

LYON CITÉ CAMPUS

LyonTech - la Doua



RÉGION ACADÉMIQUE
AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE



DEMANTELEMENT DE LA CHAUFFERIE DU CAMPUS LYONTECH-LA DOUA

ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

Version 4 du 25/01/2019

Ind.	Date	Objet de l'indice	Rédacteurs	Vérificateur
0	10/09/2018	1 ^{ère} diffusion	M. CONSTANTIN J. LAFLOTTE	N. BONIFACE
1	18/09/2018	Ajouté suivant marques	M. CONSTANTIN J. LAFLOTTE	N. BONIFACE
2	26/10/2018	Mise à jour générale suivant commentaires du Maître d'ouvrage et réponses apportées par Ingérop le 03/10/2018	M. CONSTANTIN J. LAFLOTTE	T. DUBRAS
3	28/11/2018	Mise à jour suivant réunion Maître d'ouvrage / Ingérop	M. CONSTANTIN J. LAFLOTTE	T. DUBRAS
4	25/01/2019	Mise à jour suivant remarques MO	M. CONSTANTIN J. LAFLOTTE	T. DUBRAS

SOMMAIRE

1	OBJET	5
2	DOCUMENTS DISPONIBLES.....	5
3	LOCALISATION DU PROJET	7
4	SEISME	9
5	ANALYSE DES RAPPORTS.....	12
5.1	PHASES ULTERIEURES.....	12
5.1.1	Géométrie de l'ouvrage.....	12
5.1.2	Diagnostic structure.....	13
5.1.3	Diagnostic géotechnique	13
5.2	ZONE CATHÉDRALE :	15
5.2.1	Principes généraux – zone « Cathédrale »	15
5.2.2	Fondations.....	17
5.2.3	Sous-sol	17
5.2.4	Plancher haut du sous-sol.....	20
5.2.5	Planchers intermédiaires	24
5.2.6	Toiture	28
5.2.7	Poteaux.....	30
5.3	ZONE STOCKAGE CHARBON.....	32
5.3.1	Principes généraux.....	32
5.3.2	Plancher sous toiture.....	33
5.3.3	Toiture	33
5.4	ZONE CHAUFFERIE GAZ ET ANNEXES	35
5.4.1	Principes généraux.....	35
5.4.2	Plancher haut du sous-sol Cogénération	36
5.4.3	PH du Rez-de-chaussée (Dalkia)	37
5.4.4	Plancher intermédiaire	38
5.4.5	Toiture	38
5.5	QUALITE DU BETON.....	40
5.6	ARMATURES	40
6	SCENARIOS ENVISAGES.....	41
6.1	INTRODUCTION	41
6.2	SCENARIO 1 : DÉMOLITION DE TOUS LES BÂTIMENTS.....	41

6.2.1	Avantages	41
6.2.2	Inconvénients	41
6.3	SCENARIO 2 : CONSERVATION DE LA CATHEDRALE SEULE	42
6.3.1	Avantages	42
6.3.2	Inconvénients	42
6.3.3	Modification à l'intérieur de la structure :	43
6.4	SCENARIO 3 : CONSERVATION DE TOUS LES BATIMENTS	51
6.4.1	Avantages	51
6.4.2	Inconvénients	51
7	ANNEXE : DECOUPAGE 3D DE LA MAQUETTE PAR NIVEAU	52

1 OBJET

L'objet de la mission est la rédaction d'une note de faisabilité technique suite à la réalisation de diagnostics géométrique, structurel et géotechnique afin de présenter les différents scénarios avec avantages et inconvénients.

Les diagnostics ont été réalisés aussi bien sur l'ancienne chaufferie charbon appelée « la Cathédrale » que sur la chaufferie gaz en activité. L'ouvrage est complété par une ancienne zone de stockage charbon.

Les différents scénarios présentés et les chiffrages travaux associés sont fournis dans un tableau excel.

2 DOCUMENTS DISPONIBLES

[1] « Plans » Chaufferie

Les plans disponibles de la chaufferie de la DOUA sont fournis par le Maître d'Ouvrage.

[2] Diagnostic géotechnique (G5) La Doua – démantèlement de la chaufferie

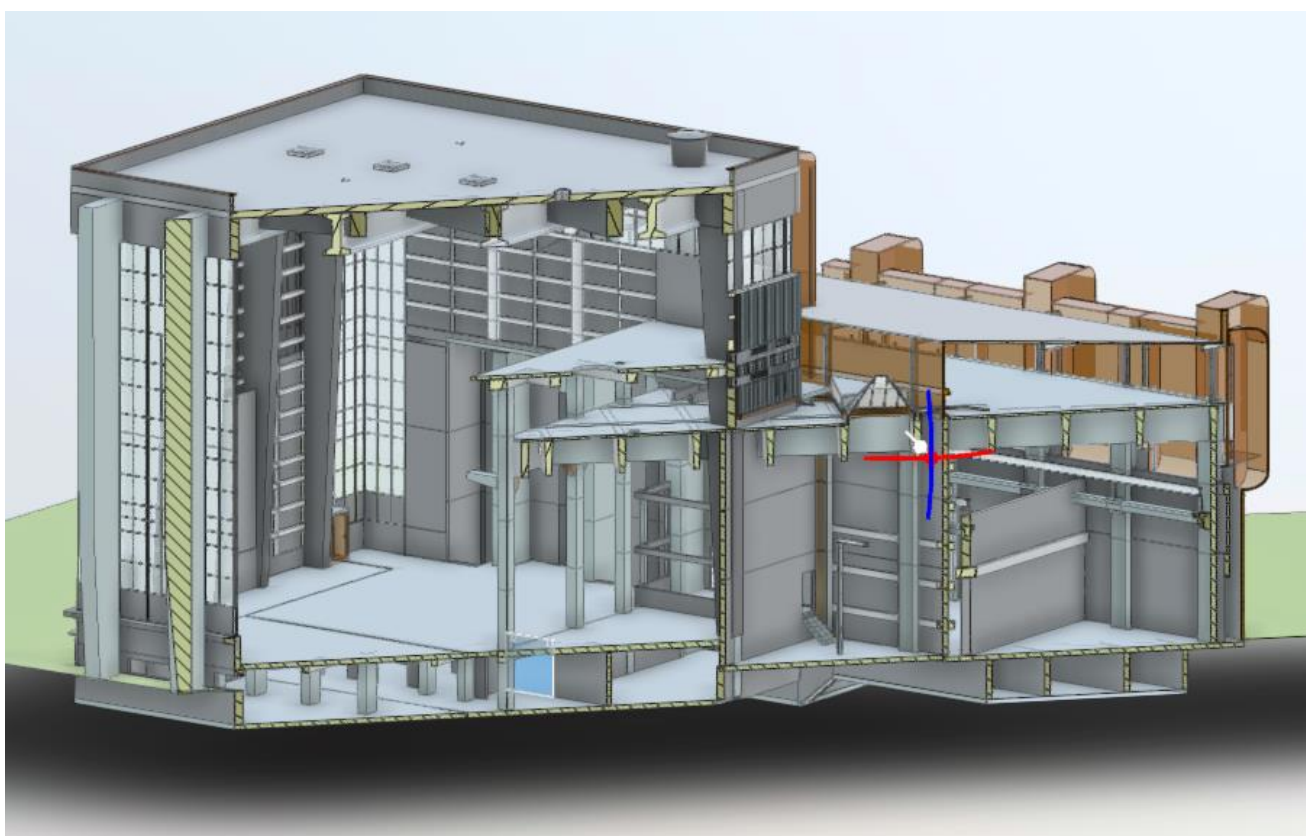
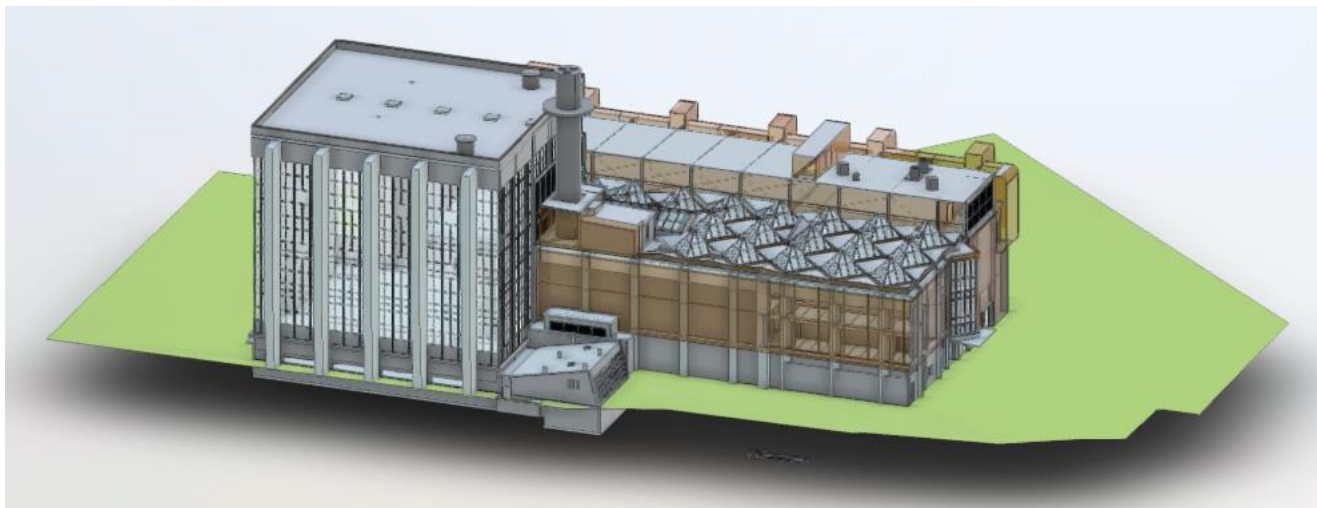
Réf. dossier : RLY2.I.114 - août 2018.

[3] Diagnostic structure LA DOUA – Chaufferie de la Doua

Réf. dossier : RLY3.I.103- août 2018.

[4] Maquette BIM CHAUFFERIE – rvt

Maquette BIM CHAUFFERIE



3 LOCALISATION DU PROJET

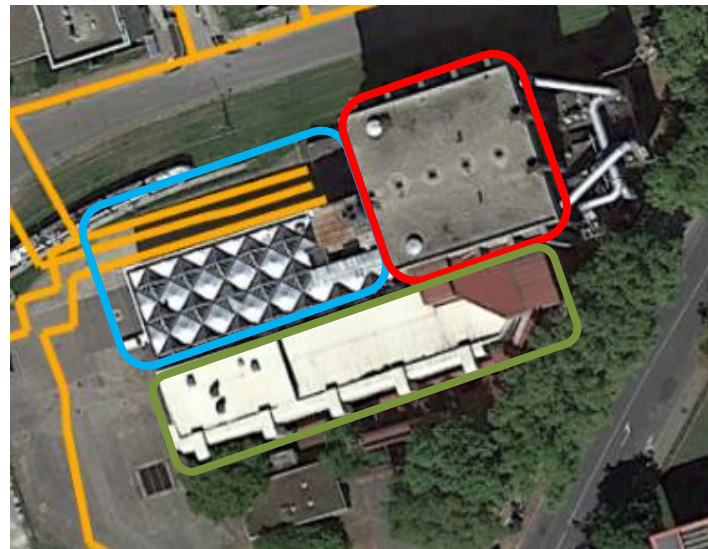
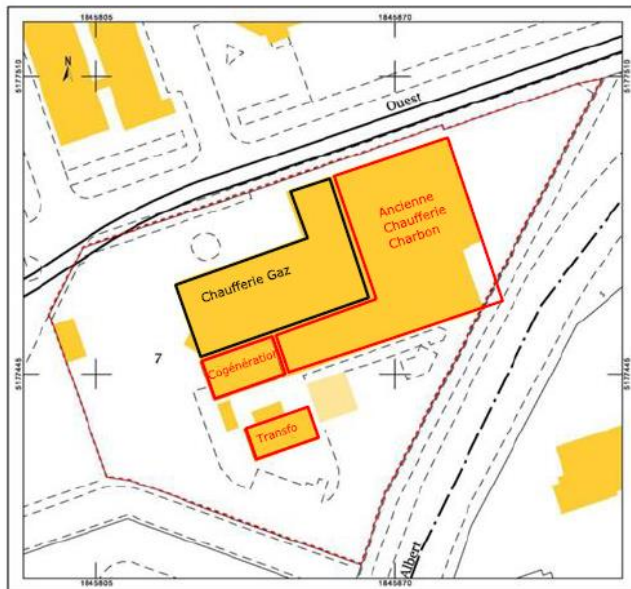
La chaufferie du campus universitaire de la Doua se situe au 10 avenue Albert Einstein à Villeurbanne (69100).



Localisation du site

Les vues ci-après montrent l'emprise du projet. Le site existant est composé de 3 ouvrages « distincts » :

- L'ancienne chaufferie charbon à démanteler ;
- La chaufferie gaz ;
- Les annexes (cogénération, transfo).



Vue aérienne et dénomination des ouvrages

La zone entourée en rouge sur la vue correspond à la zone de structure de l'ancienne chaufferie charbon appelée « Cathédrale ».

La zone entourée en bleu sur la vue correspond à la chaufferie gaz en activité.

La zone entourée en vert sur la vue correspond à l'ancienne cogénération et l'ancienne zone stockage charbon.







Vue de la « Cathédrale »

4 SEISME

La ville du Villeurbanne se trouve en zone de sismicité faible (zone 2).

Le Maître d'Ouvrage a retenu la catégorie du bâtiment : classe maximale retenue III.

Catégorie d'importance	Description
I 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Habitations individuelles. ■ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. ■ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. ■ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. ■ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. ■ Parcs de stationnement ouverts au public.
III 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ERP de catégories 1, 2 et 3. ■ Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. ■ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. ■ Établissements sanitaires et sociaux. ■ Centres de production collective d'énergie. ■ Établissements scolaires.
IV 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. ■ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. ■ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. ■ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. ■ Centres météorologiques.

Suivant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

I. — En zone de sismicité 2 :

1. Pour les bâtiments de catégories d'importance IV, en cas de travaux ayant pour objet d'augmenter la SHON initiale de plus de 30 % ou supprimant plus de 30 % d'un plancher à un niveau donné, il sera fait application de la norme NF EN 1998-1 septembre 2005 avec la valeur d'accélération $a_{gr} = 0,42 \text{ m/s}^2$.

	Cat.	Travaux	Règles de construction
Zone 2	IV	<ul style="list-style-type: none"> > 30 % de SHON créée > 30 % de plancher supprimé à un niveau 	Eurocode 8-1 $a_{gr} = 0,42 \text{ m/s}^2$

L'utilisation de ce bâtiment en catégorie d'importance III (Etablissements scolaires) permet au Maître d'ouvrage de s'affranchir du renforcement du bâtiment concernant les efforts sismiques.

Les extensions de bâtiments désolidarisées par un joint de fractionnement respectent les règles applicables aux bâtiments neufs : toutes les extensions futures devront être désolidarisées de l'ouvrage existant et seront soumises au calcul sismique

Les travaux, de quelque nature qu'ils soient, réalisés sur des bâtiments existants ne doivent pas aggraver la vulnérabilité de ceux-ci au séisme.

Le futur projet ne devra donc pas venir toucher les éléments actuels participants au contreventement (portiques, voiles, ...),

Il faudra faire un comparatif de chargement avant et après modifications pour obtenir un chargement charges permanentes et charges d'exploitation inférieur ou équivalent aux charges actuellement reprises par la structure.

Il est possible d'augmenter les surfaces des planchers et donc d'ajouter des charges verticales supplémentaires sans modifier fondamentalement le fonctionnement initial de l'existant. En effet, cette disposition est parfaitement compatible avec le maintien de la structure existante car :

- Une partie des charges existantes peuvent être supprimées (exemple équipements, delta de surcharges, recharges, ...) et donc elles peuvent être remplacées par des nouvelles charges ;
- Attention, pour les portiques principaux de la cathédrale, les charges supprimées sont faibles ;
- Les nouvelles charges peuvent être supportées par des structures internes complémentaires.

Pour la chaufferie de la Doua, nous préconisons d'ajouter des charges modérées sur les poteaux existants (en les vérifiant bien-sûr et hors sujet fondation) et d'insérer des poteaux neufs à l'intérieur.

C'est la responsabilité du MOA de décider ou non d'avoir un renforcement volontaire de son ouvrage (avec un choix d'état limite fondamental)

En cas de travaux visant uniquement à renforcer le niveau parasismique d'un bâtiment, le niveau de dimensionnement de ce renforcement au sens de la norme NF-EN 1998-3 décembre 2005 "évaluation et renforcement des bâtiments" à savoir quasi-effondrement, dommage significatif ou limitation des dommages relève du choix du maître d'ouvrage.

Si le Maître d'ouvrage décide que l'ouvrage dans sa configuration définitive doit résister au séisme de calcul, il faut vérifier l'ensemble sous séisme. Dans ce cas il faudra choisir un degré de renforcement suivant le paragraphe 2.1 de EC8 Partie 3.

norme européenne

norme française

NF EN 1998-3
Décembre 2005Indice de classement : **P 06-033-1****ICS : 91.080.01 ; 91.120.25**

Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes

Partie 3 : Évaluation et renforcement des bâtiments

2 Exigences de performance et critères de conformité

2.1 Exigences fondamentales

(1)P Les exigences fondamentales font référence à l'état d'endommagement de la structure, défini dans le présent document par les trois états limites (LS) suivants, à savoir Quasi-effondrement (NC), Dommages significatifs (SD), et Limitation des dommages (DL). Ces états limites doivent être caractérisés comme suit :

État limite de quasi-effondrement (NC). La structure est fortement endommagée, avec une résistance et une rigidité latérales résiduelles faibles, bien que les éléments verticaux demeurent capables de supporter des charges verticales. La plupart des éléments non structuraux se sont effondrés. Des déplacements permanents importants sont observés. La structure est proche de l'effondrement et ne résisterait vraisemblablement pas à un autre séisme, même d'intensité modérée.

État limite de dommages significatifs (SD). La structure est endommagée de manière significative, avec une certaine résistance et une certaine rigidité latérales résiduelles, les éléments verticaux étant capables de supporter des charges verticales. Les éléments non structuraux sont endommagés, bien que les cloisons et des remplissages n'aient pas subi de rupture hors plan. Des déplacements permanents modérés sont observés. La structure peut supporter des répliques d'intensité modérée. La réparation de la structure est vraisemblablement non rentable.

EXTRAIT DE L'EUROCODE 8 / PARTIE 3

5 ANALYSE DES RAPPORTS

Le site existant est composé de 3 ouvrages distincts : l'ancienne chaufferie charbon dite « la cathédrale », la chaufferie gaz, les annexes (cogénération, transformateur).

Trois missions ont été demandées pour évaluer l'état structurel des bâtiments.

- Une mission de diagnostic géométrique – maquette rvt ;
- Une mission de diagnostic géotechnique ;
- Une mission de diagnostic structurel.

5.1 PHASES ULTERIEURES

Les missions de diagnostic géométrique, géotechnique et structurel vont permettre pour les phases ultérieures architecturales et de maîtrise d'œuvre d'intégrer le futur projet.

5.1.1 Géométrie de l'ouvrage

Comme le Maître d'Ouvrage souhaite dans son projet conserver les bâtiments existants au maximum pour leur patrimoine architectural, il est indispensable d'avoir une vision précise de la structure existante.

En l'absence de plans de coffrage complets et de niveau exécution, la maquette BIM issu du relevé géométrique était indispensable car elle permet de compenser cette lacune. Cette maquette montre aujourd'hui une grande partie de la géométrie de la structure et à part les fondations non visibles peu d'éléments sont absents de la maquette.

L'architecte pourra donc à partir de la maquette BIM concevoir son projet architectural. Il pourra en fonction des directives du bureau d'études implanter les nouveaux planchers tout en conservant les dalles de contreventement. Il pourra également travailler sur les façades et les futures ouvrages mitoyens de l'existant.

Grâce à la maquette, le bureau d'études en charge de la maîtrise d'œuvre pourra vérifier les structures existantes et définir les structures complémentaires ou les réparations nécessaires pour adapter le futur projet aux bâtiments conservés.

Dans le cas de zones partiellement détruites, le bureau d'études pourra également faire des comparatifs de charges avant / après grâce à la maquette. On pourra par exemple conserver des poteaux du sous-sol ou des fondations sur lesquels viendraient s'appuyer de nouveaux poteaux intérieurs au-dessus.

En cas de démolition, la maquette peut être utile pour définir le phasage de déconstruction.

Voir découpage 3D de la maquette par niveau en Annexe.

5.1.2 Diagnostic structure

En l'absence des plans d'armatures d'exécution des ouvrages existants, il est indispensable d'avoir des relevés des armatures existantes des éléments principaux de la structure. Même si le diagnostic n'est jamais complet, ni fiable à 100% (cas particuliers, adaptations lors des travaux, ...) il va permettre de vérifier les structures existantes conservées.

Le diagnostic permet également de connaître les caractéristiques des matériaux existants et leur capacité à être renforcés.

Le bureau d'études, à partir des sections d'acier et des relevés géométriques pourra déterminer les charges d'exploitation admissibles actuelles sur les planchers existants et faire des comparatifs de chargement avec le projet futur. Il pourra également vérifier les efforts résistants des poutres, poteaux et planchers relevés et réutilisés dans le projet futur.

Remarque : Un essai complémentaire sur les aciers TOR sera nécessaire pour clarifier la nuance de ces aciers entre 400 MPa et 500 MPa.

5.1.3 Diagnostic géotechnique

Le diagnostic géotechnique est incomplet car il se limite aux fondations extérieures de la cathédrale et aucun relevé sur les fondations du sous-sol n'a pu être effectué.

La reconnaissance de l'arase inférieure des fondations n'a pas été faite et il y a une incertitude sur la présence ou non de pieux sous la fondation.

Aujourd'hui les fondations de l'ouvrage sont très mal connues et risquent globalement de le rester car les reconnaissances sont très compliquées. Nous préconisons donc de rester dans l'ordre de grandeur des charges de l'époque.

Les dimensions sont imprécises dans le rapport géotechnique :

- Largeur : entre 0.80 m et 1.20 m
- Longueur : non définie
- Arase inférieure : non définie

Il faudrait que ce rapport soit complété.

Ci-joint un extrait du rapport géotechnique :

3.1 Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par GINGER CEBTP en accord avec le client.

Le programme d'investigation a été adapté par rapport à ce qui était prévu :

- Les 3 carottages de dalle, prévus depuis le sous-sol situé sous le stockage charbon, n'ont pas été réalisés car des sondages de reconnaissance ont déjà été effectués, probablement dans le cadre du diagnostic de pollution des sols ;
- Les 2 fouilles de fondation prévues dans l'ancien stockage charbon ont été réalisées depuis l'extérieur du bâtiment (présence d'un sous-sol).

La fouille de fondation prévue dans le sous-sol sera réalisée ultérieurement et fera l'objet d'un complément au présent rapport.

Dans l'idéal nous avons besoin des éléments suivants :

- Pour les fondations superficielles :
 - De la géométrie de la semelle
 - Du coefficient de frottement du sol d'assise
 - Des armatures
- Pour les fondations sur pieux :
 - Du diamètre des pieux
 - De leur capacité portante horizontale et verticale.
 - Des armatures

Ce sera compliqué d'avoir l'ensemble des éléments compte-tenu des conditions d'accès.

Dans les phases ultérieures, l'équipe projet devra être particulièrement vigilante sur ce point et nous préconisons à ce stade :

- De ne pas surcharger les fondations existantes (comparatif de charges avant / après indispensables).
- Réaliser des fondations complémentaires pour les nouveaux porteurs.

Au stade des différentes phases de MOE, il sera donc nécessaire de faire un rapport géotechnique de type G2 AVP/PRO pour la réalisation de fondations complémentaires complété par une reconnaissance complémentaire des fondations existantes.

Cette reconnaissance des fondations existantes sera réalisée sous les poteaux principaux avec pour objectif de déterminer les dimensions et l'arase inférieure des semelles ou têtes de pieux et de réaliser un dégagement sous la fondation pour vérifier la présence ou non de pieux.

Ce dégagement permettra également au diagnostic structurel de déterminer les armatures inférieures des fondations.

Afin de réaliser cette reconnaissance, il sera nécessaire, compte-tenu des profondeurs prévisibles, de prévoir des blindages de fouilles.

(Ordre de grandeur de prix : 30 000 € à 40 000 € suivant condition d'accès)

Le complément de ce rapport devrait permettre d'obtenir :

- La capacité portante du sol
- Le principe de fondation : semelles ou pieux
- Le coefficient de frottement du sol d'assise

5.2 ZONE CATHEDRALE :

5.2.1 Principes généraux – zone « Cathédrale »

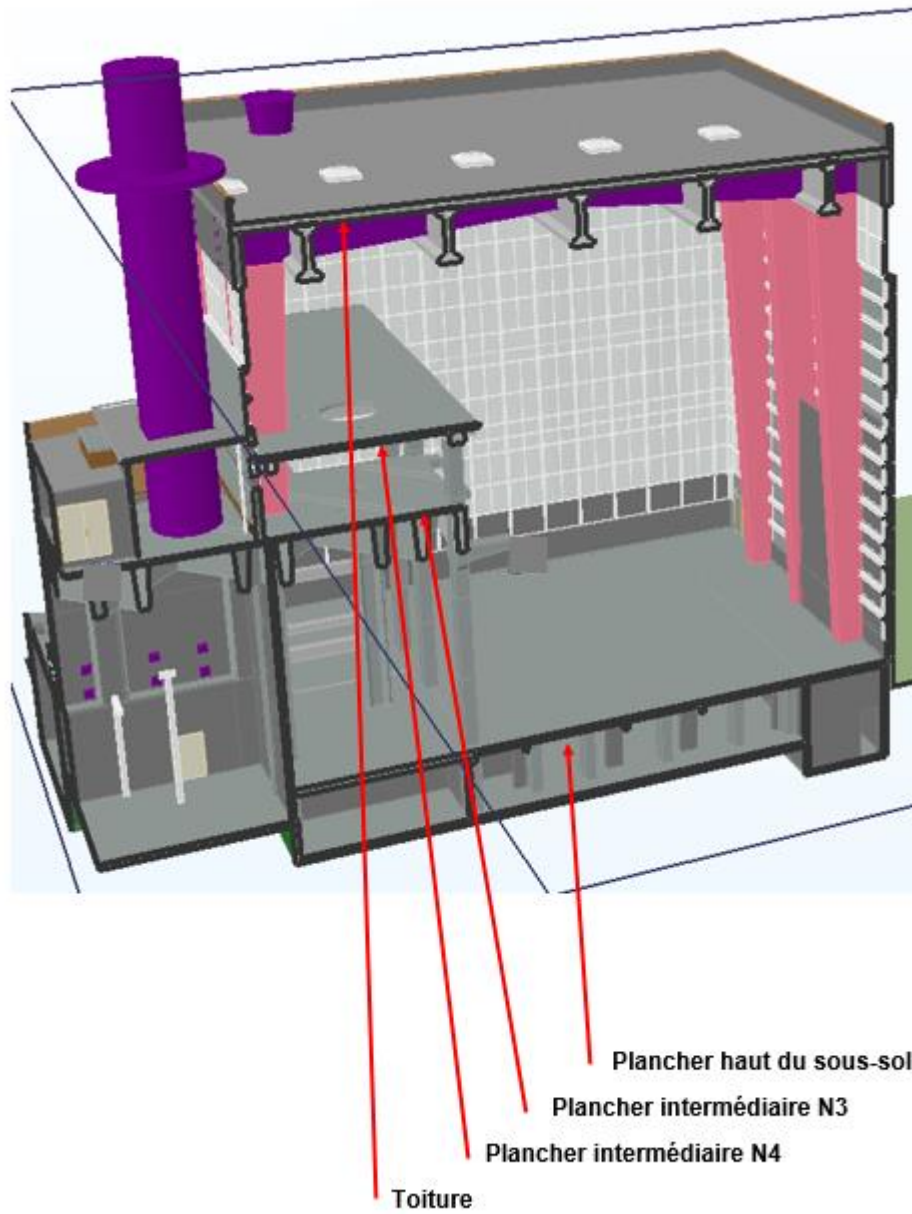
La zone « Cathédrale » est composée d'un niveau de sous-sol, d'un rez-de chaussée, de 2 niveaux intermédiaires partiels et d'une toiture.

La structure de la « Cathédrale » est composée de portiques principaux en béton.

Dans la direction nord-sud, les portiques sont composés de poteaux à inertie variable (en partie basse) et de poutres en « I » en béton armé ou en béton précontraint.

Dans la direction est-ouest, les portiques sont composés de poteaux à inertie variable et de poutres rectangulaires à inertie variable.

COUPE SUR CATHEDRALE



5.2.2 Fondations

Les fondations du bâtiment sont constituées de semelles ponctuelles ancrées dans les sables et graviers situés vers 4.5 / 5.0 m de profondeur.

Pour les fondations dont le relevé est inconnu, un comparatif de charges pourra être fait avant / après pour permettre leur réutilisation.

Aujourd'hui les fondations de l'ouvrage sont très mal connues et risquent globalement de le rester car les reconnaissances sont très compliquées. Nous préconisons donc de rester dans l'ordre de grandeur des charges de l'époque.

Pour les nouveaux porteurs (notamment intérieur) ou pour les dépassements de charges, des fondations complémentaires seront nécessaires (définies selon le rapport G2 AVP/PRO).

Il sera intéressant dans tous les cas d'aller chercher les fondations existantes « intérieures » qui seront moins sollicitées qu'auparavant.

Exemple : poteaux au droit des appuis des chaudières supprimées.

5.2.3 Sous-sol

Le niveau bas du sous-sol est composé d'un dallage.

L'épaisseur du dallage est comprise entre 10.5 et 14.0 cm.

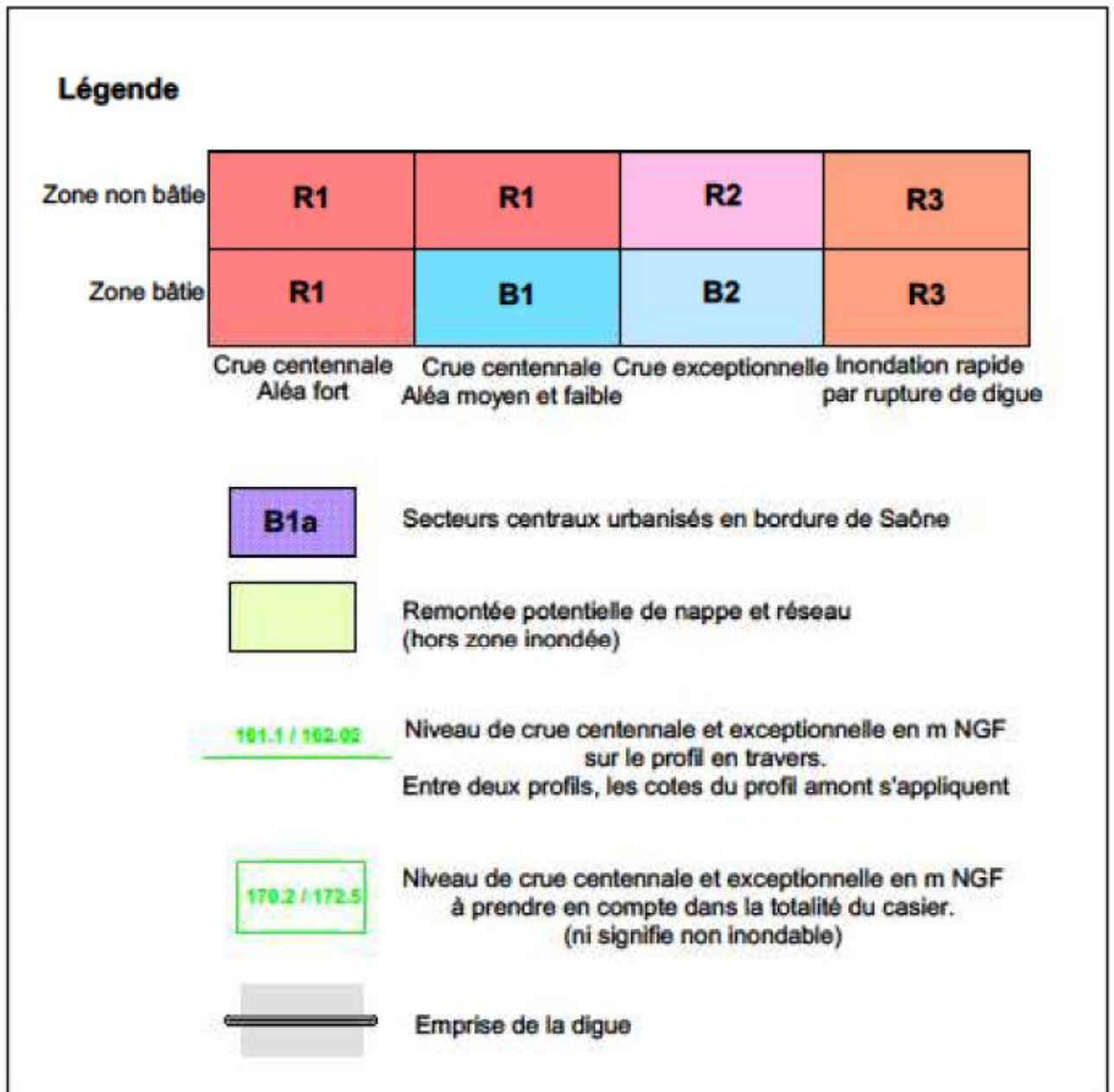
Cette épaisseur, non réglementaire vis-à-vis des règlements actuels, permettra de reprendre des charges d'exploitation de l'ordre de 500 daN/m², suffisante pour implanter des locaux techniques.

Le niveau de la nappe phréatique se situe à environ 5 m de profondeur.

Par contre, suivant le PPRI de Lyon Villeurbanne, il y a des risques de remontée potentielle de nappe, ce qui nécessite un cuvelage du sous-sol.

PPRI SECTEUR LYON VILLEURBANNE – CARTE DE ZONAGE N° 3



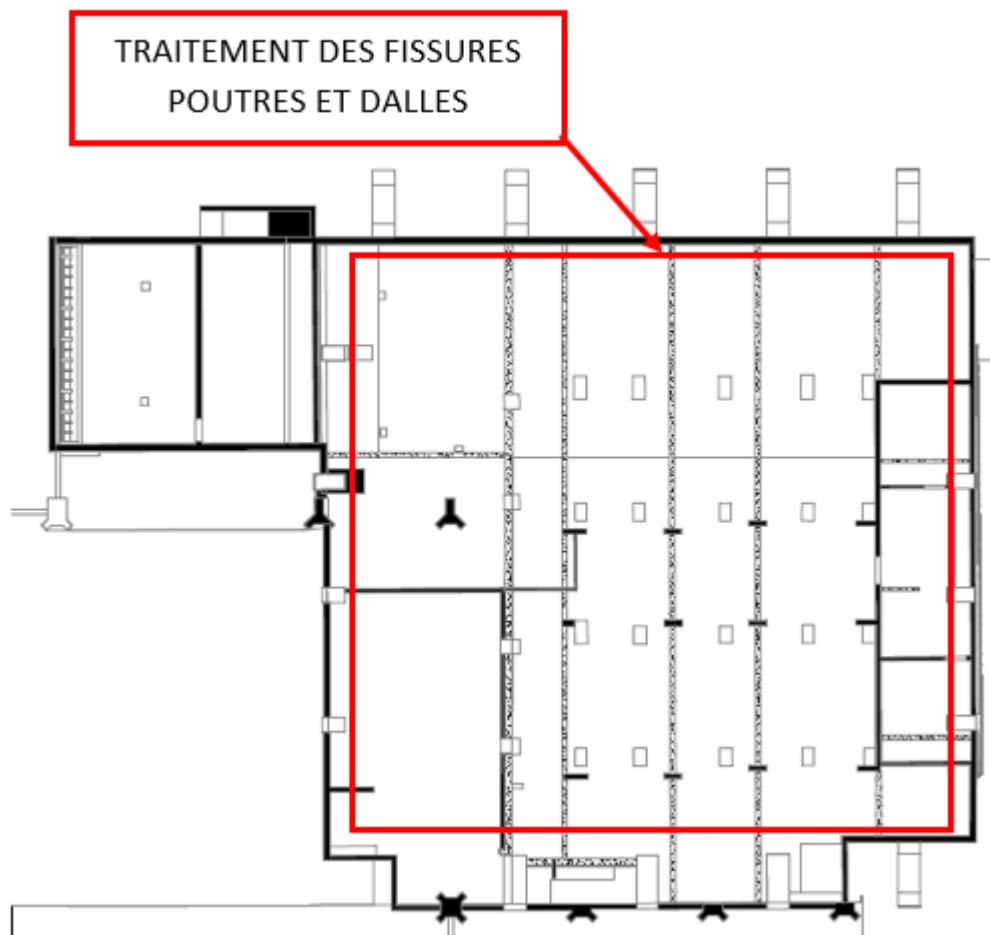


5.2.4 Plancher haut du sous-sol

Le PH du sous-sol est composé d'un réseau de poutres portant sur les poteaux et support de la dalle.

Le plancher haut du sous-sol présente des armatures de dalles et de poutres corrodées.

VUE EN PLAN DU PLANCHER HAUT DU SOUS-SOL :

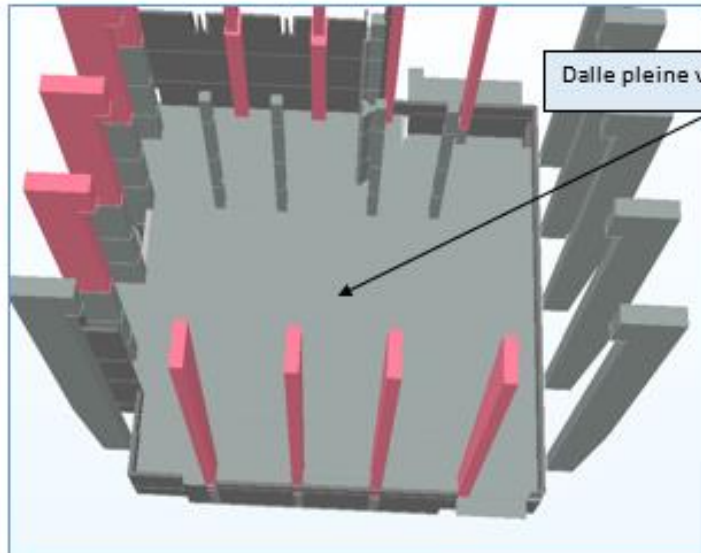


Nous notons que le relevé du sous-sol a été difficile à faire compte-tenu des réseaux et du process.

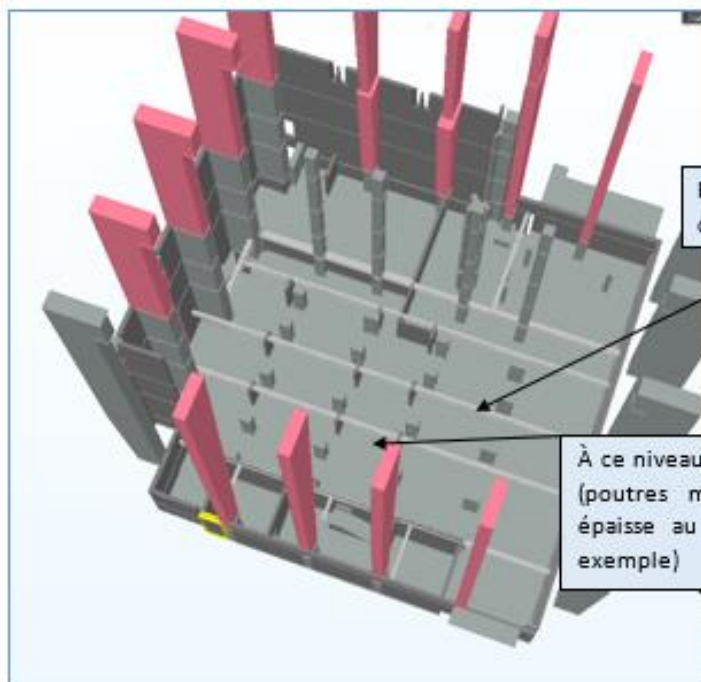
Dans la maquette revit, il manque des éléments de poutres au niveau des chaudières.

Il faudra faire un relevé plus précis après la suppression des réseaux et du process.

CATHEDRALE - DALLE NIVEAU N0 (plancher haut du sous-sol)



Dalle pleine vue de dessus



Poteaux et poutres support de la dalle

À ce niveau, la maquette est incomplète (poutres manquantes et dalle plus épaisse au droit des chaudières par exemple)



NOTA : Corrosion des aciers



La corrosion des armatures du béton armé peut entraîner un appauvrissement des capacités portantes de la structure. Cette perte de résistance se manifeste par des pertes de section des armatures.

Il faudra effectuer des nouveaux sondages sur la totalité de ce niveau pour définir les zones à renforcer ou à reconstruire.

Cette prestation fera partie des phases ultérieures.

L'ingénieur chargé de la réhabilitation de la structure devra estimer les pertes après une série de mesures des diamètres résiduels effectuées dans des sondages.

Dans les phases ultérieures, il faudra s'assurer que les charges d'exploitation sont compatibles avec les armatures en place.

Si les armatures en place sont surabondantes suite à une diminution des charges d'exploitation, le renforcement ne sera pas nécessaire en fonction de la perte de section mesurée sur les sondages.

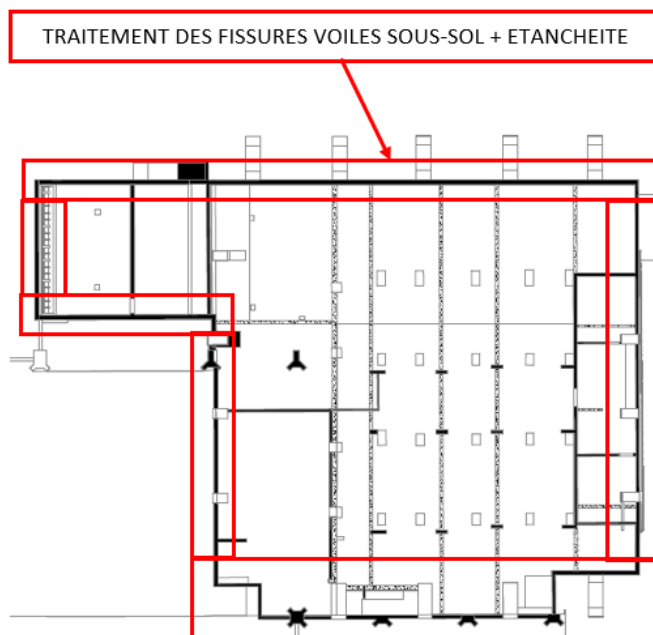
Dans le cas contraire, l'apport de nouvelles armatures peut alors se faire dans la masse, après démolition des zones et reconstitution du béton soit par un apport externe enrobé dans un béton projeté connecté à la surface soit par des armatures additionnelles collées sous forme de lamelles de carbone.

Les poteaux secondaires support de ce plancher seront conservés car ils sont porteurs des 2 planchers intermédiaires (fonction de la conservation ou non de ces derniers).

Concernant les voiles, il y a de nombreuses fissurations des voiles de soubassement et des venues d'eau importante au niveau du sous-sol.



Il y aura des travaux de traitement de ces fissures ainsi qu'une étanchéité du sous-sol à prévoir.



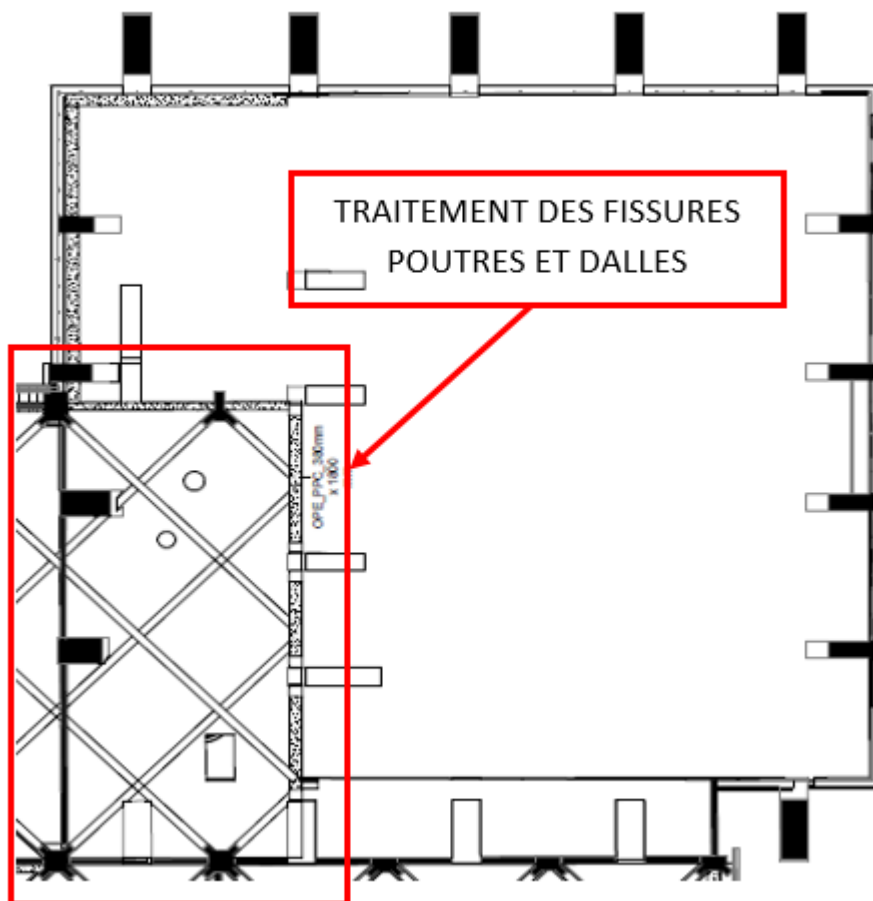
5.2.5 Planchers intermédiaires

La suppression ou non de ces planchers est mentionné dans les différents scénarii du §6. Si les planchers sont conservés, les précautions suivantes seront à prendre en compte dans les futures études.

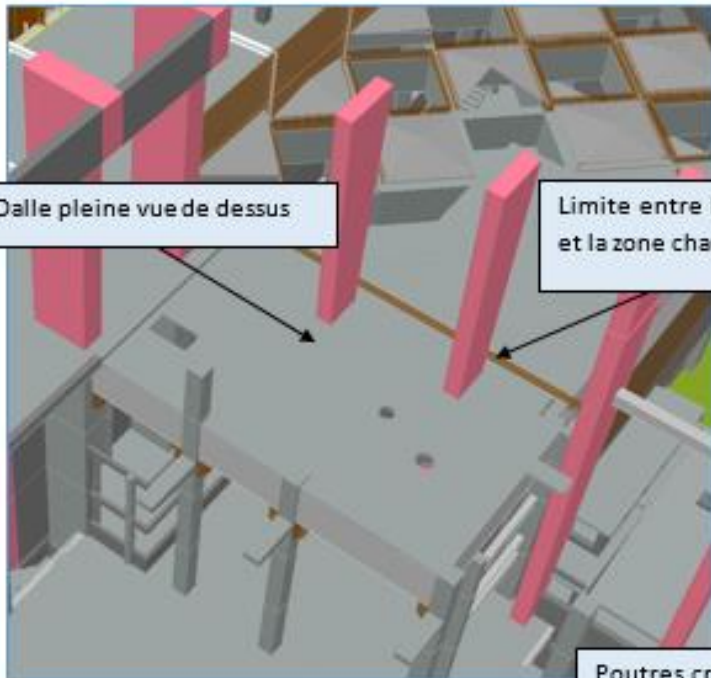
Les planchers intermédiaires, poutres et dalles présentent des fissures calcifiées généralisées.

Il conviendra de traiter ces fissures pour arrêter l'oxydation des aciers avec le même traitement que pour une oxydation classique.

PLANCHER INTERMEDIAIRE N3



CATHEDRALE - DALLE NIVEAU N3

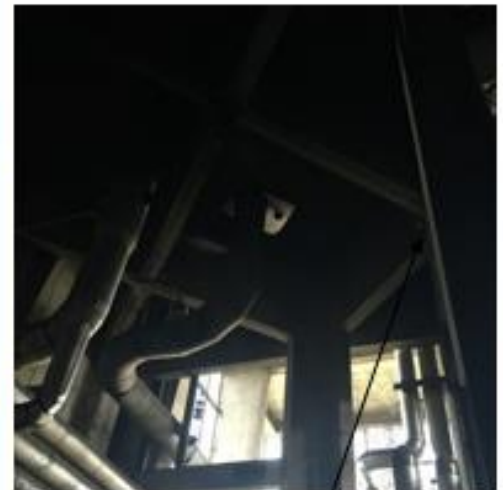


Dalle pleine vue de dessus

Limite entre la Cathédrale
et la zone chauffée gaz

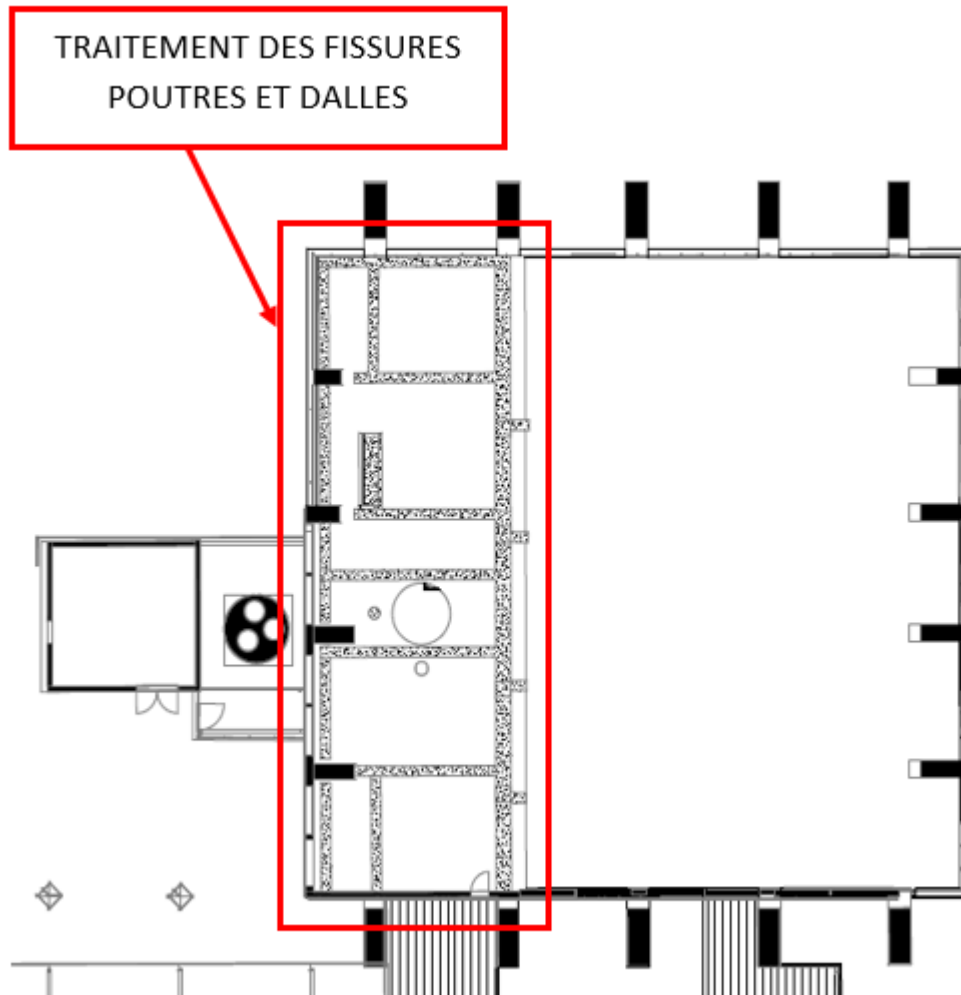


Poutres croisées du niveau N3. Les poutres
croisées de la chaufferie gaz pénètrent dans
la Cathédrale

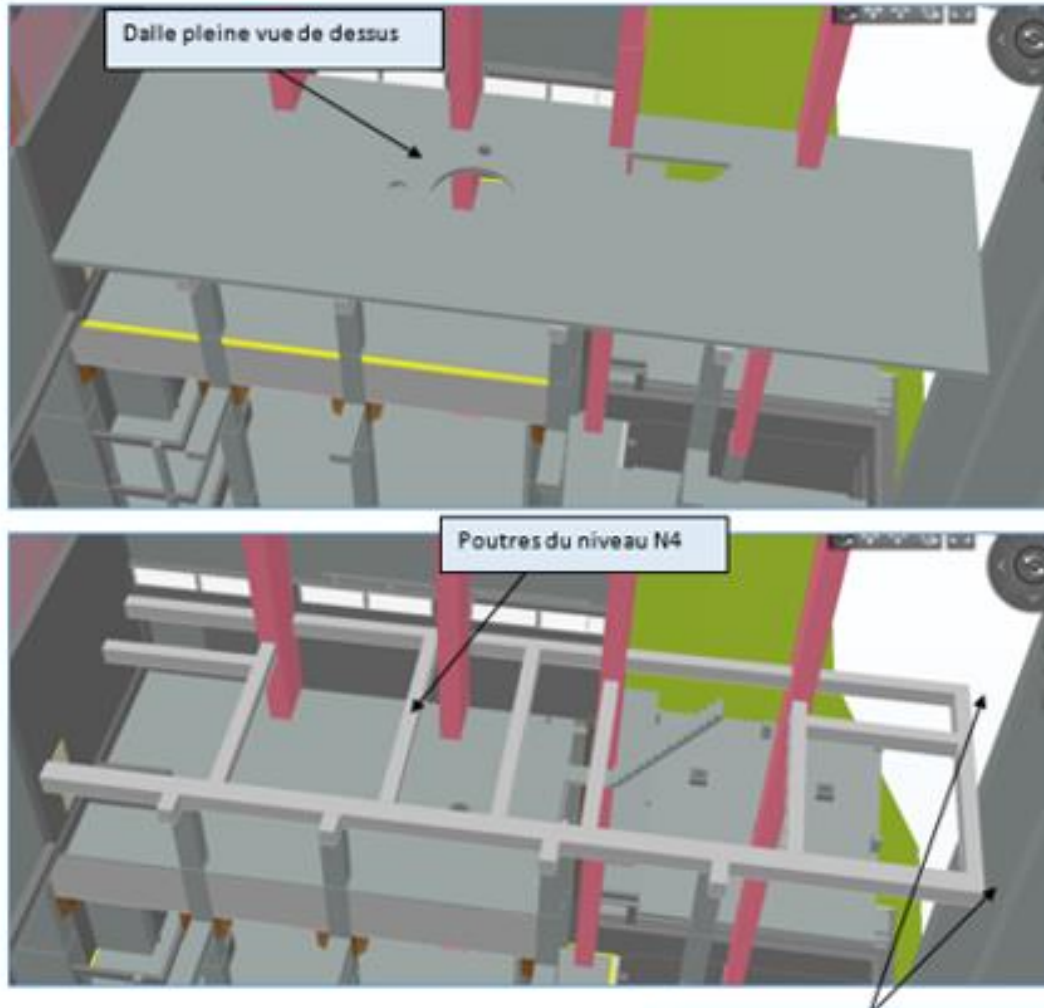


Lors de la construction de la Cathédrale, le
réseau de poutres croisées existant a été
adapté (création d'un chevêtre de reprise)

PLANCHER INTERMEDIAIRE N4



CATHEDRALE - DALLE NIVEAU N4



Les 2 poutres du niveau N4 viennent s'appuyer sur les corbeaux des 2 poteaux principaux.



5.2.6 Toiture

La toiture est constituée de poutres dans les deux directions :

- Poutres portiques en I en béton armé dans le sens Nord/Sud.
- Poutres rectangulaires portiques en béton armé dans le sens Est/Ouest.
- Dalle béton sur bac acier.

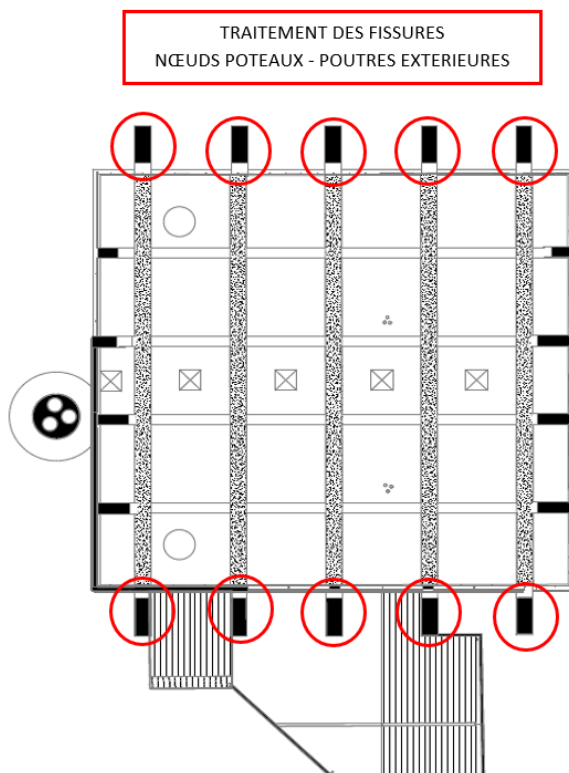
Les poutres sont en bonne état dans la zone intérieure (pour les parties visibles). Les zones des poutres qui se trouvent à l'extérieur (accrochage sur les poteaux extérieurs) sont endommagées et ces zones devront avoir les mêmes réparations que les poteaux extérieurs.

La dalle béton sur bac peut être conservée avec des réparations locales si nécessaire.

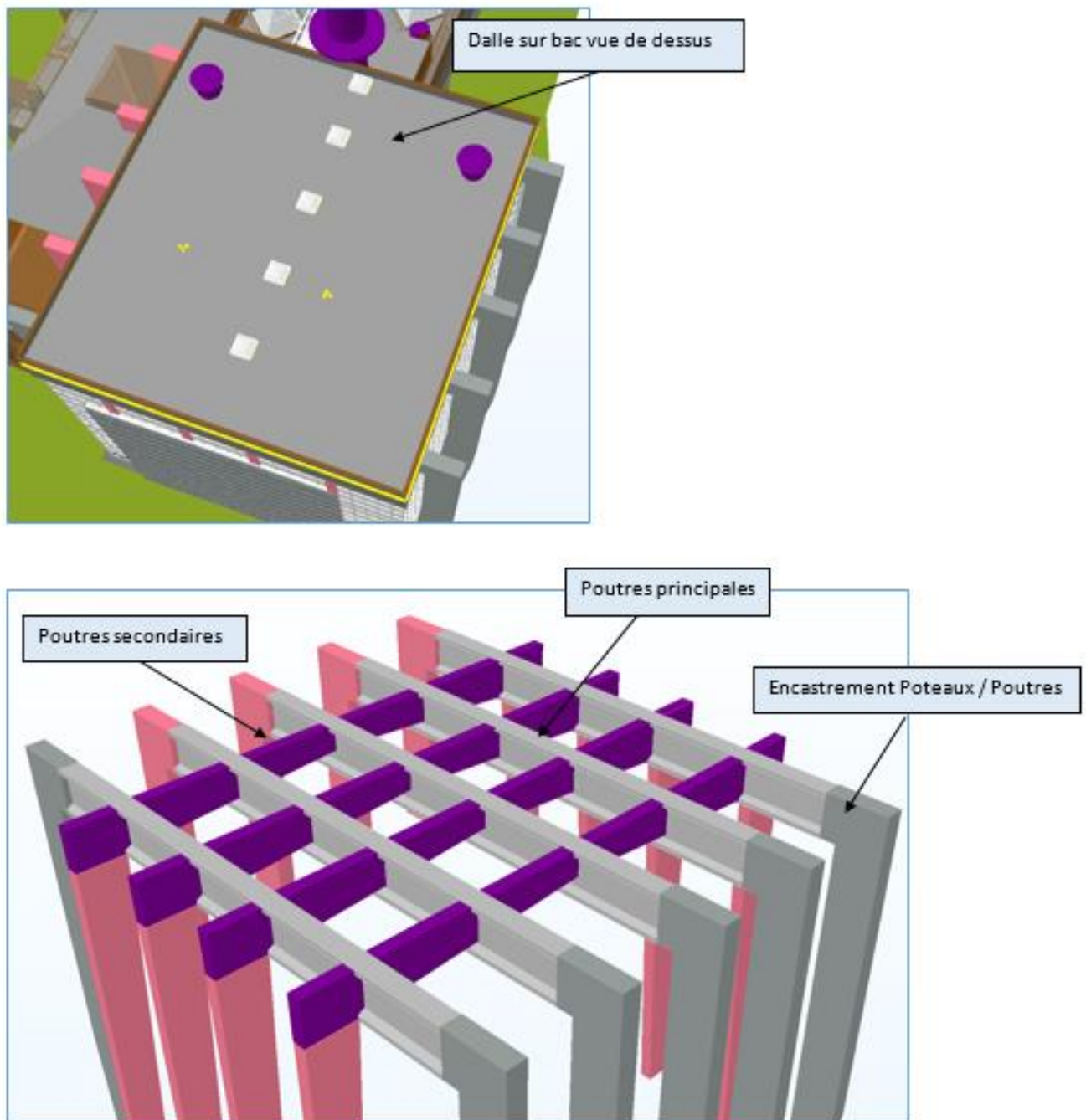
Cette dalle a une épaisseur de 15 cm.

Même si on ne connaît pas le fonctionnement retenu en calcul à l'époque, la toiture porte sur un réseau de poutres croisées (comme un filet) et les efforts passent au prorata des inerties et des portées. Ces poutres sont encastrées sur les poteaux.

TOITURE



CATHEDRALE - STRUCTURE PRINCIPALE EN TOITURE





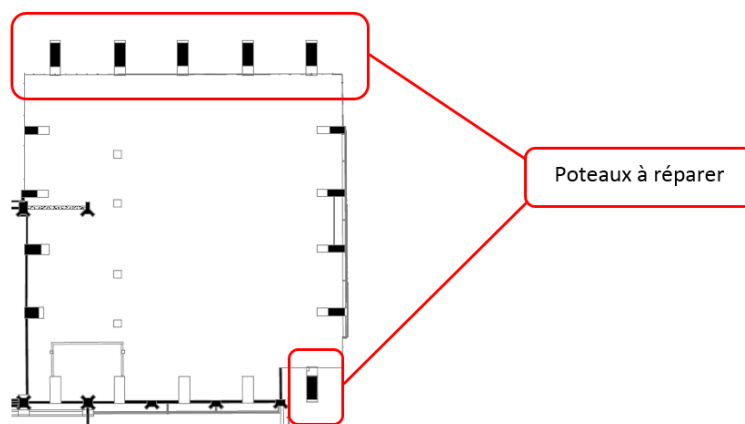
5.2.7 Poteaux

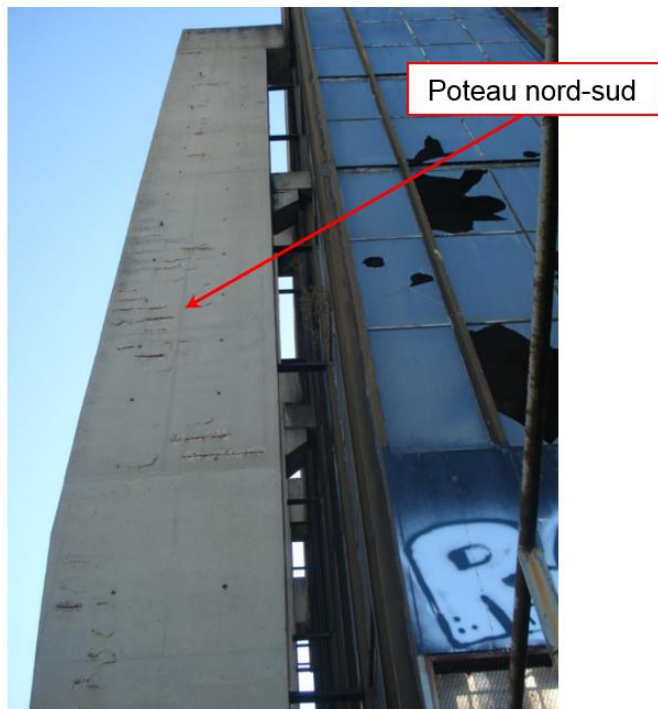
Les poteaux des portiques extérieurs ont des éclats amorces d'éclats avec aciers apparents oxydés.

Il conviendra de traiter ces fissures pour arrêter l'oxydation des aciers.

Les poteaux sont à réparer sur toute leur surface extérieure.

La jonction en tête avec les poutres est également à réparer.





Les poteaux sont encastrés en tête sur les poutres de toiture et sont encastrés en pied sur les fondations (hypothèse d'un portique bi-encastré que nous imaginons et paraît le plus plausible).

Les poteaux sont différents sur la zone centrale ouest et ils ont fait l'objet d'adaptation. Comme cette modification est compatible avec la cathédrale aujourd'hui, nous préconisons de laisser la zone en l'état en conservant la dalle, les poutres et les poteaux modifiés : voir structure existante page 23.

Il faut conserver la zone gaz qui « pénètre » dans la cathédrale. Il est important d'aller chercher les porteurs des poutres en « croix » qui pénètrent dans cette zone : voir recommandations page 45.

Nous ne connaissons aujourd'hui les armatures en pied uniquement (la reconnaissance en tête demandée dans le cahier des charges face aux conditions d'accès n'a pas été faite). Les poteaux devront être vérifiés en pied, en tête et à la jonction de chaque charge de plancher ajoutée.

Nous préconisons de rester dans l'ordre de grandeur des charges actuelles car nous considérons que la structure fonctionne pour reprendre les charges actuelles (même si une vérification sera nécessaire et qu'il est possible que des renforcements ponctuels avec des plats Carbone soient nécessaires.)

5.3 ZONE STOCKAGE CHARBON

5.3.1 Principes généraux

L'ancien stockage charbon est composé d'un niveau de sous-sol (partiel), d'un rez-de chaussée, d'un plancher intermédiaire et d'une toiture.

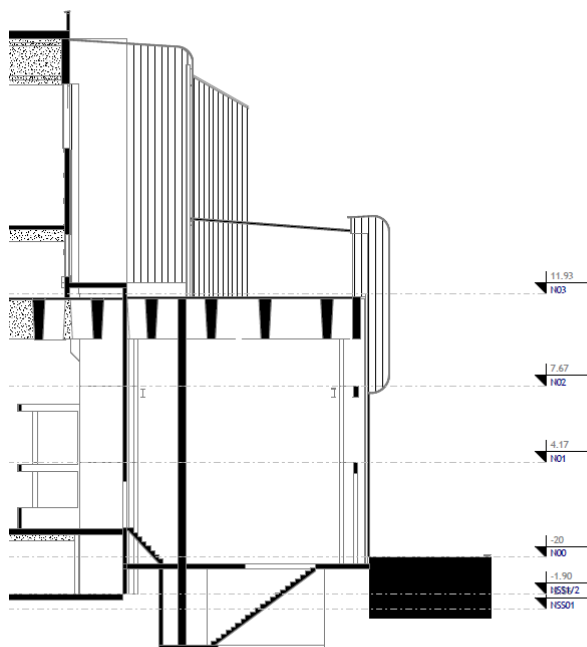
La structure est composée de portiques principaux en béton avec des poteaux en « croix » et un réseau de poutres croisées sous toiture.

Certaines zones entre poteaux sont constituées de voiles en béton (participation possible au contreventement) ou simplement bardées.

La zone stockage charbon présente de nombreux éclats avec aciers apparents oxydés sur les voiles, sur la structure poteaux et poutres avec perte de section généralisés, des épaufrures généralisées et des efflorescences généralisées.

En cas de réhabilitation de ce bâtiment, le bâtiment stockage charbon nécessitera des travaux de traitement des ouvrages dégradés par la corrosion.

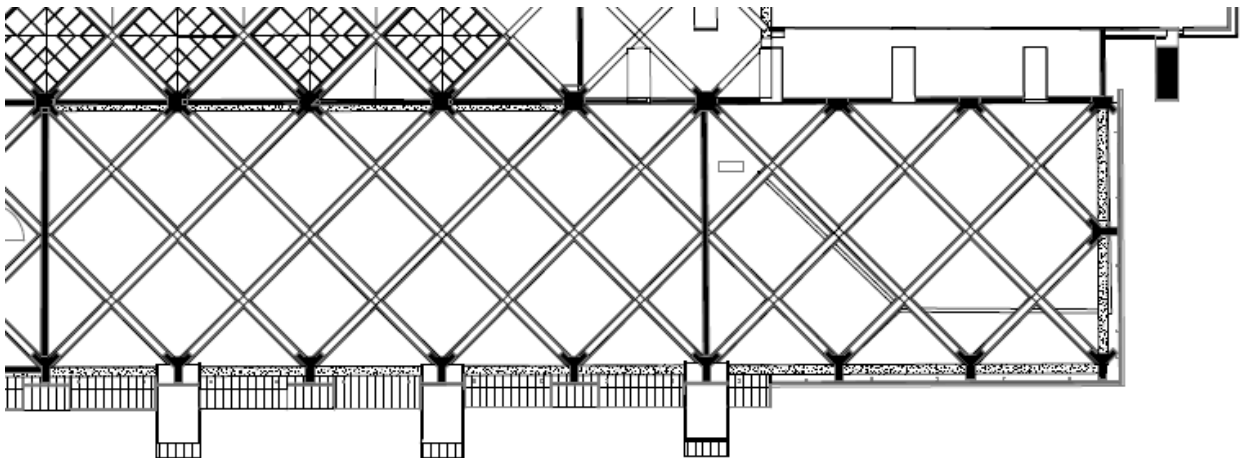
COUPE SUR STOCKAGE CHARBON



5.3.2 Plancher sous toiture

Le plancher sous toiture est constitué d'un réseau de poutres croisées.

PLANCHER SOUS TOITURE

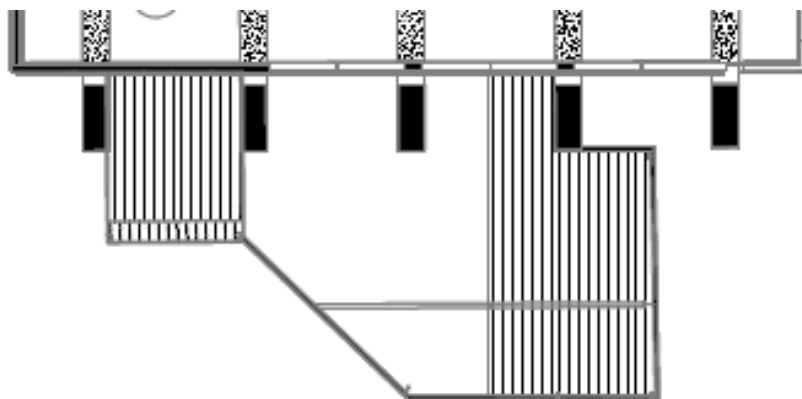


TRAITEMENT DES FISSURES POTEaux, VOILES PERIPHERIQUES, POUTRES CROISEES ET DALLES

5.3.3 Toiture

La toiture est constituée d'une structure métallique légère qui recouvre partiellement le plancher constitué de poutres croisées.

STRUCTURE METALLIQUE SUR TOITURE DU STOCKAGE CHARBON



Jonction poutre / poutre



Jonction poutre/poutre

Poteau en « croix »



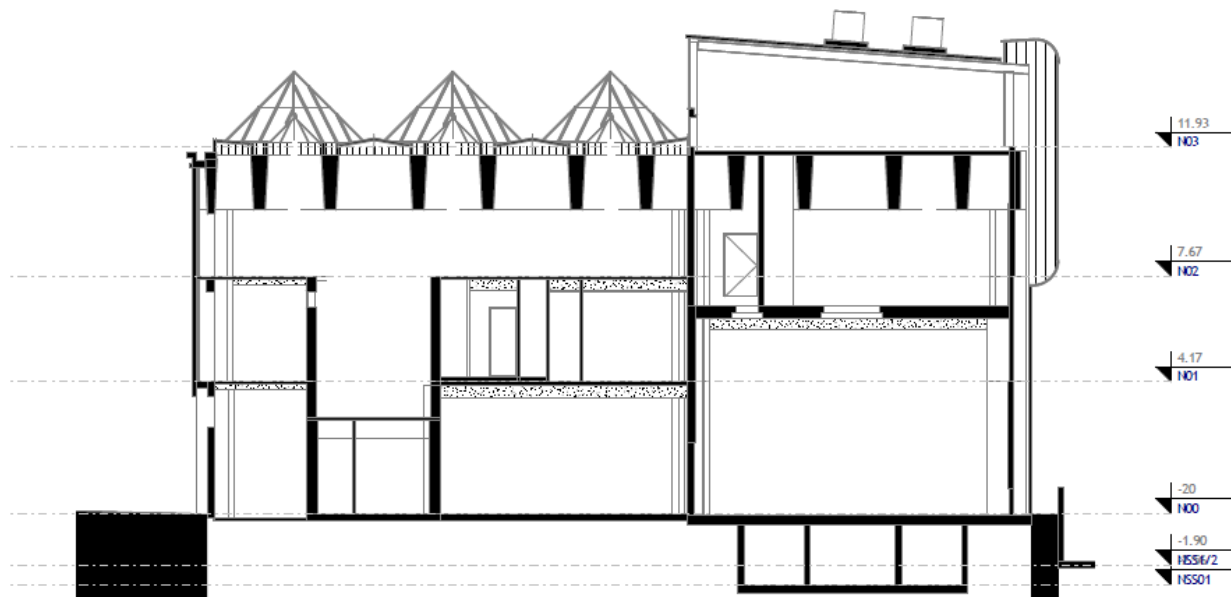
Poteau support du réseau de poutres croisées

5.4 ZONE CHAUFFERIE GAZ ET ANNEXES

5.4.1 Principes généraux

La chaufferie gaz et la cogénération sont composés d'un niveau de sous-sol (partiel), d'un rez-de-chaussée, de 2 niveaux intermédiaires partiels et d'une toiture.

La structure est composée de portiques principaux en béton avec des poteaux en « croix » et un réseau de poutres croisées sous toiture.



5.4.2 Plancher haut du sous-sol Cogénération

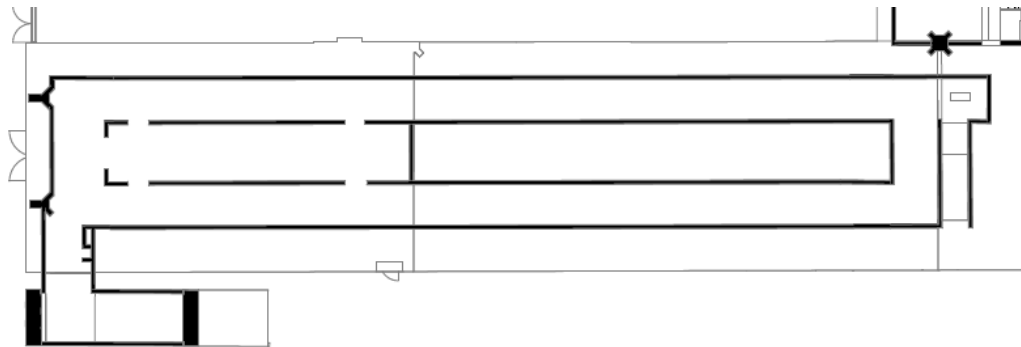
En sous-face de la dalle du sous-sol les bacs aciers sont tordus et corrodés avec un béton oxydé et quelques aciers apparents : à renforcer.

Les profilés métalliques sont corrodés : renforts et peinture à prévoir.

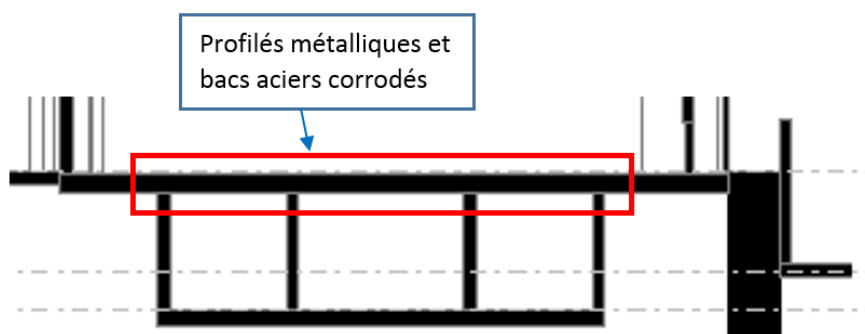
La zone est à étayer ou à renforcer si elle est toujours en activité.

SOUS-SOL DE LA COGENERATION ET DU STOCKAGE CHARBON

VUE EN PLAN :



COUPE :



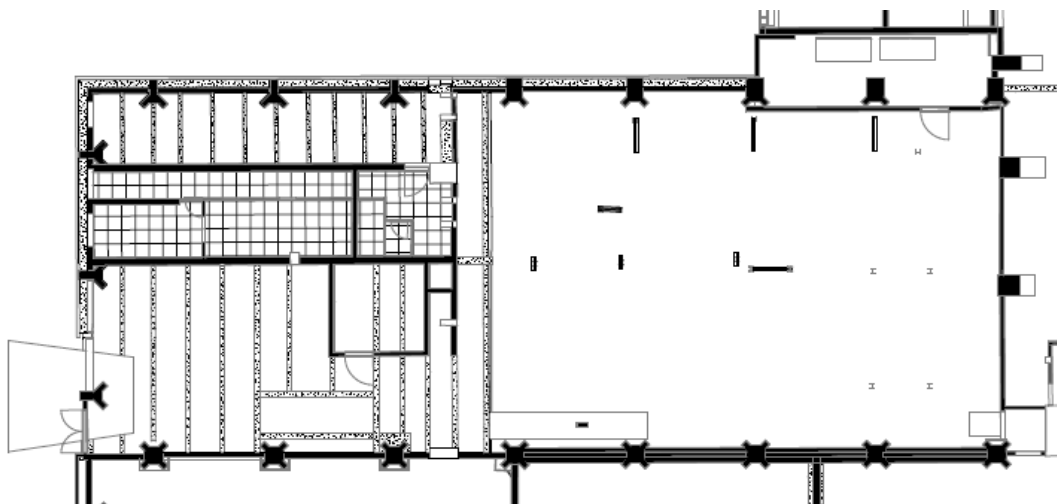


Bac acier corrodé en PH du sous-sol

5.4.3 PH du Rez-de-chaussée (Dalkia)

On note quelques épaufrures sans aciers apparents au niveau des poutres avec traces de rouille en sous face de dalle.

Plancher haut du RDC chaufferie gaz

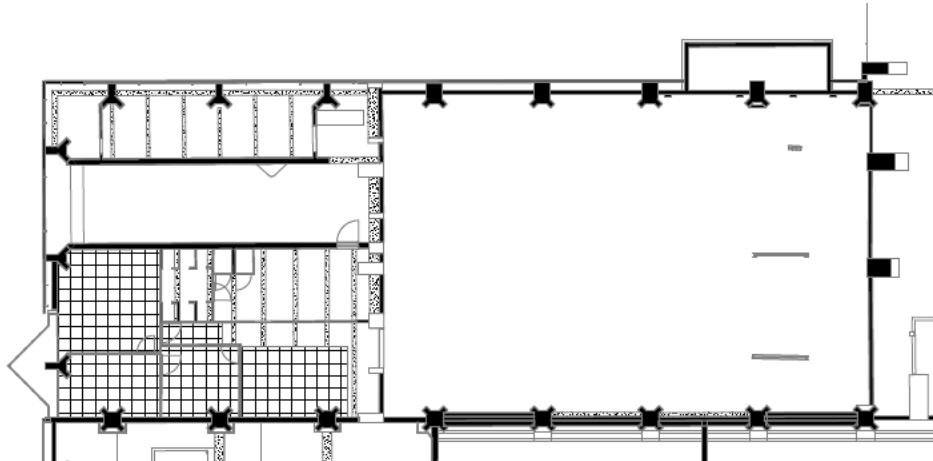


5.4.4 Plancher intermédiaire

Le plancher intermédiaire, poutres et dalles présentent quelques fissures calcifiées.

Il conviendra de traiter ces fissures pour arrêter l'oxydation des aciers.

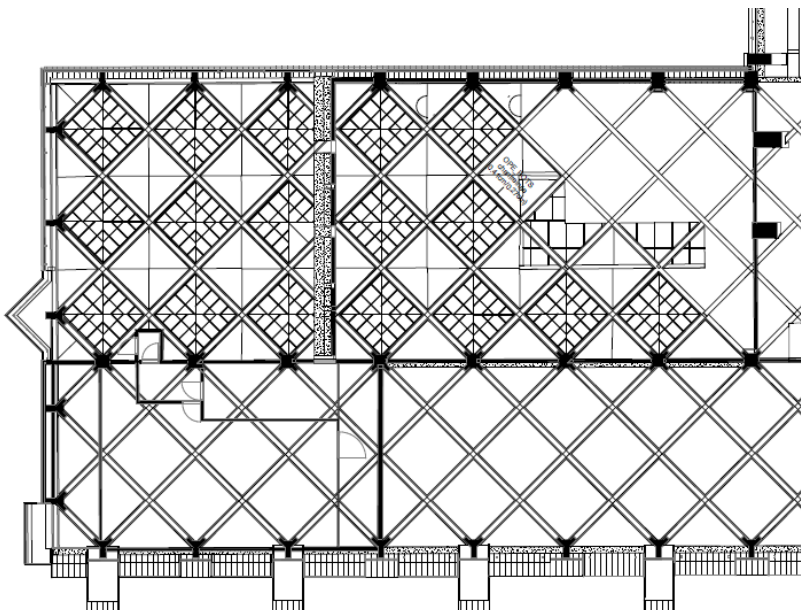
Plancher intermédiaire chaufferie gaz



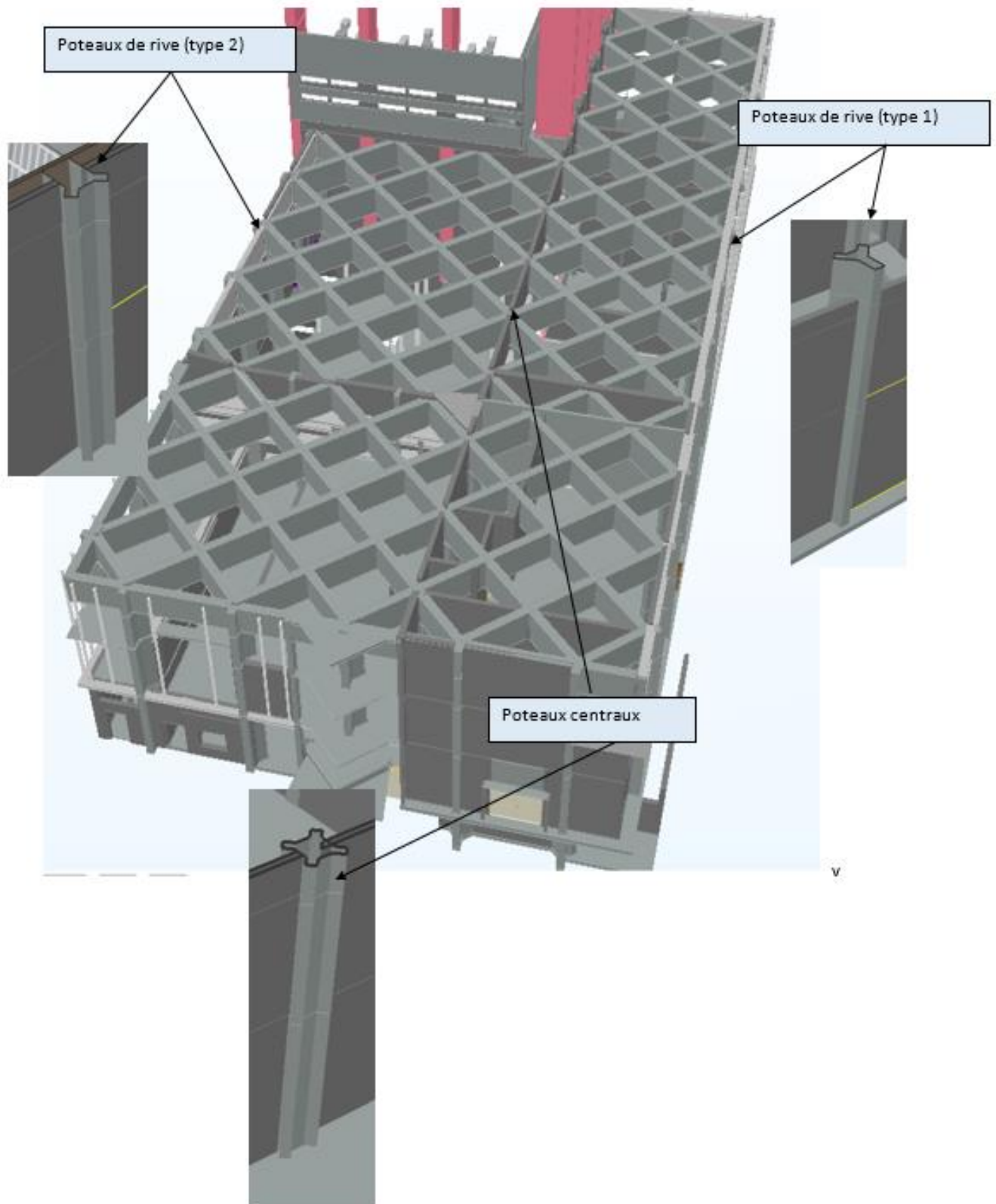
5.4.5 Toiture

La toiture est en bon état

Toiture chaufferie gaz



AUTRES BATIMENTS : RESEAUX DE POUTRES CROISES ET POTEAUX SUPPORT



5.5 QUALITE DU BETON

Dans le diagnostic structure, les essais de compression du béton réalisés en laboratoire identifie un béton standard avec des contraintes de rupture admissible.

Les bétons sont de bonne qualité et homogène sur l'ensemble du site.

5.6 ARMATURES

Les armatures testées par des essais de traction sont des cadres de poteaux ou de poutres qui sont en acier rond lisse avec une limite d'élasticité à 235 MPa et le treillis soudé des voiles avec une limite d'élasticité à 500 MPa.

La nuance des aciers TOR sera clarifiée en phase ultérieure : 400 MPa ou 500 MPa.

Cet essai sera réalisé de préférence sur des ouvrages non conservés.

6 SCENARIOS ENVISAGES

6.1 INTRODUCTION

Au vue de l'analyse des trois diagnostics, trois scénarios sont présentés.

- Démolition de tous les bâtiments et reconstruction d'un complexe neuf.
- Conservation et réaménagement de la cathédrale seule et d'un complexe neuf complémentaire désolidarisé.
- Conservation de la structure et aménagement de tous les bâtiments.
Les équipements techniques et process chaudières sont déposés, curés et démantelés.

Pour les trois scénarios, une liste des avantages et des inconvénients est fournie.

Cette liste est basée sur notre compréhension de la structure et son état.

L'estimation des travaux de réparation et confortement suivant les scénarios est fourni dans un fichier excel.

Pour les scénarios où les ouvrages sont conservés, l'analyse est complétée par des préconisations pour l'aménagement à l'intérieur des structures.

6.2 SCENARIO 1 : DEMOLITION DE TOUS LES BATIMENTS

6.2.1 Avantages

Les avantages d'une démolition complète de tous les bâtiments sont les suivants :

- Possibilité de créer des bâtiments adaptés à un projet architectural sans contrainte de structures qui peuvent imposer un aménagement contraignant.
- La démolition des bâtiments permet de mieux maîtriser le coût du futur projet.
- La démolition des bâtiments permettra de créer des bâtiments en conformité avec les normes applicables aujourd'hui notamment à l'ensemble des Eurocodes.

6.2.2 Inconvénients

Les inconvénients d'une démolition complète de tous les bâtiments sont les suivants :

- Impact de la démolition de la cathédrale vis-à-vis de la ligne de tramway très proche. La déconstruction des poteaux de grande hauteur et de poutres très lourdes à quelques mètres du TRAM induit de nombreuses contraintes lors de la déconstruction de l'ouvrage.

6.3 SCENARIO 2 : CONSERVATION DE LA CATHEDRALE SEULE

6.3.1 Avantages

Avantages concernant la conservation de ce bâtiment :

La conservation patrimoniale du bâtiment est un avantage compte-tenu de sa configuration architecturale.

La structure du bâtiment est globalement en bon état.

6.3.2 Inconvénients

Inconvénients concernant la conservation de ce bâtiment :

La cathédrale nécessite une remise en état de certaines zones :

- Imperméabilisation des voiles du sous-sol.
Des travaux d'imperméabilisation dus à des venues d'eau au niveau du sous-sol devront être réalisés sur les voiles du sous-sol.
- Traitement des fissures et aciers corrodés sur l'ensemble des structures : poteaux, voiles, dalles et poutres.

Le bâtiment nécessite la réalisation de travaux de confortement vis-à-vis des problèmes de fissuration et de corrosion des aciers.

Les fissures et éclatement de béton concernant les structures des bâtiments existants devront être traitées suivant un principe permettant un arrêt de la corrosion :

- Préparation du support : éliminer les parties non adhérentes.
- Passivation des aciers.
- Fourniture et mise en œuvre d'un collage type imprégnation époxydique.
- Fourniture et mise en œuvre d'un mortier de réparation.

La volumétrie issue de la conservation des structures existantes constitue une contrainte pour le futur projet (volume, éclairage, géométrie, surfaces, implantation des éléments de structure conservés, etc...).

L'estimation du coût du futur projet est difficilement maîtrisable. La structure conservée est à compléter pour la réalisation de surfaces complémentaires.

Les interfaces existant/projet demanderont des études poussées et sa réalisation sera délicate.

6.3.3 Modification à l'intérieur de la structure :

Concernant les planchers existants :

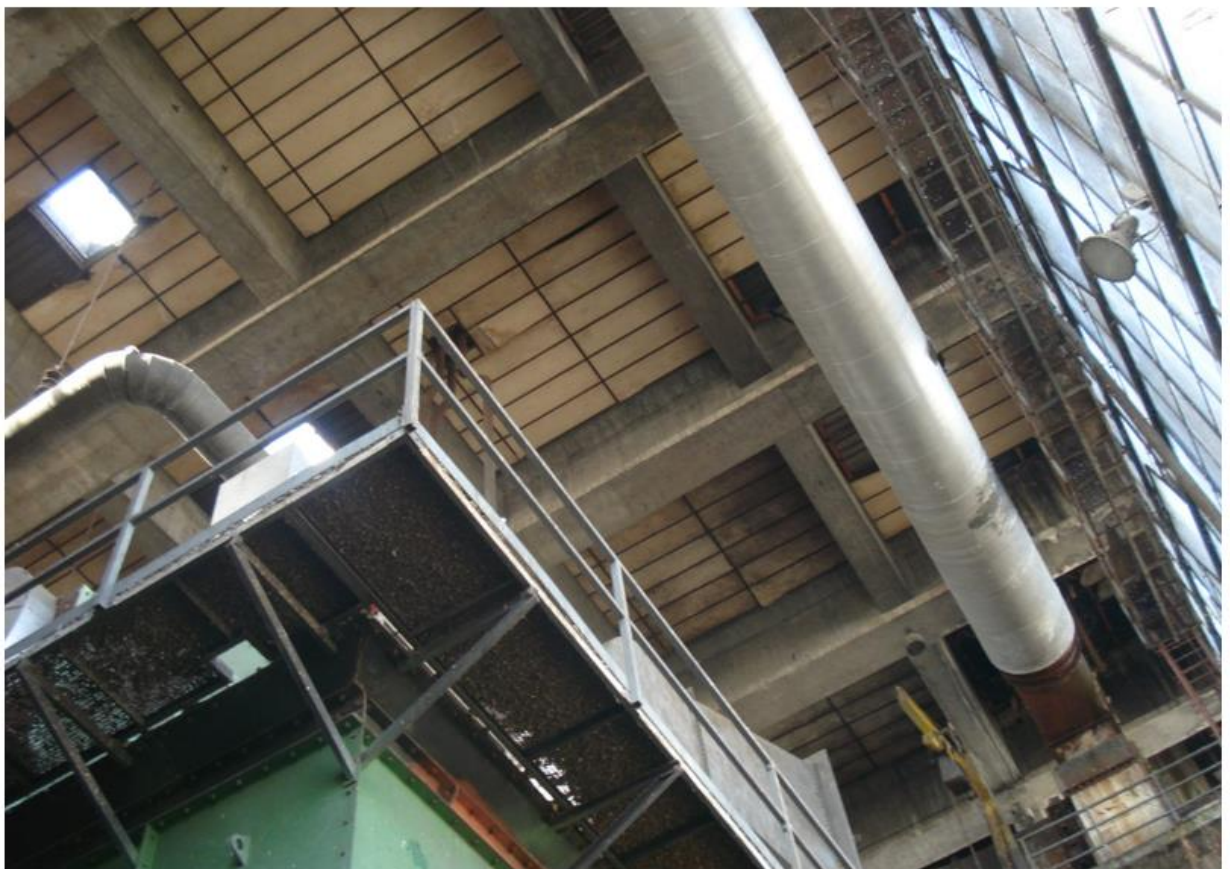
Afin de donner un maximum de liberté à l'Architecte sur la future structure intérieure, une analyse est faite dans ce paragraphe sur ce qu'il semble possible de détruire à l'intérieur de la Cathédrale et ce qu'il est impératif de conserver vis-à-vis de la structure existante conservée pour assurer son intégrité.

Les planchers et les porteurs secondaires qui les supportent sont notamment analysés. Toutes les adaptations devront dans les phases ultérieures faire l'objet de validation de la part du bureau d'études structure.

6.3.3.1 Toiture

Les poutres de toiture participent au contreventement et devront être conservés.

Les poutres de toiture, porteur actuellement d'une dalle béton sur bac acier pourront être renforcés par des lamelles de carbone si des charges supplémentaires sur la toiture terrasse devaient être appliquées (augmentation modérée). L'augmentation des efforts dans les poutres pourraient avoir un impact également sur les jonctions poteaux/poutres, sur les têtes de poteaux et sur les suspentes aux jonctions poutres principales / poutres secondaires.

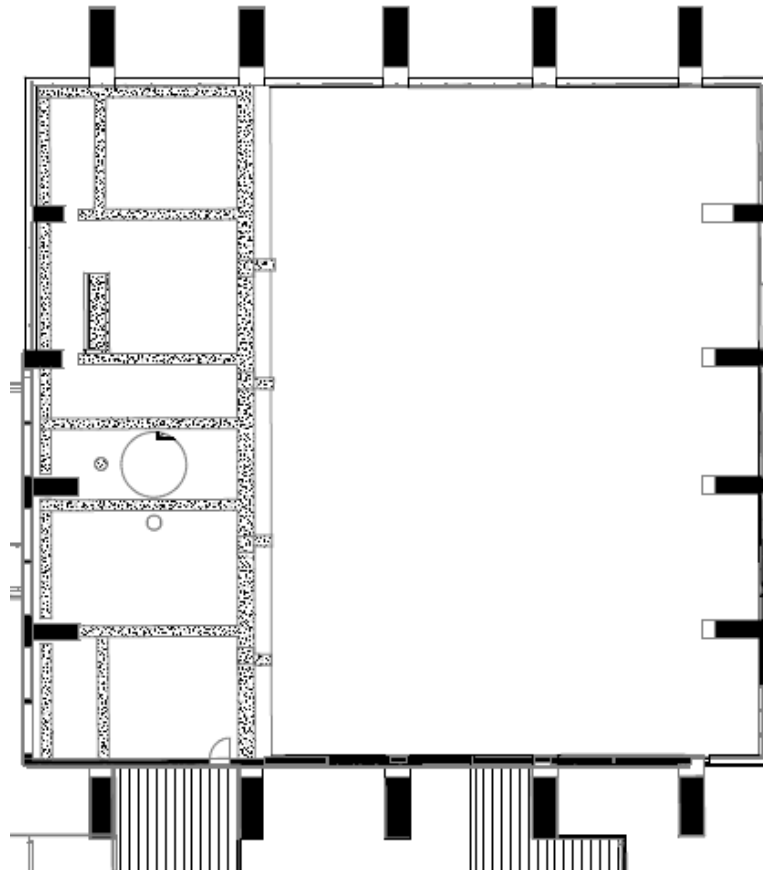


Vue « générale » de la toiture

6.3.3.2 Plancher intermédiaire N4

Le plancher intermédiaire N4 peut être démolé car il ne participe pas au contreventement.

Le niveau N4 est une dalle partielle et les poutres porteuses de ce niveau repose sur des corbeaux. Il n'y a donc pas d'encastrement.



Corbeau extérieur support
de la poutraison du
plancher (zone nord)

Dalle niveau 4 (poutraisons support)

Les structures porteuses secondaires support uniquement de ce plancher pourront également être détruites.

6.3.3.3 Plancher intermédiaire N3

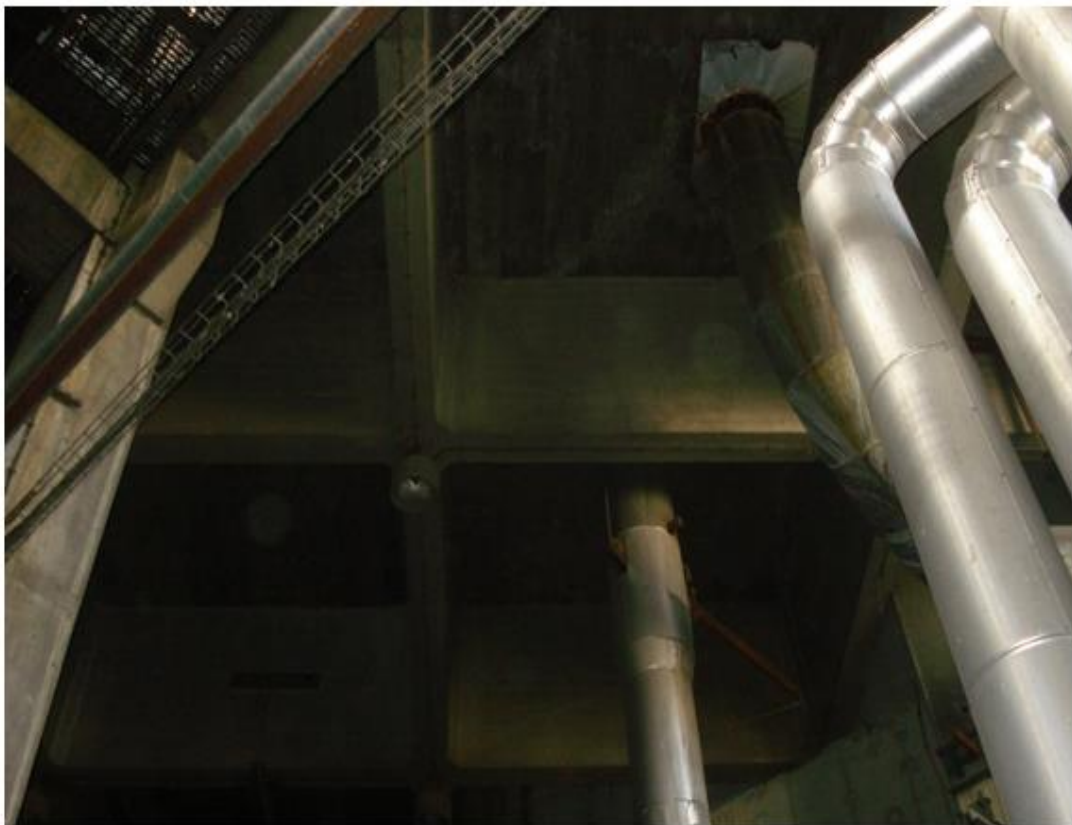
La dalle niveau N3 est une dalle partielle portée par un réseau de poutres croisées.

Ce niveau participe au contreventement et il doit être conservé.

Ce plancher et les poutres croisées participent également à la limitation des longueurs de flambement des poteaux présents dans la zone.

De plus, il est lié à la zone de la chaufferie gaz et la zone très ouvragée a déjà fait l'objet de renforcements et d'adaptations (y compris des poteaux principaux de la Cathédrale).

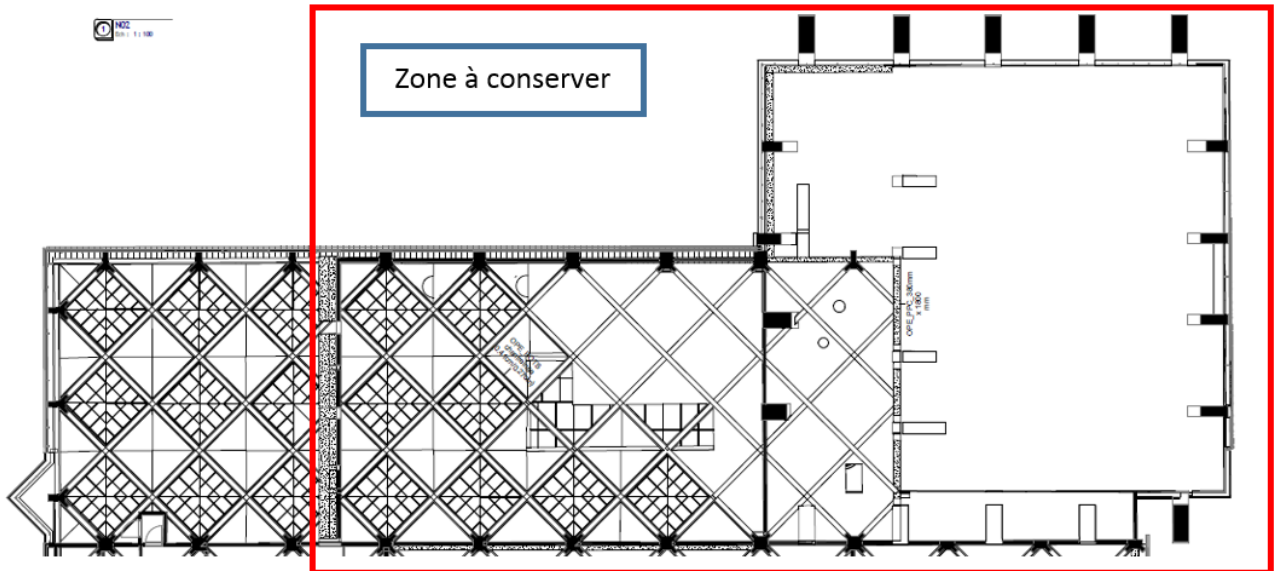
Nous pensons que la partie gaz qui pénètrent dans la Cathédrale doit être conservée avec ces porteurs et ces voiles de contreventement.



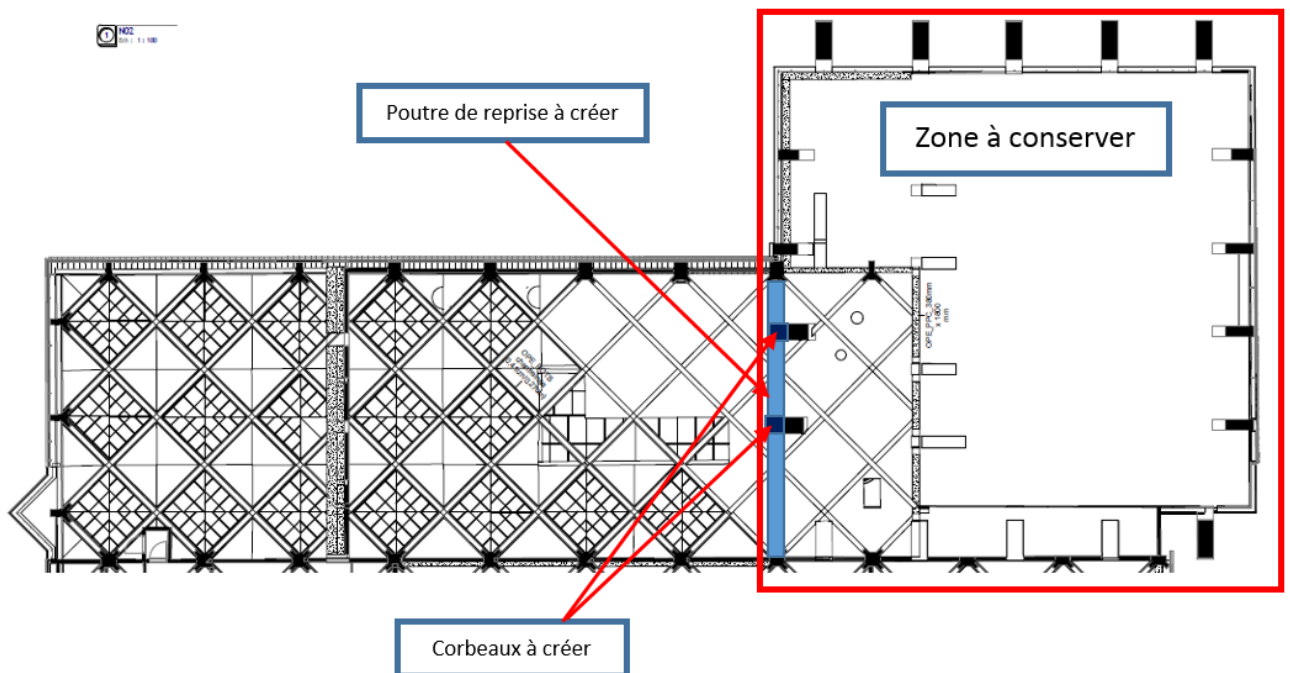
Réseaux de poutre croisées support du niveau N3 dans la zone « Cathédrale »

Concernant la zone extérieure hors cathédrale, deux solutions sont envisageables :

Première solution : conservation d'une partie de la chaufferie gaz



Deuxième solution : création d'une poutre de reprise



6.3.3.4 Plancher bas du rez-de-chaussée

Pour les zones sur sous-sol, la dalle basse du rez-de-chaussée est une dalle en béton coulée en place reposant sur un système de poutres.

Le niveau de la dalle basse est de 1.33 m au dessus du TN suivant maquette revit.

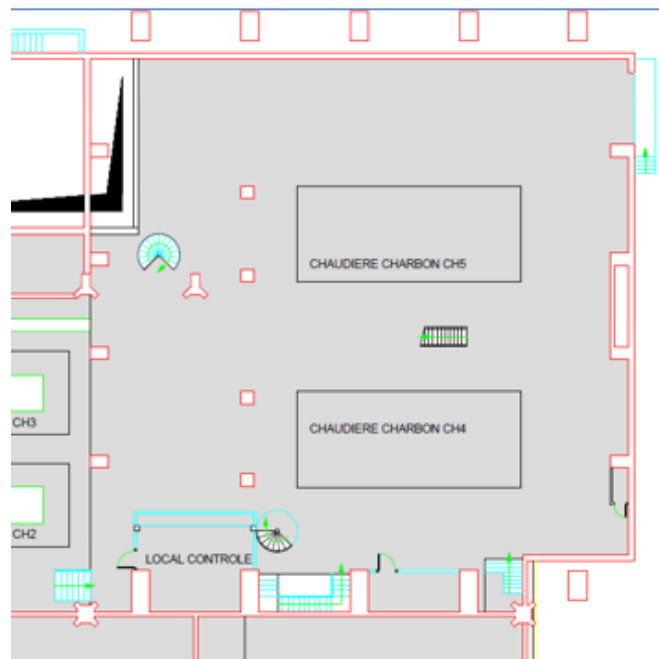
Cette dalle participe au contreventement de la cathédrale. Il est préférable de conserver cette dalle.

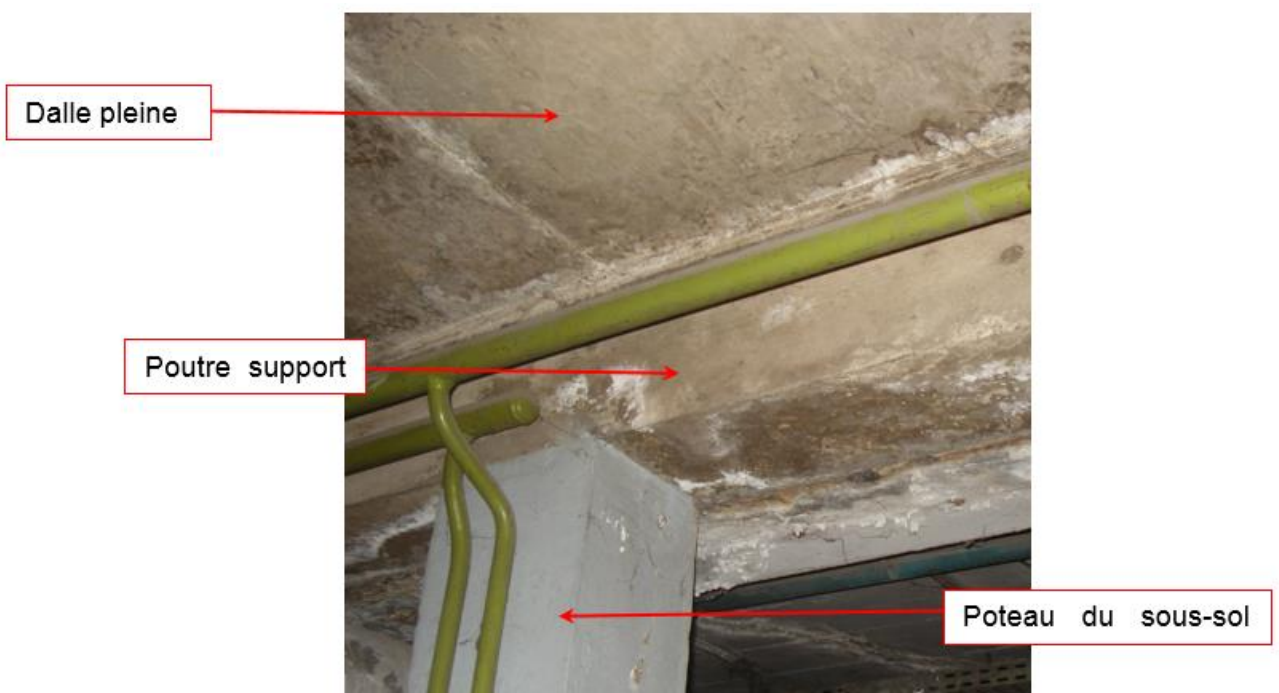
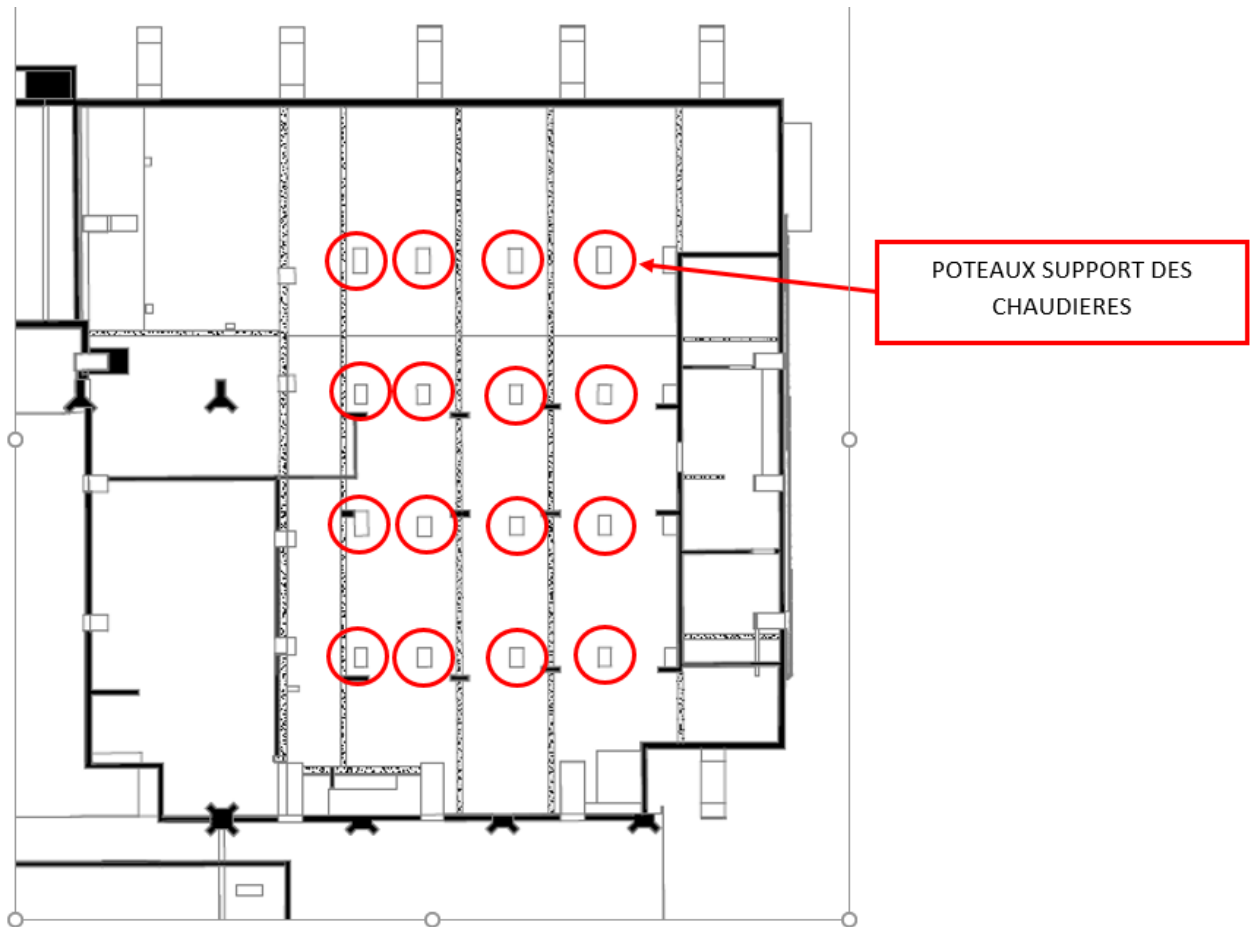
Cette dalle constituée de structures massives, poteaux, poutres et dalles, joue un rôle de diaphragme pour la répartition des efforts de vent et de séisme.

Il est nécessaire dans une restructuration de bâtiments de conserver les éléments principaux afin de garder le fonctionnement initial du bâtiment.

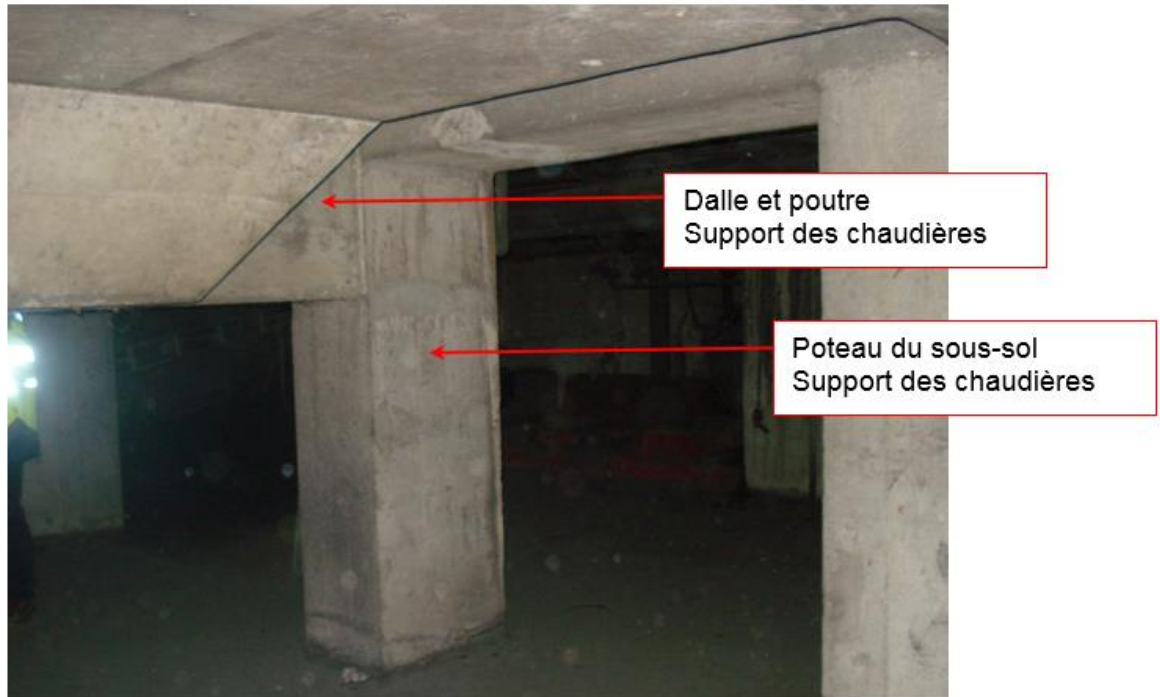
Le plancher au droit des chaudières qui présente une structure poteaux, poutres et dalles plus imposante que dans les autres parties, sera conservé.

Il sera possible d'appuyer des poteaux des nouveaux planchers sur les poteaux support des chaudières, en tenant compte des charges initiales de process.





Zone courante de dalle dans la zone « Cathédrale » (vue de dessous)



Zone renforcée de plancher sous les chaudières de la « Cathédrale » (vue de dessous)

6.3.3.5 Planchers à créer

Concernant les planchers intérieurs que le MOA voudrait créer dans la Cathédrale :

- Il est possible de liasonner les planchers à créer avec la structure existante : poteaux principaux de façade et poteaux secondaires.
- Ces nouvelles dalles pourront être appuyées sur des poteaux complémentaires intérieurs fondés sur micropieux avec une trame conseillée de 8 m par 8 m afin d'éviter des hauteurs de poutres trop importantes et des charges sur fondations pénalisantes.
- Pour la création de ces dalles, il est préférable de créer des nouvelles dalles avec des structures légères type charpente métallique avec dalle en béton armé sur bac acier ou type bois.

En fonction des charges, des possibilités de reprise des charges des poteaux existants conservés, de la proximité des nouveaux poteaux intérieurs ajoutés avec les façades, il semble possible d'ajouter 2 à 3 niveaux de plancher à l'intérieur de la Cathédrale.

C'est une hypothèse qui semble réaliste aujourd'hui avec une structure interne et des nouveaux poteaux de rive proches des poteaux existants pour éviter les mauvaises surprises sur l'existant et les fondations inconnues.

6.4 SCENARIO 3 : CONSERVATION DE TOUS LES BATIMENTS

6.4.1 Avantages

L'avantage de conserver tous les bâtiments est de disposer d'espaces disponibles sous réserve de confortements et de mise aux normes.

6.4.2 Inconvénients

Inconvénients concernant la conservation de ces bâtiments :

Les bâtiments nécessitent la réalisation de travaux de confortement vis-à-vis des problèmes de fissuration et de corrosion des aciers.

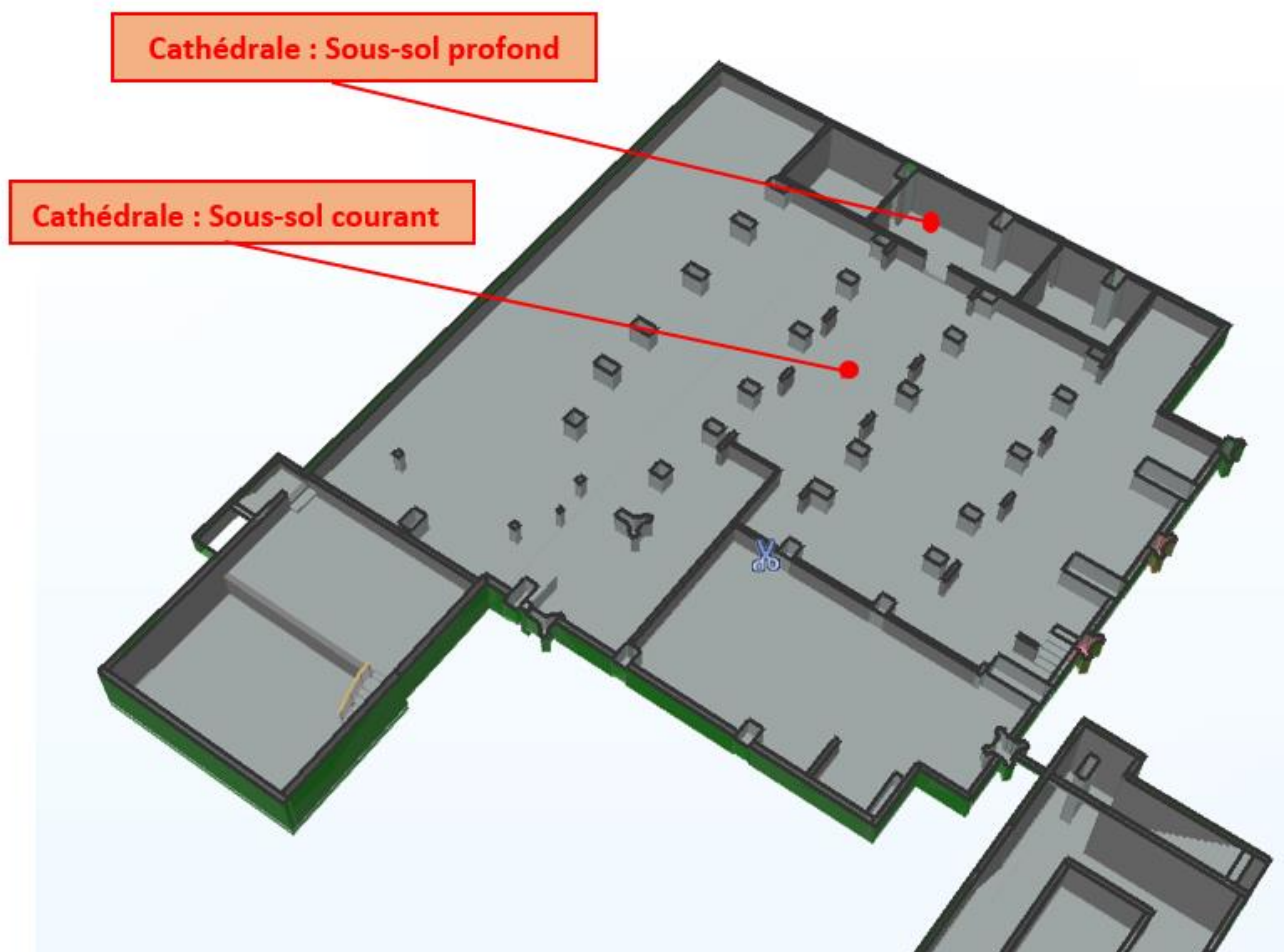
Des travaux d'imperméabilisation dus à des venues d'eau au niveau du sous-sol devront être réalisés sur les voiles du sous-sol.

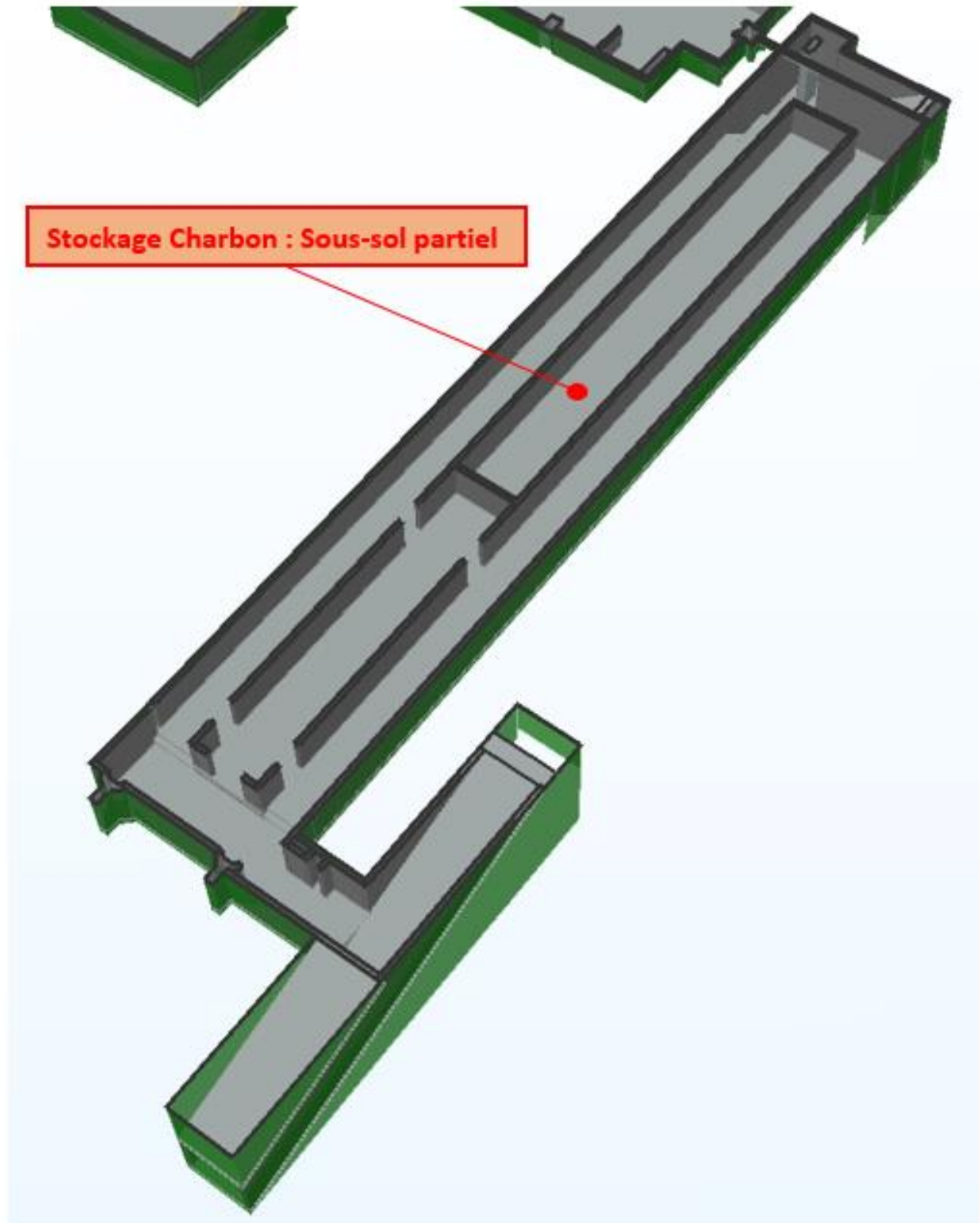
La volumétrie issue de la conservation des structures existantes constitue une contrainte pour le futur projet (volume, éclairage, géométrie, surfaces, implantation des éléments de structure conservés, etc...).

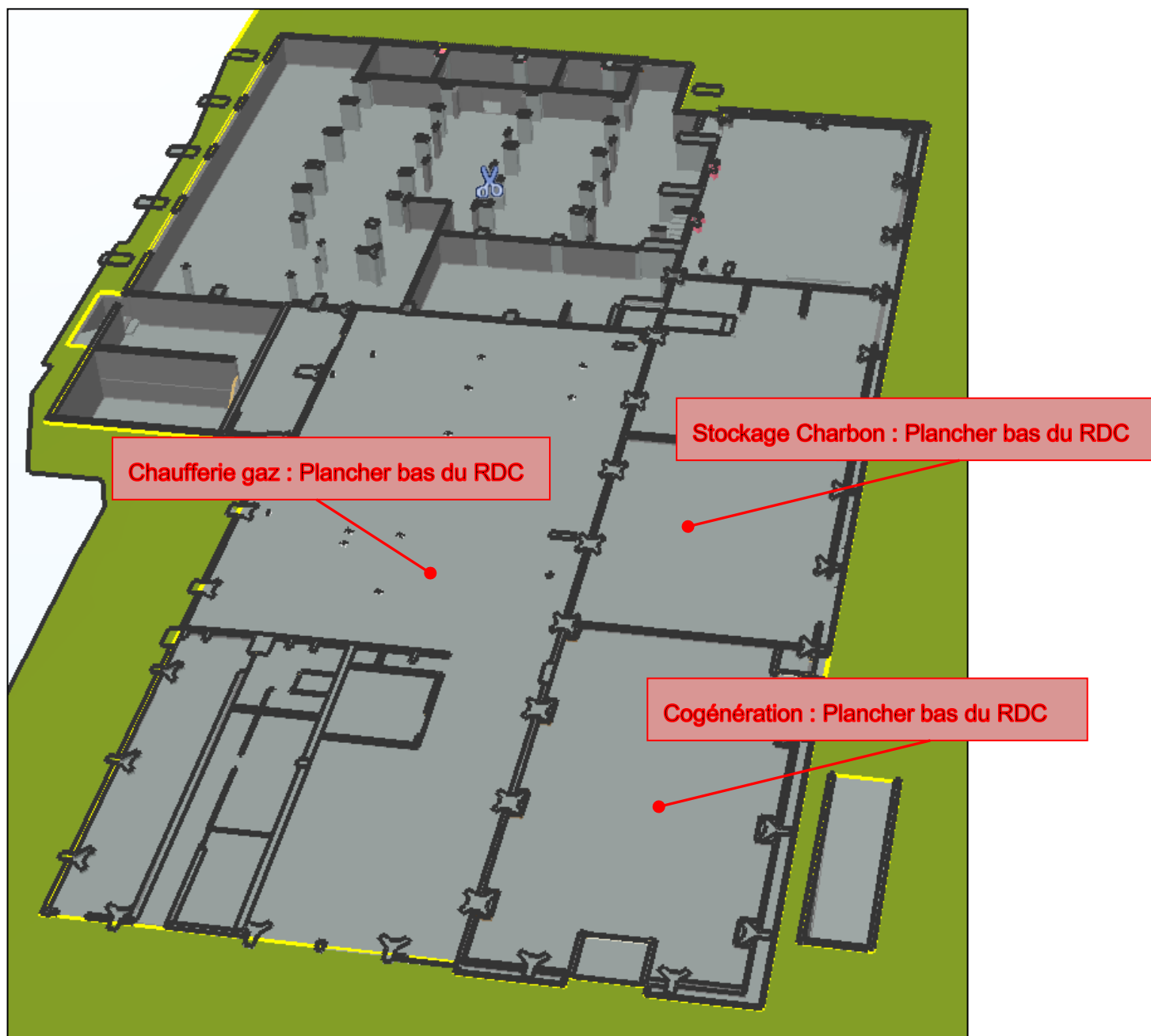
L'estimation du coût du futur projet est difficilement maîtrisable. La structure conservée est à compléter pour la réalisation de surfaces complémentaires.

Les interfaces existant/projet demanderont des études poussées et sa réalisation sera délicate.

7 ANNEXE : DECOUPAGE 3D DE LA MAQUETTE PAR NIVEAU







Cathédrale : Plancher bas du RDC

