AFFAIRE N° : 25218 **N°devis :** 250921

TYPE DOCUMENT : Notice PRO **Indice :** 0

AUTEUR : A. NICOD



NOTICE PRO - GRAND' CHAMBRE
PARTIE 2 – PLANCHER BAS

Lieu : Grand'Chambre Palais de Justice de Toulouse

Maitrise d'ouvrage : Ministère de la Justice

Rédigé par	Date	Relu par	Indice	Modification
NICOD Alice	15/10/2026	LIZANA Antoine	0	

B.E.T. STRUCTURAL

TOULOUSE
2 AVENUE DE L'EUROPE -
31520 RAMONVILLE-SAINT-AGNE
05.62.26.52.71
contact@betstructural.com

PARIS
10 RUE DE PENTHIEVRE - 75008 PARIS
05.62.26.52.71
contact@betstructural.com

Sommaire

I. RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX 3
II. MISSION 4
III. CONTEXTE 5
III.1 Contexte géographique 5
III.2 Contexte historique 6
III.3 Description sommaire 8
IV. HYPOTHESES DE CALCUL ET PREDIMENSIONNEMENT 9
IV.1 Hypothèses générales 9
IV.2 Résultats du prédimensionnement 13
V. PROJET 18
V.1 Préconisations générales 18
V.2 Préconisations concernant les maçonneries 18
V.3 Préconisations concernant le plancher 18
VI. ANNEXES 22

I. RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

MAITRISE D'OUVRAGE	**Ministère de la Justice** Département immobilier de Toulouse 2 Impasse Boudeville – Immeuble Aurélien II 31047 TOULOUSE CEDEX 1
BET STRUCTURE	**BET STRUCTURAL** Siège social : 2 Avenue de l'Europe 31250 Ramonville-Saint-Agne 05.62.26.52.71 contact@betstructural.com Site Paris : 10 rue de Penthièvre 75008 Paris 06.81.68.62.50 contact@betstructural.com

II. MISSION

Nous avons été missionnés par Le Ministère de la Justice afin de réaliser une étude structurelle de la Grand'Chambre du Palais de Justice de Toulouse. Suite au diagnostic de la structure existante, le projet consiste à préconiser des interventions permettant de renforcer structurellement le plancher bas, le plafond à caisson et la charpente de la Grand'Chambre du Palais de Justice de Toulouse.
Le présent rapport concerne uniquement le plancher bas de la Grand'Chambre. Le plancher haut ainsi que la charpente font l'objet de la première partie, traitée à part.

III. CONTEXTE

III.1 Contexte géographique





Figure 1 : Localisation en vue aérienne – Palais de justice de Toulouse

III.2 Contexte historique

La création du Palais de Justice de Toulouse remonte au XIIIème siècle. Les principaux évènements ayant impacté la structure de la Grand'Chambre sont répertoriés ci-dessous, par ordre chronologique :

- **XVIIIème siècle**
  - Création du palais de Justice en 1271 dans l'enclos du « Château Narbonnais ».

- **XVème siècle**
  - Première mention de la Grand'Chambre en 1492.
  - Création du plafond à caisson, suspendu à la charpente

- **XVIIIème siècle**
  - Le plafond à caisson est recouvert d'un badigeon gris
  - Une voussure est ajoutée en périphérie du plafond

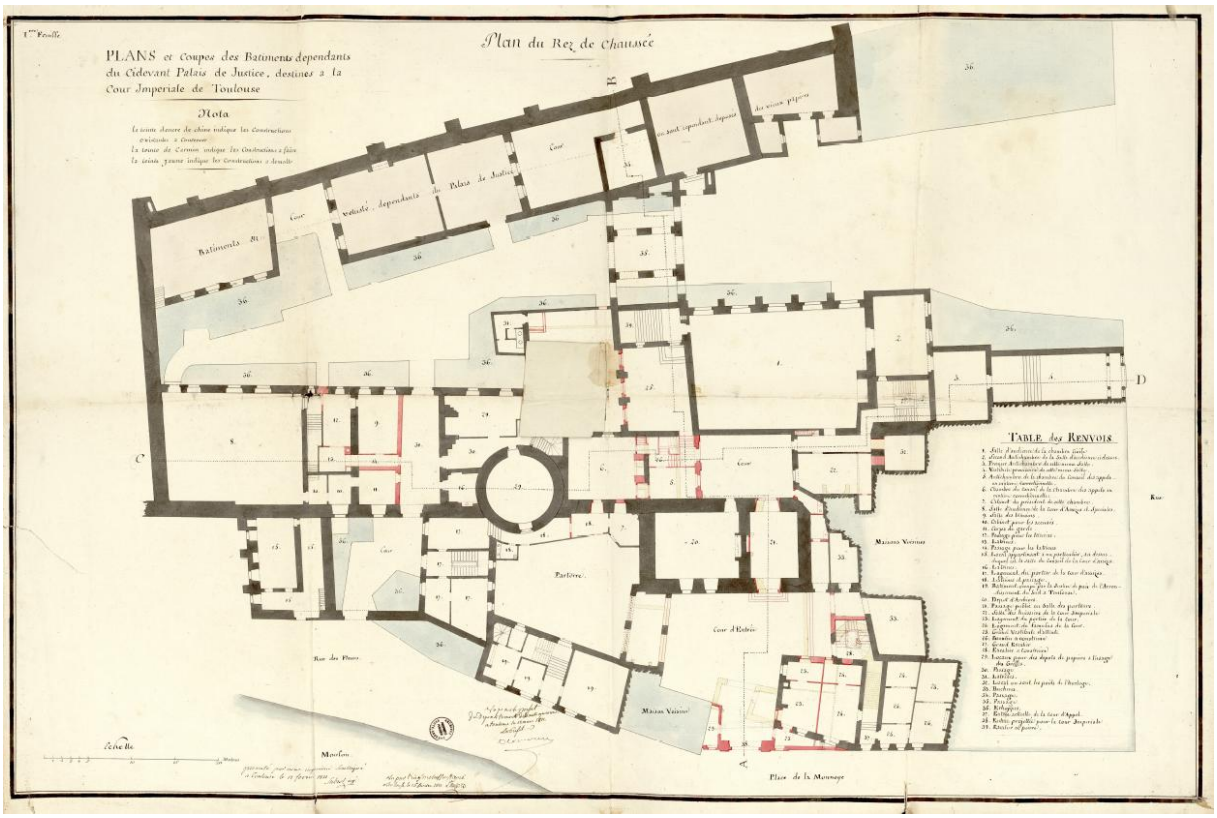


Figure 2 : Plan de rez-de-chaussée du Palais de justice – Plan de Subsol 1811

- **XIXème siècle**
  - Lors de la surélévation de la cour d'Appel (mur Nord de la Grand'Chambre), des suspentes complémentaires sont ajoutées dans la charpente. Un chéneau est créé contre le mur Nord. La création de ce chéneau encastré endommage les abouts des poutres Nord du plancher à caisson.
  - La charpente d'origine est remplacée durant la seconde moitié du XIXème siècle mais le principe de suspense du plafond à caisson à la charpente reste inchangé. Le chéneau encastré au Nord est supprimé
  - La porte vers la salle des pas perdus est créée dans le mur Nord de la Grand'Chambre
  - Le parquet et les dalles du sol sont restaurées
  - Le décor actuel est peint sur le plafond et les murs

- **XXème siècle**
  - Des renforts métalliques sont ajoutés sur les abouts des poutres dans la partie Nord-Ouest (poutres dont les abouts avaient été endommagées par le chéneau et par des infiltrations ayant eu lieu au droit du solin Nord après le remplacement de la toiture)
  - Une intervention de renfort du plancher bas de la Grand'Chambre a lieu
  - Les décors peint des fonds des caissons, datant du XIXème, sont reproduits sur du contreplaqué car les motif du XIXème sont en mauvais état. Le contreplaqué est ensuite disposé à l'intérieur des caissons pour recouvrir les décors endommagés.

- **XXIème siècle**
  - Des travaux de construction et de rénovation ont lieu dans le Palais de Justice : La cour au Nord de la Grand'Chambre est notamment couverte avec une verrière et un local chaufferie est créé en sous-sol.
  - La chapelle a été endommagée lors de travaux de rénovation (voûte crevée, sol soulevé) et des travaux de réparation ont eu lieu en suivant.



Figure 3 : comparaison des vues aériennes du palais de justice avant (2000-2005) et après les travaux de 2008 – Source : Remonter le temps IGN

III.3 Description sommaire

Le plancher est constitué de solives jointives reposant sur des poutres bois. Les poutres d'origine reposent sur des piles en brique. Des poutres de renforts ont été rajoutées et reposent quant à elles sur des poteaux bois, appuyés sur des semelles bois ou béton.

Le plancher et la structure du sous-sol présentent un certain nombre de désordres :

- Attaques d'insectes à larves xylophages ;
- Calages non conformes entre les éléments de structure ;
- Entrailles réalisées dans des poutres structurelles ;
- Interruption de solives sans mise en œuvre de renforts ;
- Mauvais état sanitaire des maçonneries ;
- Sous-dimensionnement de certains éléments de la structure bois.

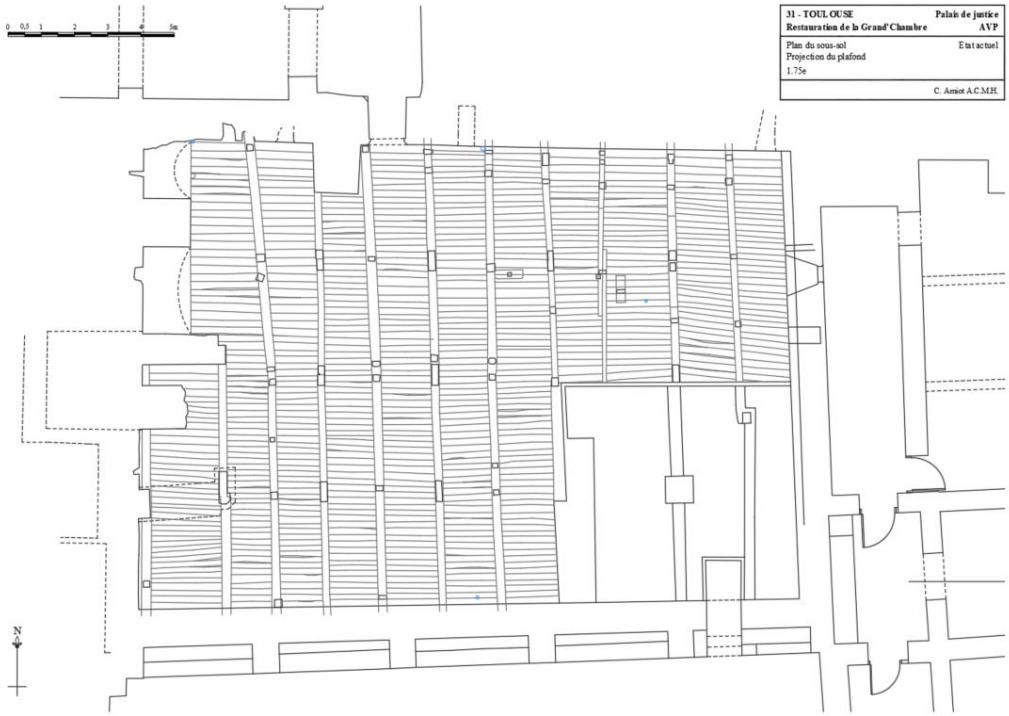


Figure 4 : Plan du sous-sol de la Grand'Chambre – Source : Agence C. Amiot

IV. HYPOTHESES DE CALCUL ET PREDIMENSIONNEMENT

IV.1 Hypothèses générales

1. Normes

Les normes et règlements de calculs sont :

❖ **Bases de calcul des structures**

- **NF EN 1990 (mars 2003) :** Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures (Indice de classement : P06-100-1)
- **NF EN 1990/A1 (juillet 2006) :** Eurocode - Bases de calcul des structures - Amendement A1 (Indice de classement : P06-100-1/A1)
- **NF EN 1990/A1/NA (décembre 2007) :** Eurocode - Bases de calcul des structures - Annexe nationale à la NF EN 1990/A1 (Indice de classement : P06-100-1/A1/NA)
- **NF EN 1990/NA (décembre 2011) :** Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures – Annexe nationale à la NF EN 1990 (Indice de classement : P06-100-1/NA)

❖ **Actions sur les structures**

- **NF EN 1991-1-1 (mars 2003) :** Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments (Indice de classement : P06-111-1)
- **NF P06-111-2 (juin 2004) :** Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments – Annexe nationale à la NF EN 1991-1-1 + Amendement A1 (mars 2009) (Indice de classement : P06-111 2)
- **NF EN 1991-1-3 (avril 2004) :** Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige + Amendement A1 (octobre 2015) (Indice de classement : P06-113-1)
- **NF EN 1991-1-3/NA (mai 2007) :** Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3 + Amendement A1 (juillet 2011) + Amendement A2 (juillet 2022) (Indice de classement : P06-113-1/NA)
- **NF EN 1991-1-4 (novembre 2005) :** Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent + Amendement A1 (octobre 2010) (Indice de classement : P06-114-1)
- **NF EN 1991-1-4/NA (mars 2008) :** Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 + Amendement A1 (juillet 2011) + Amendement A2 (septembre 2012) + Amendement A3 (avril 2019) (Indice de classement : P06-114-1/NA)

❖ **Calcul des structures en bois**

- **NF EN 1995-1-1 (novembre 2005) :** Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (octobre 2008) + Amendement A2 (juillet 2014) (Indice de classement : P21-711-1)

- **NF EN 1995-1-1/NA (mai 2010) :** Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois -Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1995-1-1 (Indice de classement : P21-711-1/NA)
- **Construction bois au CB61**

2. Hypothèses générales matériaux

L'hypothèse sécuritaire retenue est un bois C22 pour le calcul.

Symbole	Désignation	Unité	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
$f_{m,k}$	Contrainte de flexion	N/mm²	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{t,0,k}$	Contrainte de traction axiale	N/mm²	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{t,90,k}$	Contrainte de traction perpendiculaire	N/mm²	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
$f_{c,0,k}$	Contrainte de compression axiale	N/mm²	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	Contrainte de compression perpendiculaire	N/mm²	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$f_{v,k}$	Contrainte de cisaillement	N/mm²	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
$E_{0,mean}$	Module moyen axial	kN/mm²	7	8	9	10	11	11,5	12	13	14
$E_{0,05}$	Module axial au 5e pourcentile	kN/mm²	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4
$E_{90,mean}$	Module moyen transversal	kN/mm²	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47
G_{mean}	Module de cisaillement	kN/mm²	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88
ρ_k	Masse volumique caractéristique	kg/m³	290	310	320	340	350	370	380	400	420
ρ_{meam}	Masse volumique moyenne	kg/m³	350	370	380	410	420	450	460	480	500

3. Hypothèses générales charges

Les charges prises en compte dans le calcul sont les suivantes :

- Charges permanentes (G) :
  - Zone avec un dallage pierre
  - Solives de hauteur 12.5cm, posées côte à côte (500 kg/m3) : 62.5 daN/m²
  - Chape/remplissage type marin 25cm (2200 kg/m3) : 550 daN/m²
  - Dallage pierre 3cm (2500 kg/m3) : 75 daN/m²
    - Total : 688 daN/m²

  - Zone avec un parquet
  - Solives de hauteur 12.5cm, posées côte à côte (500 kg/m3) : 62.5 daN/m²
  - Chape/remplissage type marin 25cm (2200 kg/m3) : 550 daN/m²
  - Parquet 2cm (500 kg/m3) : 10 daN/m²
    - Total : 623 daN/m²

  - Zone sous l'estrade
  - Solives de hauteur 12.5cm, posées côte à côte (500 kg/m3) : 62.5 daN/m²
  - Chape/remplissage type marin 25cm (2200 kg/m3) : 550 daN/m²
  - Estrade :
    - solives 10x16ht cm entraxe 47cm (500 kg/m3) : 17 daN/m²
    - Platelage bois 2cm (500 kg/m3) : 10 daN/m²
      - Total : 640 daN/m²

  - Local chaufferie
  - Solives de hauteur 12.5cm, posées côte à côte (500 kg/m3) : 62.5 daN/m²
  - Chape/remplissage type marin 25cm (2200 kg/m3) : 550 daN/m²
  - Estrade :
    - solives 10x16ht cm entraxe 47cm (500 kg/m3) : 17 daN/m²
    - Platelage bois 2cm (500 kg/m3) : 10 daN/m²
  - Faux plafond :
    - Lattis 2cm (500 kg/m3) : 10 daN/m²
    - Plâtre 2cm (1000 kg/m3) : 20 daN/m²
      - Total : 670 daN/m²

- Charges d'exploitation (Q) :
  - Catégorie C2 - Lieux de réunion : **400 daN/m²**

4. Combinaisons d'action

L'Eurocode 0 – Base de calcul des structures définie les combinaisons d'action à considérer pour les bâtiments :

Combinaisons ELU - Situations de projet durables et transitoires

$$\sum_{j\geq 1} 1.35\, G_{k,j} + 1.50\, Q_{k,1} + \sum_{i>1} 1.50\, \psi_{0,i}\, Q_{k,i}$$

Figure 5 Combinaison ELU - Situation de projet durables et transitoires

Combinaisons ELS

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i}\, Q_{k,i}$$

Figure 6 Combinaison caractéristiques

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1}\, Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

Figure 7 Combinaisons fréquentes

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + \sum_{i\geq 1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

Figure 8 Combinaisons quasi-permanentes

5. Hypothèses de déformation admissible

Critères de flèche :

- Flèche instantanée Winst (Q) : L/300
- Flèche résiduelle finale Wnet,fin : L/200
- Flèche finale Wfin : L/125

IV.2 Résultats du prédimensionnement

1. Présentation du modèle renforcé

Description des renforts

Le projet prévoit les renforts suivants :

- La restitution des sections d'origine des éléments dégradés au moyen de réparations (greffes, moisages, résine etc.).
- File 9 : mise en œuvre des éléments suivants :
    - Une poutre en bois massif de section 20x30ht cm en remplacement des poutres sous-dimensionnées sur la partie Nord ;
    - Une poutre en bois massif de section 20x30ht cm dans la partie chaufferie ;
    - 4 poteaux 20x20cm : deux à mi-portées des poutres et deux au centre de la pièce sous les appuis des poutres.
- File 11 : mise en œuvre au choix des éléments suivants
    - Soit renfort par moisage bilatéral de la poutre existante par des sections de lamibois de 3.9x41ht cm.
    - Soit ajout d'un poteau 20x20cm sous la poutre à mi-portée.

Hypothèses géométriques

Les hypothèses suivantes ont été faites pour la modélisation du plancher :

- **Hauteur des poteaux** : par simplification nous avons considéré une hauteur unique de poteaux. Nous considérons des poteaux de 2m de haut (hauteur la plus importante mesurée sur place). Cette modélisation est défavorable, car plus un poteau est élancé plus le risque d'instabilité est important. Si les poteaux sont justifiés pour 2m de hauteur, il le seront donc également pour des hauteurs réelles moins importantes.

- **Structure à l'intérieur du local de la chaufferie** : Les poutres et le poteau à l'intérieur du local de la chaufferie sont recouverts de plâtre et leur section exacte n'a pas pu être relevée. Elle est estimée en fonction de la section des poutres et poteaux situées sur la même file, et des retombées visibles dans le local.

2. Cas de chargement

Tableau 1 : Liste des familles de cas de chargement

Liste des familles		
n°	Désignation	Liste des cas de charges
2	Exploitations	2
3	Charges Permanentes	3

Tableau 2 : Liste des cas de chargement

Noms des cas de charges	
Cas n°	Nom
2	Q
3	G
101	1.35x[3 G]

Noms des cas de charges	
Cas n°	Nom
102	1.35x[3 G]+1.5x[2 Q]
103	1x[3 G]
104	1x[3 G]+1x[2 Q]
105	1x[3 G]
106	1x[3 G]+0.5x[2 Q]
107	1x[3 G]
108	1x[3 G]+0.3x[2 Q]

3. Résultats du modèle renforcé

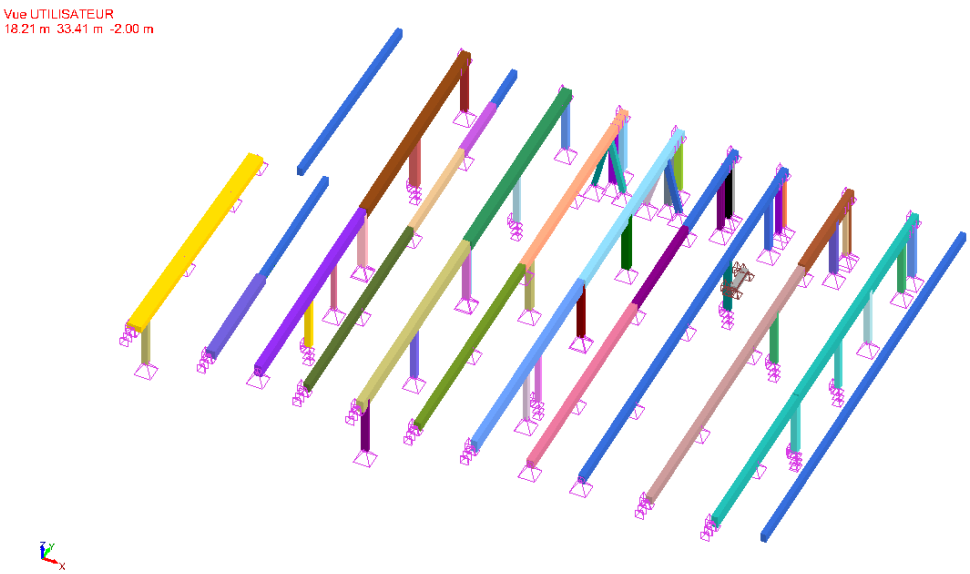


Figure 9 : Vue du modèle

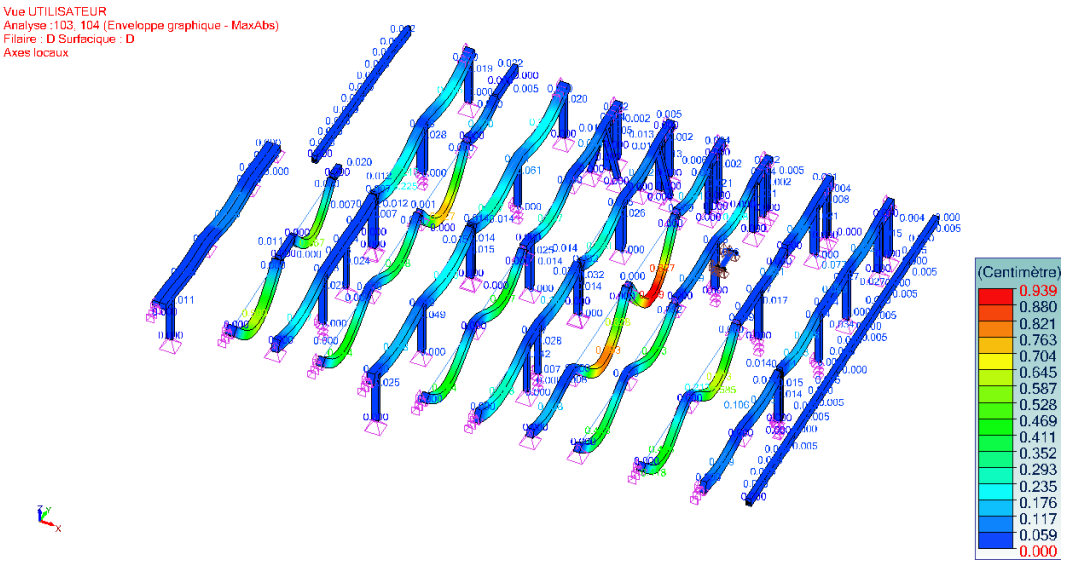


Figure 10 : Déplacements (ELS) cm

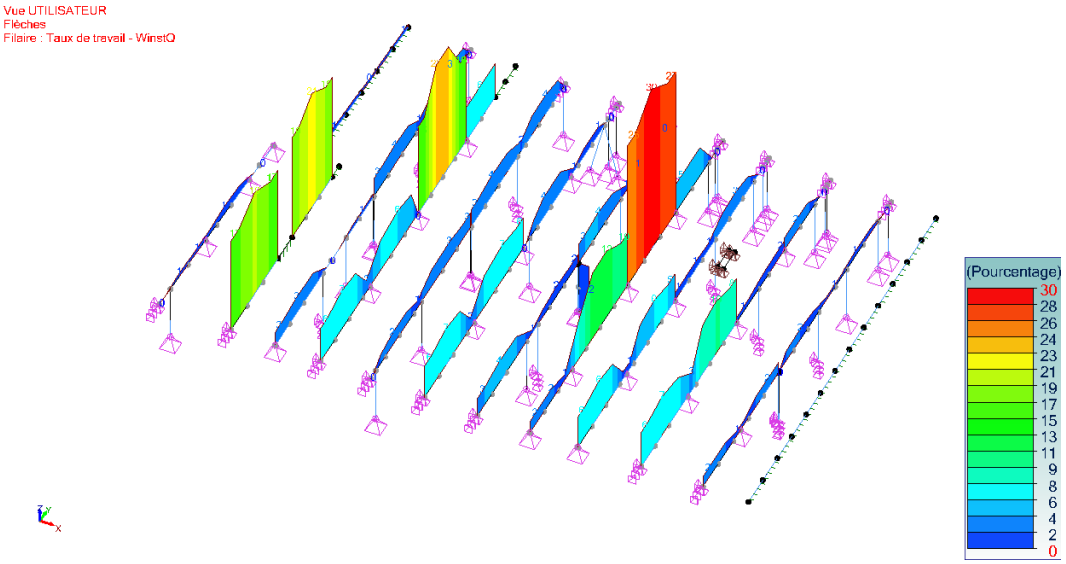


Figure 11 : Taux de travail en flèche instantanée (ELS) %

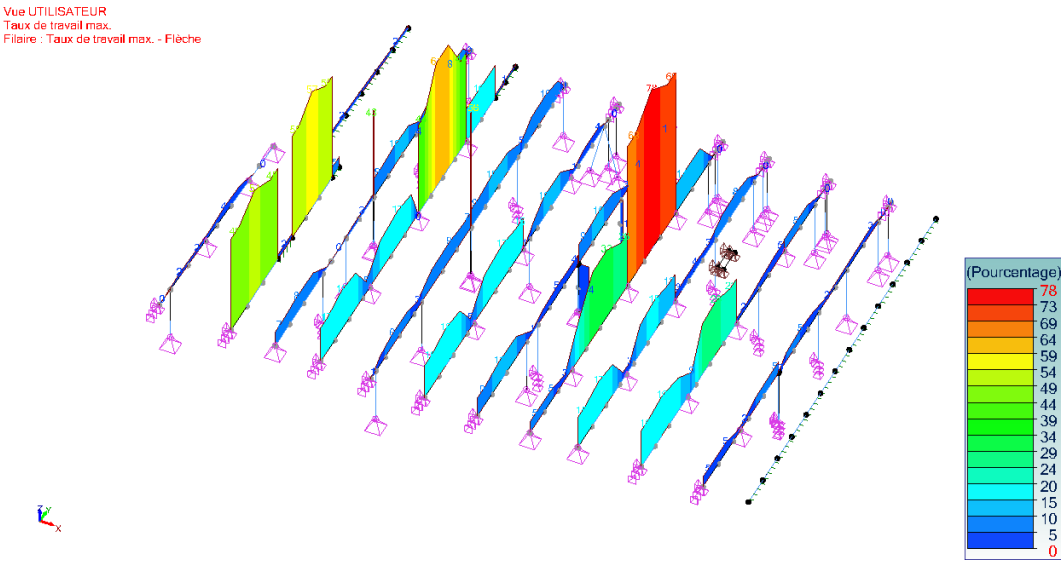


Figure 12 : Taux de travail en flèche finale (ELS) %

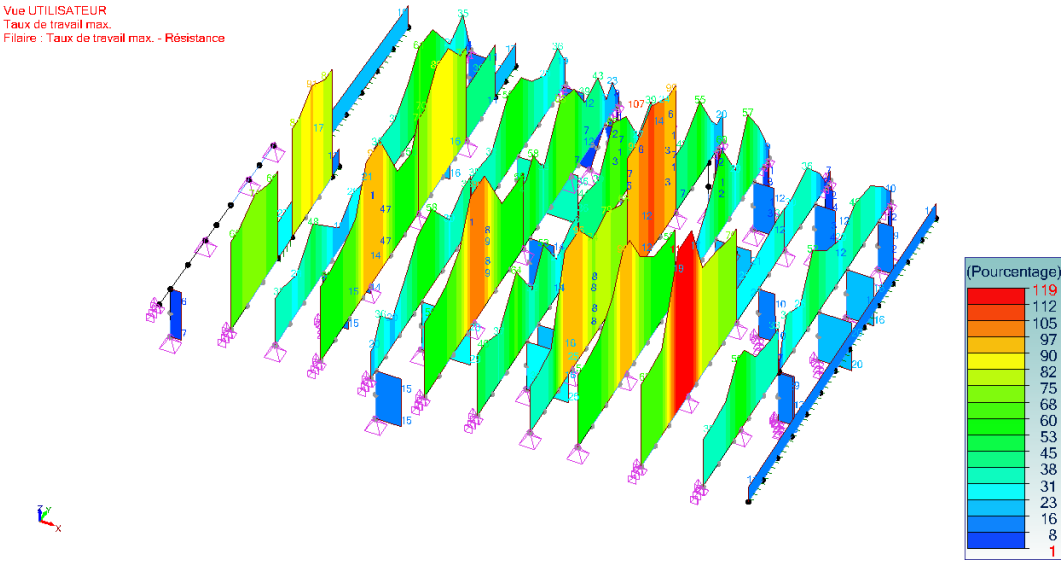


Figure 13 : Taux de travail en résistance (ELU) %

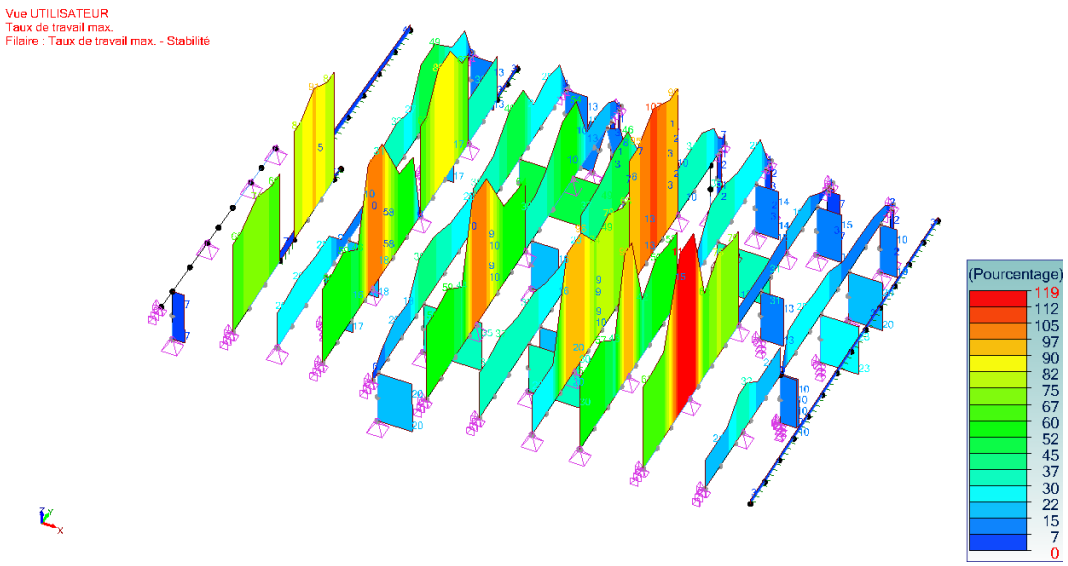


Figure 14 : Taux de travail en stabilité (ELU) %

Les règlementations appliquées (Eurocode 5) sont défavorables pour un plancher ancien, nous considérons que les éléments qui présentent un taux de travail localement supérieur à 100%, mais inférieur à 120% sont tout de même vérifiés et sont considérés comme étant correctement dimensionnés.

V. PROJET

A la suite de l'analyse que nous avons menée sur le plancher bas de la Grand'Chambre, nous préconisons les interventions suivantes :

V.1 Préconisations générales

Traitement contre l'humidité : Le taux d'humidité élevé du sous-sol entraine des désordres sur la structure (maçonneries et poutres bois). Il conviendrait de limiter le taux d'humidité, par exemple par la mise en œuvre d'un système de ventilation.
Nous préconisons la réalisation d'un diagnostic humidité afin de définir des solutions pour traiter les problèmes d'humidité et de remontées capillaires.

V.2 Préconisations concernant les maçonneries

Réparation des maçonneries : Il conviendra de conforter les maçonneries dégradées à cause de l'humidité et des remontées capillaires. Pour ce faire, nous préconisons :

- Le nettoyage des efflorescences en surface des maçonneries ;
- La purge des éléments dégradés ou instables ;
- Le remplacement des briques endommagées ;
- Le re maçonnage ponctuel des cavités (relancis si nécessaire) ;
- Le rejointoiement de la maçonnerie.

V.3 Préconisations concernant le plancher

1. Interventions générales sur le plancher

Traitement contre les insectes xylophages : Des traces d'insectes à larves xylophages ont été repérées dans le plancher. Un traitement doit être mise en œuvre afin de stopper le processus de dégradation et préserver les bois. A noter que ce traitement devra se faire en adéquation avec les préconisation des restaurateurs pour la conservation des bois.

Restitution des sections endommagées par l'humidité et les attaques d'insectes à larves xylophages : les sections endommagées devront être restituées, pour cela, nous préconisons, selon l'état de dégradation des éléments :

- SOIT le replacement à l'identique de la section atteinte (pour les éléments fortement dégradés) ;
- SOIT la reconstitution de la section d'origine au moyen d'un mortier de résine (pour les éléments dégradés localement) :
  - Purge de la partie altérée du bois jusqu'à parvenir au bois sain ;
  - Restitution de la section avec de la résine.

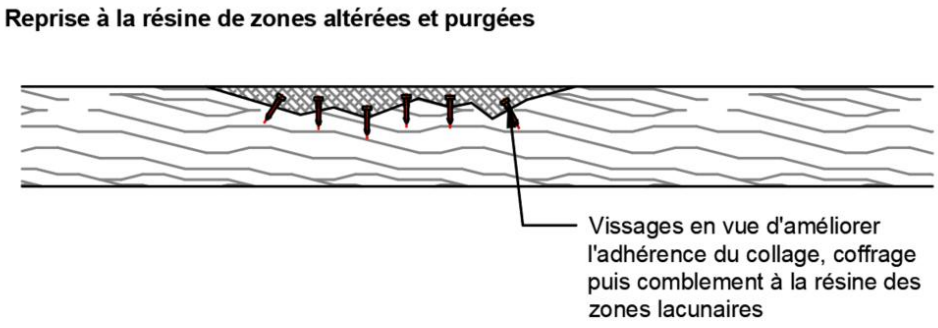


Figure 15 : Principe de réparation des bois avec un mortier de résine

2. Interventions sur les solives

Remplacement des solives dont les abouts sont fortement endommagés : les solives dont les abouts sont fortement dégradés, et ne permettent plus un appui correct sur la maçonnerie, devront être remplacées.

Reprise des trémies : nous préconisons une des solutions suivantes pour la consolidation des trémies ayant été réalisées dans les solives sans création de chevêtre :

- Soit création de chevêtres permettant de reporter les charges sur les solives adjacentes
- Soit remplacement des solives

3. Interventions sur les poutres

Restitution des abouts des poutres: certains abouts de poutres, notamment sur le mur Nord sont fortement endommagés. Nous préconisons de reconstituer la section de ces éléments.

- SOIT Remplacement à l'identique des sections
- SOIT Prothèse bois ou greffe par moisage des abouts : Le moisage entre l'élément existant et la greffe pourra être externe (moisage bois ou métallique) ou interne (moisage par platine métallique en âme). Les éléments bois devront avoir les mêmes caractéristiques mécaniques que la pièce renforcée.
- SOIT Restitution avec un mortier de résine
  - Purge de la partie altérée du bois jusqu'à parvenir au bois sain
  - Restitution de la section avec de la résine, ou greffe de l'about avec un mortier de résine armée dans le cas où l'about de l'élément est trop endommagé pour être conservé.

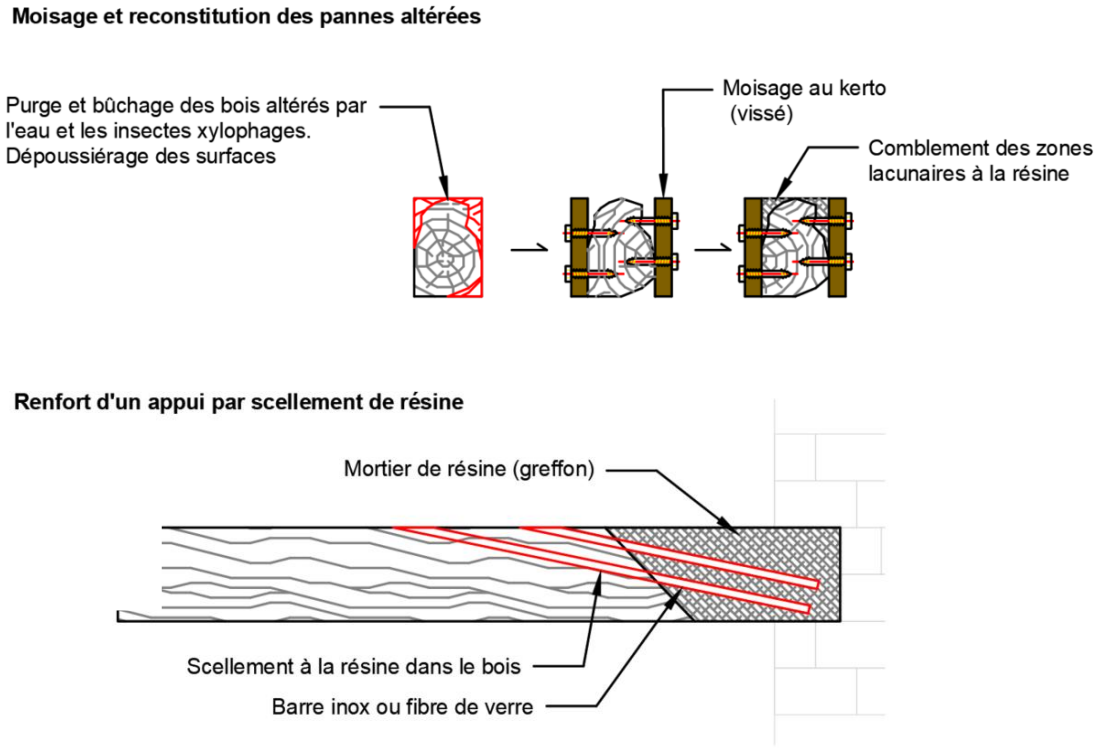


Figure 16 : Restitution des abouts des poutres

Renfort des poutres sous-dimensionnées

- Restitution de la section de la poutre entaillée file 8 : L'entaille réalisée dans la poutre file 8 met en cause son intégrité structurelle, en effet, la section résiduelle ne permet pas de justifier l'élément vis-à-vis des charges qu'il reçoit. La section d'origine doit être restituée :
    - Soit par remplacement de l'élément ;
    - Soit par greffe au mortier de résine armé.

- **Renforcement des éléments sous-dimensionnés** : nous préconisons les interventions suivantes :
    - File 9 : mise en œuvre des éléments suivants :
        - Une poutre en bois massif de section 20x30ht cm en remplacement des poutres sous-dimensionnées sur la partie Nord ;
        - Une poutre en bois massif de section 20x30ht cm dans la partie chaufferie ;
        - 4 poteaux 20x20cm : deux à mi-portées des poutres et deux au centre de la pièce sous les appuis des poutres.
    - File 11 : mise en œuvre au choix des éléments suivants :
        - Soit renfort par moisage bilatéral de la poutre existante par des sections de lamibois de 3.9x41ht cm ;
        - Soit ajout d'un poteau 20x20cm sous la poutre à mi-portée.

4. Interventions sur les poteaux

Les poteaux sont vérifiés au calcul avec leur section d'origine, en considérant un état sanitaire satisfaisant. Toutefois, plusieurs d'entre eux présentent des dégradations importantes liées à des altérations biologiques, notamment des attaques d'insectes à larves xylophages et des phénomènes de pourrissement du bois. Par ailleurs, certaines mises en œuvre ne respectent pas les règles de l'art (calages inadaptés, pieds de poteaux noyés dans des plots en béton, etc.). Les poteaux dont l'état sanitaire ou les conditions de mise en œuvre ne permettent pas d'assurer la pérennité de la structure devront être remplacés.

VI. ANNEXES

Carnet de plan PRO :

- 250921-STRUCTURAL-PALAIS_DE_JUSTICE-CARNET_DE_PLANS-PRO-PARTIE_2-Ind0

Rapport et carnet de plans diagnostic :

- 250921-STRUCTURAL-PALAIS_DE_JUSTICE-RAPPORT_DE_DIAGNOSTIC-PARTIE_2-Ind0
- 250921-STRUCTURAL-PALAIS_DE_JUSTICE-DIAGNOSTIC-CARNET_DE_PLANS-PARTIE_2-Ind0