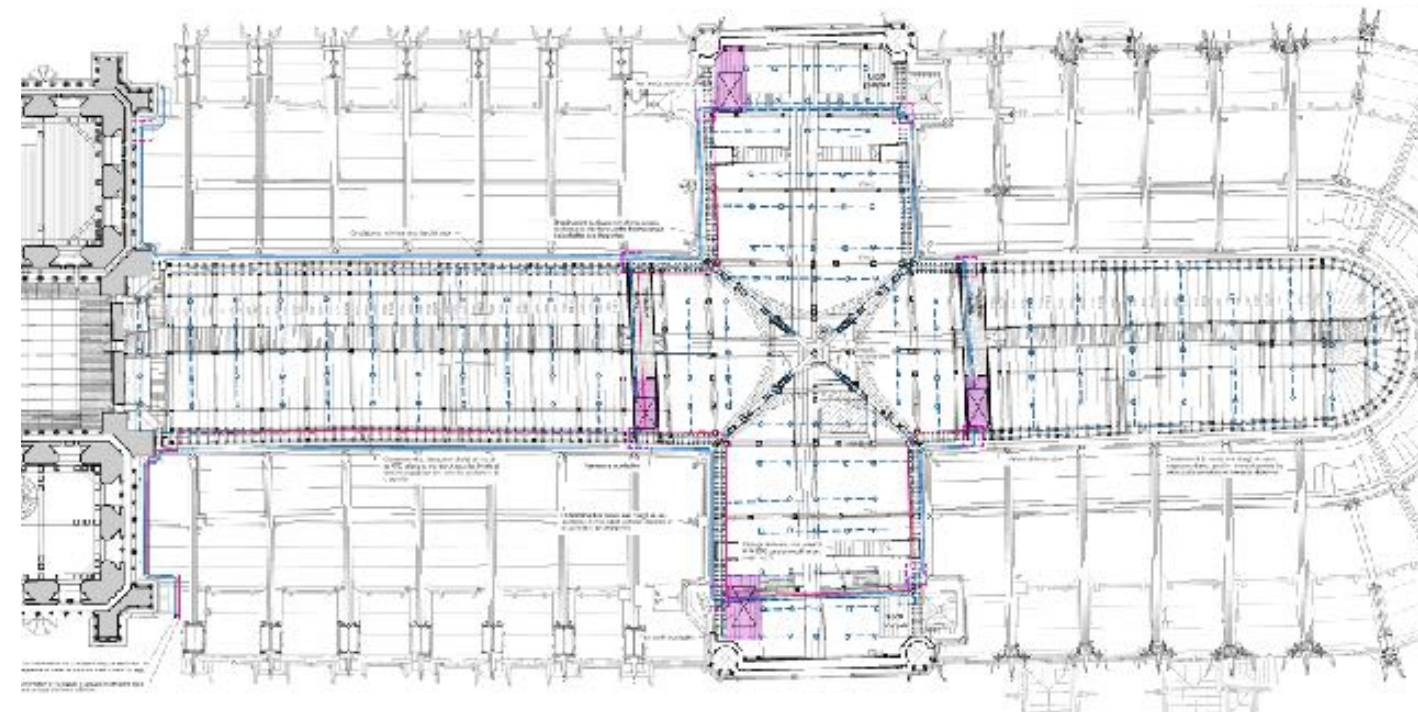


Simulation avec brumisation

DÉFENSE INCENDIE DU GRAND COMBLE

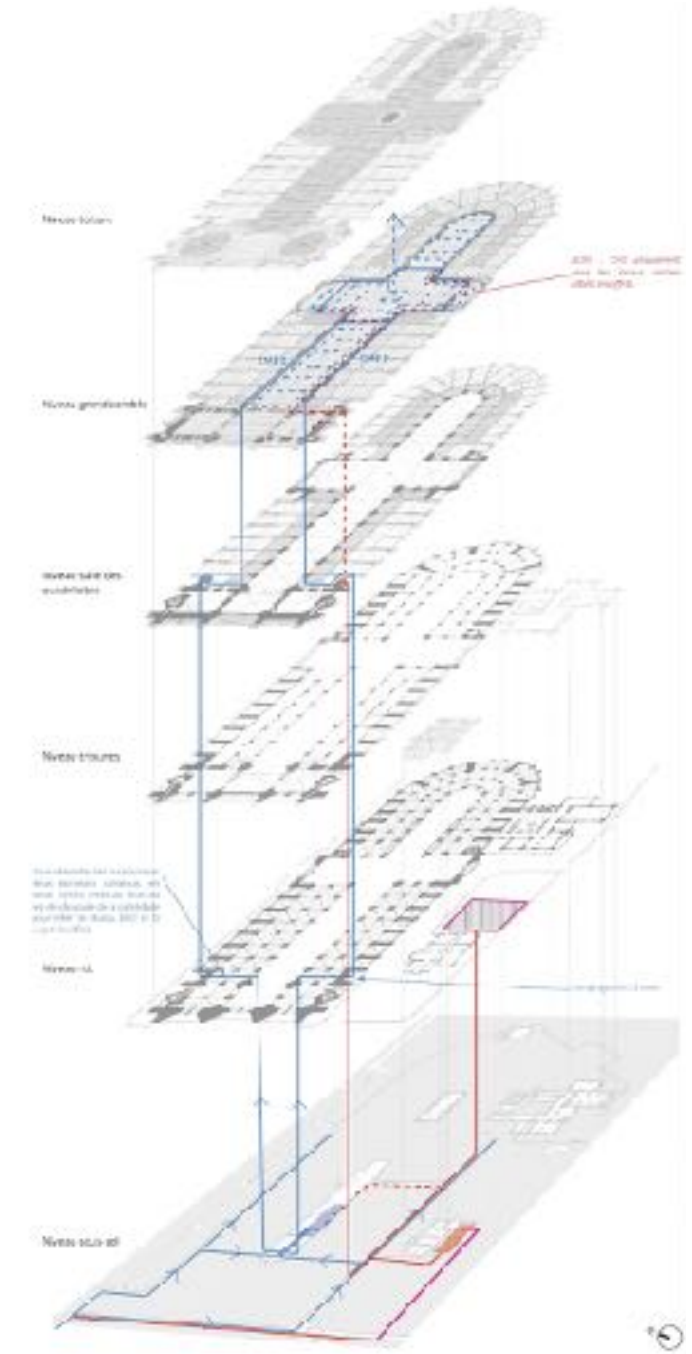
2. La défense active par brumisation

Synthèse



Vue en plan du grand comble

- à la charge de la Sécurité Incendie / POMPIERS**
 - Équipement incendie (extincteur, pompe à eau, etc.)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
- à la charge de la Sécurité Incendie / POMPIERS**
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
- à la charge de la Sécurité Incendie / POMPIERS**
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
- à la charge de la Sécurité Incendie / POMPIERS**
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)



- Équipement à la charge de la Sécurité Incendie**
 - Installation incendie (extincteur, pompe à eau, etc.)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
- à la charge de la Sécurité Incendie / POMPIERS**
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
- à la charge de la Sécurité Incendie / POMPIERS**
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
- à la charge de la Sécurité Incendie / POMPIERS**
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)
 - Appareil à brumiser (type 2000 ou 3000)

2. La défense active par brumisation

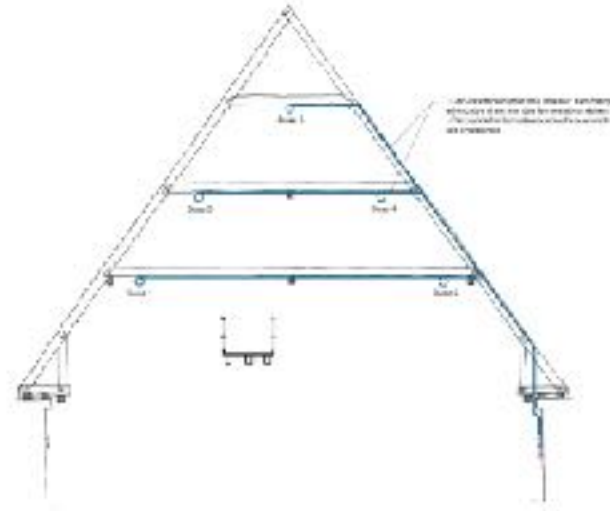
Le réseau non chargé en intérieur du comble

LEGENDE:

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



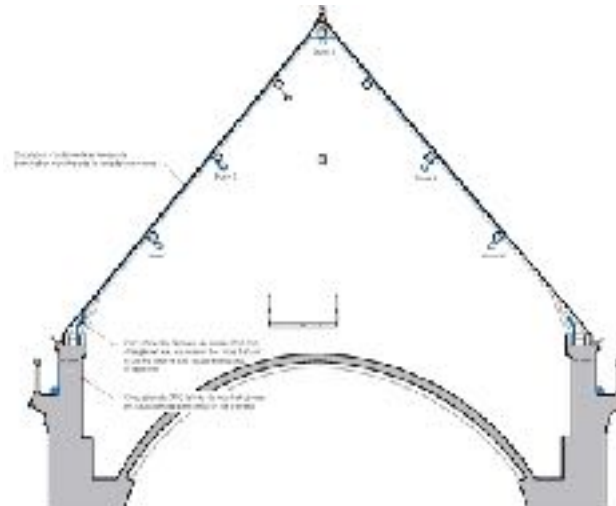
Photographie 1 - Vue avant incendie du bras de transept sud



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



Photographie 2 - Vue avant incendie de la nef



Elevation 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