

18 rue du Sentier, 75002 Paris, France
13 rue des Chenebières, 63200 Prompsat, France
+33 (0)6 48 08 91 90
pdufouracmh@antoine-dufour.com
tableau national de l'ordre S18337
www.antoine-dufour.com

Hôtel National des Invalides
129, rue de Grenelle
75700 Paris Cedex 07

BAS-RHIN - RÉGION GRAND-EST

NATZWILLER

Ancien Camp de Natzweiler Struthof
Route Départementale 130
67130 Natzwiller

RESTAURATION DE LA BARAQUE CUISINE DE L'ANCIEN CAMP DE CONCENTRATION DE NATZWEILER-STRUTHOF

B.7 NOTICE STRUCTURE

DOSSIER DE CONSULTATION DES ENTREPRISES FÉVRIER 2025

Architecte en Chef des Monuments Historiques
PIERRE DUFOUR

18, rue du sentier
75002 PARIS

T 06 48 08 91 90
M pdufouracmh@antoine-dufour.com

Economiste sous-traitant
CABINET FRANCOIS

14, rue de Queuleu
57070 METZ

T 03 87 36 82 75
M pfrancois@cabinetvmh.com

BET Structure
EQUILIBRE STRUCTURES

10, rue Saint-Nicolas
75012 PARIS

T 01 47 42 04 87
M c.millon@equilibre-structures.fr

BET Electrique
B3E

38, rue Paul Diacre
57000 METZ

T 03 87 75 02 19
M b3elorrain@aol.com

Notice structure - Phase PRO

ROTHAU / Ancien Camp de Natzwiller-Struthof

Restauration du bloc cuisine

Affaire n° 18-085



Maître d'œuvre

Pierre Dufour, ACMH
18, rue du Sentier
75 002 Paris

Ind	Date	Etabli	Vérifié	Modification
A	18/10/2023	C. MILLON	N. CHEVAL	Première diffusion
B	02/07/2024	C. MILLON	N. CHEVAL	Mise à jour en tranches fermes et optionnelles
C	02/10/2024	C. MILLON	N. CHEVAL	Modifications de préconisations structurelles

SOMMAIRE

1. OBJECTIFS DE L'ETUDE	3
2. DOCUMENTS DE REFERENCE	4
3. SPECIFICATIONS TECHNIQUES	5
3.1. Référentiel technique	5
3.2. Contexte normatif.....	5
3.3. Charges d'exploitation	5
3.4. Matériaux.....	5
3.5. Déformation des ouvrages.....	7
3.6. Principes des interventions structurelles	7
4. LISTE DE TRAVAUX – LOT STRUCTURE	11
4.1. Etudes et investigations.....	11
4.2. Charpente	12
4.3. Béton armé – Maçonnerie	15
4.4. Prestations complémentaires (hors-structure).....	17
5. ANNEXES	19
5.1. Annexe 01 / Pièces graphiques.....	19
5.2. Annexe 02 / Notes de calcul.....	19
5.3. Annexe 03 / Etude géotechnique FONDASOL : G5/G2-AVP [ES -02] et G2-PRO [ES -03].....	19
5.4. Annexe 04 / Référentiel technique.....	19

1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le BET Equilibre Structures intervient dans le cadre d'une mission de complément de diagnostic et de maîtrise d'œuvre pour la restauration du bloc cuisines de l'ancien Camp de Natzweiler – Struthof. Elle est menée sous la direction de M. Pierre DUFOUR, Architecte en Chef des Monuments Historiques. L'objet de la présente note est de définir les travaux de structure pour la restauration du bloc Cuisines et sa mise en conformité réglementaire afin d'accueillir du public.

Cette note ne constitue pas un CCTP mais une liste de préconisation de travaux de structure. Elle est décomposée en une tranche ferme et deux tranches optionnelles.

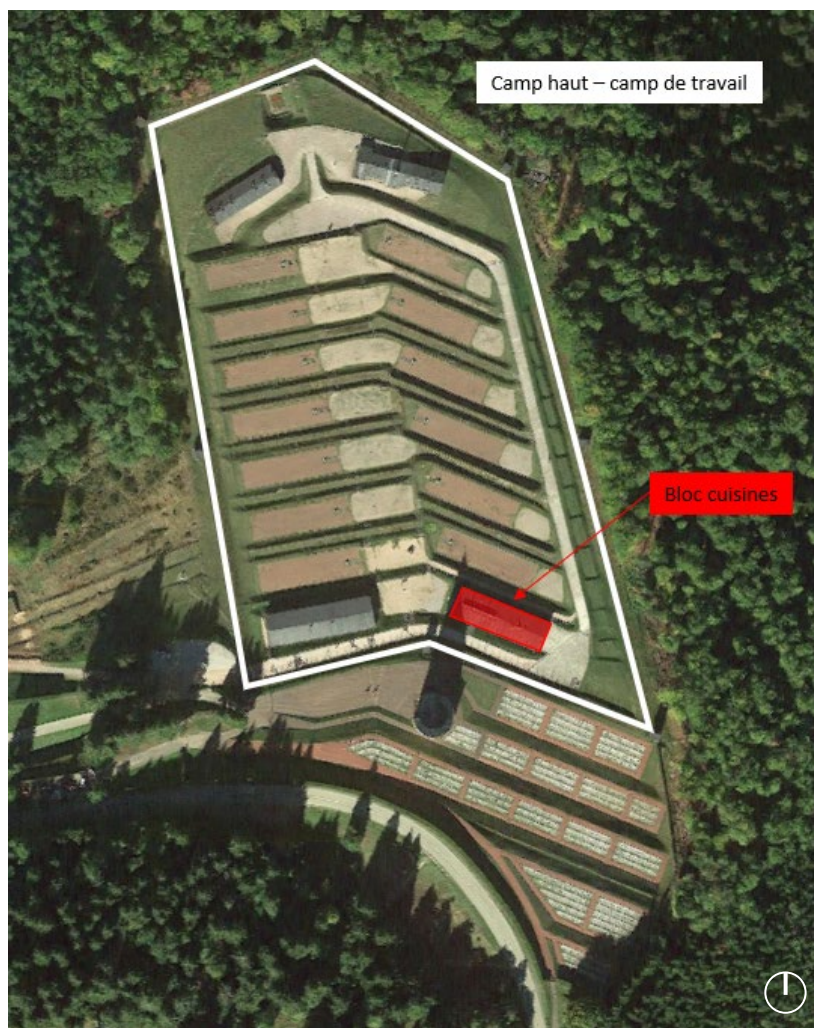


Fig 1. Vue satellite du camp haut de Natzwiller / Google Maps, 2018

Nota : La présente étude concerne uniquement le bloc cuisines situé au Sud-Est du camp haut, en partie haute du camp.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

Études architecturales préalables

- [EP -01] Restauration du bloc cuisines de l'ancien camp de Natzweiler-Struthof, Dossier de Diagnostic / **Pierre DUFOUR, ACMH** / Octobre 2018
- [EP -02] Restauration de la baraque cuisine de l'ancien camp de concentration de Natzweiler-Struthof-Dossier AVP / **Pierre DUFOUR, ACMH** / Mars 2021

Études et investigations complémentaires

- [ES -01] Reconnaissances géologiques – Description lithologique Nature du terrain (sondages pressiométriques) / **<http://infoterre.brgm.fr>** / Novembre 2002
- [ES -02] Diagnostic géotechnique G5, Rapport n°PR.MSGT.22.0611-001 – Indice A/ **Fondasol** / Septembre 2023
- [ES -03] Etude géotechnique G2-PRO, Rapport n°PR.MSGT.22.0611.002 – 1^{ère} diffusion / **Fondasol** / Juin 2024
- [ES -04] L'ancien camp de concentration de Natzweiler-Struthof, rapport de Diagnostic préventif, n°017103 / **Archéologie Alsace/A. Bolly** / 2019

3. SPECIFICATIONS TECHNIQUES

3.1. REFERENTIEL TECHNIQUE

Le contexte normatif dans lequel s'inscrit le projet concerne les normes suivantes : Eurocodes Structuraux, DTU / Normes Françaises et Européennes / Procès-Verbaux ou avis techniques valables en France à date, ATEX ou DTA pour techniques non-traditionnelles, Arrêtés et règles relatifs à la prévention des incendies dans les ERP et bâtiments d'habitation, ISO13822 2010 : Bases du calcul des constructions - Evaluation des constructions existantes

Nous précisons en annexe les référentiels spécifiques principaux utiles à cette étude.

3.2. CONTEXTE NORMATIF

Catégorie	ERP de 5ème catégorie, type Y (d'après [EP -02])
Neige	Région C1 ; altitude 785m
Vent	Région 2 ; catégorie terrain III.b (bocages denses)
Sismicité	Zone 3 ; zone de sismicité modérée
Classe d'importance	Classe II, risque moyen, (arrêté du 22 octobre 2010)
Type de sol	Classe A (selon rapport Fondasol [ES -02])
Stabilité au feu	Structure REI30

Nota : Les éléments non structuraux devront respecter les dispositions du guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux », édition 2014, Ministère de l'écologie et du logement [RT-34].

3.3. CHARGES D'EXPLOITATION

Espaces muséaux :	Catégorie C3 (salles de musée) :	$q_k=4,0\text{kN/m}^2$ $Q_k=4,0\text{kN}$
Toitures :	Catégorie H (toitures inaccessibles, pente > 15%) :	$q_k=0,0\text{kN/m}^2$ $Q_k=1,5\text{kN}$

3.4. MATERIAUX

3.4.1. Matériaux existants

Charpente en bois :	Essence de bois résineux, assimilé à une classe de résistance C18
Renfort métallique :	Nuance d'acier S235 (hypothèse)

3.4.2. Matériaux neufs

Béton armé

Armatures : Conformes aux exigences AFCAB

Enrobage minimal : 5cm pour les ouvrages enterrés

Coffrages (classes): C1 pour ouvrages enterrés non-visibles / C3 pour bétons avec revêtement de finition / C4 si visibles

Indéformabilité des coffrages par renforts / étanchéité parfaite des joints

Bétons : Type « prêt à l'emploi » (transport par truck mixer) – Ajout d'eau proscrit

Hauteur de chute <2m – Vibration fréquence élevée (9000 à 20000 cycles/mn)

Finition nette de décoffrage

Classe d'exposition : XF3 pour les fondations

XC3 pour le béton de structure à l'abri de la pluie

XC4 pour les parties extérieures non protégées par la pluie

Classe de résistance minimale : C25/30

Interconnexion des masses : connexion par liaison équipotentielle reliée à la terre

Contrôle : essais de rupture à la compression sur éprouvettes sur demande de la MOE

Bois de charpente et planchers

Classe de résistance : bois résineux – C24 (selon NF EN338)

Provenance : conforme au référentiel PEFC ou FSC / forêts régionales (sous réserve accord MOE)

Hygrométrie : bois sec (13 à 17% d'humidité)

Caractéristiques : bois neuf / état de surface raboté / purgés d'aubier / compatibilité NF EN460

Traitement : intérieur / traitement fongicide et insecticide classe 2

Renfort en lamibois (LVL)

Lamibois (*Laminated Veneer Lumber – LVL*) à plis longilignes ou croisés

Densité apparente minimale : 500kg/m³

Résistance minimale en flexion : $f_{m,0,flat,k} = 32$ MPa

Acier

Aciers de construction : nuance minimale S235J0

Éléments de charpente : profils laminés à chaud ou tubulaires issus du commerce ou PRS

Assemblages : soudure classe EXC3

boulons HR ou ordinaires selon prescriptions

Interconnexion des masses : connexion par liaison équipotentielle reliée à la terre

Contrôle : essais non-destructifs de contrôle des soudures par ultrasons ou rayons X sur demande de la MOE

Protection anti-corrosion

Profils neufs visibles : galvanisation à chaud (selon ISO1461)

Produit d'injection de confortement

Coulis de chaux : coulis de mortier de chaux hydraulique naturel NHL fin de résistance à la compression $f_{c90} \geq 3,5\text{MPa}$, granulométrie max $\leq 1,5\text{mm}$

Coulis de ciment : coulis de mortier de réparation ciment fibré fin, de résistance à la compression $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$, granulométrie max $\leq 1,5\text{mm}$

3.5. DEFORMATION DES OUVRAGES

Les éléments de structure seront dimensionnés de manière à assurer le bon comportement des murs, cloisons, revêtements, façades et équipements de toute nature. Les valeurs de déformations admissibles seront définies selon les normes en vigueur.

La rigidité des diaphragmes sera étudiée de sorte à assurer le bon comportement du bâtiment en situation sismique.

3.6. PRINCIPES DES INTERVENTIONS STRUCTURELLES

3.6.1. Fondations

Des défaillances de terrain ayant été constatées lors du diagnostic, le projet prévoit en tranche ferme des interventions permettant de confirmer le système de fondations et de palier aux désordres visibles sur les soubassements.

Cette tranche ferme (TF) comprendra d'abord la réalisation préalable de deux fouilles de reconnaissances blindées qui permettront d'aller confirmer la présence d'éventuels massif de fondation en béton ou maçonnerie (identifiés dans le rapport archéologique sur un autre bâtiment similaire, cf.[ES -04], mais non repéré lors des investigations en G5/G2-AVP). Ces fouilles devront être réalisées sous contrôle archéologique. Nous préconisons ensuite la mise en œuvre de longrines portées en béton armé sous l'ensemble des façades permettant d'assurer un chainage périphérique et des refouillements de sol et des remplissages en gros béton localisés afin de combler les zones de décompression. Les longrines et les remplissages seront réalisés par passes alternées et par terrassement extérieur ; **une attention particulière sera portée à la conservation des dallages intérieures au regard de leur valeur patrimoniale.**

En fonction des résultats des fouilles de reconnaissance, l'un ou l'autre des deux tranches optionnelles prévues pourront être activés.

La tranche optionnelle 1 (TO1) a pour objectif une reprise complète de l'édifice sur fondations neuves, permettant de palier aux défaillances confirmées des massifs ou à leur absence totale. Ces dernières seront constituées de micropieux forés, descendus jusqu'au substratum rocheux. Les micropieux seront connectés aux longrines par des massifs de tête, qui nécessiteront de démolitions localisées des dallages intérieurs. Les forages devront être réalisés par l'extérieur uniquement, et inclinés pour échapper à l'emprise de la toiture. Des terrassements provisoires côté amont seront

nécessaires. Ces nouvelles fondations seront mises en œuvre selon les recommandations du géotechnicien décrites dans le rapport de mission G2-PRO (cf. [ES -03]), et sous le contrôle d'une mission G3. Cette intervention permettra également d'atteindre la profondeur hors-gel, actuellement non respectée.

La tranche optionnelle 2 (TO2) a pour objectif de conforter les massifs de fondations supposés existants, en fonction de l'état sanitaire et des profondeurs d'assise découvertes lors des fouilles de la TF. Dans le cas de fondations suffisantes et saines, les longrines seront connectées sur ces massifs par des scellements chimiques. Nous préconisons de plus des injections de régénération localisées (coulis de chaux, résine ou bio-calcification) dans le cas où des massifs en maçonnerie seraient découverts, et présenteraient des pertes de cohésion. Ces injections seront réalisées depuis la surface, après repérage des massifs.

3.6.2. Dispositif de stabilisation

Des interventions sont nécessaires pour assurer la stabilité globale de l'édifice vis-à-vis des efforts extérieurs et la stabilité des fermes, actuellement partiellement assurée par des dispositions constructives non prévues à cet effet.

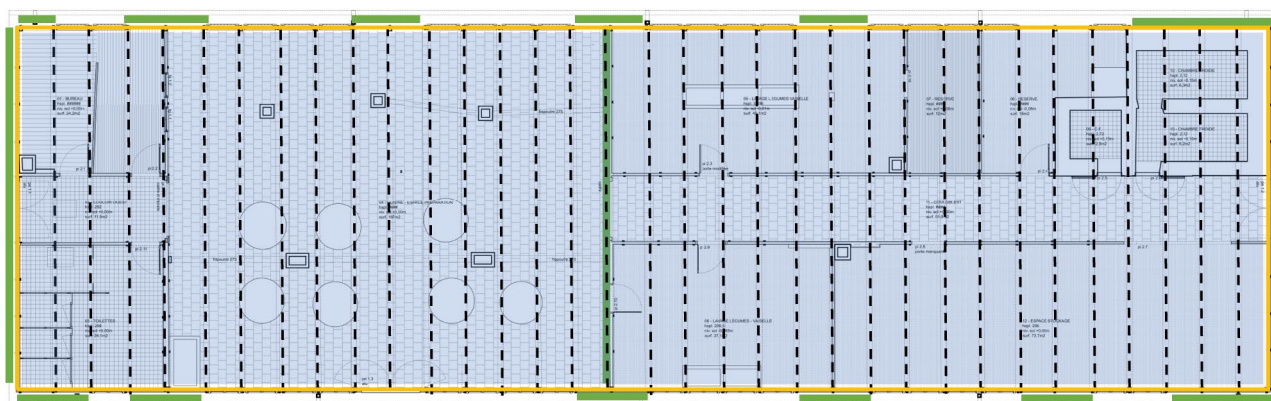
Stabilité globale de l'édifice :

Afin d'assurer de nouveau la stabilité transversale et longitudinale de l'édifice après la suppression des renforts métalliques, des panneaux OSB rigides (A), connectés aux arbalétriers, sont mis en œuvre pour créer un plan de toiture rigide de contreventement. Le remplacement de la sablière haute existante par une sablière continue et connectée à la charpente et aux pans de façades (B) participe également à la rigidification du plan de toiture.

Les efforts sont ensuite retransmis aux pignons et à la cloison centrale assurant le rôle de plans verticaux rigides. La stabilité de ces panneaux, amenée jusqu'ici par l'ossature en panneaux pans de bois préfabriqués, est fortement dégradée dans certaines zones de l'édifice. Des interventions de réparation à l'identique seront donc nécessaires pour assurer la conservation de l'édifice et assurer la transmission des efforts en pied (C). Ces interventions impliquent un démontage des panneaux, la réparation par substitution partielle des bases de panneaux (ossature / bardage) et la mise en œuvre de panneaux OSB ou de compléments d'ossature.

Stabilité longitudinale des fermes :

La stabilité longitudinale de la charpente doit être assurée avec un système plus efficace et plus clairement défini. La dépose de la couverture permet d'assurer la bonne connexion des voliges existantes conservées sur les arbalétriers et donc d'obtenir un plan de toiture rigide longitudinalement (A). L'ancien système de contreventement par croisillons en bois pourra également être déposé. Des dispositions de maintien des entrants seront également nécessaires afin d'assurer le maintien anti-flambement de ces éléments.



- (A) Panneaux OSB rigides transversaux dans le complexe de toiture + fixation des voliges
- (B) Sablière continue et connectée à la charpente et aux pans de façade
- (C) Renforcement des ossatures des panneaux

Fig 2. Renforts pour stabilité de la charpente et de l'édifice

Dans le cadre de notre intervention, les dispositions constructives de renfort prévues s'inscrivent dans le cadre d'une amélioration du comportement sismique du bâtiment, ce qui permet de respecter de fait le critère de non-aggravation minimal à respecter dans le cadre de notre intervention. En effet, les préconisations structurales détaillées ci-dessous sont des éléments d'amélioration du comportement sismique global du bâtiment :

- Reprises de l'ensemble des fondations longrines continues formant chainage, et éventuellement sur micropieux
- Création d'un plan rigide en toiture avec un chaînage périphérique
- Rigidification des pans de façade par mise en œuvre de panneaux rigides
- Renforcement des arbalétriers et des entrails de charpente

L'intervention permet également de retrouver la forme originelle avec une trame régulière, ne présentant donc pas de point de faiblesse vis-à-vis du comportement sismique.

3.6.3. Renforcement de charpente

Les résultats des calculs ont mis en avant les limites structurales du système de renfort de charpente existant. Afin de limiter les interventions sur la charpente, une solution de renfort permettant de retrouver le fonctionnement originel de la charpente est préconisée. Cette solution permettra également de supprimer les aisseliers et les contre-poteaux métalliques. Le système de renfort métallique des fermes existant est prévu déposé en intégralité, ainsi que les aisseliers et les contre-poteaux en U.

Des renforts au niveau des arbalétriers et des entrails de chaque ferme seront nécessaires afin de respecter les critères de vérification des normes Eurocodes. Afin d'éviter des phénomènes de flambement des entrails sous charges de vents (soulèvement de la toiture), les entrails seront maintenus sur les têtes de cloisons (zone cloisonnée) ou par des tiges

filetées métalliques (partie libre). Ces éléments seront bloqués régulièrement par des travées doubles de fermes, rigidifiés par panneaux ou treillis bois, et maintenus sur les panneaux rigides des cloisons et façades.

4. LISTE DE TRAVAUX – LOT STRUCTURE

Nota général : Cette liste de travaux concerne exclusivement les ouvrages de structure comprenant les étalements, démolitions et déposes, renforcement et modification d'ouvrages existants, créations d'ouvrages neufs. Elle exclut les protections et les installations de chantier, l'étanchéité, le clos-couvert, les réseaux, la gestion des eaux pluviales, les dispositions liées au compartimentage incendie (coupe-feu des parois), les équipements, les sujétions liées à la présence de plomb/amiante, la menuiserie, la vitrerie, la serrurerie, les décors, les cloisons légères, les purges et réfections de plafonds, etc.

Nota : Les préconisations sont réparties en une tranche ferme et deux tranches optionnelles, spécifiés respectivement dans l'intitulé TF, TO1 ou TO2.

4.1. ETUDES ET INVESTIGATIONS

TF - Etudes d'exécution

Réalisation des études d'exécution pour l'ensemble des ouvrages provisoires et définitifs réalisés, comprenant :

- Le relevé géométrique complet et l'état sanitaire des ouvrages existants
- La méthodologie de réalisation des ouvrages
- Les fiches techniques et avis techniques des produits mis en œuvre
- Les plans d'ensemble et de détail des ouvrages avec représentation des existants
- Les notes de calcul justificatives des ouvrages provisoires, existants modifiés et neufs
- Les essais, avis de chantier ou ATEX justificatifs des produits mis en œuvre

Les documents seront soumis pour visa à la maîtrise d'œuvre et au bureau de contrôle jusqu'à l'obtention d'un visa sans observations.

TF - Dossier des ouvrages exécutés

- Réalisation du dossier des ouvrages exécutés comprenant :
- Les plans d'ensemble et de détail de recollement des ouvrages réalisés avec représentation des existants
- Les notes de calcul justificatives validées sans observations
- Le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO)
- Les procès-verbaux d'essais réalisés
- Un reportage photographique de réalisation des ouvrages (avant/après intervention)

TF - Essais/Caractérisation des essences de bois existant

Réalisation d'essai sur prélèvements d'échantillon in situ pour évaluation (minimum 3 prélèvements, section 30x5cm) :

- Des essences de bois (analyse macro/micro)

- Des caractéristiques mécaniques (résistance en flexion statique/compression parallèle/traction parallèle, module d'élasticité longitudinal, densité)

TF - Etude géotechnique G3

Réalisation d'une mission d'étude et de suivi géotechnique d'exécution de type G3 (au sens de la norme NF-P 94-500) par un géotechnicien agréé, comprenant :

- La validation des hypothèses géotechniques
- La définition et le dimensionnement des ouvrages géotechniques
- La définition des méthodes et conditions d'exécution
- Le suivi de l'exécution des ouvrages

4.2. CHARPENTE

TF - Etalement complet de charpente sur tours de chevalement depuis l'intérieur

Fourniture et mise en œuvre de tours d'étalement sous fermes de charpente bois, compris stabilisation transversale par mise en place de contrefiche

Localisation : Ensemble des fermes de l'édifice (sur 4 lignes de tours, compris lest ou arrimages), entraxe des fermes $\approx 1,25m$

TF - Dépose sans conservation d'ouvrage de renfort métalliques

Dépose complète d'ouvrages métalliques existants, compris toutes sujétions liées à la présence de plomb, étalement préalable, dépose des éléments de doublage pour accès, découpe des ancrages existants, extraction des parties scellées/vissés, rebouchage ultérieur des empochements au mortier de chaux structural, découpe pour évacuation (si nécessaire) et mise en décharge spécifique

Type / Localisation : Totalité des renforts métalliques des fermes : poteaux, sablières, aisseliers, cornières, suspentes et plats d'assemblage

TF - Dépose sans conservation d'ouvrage en bois

Dépose complète d'ouvrages en bois existants, compris toutes sujétions liées à la présence de plomb, étalement préalable, dépose des éléments de doublage pour accès, extraction des parties scellées, rebouchage ultérieur des empochements au mortier de chaux structural et mise en décharge spécifique

Type / Localisation : Totalité des renforts du volume central en appui sur les conduits de cheminées : poutres et contre-poteaux ; 2 files longitudinales
Totalité des contreventements de fermes en planchers ; 2 trames longitudinales
Totalité des pannes et tasseaux d'appuis ; 3 files longitudinales par pan
Totalité des chevrons entre fermes

TF – Sciage transversale du voligeage et reconnexion aux arbalétriers

Sciage longitudinale du solivage à l'axe des fermes pour mise en place de renfort d'arbalétrier par le dessus, compris étalement préalable, traçage systématique des axes de fermes, reconnexion complète des voliges sur les arbalétriers avant découpe soignée par vis inox à tête noyée type SFS

Type / Localisation : Totalité des voliges ;

TF - Remplacement complet de lisse basse de façade

Fourniture et pose de lisse en bois massif support de façade et poteau sur longrines, compris dépose, évacuation et mise en décharge des lisses existantes, fourniture et pose de barrière d'étanchéité à l'eau (bande d'arase), fourniture et pose de ferrures de continuité et ferrures d'angles entre éléments avec entaille, calage par fourrure bois en partie inférieure sur panneaux de façade, connexion sur la longrine en béton armé par goujons d'ancrage.

Type / Localisation : Selon plan structure, périphérie complète de l'édifice ;

TF - Renforcement de poteaux bois de façade dégradés

Fourniture et mise en œuvre d'about de poteau en bois massif de classe de résistance minimale C24 pour remplacement partiel dans l'épaisseur de façade, compris assemblage par enture traditionnelle, assemblage sur la lisse basse par ferrure brochée/tirefondée. Provision pour renforcement complet par moisage dans l'épaisseur de façade, compris assemblage des moises par organes métalliques broche ou tirefond type vis SFS.

Type / Localisation : Selon plan structure ; réparation de pied de poteau : provision 80%,
2 provision pour renforcement complet par moisage : 10 unités

TF - Remplacement complet de poteau cassé – P1

Fourniture et mise en œuvre de poteau en bois massif dito existant, étalement préalable, démontage/remontage des bois d'habillage, dépose du poteau dégradé, mise en œuvre de l'élément par assemblage traditionnel dito existant

Localisation : Selon plans structure, 1 poteau de cloison intermédiaire (repère P1) ;

TF - Réparation d'abouts d'entrait fendus par moisage

Fourniture et pose de fourrures bois massifs par moisage pour réparation d'about d'entrants, connectées par boulonnage

Localisation : Provision de 10 substitutions partielles d'about d'entrait en partie centrale des fermes

TF - Renforcement d'ossature de pan de bois pour création de plan rigide

Fourniture et mise en œuvre de panneaux type OSB/3 ou OSB/4 (selon NF EN 300) ou de compléments d'ossature (diagonales et traverses) pour création de plan rigide verticaux, compris assemblage par organe mécanique en périphérie sur lisse basse, sablière haute et poteaux verticaux

Localisation : Selon plans structure :

Cloison centrale de séparation entre la cuisine et les pièces attenantes

Portion de façade long-pan entre ouvertures

Pignons de façade

TF - Remplacement complet de sablière bois

Fourniture et mise en œuvre de sablière en bois massif (dimensionnement selon prescriptions techniques), compris dépose, évacuation et mise en décharge des sablières existantes, fourniture et pose de ferrures de continuité et ferrures d'angles entre éléments avec entaille, calage par fourrure bois en partie inférieure sur panneaux de façade.

Type / Localisation : *Selon plan structure, périphérie complète de l'édifice ;*

TF - Renforcement des doubles arbalétriers de ferme

Fourniture et mise en œuvre de fourrure lamibois (LVL) façonnée entre moise existante pour renfort de double arbalétrier, avec saillie supérieure noyée dans le plan de voligeage pour augmentation de l'inertie totale, comprenant :

- façon sur mesure des bois pour ajustement entre montants (3 mailles latérales uniquement)
- découpe soignée par défonçage des têtes de montants et diagonales (3 éléments par face et par fermes) sur 2cm entre arbalétriers, pour continuité du renfort sans démontage de ferme
- mise en place par le dessus des fourrures et connexion mécanique transversale entre moise et fourrure par vis type SFS

Type / Localisation : *Selon plan structure, ensemble des fermes de charpentes ;*

TF - Renforcement des entrails de ferme

Fourniture et mise en œuvre de plats métalliques de renfort du double entrail sur arase supérieure, compris ridoirs de réglage à mi-travée, ferrure de jonction façonné soudé et sabot type PRS pour assemblage sur les sablières neuves et arbalétriers, et connexion mécanique des plats sur les abouts d'entrails/d'arbalétriers par vis type SFS

Type / Localisation : *Selon plan structure, ensemble des fermes de charpentes ;*

TF - Création d'un plan de toiture rigide

Fourniture et mise en œuvre d'un complexe de toiture structurel pour rigidification du plan de toiture dans le sens transversal, compris couturage soignée par pointe en périphérie et sur les arbalétriers, connecté en rive pour reprise de efforts horizontaux, comprenant :

- Maintien en place des voliges (cf. sciage transversale du voligeage)
- Fourniture et mise en œuvre de panneaux type OSB/3 ou OSB/4 ép.16mm minimum, compris connexion aux voliges et sablières par vis inox à tête noyée type SFS

Type / Localisation : *Ensemble de la couverture ;*

TF - Création de lisses inférieures support de châssis vitré de lanterneau

Fourniture et mise en œuvre de lisses en bois massif pour support des châssis vitrés dans les lanterneaux. Compris fourniture et pose de ferrures de continuité et ferrures d'angles, et façon d'entaille pour ajustement sur ferme renforcée.

Type / Localisation : Selon plan structure, sur lanterneau de la salle 4 uniquement ;

TF - Contrôle, traitement et réparation de fermes

Brossage et dépoussiérage des combles et de l'ensemble des surfaces bois, état sanitaire, bûchage des parties vermoulues, réalisation d'un traitement préventif/curatif insecticide/fongicide par pulvérisation, contrôle et vérification des assemblages par pointes et complément éventuels

Qualification requise : Entreprise certifiée CTB-A+

Localisation : totalité des charpentes : proportions : traitement 100% / réparations selon diagnostic

TF – Mise en œuvre de dispositifs de palées contreventées pour maintien anti-flambement des entrails

Mise en place de palées de contreventement transversales dans le plan des entrails pour reprise des efforts des anti-flambements, par panneaux rigides OSB plein épaisseur minimale 16mm ou entretoises et diagonales bois compris assemblage par vis et plat métallique de continuité et calage des doubles entrails aux nœuds

Localisation : Selon plan structure, 3 palées transversales sur l'ensemble, hors zone centrale (repère P2)

TF – Mise en œuvre de dispositifs de rappel pour maintien anti-flambement des entrails

Fourniture et mise en œuvre de dispositifs de maintien anti-flambement dans le plan des entrails par montants bois et tige métallique entre fermes, comprenant :

- Zone sans cloisonnement : Mise en œuvre de tiges métalliques traversant les entrails à l'axe du poinçon, avec boulonnage de part et d'autre, compris assemblage par platines et manchons en extrémité (repère P3) ;
- Zone avec cloisonnement : Mise en œuvre d'entretoise bois entre entrails de ferme en tête de cloisons, compris connexion sur les poteaux de cloisons par vis type SFS (repère P4)

Localisation : Selon plan structure, dispositifs anti-flambement sur l'ensemble des fermes, selon description ci-dessus

4.3. BETON ARME – MAÇONNERIE

TF – Réalisation de fouilles de reconnaissances de fondation blindées sous contrôle archéologique

Terrassement en déblai/remblai par pelle mécanique légère et outillage manuel selon recommandations archéologue pour identification du système de fondations en place, des dimensions, profondeurs d'assise et état sanitaire. Compris

stockage des terres sur site, blindage des fouilles, dispositifs de sécurité et accompagnement de la MOE pour relevé et constat, remblaiement, compactage soignée et remise en état des abords.

Mode opératoire : Par engins et outillage manuel légers (vibrations limitées) sous contrôle archéologique

Type / Localisation : 2 fouilles de, dimensions $\approx 1,5 \times 3,0 \text{ m}$; profondeur $\approx 2,0 \text{ m}$, localisations selon prescriptions architecte

TF - Purge de fondation superficielle en béton en conservation des sols alentours

Purge complète de plot de fondation isolé en béton armé existants, compris protection des dallages alentours, extraction soignée des massifs, évacuation, mise en décharge spécifique et comblement en remblai compacté. A minima disquage soignée des poteaux métalliques, curage partiel sur les 6cm supérieurs pour mise en œuvre de chape de ragréage.

Mode opératoire : Par engins ou outillage manuel légers (vibrations limitées) en conservation maximale des dallages et sols alentours

Type / Localisation : Ensemble des fondations des poteaux métalliques, dimensions $\approx 0,4 \times 0,4 \times 0,4 \text{ m}$, profondeur $\approx 0,4 \text{ m}$

TF - Remplacement complet de longrines en béton armé

Fourniture et mise en œuvre de longrines portées en béton armé coulées en place par passe alternées, connectées aux massifs par scellements chimique et clavetages, ou aux massifs de tête de micropieux par coulage de liaison (TO1), compris terrassement en déblai/remblai et dépose des longrines existantes restantes.

Mode opératoire : Par engins ou outillage manuel légers (vibrations limitées), par l'extérieur (panneaux de façade déposés), en conservation maximale des dallages et sols intérieurs
Par fouille blindée en façade sud (amont)

Type / Localisation : Totalité des façades

TF - Création de soubassement de façade en béton armé

Fourniture et mise en œuvre de socle de soubassement filant en béton armé pour support d'ossature bois, compris façon de plinthe béton dito existant selon repérage architecte ou scellement d'élément béton en dépose/repose, scellement en pied sur les longrines préfabriqués,

Type / Localisation : Totalité des façades

TF - Refouillement du sol et remplissage en gros béton

Réalisation de remplissage en gros béton au droit des zones de défaillance du sol d'assise, compris refouillement localisé, calage des structures existantes au mortier sans retrait, étaie provisoire, évacuation des gravais et mise en décharge.

Type / Localisation : Selon plan structure, uniquement dans les zones de défaillance intérieurs (cloisons et maçonneries)

TF - Prestations d'accompagnement des lots techniques

Réalisation de carottage (<150mm) et saignées de petites dimensions (prof.5cm) pour passage de réseaux en plancher, compris évacuation des gravois, mise en décharge et bouchement au mortier fin

Type / Localisation : *Selon projet fluide*

TO1 - Création de micropieu forés en béton armé

Fourniture et mise en œuvre de fondations neuves sur micropieux inclinés, compris recépage, création de massifs de tête en béton armé coulé en place, connectés aux micropieux et aux longrines. Essais préalables et de contrôle selon prescriptions du géotechnicien.

Mode opératoire/Type : *Selon prescriptions étude G2-PRO*

Localisation : *20 micropieux d'env. 6m de profondeur, inclinaison 10°, selon plan structure*

TO1 – Terrassements et talutages provisoires avec blindage de talus

Réalisation de plateforme compacté en façade sud pour mise en station des foreuses pour micropieux, compris terrassement en déblai/remblai, compactage, blindages ponctuels du talus et remise en état après réalisation des micropieux. Talutages et terrassements selon prescriptions du géotechnicien.

Mode opératoire/Type : *Selon prescriptions étude G2-PRO*

Localisation : *Façade sud avec talus amont à proximité*

TO1 – Provision pour forage de massif en maçonnerie ou béton armé

Provision pour complément de forage au travers des massifs existants supposés en maçonnerie ou béton armé, pour réalisation des micropieux, compris coulinage ciment ou chaux selon nature pour comblement des vides après réalisation.

Mode opératoire/Type : *Carottage vertical/incliné, profondeur ≈2,0m, diamètre selon dimensionnement des micropieux*

Localisation : *Selon investigations TF*

TO2 - Consolidation de massif de fondation par injection de coulis

Réalisation de renforcement de massif de fondations en maçonnerie ou gros béton par injections coulis de chaux ou ciment, ou solutions de bio-calcifcation, compris essais de convenance préalables, complément de terrassement sous contrôle archéologique selon nécessité, pré-perçement et mise en œuvre du produit d'injection, forage, injections avec dispositif de mesure et d'enregistrement, prélèvement pour contrôle de compatibilité du coulis en laboratoire

Type / Localisation : *Selon résultats des investigations TF, provision pour 20ml de maçonnerie*

4.4. PRESTATIONS COMPLEMENTAIRES (HORS-STRUCTURE)

Se référer au CCTP et au descriptif du maître d'œuvre pour ces prestations

TF - Dépose de l'ensemble des plafonds

TF - Démontage/ Remontage de panneaux sandwich de façades et cloisons centrale

TF - Mise en œuvre de membrane périphérique de protection des fondations vis-à-vis des eaux de ruissellement type Delta-MS drain

TF - Contrôle et révision des réseaux d'évacuation des eaux pluviales

5. ANNEXES

5.1. ANNEXE 01 / PIECES GRAPHIQUES

5.2. ANNEXE 02 / NOTES DE CALCUL

5.3. ANNEXE 03 / ETUDE GEOTECHNIQUE FONDASOL : G5/G2-AVP [ES -02] ET G2-PRO [ES -03]

5.4. ANNEXE 04 / REFERENTIEL TECHNIQUE

Référentiel technique pour le bois massif

- [RT-01] Norme NF B 52-001 "Classement visuel pour l'emploi en structure des principales essences résineuses et feuillues"
- [RT-02] Norme NF EN 1912 "Bois de structure - Classe de résistance - affectation des classes visuelles et des essences"
- [RT-03] Norme NF EN 338 "Bois de structure - Classes de résistance"
- [RT-04] Projet de norme PR NF P 21-400 "Bois de structure et produits à base de bois -Classes de résistance et contraintes admissibles associées"

Référentiel technique pour le calcul des structures en bois

- [RT-05] Règles CB 71 "Règles de calcul et de conception des charpentes en bois"
- [RT-06] Norme XP ENV 1995 "Eurocode 5 - Calcul des structures en bois"

Référentiel technique pour la préservation biologique des bois :

- [RT-07] Norme NF EN 335 "Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Définition des classes de risque d'attaque biologique"
- [RT-08] Norme NF EN 350 "Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Durabilité naturelle du bois massif"
- [RT-09] Norme NF EN 460 "Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Durabilité naturelle du bois massif - Guide d'exigence de durabilité du bois pour son utilisation selon les classes de risque"
- [RT-10] Norme NF EN 351 "Bois massifs traités avec produits de préservation"
- [RT-11] Norme NF B 50-105-3 "Bois massifs traités avec produits de préservation -Performances de préservation des bois et attestation de traitement - Adaptation à la France Métropolitaine"

Référentiel technique pour les produits de préservation du bois :

- [RT-12] Norme NF EN 599 "Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Performances des produits préventifs de préservation du bois établies par des essais biologiques"

Référentiel technique pour le sismique

- [RT-13] « Nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments dont le permis de construire est déposé à partir du 1er mai 2011 » / Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, Janvier 2011
- [RT-14] Code de l'environnement - Articles R563-1 à R563-8,
- [RT-15] Arrêté du 22 octobre 2010, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite « à risque normal », Modifié par arrêtés du 19 juillet 2011 et du 25 octobre 2012
- [RT-16] Décret no 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique
- [RT-17] Décret no 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français
- [RT-18] Guide construction parasismique Mars 2013, Groupe de travail AFPS-CSTB : Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme
- [RT-19] « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux », édition 2014, Ministère de l'écologie et du logement

Référentiel technique sur les monuments historiques

- [RT-20] Guide de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre sur les ouvrages de maçonnerie, Parution le 31.05.2006, ministère de la Culture
- [RT-21] Guide maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre sur les ouvrages de pierre de taille, Parution le 31.01.2003, ministère de la Culture
- [RT-22] Guide de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre sur les ouvrages de charpente en bois, Parution le 31.01.2002, ministère de la Culture
- [RT-23] Yves-Marie Froidevaux architecte en Chef des Monuments Historiques : Techniques de l'architecture ancienne – Construction et restauration (éditeur Pierre Mardaga à Liège réédition septembre 2001)

Guides du STRRES

- [RT-24] Guide 0 – Introduction commune à tous les guides / STRRES / Novembre 2017

Ouvrages en fondation et consolidation des sols [FAFO]

- [RT-25] Guide [FAFO 1] – V2 I Fondations I Réparation et renforcement des fondations / STRRES / Février 2022