



École des Ponts

ParisTech

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

2012-2013

Projet de Fin d'Etudes

Département Génie Civil et Construction

Matthildi Apostolou

Elève ingénieur en double diplôme avec l'Ecole Polytechnique d'Athènes

Intervention dans un milieu existant Réhabilitation du Quadrilatère Richelieu Gestion des risques du bâtiment

Projet réalisé au sein de EGIS BATIMENTS

4 rue Dolorès Ibarruri TSA 40002 93188 Montreuil Cedex

11 mars 2013 à 31 août 2013

Directeur de projet : Mme BARDI Tiziana

Conseiller scientifique : Mme TRAORE Diana

A Malvina, Hélène, Paul et Matilda

Remerciements

Avant tout développement sur mon projet de fin d'études, il apparait opportun de commencer ce rapport par des remerciements à ceux qui m'ont beaucoup appris au cours de ce trajet et l'ont rendu une expérience formatrice et profitable.

Je tiens tout d'abord à remercier mon tuteur, Madame Tiziana Bardi, professeur au Politecnico di Milano et à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, pour son accompagnement, sa disponibilité et les conseils précieux qu'elle m'a prodigué au cours de ces six mois.

Je tiens également à remercier mon tuteur d'entreprise, Madame Diana Traoré, chef de projet chez EGIS Bâtiments, qui m'a formé et accompagné tout au long de cette expérience professionnelle, pour son accueil, pour la confiance qu'elle m'a accordée et pour avoir partagé ses connaissances et son expérience.

C'est avec autant de chaleur que je remercie tous les participants au projet de la réhabilitation du Quadrilatère Richelieu avec lesquels j'ai pu travailler, pour leur accueil, leur sympathie et leur collaboration, notamment Pauline Ratti et Laetitia Boffety.

En outre, mes remerciements s'adresse à l'Ecole Polytechnique d'Athènes pour m'avoir fait confiance de venir en France pour continuer mes études et pour le support tout au long de ce parcours.

Enfin, je remercie l'Ecole des Ponts ParisTech pour les connaissances solides acquises, permettant de bien m'intégrer dans un milieu professionnel.

Résumé

Pendant la période de mars 2013 à août 2013 j'ai effectué mon projet de fin d'études au sein d'EGIS Bâtiment, en intégrant l'équipe de maîtrise d'œuvre d'exécution sur le projet de la Réhabilitation du Quadrilatère Richelieu.

La participation à un projet de réhabilitation est très enrichissante et formatrice. Etant ingénieur assistant à la maîtrise d'œuvre, j'ai participé au diagnostic et à la prévention des risques sur le chantier, notamment liés à l'existence du plomb et d'amiante.

A partir de la présentation des différentes missions effectuées sur le Quadrilatère Richelieu pour rejoindre le projet de la réhabilitation en cours aujourd'hui, je présenterai les problématiques et les choix opérationnels effectués.

Mots clés: maîtrise d'œuvre, réhabilitation, amiante, plomb

Abstract

During the period from March 2013 to August 2013 I completed my thesis within “EGIS Bâtiments”, integrating the project management team on the project of the Rehabilitation of the National Library of France (Quadrilatère Richelieu).

Participating in a rehabilitation project is highly rewarding and formative itself. As assistant engineer in the prime contracting team, I participated in the diagnosis and prevention of hazards on site, especially connected to the presence of lead and asbestos.

Through the different missions I undertook joining the rehabilitation project of the “Richelieu Quadrilateral”, I will present the challenges faced and the operational choices taken.

Keywords: general contractor, project management, rehabilitation, asbestos, lead

Περίληψη

Την περίοδο από τον Μάρτιο του 2013 μέχρι τον Αύγουστο του 2013 πραγματοποίησα την διπλωματική μου εργασία υπό την εταιρεία 'EGIS Bâtiments', συμμετέχοντας στην ομάδα διαχείρισης έργου στα πλαίσια των εργασιών για την αποκατάσταση της Εθνικής βιβλιοθήκης της Γαλλίας (Quadilatère Richelieu).

Η συμμετοχή σε ένα έργο αποκατάστασης είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και ανταποδοτική. Ως μηχανικός στην ομάδα επίβλεψης του έργου, συμμετείχα στην διάγνωση και την πρόληψη των κινδύνων στο χώρο του εργοταξίου, ειδικότερα στην παρουσία μολύβδου και αμιάντου..

Μέσα από τις διαφορετικές αποστολές που έφερα εις πέρας στα πλαίσια του έργου αποκατάστασης της Εθνικής βιβλιοθήκης της Γαλλίας, θα παρουσιάσω τα ζητήματα που αντιμετωπίστηκαν και τις λειτουργικές επιλογές που έγιναν.

Λέξεις-κλειδιά: επίβλεψη και διαχείριση έργου, αποκατάσταση κτιρίων, αμιάντος, μόλυβδος

Table des matières

Remerciements	3
Résumé	4
Abstract	5
Περίληψη.....	6
Table des matières	7
Liste des tableaux	10
Liste des figures	11
Introduction	16
Présentation de l’entreprise EGIS Bâtiments	18
A. LA REHABILITATION DU QUADRILATERE RICHELIEU	19
1.Enjeux, contexte, problématiques & acteurs de la réhabilitation du Quadrilatère Richelieu	20
1.1 L’histoire du Quadrilatère Richelieu.....	20
1.2 Description de l’opération.....	21
1.3 Contexte particulier du site	23
1.4 Les acteurs de la réhabilitation du Quadrilatère Richelieu	24
2.Définition de la Réhabilitation	25
3.Le diagnostic du bâtiment	26
4.Le Magasin Central	29
4.1 Historique.....	29
4.2 Analyse de la Structure existante	29
5. La Salle Labrouste.....	32
5.1 Interventions Labrouste.....	32
5.2 Repérage photographique des travaux	33
6. La restauration des façades	35
B. GESTION DES RISQUES DU BATIMENT	37
7. La Maîtrise d’œuvre	38
7.1 Les acteurs principaux d’un projet de construction	38
7.2 Les risques potentiels de la réhabilitation	39

7.2.1 Etude de diagnostic	40
7.2.2 Compétences et moyens insuffisants.....	41
7.3 Les différents aspects du rôle du maître d’œuvre	42
7.3.1. Notification des différents sous-traitants.....	42
7.3.2. Analyse des visas et retards des études par rapport aux travaux.....	43
7.3.3 Rédaction des FTM / estimation et analyse devis	44
7.4 Incidences liés à la prolongation de délai.....	48
8. La problématique de l’amiante	50
8.1 Définition et propriétés de l’amiante.....	51
8.2 Gestion du risque amiante	53
8.2.1 Cadre réglementaire	53
8.2.2 Diagnostic amiante	54
8.2.3 Plan de retrait	58
8.3 Méthodologies d’intervention	59
8.3.1 Dépose d’éléments amiantés par démontage soigneux (mastic).....	60
8.3.2 Dépose d’éléments classifiés non friables, mais déposés par destruction (casses). 60	
8.3.3 Dépose d’éléments classifiés friables.....	61
8.3.4 Gestion des déchets	62
8.3.5 Exemple de méthodologie d’exécution des travaux de désamiantage	62
8.3.6 Rapport d’essai META.....	63
8.4 Travaux supplémentaires de désamiantage	64
9. La problématique du plomb	67
9.1 Le plomb et ses propriétés.....	67
9.2 La réglementation.....	68
9.3 Le diagnostic	68
9.4 Méthodologie générale.....	70
10. Etude de la création d’une dalle en béton	73
10.1 Côté gauche	74
10.2 Côté droit.....	77
10.3 Généralités.....	79
Conclusion.....	80
Bibliographie.....	82
Annexes	85

Annexe 1 Le Quadrilatère Richelieu : Historique	86
1. Le Magasin Central	87
2. La Salle Labrouste.....	94
Annexe 2 Le Quadrilatère Richelieu : Restauration des façades	102
Annexe 3 Amiante.....	130
Annexe 4 Plomb	131

Liste des tableaux

Tableau 1 Mesures à effectuer lors l'intervention des désamianteurs	59
Tableau 2 Classement des unités de diagnostic en fonction de la concertation en plomb et la nature des dégradations.....	70
Tableau 3 Détermination de l'épaisseur du plancher par rapport à la résistance au feu.....	76

Liste des figures

Figure 1 Les marchés, les métiers et la dimension géographique d'EGIS (dossier de presse EGIS)	18
Figure 2 Plan de la Bibliothèque Royale en 1845	20
Figure 3 La distinction des travaux en deux phases concernant deux zones géographiques distinctes du site	22
Figure 4 Locaux d'intérêt patrimonial majeur	23
Figure 5 Monte-livre : la machine utilisée pour monter les livres entre les différents salles (salle de lecture et salles des archives/ stockages).....	27
Figure 6 Remplissage des poteaux métalliques en béton pour la stabilité au feu– niveau 12 Magasin Central.....	28
Figure 7 Rayonnages autoportants sur 3 niveaux-niveaux 10à12 Magasin Central	28
Figure 8 Niveau 12 Magasin Central	28
Figure 9 Le Magasin Central.....	29
Figure 10 Coupe du Magasin Central	30
Figure 11 Plan d'ensemble du rez-de-chaussée (avant les transformations entreprises en 1932)	31
Figure 12 Plan d'ensemble du rez-de-chaussée (après les transformations entreprises en 1932)	31
Figure 13 Détail des coupoles de la Salle de Lecture	32
Figure 14 Vue de l'échafaudage dans la Salle Labrouste	33
Figure 15 Travaux de nettoyage en cours	33
Figure 17 Avant et après nettoyage.....	34
Figure 18 Détail des peintures.....	34
Figure 16 Les têtes de rivets, toujours rehaussées d'or, sont reliées par un entrecroisement de filets dorés.....	34
Figure 19 Plan de repérage des façades	35
Figure 20 Façade petits Champs restaurée	36
Figure 21 Les principales démarches administratives liées à une opération.....	39
Figure 22 Exemple de document de travail pour l'estimation de la mise des contacts.....	45

Figure 23 Extrait du repérage des portes modifiées	46
Figure 24 Document de travail pour l'estimation des modifications de portes	47
Figure 25 Plan de repérage des zones de travail vis-à-vis du plomb établi chaque semaine ...	48
Figure 26 Extrait de la liste de réserves pour l'entreprise de curage	49
Figure 27 Amiante friable : calorifugeage, flochage, carton amianté	51
Figure 28 Amiante non friable : joints, fibro-ciment, colle	52
Figure 29 Roche brute d'amiante et fibres d'amiante vues au microscope électronique	52
Figure 30 Exemple de la cartographie des gaines amiantées_niveau 4 zone E	55
Figure 31 Conduits et plaque en fibrociment amiantés.....	56
Figure 32 Joints « Marron » amiantées	56
Figure 33 Joints « beiges » amiantées	56
Figure 34 Joints « jaunes » amiantées	57
Figure 35 Joint type "Mastic' sur conduit métallique.....	57
Figure 36 Plaques cartonnées et colle faïence amiantées.....	57
Figure 37 Joints amiantées	58
Figure 38 Schéma de principe du SAS 3 compartiments.....	60
Figure 39 Schéma de principe du SAS 5 compartiments.....	61
Figure 40 Exemple de la zone à désamianter avec l'emplacement des SAS	63
Figure 41 Classes de fibres recherchées.....	64
Figure 42 Calorifère: Présence de peinture contenant du plomb	69
Figure 43 Présence de plomb en prélèvement ambiant.....	69
Figure 44 Présence de plomb dans les poussières.....	69
Figure 45 SAS en trois compartiments	71
Figure 46 Extrait du tableau récapitulatif sur les mesures plomb effectuées	71
Figure 47 Repérage graphique des différentes mesures plomb.....	72
Figure 48 Plan structure existant.....	73
Figure 49 Vue côté gauche.....	74
Figure 50 Coupe de la structure existante	74
Figure 51 Vue en plan de la structure existante	75
Figure 52 Plancher collaborant COFSTRA 40	75
Figure 53 Coupe en partie courante du plancher.....	77
Figure 54 Vue en côté droite	77
Figure 55 Plan solution de base.....	78

Figure 56 Coupe solution de base	78
Figure 57 Coupe solution modifiée.....	79
Figure 58 Plan solution modifiée	79
Figure 59 Le Magasin Central.....	87
Figure 60 Coupe du Magasin Central	89
Figure 61 Raccord colonne type 3 / plat	90
Figure 62 Raccord colonne 2 / plat	90
Figure 63 Poutres	90
Figure 64 Plan d'ensemble du rez-de-chaussée (avant les transformations entreprises en 1932)	92
Figure 65 Plan d'ensemble du rez-de-chaussée (après les transformations entreprises en 1932)	92
Figure 66 Détail des coupoles de la Salle de Lecture	94
Figure 67 Détail du mur du vestibule.....	96
Figure 68 Essais d'éclairément dans la Salle Labrouste.....	96
Figure 69 Dans l'axe de la Salle, en fond de l'hémicycle, une grande arche s'ouvre sur le Magasin Central. Deux Cariatides soutiennent l'arc.	97
Figure 70 Le sous-sol utilisé pour cette réalisation était presque inaccessible,de faible hauteur, et encombré par les gaines de l'ancienne installation de chauffage par air.	97
Figure 71 Vue de l'échafaudage dans la Salle Labrouste	99
Figure 72 Travaux de nettoyage en cours	99
Figure 74 Avant et après nettoyage.....	100
Figure 75 Détail des peintures.....	100
Figure 73 Les têtes de rivets, toujours rehaussées d'or, sont reliées par un entrecroisement de filets dorés.....	100
Figure 76 Plan d'ensemble du premier sous-sol (avant les transformations entreprises en 1932)	101
Figure 77 Plan d'ensemble du premier sous-sol (après les transformations entreprises en 1932)	101
Figure 78 Trois états des maladies des pierres : efflorescences de la pierre, desquamation de la surface et creusement d'alvéoles.....	104
Figure 79 Plan de repérage des façades	105
Figure 80 Façade rue des Petits Champs.....	105

Figure 81 Façade Rotonde rue Richelieu / Petits Champs	106
Figure 82 Façade rue Richelieu.....	107
Figure 83 Façade rue Colbert	109
Figure 84 Echantillon de pierre St Maximin fine.....	109
Figure 85 Détail des chapiteaux	110
Figure 86 Façade rue Colbert-Pavillon Boivin, niv2	110
Figure 87 Corniche sous chéneau.....	111
Figure 88 Façade rue Colbert-aile Colbert, niv2.....	111
Figure 90 Corniche sous chéneau.....	111
Figure 89 Rampant de fronton	111
Figure 91 Jambages de baies : à prévoir remplacement de la partie existante et ragréage	112
Figure 92 Façade rue Colbert- balustres à déposer en conservation	112
Figure 93 Balustre à remplacer	112
Figure 94 Détail appui fenêtre.....	113
Figure 95 Pierre à remplacer	113
Figure 96 Pavillon Colbert- Parement à refends	114
Figure 97 Façade Colbert, Rez-de-chaussée	114
Figure 98 Linteaux en béton.....	115
Figure 99 Fissuration en façade et pierre à remplacer	115
Figure 100 Hydrogommeuse.....	116
Figure 101 Desquamation de la pierre liée à l'évaporation d'eau.....	117
Figure 102 Joint neuf au mortier de chaux sur pierre	118
Figure 103 Dépose des balustres en conservation.....	119
Figure 104 La taille de parements de pierre s'effectue à l'outil manuel pour rassurer un résultat le plus proche de l'apparence du parement existant conservé.....	119
Figure 105 Exemples des défoncements en attente de la pose des blocs des pierres neuves.	120
Figure 106 Vue d'une pierre épannelée avant sa taille de finition.	121
Figure 107 Exemples de pose manuelle de blocs épannelés à l'aide de palans à chaîne.	121
Figure 108 Balustres posés à l'aide des cales de bois et état de finition	121
Figure 109 Taille de finition sur un sommier de plate bande posé épannelé.	122
Figure 110 Mise en place d'un ragréage sur corniche.	123
Figure 111 Mise en place des goujons en laiton	124
Figure 112 Détail de désolidarisation entre ragréage et joint.....	125

Figure 113 Pose de la pierre neuve et traçage des moulures.....	127
Figure 114 Moulure taillée.....	128
Figure 115 Sculpture sur la Rotonde Petits Champs avant et après.....	128
Figure 116 Sculpture sur la Rotonde Petits Champs avant et après.....	129
Figure 117 Etais supportant l'ouverture	129

Introduction

L'opportunité de participer à un projet de réhabilitation est très enrichissante et formatrice. Les différentes contraintes techniques liées à l'existant et le grand intérêt architectural du bâtiment de la Bibliothèque Nationale donnent une dimension intéressante quand au suivi et contrôle des différents travaux de l'opération.

Comprendre les missions de différents acteurs sur un projet en corps d'état séparés est primordial. La maîtrise d'œuvre est présent sur le chantier afin de diriger et de contrôler l'exécution des travaux. Son rôle a une double dimension professionnelle et personnelle. Comprendre en amont les problématiques qui vont apparaître sur chantier, aller du cadre général aux détails techniques et prendre les bonnes décisions pour effectuer les travaux nécessaires, demande non seulement un bon niveau de connaissances techniques mais surtout des qualités relationnels et un degré de responsabilité et d'autonomie élevé. Ceci permet d'assurer une bonne coordination entre les différents intervenants, une bonne communication indispensable pour faire passer les informations dans le sens vertical et horizontal et un travail de qualité en équipe.

Les missions d'un ingénieur en maîtrise d'œuvre sont variables et uniques pendant chaque projet. En intégrant l'équipe de chefs de projet, j'ai suivi l'ensemble des démarches administratives et techniques afin de permettre le bon déroulement des travaux. La coordination des interfaces des différents intervenants demande une présence quotidienne sur chantier et en même temps une participation à plusieurs réunions avec la maîtrise d'ouvrage, le bureau d'études et/ou les entreprises afin de suivre de près les travaux et de donner des solutions le cas échéant.

Ma mission principale consistait à l'analyse et à la prévention des risques du bâtiment notamment liées au plomb et à l'amiante. Les conséquences graves de l'inhalation des fibres amiante sur la santé et la complexité de son diagnostic dû à la vaste utilisation de ce minéral dans le bâtiment, font du retrait de l'amiante une des premières préoccupations sur les chantiers de restructuration. Ainsi, les poussières de plomb, présentes notamment dans la peinture constituent une problématique répandue aujourd'hui dans les chantiers de restructuration.

D'ailleurs, la présence de poussières de plomb sur le site de la BNF a amené à un arrêt de chantier de six mois. Je me suis donc arrivée sur chantier afin de m'assurer du bon suivi de la part des entreprises de prescriptions relatives à la sécurité et au bon déroulement des travaux de désamiantage pour qu'il n'y a pas de nouveaux dérapages sur l'exécution de travaux.

Concernant le déroulement de ce rapport, dans un premier temps je décrirai le contexte, les problématiques et les différents acteurs de la réhabilitation du Quadrilatère Richelieu. Suite à un court diagnostic de la structure existante, je présenterai les interventions des architectes Labrouste et Roux Spitz dans le Magasin Central et la Salle de Lecture. Ensuite j'aborderai les différentes missions de la maîtrise d'œuvre et analyserai les risques provenant de certains cas dans le cadre de mes missions. Plus précisément, je parlerai de la problématique d'amiante et de plomb sur le chantier et les différents aspects provenant de son retrait. Enfin, je présenterai une étude de faisabilité de la création d'une dalle en béton et j'adresserai un bilan global de cette expérience sur la Bibliothèque Nationale de la France.

Présentation de l'entreprise EGIS Bâtiments

Egis est un groupe de conseil et d'ingénierie dans les domaines de la construction pour les transports, la ville, le bâtiment, l'industrie, l'eau, l'environnement et l'énergie. Le groupe intervient également dans les métiers du montage de projets et de l'exploitation routière et aéroportuaire. Le nouveau groupe est issu de la fusion, le 1er janvier 2011, d'Egis, leader de l'ingénierie des infrastructures, et de Iosis, leader français de l'ingénierie du bâtiment et du génie civil nucléaire.

Avec 11 000 collaborateurs, dont 7000 dans l'ingénierie et 800 M€ de chiffre d'affaires en 2010, Egis est présent dans plus de 100 pays et dispose d'une cinquantaine d'implantations en France.

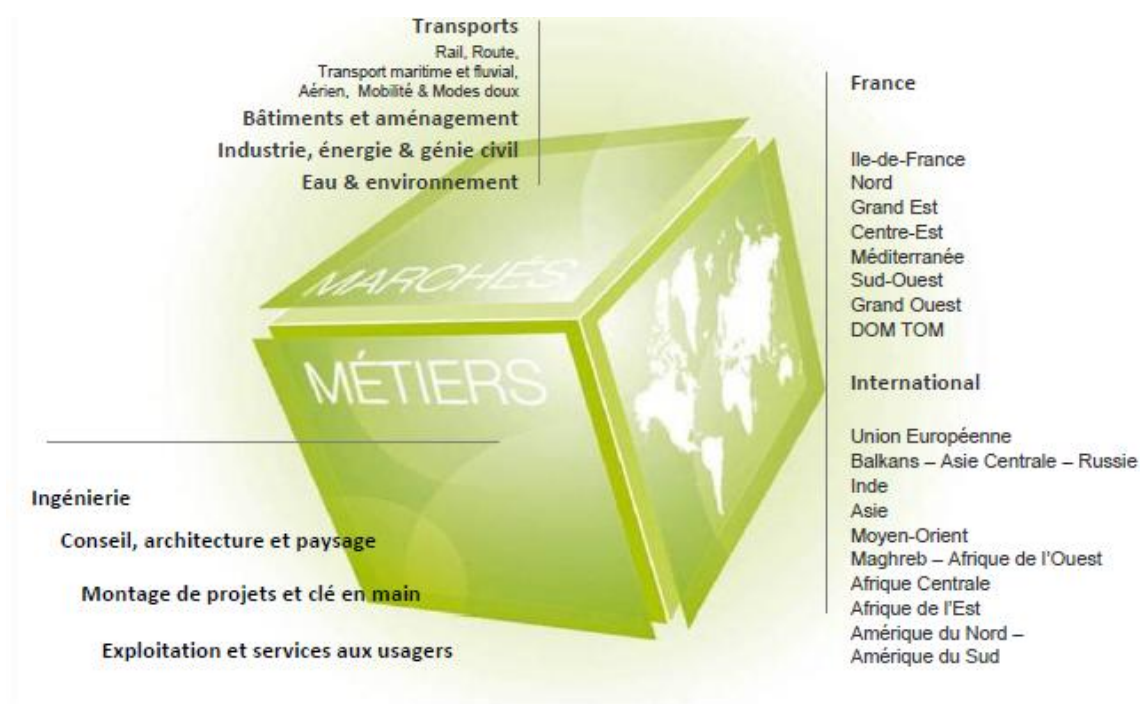


Figure 1 Les marchés, les métiers et la dimension géographique d'EGIS (dossier de presse EGIS)

Egis est le seul groupe dans l'ingénierie française de la construction à figurer dans le classement des 10 premiers européens et des 20 premiers mondiaux. Ces ambitions s'articulent autour des objectifs suivants : pluridisciplinarité et complémentarité des équipes, culture affirmée du développement durable, croissance rapide orientée vers l'international, et poursuite d'une politique dynamique de recrutement.

A. LA REHABILITATION DU QUADRILATERE RICHELIEU

1. Enjeux, contexte, problématiques & acteurs de la réhabilitation du Quadrilatère Richelieu

1.1 L'histoire du Quadrilatère Richelieu

Le Quadrilatère Richelieu, situé dans le 2^{ème} arrondissement de Paris, désigne l'ensemble immobilier délimité par les rues de Richelieu, Colbert, Vivienne et des Petits-champs. Au cours de la deuxième moitié du 17^{ème} siècle, le Quadrilatère se composait du Palais Mazarin, de l'Hôtel Tubeuf, de la Galerie Mansart et de deux édifices abritant pour la première fois la Bibliothèque Royale : « les maisons au bout du jardin » appartenant à Colbert. Depuis 1721, le Quadrilatère Richelieu est le site historique de la bibliothèque Nationale de la France.

Le site a connu des grandes transformations au cours du 19^{ème} et 20^{ème} siècle qui lui donnent l'aspect que nous connaissons aujourd'hui. Ainsi, les différentes générations de bâtiments qui le constituent ont, à titres divers, un grand intérêt architectural.

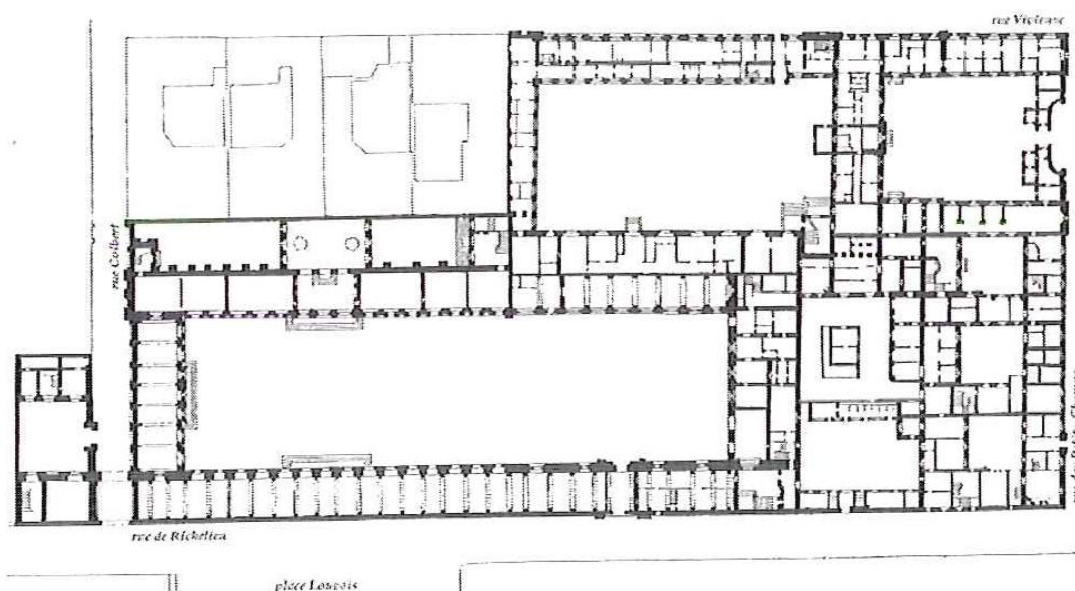


Figure 2 Plan de la Bibliothèque Royale en 1845 ¹

¹ CHAUDUN Nicolas. *Henri Labrouste 1801-1875, architecte / La structure mise en lumière*. Cité de l'architecture et du patrimoine, The Museum of Modern Art, Bibliothèque Nationale de France. p. 137

De 1854 à 1875, Henri Labrouste a fait construire des espaces spécifiquement adaptés au fonctionnement de la bibliothèque. Ses principales réalisations sont l'aile avec une façade monumentale rue de Richelieu, le bâtiment de la rue des Petits Champs comprenant la rotonde, l'actuelle entrée sur la cour d'honneur et surtout la vaste salle de lecture (dite depuis « salle Labrouste ») et le grand magasin central des Imprimés.

Puis de 1875 à 1932, Jean-Louis Pascal et Alfred Recoura, ont construit les ailes des rues Colbert (1898) et Vivienne (1902-1906). La nouvelle salle de travail, la Salle Ovale est inaugurée en 1936, 39 ans après le démarrage du chantier.

De 1932 à 1955, pour répondre à l'accroissement des collections, Michel Roux-Spitz réalise des opérations de densification (creusement, comblement de cours, surélévation).

Des aménagements auront lieu jusqu'à 1977.

Enfin, des travaux de rénovation d'ensemble étant indispensables, l'établissement public de maîtrise d'ouvrage des travaux culturels nomme en 2007 un maître d'œuvre pour la réhabilitation du Quadrilatère Richelieu.

1.2 Description de l'opération

La nécessité d'accroître les capacités de la bibliothèque nationale et de rénover ces installations a été soulignée par différents contrôles techniques, illustrant :

-des installations techniques vétustes (insuffisance du désenfumage et d'alimentation électrique), susceptibles de déclencher des incendies et provoquant de nombreux incidents (départs de feu, pannes électriques, pannes d'ascenseurs et de monte-charges, problèmes de climatisation) ;

-un mauvais état des façades et des toitures provoquant des chutes de pierre et des infiltrations d'eau ;

-des structures sans stabilité au feu, ce qui est aggravé par l'insuffisance de l'isolement coupe-feu et un nombre trop limité de voies de dégagement et d'évacuation ;

-des conditions d'accès au public qui ne respectent pas les normes en vigueur ;

-un écart important par rapport aux meilleurs standards définis pour la conservation et la préservation de collections patrimoniales.

La réhabilitation donc du Quadrilatère Richelieu a pour objectif :

-La mise en sécurité des bâtiments ; une meilleure ouverture au public, la restauration de certaines parties et le redéploiement des collections de la BNF,

-L'installation de nouvelles bibliothèques, celles de l'Institut National de l'Histoire de l'Art (INHA) et de l'Ecole Nationale des Chartes (ENC).

La nécessité de maintenir l'activité du site durant la période des travaux rend impossible la réalisation simultanée de l'ensemble des interventions nécessaires. Le déroulement des travaux est donc prévu en deux phases La phase 1 correspond aux travaux qui se dérouleront dans un premier temps dans la «zone 1 » alors que l'activité du site sera repliée dans la « zone2 » et inversement lors de la phase 2. Chaque zone est totalement vidée avant le début des travaux.

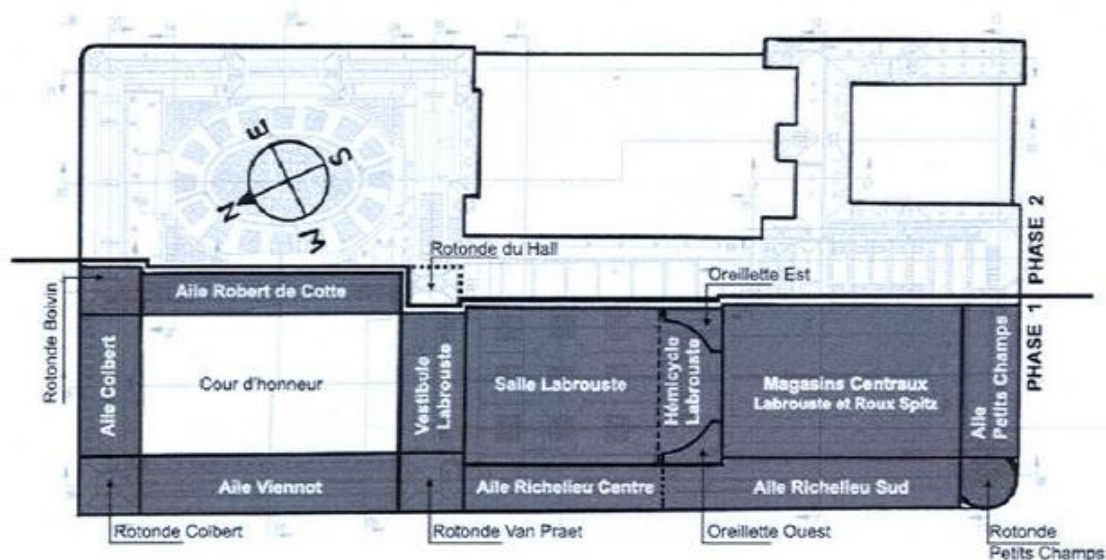


Figure 3 La distinction des travaux en deux phases concernant deux zones géographiques distinctes du site²

² CCTP établi par IOSIS Bâtiments

1.3 Contexte particulier du site

La présence d'espaces classés, inscrites et d'un intérêt patrimonial majeur, génère un environnement très sensible. Les travaux menés sur le site du Quadrilatère Richelieu sont fortement liés à cet environnement particulier.

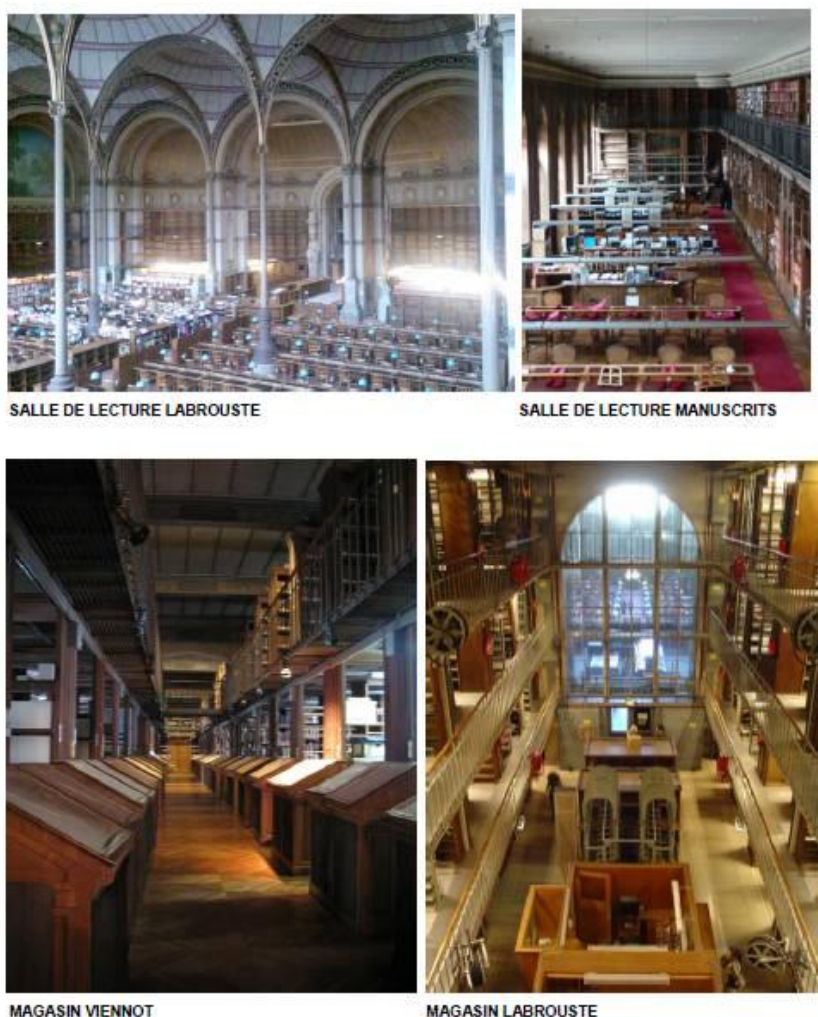


Figure 4 Locaux d'intérêt patrimonial majeur

Il existe un décalage entre la « lecture » du bâtiment liée à la composition extérieure du quadrilatère et son fonctionnement interne. D'une part il y a une homogénéité et une unité de composition des corps du bâtiment, d'autre part, les divers modes de construction et les différents besoins de chaque époque, rendent l'intérieur des bâtiments assez hétérogène et engendrent des difficultés concernant les accès et la réparation du public dans l'espace.

1.4 Les acteurs de la réhabilitation du Quadrilatère Richelieu

Les acteurs de la réhabilitation du Quadrilatère Richelieu sont plusieurs :

Maître d'ouvrage : Ministère de la Culture et de la Communication, Ministère de l'Education Nationale – Enseignement supérieur – recherche et innovation

Maître d'ouvrage délégué : Opérateur du patrimoine et des projets immobiliers de la culture (Oppic)

Maîtrise d'œuvre bâtiment : Atelier Bruno GAUDIN, architecte mandataire du groupement constitué avec EGIS Bâtiments (IOSIS), CASSO & Cie et L'Observatoire 1.

Maîtrise d'œuvre monuments historiques : Jean-François Lagneau, Architecte en chef des monuments historiques.

Le marché prévoit des entreprises en corps d'état séparées, c'est-à-dire des entreprises différentes pour chaque type de travaux (gros œuvre, menuiseries extérieures, curage, second œuvre, menuiseries intérieurs, CVCD plomberie, courants forts courants faibles, façades etc)

Le quadrilatère occupe une parcelle de 16 055 m² et 47 500 m² utiles.

Le calendrier prévisionnel des travaux prévoit une durée de travaux de 36 mois. L'arrêt du chantier de 6 mois en 2012 a décalé la fin du chantier en juin 2015.

2. Définition de la Réhabilitation

La définition du mot réhabilitation est très importante, car la bonne utilisation du terme signifie en même temps la bonne compréhension et acceptation des différents aspects de l'intervention dans l'existant. Il faut donc bien différencier entre la rénovation, la restauration et la restructuration.

La rénovation désigne l'amélioration de la condition d'un bâtiment par l'utilisation des matériaux neufs et modernes en remplacement des parties endommagées.

La restauration désigne la remise en état d'un bâtiment en conformité avec un état historique de l'antérieur. C'est la sauvegarde ou la réfection à l'identique de tout ou partie d'un bâtiment, en vertu de sa valeur patrimoniale.

La réhabilitation est l'action d'améliorer un édifice en conservant sa fonction principale. Le terme s'emploie soit pour des modifications légères, soit pour des restructurations lourdes.³

L'auteur du projet de réhabilitation est confronté à la fois à l'état structurel du bâtiment et aux impératifs de son programme, qui peuvent le conduire à modifier la structure portante existante. Les faiblesses du bâtiment provenant soit des dégradations des matériaux, des ouvrages portés ou d'éléments de second œuvre, soit des interventions récentes (surcharges, surélévation) sont primordiales à comprendre avant d'entreprendre des travaux.

La pratique de la réhabilitation oscille entre l'utilisation des matériaux et techniques traditionnels et la « sagesse économique ». Après la prise de conscience de l'intérêt des monuments historiques au XIXe siècle, les origines de la pensée contemporaine sur la réhabilitation sont à chercher au milieu du XXe siècle.

³ JOFFROY Pascale, *La réhabilitation des bâtiments-Conservé, améliorer, restructurer les logements et les équipements*, éd. Le moniteur

3. Le diagnostic du bâtiment

Le diagnostic structure concerne les différentes compositions des structures existantes du bâtiment de la Bibliothèque Nationale de France. L'évaluation de la capacité portante ainsi que de la stabilité au feu des planchers est indispensable afin de vérifier que les planchers actuels sont capables d'une part de reprendre les charges liées à l'utilisation future du bâtiment, et d'autre part de résister durant un certain temps sous l'action d'un incendie.

L'analyse des structures est établie à partir de l'observation visuelle sur site et de l'examen des documents originaux existants aux archives. Un certain nombre d'éléments restent inconnus suite à l'absence de documents d'exécution mais peuvent être précisés après des investigations, des sondages et des relevés détaillés.

La structure présente différentes configurations liées au fait que le bâtiment a été aménagé à différentes époques.

En infrastructure les structures suivantes ont été identifiées :

- Structure en béton, en pierre de taille et en maçonnerie
- Plancher haut réalisé en forme de voûte (béton, pierre ou brique)
- Plancher haut réalisé sur le principe de plancher hourdis constitué de profilés métalliques, remplissage en plâtre et hourdis pouvant être en brique ou en béton

En superstructure les différentes structures identifiées sont les suivantes :

- plancher béton
- plancher métallique
- plancher caillebotis
- plancher en verre
- plancher en bois

La surcharge d'exploitation au m^2 disponible de chaque plancher est calculée selon les étapes ci-dessous :

- relevé des sections réelles des éléments de structure

-prélèvements des matériaux et détermination de leurs caractéristiques chimiques et mécaniques

-réalisation des calculs pour la détermination des surcharges d'exploitation

(norme NFP 06-001 charges d'exploitation des bâtiments)

La complexité du site et l'intervention dans un site patrimonial occupé rendent les travaux exigeants. S'agissant de travaux exécutés dans un bâtiment existant l'application stricte de la réglementation se heurte à des difficultés architecturales, techniques, de fonctionnement et de conservation.

Par ailleurs, visant prioritairement la sécurité du public, il est parfois nécessaire d'aller au-delà du règlement de sécurité pour mieux intégrer la protection des biens tant mobiliers qu'immobiliers et en particulier des ouvrages. Des adaptations de la réglementation sont également parfois nécessaires.

Ci-dessous des différentes photos s'agissant d'exemples des problématiques de la réhabilitation rencontrés sur la BNF.



Figure 5 Monte-livre : la machine utilisée pour monter les livres entre les différents salles (salle de lecture et salles des archives/ stockages)



Figure 6 Remplissage des poteaux métalliques en béton pour la stabilité au feu– niveau 12
Magasin Central

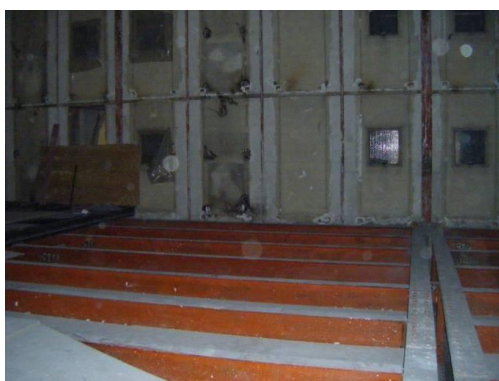


Figure 7 Rayonnages autoportants sur 3 niveaux-niveaux 10à12 Magasin Central

La réglementation ne permet pas plus de 2 hauteurs de rayonnages, du coup il a fallu démolir les trois planchers et en construire deux planchers à la place.



Figure 8 Niveau 12 Magasin Central

Les pièces en bois travaillent en traction reprenant la poussée due à la forme de la toiture. Aucune résistance en flexion n'est requise permettant d'avoir une petite épaisseur.

4. Le Magasin Central

4.1 Historique

Le magasin central, qui forme le prolongement de la salle Labrouste, est composé d'une structure en fonte de 4 niveaux par Labrouste (conçue en 1851). Il a subi deux extensions par l'architecte Roux - Spitz ; la première fois entre 1932 et 1936, pour réaliser deux niveaux de magasins également autoportants et la salle du Catalogue (Julien Cain) en béton armé ; la seconde entre 1954 et 1955, par une surélévation composée de deux strates autoportantes à structure métallique respectivement de trois et deux niveaux.

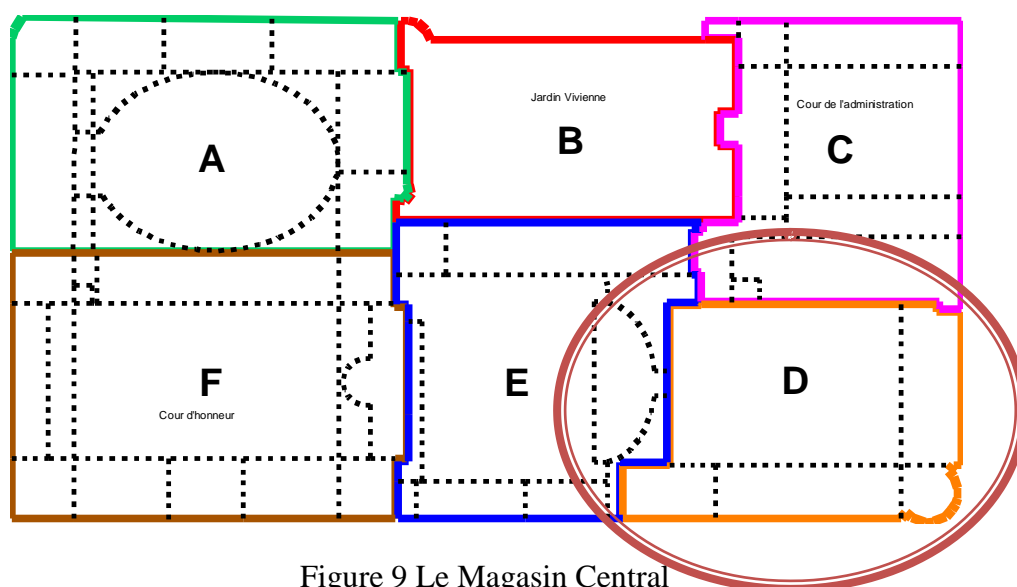


Figure 9 Le Magasin Central

4.2 Analyse de la Structure existante

Le Magasin Central est un édifice de 11 niveaux, mis en communication par des escaliers intérieurs et par un dispositif central de monte livres. La structure portante des niveaux N4, N5 et N6 est réalisée en béton armé. A partir de ce niveau, deux structures distinctes existent en superposition. La structure conçue par Labrouste et celle conçue par Roux-Spitz en 1953.

La structure Labrouste en fonte porte uniquement les planchers des niveaux N6, N7 et N8. La structure Roux-Spitz porte les planchers des niveaux N10, N11, N12, N13, N14. Des

sondages ont montré que les deux structures (Labrouste et structure en acier mis en place par Roux-Spitz) sont totalement indépendantes.

La charpente métallique du toit et des parois extérieures repose sur un mur d’enceinte périphérique existant. Par conséquent les structures intérieures reprennent uniquement les charges verticales ; les charges dues au vent et à la neige étant portées par l’enveloppe du bâtiment.

La structure métallique a été réalisée à base des profilés d’acier industriel. Les assemblages sont soudés et rivetés.

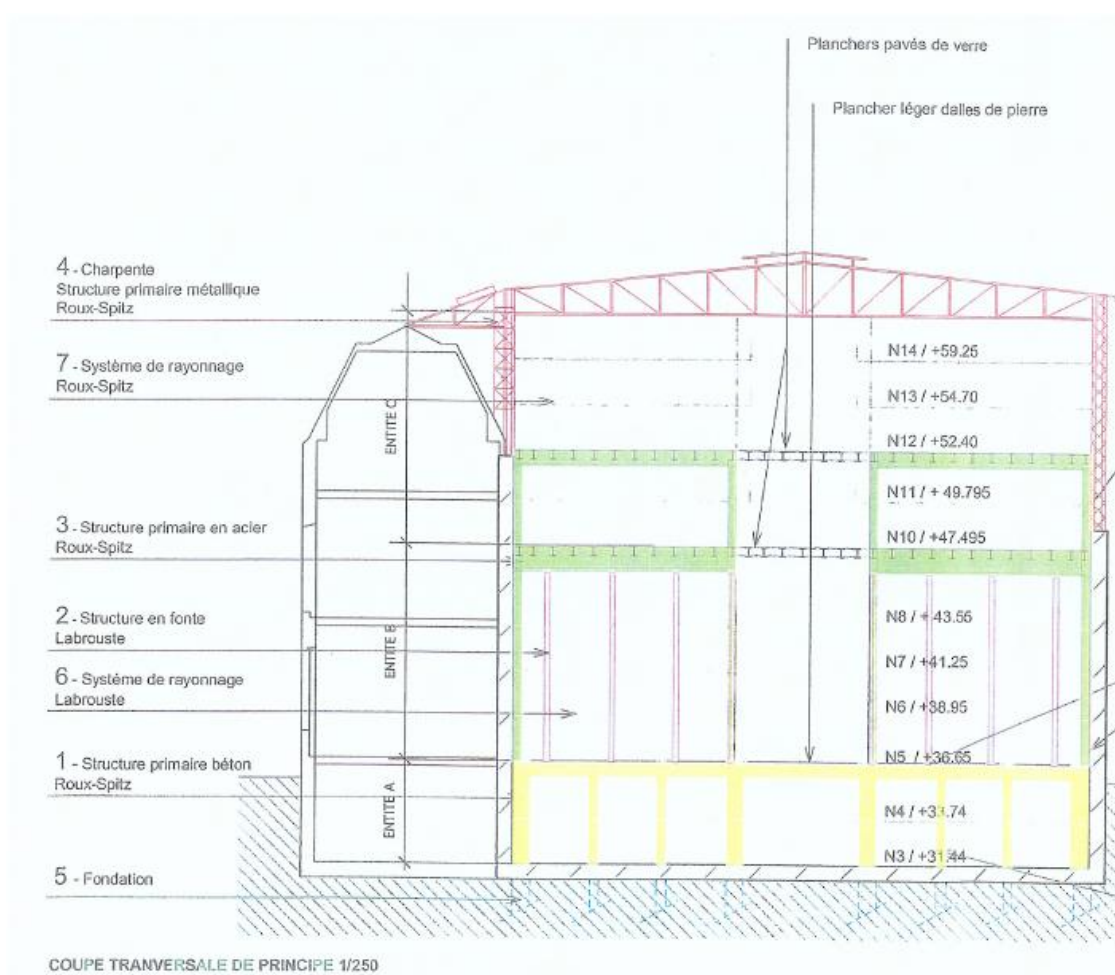


Figure 10 Coupe du Magasin Central ⁴

⁴ Etude de stabilité Magasin Central Bibliothèque Nationale de France Rue Richelieu , Bureau d’études Weinand

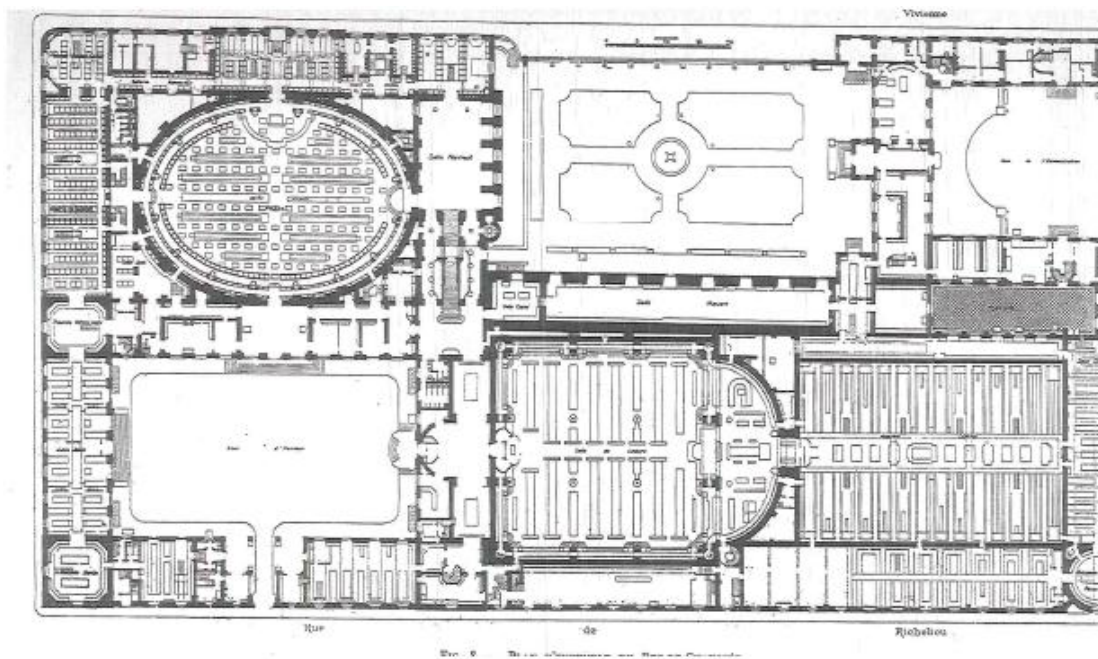


Figure 11 Plan d'ensemble du rez-de-chaussée (avant les transformations entreprises en 1932)⁵

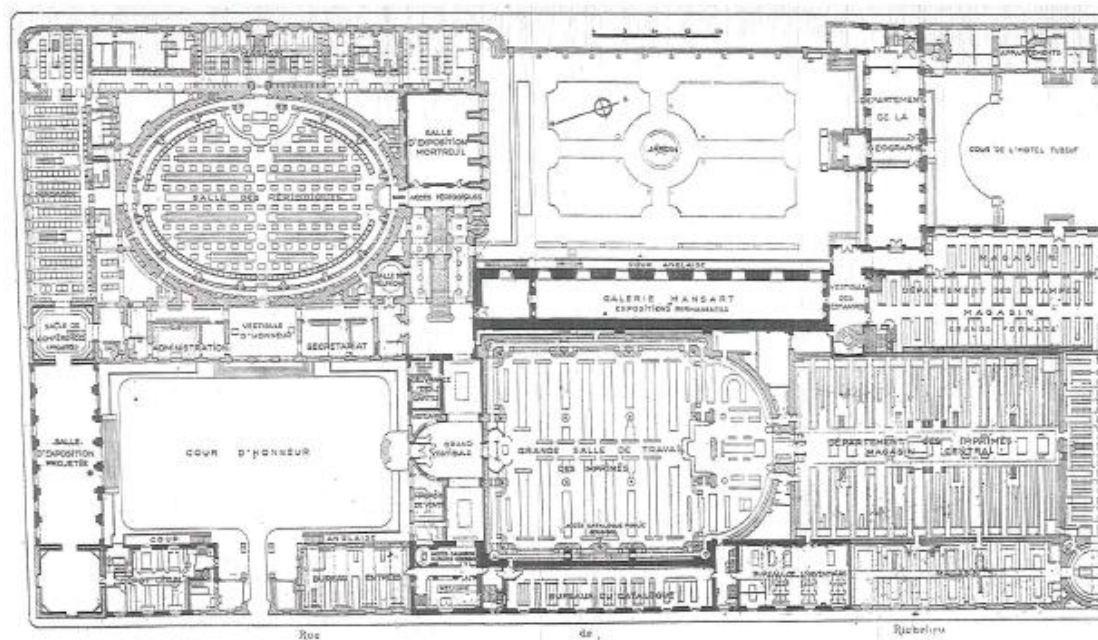


Figure 12 Plan d'ensemble du rez-de-chaussée (après les transformations entreprises en 1932)⁵

⁵ Préfacier PORCHER Jean & CAIN Julien, *Michel Roux-Spitz : réalisations*, Editions Vincent, Fréal, & Cie, [1933]-1959, Vol II

5. La Salle Labrouste

5.1 Interventions Labrouste

La structure métallique est complètement indépendante de la maçonnerie. Elle contient seize colonnes de fonte, hautes de dix mètres et d'un diamètre de trente centimètres, qui soutiennent des arcs de fer sur lesquels reposent à la fois les coupoles et la charpente supérieure. Les neuf coupoles sont percées chacune d'un oculus et sont constituées de panneaux de faïence émaillée dont la faible épaisseur (9mm) .Grace à ce procédé la lumière dans la Salle est égale sans zones d'ombre.

Labrouste manifeste une fidélité constante à l'Antiquité, mais une Antiquité transfigurée, adaptée à des exigences nouvelles. L'ordre des colonnes en fonte, les coupoles en pendentifs renvoyant aux églises byzantines mais « à une toute autre échelle avec de tout autres moyens » (François Loyer). Le pur fonctionnalisme et le dépouillement de cette structure sont formidables.



Figure 13 Détail des coupoles de la Salle de Lecture

Cette solution permet une diffusion optimale de la lumière. L'ossature des coupoles adopte le principe des grandes cages à cerceaux de crinolines qui, au milieu des années 1850, ont-elles mêmes tiré profit des progrès de la construction métallique. Le décor des intrados exprime l'armature ; il souligne aussi malicieusement l'analogie vestimentaire en simulant des jupons blancs enrichis d'une succession des galons de couleur. La subordination du décor à la structure est essentielle chez Labrouste. « L'architecture est la construction ornée ». Il a

l'ambition de valoriser les éléments structurels apparents où sous-jacents. Par ailleurs, il magnifie le caractère industriel de ces arcs et poutres de fer par des arabesques peintes.

La conception de la Salle de Lecture par Labrouste comprend plusieurs innovations pour l'époque, qui sont admirables même aujourd'hui.

5.2 Repérage photographique des travaux



Figure 14 Vue de l'échafaudage dans la Salle Labrouste



Figure 15 Travaux de nettoyage en cours



Figure 17 Avant et après nettoyage



Figure 16 Les têtes de rivets, toujours rehaussées d'or, sont reliées par un entrecroisement de filets dorés

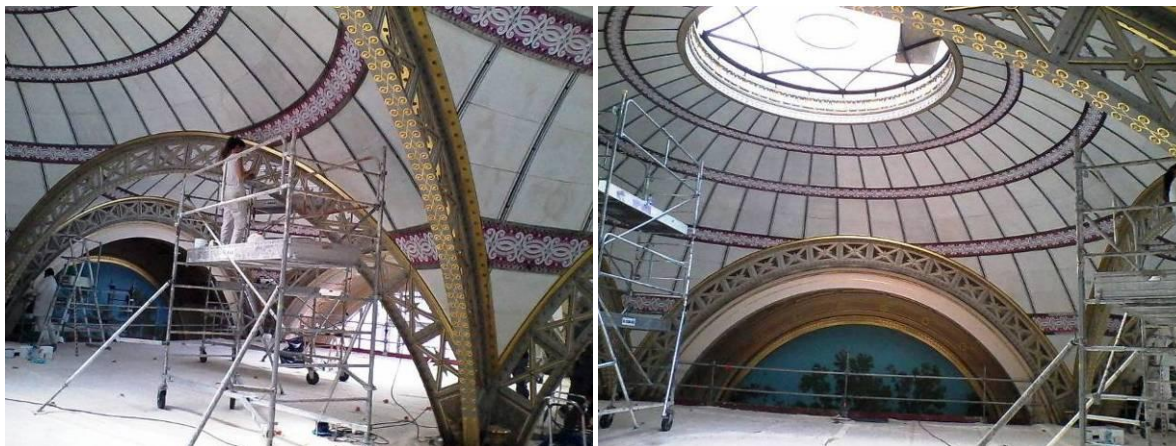


Figure 18 Détail des peintures

En souvenir de promenades studieuses au Jardin du Luxembourg, l'Architecte fait peindre des arbres sur la partie supérieure des parois. Les peintures exécutées par M.Desgoffes, représentent des voûtes de verdure. Une décoration qui offre aux lecteurs occupant la Salle une occasion pour le repos de leur esprit ; pas de danger de distraction.

6. La restauration des façades

L'ensemble des façades est inscrit à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques par arrêté du 29 décembre 1983. La préservation de ces espaces est d'une grande importance.

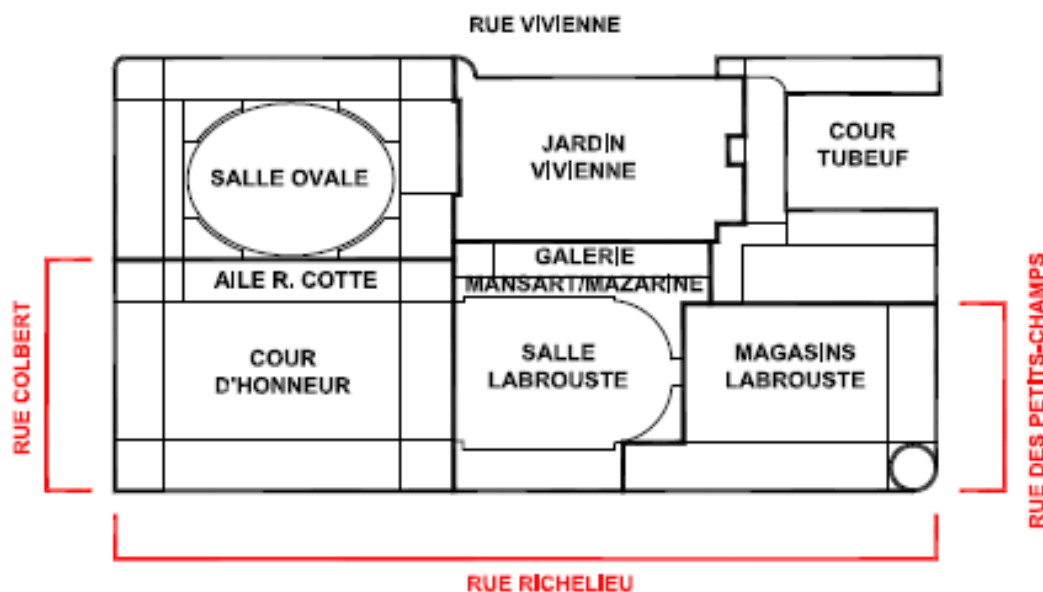


Figure 19 Plan de repérage des façades

La restauration des façades a comme but principal de traiter le plus efficacement possible les pathologies qui puissent apparaître, sans abimer la façade elle-même ou transformer son aspect originel. Les accidents de surface et la patine contiennent l'histoire des vieux murs ; la restauration doit se faire en respectant l'authenticité architecturale du bâtiment, des techniques de construction et des matériaux. Les traitements font appel à des méthodes traditionnelles (retaille de pierre ou patine) ainsi qu'à des procédés plus modernes et doivent s'inscrire sur le long terme, permettant à la façade de retrouver un équilibre durable.

Les différentes dégradations que l'on peut observer sur les façades en pierres sont présentées ci-dessous :

- Pierres érodées sous l'action de l'eau et la combinaison de la pollution atmosphérique
- Desquamation des parements de la pierre se détachant en fines plaques (1^{er} étage et attique)

- Formation de croûtes noires et encrassement des pierres
- Pierres tachées par les gommages répulsives et la colle des pics anti-pigeons
- Nombreuses épaufrures
- Pierre fortement ragrée, et notamment au droit des refends
- Dégradation ponctuelle des joints
- Fissures datant des reprises en sous œuvre
- Nombreux éclats sur les pierres, notamment au droit des chambranles des baies en fronton

Les méthodologies et les techniques de la restauration des façades sont plusieurs et dépendent de l'état de support existant, des matériaux et outils utilisés et de l'aspect final que nous envisageons à avoir. Nous pouvons noter également le micro gommage, le traitement de joints en mortier, la substitution des pierres, le ragréage, et la consolidation des sculptures.

Une analyse détaillée des diagnostics des façades et des différentes méthodologies d'intervention est présentée en annexe.



Figure 20 Façade petits Champs restaurée

B. GESTION DES RISQUES DU BATIMENT

7. La Maîtrise d'œuvre

7.1 Les acteurs principaux d'un projet de construction

Afin de s'assurer du rôle et des compétences des différents acteurs nous devons définir les rôles principaux :

La maîtrise d'ouvrage peut être un organisme public ou privé ou un promoteur immobilier (privé). Elle a comme rôles principaux de réaliser les phases amont de faisabilité et de programmation, de faire effectuer les diagnostics nécessaires, de contractualiser avec les différents acteurs et de veiller au respect des objectifs généraux. La maîtrise d'ouvrage assume la responsabilité générale de l'organisation et du déroulement de l'opération jusqu'à la réception de l'ouvrage.

La maîtrise d'œuvre doit apporter une réponse architecturale, technique et économique au programme défini par le maître d'ouvrage. **L'architecte** s'assure de la conception architecturale de l'ouvrage et synthétise les contraintes techniques environnementales, sociales et économiques. **L'ingénierie** définit et optimise les différents choix techniques. Il suit l'opération en assurant le contrôle du bon déroulement de l'opération. En intégrant le rôle de l'économiste, ils définissent le coût de l'ouvrage et contribuent à l'optimisation des choix correspondants.

En de nombreux aspects, la collaboration entre les membres de la maîtrise d'œuvre sera nécessaire car les interactions entre traitement intérieur des espaces et enveloppe extérieure sont nombreuses pour des raisons architecturales ou techniques : telle baie de magasin éclairera des bureaux, telle émergence technique apparaîtra en toiture, tel espace climatisé nécessitera un changement de fenêtres. Le bon déroulement du chantier et l'avancement des travaux dépend en grande partie du bon relationnel et de la collaboration entre l'architecte et le bureau d'études qui forment ensemble la maîtrise d'œuvre

L'entreprise doit réaliser l'ouvrage en mettant en place les moyens humains et les matériels nécessaires et optimiser la qualité de réalisation tout en respectant les délais.

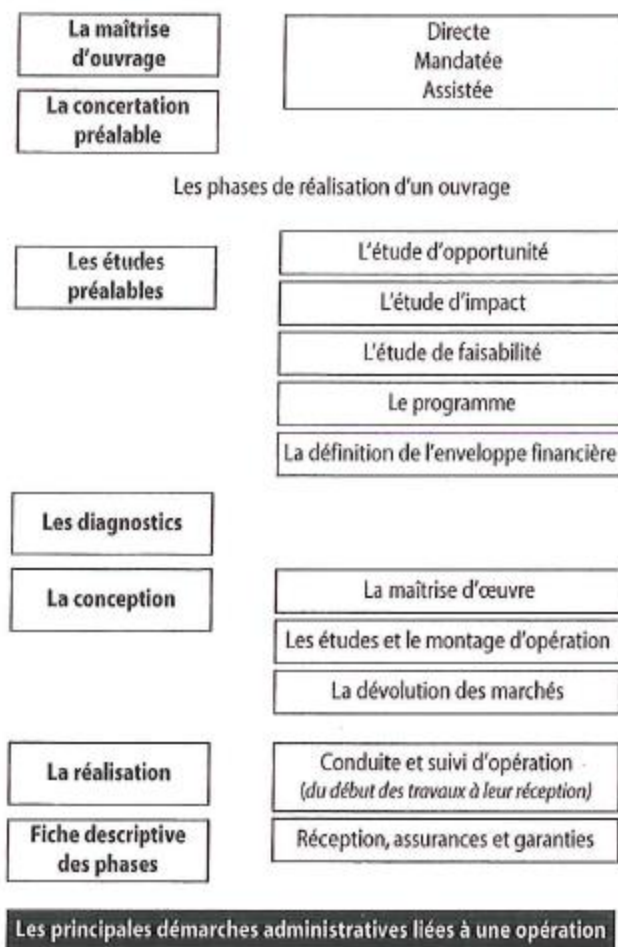


Figure 21 Les principales démarches administratives liées à une opération

7.2 Les risques potentiels de la réhabilitation

Dans le cadre de ma mission sur la BNF j'ai dû consulter les diagnostics concernant l'amiante et le plomb afin de pouvoir répondre à de différentes problématiques présentées sur site. Les méthodologies des interventions des entreprises doivent être conformes à la présence ou non de risque d'exposition au plomb ou à l'amiante et parfois de travaux supplémentaires de dépoussiérage ou de désamiantage sont à définir dans le cas de découvertes qui n'apparaissent pas sur les diagnostics. En outre, il est très important d'avoir sur site des entreprises qualifiées et capables à exécuter les travaux de façon correcte et efficace.

En se basant sur de différents sujets que j'ai traité pendant ma mission, j'ai pu conclure que les sujets principales à évoquer une risque potentiel sur chantier peuvent se globaliser sur deux thèmes : une mauvaise étude de diagnostic en amont de la désignation des opérations et des compétences et/ou des moyens insuffisants des différents intervenants sur le projet par rapport à leur mission.

Le suivi de travaux de différentes entreprises, le constat nettoyage effectué hebdomadairement, la participation à de réunions et de visites de chantier m'ont offert une vue global sur les problématiques sur chantier. Essayant de minimiser le risque que peut mettre en question le bon déroulement d'une opération et prenant en compte de divers exemples vu pendant ma présence sur la BNF, je décrirai ensuite les différentes causes et de solutions possibles afin de pouvoir éviter ou prévoir en amont de problématiques à venir dans des opérations futures.

7.2.1 Etude de diagnostic

Le diagnostic en amont de la réalisation de travaux est très important et peut faire éviter énormément de problèmes liés effectivement à une mauvaise lecture du site et de ces contraintes. Un état des lieux insuffisamment défini peut remettre en cause la faisabilité et la programmation de l'ouvrage. En plus, des contraintes environnementales ou réglementaires mal appréciées peuvent conduire à des évolutions tardives et des litiges avec différents intervenants. En outre, une analyse technique insuffisante de l'existant peut se traduire par des modifications, des incidences économiques et de délais importants.

Un mauvais diagnostic peut engendrer de difficultés de la réalisation du programme, de profondes reprises d'études de conception et de multiples adaptations lors de la phase de réalisation, aux conséquences importantes sur les délais et les coûts.

Afin de répondre à ces risques il reste primordial de :

- Effectuer un état des lieux
- Effectuer une analyse du fonctionnement urbanistique et de la perception architecturale
- Effectuer une analyse technique exhaustive
- Engager les analyses complémentaires réglementaires

Dans le cas de la réhabilitation ces analyses deviennent très importantes, notamment en ce qui concerne l'existence de substances nocives et polluantes : l'amiante et le plomb.

L'insuffisance d'investigations complémentaires aux études de diagnostic initial, lors de la période d'engagement des travaux, peuvent conduire à des remises en cause tardives et à des incidents divers.

Le diagnostic est une des phases essentielles de la construction dont dépendent le coût de fonctionnement et la vie d'ouvrage. Même si le diagnostic génère un coût pour sa réalisation, précis et pertinent, il évite très souvent des frais consécutifs soit à des pannes plus conséquentes soit à des pertes d'exploitation ou des modifications tardives du projet.

7.2.2 Compétences et moyens insuffisants

Un des risques que l'on peut rencontrer sur une opération est lié aux compétences et aux missions à remplir par chacun des acteurs, notamment la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre, les entreprises, les contrôleurs techniques et l'exploitant. Une absence de référence de réalisations de missions comparables peut très vite engendrer des difficultés sur le chantier qui auraient pu être évitées et résolues en amont. Des moyens techniques et humains insuffisants pour les missions à remplir sont souvent liés à un coût financier plus élevé que ce qui était prévu lors de la consultation.

Dans le cadre de l'opération, une entreprise désignée a montré une insuffisance par rapport à ses moyens et ses compétences, ce qui a amené à :

- insuffisances et erreurs de réalisation des travaux
- encadrement limité des différentes équipes et autocontrôles limités
- conséquences sur la qualité des prestations réalisées
- contrôles supplémentaires de la maîtrise d'œuvre

Pour que les différents intervenants soient aptes à réaliser leurs missions, la définition de leurs missions doit être claire, précise, détaillée et répondre globalement à tous les risques qui pourraient potentiellement apparaître sur chantier et qui correspondent aux interfaces entre les différents intervenants. La définition contractuelle du rôle et des missions des différents

acteurs et l'intégration dans les contrats d'entreprises, et notamment dans les CCTP, du rôle et la mission détaillée de chacun, est primordiale.

Dans le cadre de l'opération, les travaux prévus à une entreprise n'étaient pas clairement définies dans les différentes pièces marché. Cela a eu pour conséquences :

- des conflits relatifs aux interprétations des missions à remplir
- des problèmes de coordination mal résolus entre différents corps d'état
- des non-conformités et défauts de réalisation par rapport aux prescriptions des travaux
- des missions supplémentaires de contrôle de la part de la maîtrise d'œuvre
- des surcoûts économiques liés aux travaux non prévues réalisés
- une implication énorme de la part de la maîtrise d'œuvre afin de se rassurer sur la qualité des prestations réalisées
- des impacts sur le planning global à cause des interfaces avec les autres intervenants

7.3 Les différents aspects du rôle du maître d'œuvre

En intégrant l'équipe de la maîtrise d'œuvre d'exécution, j'ai eu l'opportunité de effectuées des missions divers, en complément du suivi de risque amiante. Ces missions sont également importantes à être présentés afin de faire mieux comprendre la complexité du rôle du maître d'œuvre et montrer que dans un sens plus large le risque sur chantier ne provient pas seulement du bâtiment lui-même ; l'aspect humain peut jouer un rôle.

Plus précisément, pendant ma présence sur le chantier de la BNF j'ai contrôlé les qualifications des différents sous-traitants, j'ai analysé le retard entre les études et les travaux à venir, j'ai rédigé des Fiches Techniques Modificatives (FTM) et j'ai estimé le coût de différentes interventions dans le cadre de travaux supplémentaires. Tous les aspects de ces différentes missions sont présentés ci-dessous.

7.3.1. Notification des différents sous-traitants

Un des rôles de la maîtrise d'œuvre est la vérification des compétences de différents sous-traitants demandés par les entreprises afin de réaliser des travaux sur le chantier. L'examen

des dossiers, à part les exigences administratives qui sont plutôt liées à la maîtrise d'ouvrage, est important afin de comprendre la capacité des entreprises à réaliser les travaux décrits. Le délai d'agrément des sous-traitants est contraignant, d'une part pour l'entreprise qui doit avoir la validation de la MOA / MOE en amont du démarrage des travaux, et d'autre part pour la MOA qui doit examiner et répondre à la demande dans 21 jours dès la réception du dossier. Si aucune réponse n'est donnée par la MOA le sous-traitant est automatiquement considéré comme accepté.

7.3.2. Analyse des visas et retards des études par rapport aux travaux

Le bon déroulement du chantier est fortement lié au bon suivi du planning d'exécution des travaux, établi par le pilote. Dans le cas où l'entreprise respecte bien ses engagements et réalise ses travaux dans les délais définis, il y a moins de problèmes de conflits et de tâches bloquant les différents intervenants. Il est évident qu'une fois qu'une tâche critique prend du retard, ceci s'accumule en ajoutant les différentes tâches suivantes, résultant à un délai global beaucoup plus élevé et rendant la programmation et le suivi des travaux complexe pour le pilote et les entreprises qui interviennent. Le bon suivi du planning dépend de la bonne volonté et qualité des travaux de l'entreprise dépendant de sa main d'œuvre, de ses chefs de projet et de sa santé financière. Le rôle du maître d'œuvre est dans ce cas également important non pas pour remplacer les autocontrôles obligatoirement effectués par les entreprises mais pour constater la qualité des travaux réalisées et leur conformité avec le programme et le marché.

Souvent quand les travaux commencent à prendre du retard, les entreprises ont tendance à réaliser leurs travaux sans avoir eu le visa de la Maîtrise d'œuvre sur leurs plans d'exécution, et nous pouvons arriver à la réalisation des travaux se basant sur des visas suspendus ou même refusés par la MOE et/ou le bureau de contrôle. Ceci peut remettre en question la totalité de l'opération et peut engendrer des délais et des coûts supplémentaires. Le MOE doit bien vérifier que de tels cas n'apparaissent pas sur le chantier, rendant le suivi des retards des études par rapport aux travaux très important.

7.3.3 Rédaction des FTM / estimation et analyse devis

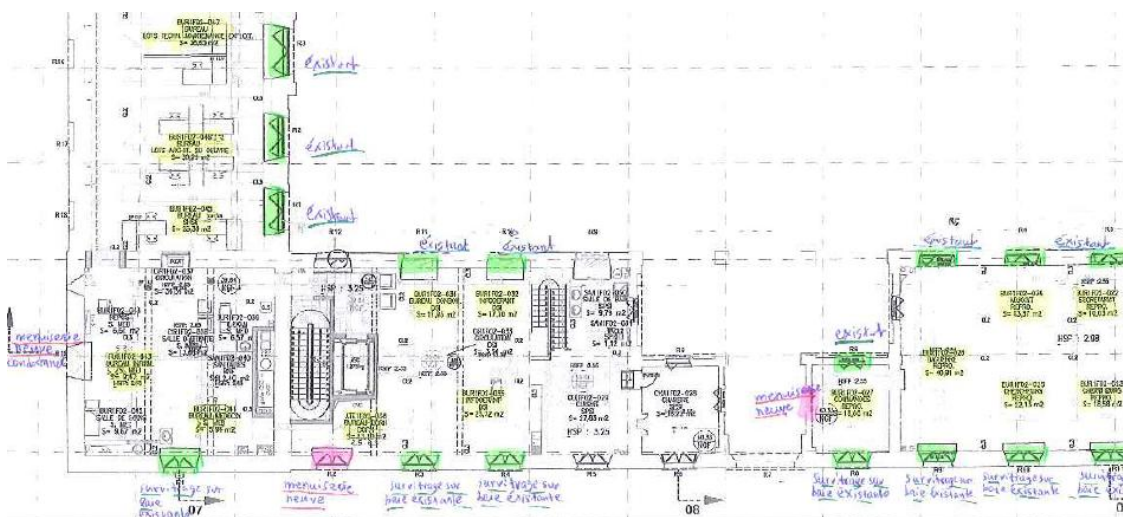
Les travaux à réaliser sont décrits dans les différentes pièces marché et c'est sur cette base que chaque entreprise a chiffré ses interventions. D'ailleurs, des modifications liées à différentes raisons sont courantes dans de grands projets de réhabilitation, même si c'est évident que le cas idéal reste la réalisation d'un projet sans aucune FTM (fiches de travaux modificatifs) et OS (ordres de service) qui vont avec.

Les modifications apportées sur le marché de base, traduites par des incidences financières, sont liées à différentes causes ; ce qui définit qui va en supporter ce surcoût : est-ce que c'est la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre ou l'entreprise elle-même ?

Les TS sont les travaux supplémentaires, ils devaient être prévus par la Maîtrise d'œuvre à la base du marché et ne l'ont pas été. Les TM sont les travaux modificatifs liés aux demandes du client et les TA sont les aléas, donc ceux que la maîtrise d'œuvre ne pouvait pas prévoir au marché.

Pour faciliter la vie sur le futur site des utilisateurs ou afin de mieux répondre aux exigences de normes existantes, le maître d'ouvrage peut demander des modifications du projet. Dans notre cas nous avons eu la demande de la part de la maîtrise d'ouvrage de prévoir la mise en place de contacts de feuillure aux fenêtres afin de couper la climatisation chaque fois que la fenêtre restait ouverte. Pour les fenêtres neuves ceci n'a pas une incidence financière car les normes décrivent bien une telle exigence dans des cas des locaux équipés de ventilo-convecteurs. La problématique se pose pour les fenêtres existantes. Un repérage des différents types de fenêtres conservées (métalliques ou en bois avec de différent nombre des ouvrants) a été fait par rapport aux locaux prévues avec des ventilo-convecteurs. Ensuite le type de contact de feuillure devrait être défini, et des échanges avec les spécialistes ont conclu que des contacts sans fil n'étaient pas envisageables car peu utilisés pour le moment et difficilement raccordés. La gestion de la mise en place des contacts apparents ou pas s'était posée, car le résultat esthétique de ces premiers n'était pas satisfaisant pour les architectes. Une étude de prix, car les contacts non apparents entraînent un surcoût élevé et une étude de faisabilité ont été réalisées, afin de conclure à la mise en place des contacts apparents aux fenêtres métalliques (pas de possibilité de les percer) et la mise en place des contacts encastrés aux fenêtres en bois (le surcoût était justifié et accepté par la maîtrise d'ouvrage). Une

décision de mettre des contacts qu’à un seul ouvrant sur deux a été prise. Pour arriver à ce résultat des différents échanges ont eu lieu avec l’entreprise concernée, les architectes et les ingénieurs spécialistes.



MENUISERIE RESTAUREE	NIVEAU	ZONE	NOM	famille de baies	nombre	prix	
						€	
SURVIRTRAGE SUR BAIE EXISTANTE	5 F		PCS11F00-040		03	6	€ 600
	7 F		BUR1FO2-019		02	1	€ 100
			BUR1FO2-021		05	1 métalliques	€ 20
			BUR1FO2-023		05	1 métalliques	€ 20
						
			S TOTAL		27		€ 2300
RESTAURATION PATRIMONIALE	4 F		LT1FS1-029		10	2	200
			BUR1FS1-033		10	2	200
			BUR1FS1-034		10	2	200
						
			S TOTAL		83		€ 4860
			TOTAL		110		€ 7160

Figure 22 Exemple de document de travail pour l’estimation de la mise des contacts

Dans l’extrait de la documentation produite afin de supporter l’étude de la mise en place des contacts présenté ci-dessus, nous voyons également le repérage des ouvrants et l’estimation de coût selon les cas différents.

Par ailleurs, de travaux supplémentaires peuvent être demandées dans le cadre de la synthèse.

La synthèse c'est la juxtaposition des documents de différentes entreprises afin de vérifier que chacune a bien pris en compte non seulement les contraintes liées à sa propre solution mais aussi l'impact de la solution proposée à celles des autres intervenants. Suite à la synthèse nous nous retrouvons parfois devant des incohérences que l'on ne peut solutionner qu'en modifiant le projet. Les modifications liées à la synthèse font partie des études supplémentaires de la part du bureau d'études et de l'entreprise afin de trouver la solution la plus adaptée au niveau technique et financier.

La modification des portes par exemple, liée soit à des modifications des locaux ; une différence à l'usage d'un local peut avoir un impact direct sur sa nomination en étant en risque moyen ou important ; soit à des demandes techniques ; serrures silencieuses, contacts de position, est aussi un sujet qui doit être dès le début bien suivi. Le tableau de portes est chaque fois mis à jour car les caractéristiques des portes à livrées doivent être conformes aux réglementations en vigueur. L'incidence financière de ces changements est calculée en se basant sur les prix DPGF (Décomposition du prix global et forfaitaire) de la base du marché de chaque entreprise concernée et est présentée auprès le maître d'ouvrage pour validation.

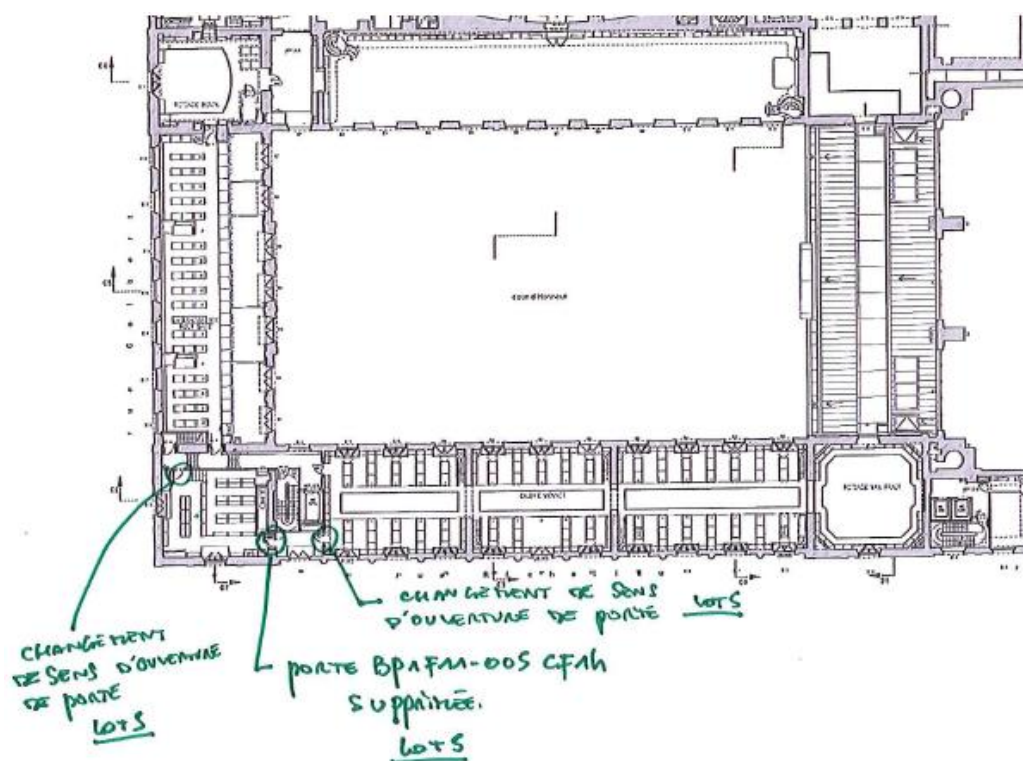


Figure 23 Extrait du repérage des portes modifiées issu du document préparé par l'architecte

ESTIMATION MODIFICATIONS PORTES ET CLOISONS					
SUITE AU NOUVEAU REPERAGE DES LOCAUX A RISQUE					
	u	Pu	Qté	Prix	LOT
NIVEAU 15					
BP1D24-002, BP1D24-003					
Remplacement d'une porte PF1/2h par une porte CF1/2h, = sans incidence					6
NIVEAU 13					
BP1D22-013, BP1D22-013a, BP1D22-013b					
MV					
BP 204x90+50, prépeinte, huisserie métallique (§ 3.3.8)		427,20	3	-1281,60	5
PV					
BP 204x90+50, prépeinte, huisserie métallique (§ 3.3.13)		909,20	3	2727,60	5
NIVEAU 12					
BP1F21-026					
MV					
BP 204x90, 38dB, prépeinte, huisserie bois exotique (§ 3.3.11)		547,47	1	-547,47	5
PV					
BP 204x90, 38 dB, prépeinte, huisserie bois exotique (§ 3.3.14) ouverture vers l'extérieur		729,47	1	729,47	5
Cloisons					
MV					
Cloisons CF 1H (CL2) (2.4.2)		56,20	11,77	-661,25	4
PV					
Cloisons CF 2H (2.4.6)		83,30	11,77	980,11	4

Figure 24 Document de travail pour l'estimation des modifications de portes

En outre, les modifications les plus importantes sont liées à de différentes découvertes au fur et à mesure que le chantier avance. Des diagnostics complets et bien faits concernant la connaissance du site et un premier état des lieux jouent un rôle primordial et peuvent faire éviter des travaux et par conséquent des délais supplémentaires.

Les diagnostics plomb et amiante dans un chantier de réhabilitation précisément sont très importants. Dans le cas de la BNF, la découverte d'amiante non apparente dans le diagnostic diffusé par la maîtrise d'ouvrage et donc pas traité dans la phase de désamiantage préalable avant le commencement des travaux a eu comme résultat un arrêt de chantier de plusieurs mois avec des effets énormes sur les coûts et les délais.

Différentes découvertes après curage, comme par exemple des éléments supplémentaires à curer, ou un état des finitions insatisfaisant par rapport aux traitements des finitions prévu à la base du marché qui demande des reprises complémentaires, ainsi que des tracés des réseaux, notamment les réseaux enterrés pas prévus, font souvent le cas des modifications au marché de base.

7.4 Incidences liés à la prolongation de délai

Le recalage du planning a prolongé le délai global d'exécution du chantier. Une partie de ce décalage fait suite à la découverte de matériaux amiantés, générant des arrêts de chantier dans certaines zones et l'attribution des marchés complémentaires de désamiantage. D'autre part ce décalage fait suite au nettoyage général du chantier par une tierce entreprise. Le nettoyage concernait les poussières de plomb présentes sur site.

Concernant le plomb, de tests lingettes et de mesures d'air sont effectués avant et après travaux afin de s'assurer du respect de limites établies. Le suivi de ces mesures reste très important. La méthodologie des travaux à effectuer (porte ou non des EPI plomb) ainsi que les circulations 'propres' sur chantier dépend du repérage des zones en risque plomb.

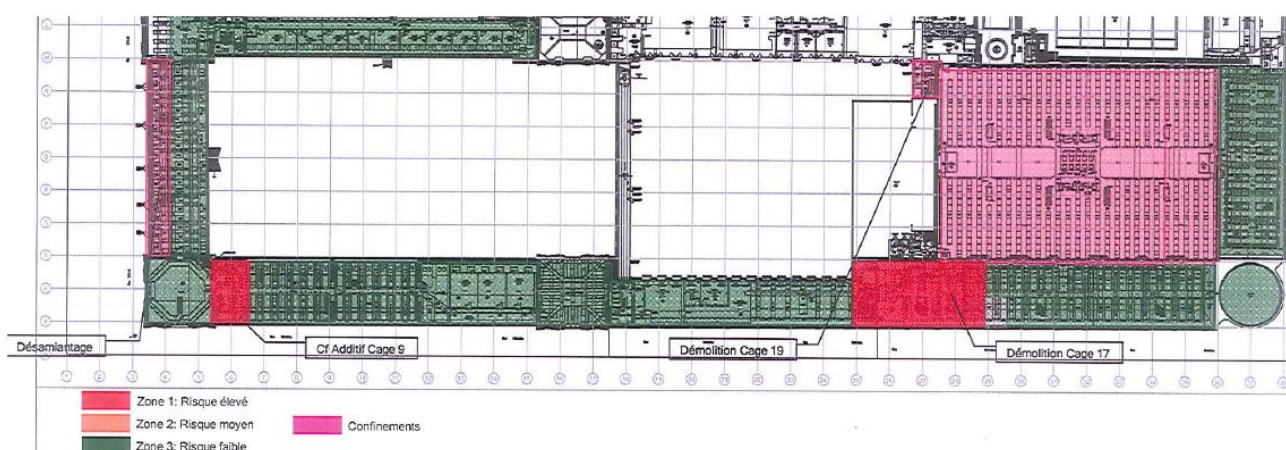


Figure 25 Plan de repérage des zones de travail vis-à-vis du plomb établi chaque semaine

Dans un chantier il y a toujours le cas des entreprises qui sont mal encadrées ou qui, faute d'avoir mal chiffré leur marché, essaient de faire le moins possible, sont en retard et empêchent finalement le bon déroulement du chantier. Ceci vient complexifier la mission du maître d'œuvre, qui doit superviser les travaux réalisés et vérifier leur qualité et leur cohérence avec le marché. Donc, le maître d'œuvre doit effectuer les autocontrôles que l'entreprise n'effectue pas, doit réaliser régulièrement des constats d'avancement et doit finalement mettre la pression à l'entreprise pour qu'elle finisse ses prestations. En prenant comme exemple le curage, les problématiques liées aux découvertes d'amiante, à l'interface avec des autres entreprises et à un dossier très général qui permettait des lectures différentes

ont lourdement amplifié la mission de la maîtrise d'œuvre. Afin de s'assurer de la qualité et de l'intégralité de la réalisation de ses prestations et enfin réceptionner leurs travaux, plusieurs constats d'avancement de travaux ont eu place. Le document pointé de réserves restantes, réalisé par la maîtrise d'œuvre, s'ajoutait aux différentes pièces marché pour le suivi de travaux.

N°	ZONE	NIV	CODE LOCAL	DESCRIPTION	INTERFACES			VALIDE / REFUSÉ / TR. ANS / FE. RE (N°/1)
					LOT	LOT	LOT	
369.01	E7	13	1	La zone n'a pas encore fait l'objet d'intervention par le lot 2. La liste n'est pas exhaustive.				-
369.02	E7	13	1	Tour aéro à déposer ultérieurement (à consigner/repérer lot 8)		X		R
369.03	E7	13	1	Réseaux elec tour aéro à déposer (à consigner/repérer lot 9)	X			R
369.04	E7	13	1	Réseaux hydrauliques à déposer (à consigner/repérer lot 8)		X		R
369.05	E7	13	1	Bardage et supportage métallique à déposer.				R
369.06	E7	13	2	La zone, pratiquement inaccessible n'a pas encore fait l'objet d'intervention par le lot 2. La liste n'est pas				-
369.07	E7	13	2	Armoires elec à déposer (à consigner/repérer lot 9)				R
369.08	E7	13	2	Gaines aérauliques à déposer				R/T
369.09	E7	13	2	Réseaux elec yc fourreaux et fixations à déposer (à confirmer lot 9)	X			R
369.10	E7	13	2	Feuillard à déposer (à confirmer lot 9)	X			R
369.11	E7	13	2	Réseaux hydrauliques à déposer (à repérer lot 8)				R
369.12	E7	13	2	Portes à curer				R
397	E3	7	1	Gaines aérauliques et terminaux à déposer				R/T
398	E3	7	1	3 chutes évacuation (EP ?) à déposer (à repérer lot 8)		X		R
399	E3	7	1	EP à déposer ultérieurement		X		R
400	E3	7	1	Gaine maçonnée ~1,5x2 au sol à démolir par le lot 1			X	-
401	E3	5	1	Local non accessible, non visité. Constat du curage restant à effectuer par DGC à faire ultérieurement				-
401.01	E3	5	1	Interrupteur double sur mur vers E1 à déposer				R
401.02	E3	5	1	Clous sur baie de porte vers E1 à retirer/raaser				R
401.03	E3	5	1	Fixations métalliques restant de la dépose de l'huissierie vers D1 à araser				R
401.04	E3	5	1	Coude tuyau à retirer/raaser (à repérer lot 8)		X		R
401.05	E3	5	1	Câblage D1 à déposer + fourreau métallique à araser (à confirmer lot 9)				R
401.06	E3	5	1	Tuyau à retirer/raaser au plafond				R
401.07	E3	5	1	Gaines aérauliques, grilles de ventilation et VCF à déposer				R/T
401.08	E3	5	1	Morceaux de plinthes et fixations à déposer				R
401.09	E3	5	1	Trois chutes evac à déposer (à repérer lot 8)		X		R
401.10	E3	5	1	EP à déposer ultérieurement				R
763	F1	4	T2	Dvoïdes sous cour d'honneur = Les réseaux d'évacuation semi-enterrés sont à déposer (à consigner/repérer lot 8)		X		R

Figure 26 Extrait de la liste de réserves pour l'entreprise de curage

8. La problématique de l'amiante

Le risque principal sur un chantier de réhabilitation est la découverte d'amiante, car il s'agit d'un matériau très utilisé dans le domaine du bâtiment. Suite à diverses découvertes lors de la phase de curage, un désamiantage complémentaire des matériaux et produits contenant de l'amiante présents sur le site de la BNF était nécessaire.

Ma mission consistait au suivi des diagnostics et des travaux de désamiantage afin de pouvoir minimiser le risque amiante sur chantier. Deux entreprises différentes étaient désignées afin d'effectuer les travaux. Vu que l'intervention se faisait en milieu déjà occupé par des autres entreprises en charge du curage et des démolitions, le bon suivi et coordination de différents intervenants étaient très importants.

Plus particulièrement j'assistai aux réunions organisées en présence des entreprises, de la maîtrise d'ouvrage, du pilote et du coordinateur SPS. Je m'assurais du bon déroulement de travaux et du suivi des méthodologies d'intervention validé en amont. Des résultats de prélèvements et de mesures libératoires étaient à remettre chaque semaine, permettant d'un côté de suivre les travaux et d'autre côté de pouvoir libérer des zones. En outre, des différentes problématiques rencontrées, liées soit à des interactions avec des autres intervenants, soit à de découvertes, soit à de méthodologies à adapter, étaient à résoudre. De plusieurs visites sur site permettaient ainsi de définir les travaux et les méthodologies à suivre, s'assurer que les travaux étaient réalisés suivant les méthodologies adaptées, valider les travaux effectués et faire de réserves si le niveau de finition de travaux n'était pas satisfaisant.

La bonne connaissance du site et des cahiers techniques qui définissaient les travaux prévues aux entreprises était indispensable pour accomplir ma mission. Au fur et à mesure j'ai pu avoir un historique des travaux et donc être plus efficace, prévoir des interactions avec les autres interventions et les résoudre en amont, pouvoir répertorier des matériaux possiblement amiantés et proposer des solutions bien adaptées concernant leur traitement.

Se basant sur ma mission et les cas divers rencontrés sur le site, je présenterai le risque amiante. Je présenterai également la réglementation à suivre, la procédure des diagnostics amiante et les différentes méthodes d'intervention par rapport au type de matériau que nous devons traiter. En outre, j'insisterai sur les problématiques divers quand aux travaux supplémentaires de désamiantage, en analysant les différents raisons qui ont menés à ces travaux et les solutions possibles afin de les éviter.

8.1 Définition et propriétés de l'amiante

L'amiante est un matériau naturel fibreux. L'ensemble de ces propriétés en combinaison avec son faible coût l'ont rendu très répandu dans plusieurs produits et matériaux fabriqués avant 1997 et utilisés dans le bâtiment. Dans des produits ignifuges comme le flocage, des produits de calorifugeage (tuyauterie de chauffage), des tresses, des feuilles ou des plaques cartonnées l'amiante est présent sous sa forme friable. Des isolants ou revêtements de sol, des produits en ciment, des produits d'étanchéité à la base de bitume ou de goudron, des peintures intumescents, des enduits, des joints, des colles et des mastics sont les plus susceptibles à contenir de l'amiante non friable.

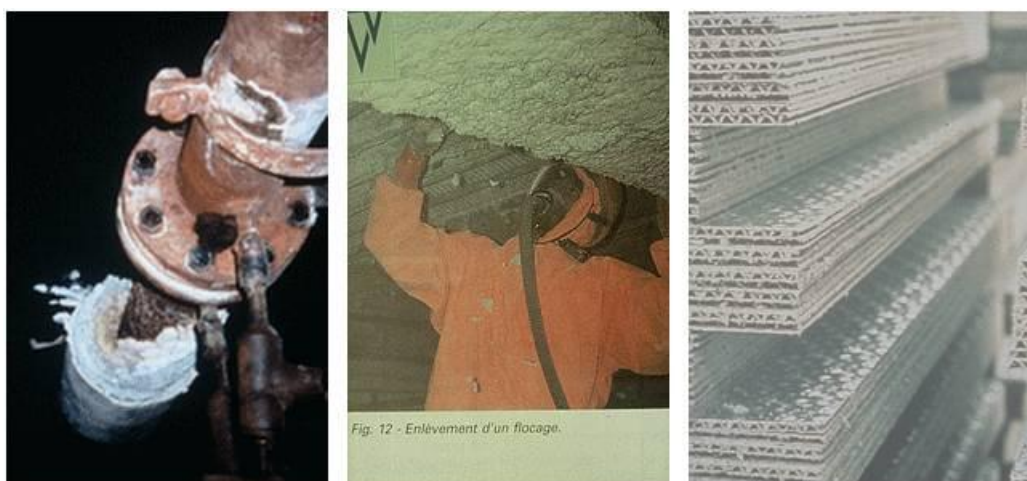


Figure 27 Amiante friable : calorifugeage, flocage, carton amianté

(<http://www.ban-asbestos-france.com/>)



Figure 28 Amiante non friable : joints, fibro-ciment, colle

Ses propriétés les plus remarquables sont la résistance au feu, la résistance mécanique à la traction, à la flexion et à l'usure, la résistance aux agressions chimiques et la possibilité d'être filée et tissée. Les formes d'amiante les plus utilisées sont le chrysotile (ou amiante blanc), la crocidolite (ou amiante bleu) pour sa résistance mécanique, l'amosite (ou amiante brun) surtout employé pour l'isolation thermique et la trémolite.

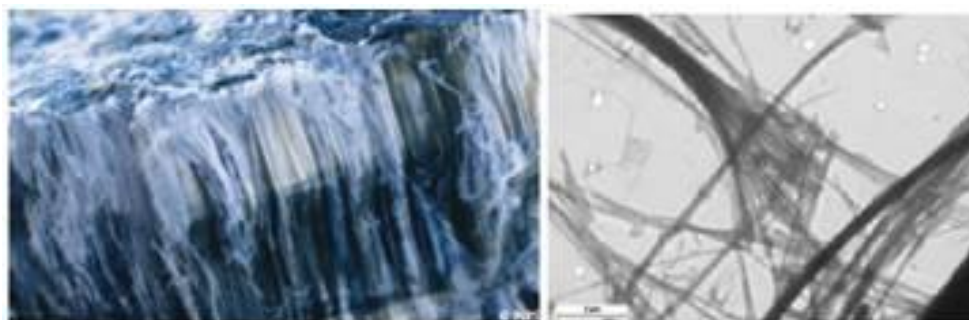


Figure 29 Roche brute d'amiante et fibres d'amiante vues au microscope électronique
(<http://www.inrs.fr/>)

L'amiante est nocive pour la santé lorsqu'à l'inhalation des fibres microscopiques alvéolaires (diamètre $< 3\mu\text{m}$, longueur $> 5\mu\text{m}$) d'amiante, qui combinées à la bio-persistance des fibres dans l'organisme sont responsables pour le développement des maladies respiratoires graves : l'asbestose, des plaques pleurales, le cancer broncho-pulmonaire ou mésothéliome et autres. Les fibres d'amiante sont constituées de faisceaux de petites fibrilles, accolées les unes aux autres. Sous l'effet d'usage, de chocs ou de vibrations, elles peuvent se séparer très facilement dans le sens de la longueur et en poussières très fines pénétrer aux poumons.

Certaines maladies peuvent survenir après de faibles expositions mais la répétition de l'exposition augmente la probabilité de tomber malade. Les effets sur la santé d'une exposition à l'amiante surviennent souvent plusieurs années après le début de l'exposition.

La quantité d'amiante mise en œuvre dans les bâtiments existants en France est évaluée entre 4 et 5 tonnes. Les incertitudes étant nombreuses, ce nombre peut facilement atteindre de taux plus élevés. L'amiante est donc devenu un problème de santé publique dans la plupart des pays industriels.

8.2 Gestion du risque amiante

Les décrets du 7 février 1996 rend obligatoire l'évaluation et à la prévention des risques liés à la présence d'amiante dans un bâtiment. Le diagnostic du risque pour la santé est particulièrement complexe, lié aux diverses utilisations de la fibre d'amiante (plus de 3000 applications dans les produits du bâtiment) et la facilité de la libération de celles –ci dans le cas de traitement de matériaux amiantés.

L'inspection sur site pour les bâtiments construits avant 1997 est primordial afin d'identifier et localiser tous les matériaux contenant de l'amiante. Des prélèvements des matériaux suspects sont effectués en mode opératoire spécifique permettant de ne pas libérer des fibres d'amiante dans l'atmosphère. Les matériaux contenant des traces d'amiante sont détectés à l'aide des techniques d'analyses optiques et sont identifiés par rapport aux différentes formes d'amiante et leur état de conservation. Des contrôles d'empoussièrement et des prélèvements d'air déterminent les priorités d'actions et les travaux correctifs à effectuer afin de limiter le risque d'exposition. Le client est donc informé sur les obligations réglementaires et l'assistance technique propose des solutions rationnelles et adaptées, planifie et suit les travaux de désamiantage.

8.2.1 Cadre réglementaire

Le repérage des matériaux et des produits contenant de l'amiante vise à la protection d'une partie ou de toute la population contre les effets d'inhalation des fibres d'amiante. La réglementation relative au risque amiante concerne plusieurs aspects : la réglementation « santé » concernant tous les utilisateurs des bâtis susceptibles de contenir de l'amiante, la réglementation « travail » concernant les travailleurs effectuant des travaux à proximité des

matériaux amiantés et la réglementation « environnement » qui détermine les déchets amiantés et fixe les objectifs par rapport à leur traitement.

Concernant les travailleurs, en complément des dispositions relatives aux risques chimiques et aux CMR (substances chimiques Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction), le Code du travail prévoit des dispositions spécifiques qui doivent s'appliquer à tous les travaux exposant à l'amiante.

Les niveaux d'exposition professionnelle doivent être mesurés pour chaque phase de travail en utilisant une méthode de prélèvement normalisée (norme XP X 43-269) et d'analyse par microscope électronique à transmission analytique (META). (NF X 43-050). La valeur moyenne d'exposition sur 8 heures est limitée à 100 fibres par litre pour atteindre la valeur 10 fibres par litre en 2015. Une durée maximale de 2 heures de travail avec port d'équipement respiratoire est respectée. Par ailleurs, le niveau d'empoussièrement des processus doit être également évalué.

Tous les travaux de confinement et de retrait d'amiante doivent être réalisés par des entreprises qualifiées en amiante friable et non friable selon le cas.

8.2.2 Diagnostic amiante

Une évaluation de l'état des différents matériaux amiantés est faite dans le diagnostic technique amiante (DTA), en tenant compte de l'accessibilité aux matériaux, de leur degré de dégradation et de leur exposition aux chocs, aux vibrations et mouvements d'air susceptibles de libérer les fibres. Dans le cas d'une dégradation locale ou un mauvais état du matériau amianté il y a la nécessité de procéder à des mesures d'empoussièrement dans l'air. Si le résultat du niveau d'empoussièrement est inférieur à 1 fibre par litre il n'y a pas besoin de protection respiratoire pour accéder la zone. Des taux entre une et cinq fibres par litre nécessitent le port des demi-masques FFP3. Des valeurs supérieures à 5 fibres par litre d'air demandent des mesures conservatoires de protection et l'accès en zone en masque complet à ventilation assistée.

La procédure de prélèvements utilisés est conforme à la norme NF X 46-020 de décembre 2008. Le programme de repérage est défini par l'Annexe 13.9 du Code de la santé publique et l'annexe A de la norme NF X 46-020.

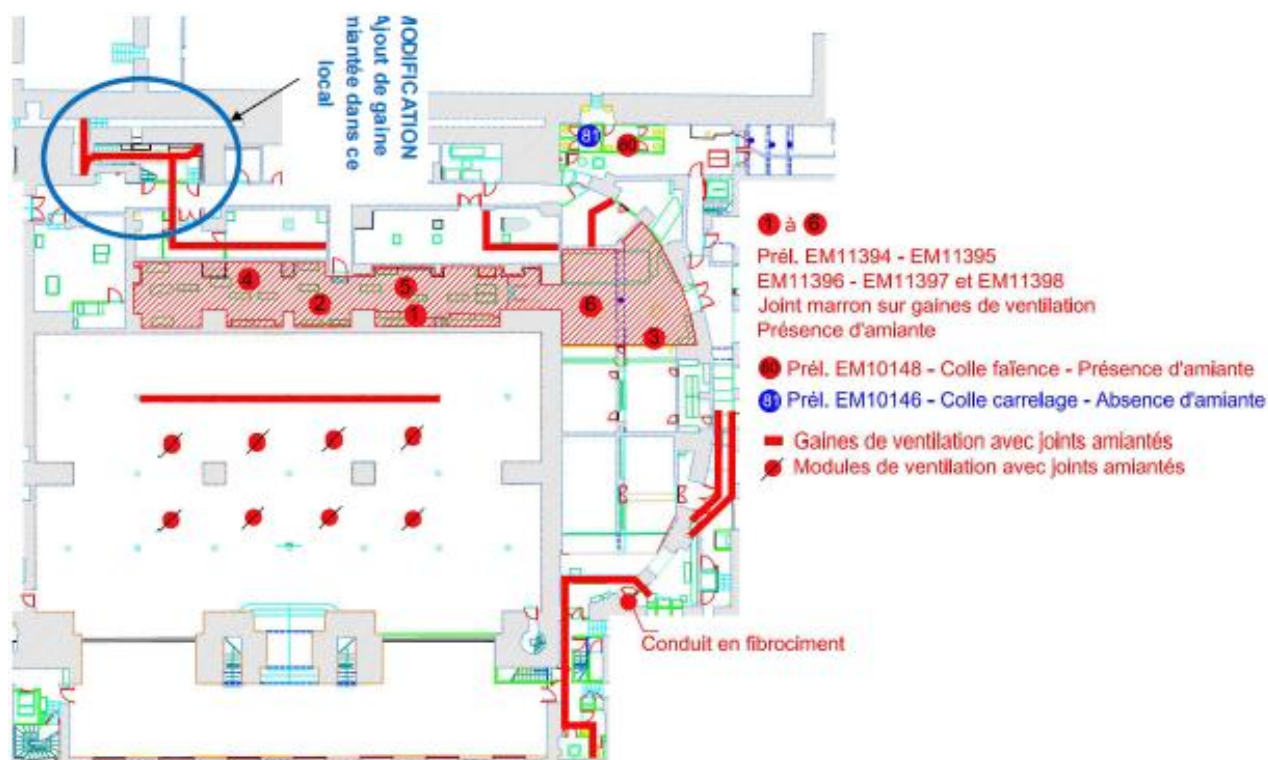


Figure 30 Exemple de la cartographie des gaines amiantées_niveau 4 zone E (issue du rapport de mission de repérage des matériaux et produits contenant de l'amiante avant réalisation de travaux_ Qualicontrol)

Un bon diagnostic doit être exhaustif, et doit être effectué d'une façon rigoureuse. A titre d'exemple dans le cas où le décret demande la recherche de l'amiante que dans les dalles de sol, le repérage complet doit aussi comprendre la recherche de l'amiante dans des colles bitumineuses possiblement amiantées et dans le ragréage au-dessus. Un diagnostic non exhaustif peut résulter à des découvertes d'amiante sur chantier pendant les travaux, ce qui est dangereux pour la santé des intervenants et entraîne des conséquences énormes au niveau de l'exécution des travaux en termes de coût et de délais.

8.2.2.1 Repérage photographique de matériaux ou produits contenant de l'amiante

(issue du rapport de mission de repérage des matériaux et produits contenant de l'amiante avant réalisation de travaux_ Qualicontrôle)



Figure 31 Conduits et plaque en fibrociment amiantés



Figure 32 Joints « Marron » amiantées



Figure 33 Joints « beiges » amiantées



Figure 34 Joints « jaunes » amiantés



Figure 35 Joint type "Mastic" sur conduit métallique



Figure 36 Plaques cartonées et colle faïence amiantées

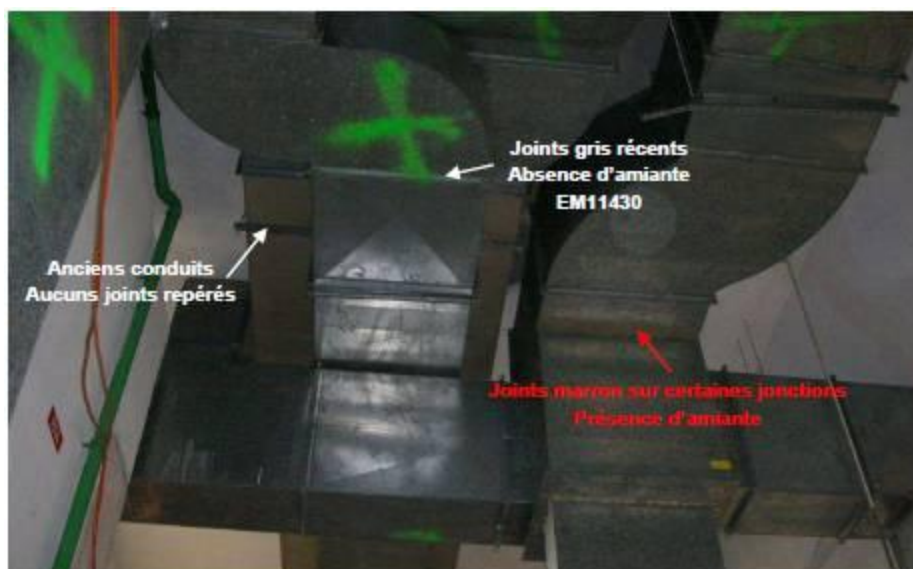


Figure 37 Joints amiantés

8.2.3 Plan de retrait

L'entreprise de désamiantage doit faire apparaître dans son plan de retrait la nomenclature du matériau amianté et sa classification en friable ou non friable. Le plan de retrait, validé par la maîtrise d'œuvre, est transmis un mois avant le démarrage des travaux à l'inspecteur du travail, et aux agents des services de prévention des organismes de sécurité.

Le plan de retrait comporte les éléments suivants :

- le type et les quantités d'amiante à traiter
- la durée et le lieu de travaux ainsi que la méthodologie d'exécution
- les équipements à utiliser
- les lieux d'approvisionnement et de stockage des déchets
- le bilan de puissance électrique et les points d'approvisionnement d'eau et de rejet
- les qualifications des entreprises et les attestations des opérateurs
- la localisation des zones confinées, des SAS, des équipements techniques (entrées et sorties d'air et extracteurs)

8.3 Méthodologies d'intervention

La méthodologie à suivre lors d'une intervention de désamiantage peut en général être décrite selon les étapes suivantes :

- réalisation d'une mesure point zéro et obtention des résultats conformes
- mise en œuvre du confinement en films polyéthylènes de protection de 200 microns
- installation d'adduction d'air et de l'unité de filtration
- mise en dépression de la zone de travail (maintien de la dépression 24h/24) avec un taux de 4 renouvellements d'air par heure.
- mise en œuvre d'un SAS personnel
- réalisation d'un point d'arrêt confinement (test fumée+ vérification des équipements et du matériel) en présence de la maîtrise d'œuvre.
- retrait des éléments amiantés
- réalisation des contrôles et des autocontrôles et ex amen visuel après travaux
- réalisation d'une mesure de première restitution (ou libératoire)
- repli du confinement
- aspiration des surfaces au sol
- réalisation d'une mesure d'air fin de travaux de type META 24h avec ventilateur et libératoire avec résultat <5 f/l
- traitement des déchets

Pendant toute la durée des travaux, l'entreprise de désamiantage doit effectuer les analyses ci-dessous :

Nature des mesures	Fréquence	Seuil de réaction	Seuil réglementaire
Mesures initiales (points zéro)	Selon le programme 144 du COFRAC/	Inf. 2 fibres par litre	Inf. 5 fibres par litre
Prélèvements statiques dans les sas personnel	3 par sas et par semaine	0,04 fibres par cm ³	0.1 fibres par cm ³
Prélèvements statiques dans les sas matériel	2 par sas et par semaine	0,04 fibres par cm ³	0.1 fibres par cm ³
Mesures environnementales	1 par semaine	2 fibres par litre	Inf. 5 fibres par litre

Tableau 1 Mesures à effectuer lors l'intervention des désamianteurs

8.3.1 Dépose d'éléments amiantés par démontage soigneux (mastic)

La zone est sécurisée afin d'empêcher l'intrusion d'autres personnes et un SAS de décontamination à trois compartiments est le seul accès au zone de travail. Les opérateurs sont en EPI spécifiques amiante et sous masque à ventilation assistée. Une zone de stockage provisoire reçoit les éléments amiantés, conditionnés.

8.3.2 Dépose d'éléments classifiés non friables, mais déposés par destruction (casses)

La dépose des éléments amiantés génère des poussières et rend donc indispensable le confinement de la zone de travail en simple peau étanche. Un SAS de décontamination à trois compartiments est prévu pour le personnel et un pour les matériaux. Un extracteur renouvelle l'air de la zone de travail, créant un flux de l'extérieur vers l'intérieur du SAS et empêche la dispersion de fibres à l'extérieur. Les poussières générées sont régulièrement aspirées et les gravats sont conditionnés en double sac amiante étanche. Les sacs sont conditionnés en big bags et stockés dans la zone de stockage prévue. Des analyses et des contrôles sont effectués tout au long des travaux. Une surveillance et le remplacement régulier des filtres d'extracteurs et de l'unité de filtration d'eau sont effectués.

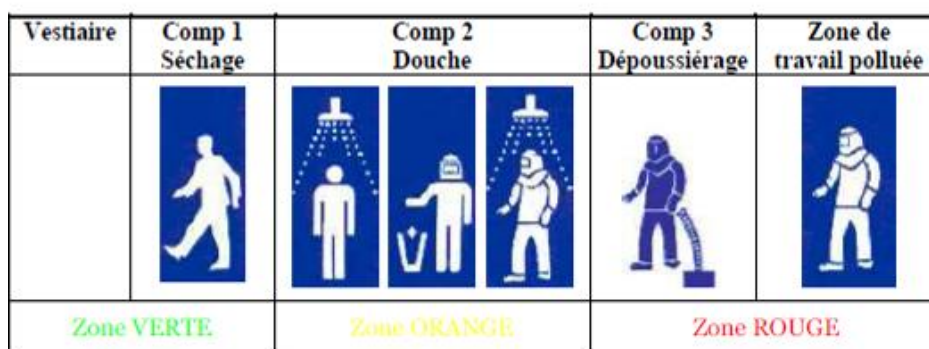


Figure 38 Schéma de principe du SAS 3 compartiments (dossier DOE Petrofer)

Description du SAS 3 compartiments de l'intérieur de la zone contaminée vers l'extérieur :

Compartiment 3 : Dépoussiérage des combinaisons à l'aide d'un aspirateur

Compartiment 2 : Douche de décontamination des vêtements et des appareils. Mise en conteneur à déchets des équipements jetables, enlèvement du masque et douche corporelle.

Compartiment 1 : Séchage et habillage.

Dans la zone de vestiaire les intervenants effectuent tous les tests de contrôles obligatoires.

8.3.3 Dépose d’éléments classifiés friables

La dépose des éléments amiantés génère des poussières et rend donc indispensable le confinement de la zone de travail en double peau étanche. Un SAS de décontamination à cinq compartiments est prévu constituant le seul et unique point d’accès en zone. Avant les travaux de retrait, des extracteurs d’air assurent une dépression maintenue 24H/24 à 20Pa est obtenu. Les matériaux sont humidifiés avant dépose afin d’avoir un taux d’empoussièrément acceptable dans la zone et les gravats sont conditionnés en double sac amiante étanche. Les sacs sont conditionnés en big bags et stockés dans la zone de stockage prévue. Des analyses et des contrôles sont effectués tout au long des travaux. Une surveillance et le remplacement régulier des filtres d’extracteurs et de l’unité de filtration d’eau sont effectués.

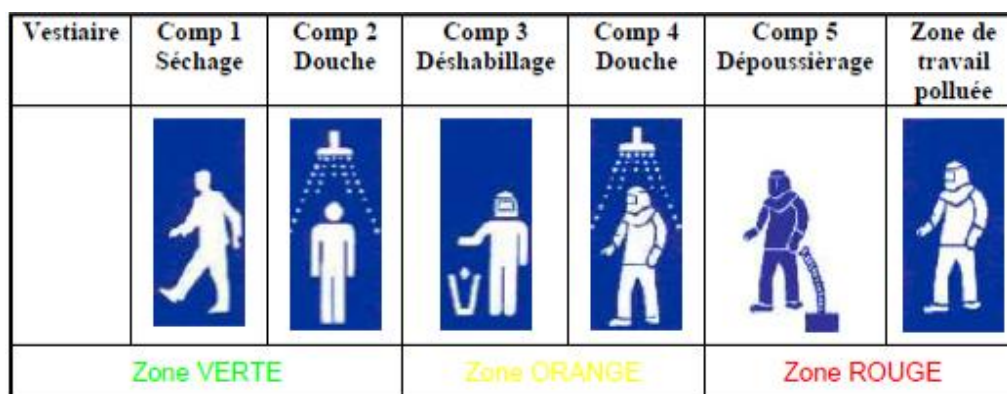


Figure 39 Schéma de principe du SAS 5 compartiments (dossier DOE Petrofer)

Description du SAS 5 compartiments de l’intérieur de la zone contaminée vers l’extérieur :

Compartiment 5 : Dépoussiérage des combinaisons à l’aide d’un aspirateur

Compartiment 4 : Douche de décontamination des vêtements et des appareils.

Compartiment 3 : Mise en conteneur à déchets des équipements jetables, en portant le masque

Compartiment 2 : Enlèvement du masque et douche corporelle.

Compartiment 1 : Séchage et habillage.

Dans la zone de vestiaire les intervenants effectuent tous les tests de contrôles obligatoires.

8.3.4 Gestion des déchets

Les matériaux où l'amiante est fortement liée peuvent être stockés temporairement sur chantier, conditionnés en sac étanches et éliminés en installations de stockage pour les déchets contenant de l'amiante liée. Les matériaux à fort risque de libération des fibres d'amiante sont placés en sac étanches et sont transférés en doubles sacs étanches scellés aux installations de stockage pour déchets dangereux. Dans les deux cas, le propriétaire ou son mandataire remplit le cadre qui lui est destiné sur le bordereau de suivi des déchets d'amiante (BSDA).

Le traitement des matériaux amiantés dépend du bon sens et de l'optimisation faite par l'entreprise. Prenons l'exemple d'une dalle en béton avec colle amiantée ; nous pouvons envisager deux solutions : la première consiste au retrait complet de la colle et donc la possibilité de recycler la dalle après. Le deuxième cas peut prévoir le non retrait de la colle et le traitement de la dalle dans son totalité en centre d'élimination comme déchet amianté.

8.3.5 Exemple de méthodologie d'exécution des travaux de désamiantage

1. Accès aux zones de désamiantage

- Mise en place d'un SAS humide amiante au droit de chaque zone concernée
- Travaux réalisés avec les EPI spécifiques amiante (comme indiqué sur les plans de retrait)

2. Evacuation des déchets

- Mise en place d'un SAS déchets
- Nettoyage des déchets sortant des zones de désamiantage
- Evacuation des déchets vers l'extérieur

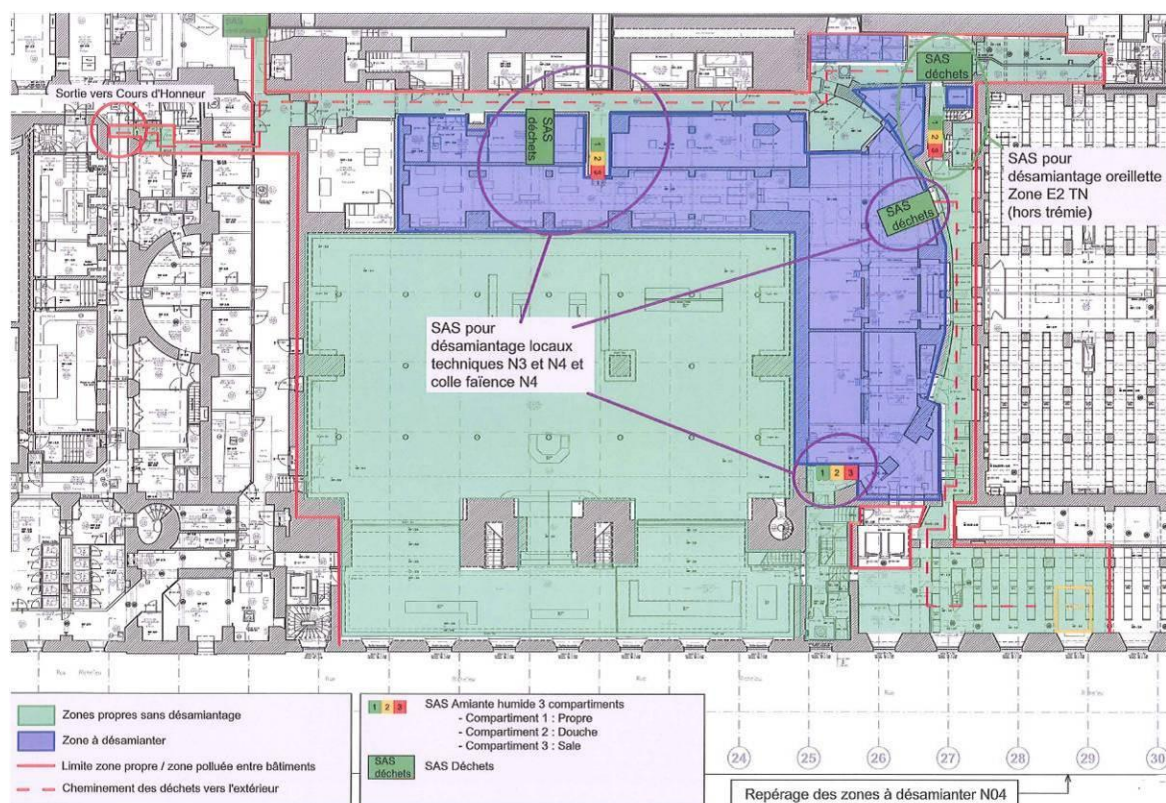


Figure 40 Exemple de la zone à désamianter avec l’emplacement des SAS (issue du document EXE de l’entreprise)

8.3.6 Rapport d’essai META

Les analyses sont effectuées selon la norme XP X43-269 pour le prélèvement et la norme NFX 43-050 pour la préparation et analyse de l’échantillon.

Un échantillon de particules est recueilli par des capteurs pompant un volume déterminé d’air au travers d’un filtre en mélange d’esters de cellulose. Le filtre ou une partie du filtre est ensuite brûlée à basse température et les poussières résiduelles (dont les fibres d’amiante) sont alors récupérées dans de l’eau. Ce mélange est déposé sur 2 grilles (ces grilles formées de fils entrecroisés ont quelques millimètres de diamètre et possèdent chacune plus de 100 alvéoles appelées " mailles " ou champs "). Ensuite, quelques " mailles " ou " champs " choisis au hasard sont examinés au microscope électronique à transmission pour compter les fibres et évaluer leur nombre par rapport au nombre de litres d’air pompés. En microscopie électronique à transmission, la diffraction électronique est utilisée pour examiner la structure

cristalline d'une fibre, et sa composition élémentaire est déterminée par une analyse en dispersion d'énergie des rayons X.

	Fibres OMS	FFA	FCA
Longueur	>5 μm	>5 μm	\leq 5 μm
Diamètre	> 0.2 μm et < 3 μm	> 0.01 μm et < 0.2 μm	> 0.01 μm et < 3 μm
Longueur / Diamètre	>3	>3	>3

Figure 41 Classes de fibres recherchées⁶

Le pouvoir cancérigène des fibres OMS et FFA est confirmé tandis que pour les FCA il n'est pas encore démontré. Les résultats en nombre de fibres par filtre et en concertation présente un intervalle de confiance de 95%, lié aux diverses incertitudes.

8.4 Travaux supplémentaires de désamiantage

Dans les cas de travaux de réhabilitation une mission de désamiantage avant travaux est prévue afin de minimiser le risque amiante pour les intervenants futurs. Le diagnostic préalable est très important car il décrit les zones à désamianter et doit être exhaustif pour faire éviter des interventions supplémentaires qui vont non seulement engendrer des surcoûts et prolongation de délais mais vont avant tout mettre en danger la santé des intervenants. De plus, quand les entreprises commencent à intervenir sur le chantier, les travaux de désamiantage deviennent de plus en plus difficiles à programmer car les contraintes liées à l'occupation des espaces et au planning des travaux à venir sont multiples.

Même si les procédures à suivre lors du désamiantage sont clairement définies dans la législation et les différentes normes, il est du bon sens de l'entreprise et du maître d'œuvre de définir les méthodologies d'intervention les plus adaptées en prenant en compte tous les contraintes liées aux travaux en cours. Les travaux de désamiantage demandent un confinement de la zone à traiter et donc les zones sur chantier sont rendus inaccessibles pendant plusieurs semaines dépendant de la nature de l'opération et intégrant les procédures à suivre (point zéro, mesures libératoires).

⁶ Fibres OMS=Fibres longues d'amiante, telles que les avait définies l'Organisation mondiale de la Santé (OMS)
FFA=Fibre fine d'amiante, FCA=Fibre courte d'amiante

La première chose à définir concerne les zones d'intervention. Le diagnostic indiquant les matériaux à traiter, il faut intégrer les travaux de désamiantage dans le planning général. Plus petite est la zone à confiner, moindre est l'impact sur les autres travaux, mais le coût est élevé car il faut multiplier les équipements et les procédures à mettre en place (confinements, déchets, mesures). Dans le cas de l'opération sur la BNF, l'accès sur les différents niveaux est l'élément le plus contraignant pour la planification de travaux, car les différentes interventions posent des problèmes d'accès chantier, les zones étant inaccessibles durant le désamiantage.

L'interaction des équipes de désamiantage avec les différents corps d'état se retrouve dans plusieurs cas. Prenons l'exemple de traitement de descentes d'eau pluviale (EP). Dans les gaines techniques les différents tuyaux non amiantés sont à curer par l'entreprise de curage, donnant suite accès à l'entreprise de désamiantage d'intervenir sur la partie amiantée. L'entreprise de plomberie doit ensuite poser la nouvelle descente dans un planning bien défini.

Le curage et le désamiantage sont très souvent en interaction, notamment dans les endroits où des réseaux sont à curer au plafond, afin de donner la possibilité de désamianter les gaines en dessus et ensuite curer les réseaux restants non accessibles avant le désamiantage des gaines. En plus, la plupart des découvertes d'amiante sont faites par l'entreprise de curage, car c'est la première à intervenir dans les lieux après le désamiantage initial et est le plus touché par le risque d'exposition en amiante lorsqu'elle intervient directement sur des matériaux potentiellement amiantés. Une tresse amiantée autour d'un tuyau à curer, un joint mastic gris autour d'une grille à curer, des colles amiantées au sol peuvent exposer en danger grave les cureurs et doivent faire partie d'un diagnostic complet et exhaustif.

Par ailleurs, les démolitions font apparaître des réseaux qui sont amiantés. Le cas de découverte de gaines amiantées après la démolition du plancher ou de fourreaux en fibrociment traversant au dessous des endroits ou des terrassements sont prévus demandent un bon suivi de travaux de désamiantage.

De plus, les travaux de désamiantage supplémentaires peuvent être liés à un diagnostic incomplet. Des EP prévues à conserver dans le marché initial, sont à curer d'après les passages caméra. Ces EP étant amiantées, un désamiantage doit être prévu. En plus, l'accès

aux gaines à désamianter n'est pas toujours évident. Comme on se trouve en milieu existant, des menuiseries bois et des rayonnages métalliques, prévus conservés selon le marché initial, doivent être déposés soigneusement afin de permettre le désamiantage. Ces éléments étant posés très souvent après la mise en place des gaines, ne sont pas facilement démontables, soit parce qu'ils demandent la dépose d'une grande quantité de matériaux, soit parce que leur valeur patrimoniale ne permet pas d'erreurs lors la dépose.

En outre, il est important de pouvoir solder les travaux de désamiantage dans les plus brefs délais, afin de libérer les zones et faire intervenir les entreprises. Parfois, pour des raisons d'optimisation de coût, il est plus adapté de décaler l'intervention dans certaines zones. L'accès à certains niveaux afin de pouvoir désamianter des EP n'étant possible que par la zone 2 du chantier, zone en fonctionnement qui impose des horaires stricts et très courts le matin ou le soir pour la circulation des matériaux, fait monter le coût de l'opération et le délai.

9. La problématique du plomb

Le plomb est parmi les risques du bâtiment dans le cadre des travaux de réhabilitation. Comprendre ses propriétés et la réglementation autour de lui est important afin de pouvoir suivre les travaux de déplombage et de dépolluage. Suite à l'arrêt du chantier le 31/07/2013 d'une durée de six mois suite à la présence de poussière de plomb, un nettoyage général du bâtiment a été réalisée par une entreprise spécialisée.

Ma mission était de m'assurer de la non re-pollution du site, sujet devenu primordial afin de ne pas subir un nouvel arrêt de chantier. En outre, je me suis assurée que tous les travaux générateurs de poussière étaient réalisées avec les méthodologies adaptées (confinement, SAS, aspiration). J'ai par ailleurs créé un tableau récapitulatif des mesures plomb (tests lingettes au sol et mesures volumiques) sur le chantier et un repérage graphique des tests effectués afin de mieux suivre les travaux de dépolluage.

9.1 Le plomb et ses propriétés

Le plomb est le métal le plus ancien à avoir été extrait et exploité par l'homme. Ses propriétés le rendent largement utilisé dans l'industrie et le bâtiment ; notamment sa résistance à la corrosion, son fort pouvoir isolant, sa dureté et sa facilité de dilution. Dans le bâtiment le plomb se trouve dans des revêtements (peintures, vernis, revêtements muraux composés d'une feuille de plomb contrecollée), des conduits, ou recouvrant des pièces métalliques.

Le plomb est une source d'intoxication par les voies respiratoires et par ingestion. Le risque se limite donc lors du dégagement de fumées contenant des particules d'oxyde de plomb ou de poussières contenant de plomb. Des travaux comme les découpages des pièces métalliques recouvertes de plomb, les grattages de murs recouverts des peintures au plomb ou les découpages des conduits en plomb exposent les travailleurs aux risques liés au plomb.

Cette exposition au plomb et ses composés peut entraîner des problèmes de santé par effets cumulatifs, car le plomb se fixe sur les globules rouges. L'intoxication chronique se manifeste par des pathologies au niveau du système nerveux, des reins, du sang, des os, au niveau

digestif et au niveau de la reproduction. Ces effets sont réversibles ; le traitement du saturnisme consistant à l'élimination naturelle dans trois à six mois d'absence de contact direct avec le plomb.

9.2 La réglementation

Les premières mesures réglementant son usage sont relativement récentes. Aujourd'hui le plomb est remplacé par des produits moins toxiques. Par ailleurs, la prévention du risque d'exposition au plomb contient la réduction des émissions de poussières et l'aspiration des poussières, le suivi des règles d'hygiène, des mesures techniques de prévention collective et le port des équipements de protection individuelle, et la surveillance médicale des travailleurs exposés.

9.3 Le diagnostic

Dans le cadre d'opérations de réhabilitation ou de démolition une cartographie de l'état des risques d'accessibilité au plomb est primordial afin d'informer les entreprises intervenantes et d'assurer la mise en œuvre de moyens de protection individuels et collectifs en rapport avec le risque plomb.

Le diagnostic se fait suivant les étapes ci-dessous :

- Observation de l'état des surfaces
- Détermination des éléments devant faire l'objet des analyses et des mesures de concentration en plomb
- Réalisation des mesures à l'aide d'un appareil à fluorescence X.

La valeur limite d'exposition professionnelle sur 8h est fixée à 0,1 mg/m³ exprimé en plomb métallique.

Les seuils en concertation en plomb sont définis par l'article R. 1334-3 du CSP⁷ et sont :

- 1 mg/cm² pour la concertation surfacique en plomb
- 5 mg/g pour la concertation massique en plomb sur une base de huit heures

⁷ CSP : Code de la Santé Public

Ou une plombémie inférieure à 100 $\mu\text{g/l}$ de sang pour les femmes et 200 $\mu\text{g/l}$ pour les hommes.

Le diagnostic consiste à la détection des éléments contenant du plomb et à l'identification de leur état de dégradation donnant le risque immédiat en cas de dégradation (génération des poussières) ou le risque potentiel en cas de bon état de réservation. Dans chaque local, après examen visuel, les surfaces susceptibles à contenir du plomb sont repérées et examinées.



Figure 42 Calorifère: Présence de peinture contenant du plomb



Figure 43 Présence de plomb en prélèvement ambiant (issue du rapport « détermination de la concentration de plomb en suspension dans une atmosphère ambiante Qualicontrolre »)



Figure 44 Présence de plomb dans les poussières (issue du rapport « Détermination de la concentration en Plomb acido-soluble dans les poussières Qualicontrolre ».)

L'état de conservation d'un élément peut être décrit selon 4 catégories : Non visible, si la description de l'état n'est pas possible (eg peinture susceptible de contenir du plomb couvert par papier peint) ; non dégradé ; état d'usage, si les dégradations sont régulièrement entretenues ne générant pas spontanément des poussières ; et dégradé.

Concentration en plomb	Type de dégradation	Classement
< seuils		0
> seuils	Non dégradé ou non visible	1
	Etat d'usage	2
	Dégradé	3

Tableau 2 Classement des unités de diagnostic en fonction de la concertation en plomb et la nature des dégradations

Les mesures sont réalisées sur les éléments directement accessibles sans démontage, à l'aide d'un appareil portatif type fluorescence X Protec. Le diagnostic est considéré comme positif pour un élément si l'une des mesures révèle la présence d'un taux de plomb supérieur à 1mg/cm² (article R.32-12 du code la santé publique).

9.4 Méthodologie générale

La zone est condamnée et toutes les ouvertures sont fermées hermétiquement. Le sol est couvert par une double peau linoléum et polyane et les trous sont rebouchés avec polyane ou mousse vu leur dimension. Un SAS de décontamination à trois compartiments est mis en place, permettant la décontamination des opérateurs. Les interventions se font sous EPI spécifiques déplombage combinaisons, surbottes, masques ventilés P3).. Le renouvellement d'air de travail se fait à l'aide d'un extracteur qui capte en parallèle les poussières en suspension. Après le retrait complet des éléments en plomb, les déchets sont collectés en sacs étanches et sortis par le SAS en zone de stockage. En fin d'opération la zone est réceptionnée par la maîtrise d'œuvre, et les protections sont repliées. Un test lingette surfacique au sol doit confirmer la non-pollution de la zone de travail, en indiquant un taux inférieur de 1mg/m². Le chantier est replié et les protections sont mises en déchets plomb.

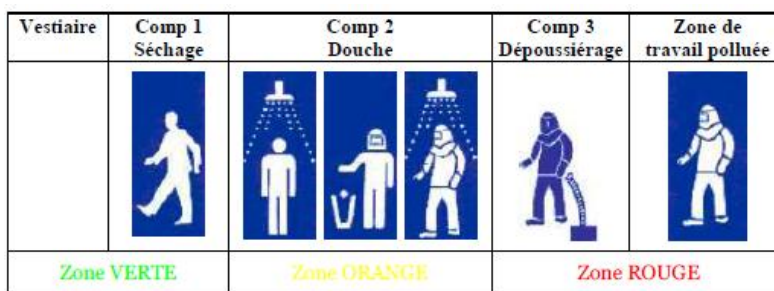


Figure 45 SAS en trois compartiments (issue du dossier DOE Petrofer)

De l’intérieure de la zone contaminée vers l’extérieur, nous distinguons :

Compartiment 3 : Zone de dépoussiérage

Compartiment 2 : ouche de décontamination puis déshabillage

Compartiment 1 : Zone de séchage et habillage

Afin de pouvoir suivre les travaux de dépoussiérage, un tableau récapitulatif des différentes mesures plomb effectuées a été fait. Le repérage graphique permet aussi de bien identifier les zones propres ou les zones qui demandent un dépoussiérage.

Repère	Repère	Prélèvement	Zone	Sous	Etage	Niveau	Pièces	Mesures lingettes (en µg/m ²)	Mesures pompes (en mg/m ³)	Date	Rapport	Commentaires
153	OP1302-58	271292	D	D1		11		217	-	31/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	CARRELAGE
154	OP1302-59	270550	D	D1		11		847	-	29/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	CARRELAGE
155	OP1302-60	271293	D	D1		11		<60	-	31/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	CARRELAGE
156	OP1302-61	270552	D	D1		11		658	-	29/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	CARRELAGE
157	OP1302-62	269351	D	D1		12		879	-	23/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	CARRELAGE
158	OP1302-63	269352	D	D1		12		533	-	23/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	AGGLOMERE
159	OP1302-64	269353	D	D1		12		1040	-	23/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	CARRELAGE
160	OP1302-65	269354	D	D1		12		981	-	23/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	CARRELAGE
161	OP1302-66	269355	D	D1		12		1010	-	23/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	AGGLOMERE
162	OP1302-67	269356	D	D1		12		673	-	23/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	AGGLOMERE
163	OP1302-68	269357	D	D1		12		596	-	23/01/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	CARRELAGE
164	OP1302-69	272628	E	E4		7		620	-	05/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON
165	OP1302-70	271578	E	E4		7		<60	-	01/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	POLYANE
166	OP1302-71	272629	E	E4		7		374	-	05/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON
167	OP1302-72	272630	E	E4		7		474	-	05/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON
168	OP1302-73	272622	E	E4		8		864	-	05/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON
169	OP1302-74	272624	E	E4		8		597	-	05/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON
170	OP1302-75	272850	E	E4		8		101	-	06/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON
171	OP1302-76	272849	E	E4		8		100	-	06/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON
172	OP1302-77	271591	E	E4		9		608	-	01/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	AGGLOMERE
173	OP1302-78	272655	E	E4		9		281	-	05/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON
174	OP1302-79	271593	E	E4		9		138	-	01/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	POLYANE
175	OP1302-80	272656	E	E4		9		355	-	05/02/2013	Rapport Bil. du 11/02/2013	BETON

Figure 46 Extrait du tableau récapitulatif sur les mesures plomb effectuées

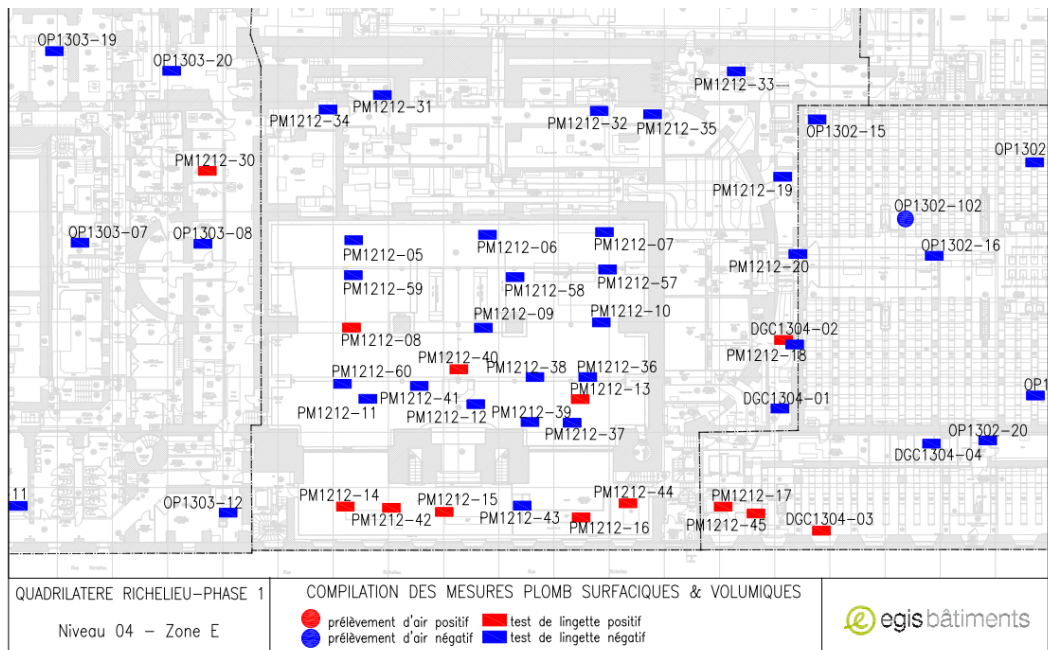


Figure 47 Repérage graphique des différentes mesures plomb

10. Etude de la création d'une dalle en béton

Dans un local technique se situant au niveau 11 de l'oreillette E2, le projet prévoyait la conservation de la différence de niveau entre le plancher béton (à gauche) et le caillebotis (à droite). Cette différence de niveau a causé des problèmes quant au maquetage des réseaux et donc la MOE a modifié le projet en proposant la descente du plateau caillebotis au niveau de la dalle créée. Afin de valider cette modification et poursuivre à la rédaction de la FTM (Fiche Technique Modificative) correspondante, une étude de faisabilité devrait être faite.

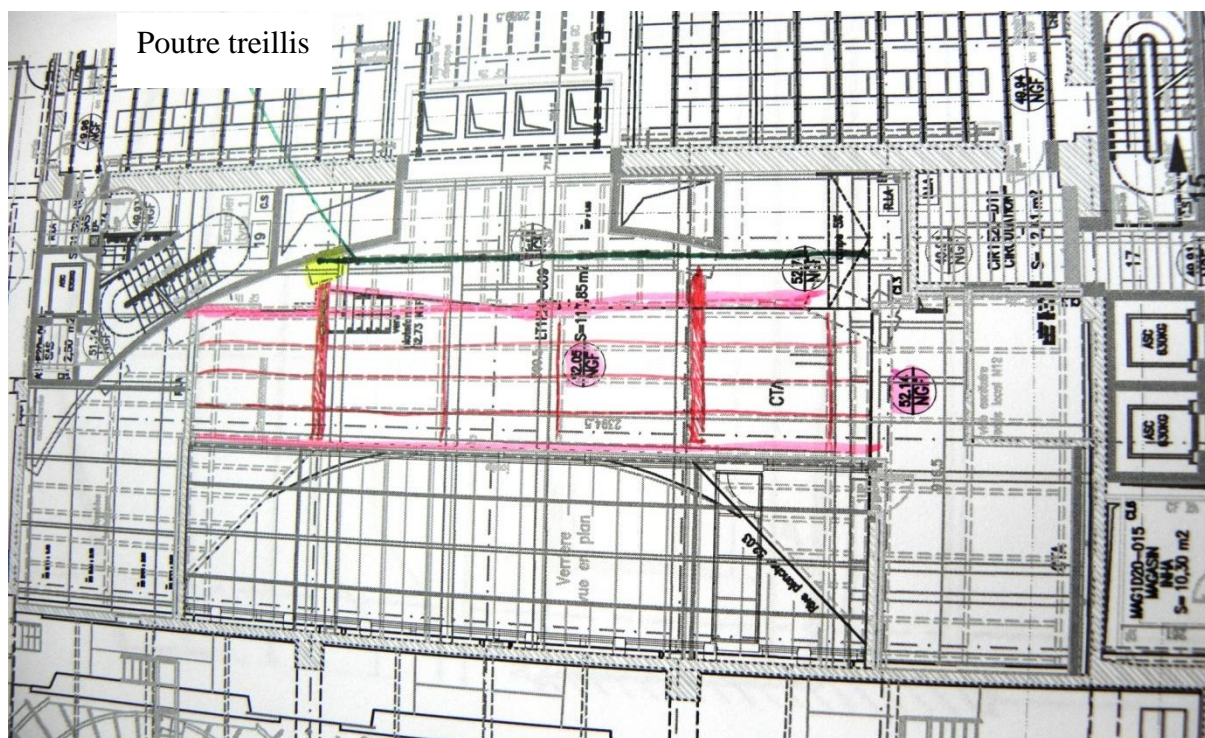


Figure 48 Plan structure existant

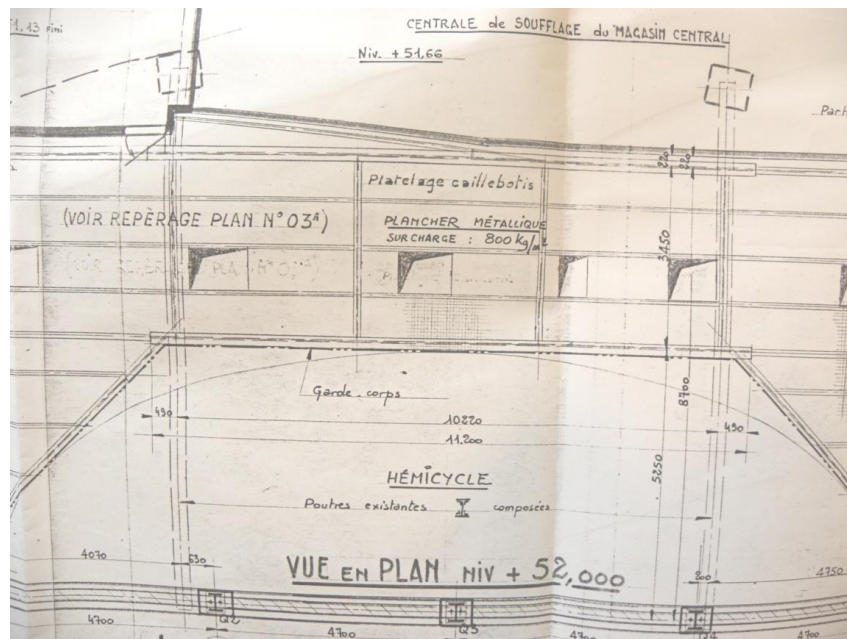


Figure 51 Vue en plan de la structure existante⁸

Niveau existant : $51.98 - 0.03 = 51.95$ NGF

Niveau projet : = 52.05 NGF

Hauteur plancher (m) = 0.10

; avec 0.03 l’épaisseur du caillebotis existant.

Nous allons alors effectuer les calculs pour un plancher collaborant COFSTRA 40 de 10cm.

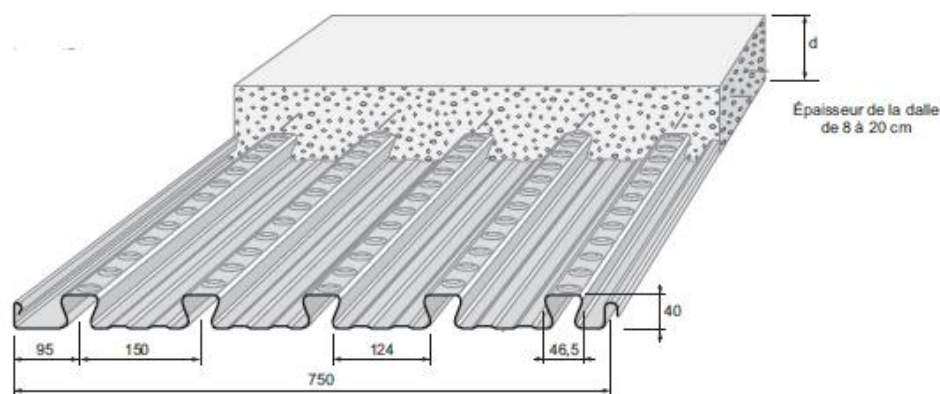


Figure 52 Plancher collaborant COFSTRA 40

⁸ BNF copie d’archives, Aménagement de la Centrale de climatisation Charpente métallique ensemble repères, PLAN No2, LES CHARPENTIERES DE PARIS, 10.10.1978

Caractéristiques :

Acier : S330

Cofrastra 40 sert de coffrage autoporteur, entre solives dans la pose sans étau, ou entre files d'étais et solives dans les grandes portées. Sa légèreté facilite la manipulation d'éléments de grand format livrés à longueur jusqu'à 15 mètres.

La forme fermée (en oméga) et crantée des nervures scelle l'acier dans le béton en sous-face des planchers. Comme armature, Cofrastra 40, en épaisseur 0,75 mm apporte 12,02 cm²/ml ou 13,59 cm²/ml d'acier en épaisseur 0,85 mm dans le sens porteur du plancher.

Le revêtement est galvanisé Z 275.

Calcul PP du plancher

Poids profil (kg/m²) 9.97

Poids béton (kg/m²) 216

Poids total (kg /m²) 226

G=226 kg/m²

Q=500 kg/m²

Vérifications

- Pour CF 1H → d_{min}=9cm < 10cm OK

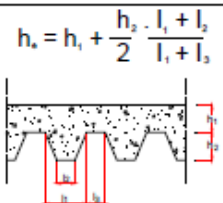
Détermination de l'épaisseur équivalente « h _e »	Epaisseur équivalente minimale h _e (mm)	Durée de résistance au feu (mn)	Limites d'application
$h_e = h_1 + \frac{h_2 \cdot l_1 + l_2}{l_1 + l_2}$ 	60 70 80 100 130 150	30 60 90 120 180 240	$h_2/h_1 \leq 1,5$ $h_1 \leq 50 \text{ mm}$

Tableau 3 Détermination de l'épaisseur du plancher par rapport à la résistance au feu

L'isolation thermique vis-à-vis de la résistance au feu des planchers en béton avec bacs acier collaborant est déterminée avec l'aide du tableau ci-dessus.

Le volume de béton utilisé par unité de surface de plancher peut être converti en dalle pleine ayant, pour une épaisseur équivalente (h_e), le même volume. Toutefois, cette épaisseur équivalente ne peut être utilisée que pour des variations acceptables entre les épaisseurs en sommet d'onde et en fond d'onde.

Comme durée de résistance nous déterminons la durée d'exposition à l'incendie durant laquelle l'élévation de température moyenne en face non exposée du plancher ne dépasse pas 140°C.

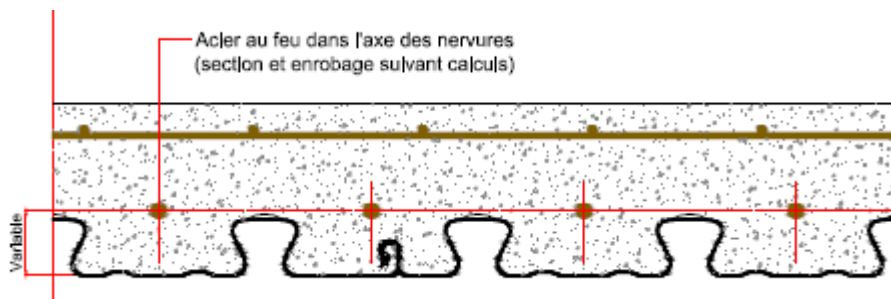


Figure 53 Coupe en partie courante du plancher

- ELS : $G+Q= 226+500= 726 \text{ kg/m}^2 < 800 \text{ kg/m}^2$ OK
- Portée $0.87\text{m} < 2.30 \text{ m}$; pas d'étai
- Vérification flèche : $q_{\text{tot}}= 726 \text{ k/m}^2$ } $d_{\text{min}}=8\text{cm} < 10\text{cm}$ OK
 $L= 0.87 \text{ m}$ }

Nous pouvons donc utiliser un plancher COFRASTRA 40 de 10cm.

10.2 Côté droit



Figure 54 Vue en côté droite

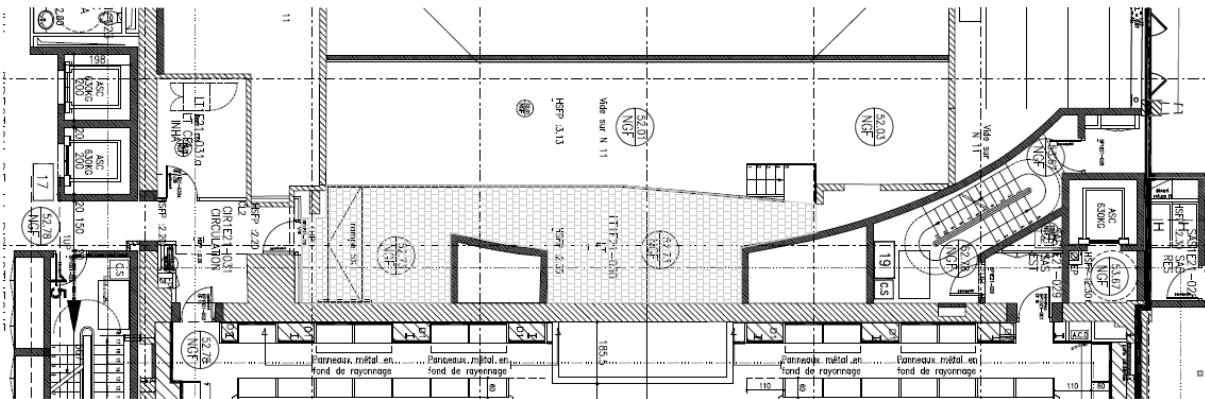


Figure 55 Plan solution de base

Il n’est pas possible en l’état actuel de donner une charge maximale admissible car aucun sondage n’a été réalisé sur cette zone et il n’existe pas de zone structurale identique pour extrapoler une charge admissible. Afin de pouvoir évaluer une telle charge, un complément de diagnostic devra être réalisé. De l’autre côté le projet prévoit le remplacement du caillebotis existant avec un caillebotis neuf et la descente du niveau de plancher. Le dénivellement n’ayant pas un impact sur les surcharges exercées au caillebotis, il n’y a pas de raison que le caillebotis neuf ne puisse pas supporter les surcharges. Pour tous ce qui concerne la structure, le plancher caillebotis neuf est admissible.

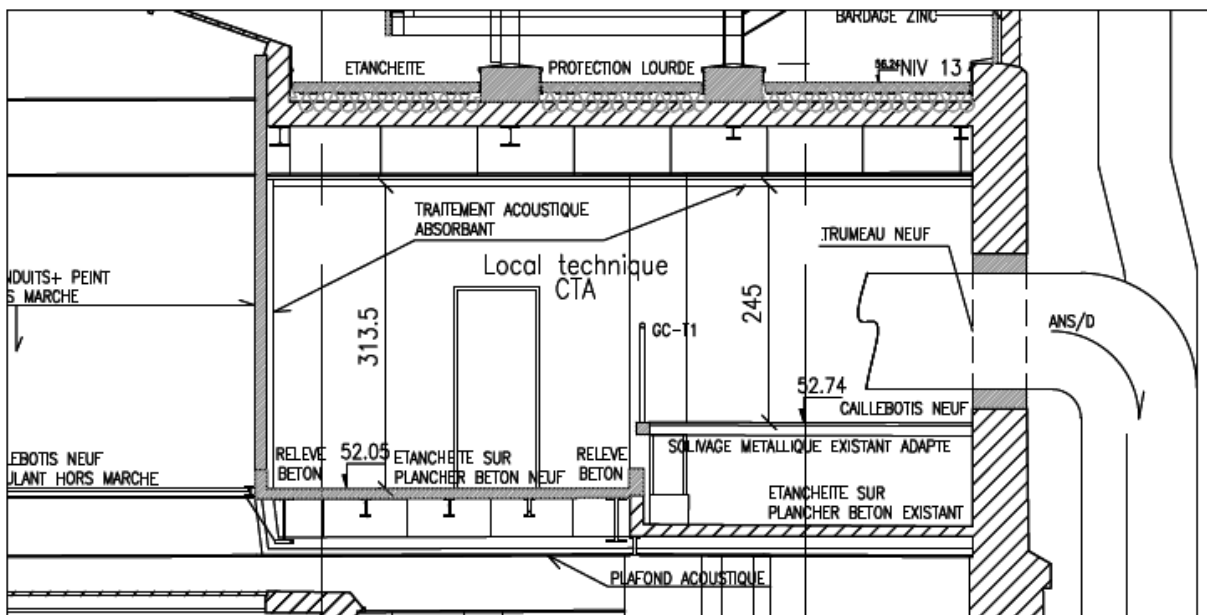


Figure 56 Coupe solution de base

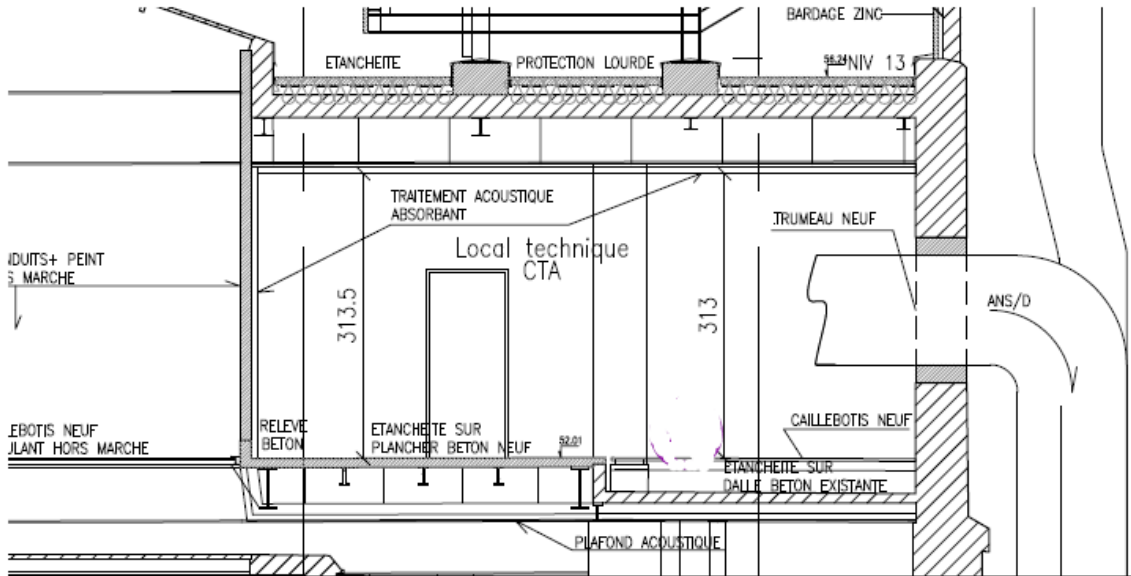


Figure 57 Coupe solution modifiée

10.3 Généralités

La faisabilité du dénivellement du caillebotis et le dimensionnement du plancher en béton pour que ça soit cohérent avec le niveau final demandé par les architectes étant finis, il reste à prévoir l’impact de cette modification sur les travaux prévus pour chacun des différents lots par rapport au marché initial. Nous demandons donc à l’entreprise concernée la suppression du garde de corps et des rampes existants donnant accès à ce niveau-là. L’escalier est déplacé pour mieux correspondre aux besoins du nouveau projet et les 5 potelets existants sont à scier car ils deviennent inutiles. Un solivage métallique doit être prévu afin de servir de support pour le caillebotis neuf.

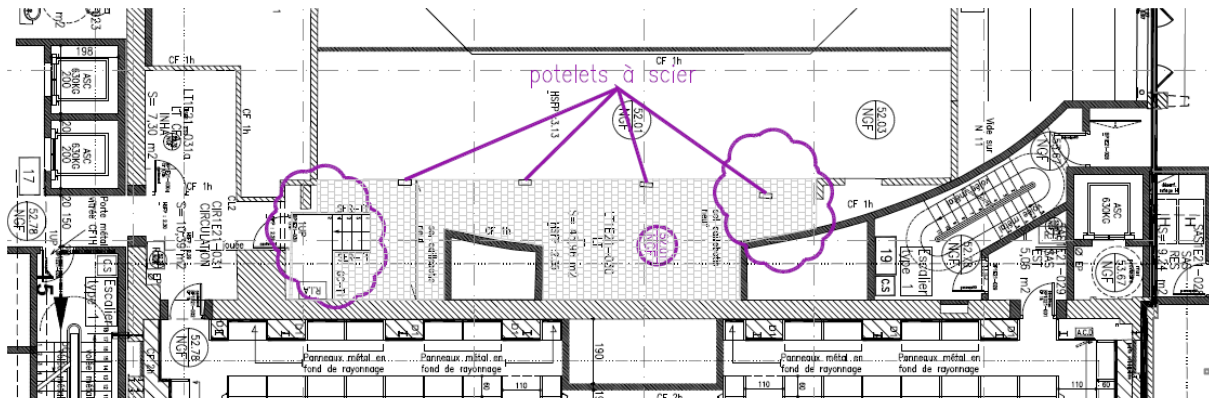


Figure 58 Plan solution modifiée

Conclusion

Mon travail, mes remarques, les difficultés rencontrées et les solutions données sont synthétisés dans mon rapport à travers des différentes missions sur lesquelles j'ai eu la chance de travailler.

Chacune de ces missions faisait appel à de différentes qualités personnelles et posait de différentes contraintes et problématiques. Comprendre les missions d'un chef de projet était primordiale. Des capacités communicatives se sont montrées très importantes afin de pouvoir présenter mon travail de façon claire et explicite, et afin que chaque membre de l'équipe puisse consulter et utiliser les données à n'importe quel moment pour le bon déroulement du projet.

Les interactions entre les différents acteurs sur le projet imposaient un comportement bien adapté. Notre présence devant la maîtrise d'ouvrage doit être concrète, simple et montrant une bonne compréhension des enjeux différents pour faire convaincre que la solution proposée par nos soins reste optimale et la plus efficace pour répondre aux problèmes diverses. Plusieurs réunions ont ainsi lieu avec les entreprises afin de faire le point de l'avancement de leurs travaux et de la qualité d'exécution de leurs ouvrages. Un bon relationnel doit toujours être gardé afin de permettre le bon déroulement des opérations par la suite. Parfois radoucir est la meilleure solution.

Par ailleurs, le suivi de travaux de désamiantage demande une bonne connaissance du site et de différentes pièces marché ainsi qu'une connaissance des différentes procédures administratives et techniques liés au désamiantage. Vu que le désamiantage avait lieu en parallèle avec la réalisation des travaux, les interactions avec les autres intervenants étaient très fréquentes et demandaient un bon planning et suivi afin de pouvoir en sortir. En plus, l'importance d'un diagnostic complet et exhaustif était mise en valeur, car seulement dans ce cas nous pouvons établir un ouvrage optimisé et minimiser les coûts de découvertes diverses.

En outre, la mission de m'assurer de la non re-pollution du site par le plomb et de la réalisation de tous les travaux générateurs de poussière avec les méthodologies adaptées était primordial et demandait une bonne connaissance des procédures à suivre.

L'étude de la faisabilité de la mise en place d'une dalle en béton met en évidence les capacités techniques toujours indispensables d'un ingénieur. S'agissant qu'une simple pré dimensionnement afin de pouvoir assez rapide donner la réponse montre que la compréhension du fonctionnement d'une structure et les calculs simples sont les prérequis pour ensuite poursuivre des calculs complexes.

Concernant tous les missions, la notion de la gestion du temps et coopération avec les autres membres de l'équipe et les autres intervenants était mise en valeur. L'autonomie, la responsabilité et la capacité d'intégrer une équipe sont primordiales dans le monde professionnel. En plus, le rythme soutenu et les délais très courts demandent une bonne qualité de travail vite et efficace.

Enfin, les qualités requises de l'ingénieur sont la maîtrise des techniques, des compétences d'organisation et, dans une moindre mesure, une capacité de commandement afin de pouvoir orchestrer et manager la réalisation d'un ouvrage. A la formation technique, cette expérience vient de se rajouter afin de former une solide culture scientifique, sociologique et économique.

Bibliographie

Ouvrages imprimés

Agence Qualité Construction, *Prévention des risques en réhabilitation-restructuration de grands ouvrages de bâtiment*

CAUSSARIEU Alexandre, GAUMART Thomas, *Guide pratique de la rénovation de façades, pierre brique béton, EYROLLES*

CHAUDUN Nicolas. *Henri Labrouste 1801-1875, architecte / La structure mise en lumière.* Cité de l'architecture et du patrimoine, The Museum of Modern Art, Bibliothèque Nationale de France.

JOFFROY Pascale, *La réhabilitation des bâtiments-Conservier, améliorer, restructurer les logements et les équipements*, éd. Le moniteur

LEGRAND Christian et RAIA Blaise, *Les cahiers thématiques de l'aménagement et de la construction*, Techni.Cités, tome IV Les diagnostics

Préfacier PORCHER Jean & CAIN Julien, Michel *Roux-Spitz : réalisations*, Editions Vincent, Fréal, & Cie, [1933]-1959, 3 Vol

RAYNAUD Michel, LAROQUE Didier, REMY Sylvie, *Michel Roux Spitz*, éd.Mardaga

SADDY Pierre, *Henry Labrouste*, Edition de la Caisse Nationale des monuments historique et des Sites, 1977

Consultation sur site des différentes pièces du marché rédigées par la maîtrise d'œuvre EGIS, notamment les CCTP et les DCE des entreprises.

Consultation de la norme NF X 46-020 et des différents articles du code de la santé public

Sites web consultés

Institut national de recherche et de sécurité (INRS),

<http://www.inrs.fr/accueil/risques/chimiques/focus-agents/amiante.html>

Avis Technique COFRASTRA 40

<http://www.cstb.fr/pdf/atec/GS03-D/AD090613.PDF>

Photos

Toutes les photos sont issues de mon dossier personnel sauf indication contraire.

Annexes

Annexe 1 Le Quadrilatère Richelieu : Historique

dessous et mettant en communication (virtuelle) les espaces de magasin les uns avec les autres.

L'intervention de Roux-Spitz, réalisée en site occupé était intelligente et performante : la structure créée est évolutive et reste contemporaine dans sa conception.

1.2. Analyse de la Structure existante

Le Magasin Central est un édifice de 11 niveaux, mis en communication par des escaliers intérieurs et par un dispositif central de monte livres. La structure portante des niveaux N4, N5 et N6 est réalisée en béton armé. A partir de ce niveau, deux structures distinctes existent en superposition. La structure conçue par Labrouste en 1851 et celle conçue par Roux-Spitz en 1953.

La structure Labrouste en fonte porte uniquement les planchers des niveaux N6, N7 et N8. La structure Roux-Spitz porte les planchers des niveaux N10, N11, N12, N13, N14. Des sondages ont montré que les deux structures (Labrouste et structure en acier mis en place par RouxSpitz) sont totalement indépendantes.

La charpente métallique du toit et des parois extérieures repose sur un mur d'enceinte périphérique existant. Par conséquent les structures intérieures reprennent uniquement les charges verticales ; les charges dues au vent et à la neige étant portées par l'enveloppe du bâtiment.

La structure métallique a été réalisée à base des profilés d'acier industriel. Les assemblages sont soudés et rivetés.

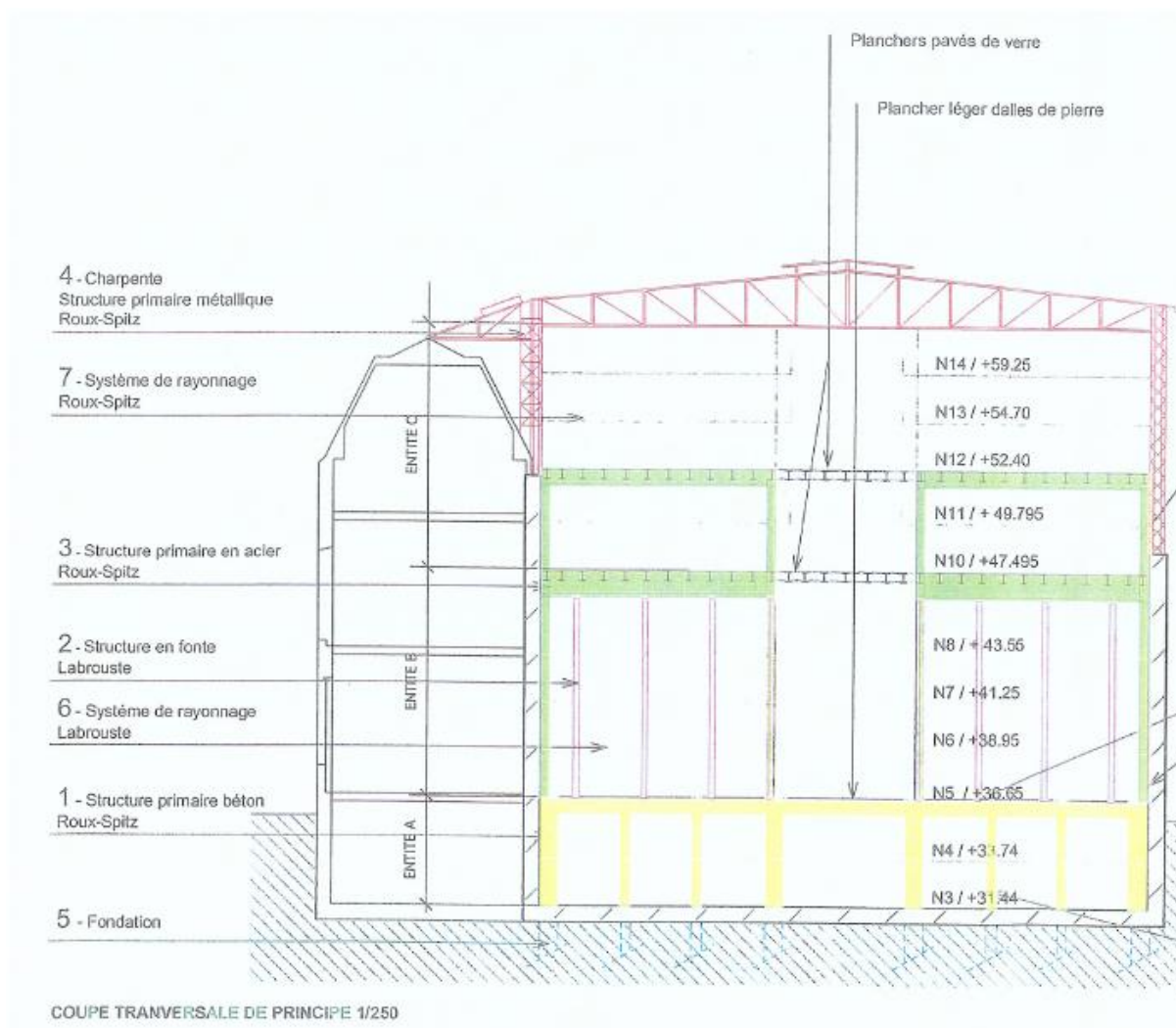


Figure 60 Coupe du Magasin Central⁹

Structure en fonte Labrouste

La structure était réalisée par Labrouste en 1868 et comportait deux ossatures métalliques indépendantes. Une structure de poteaux, en fonte, portait une toiture en verrière qui n'existe plus aujourd'hui en travées espacées de 6 mètres d'axe en axe. Par ailleurs, les colonnes du rayonnage portaient les casiers disposés de part et d'autre d'une nef centrale et formant 28 alvéoles de 3 mètres de largeur. Ce n'est donc pas un plancher principal supporté par des colonnes qui supportent les rayonnages mais les colonnes du rayonnage portent les rayonnages et les caillebotis servant d'espace de circulation.

⁹ Etude de stabilité Magasin Central Bibliothèque Nationale de France Rue Richelieu , Bureau d'études Weinand

Au total il existe trois types de colonnes de base ; les colonnes de type 1, type 2 et type 3. Les charges sont reprises par les colonnes type 3 et transférées vers les colonnes type 2.



Figure 61 Raccord colonne type 3 / plat



Figure 62 Raccord colonne 2 / plat



Figure 63 Poutres

Structure primaire en acier

La surélévation au dessus du Magasin Labrouste a été réalisée par Roux-Spitz à partir de 1932. Une structure métallique indépendante, constituée de poteaux porteurs verticaux, porte les plancher bas (niv10) et un plancher intermédiaire (niv12) laissant un vide central.

Les poteaux traversent le magasin Labrouste, dans l'intervalle de la trame des poteaux de ce magasin, jusqu'à la structure béton du sous sol (plancher haut niv4).

Charpente

La charpente portant la toiture fait partie de travaux d'extension du Magasin réalisées par Roux Spitz. Elle est supportée par des poteaux extérieurs repris sur les murs périphériques du magasin. Elle est donc totalement indépendante de la structure porteuse des planchers.

Système de rayonnages

Les planchers intermédiaires (niv11, niv12 et niv13) sont solidaires du système d'étagères.

Structure primaire en béton

Le sous sol est constitué d'une structure béton (poteaux et poutres du plancher haut niv 4), qui reprennent toutes les charges des deux structures.

Les piliers massifs espacés de 3 mètres d'axe en axe correspondent alternativement aux travées métalliques du Magasin conçu par Labrouste et à celles du Magasin conçu par Roux-Spitz. Chaque travée comprend 8 poteaux, dans celles qui sont destinées à supporter la surélévation de Roux Spitz, les deux poteaux extrêmes et les deux poteaux centraux sont renforcés en prévision des charges supplémentaires.

Les charges sont transmises à ces poteaux par un système de poutres ; longitudinales et transversales, soutenant les casiers et les anciens poteaux métalliques coupés au niveau du rez-de-chaussée. La fondation des poteaux est constituée par des semelles en béton armé, répartissant la totalité des charges sur le sol, à un taux toujours inférieur à 5 kg/cm².

Fondations

Un cuvelage étanche avec sol et radier en béton armé revêtus d'asphalte assure la protection des sous-sols jusqu'au niveau (33.50) supérieur de 1.50m à celui atteint par les eaux en 1910, lors de la crue de la Seine (32.00).

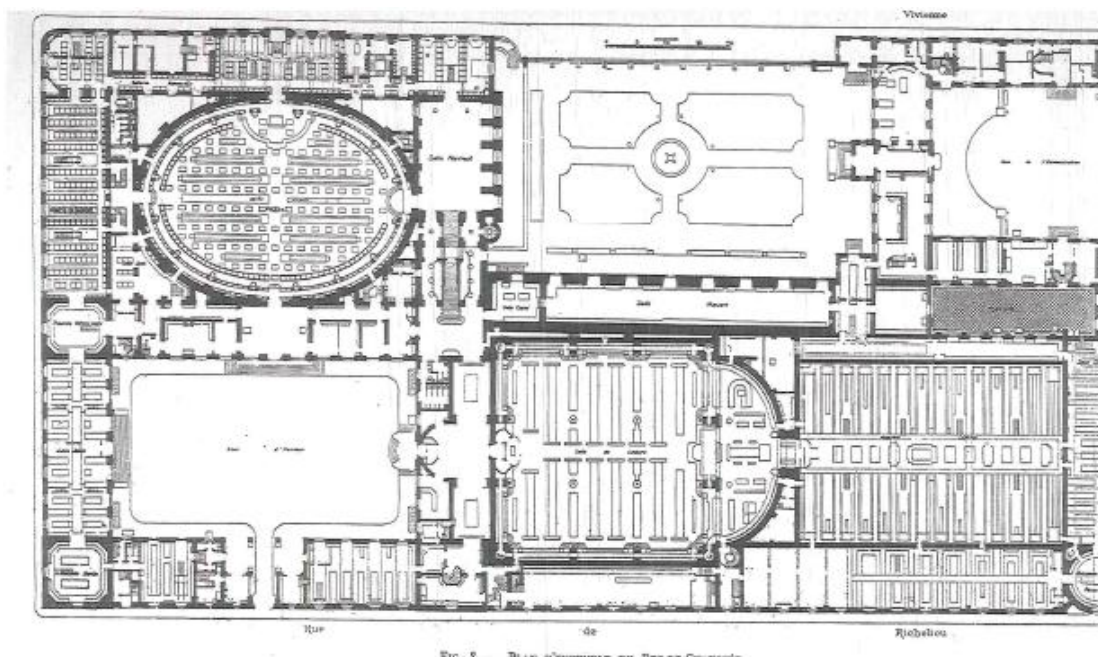


Figure 64 Plan d'ensemble du rez-de-chaussée (avant les transformations entreprises en 1932)¹⁰

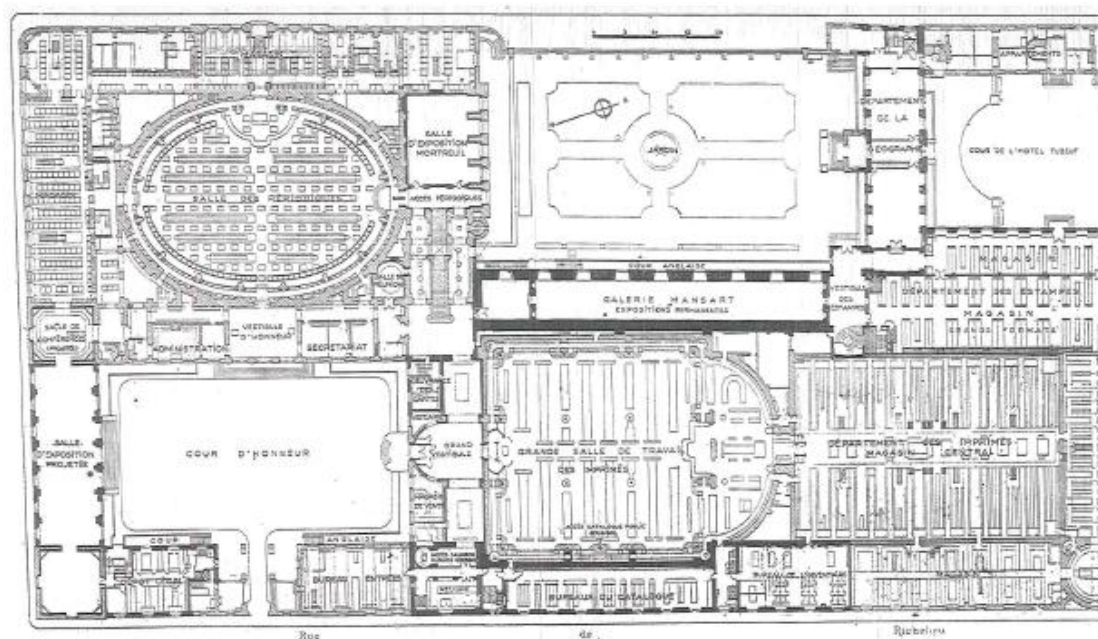


Figure 65 Plan d'ensemble du rez-de-chaussée (après les transformations entreprises en 1932)⁴

¹⁰ Préfacier PORCHER Jean & CAIN Julien, *Michel Roux-Spitz : réalisations*, Editions Vincent, Fréal, & Cie, [1933]-1959, Vol II

1.3. La reconstruction du magasin central

Le magasin Central a été l'objet d'un choix difficile entre Conservation/Restructuration et Démolition/Reconstruction. La conservation de l'ensemble est envisageable dans le cas où il reste possible et compatible avec le programme. En outre, elle doit être plus performante que sa démolition et reconstruction sur le même site en termes de coût et de temps de réalisation.

L'étude de la faisabilité de la réutilisation du Magasin Central a pris en compte plusieurs contraintes : la réorganisation des espaces en termes de quantités et circulations, les capacités structurelles et la qualité de l'existant, la compatibilité des volumes par rapport aux installations envisagées, la mise en sécurité et le respect des normes et la conservation de la qualité architecturale.

Les exigences en termes de sécurité incendie ont été déterminantes dans ce choix. Car, dans son état actuel, la structure autoportante en fonte des quatre niveaux du Magasin Labrouste et la structure métallique des cinq niveaux (3 + 2) de la surélévation Roux-Spitz offrent les portances nécessaires mais ne présentent pas de stabilité au feu. La distance aux issues en tous points du magasin est excessive. Aussi la sécurité des personnes (personnel ou public) et la sécurité des collections ne pourraient pas être garanties sans une intervention lourde sur les structures. Par ailleurs, les systèmes de rayonnage des parties Roux-Spitz présentent une profondeur et un espacement qui ne correspondent pas aux types de documents prévus.

La reconstruction permet d'intégrer une plus grande capacité de documents et offre la souplesse d'adaptation et la modularité nécessaires à la diversité des typologies de documents qui prendront place dans le grand magasin. En parallèle, la superposition de deux architectures, chacune authentique et caractéristique de son époque conduit à un ensemble très intéressant, techniquement et architecturalement. Les principes architecturaux du Magasin Central doivent être gardés. La conservation de la proportion du rapport de « vide et de plein » correspondant au vide central et aux passerelles qui traversent donne l'esprit du Magasin. En outre, le continuum spatial entre la salle Labrouste et les quatre niveaux du magasin 'historique' (destinés à être accessibles au public), dans le respect de l'œuvre de Labrouste doit être conservé.

2. La Salle Labrouste

2.1 Interventions Labrouste

La structure métallique est complètement indépendante de la maçonnerie. Elle contient seize colonnes de fonte, hautes de dix mètres et d'un diamètre de trente centimètres, qui soutiennent des arcs de fer sur lesquels reposent à la fois les coupoles et la charpente supérieure. Les neuf coupoles sont percées chacune d'un oculus et sont constituées de panneaux de faïence émaillée dont la faible épaisseur (9mm) .Grace à ce procédé la lumière dans la Salle est égale sans zones d'ombre.

Labrouste manifeste une fidélité constante à l'Antiquité, mais une Antiquité transfigurée, adaptée à des exigences nouvelles. L'ordre des colonnes en fonte, les coupoles en pendentifs renvoyant aux églises byzantines mais «à une toute autre échelle avec de tout autres moyens » (François Loyer). Le pur fonctionnalisme et le dépouillement de cette structure sont formidables.



Figure 66 Détail des coupoles de la Salle de Lecture

Cette solution permet une diffusion optimale de la lumière. L'ossature des coupoles adopte le principe des grandes cages à cerceaux de crinolines qui, au milieu des années 1850, ont-elles mêmes tiré profit des progrès de la construction métallique. Le décor des intrados exprime l'armature ; il souligne aussi malicieusement l'analogie vestimentaire en simulant des jupons blancs enrichis d'une succession des galons de couleur. La subordination du décor à la

structure est essentielle chez Labrouste. « L'architecture est la construction ornée ». Il a l'ambition de valoriser les éléments structurels apparents où sous-jacents. Par ailleurs, il magnifie le caractère industriel de ces arcs et poutres de fer par des arabesques peintes.

La conception de la Salle de Lecture par Labrouste comprend plusieurs innovations pour l'époque, qui sont admirables même aujourd'hui.

2.1.1 Les voûtes

Couvrir une pareille surface par une seule couverture ou voûte aurait eu comme conséquence de créer une très grande hauteur, étant contraire aux convictions de Labrouste pour des édifices à l'échelle humaine. Il choisit donc de créer une division fournissant une perspective, un motif d'agrandissement, en éloignant les parois. Pour éviter l'encombrement des supports intérieurs, il les ramena au minimum en employant le métal, ce qui décida à la fois de la construction et de la décoration de la Salle. La fonte et le fer forgé sont utilisés pour la membrure et la musculature de la construction intérieure. Ce système de neuf coupes, rationnel et élégant à la fois, est par sa rigidité propre indépendante de la maçonnerie qui l'entoure ; les colonnettes de retombée du pourtour n'empruntent aucune partie de leur résistance verticale à la maçonnerie voisine. Les colonnes et les arcs se répètent contre les murs d'enceinte, qui sont en pierre pour bien particulariser l'architecture métallique, assurer son unité, en séparant le contenu du contenant, de façon à laisser à chacune des deux constructions sa caractéristique propre, sa valeur, sa logique.

Labrouste construit des voûtes sphériques, formes amples et calmes qui lui permettent de pratiquer des ouvertures au sommet. Les grands arcs portent également la toiture, placée à plus d'une mètre au-dessus, laissant ainsi entre les deux un vide qui forme une profonde couche d'isolation contre le bruit et les variations de la température.

« Le coupole en pendentifs, est un type de voûte où les pendentifs se rejoignent pour former la voûte et ne sont pas nécessairement construits par lits horizontaux (coupole « assisée »), mais en suivant les quatre arcs en plein cintre du support, selon un appareil de plan carré (Valence), ou encore en partant des angles (« appareillage en chevrons »). Ces voûtes sphériques sont des

coupoles en pendentifs, tracées sur la même courbe que les pendentifs qu'elles paraissent prolonger jusqu'au faîte.



Figure 67 Détail du mur du vestibule

Les murs du vestibule sont revêtues d'une sorte de lambris en pierre dure avec inclusions de disques en marbre poli.

2.1.2 Eclairage

Labrouste va chercher la lumière en hauteur, car le site de la bibliothèque comprend des bâtiments préexistants et est cerné par des rues étroites. A propos de l'éclairage l'analyse des données concrètes dictera des solutions constructives adaptées. « Une des premières utilisations des grandes surfaces vitrées à l'intérieur d'un immeuble public » (Sigfried Giedion) pour le grand écran de verre qui connecte visuellement la Salle de Lecture et le Magasin Central.



Figure 68 Essais d'éclairage dans la Salle Labrouste

Des murettes en briques soutenaient le plancher de la Salle de travail et quatre piliers en maçonnerie recevaient la charge des colonnes en fonte ou s'appuient les coupes de cette Salle.

On procédera d'abord au renforcement du plancher sur toute sa surface, et au remplacement des poutres en bois par une ossature en fer. Les anciens piliers de la Salle de Travail sont consolidés, et les murettes en briques remplacées par des poteaux en fer enrobés de béton, disposées en trois rangées dans le sens longitudinal.

Le grand vestibule de 35 mètres de long prend jour sur la Rue de Richelieu par sept baies de 1.5m de large sur 1m de hauteur.

2.3 Le projet

Le projet concerne la dépose de plusieurs meubles afin de retrouver la fluidité et la visibilité que Labrouste avait mises en place avec son projet. Par ailleurs l'aménagement de la salle intègre l'amélioration de la sécurité des personnels, du confort et des ambiances lumineuses, les nouveaux équipements techniques et la prise en compte des contraintes de désenfumage, d'accessibilité des P.M.R.

La restauration de la Salle Labrouste est pris en charge par l'Architecte des Monuments Historiques, compte tenu du caractère patrimonial de la Salle. Les façades intérieures ne sont pas peintes mais sont repassées très attentivement par des personnes ayant les qualifications avec un mélange qui sert justement au nettoyage des surfaces et qui aide à faire apparaître la texture et les couleurs initiales. Le rôle de la lumière dans cette Salle est très important.

2.3.1 Repérage photographique des travaux



Figure 71 Vue de l'échafaudage dans la Salle Labrouste



Figure 72 Travaux de nettoyage en cours



Figure 74 Avant et après nettoyage



Figure 73 Les têtes de rivets, toujours rehaussées d'or, sont reliées par un entrecroisement de filets dorés

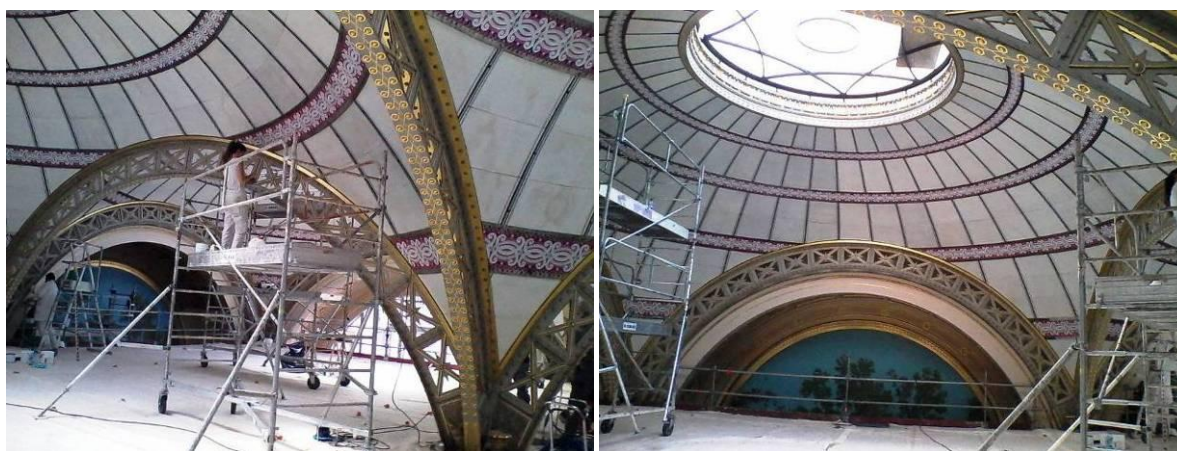


Figure 75 Détail des peintures

En souvenir de promenades studieuses au Jardin du Luxembourg, l'Architecte fait peindre des arbres sur la partie supérieure des parois. Les peintures exécutées par M.Desgoffes, représentent des voûtes de verdure. Une décoration qui offre aux lecteurs occupant la Salle une occasion pour le repos de leur esprit ; pas de danger de distraction.

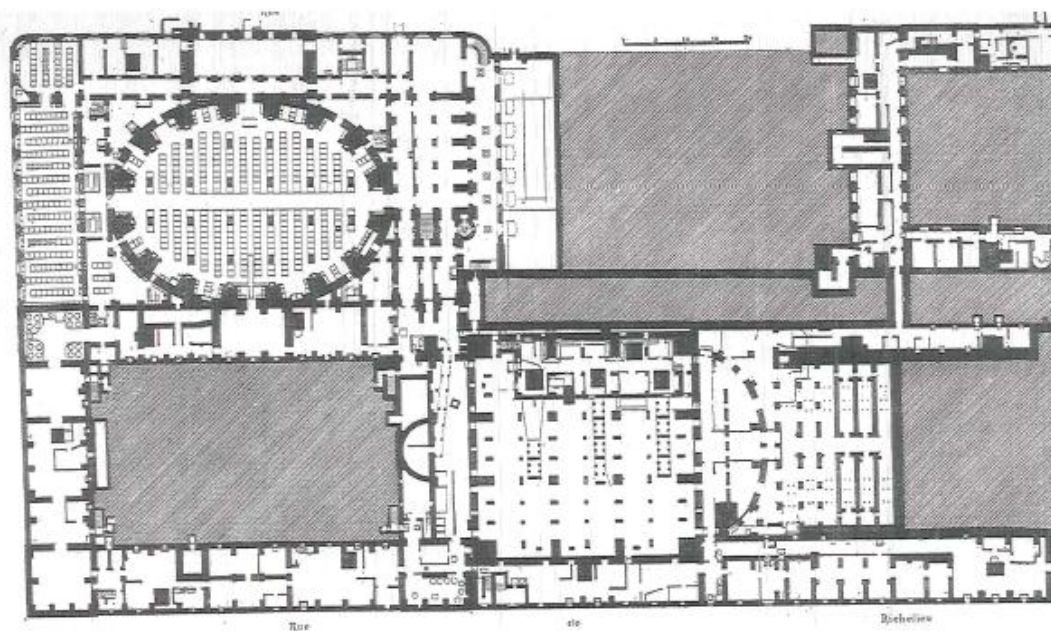


Figure 76 Plan d'ensemble du premier sous-sol (avant les transformations entreprises en 1932)¹²

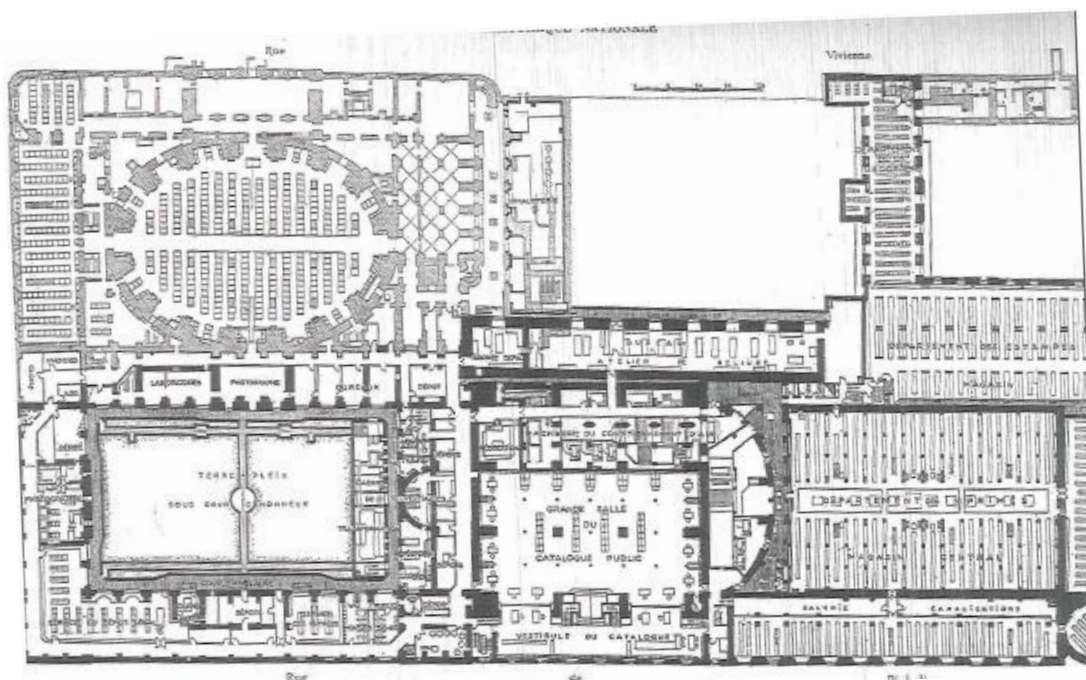


Figure 77 Plan d'ensemble du premier sous-sol (après les transformations entreprises en 1932)⁶

¹² Préfacier PORCHER Jean & CAIN Julien, *Michel Roux-Spitz : réalisations*, Editions Vincent, Fréal, & Cie, [1933]-1959, Vol II

Annexe 2 Le Quadrilatère Richelieu : Restauration des façades

Restauration des façades

La restauration des façades a comme but principal de traiter le plus efficacement possible les pathologies qui puissent apparaître, sans abîmer la façade elle-même ou transformer son aspect originel. Les accidents de surface et la patine contiennent l'histoire des vieux murs ; la restauration doit se faire en respectant l'authenticité architecturale du bâtiment, des techniques de construction et des matériaux. Les traitements font appel à des méthodes traditionnelles (retaille de pierre ou patine) ainsi qu'à des procédés plus modernes et doivent s'inscrire sur le long terme, permettant à la façade de retrouver un équilibre durable.

Il est envisagé de conserver la texture et la colorisation de la pierre, acquises avec l'âge ; la restauration est faite pour préserver l'existant.

1.1 Diagnostic des dégradations de la pierre

Les pathologies développées par les façades sont directement liées aux intempéries et à la pollution. Le gel reste la première cause de la dégradation de la pierre, car le plus la pierre est poreuse (perte du calcin) l'eau s'infiltré dans le matériau et en se solidifiant, il augmente de volume et cause de desquamation, d'écaillage ou d'éclatement. En milieu urbain, les façades, exposées à la pollution des gaz, développent des salissures et des encroûtements noirs.

1.1.1 Le calcin

Le calcin est dû à la cristallisation des sels minéraux contenus dans les pierres. Il s'agit d'une couche dure se formant sur le parement extérieur de la façade et donnant une protection naturelle à la surface des pierres. Les traitements en minéralisation font régénérer le calcin de la pierre.

1.1.2 L'action de l'eau

La pénétration de l'eau à l'intérieur des pierres calcaires provoque différents processus de détérioration par voies chimiques, biologiques, et physiques. Elle peut agir soit directement sur les parties exposées aux intempéries (pluie, neige, grêle, brouillard), soit par condensation

de la vapeur d'eau lors des variations de température et d'humidité. De plus, l'eau n'étant pas pure entraîne à l'intérieur de la pierre des composés nuisibles comme des sels et des acides.

La détérioration des pierres sous l'action de l'eau est provoquée par la dissolution, la dilatation, et le lessivage des composants des roches. La desquamation des pierres est liée à la déstructuration des liants des couches internes et l'enrichissement en sels des couches superficielles de la pierre. Par ailleurs, des microfissures peuvent apparaître à cause de la pression provoquée par la cristallisation des sels dans la pierre.



Figure 78 Trois états des maladies des pierres : efflorescences de la pierre, desquamation de la surface et creusement d'alvéoles.

1.1.3 L'action des gaz de l'atmosphère

L'action des gaz de l'atmosphère sur les pierres est particulièrement sensible, notamment celles du dioxyde de soufre et du trioxyde d'azote qui se transforment par oxydation et action de l'eau en acides sulfurique et nitrique.

Ces acides se propagent dès l'extérieur aux couches profondes de la pierre. Les nitrates sont partiellement lessivés par la pluie et migrent en partie sous forme de solution dans la pierre où ils participent au processus de décomposition. Par contre, les sulfates se déposent à la surface de la pierre et contribuent à son étanchement comme l'encombrement stérique du gypse (sulfate de calcium - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est beaucoup plus grand que celui du carbonate d'origine.

1.2 Description des façades de la BNF

L'ensemble des façades est inscrit à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques par arrêté du 29 décembre 1983. La préservation de ces espaces est d'une grande importance.

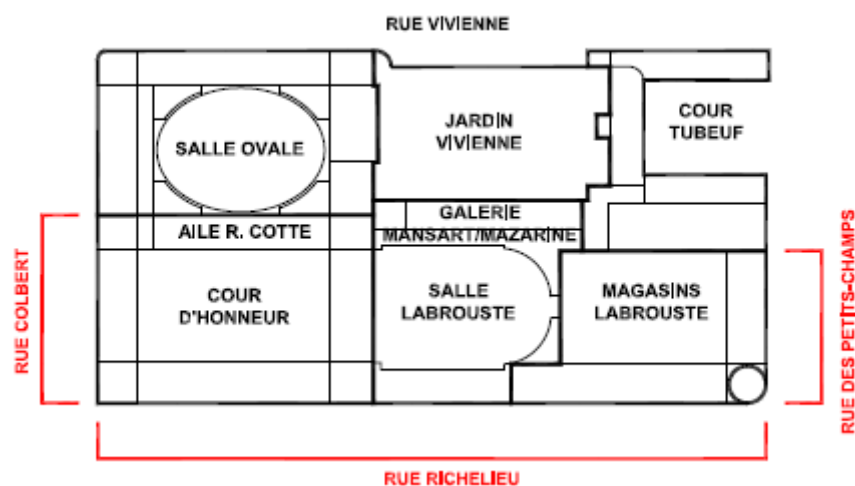


Figure 79 Plan de repérage des façades

1.2.1 Zone D2-Façade rue des Petits Champs



Figure 80 Façade rue des Petits Champs

La façade est entièrement en pierre de taille ; elle comporte un rez-de-chaussée surélevé et un étage. Elle se développe sur 7 travées.

Le soubassement est en pierre percé de soupiraux au niveau de chaque travée. Le rdc possède un parement à refend pour seul décor. Au 1^{er} étage, un ordre de pilastres reposant sur le bandeau avec des chapiteaux corinthiens porte l'entablement et la corniche. Chaque pilastre occupe l'axe du trumeau entre deux baies. Celles-ci ont des décorations alternées. Les plus omées ont un encadrement mouluré surmonté d'un fronton triangulaire porté par des modillons galbés en talon. Le centre du fronton est occupé par un cabochon à feuillage de chêne. Les autres baies ont un encadrement méplat sur lequel reposent deux cornes portant une table saillante nue à bords droits. Un cordon à hauteur d'allège, interrompu par les baies et les pilastres, règne sur cette façade.

1.2.2 Zone D2-Rotonde Petits Champs/ Richelieu



Figure 81 Façade Rotonde rue Richelieu / Petits Champs

La composition est la même que celle de la façade rue petits champs. Les bandeaux, soubassements et corniches sont continus. L’alternance des baies au 1^{er} étage est respectée ainsi que le décor en refends continus du rez-de-chaussée. Les retours de chaque aile située de part et d’autre de la rotonde sont entièrement garnis de refends à partir du soubassement jusqu’à la corniche. Au niveau du 1^{er} étage, des trophées sur tables saillantes sont appliquées sur chaque retour. La rotonde comporte trois travées. Au niveau de chacune de ces travées le soubassement est percé d’oculi. Les clefs des baies du rez-de-chaussée sont garnies de volutes. Une frise bombée décorée de vaguelettes règne sous le bandeau. Au 1^{er} étage, ce sont des colonnes cannelées engagées à chapiteaux corinthiens qui ornent les trumeaux et portent un entablement plus saillant que celui de l’aile petits champs. Les baies et leur décoration sont identiques à celles de la rue petits champs à l’exception de la balustrade en pierre dont elles sont garnies. Un garde-corps en pierre surmonte la corniche.

1.2.3 Zone D3

Identique D2 petits champs



Figure 82 Façade rue Richelieu

1.2.4 Zone F4 rue Colbert

L’aile Jules Robert de Cote est constituée d’un corps de bâtiment de 7 travées. Elle est encadrée par 2 rotondes. La composition est proche de celle de la zone F3. Le corps principal est dépourvu d’attique, les fenêtres du 1^{er} étage présentent la même alternance de décor.

1.3 Travaux de restauration

Les façades rue Richelieu /Petits champs sont en mauvais état. Les façades rue des petits champs et rue Colbert sont en assez bon état.

Les soubassements, en pierre dure, ne présentent pas de désordre particulier ; les parements du rez-de-chaussée présentent de nombreux ragréages sur les arêtes de refends. Les parements du 1er étage et de l'attique présente de nombreux désordres car l'absence de protection des éléments saillants a provoqué leur dégradation favorisée le ruissellement des eaux de pluie qui a accéléré l'encrassement et l'altération de la pierre.

1.3.1 Principales dégradations

- Pierres érodées sous l'action de l'eau et la combinaison de la pollution atmosphérique
- Desquamation des parements de la pierre se détachant en fines plaques (1^{er} étage et attique)
- Formation de croûtes noires et encrassement des pierres
- Pierres tachées par les gommes répulsives et la colle des pics anti-pigeons
- Nombreuses épaufrures
- Pierre fortement ragrée, et notamment au droit des refends
- Dégradation ponctuelle des joints
- Fissures datant des reprises en sous œuvre
- Nombreux éclats sur les pierres, notamment au droit des chambranles des baies en fronton

1.3.2 Nature des pierres

Les pierres retenues pour la restauration des façades sont le liais de St Maximin pour les soubassements, bandeaux et appuis, et la roche franche fine de St Maximin pour les élévations et l'entablement. Des analyses des pierres en place sont effectuées afin de comparer les caractéristiques des pierres en place avec les pierres de substitution.

L'entreprise établit le calepin des pierres à remplacer qui est validé par le maître d'œuvre avant toute intervention. Les pierres sont remplacées dans le respect de l'appareillage existant si possible, dans les épaisseurs de 25 à 30cm en moyenne et plus pour les ouvrages saillants selon la règle des 1/3 – 2/3. Pour éviter le remplacement complet d'une pierre partiellement

endommagée il est envisageable de créer un joint. Les petites épaufrures ou accidents sont repris par greffes de pierre neuve incrustées à joints vifs et collées à la résine ou ragréages au mortier avec armatures, selon les cas.

1.4 Repérage des travaux sur la façade rue Colbert

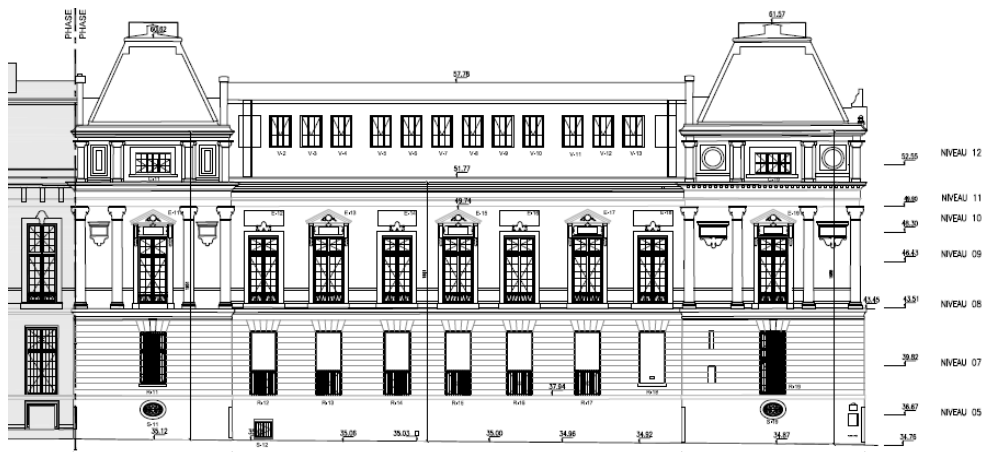


Figure 83 Façade rue Colbert



Figure 84 Echantillon de pierre St Maximin fine

Afin de commencer les travaux sur les façades il est primordial de définir la nature de la pierre à utiliser. Les différents essais effectués (mesures de compression- NF EN 1926, mesures de la propagation du son- NF EN 14579 et mesures de la masse volumique apparente et de la porosité ouverte- NF EN 1936) ont montré que ces propriétés respectent celles de la pierre initiale. L’aspect de la pierre neuve étant proche de celle de la pierre existante, la conformité de la pierre est validée.

Matériau	ROCHE FINE	PIERRE EXISTANTE
Masse volumique apparente	1600 à 1800 kg/m ²	1710 kg/m ²
Porosité	30 à 40 %	37%
Vitesse du son	2500 à 3200 m/s	2699,1 m/s
Résistance à la compression	8 à 15 Mpa	7,4 à 9,4 Mpa



Figure 85 Détail des chapiteaux

Le deuxième chapiteau a été déjà restauré, nous pouvons également voir la différence dans la forme de la fleur.

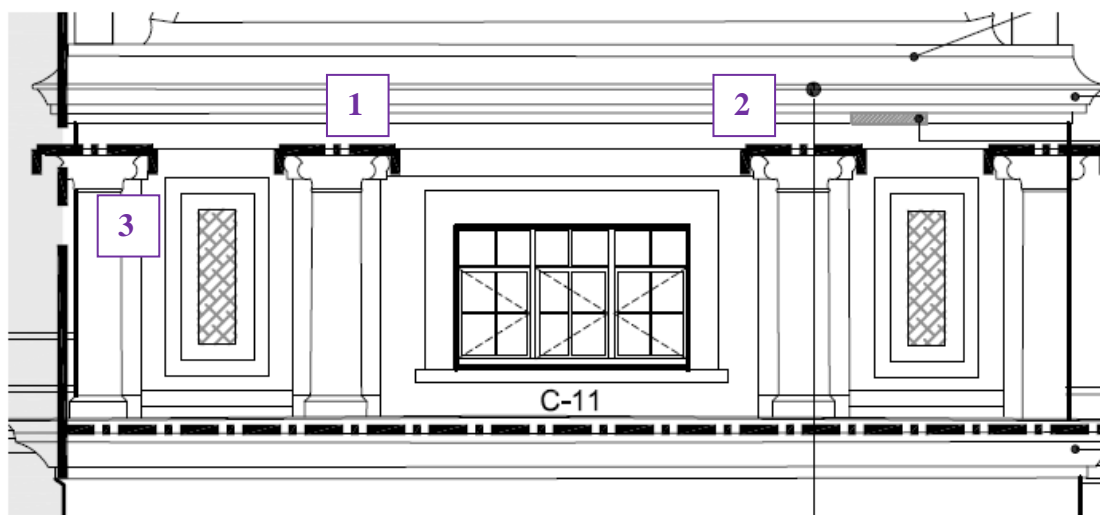


Figure 86 Façade rue Colbert-Pavillon Boivin, niv2



Toutes les parties déjà restaurées en enduit béton sont à remplacer. Les différences de caractéristiques de deux matériaux font que l'existence du béton ne laisse pas respirer la pierre.



Figure 87 Corniche sous chéneau

Les 2 blocs de pierre sont à remplacer sur une épaisseur de 20cm. Un minimum de 15 cm de profondeur est toujours prévu, et peut monter à 20 ou 25cm selon les cas.



Figure 88 Façade rue Colbert-aile Colbert, niv2



Figure 90 Corniche sous chéneau



Figure 89 Rampant de fronton

La couche de ragréage en béton en partie haute de la pierre rend obligatoire son remplacement. En plus, la pierre est malade de dessous et donc le ragréage ne peut pas tenir. Les rampants de frontons sont à remplacer par des pierres neuves St. Maximin fine.



Figure 91 Jambages de baies : à prévoir remplacement de la partie existante et ragréage

Les balustres sont prévus déposés en conservation pour le recouvrement en plomb. Une inspection visuelle détermine les balustres à remplacer si leur état ne permet pas leur conservation. En détail nous pouvons distinguer l'utilisation du bois pour amortir la pierre.

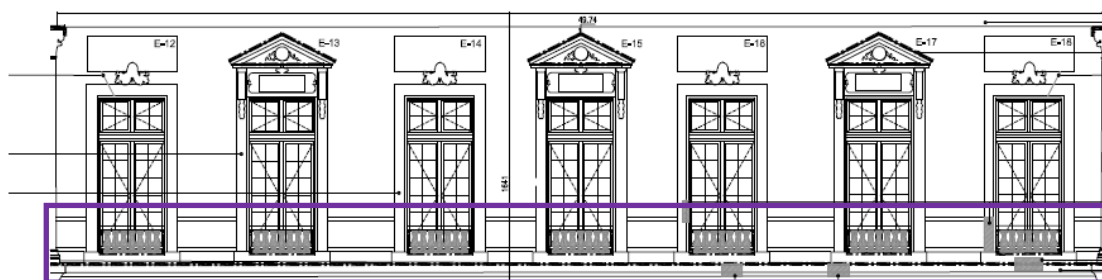


Figure 92 Façade rue Colbert- balustres à déposer en conservation



Figure 93 Balustre à remplacer



Figure 94 Détail appui fenêtre

En considérant que la façade extérieure des balustres est la plus détériorée, nous pouvons envisager de placer les balustres de l'autre face, en mettant vers l'extérieur la face intérieure. Ceci n'est pas possible dans ce cas ; car les balustres présentent une peinture. En plus, la pose de nouvelles menuiseries fait que la base des balustres dépasse la taille maximale pour quelques millimètres, leur taille en place est à prévoir.



Figure 95 Pierre à remplacer

La pierre est gonflée à cause de la présence d'eau. Elle doit être remplacée.

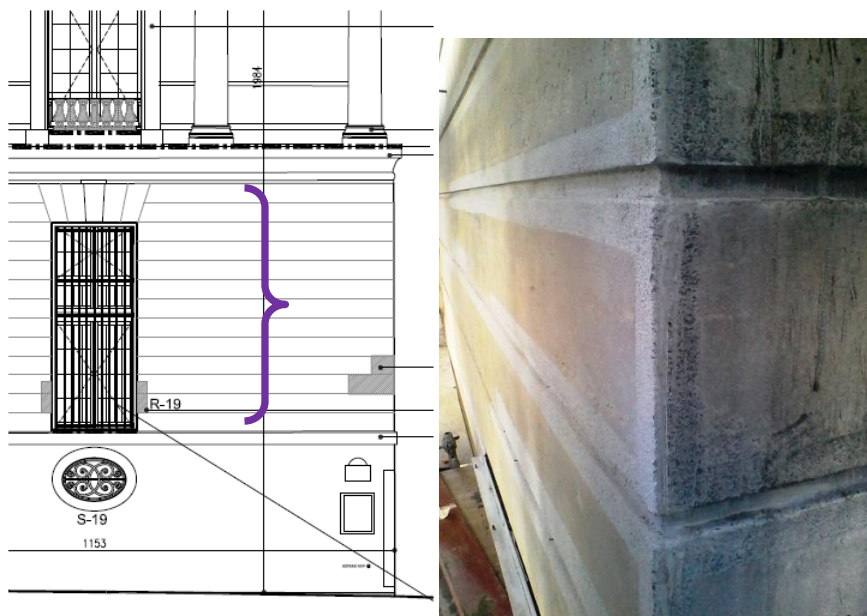


Figure 96 Pavillon Colbert- Parement à refends

Parement à refends

Les blocs de pierres sont saints mais l’angle doit être repris car elle est en enduit béton. L’angle devant rester noble, le ragréage ne peut pas le tenir. Afin d’arriver à un retour suffisant nous envisageons le remplacement des pierres en de blocs de 60x25 posées d’une façon complémentaire. (Les 60cm enchainés par le 25cm après par les 60cm etc.)

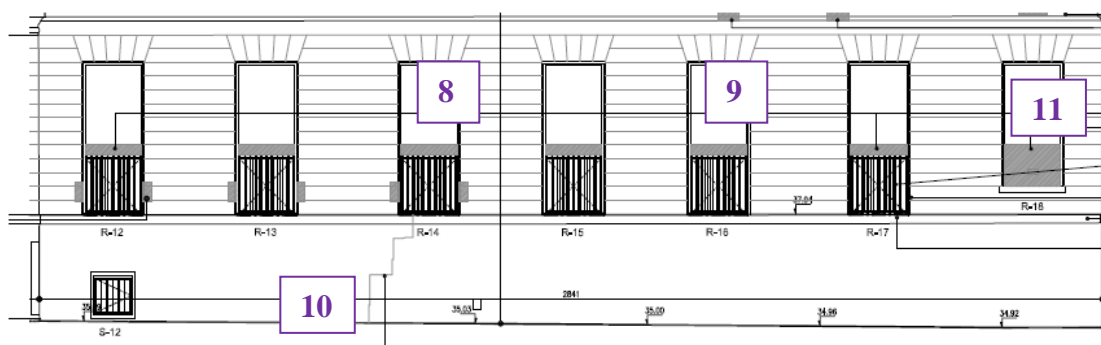


Figure 97 Façade Colbert, Rez-de-chaussée



Figure 98 Linteaux en béton

Sur les linteaux en béton est prévu un traitement en badigeon



Figure 99 Fissuration en façade et pierre à remplacer

La fissuration est reprise par le plancher intérieur. Les joints doivent être rejointoyés.

En ce qui concerne la photo numéro 11, le remplacement en pierres neuves est prévu. De nouveaux joints doivent être créés afin de suivre le plus proche possible les joints de la pierre conservée.

1.5 Méthodologie et techniques de restauration

1.5.1 Nettoyage de parements pierre par micro gommage

Le procédé s'appuie sur la projection en basse pression (de 0,8 à 3,5 bars) d'un mélange de micro granulats (agrégats de très faibles granulométries, fins) avec un mélange d'eau/ air. Le micro gommage permet le nettoyage de toutes surfaces sans agresser le support ; le lavage à

l'eau permet de ramollir et emporter les salissures en même temps que les poudres nettoient le support par frottement. Grâce à l'action d'eau, la dispersion des poussières est beaucoup moins importante, ce qui est indispensable dans des zones urbaines.

De l'air asséché est fourni à la cuve par un compresseur d'air. L'eau est fournie par une pompe à piston qui maintient le mélange en pression. Le granulat arrive vers la buse à une pression réglable de moins de 0,35MPa, avec une perte de pression moins que 10% à la sortie.

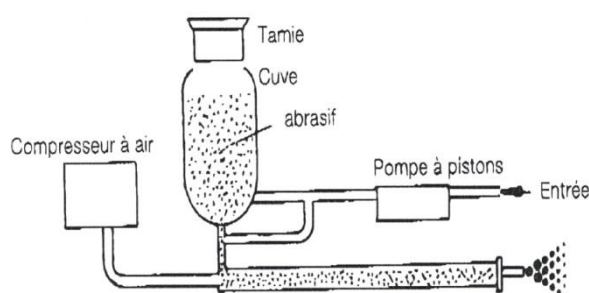


Figure 100 Hydrogommeuse



Le choix de granulats et de la pression de projection sont très importants afin de rassurer un bon nettoyage sans endommager l'épiderme du support. Des essais préalables permettent d'établir une meilleure combinaison entre la pression et la nature des abrasifs. Les granulats sont de type écologique et d'un PH ne nécessitant pas de neutralisation ni entraînant de migration de sel. Le choix de la pression se fait en fonction du degré d'encrassement du support et du type de grain abrasif choisi, augmentant ou diminuant l'impact du granulat sur le support.

Le gommage est une technique de nettoyage n'utilisant pas de produits chimiques. La projection se fait en commençant par le haut de la façade. La méthodologie suivie lors de notre opération prévoyait le gommage des façades chaque 2 niveau d'échafaudage et ensuite le rinçage de ces parties afin de faire ruisseler les particules de poudre.

La mise en place de bâches de protection afin d'éviter la dispersion des poussières est à prévoir. Ainsi, un nettoyage du sol après intervention doit se faire. Le procédé de micro gommage permet de nettoyer des surfaces sans dégradant ni le calcin de la pierre, ni les joints, ni les angles.

1.5.2 Traitement des joints

Les joints de mortier se creusent plus ou moins profondément à cause de la destruction du liant et la libération du granulat utilisé dans sa composition. Les joints dégradés sont constitués à neuf. Le mortier est un mélange de liant hydraulique (chaux), de sable et d'eau. Le choix du mortier à appliquer dépend des caractéristiques de résistance de la pierre du support (pour les pierres dures des joints rigides sont plus appropriés), et du degré d'imperméabilité de la façade à obtenir. La nature du mortier, son dosage, sa teinte et sa granulométrie sont choisis afin d'avoir un mortier compatible avec le support qui redonne l'esprit d'origine de la façade. Les mortiers n'étant pas homogènes, leur capacité d'absorption se différencie. Les mortiers comprimés par la descente des charges (entre les pierres superposées) sont moins perméables que ceux du rejointoiement. Si les joints de mortier sont très étanches l'humidité dans le mur s'évaporera non pas par les joints mais par la pierre, résultant à sa dégradation.

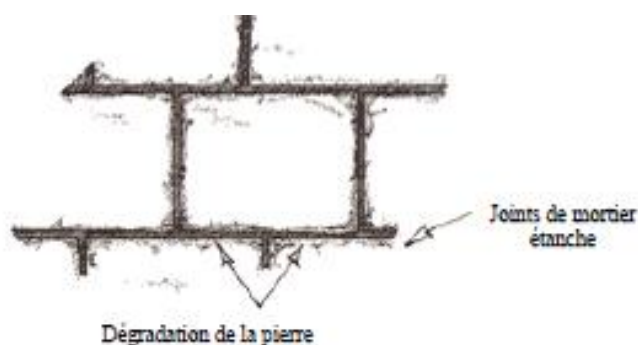


Figure 101 Desquamation de la pierre liée à l'évaporation d'eau

L'examen de joints à dégarnir est très important car les mouvements de la façade sont absorbés par les joints. Le rôle mécanique du joint consiste en donner la cohésion à l'ouvrage afin de résister aux actions mécaniques extérieures et de répartir les efforts de compression entre les pierres afin de ne pas avoir des phénomènes de poinçonnement. En outre, la désagrégation des joints introduit des risques de pénétration d'eau au sein du massif et de fragilisation des murs. Le dégarnissage de joints se fait entre 3 et 5cm de profondeur afin de retrouver le mortier d'origine non altéré et assurer la préservation des arrêts des pierres.

Afin d'éviter la fissuration au droit des raccords, les joints horizontaux et verticaux ne doivent pas avoir de discontinuité entre eux. Pour la pierre de taille, l'épaisseur des lits de mortier de pose ou de joints est comprise entre 0,5 à 2 cm d'épaisseur. La première couche doit être surdosée en liant afin d'offrir une bonne accroche mécanique tandis que la couche de finition doit être lisse et faiblement dosée. Les joints ne doivent pas s'opposer à l'écoulement d'eau et les saillants sont à éviter. Par ailleurs, le calepinage d'origine de pierre de taille est, si possible, respecté pour préserver l'architecture initial. La création de nouveaux joints est envisageable dans le cas de blocs de pierre à remplacer en partie ou des interventions déjà existantes.

Le traitement des joints est fait en suivant les étapes ci-dessous :

- ouverture des joints en profondeur
- agrafage
- coulage de la résine
- maquillage

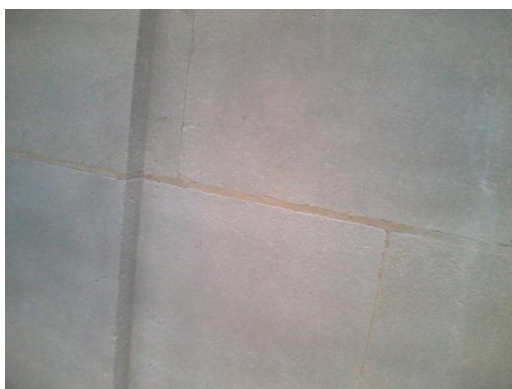


Figure 102 Joint neuf au mortier de chaux sur pierre

1.5.3 Dépose des pierres

Les pierres à déposer apparaissent dans le calepin d'appareillage, visé par le Maître d'œuvre.

Le refouillement et la dépose des différents ouvrages en pierres s'effectueront selon le cas, par le dessus ou par abattage. Le refouillement sera réalisé après ouverture des joints périphériques. Ensuite, le dégagement de la pierre à remplacer s'effectuera en commençant

par son milieu afin de ne pas détériorer celles attenantes dans le cas où elles ne seraient pas prévues remplacées.



Figure 103 Dépose des balustres en conservation.

Les ouvrages sont déposés avec très grand soin. Pui, ils sont marqués, triés, nettoyés et stockés provisoirement sur le platelage de l'échafaudage.



Figure 104 La taille de parements de pierre s'effectue à l'outil manuel pour rassurer un résultat le plus proche de l'apparence du parement existant conservé

1.5.4 Substitution de pierre identique

Les blocs de pierre en état de désagrégation très avancée sont substitués à des pierres identiques ou compatibles avec celles d'origine. Les caractéristiques mécaniques (résistance à la compression et à la flexion) ainsi que les caractéristiques physiques (densité, coefficient de dilatation thermique et module élastique) doivent être proches. La couleur et l'aspect sont aussi déterminants.

La mode opératoire consiste en différentes étapes :

-Le bloc de pierre est refouillé sur la totalité de sa surface et découpée jusqu'aux joints latéraux. Le défoncement est laissé séché pendant plusieurs jours ; en fonction du degré d'humidité, de la température ambiante et de l'exposition de la façade.



Figure 105 Exemples des défoncements en attente de la pose des blocs des pierres neuves

-Les pierres à posées sont livrées sur le chantier ; leur taille s'effectue soit en atelier soit sur le chantier. Souvent les pierres sont taillées entièrement dans l'atelier avant leur pose, ce qui permet de gagner de temps sur le chantier.



Figure 106 Vue d'une pierre épannelée avant sa taille de finition.

-Ensuite, la pierre (neuve ou pierre de réemploi) est montée par des palans à la chaîne, positionnée et maintenue à l'aide des cales de bois.



Figure 107 Exemples de pose manuelle de blocs épannelés à l'aide de palans à chaîne.



Figure 108 Balustres posés à l'aide des cales de bois et état de finition

-La pierre de substitution, une fois posée, est encastrée dans le défoncement et le collage est effectué à l'aide d'un mortier. Ensuite les joints entre les blocs de pierres sont coulés à la chaux naturelle. Les bavures de chaux doivent être bien nettoyées avant séchage.

Il est important de noter que le calepinage d'origine des pierres de taille et les joints d'appareillage doivent, autre que possible, être respectés.

-Après séchage du coulis, une taille de finition est faite afin de faire 'vieillir' la pierre neuve et s'ajuster au mieux avec les pierres contigües.



Figure 109 Taille de finition sur un sommier de plate bande posé épannelé.

Finalement, pour donner un aspect commun à l'ensemble du parement et s'intégrer dans un environnement ancien, les pierres neuves peuvent être patinées, c'est-à-dire elles sont appliquées à leur surface un traitement de coloration, à l'aide d'un « lait de chaux ».

1.5.5 Substitution de pierre artificielle

Si la substitution à l'identique n'est pas possible pour des raisons de coût, il est préférable d'utiliser un mortier de chaux aérienne et hydraulique naturelle imitant la pierre que de laisser les dégradations se poursuivre.

Les parties endommagées de la pierre sont enlevées soigneusement et puis elles sont reconstituées à l'aide d'un mortier. Ce procédé est appliqué lorsque le degré d'altération des pierres ne demande que de reprises de moins de 5cm d'épaisseur. La consolidation des pierres anciennes permet de préserver le plus possible les éléments originaux de la façade et minimise les interventions brutales consistant aux changements de blocs de pierre complets.

Le mortier est à la base de chaux. Son coefficient de dilatation thermique doit être équivalent à celui de la pierre de support. En outre, le mortier est adapté à la couleur, la granulométrie, la dureté et la porosité de la pierre.



Figure 110 Mise en place d'un ragréage sur corniche.

Mode opératoire

Les parties dégradées et non adhérentes sont éliminées afin de ne garder que la pierre saine et les parties friables et sonnantes creux sont piquetées sur une profondeur de 3 cm. Le bon ancrage du mortier dépend des angles vifs et du brossage de la pierre. Le premier accrochage est appliqué pour permettre la bonne prise du mortier sur la pierre support.

Pour les épaisseurs supérieures à 2 cm, la mise en place de fils de laiton pour les raccords est envisagée. Des goujons en laiton espacés de 5 à 10cm sont reliés par de fils en laiton. Ensuite, le mortier est appliqué et en un ou deux passes la finition est faite.

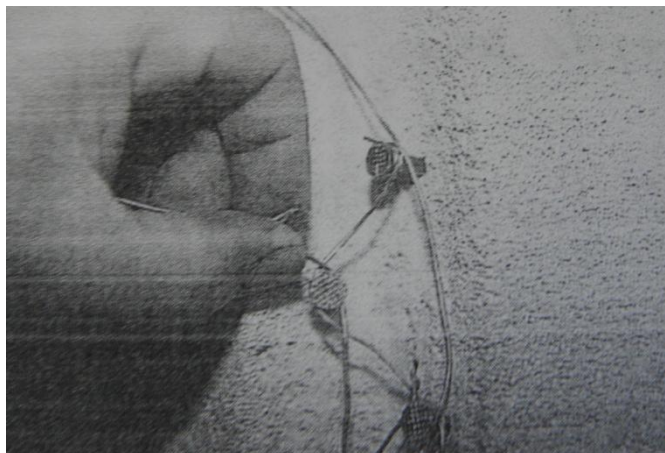


Figure 111 Mise en place des goujons en laiton

Les mortiers de ragréage changent légèrement de couleur à cause de leur exposition aux intempéries. Donc, après les réparations par ragréage, des patines d'harmonisation sont utilisés pour confondre les éléments restaurés avec leur environnement.

Par ailleurs, des bouchons à l'aide de pierres récupérées sur le chantier sont réalisés dans des cas qui les permettent. Cette technique permet de conserver un aspect original des reprises.

1.5.6 Détail de désolidarisation entre ragréage et joint

Le regarnissage est réalisé avec un mortier imitant la pierre, tout en respectant l'appareillage et l'aspect de la pierre ainsi que l'apparence de son épiderme. Les Armatures nécessaires en laiton respecteront les joints d'appareils. La sciottage du joint se fait suivant l'épaisseur sur les pierres contiguës et selon les dispositions d'origine, et le garnissage à l'aide d'un mortier à base de chaux naturelle avec addition de pigment naturel.

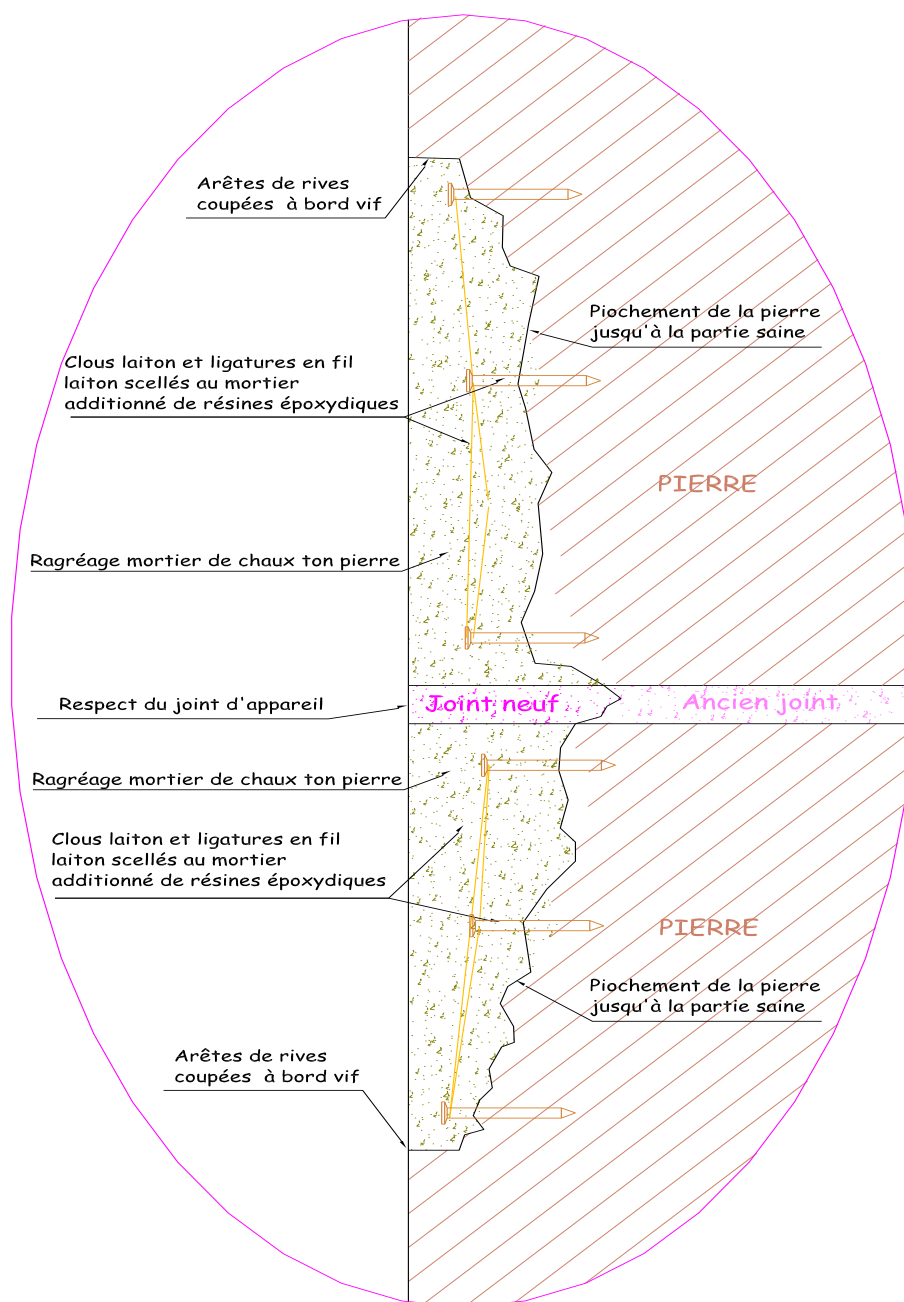


Figure 112 Détail de désolidarisation entre ragréage et joint

1.5.7 Consolidation des sculptures

En ce qui concerne le traitement de sculptures, nous pouvons distinguer la pré-consolidation et la consolidation finale.

La pré-consolidation consiste en l'opération permettant d'intervenir sur l'épiderme de la pierre sans aucune perte de matière dans des zones en présence de sub efflorescences ou en faible cohésion. Dans le cas du chantier de la BNF elle est exécutée par application d'une solution diluée (à 50 %) de silicate d'éthyle (type Wacker OH) et la mise en place de façing au papier japonais (50g/m minimum collé par Primal AC 33 réversible).

La consolidation finale est l'opération permettant de rétablir à la pierre neuve la même dureté avant sa mise œuvre. Une solution pure de silicate d'éthyle (type Wacker OH) est appliquée sur l'ensemble des sculptures.

L'étude de la quantité la plus adaptée de consolidant à appliquer est très important car l'absorption de quantités au-delà du niveau de saturation propre à chaque pierre peut résulter à de pertes de cohésion et leur fissuration.

Les différentes formes de sculptures à traiter demandent de différents moyens d'exécution pour l'application du consolidant (de compresse, pulvérisation à basse pression jusqu'au pinceau). En outre, l'application du silicate d'éthyle (Type Wacker OH), se fait en trois dilutions successives à l'éthanol en concentrations croissantes. Ceci facilite d'un part la pénétration du consolidant jusqu'à la pierre saine et de l'autre part limite le caractère hydrophobe résiduel au traitement.

1.5.7.1 Méthodes d'harmonisation des épidermes

L'application d'une patine est souvent nécessaire permettant d'avoir une meilleure lecture de l'ensemble des sculptures. En tous cas elle doit être toujours réversible et capable d'évoluer dans le temps sur l'ensemble du monument.

Les plus appliqués dans les monuments historiques sont des patines par léger badigeonnage ou pulvérisation à base de chaux et pigments naturels. Le badigeon n'est pas une peinture ; il est utilisé en un seule passe et reste assez transparent pour qu'on puisse « deviner » le support. En complément d'un enduit, le badigeon redonne plus d'unité à une façade. Nous réalisons de nombreux échantillons « in situ » afin d'apprécier l'effet obtenu.

1.5.7.2 Retaille de sculpture

Pour la taille et le retaille des sculptures, les outils utilisés sont plus fins que pour la taille de pierre classique. Sinon il n'y a pas de différence fondamentale dans la technique même, il faut relever les modèles existants, tracer les moulures puis les façonner.



Figure 113 Pose de la pierre neuve et traçage des moulures



Figure 114 Moulure taillée



Figure 115 Sculpture sur la Rotonde Petits Champs avant et après



Figure 116 Sculpture sur la Rotonde Petits Champs avant et après



Figure 117 Etais supportant l'ouverture

Annexe 3 Amiante



LABORATOIRES D'ANALYSES
ENVIRONNEMENTALES & INDUSTRIELLES

59, rue de la Garemie 92310 Sèvres
Tel. : + 33 (0) 1 46 10 96 96
Fax. : + 33 (0) 1 46 20 25 62
www.bjl-lab.com

Société / Nom : SIGENCI

Adresse : Rue Frédéric Sauvage - BP 229
62304 LENS Cedex

Rapport : 99786.61 révision 0

Nom du préleveur : B.J.L Laboratoires

Date d'arrivée : 02/07/2013

Nbre d'échantillon(s) : 1

Adresse de prélèvement :

Bibliothèque Nationale de France
58, rue de Richelieu 75002 PARIS
Niveau EP n°5 - Niveau 7

Rapport d'Essai META - Air des lieux de travail

Textes de référence : Norme XP X43-269 (prélèvement) et NF X 43-050 (préparation et analyse), réglementation en vigueur

Principe (§ 5 de la norme NF X 43-050)

Un échantillon de particules est recueilli en aspirant un volume déterminé d'air à travers un filtre en mélange d'esters de cellulose, au moyen d'une pompe alimentée sur le secteur ou par batterie. Pour la préparation des échantillons pour le microscope électronique à transmission, le filtre ou une partie du filtre est entièrement calciné. Les particules sont récupérées dans de l'eau puis filtrées sur un filtre en polycarbonate préalablement recouvert d'une couche de carbone. Après filtration, une deuxième couche de carbone est évaporée sur le filtre de telle sorte que les fibres ou particules soient situées entre ces deux couches. Un procédé d'extraction au solvant permet de dissoudre le filtre en polycarbonate et de recueillir les fibres et particules sur des grilles pour observation au microscope électronique à transmission.

Les grilles sont examinées à faible et fort grossissement pour s'assurer qu'elles conviennent pour l'analyse avant d'effectuer une évaluation quantitative des fibres dans les ouvertures de grilles choisies au hasard. En microscopie électronique à transmission, on utilise la diffraction électronique pour examiner la structure cristalline d'une fibre, et sa composition élémentaire est déterminée par une analyse en dispersion d'énergie des rayons X. Pour un certain nombre de raisons, il n'est pas possible d'identifier sans équivoque chaque fibre, et les fibres sont classées en fonction des techniques qui ont été utilisées pour les identifier. On utilise un code simple pour indiquer pour chaque fibre la manière selon laquelle elle a été identifiée. La méthode de classification des fibres est basée sur un examen successif de la morphologie, du diagramme de microdiffraction électronique ainsi que des analyses qualitatives et quantitatives en dispersion d'énergie des rayons X.

En plus de fibres isolées, les échantillons d'air ambiant contiennent souvent des agrégats plus complexes de fibres, associées ou non à des particules. Certaines particules sont composées de fibres d'amiante associées à d'autres matériaux. Les fibres individuelles et ces structures plus complexes sont appelées « structures d'amiante ».

§ Résultats du comptage :

E. Fraction calcinée :

Sauf demande particulière du client, une fraction du filtre est conservée pour archivage. Les fractions inférieures à 0,5 correspondent à un empoussièrément important de la membrane au cours du prélèvement.

Classe(s) de fibres recherchées :

	Fibres OMS	EFA	FCA
Longueur	>5 µm	>5 µm	<5 µm
Diamètre	> 0.2 µm et < 3 µm	> 0.01 µm et < 0.2 µm	> 0.01 µm et < 3 µm
Longueur / Diamètre	>3	>3	>3

§ Détermination du nombre de fibres par filtre Nf et détermination de la concentration en fibres par litre C :

Les résultats, en nombre de fibres sur le filtre (Nf), et en concentration (C) sont présentés avec l'intervalle de confiance bilatéral à 95%, ce qui correspond à un facteur d'élargissement de l'incertitude $k=2$. Nf est le résultat en fibres par filtre du comptage produit par le laboratoire d'analyse, C est la concentration en fibres par litre, combinant le résultat du comptage et le volume, résultat du laboratoire de prélèvement.

L'incertitude sur la concentration C tient compte des sources d'incertitude suivantes : incertitude sur la surface de re-filtration S, incertitude sur la fraction de fibres sur le filtre préparée f, incertitude sur le volume V, incertitude sur le nombre de fibres dénombrées N. Pour déterminer l'intervalle de confiance sur N, il est admis que la distribution observée suit une loi de Poisson. L'incertitude sur le nombre de fibres sur le filtre Nf représente l'incertitude sur le comptage, et tient compte des mêmes sources d'incertitude que l'incertitude sur C, à l'exception de l'incertitude sur V.

Durée d'archivage : Les échantillons sont conservés pendant 10 ans et les rapports pendant 5 ans.

Rapport : 99786.61 révision 0

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

B.J.L LABORATOIRES - 59, rue de la Garemie - 92310 Sèvres - Tel. : +33 (0) 1 46 10 96 96 - Fax. : + 33 (0) 1 46 20 25 62

SAS au Capital de 100 000 Euros - RCS Nanterre B 408 394 732 - N° Siret 408 394 732 00031 - Code APE 7120B - TVA

intracommunautaire : FR03408394732 - www.bjl-lab.com

INFORMATIONS SUR LE PRELEVEMENT n° 314228-PI156-RR

Description de la mesure d'exposition

Type de prélèvement: Unique En série K - Individuelle surveillance pendant travaux

Mesurage d'amiantes: Contrôle d'empoussièrément

Type de support: Filtre d'acétate de cellulose 37 mm non taré (Monté Cassette 4, étages en matériau conducteur de l'électricité) 3L/min

Méthode de prélèvement: Prélèvement de la fraction totale sans sélecteur granulométrique avec une cassette ouverte, échantillonnée ou non d'un cylindre protecteur à un débit compris entre 2 et 4 L/min.

Objetif: Quantitatif individuel Nom de l'opérateur: Mesure en zone sur opérateur M. SENECAZ Laurent

Représentativité: Prélèvement réalisé pour déterminer l'exposition aux fins de comparaison avec une VLEP 8h

Résultats du prélèvement

Date et heures de prélèvement: le 02/07/2013 de 08:00 à 08:30

Durée du prélèvement (min): 30

Débit moyen (l/min):

V: volume d'air prélevé corrigé (L) = 0

Circonstances d'exposition

Environnement de la zone de travail: Plein air campagne ou milieu intérieur

Type de lieu de travail: Non renseigné

Ventilation globale: Non renseigné

Métier: Opérateur de désamiantage

Confinement: confinement dynamique avec mise en dépression -20 Pa minimum

Protection individuelle: Protection respiratoire efficace et appropriée avec procédures d'utilisation et de gestion de l'EP1

Type de protection: Appareils filtrants à ventilation assistée avec masque complet, mi-masque ou quart de masque TM3

Facteur de protection: 60

Captage à la source: aucune mesure de captage des poussières à la source

Travail à l'humide: humidification du matériau par pulvérisation des matériaux seule

Type de matériau

Technique mise en oeuvre

Canalisation / Gaine en amiante ciment

Découpage avec outil manuel

RESULTATS DE L'ANALYSE DE L'ECHANTILLON n° 314228

Date de l'analyse: 18/07/2013

Identification de l'analyste: JW

L'analyse de l'échantillon a été réalisée à B.I.L LABORATOIRES Sévres

Résultats du comptage

f: fraction de filtre calcinée = 0,5

s: surface d'ouverture de grille (mm²) = 0,0085

S: surface de re-filtration (mm²) = 189

n: nombre d'ouvertures de grilles lues = 48

Nombre de grilles examinées: 2

N: nombre de fibres comptées = 0

Classe(s) de fibres recherchées: OMS +FFA

Variété(s) de fibres: Non Délecté

Résultat de l'analyse du témoin: Témoin préparé, non analysé.

Détermination du nombre de fibres par litre Nf:

$$Nf = \frac{S \times N}{s \times n \times f}$$

Limite inférieure fibres par filtre	Nf fibres par filtre	Limite supérieure fibres par filtre
<	2762	2762

Détermination de la concentration en fibres par litre C:

$$C = \frac{Nf}{V}$$

Cinf (f/l)	C (f/l)	Csup (f/l)
<	29,67	29,67

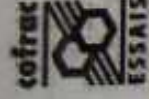
Sensibilité analytique (f/l): 9,92

RAPPORT PROVISOIRE
- Fin du rapport d'essai -



ITGA

13, route des Gaudes 92197 MEUDON CEDEX Tél : 01.49.66.75.79 Fax : 01.49.66.65.95
www.itga.fr



ITGA est membre de l'Union des Laboratoires Santé Risques

accréditation n° 1-0966

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation.

RAPPORT D'ANALYSE NUMERO IT061111-8309 EN DATE DU 24/11/2011
RECHERCHE ET IDENTIFICATION D'AMIANTE SUR UN PRELEVEMENT DE MATERIAU

Ce rapport d'analyse comporte 2 pages. Il ne concerne que les échantillons soumis à l'analyse.

Client: QUALICONTROLE40, rue des Blancs Manteaux
75004 PARIS**Prélèvement:** Reçu au laboratoire le : 23 novembre 2011**Réf. Commande Client:** EM 2011-055**Réf. Dossier Client:****Référence Client de l'échantillon:**

EM 11 394 - Bande adhésive

Réf. Commande ITGA: IT0611-14925**Réf. Echantillon ITGA:** IT061111-8309**Description ITGA:**

Toile fibreuse blancheâtre avec couche grise

Préparation:

Efficacité de façon à être représentative de l'échantillon

- pour une analyse au Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META) : broyage mécanique, filtration, dépôt de carbone

Technique Analytique:

- Microscopie Electronique à Transmission Analytique (parties pertinentes de la norme NF X 43-050)

Résultat:

Fraction Analyisée	Technique analytique et date d'analyse	Résultat	Type d'analyse	Nbre de Prépa.
Toile fibreuse blancheâtre avec couche grise	META le 24/11/2011	Présence de fibres d'amiante	Chrysotile	1

ITGA

Validé par:

Mamadou CAMARA

Responsable de Laboratoire

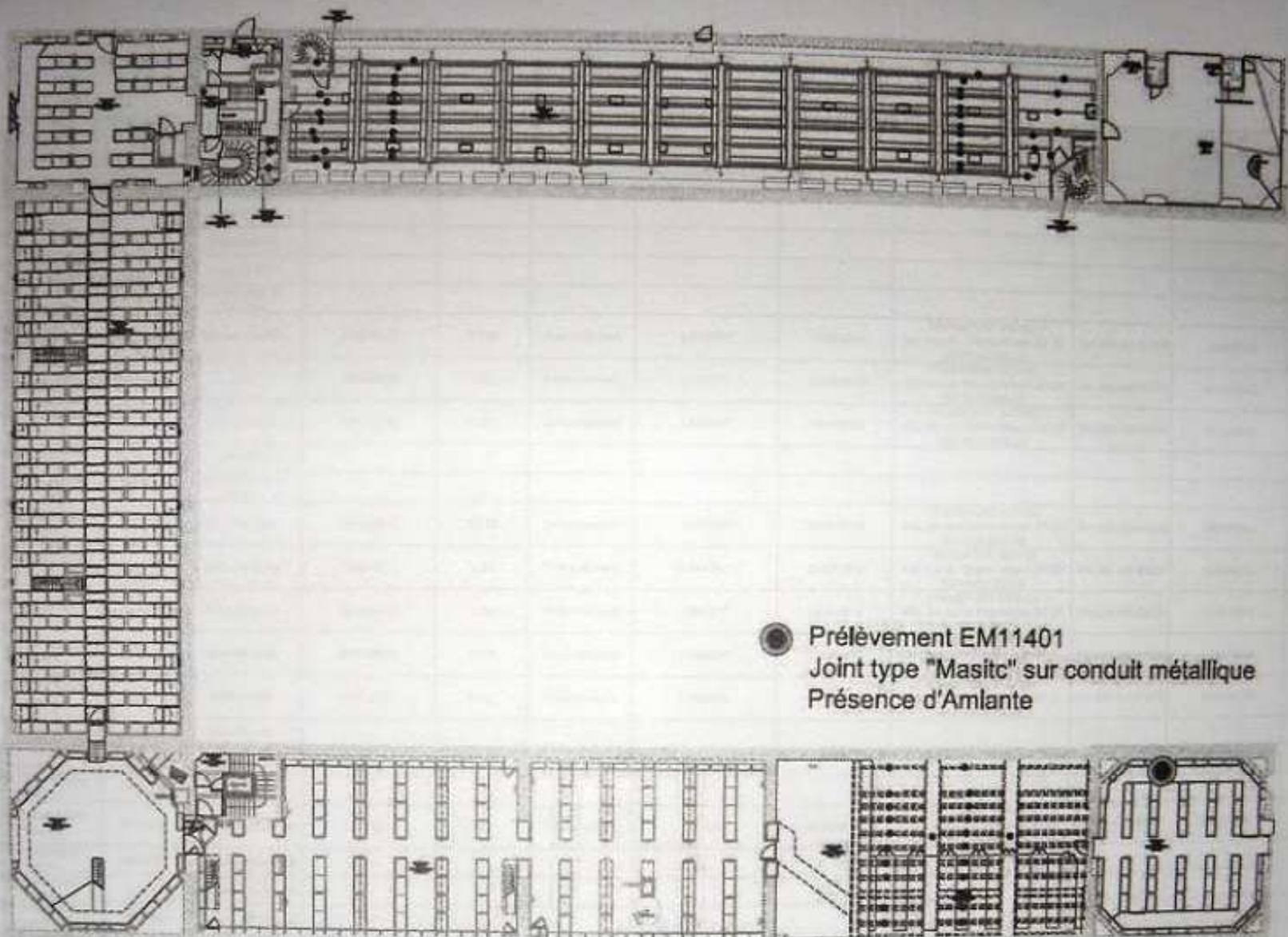
Page 1/1



La reproduction de ce rapport d'analyse n'est autorisée que sous sa forme intégrale, ce rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire. Sauf demande particulière et écrite du client, les échantillons sont conservés pendant 6 mois et les rapports pendant 2 ans.

En liaison avec : DTR n°24

DTA 164 rev 04



Sarl QUALICONTROLE
40, rue des Blancs Manteaux 75004 PARIS
Sarl au capital de 7 622 € siret 43021750500014 APE 743B
Tél : 06 62 08 70 10 FAX : 01.47.63.23.47
Courriel : contact@qualicontrol.fr

Légende

- Prélèvement: Absence d'Amiante
- Prélèvement: Présence d'Amiante

Quadrilatère Richelieu

Zone F
Niveau 2ème étage

**Tableau de suivi de la métrologie
Quadrilatère Richelieu - PARIS
au 14/08**

Date du prélèvement	Localisation	Type de prélèvement	Résultat	Fibre détectée	Prélèvement n° (ou Échantillon n°)	Analyses transmises par mail
13/02/13	7A - Section E4	META - Etat initial	< 2,99 f/l - Non détecté		273744	16/02
13/02/13	11C/12C - Section E4	META - Etat initial	< 2,98 f/l - Non détecté		273745	16/02
13/02/13	9B - Section E4	META - Etat initial	< 3,12 f/l - Non détecté		273746	16/02
13/02/13	8C - Section E4	META - Etat initial	< 2,68 f/l - Non détecté		273746	16/02
20/02/13	Section E4	MES	31,1 mg/l - Action corrective		276096	26/02
24/02/13	11C/12C - Section E4	META - Mesure libératoire	< 0,88 f/l - Non détecté		276668	25/02
21/02/13	5 - Section E4	META - Zone récupération	< 3,42 f/l - Non détecté		276106	26/02
21/02/13	5 - Section E4	META - Zone d'approche	< 3,66 - Non détecté		276262	26/02
27/02/13	Section E4	MES	60,822 mg/l - Action corrective		E 271669	05/03
27/02/13	Niveau 5	META - Zone de récupération	nombre de fibres comptées 1	X	277665	05/03
27/02/13	Niveau 5	META - Zone d'approche	< 3,72 f/l - Non détecté		277666	05/03
27/02/13	Niveau 5	META - Environnementale	< 3,04 f/l - Non détecté		277667	05/03
28/02/13	9B - Section E4	META - Mesure libératoire	< 0,90 f/l - Non détecté		278448	05/03
04/03/13	Section E4	MES	< 2 mg/l		278024	05/03
21/02/13	E4 Niveau 9	META sur Opérateur	< 29,65 f/l - Non détecté		276257	05/03
21/02/13	E4 Niveau 9	META sur Opérateur	< 77,4 f/l	X	276258	05/03
22/02/13	E4 Niveau 9	META sur Opérateur	< 29,49 f/l	X	276259	05/03
22/02/13	E4 Niveau 9	META sur Opérateur	< 8,83 - Non détecté		276260	05/03
27/02/13	E4 Zone 9B	META sur Opérateur	< 28,71 - Non détecté		277663	06/03
04/03/13	Zone 13C	META - Etat initial	< 0,85 - Non détecté		276456	11/03
04/03/13	3A - Zone 13C	META - Etat initial	< 2,49 - Non détecté		276457	11/03
05/03/13	Section E4	MES	21,3 mg/l		280043	11/03
05/03/13	E4 Niveau 7-8	META sur Opérateur	< 29,29 f/l - Non détecté		279286	11/03
05/03/13	5 Zone E4 Niveau 7-8	META - Zone d'approche	< 3,22 f/l - Non détecté		279282	12/03
05/03/13	5 Zone E4 Niveau 7-8	META - Zone récupération	< 3,53 f/l - Non détecté		279283	12/03
05/03/13	5 Zone E4 Niveau 7-8	META - Environnementale	< 3,42 f/l - Non détecté		279284	12/03
05/03/13	5 Zone E4 Niveau 7-8	META - Environnementale	< 3,20 f/l - Non détecté		279596	12/03
05/03/13	5 Zone E4 Niveau 7-8	META - Environnementale	< 3,60 f/l - Non détecté		279697	12/03
07/03/13	E4 Niveau 8	META sur Opérateur	< 8,85 f/l - Non détecté		279678	13/03
07/03/13	E4 Niveau 8	META sur Opérateur	< 8,9 f/l - Non détecté		279679	13/03
07/03/13	E4 Niveau 8	META sur Opérateur	< 8,89 f/l - Non détecté		279680	13/03
07/03/13	E4 Niveau 8	META sur Opérateur	< 8,88 f/l - Non détecté		279681	13/03
12/03/13	Section E4	MES	< 2 mg/l		281731	14/03
07/03/13	Zone E4 Niveau 8 salle blanche	META sur Opérateur	< 8,86 f/l - Non détecté		279678	14/03
07/03/13	Zone E4 Niveau 8 salle blanche	META sur Opérateur	< 8,9 f/l - Non détecté		279679	14/03
07/03/13	Zone E4 Niveau 8 salle blanche	META sur Opérateur	< 8,89 f/l - Non détecté		279680	14/03
07/03/13	Zone E4 Niveau 8 salle blanche	META sur Opérateur	< 8,88 f/l - Non détecté		279681	14/03
13/03/13	E4 niveau 9 - Plateau	META - Mesure libératoire	< 0,88 f/l - non détecté		281723	16/03
13/03/13	E4 niveau 8 - Plateau	META - Mesure libératoire	< 0,87 f/l - non détecté		281724	16/03
12/03/13	E4 niveau 8 - Palier	META - Mesure libératoire	< 0,88 f/l - non détecté		281725	16/03
13/03/13	E4 niveau 7 - Palier	META - Mesure libératoire	< 0,90 f/l - non détecté		281726	16/03
13/03/13	E4 niveau 7 - Plateau	META - Mesure libératoire	< 0,88 f/l - non détecté		281727	16/03
12/03/13	E4 plateaux 7-8-9-11-12	META sur Opérateur	< 28,71 f/l - non détecté		281729	16/03
17/03/13	Niveau 13 Toiture	META - Mesure libératoire	< 0,90 f/l - non détecté		282429	19/03
12/03/13	E4 Niveau 5 plateaux 7-8-9-11-12	META - Zone de récupération	< 3,74 f/l - Non détecté		281719	19/03

Annexe 4 Plomb

TEP France
Impasse des marais
94000 CRETEIL

Rapport d'essai n°88061.20 révision 0

**Rapport d'Essai Plomb dans poussières au sol
Dosage du plomb acido-soluble dans les lingettes par ICP-AES**

N°commande : -

Nombre d'échantillons prélevés : 17

Adresse du prélèvement : BNF
58, rue Richelieu
75002 PARIS
3ème étage

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole*.

Informations concernant l'échantillon prélevé :

Le prélèvement des poussières au sol est réalisé selon l'article 4 de l'arrêté du 12 mai 2009 relatif au contrôle des travaux en présence de plomb et les exigences définies dans le paragraphe 5 de la norme NF X 46-032.

Nom de l'opérateur : ROBAGLIA Roch

Numéro de lot de provenance de la lingette : LING-12-06

Référence du prélèvement : 270705

Date : 30/01/13

Local du prélèvement : Magasin sur sol

Localisation du prélèvement dans le local : 3

Nature du sol : Béton

Propreté visuelle du sol: Propre

Surface du gabarit : 0,1 m²

Commentaire :

Informations concernant l'analyse de l'échantillon prélevé :

L'échantillon a été préparé selon les exigences définies dans les paragraphes 6.2 et 6.3 de la norme NF X 46-032 "Méthodologie de mesure du plomb dans les poussières au sol" et analysé selon les exigences définies dans les paragraphes 6 et 8 de la norme NF EN ISO 11885 "Dosage d'éléments choisis par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence".

Date de réception de l'échantillon : 30/01/2013

Référence de l'échantillon : 270705

Date d'analyse de l'échantillon : 31/01/2013

Concentration* : 60,7 µg/lingette

Incertitude (k=2): +/- 13,1 µg/lingette
k = Facteur d'élargissement d'incertitude

Commentaire :

Résultat de l'analyse selon le paragraphe 7 de la norme NF X 46-032 :

Concentration surfacique en plomb acido soluble : 607 µg/m²

Selon l'article 6 de l'arrêté du 12 mai 2009 : tant que la concentration surfacique des poussières au sol est supérieure à 1 000 µg/m² pour l'un des échantillons prélevés, le propriétaire, le syndicat de copropriétaires ou l'exploitant du local d'hébergement fait procéder à un nouveau nettoyage minutieux des locaux traités, préalablement à de nouveaux prélèvements de poussières.

Analyse: EM

Contrôle Qualité:

Beillonat

Analyste

Analyse réalisée à B.J.L. Laboratoires Sévres

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.
Seul demandeur particulier du client, les rapports sont conservés pendant 5 ans.
Le résultat concerne uniquement l'échantillon soumis à essais.

cofrac



ESSAIS
accréditation cofrac
N°1-0373
port@cofrac.fr
www.cofrac.fr

