



**Rénovation des façades du bâtiment Poulenc
Paris**

Notice structure – PRO-DCE

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Indice	Date	Observations	Rédigé par
Ind A	13/02/2026	1 ^{ère} édition	TB

TABLE DES MATIÈRES

1	PRESENTATION GENERALE DU PROJET	5
1.1	Objet du document.....	5
1.2	Contexte de l'opération	5
1.2.1	Périmètre d'intervention.....	5
1.2.2	Nomenclature des éléments de l'édifice.....	6
1.2.3	Projet.....	6
1.3	Documents de référence	6
1.3.1	Documents d'archives	6
1.3.2	Documents propre à l'opération	7
1.3.3	Normes et recommandations	7
1.4	Description du bâtiment	7
1.4.1	Principes structurels	7
1.5	Notes de calcul en phase de projet / Notes de calcul EXE.....	8
2	HYPOTHESES SPECIFIQUES A L'OUVRAGE	9
2.1	Cadre réglementaire.....	9
2.1.1	Hypothèses générales Eurocode	9
2.1.2	Caractéristique du site.....	9
2.1.3	Sécurité incendie	9
2.1.4	Géotechnique	9
2.2	Actions	10
2.2.1	Hypothèses concernant les charges	10
2.2.2	Charges permanentes.....	10
2.2.3	Surcharge d'exploitation	10
2.2.4	Charges climatiques	11
2.2.5	Sismicité (Eurocode 8)	11
2.2.6	Actions thermiques	11
2.2.7	Action accidentelles.....	11
2.3	Caractéristiques des matériaux.....	11
2.3.1	Maçonnerie.....	11
2.3.2	Bétons et armatures	12
2.3.3	Fer et acier pour profilés métalliques	12
2.3.4	Inox pour broches et platines	12
2.3.5	Critères de service.....	13
3	SYNTHESE DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES	14
3.1	Sondages structurels.....	14
3.1.1	Résumé des sondages effectués	14
3.1.2	Sondages sur les balcons	14
3.1.3	Sondages en plancher haut d'étage courant à proximité des balcons.....	15
3.1.4	Sondages en plancher bas rez-de-chaussée	18
3.1.5	Sondages sur la dalle de la cour	19
3.1.6	Sondages sur la façade de la cour	19
3.2	Analyses de matériaux	21
3.2.1	Résumé des analyses effectuées.....	21
3.2.2	Analyses chimiques et métallographiques	21
3.2.3	Essais de traction	22

4	PRECONISATIONS	24
4.1	Confortement des balcons	24
4.1.1	Ancrage par broches de la partie arrière des balcons	24
4.1.2	Renforcement par broches des trumeaux	25
4.2	Préconisations concernant la dalle de la cour	26
4.2.1	Renforcement par dalle béton collaborante	26
4.3	Restauration de la façade de la cour	27
4.3.1	Remarques sur l'état de l'ossature métallique	27
4.3.2	Confortement du pan de fer	29
4.3.3	Protection de l'ossature métallique	34
4.3.4	Ouverture ou modification de baies sur cour	34
4.4	Création d'une volée d'escalier supplémentaire dans la cage d'escalier Sud	35
4.4.1	Contraintes structurelles	35
4.5	Création d'une imposte vitrée dans le sas d'entrée du bâtiment	35
4.5.1	Contraintes structurelles	35
4.5.2	Solution technique	35
	CONCLUSION	36

1 PRESENTATION GENERALE DU PROJET

1.1 Objet du document

La présente notice a pour objet la définition des hypothèses de calcul générales prises en compte dans le cadre du projet de rénovation des façades de l'immeuble Poulenc, située au 2 place des Saussaies, pour la vérification des ouvrages existants, la conception des ouvrages créés ainsi que les vérifications réglementaires associées.

1.2 Contexte de l'opération

1.2.1 Périmètre d'intervention

L'immeuble objet de l'étude se trouve au 2 place des Saussaies, 75008 Paris.



Figure 1 - Plan de localisation - Extrait de Géoportail

1.2.2 Nomenclature des éléments de l'édifice

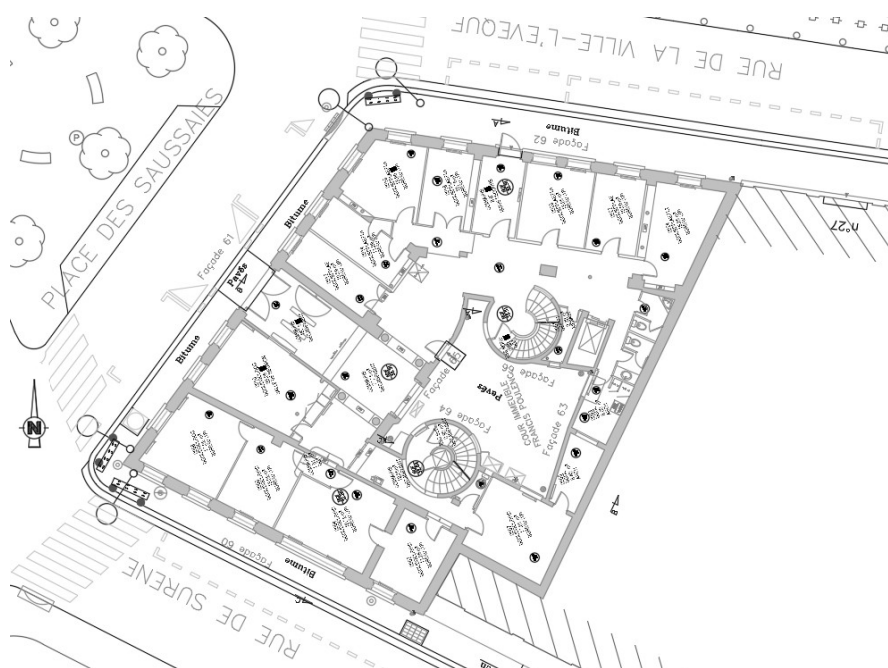


Figure 2 : Repérage des éléments de l'édifice.

L'immeuble s'organise en quatre ailes entourant une cour carrée. On distingue les éléments suivants :

- Façades sur rue numérotées 60 (Sud), 61 (Ouest) et 62 (Nord),
- Façades sur cour numérotées 63 (Est), 64 (Sud), 65 (Est) et 66 (Nord)
- Ailes Nord, Sud, Est et Ouest
- Cages d'escalier Nord et Sud
- Héberges sur face Est
- Cour de l'immeuble

1.2.3 Projet

Le projet prévoit la rénovation des façades de l'immeuble Poulenc, ainsi que des travaux de mise aux normes, et comporte notamment les interventions structurelles suivantes :

- La restauration des façades en pierre de taille
- Le renforcement de balcons et trumeaux en pierre de taille
- La modification d'ouvertures dans les façades en pierre de taille
- La restauration de garde-corps métalliques
- La restauration des façades à pan de fer après purge des enduits ciment
- La création et modification d'ouvertures dans la façade à pan de fer sur
- Le renforcement du plancher métallique de la cour
- La création d'une volée d'escalier métallique
- La création de trémies pour passages de réseaux
- La création et modification d'ouvertures sur murs de refend

1.3 Documents de référence

1.3.1 Documents d'archives

Les documents d'archives sont annexés au présent dossier :

- Rapport des sondages de reconnaissance structurelle réalisés par le BET Clair'équaux, datant du 12/05/2023
- Rapport des sondages de reconnaissance structurelle et d'analyse métallographique, réalisés par le BET Rincent BTP, datant du 20/03/2025

1.3.2 Documents propre à l'opération

Les documents d'études sont annexés au présent dossier :

- Notice projet architecte
- Notice d'état des lieux et sanitaire
- Plans architecte
- Notice CVC
- Notice électricité
- Notice EP
- Notice thermique
- Notice économie circulaire

1.3.3 Normes et recommandations

Eurocodes

- NF EN 1990 - Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures
- NF EN 1991-1-1 - Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : actions générales - poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments
- NF EN 1991-3 - Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : actions générales - charges de neige
- NF EN 1991-4 - Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : actions générales - actions du vent
- NF EN 1992-1-1 - Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments
- NF EN 1993-1-1 - Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments
- NF EN 1993-1-8 - Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-8 : calcul des assemblages
- NF EN 1995-1-1 - Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : généralités - règles communes et règles pour les bâtiments
- NF EN 1996-1-1 - Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 1-1 : règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée
- NF EN 1996-2 - Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries

1.4 Description du bâtiment

1.4.1 Principes structurels

Il a été relevé durant les différentes campagnes de sondages les principes structurels suivants.

Porteurs verticaux :

- Les façades sur rue sont en pierre de taille
- Le niveau de fondation est en maçonnerie de briques
- Les façades sur cour sont réalisées en pan de fer (murs constitués d'une ossature en poutrelles métalliques et d'un remplissage en maçonnerie de brique)
- Les refends porteurs sont principalement en maçonnerie de briques
- Des colonnes en fonte sont présentes, notamment en RDC
- Des piliers en brique (avec enduit stuc) sont présents en RDC

Planchers :

- Le plancher bas RDC (y compris celui de la cour) est constitué de poutrelles métalliques IAO et voutains brique (ou entrevous terre cuite pour le local en fond de cour)
- Les planchers d'étage sont des planchers métalliques (solives en poutrelles IAO, fentons et entretoises métalliques) avec remplissage plâtre.

Cloisons :

- Des cloisons semi-porteuses en maçonnerie ont été repérées dans l'immeuble, par exemple en RDC dans le sas d'entrée de l'immeuble. Ces cloisons, plus minces qu'un mur de refend, ne sont pas censées initialement reprendre des charges verticales, mais du fait des reports de charges inévitables sur un bâtiment ancien, peuvent à l'heure actuelle participer à la reprise des charges.
- Une grande partie des cloisons peut être considérée comme des cloisons légères non porteuses

1.5 Notes de calcul en phase de projet / Notes de calcul EXE

Les résultats des études calculatoire réalisées par la maîtrise d'œuvre dans le cadre de la mission d'avant-projet en amont des travaux ne peuvent pas être réutilisés par les entreprises en tant qu'études d'exécution. Les entreprises doivent réaliser leurs propres notes de calcul dans le cadre d'une mission d'exécution. Ces notes de calcul EXE ne doivent pas faire référence aux résultats ou dimensions des éléments tirées des notes de calcul du projet : ces notes de calcul EXE doivent être complètes et se suffire à elles-mêmes.

2 HYPOTHESES SPECIFIQUES A L'OUVRAGE

2.1 Cadre réglementaire

2.1.1 Hypothèses générales Eurocode

Catégorie de durée d'utilisation	4 – 50ans
Classe de conséquence	CC2
Classe d'exécution	2
Classe structurale	S4
Classe d'exposition	<i>Se référer au paragraphe 2.3.2</i>
Catégorie géotechnique	-
Catégorie d'importance	IV

2.1.2 Caractéristique du site

Altitude	32 m
Zone de gel	Faible ou modéré
Zone de neige	A1
Zone de vent	2
Zone sismique	1- Très faible

2.1.3 Sécurité incendie

Catégorie du bâtiment assujetti au code du travail

Nombre de niveaux	R+6 avec sous-sol
Hauteur du dernier plancher	21 m

Réglementation applicable

- Planchers : REI 60
- Eléments porteurs verticaux : REI 60
- Parois entre locaux et dégagements : EI 60
- Parois entre locaux sans risque particulier : EI 30
- Parois entre locaux à risque particulier : EI 30
- Parois de cage d'escalier : EI 60

2.1.4 Géotechnique

Les interventions décrites dans ce projet ne modifiant pas la descente de charge (ou la modifiant très à la marge, moins de 1%), et l'édifice n'étant pas affecté par des désordres d'origine géotechnique, il n'est pas nécessaire de réaliser d'étude géotechnique pour ce projet.

2.2 Actions

2.2.1 Hypothèses concernant les charges

Les charges à prendre en compte résultent de l'application des différentes parties de l'Eurocode 1 et des Annexes Nationales françaises correspondantes :

- NF EN 1991-1-1 : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments,
- NF EN 1991-1-3 : Eurocode 1 - Bases de calcul et actions sur les structures et Document d'Application Nationale - Partie 1-3 : actions générales - Charges de neige,
- NF EN 1991-1-4 Eurocode 1 : Actions sur les structures - Partie 1-4 : actions générales - Actions du vent.

2.2.2 Charges permanentes

Planchers intérieurs RDC existants - hypothèse pour information (400 kg/m²)

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| - Revêtement de sol et chape | 140 kg/m ² |
| - Remplissage gravât-sable-mâchefer | 170 kg/m ² |
| - Voutains brique creuse 100 mm | 60 kg/m ² |
| - Solivage IAO 160 | 20 kg/m ² |
| - Divers | 10 kg/m ² |

Plancher collaborant métallique sur cour – projet (500 kg/m²)

- | | |
|--|-----------------------|
| - Revêtement de sol 20 mm | 40 kg/m ² |
| - Chape de pose et nappe drainante 60 mm | 85 kg/m ² |
| - Isolant et étanchéité 100mm | 10 kg/m ² |
| - Dalle béton armé 100 mm | 250 kg/m ² |
| - Voutains brique creuse 160 mm | 85 kg/m ² |
| - Solivage IAO 160 | 20 kg/m ² |
| - Divers | 10 kg/m ² |

Planchers d'étages courants – existants - hypothèse pour information (250 kg/m²)

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| - Revêtements de sol | 50 kg/m ² |
| - Plâtras de remplissage | 150 kg/m ² |
| - Entretoises et fentons métalliques | 20 kg/m ² |
| - Solivage IAO 160 | 20 kg/m ² |
| - Divers | 10 kg/m ² |

Matériaux constituant les murs

- | | |
|---|------------------------|
| - Pierre calcaire tendre type fine de Saint-Maximin | 1700 kg/m ³ |
| - Pierre calcaire dure type liais de Saint-Maximin | 2100 kg/m ³ |
| - Maçonnerie de brique pleine | 2000 kg/m ³ |
| - Acier et fer d'ossature métallique | 7850 kg/m ³ |

2.2.3 Surcharge d'exploitation

Les valeurs de surcharges minimales, appliquées au projet, sont les suivantes :

- | | |
|---|----------------------|
| - Catégorie A – Balcons | 350kg/m ² |
| - Catégorie B – Planchers de bureaux | 250kg/m ² |
| - Catégorie C5 – Espaces susceptibles d'accueillir des foules, terrasses, aires d'accès | 500kg/m ² |

2.2.4 Charges climatiques

Vent :

- Valeur de base de la vitesse de référence du vent : $V_{b,0} = 24,0 \text{ m/s}$.
- Rugosité : V – milieu urbain

Neige

- Région : A1
- Valeur caractéristique : $S_k = 45 \text{ kg/m}^2$

2.2.5 Sismicité (Eurocode 8)

Séisme : zone de sismicité 1 (très faible) selon nouvelle carte nationale des aléas sismique (Eurocode 8) : il n'est pas nécessaire de respecter dans ce cas les dispositions prévues par l'Eurocode 8 : NF EN 1998-1.

2.2.6 Actions thermiques

Les actions thermiques ont été négligées dans la conception des structures.

2.2.7 Action accidentelles

L'ensemble de la superstructure est REI 60.

Les stabilités et degrés coupe-feu des ouvrages métalliques seront obtenus par disposition constructives, flocage ou doublages plâtre.

2.3 Caractéristiques des matériaux

2.3.1 Maçonnerie

Maçonnerie de brique

En l'absence d'essais de résistance réalisés sur les ouvrages en maçonnerie ancienne de brique pleine, à joints épais, les hypothèses suivantes sont prises pour la vérification des ouvrages maçonnés existants, en application de l'Eurocode 6 NF EN 1996-1-1 :

- | | |
|--|------------------------|
| - Masse volumique retenue pour la maçonnerie | 2000 kg/m ³ |
| - Résistance caractéristique à la compression des éléments | 5 MPa |
| - Résistance moyenne à la compression du mortier | 3 MPa |
| - Résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie | 1,5 MPa |

Les autres valeurs nécessaires pour le dimensionnement d'éléments de structure seront calculées en application de l'Eurocode 6 NF EN 1996-1-1.

Maçonnerie de pierre de taille

En l'absence d'essais de résistance réalisés sur les ouvrages en maçonnerie ancienne en pierre de taille, les hypothèses suivantes sont prises pour la vérification des ouvrages maçonnés existants, en application de l'Eurocode 6 NF EN 1996-1-1 :

a. Pierre calcaire dure type liais de Saint Maximin (soubassements, balcons)

- | | |
|--|------------------------|
| - Masse volumique retenue | 2100 kg/m ³ |
| - Résistance caractéristique à la compression des éléments | 40 MPa |
| - Résistance moyenne à la compression du mortier | 3,5 MPa |
| - Résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie | 6,9 MPa |

b. Pierre calcaire tendre type fine de Saint Maximin (élévations)

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| - Masse volumique retenue | 1700 kg/m ³ |
|---------------------------|------------------------|

- Résistance caractéristique à la compression des éléments 5 MPa
- Résistance moyenne à la compression du mortier 2 MPa
- Résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie 1,4 MPa

Les autres valeurs nécessaires pour le dimensionnement d'éléments de structure seront calculées en application de l'Eurocode 6 NF EN 1996-1-1.

2.3.2 Bétons et armatures

Classe d'environnement

Les classes d'exposition à retenir selon la norme NF EN 206-1 (avril 2004) sont les suivantes :

- Ouvrage intérieur : XC1
- Ouvrage béton extérieur (dalle de la cour sur sous-sol) : XC3– Humide modéré

La classe de béton de résistance C25/30 convient aux classes XC1 et XC2.

Enrobage retenu

Classe d'exposition	Enrobage nominal	Enrobage d'exécution
XC1	15	20
XC3	25	30

Armatures

- Acier haute adhérence : Fe E500
- Treillis soudés : Fe E500

Les aciers mis en oeuvre seront de classe A,B ou C.

2.3.3 Fer et acier pour profilés métalliques

Profilés existants

Des analyses (jointes à cette notice) ont été réalisées sur les profilés métalliques composant les planchers et l'ossature de la façade sur cour. Pour toute vérification effectuée sur les profilés métalliques existants, on retiendra les caractéristiques suivantes :

- Matériau Fer puddlé
- Résistance à la traction 380 MPa
- Limite élastique à 0,2% d'allongement 265 MPa
- Module d'Young 190 MPa

Profilés apportés

Les calculs des profilés métalliques ont été effectués en application de l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1 – « Calcul des structures en acier »). Il a été considéré un acier de classe S235. Les profilés métalliques apportés devront présenter au minimum cette classe de résistance.

Protection

Les aciers employés en extérieur devront être traités avec un produit anti-corrosion.

2.3.4 Inox pour broches et platines

Les broches, platines et éléments de renforcement des maçonneries en pierre de taille devront être réalisés en inox austénitique A2.

2.3.5 Critères de service

Éléments de gros-œuvre

a. Déformations

Conformément à la norme NF EN 1992-1-1, l'état limite de déformation sera vérifié en limitant le rapport portée/flèche aux valeurs définies dans le tableau 7.4N de l'Eurocode 2.

Dans l'hypothèse où ce critère n'est pas applicable, la flèche fluée/fissurée sous combinaison quasi-permanente sera calculée et limitée aux valeurs spécifiées dans le tableau qui suit. On se référera au fascicule de documentation « Guide d'application des normes NF EN 1992 » pour le détail du calcul conventionnel.

Flèche totale	L/250
Incrément de flèche après pose des éléments de second œuvre	L/500

b. Fissuration

Les ouvertures de fissure limites sont spécifiées sous combinaison quasi-permanente.

	$W_{inst}(Q)$
X0, XC1	0,40 mm
XC2, XC3, XC4	0,30 mm

3 SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

3.1 Sondages structurels

3.1.1 Résumé des sondages effectués

Rincet BTP a été missionné par la maîtrise d'ouvrage pour la réalisation de sondages structurels sur demande de la maîtrise d'œuvre. Les sondages réalisés portent :

- Sur la structure de la dalle de la cour
- Sur la structure de la façade de la cour
- Sur la structure du plancher bas rez-de-chaussée
- Sur la structure en plancher haut d'étage courant à proximité des balcons,
- Sur les balcons
- Sur l'analyse laboratoire et essais mécaniques portant sur le matériau des poutrelles du plancher bas de la cour, du RDC et de la façade sur cour.

Les sondages ont été réalisés la semaine du 10 au 14 février 2025.

Malgré les préconisations décrites dans le cahier des charges établi par BMI, les sondages ont été rebouchés avant notre venue et nous n'avons pas été en mesure de faire nous même les relevés. Toutes nos hypothèses ont été faites sur la base du rapport qui a été transmis par l'entreprise (cf. Annexe).

3.1.2 Sondages sur les balcons

Les sondages ont cherché à mettre au jour la position exacte des joints entre les dalles de balcons.

Les relevés de sondages sont reproduits dans les figures ci-après, nous prendrons les valeurs relevées dans ces figures pour le prédimensionnement des renforcements à mettre en œuvre.



Figure 3 – Repérage des joints entre dalles de balcons sur les façades Nord et Ouest. Rapport Rincet BTP.

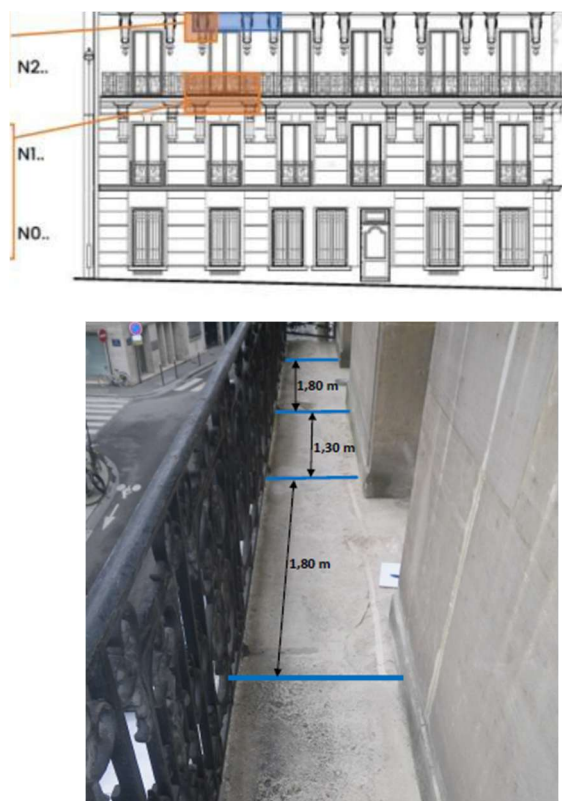


Figure 4 – Repérage des joints entre dalles de balcons sur les façades Nord et Ouest. Rapport Rincent BTP

3.1.3 Sondages en plancher haut d'étage courant à proximité des balcons

Le sondage en plancher haut d'étage courant a permis d'identifier la structure des planchers : planchers métalliques avec entretoises et fentons, remplissage en plâtre et gravats.



Figure 5 – Repérage des éléments structurels à l'about des poutres métalliques du plancher haut R+2. Rapport Rincent BTP.

À partir du relevé de sondages réalisé par l'entreprise, nous avons pu établir ces coupes schématiques concernant les relations structurelles entre planchers d'étages, mur de façade et balcons.



Figure 6 – Repérage des coupes sur balcon

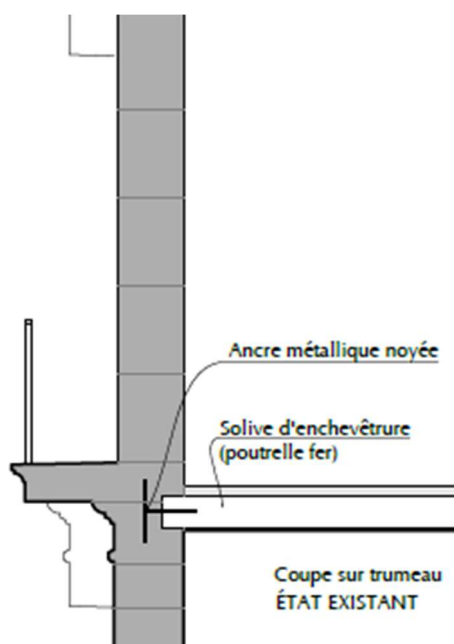


Figure 7 – Coupe schématique sur un balcon (hypothèse faite à partir des relevés de sondages)

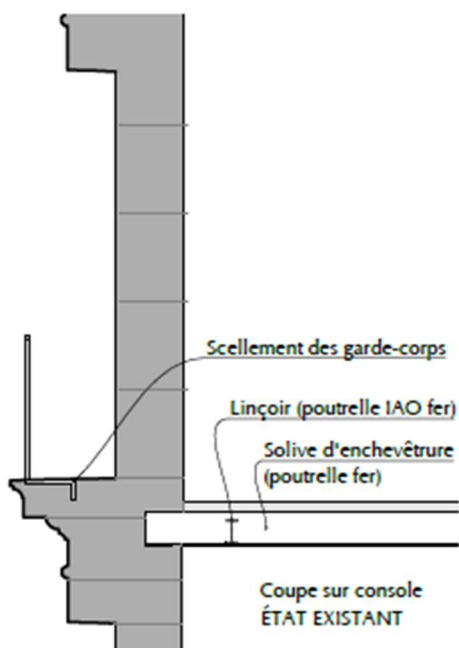


Figure 8 – Coupe schématique sur un balcon (hypothèse faite à partir des relevés de sondages)

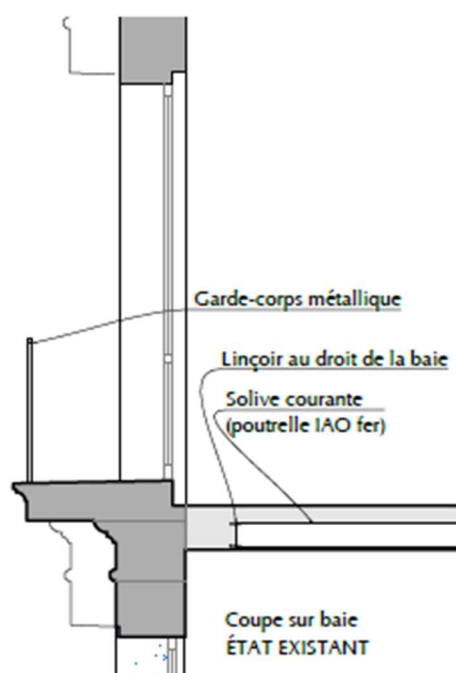


Figure 9 – Coupe schématique sur un balcon (hypothèse faite à partir des relevés de sondages)

3.1.4 Sondages en plancher bas rez-de-chaussée

Deux sondages ont été positionnés au niveau des deux sorties de secours projetées, afin d'identifier les épaisseurs des complexes de planchers existants.

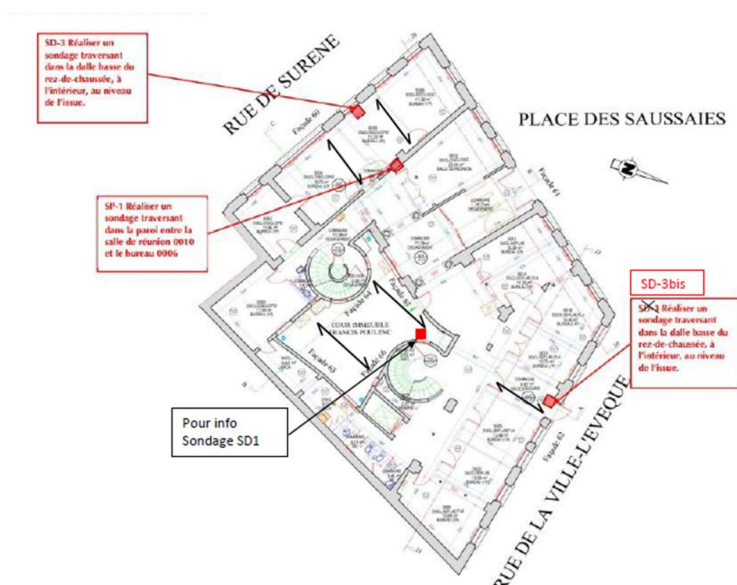


Figure 10 – Repérage des sondages sur plancher bas RDC. Rapport Rincet BTP

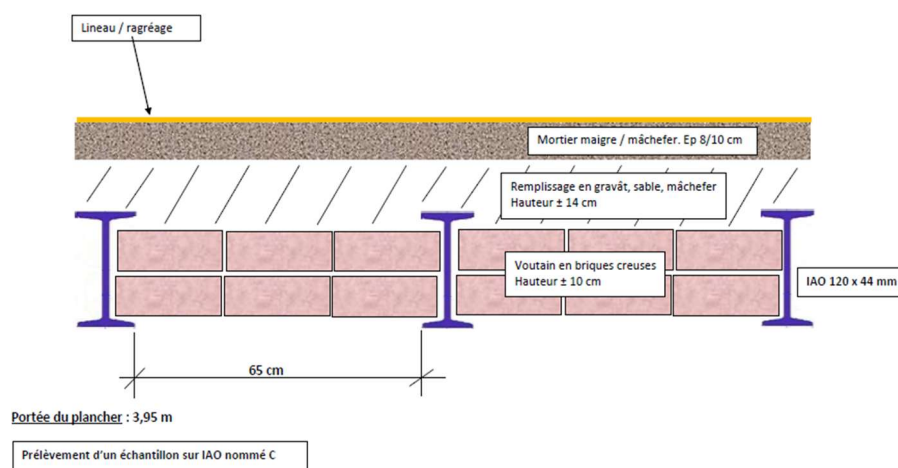


Figure 11 – Relevé du plancher bas RDC au sondage SD3, au niveau de la sortie de secours à créer sur la façade Sud. Rapport Rincet BTP

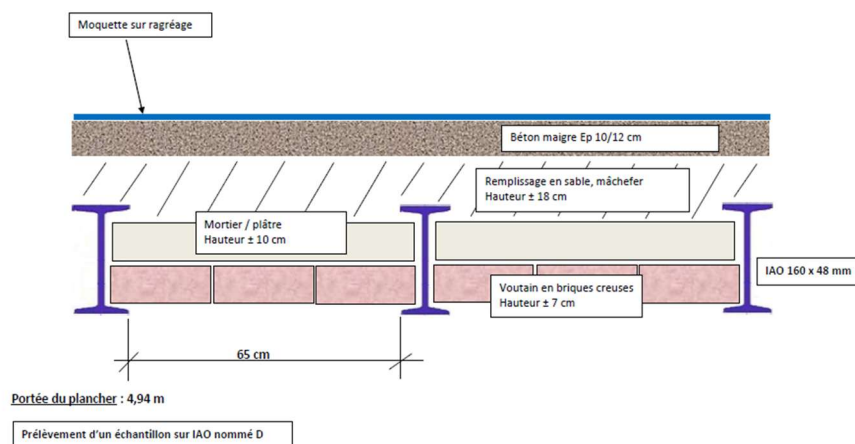


Figure 12 – Relevé du plancher bas RDC au sondage SD3 bis, au niveau de la sortie de secours existante sur la façade Nord. Rapport Rincenc BTP

3.1.5 Sondages sur la dalle de la cour

Un sondage a été positionné sur la dalle de la cour afin de déterminer l'épaisseur et la composition de cette dalle.

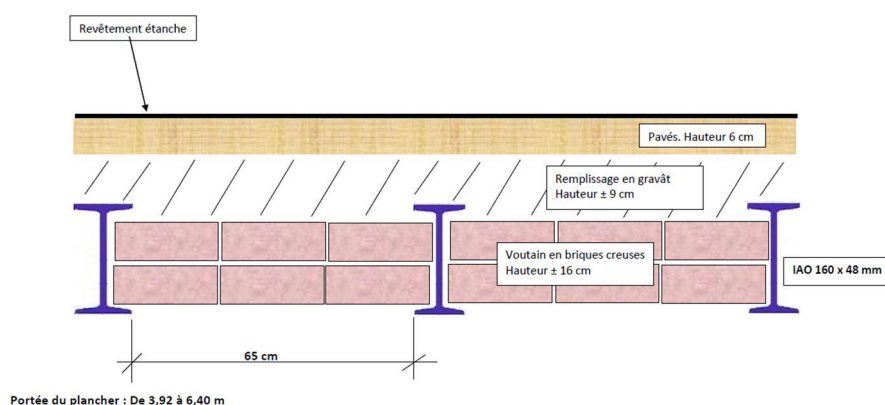


Figure 13 – Relevé du plancher bas de la cour au sondage SD1. Rapport Rincenc BTP

3.1.6 Sondages sur la façade de la cour

Plusieurs sondages ont été réalisés sur la façade de la cour afin de préciser les hypothèses de restauration du pan de fer. Ces sondages ont été réalisés :

- Au niveau de la sablière basse du RDC
- Au niveau de la sablière basse du R+1
- Au niveau de la sablière basse du R+6

L'objectif est notamment d'examiner le niveau de corrosion des éléments en fonction de la position sur la façade afin de quantifier de façon plus précise l'intervention de restauration.

Les sondages effectués donnent les résultats suivants :



Figure 14 – Photographie du sondage sur la sablière basse RDC. Corrosion importante, perte de section, perforation de l'âme. Photo Rincent BTP.



Figure 15 – Photographie du sondage sur la sablière basse R+1. Corrosion importante, perte de section limitée. Photo Rincent BTP.



Figure 16 – Photographie du sondage sur la sablière basse R+1. Corrosion sans perte de section. Photo Rincet BTP.

Le niveau de dégradation de l'ossature de la façade peut être évalué ainsi :

- Sablière basse du RDC : Dégradation très importante, élément à remplacer à 100 %
- Ossature du RDC et 1er étage : dégradation importante, 20 % d'éléments à remplacer, 20% d'éléments à renforcer, 100% des assemblages à reprendre
- Ossature du 1er au 6ème étage : dégradation importante, 5% d'éléments à remplacer, 5% d'éléments à renforcer, 25% des assemblages à reprendre

3.2 Analyses de matériaux

3.2.1 Résumé des analyses effectuées

Dans le cadre de la définition d'une méthodologie de renforcement et pour disposer d'informations plus complètes sur le matériau métallique employé pour la dalle de la cour et l'ossature des façades en pan de fer, des prélèvements pour analyses ont été réalisés :

- Sur une poutrelle de la façade sur cour
- Sur une poutrelle de la dalle de la cour
- Sur plusieurs poutrelles du plancher bas rez-de-chaussée

Sur ces prélèvements, les essais et analyses suivants ont été effectués :

- Analyse chimique,
- Analyse métallographique,
- Essai de traction.

Ces essais permettent de caractériser le métal employé, d'évaluer sa soudabilité et ses caractéristiques mécaniques.

3.2.2 Analyses chimiques et métallographiques

Les analyses chimiques et métallographiques concluent sur un matériau en **fer puddlé**, caractérisé par une structure ferritique et de nombreuses inclusions de grande taille et disposées parallèlement au sens de laminage.

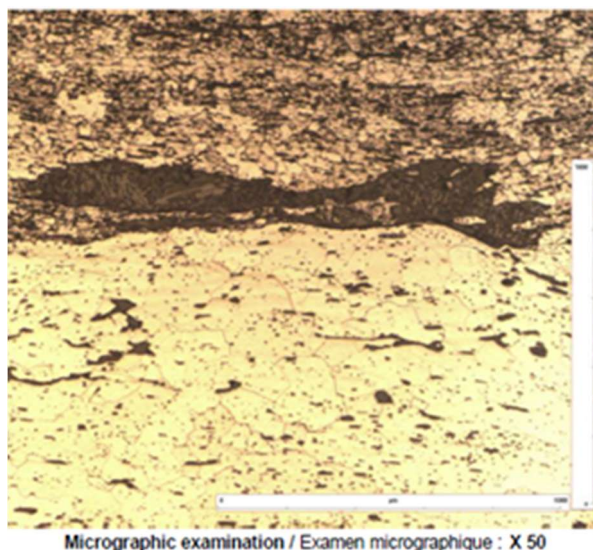


Figure 17 – Examen micrographique d'un échantillon de poutelle métallique, observé au microscope optique après attaque au Nital. Rapport Rincent BTP

Ce matériau a une soudabilité médiocre : bien que le taux de carbone bas permettrait la soudure sur le plan chimique, la présence de nombreuses inclusions entraîne un risque de délamination lors des opérations de soudage, nécessitant de prendre des précautions opératoires.

Par conséquent, nous prévoyons de favoriser les renforcements de structure métallique n'employant pas de technique de soudage.

3.2.3 Essais de traction

Les essais de traction permettent d'évaluer la résistance à la traction, la limite d'élasticité et le module d'Young du matériau étudié, afin de disposer de ces caractéristiques dans le calcul des renforcements à mettre en œuvre.

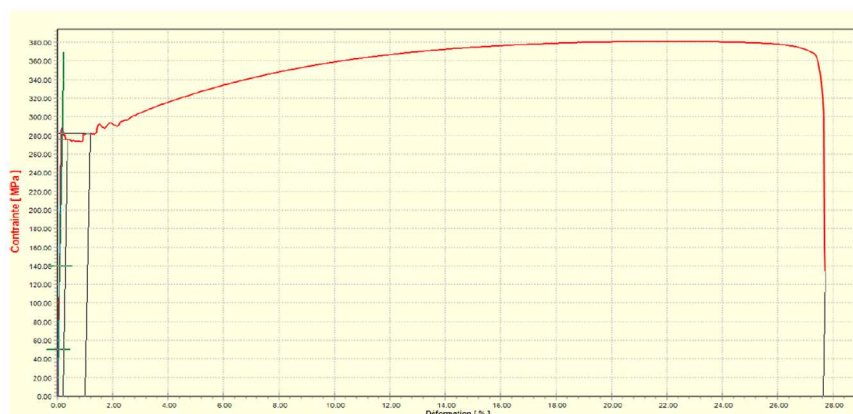


Figure 18 – Courbe d'essai de traction effectué sur l'échantillon prélevé sur une poutelle de la dalle de la cour.
Rapport Rincent BTP

Echantillon	Localisation	Résistance à la traction Ts- Rm (MPa)	Limite conventionnelle d'élasticité Ys - Rp 0,2% (MPa)	Elongation à la rupture (%)	Module d'Young tangent E (Gpa) (note : incertitude souvent importante)
A	Façade escalier sur cour. Prélèvement sur montant IAO	444 MPa	269 MPa	25%	108 GPa
B	PH R-1 sur IAO about dalle cour	381 MPa	276 MPa	26%	171 GPa
C	PH R-1 sur IAO issue de secours Ouest	402 MPa	350 MPa	4%	198 GPa
D	PH R-1 sur IAO issue de secours Est	427 MPa	303 MPa	20%	248 GPa
E	PH R+2 Platine calage about de poutre	281 MPa		3%	216 GPa

Figure 19 – Synthèse des résultats d'essais de traction sur les 5 éprouvettes prélevées. Rapport Rincent BTP

Mis à part l'échantillon E, les valeurs de résistance à la traction s'échelonnent de **381 à 444 MPa**, et se situent dans la gamme haute de valeurs de résistance des fers puddlés qui s'étend habituellement de 320 à 400 MPa.

Mis à part l'échantillon E, les valeurs de limite élastique à 0,2% d'extension s'échelonnent de **269 à 350 MPa**, et se situent dans la gamme haute de valeurs de limite élastique des fers puddlés qui s'étend habituellement de 250 à 340 MPa.

Mis à part l'échantillon E, les valeurs de d'allongement à la rupture s'échelonnent de **4% à 26%**, et se situent dans la gamme de valeurs d'allongement à la rupture des fers puddlés qui s'étend habituellement de 5% à 30%.

Les valeurs de module d'Young présentent une dispersion assez importante autour d'une valeur moyenne d'environ **190 GPa** : cela est probablement dû à une incertitude assez importante sur cette mesure.

L'échantillon E n'a pas été prélevé sur une poutre mais sur une platine de calage. Ainsi, il est probable que l'essai n'ait pas été réalisé dans le sens de laminage de la tôle ayant servi à fabriquer cette platine, mettant en évidence l'anisotropie des propriétés mécanique du fer puddlé.

Ainsi, dans le cadre du dimensionnement des renforcements de la dalle et des éléments d'ossature métallique, nous considérerons les caractéristiques suivantes :

- Résistance à la traction : **$f_u = 380 \text{ MPa}$**
- Limite élastique à 0,2% : **$f_y = 265 \text{ MPa}$**
- Module d'Young : **$E = 190 \text{ MPa}$**
- Coefficient partiel de sécurité sur les caractéristiques du matériau **$\gamma_M = 1,1$**

4 PRECONISATIONS

4.1 Confortement des balcons

Pour rappel, les balcons présentent les désordres suivants :

- Fissures horizontales des dalles de balcon au droit des ancrages de garde-corps ;
- Fissures subverticales sur les trumeaux, dont fissures rebouchées ;
- Dégradation de la couche de mortier/résine d'étanchéité ;
- Dégradation des éléments de décor sculpté (corniches, consoles) ;
- Chute d'éléments / filets de protection.

Le renforcement structurel des balcons dégradés consiste en deux types d'intervention :

- Ancrage par broches inox A2 scellées de la partie arrière des balcons donnant sur une baie ;
- Renforcement par broches inox A2 scellées des trumeaux fissurés ;

Une fois les balcons dégradés renforcés, les interventions suivantes pourront être effectuées sur l'ensemble du linéaire de balcons :

- Révision et reprise des scellements de garde-corps ;
- Étanchéité des balcons par couverture en tables de plomb.

4.1.1 Ancrage par broches de la partie arrière des balcons

Il s'agit de percer verticalement les parties des dalles de balcon qui se trouvent dans les baies, et d'y positionner des broches scellées liée à une barre horizontale engravée dans le balcon. Ainsi, les broches ancrent l'arrière de la dalle du balcon, ce qui répartit le moment d'anti-basculement sur toute la dalle et non plus sur ses seules extrémités. Lors de la fixation de ces broches, on limitera la longueur de percement à 50 cm afin de ne pas impacter la plate-bande.

A cet effet on emploiera par balcon à renforcer, sur chaque baie de largeur 1,20 m :

- 6 tiges filetées M10 inox longueur 50 cm
- 6 platines inox 50x50x5mm
- 1 carré inox 20x20mm longueur 110 cm

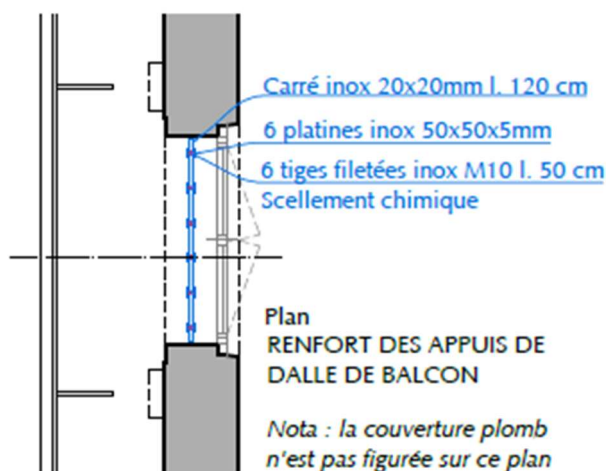


Figure 20 – Coupe d'un balcon, mise en évidence du renforcement des appuis de dalle.

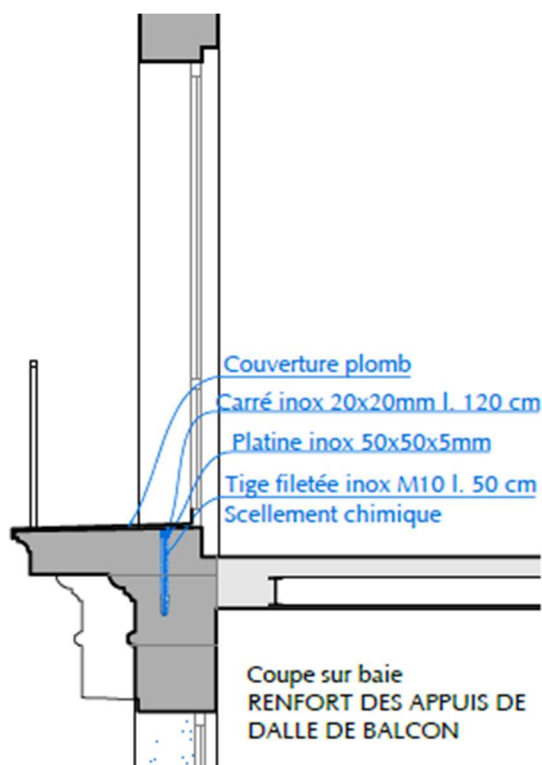


Figure 21 – Plan d'un balcon, mise en évidence du renforcement des appuis de dalle.

4.1.2 Renforcement par broches des trumeaux

Le renforcement des trumeaux se fait par des broches en inox, scellées à la résine époxydique ou au mortier pour renforcer les pierres fissurées. Le brochage a pour objectif de renforcer localement la résistance au cisaillement de la pierre.

A cet effet on emploiera par demi-trumeau (i.e. par tableau) à renforcer :

- 4 broches inox diamètre 6mm longueur 40 cm.

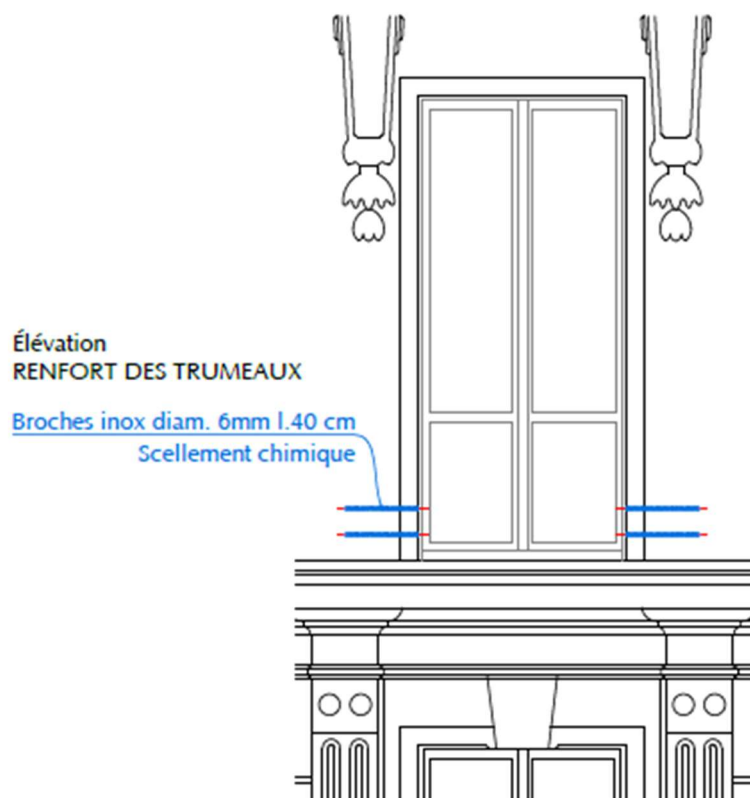


Figure 22 – Elévation d'un balcon, mise en évidence du renforcement des trumeaux.

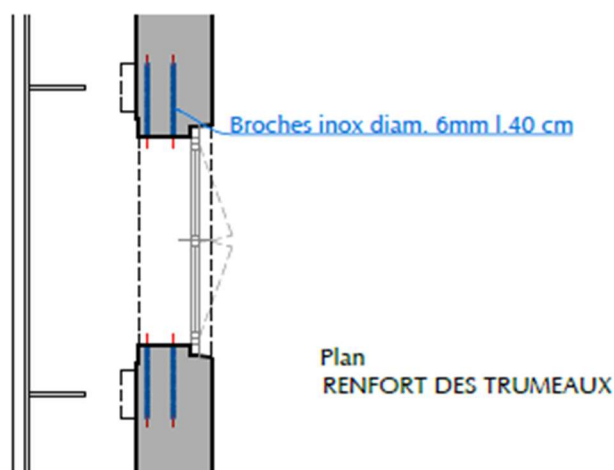


Figure 23 – Elévation d'un balcon, mise en évidence du renforcement des trumeaux.

4.2 Préconisations concernant la dalle de la cour

4.2.1 Renforcement par dalle béton collaborante

Selon les hypothèses actuelles, la capacité portante de la dalle de la cour est de **150 kg/m²** (charges d'exploitation). Afin de disposer d'une capacité portante supérieure (500 kg/m), le projet prévoit le renforcement par une dalle béton collaborante, selon les schémas de principe ci-dessous.

Cette dalle est réalisée en suivant les étapes suivantes :

- Etalement de la dalle existante
- Purge du revêtement de sol et du remplissage jusqu'au nu supérieur des poutrelles métalliques
- Brossage et passivation des poutrelles
- Clouage de connecteurs à ergots sur l'aile supérieure des poutrelles
- Mise en place d'une armature en treillis soudé
- Coulage d'une dalle béton armée 10 cm,
- Réalisation de l'isolation, de l'étanchéité, du revêtement de sol.

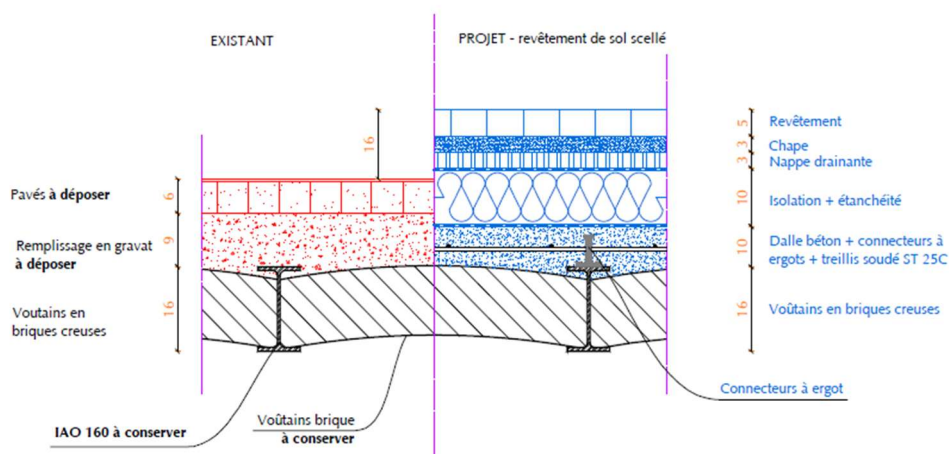


Figure 24 – Schéma de principe du renforcement structurel et des modifications de la dalle de la cour.

4.3 Restauration de la façade de la cour

4.3.1 Remarques sur l'état de l'ossature métallique

Les analyses métallographiques ayant mis en évidence un métal difficilement soudable (fer puddlé), le projet prévoit de mettre en œuvre des renforcements par éléments boulonnés. Cela rend possible des assemblages entre pièces existantes et pièces rapportées dans la mesure où les assemblages entre les pièces existantes sont principalement des assemblages rivetés ou boulonnés.

La dégradation du métal n'est pas homogène sur l'ensemble de la structure : les sondages ont constaté :

- Une corrosion importante avec éléments désassemblés, perforations, feuilletage et pertes de section en partie basse (RDC à R+1) ;
- Une corrosion sans perte de section, feuilletage et perforation en partie haute (R+2 à R+6).

Cela peut se constater sur les photographies de sondages ci-dessous.



Figure 25 – Sondages sur la sablière basse RDC de l'escalier Nord. Corrosion avec perte de section, feuilletage, perforation de l'âme. Photographie Rincent BTP.



Figure 26 – Sondages sur la sablière basse R+1 de l'escalier Nord. Corrosion avec perte de section et feuilletage. Photographie Rincent BTP.



Figure 27 – Sondages sur la sablière basse en R+6 de l'escalier Nord. Corrosion sans perte de section.
Photographie Rincet BTP.

4.3.2 Confortement du pan de fer

L'intervention sur la façade sur cour se décompose de la façon suivante :

- Purge complète de l'enduit ciment,
- Brossage ou sablage de l'ossature métallique
- Renforcement de l'ossature, en fonction de la perte de section constatée (voir distinction des zones et méthodologie ci-dessous),
- Traitement de l'ossature métallique vis-à-vis de la corrosion (passivation ou autre procédé)
- Relancis, reprises du remplissage en briques,
- Application d'un enduit présentant des caractéristiques d'étanchéité et d'isolation thermique améliorées par rapport à l'existant.

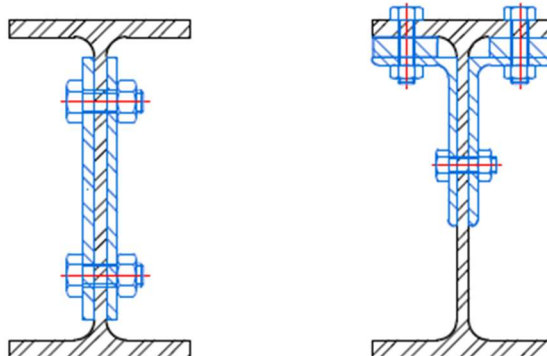


Figure 28 – Exemple de renforcements par plats et cornières métalliques boulonnées

Distinction des zones d'intervention structurelle

Le renforcement de l'ossature métallique pourra comporter les interventions suivantes en fonction de la zone concernée :

- Dépose complète et remplacement de la sablière basse ;

- Intervention de confortement lourd sur les niveaux RDC et R+1 (remplacement d'éléments, renforcement d'éléments, renforcement d'assemblages) ;
- Intervention de confortement léger sur les niveaux R+2 à R+6 (remplacements et renforcements ponctuels, principalement d'assemblages).

Les tableaux ci-dessous précisent le contenu des interventions.

Caractéristiques retenues de la façade	
IAO 120	4 ml/m ²
Assemblages boulonnés	1 u/m ²

a. Intervention sur la sablière basse - Concerne tout le linéaire de la façade sur cour		
Remplacement 2 IAO 120 par 2 IPN 120	100%	
Réfection d'assemblages	2	u/ml

b. Intervention de confortement lourd - Concerne la surface comprise entre les altimétries 33,00 et 39,71		
Intervention	Taux de remplacement	Quantitatif
Remplacement IAO 120 par IPN 120	25%	1 ml/m ²
Renforcement âme par 2 plats métalliques 100x4mm	25%	1 ml/m ²
Réfection d'assemblages	100%	1 u/m ²

c. Intervention de confortement léger - Concerne la surface comprise entre les altimétries 39,71 et 56,92		
Intervention	Taux de remplacement	Quantitatif
Remplacement IAO 120 par IPN 120	15%	0,6 ml/m ²
Renforcement âme par 2 plats métalliques 100x4mm	15%	0,6 ml/m ²
Réfection d'assemblages	25%	0,25 u/m ²

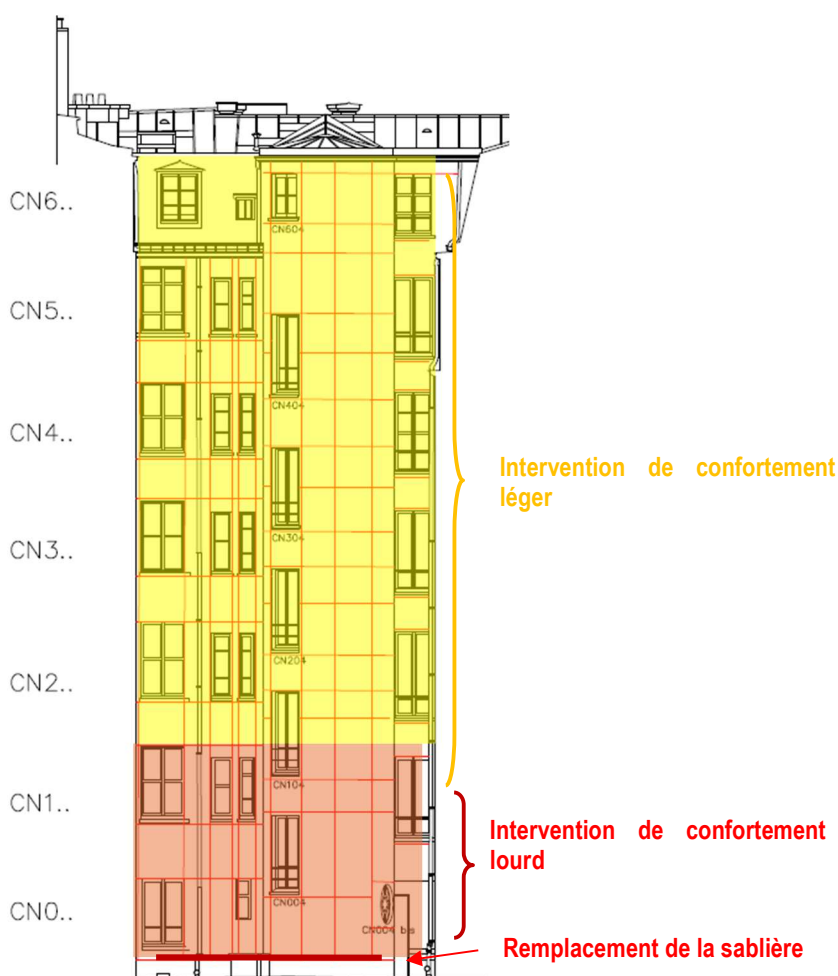


Figure 29 – Zonage de l'intervention de confortement du pan de fer. Mise en évidence de l'ossature métallique (localisations approximatives).

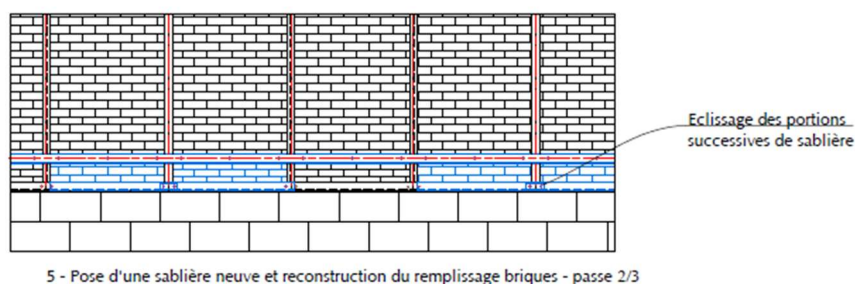
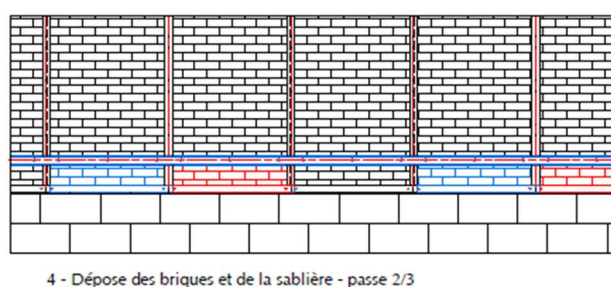
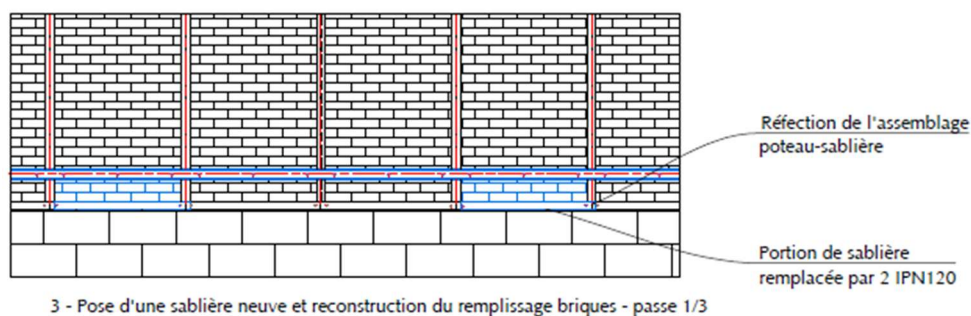
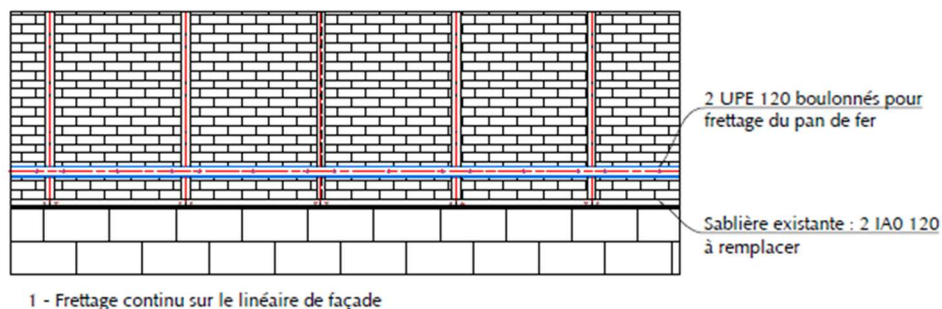
Méthodologie des interventions structurelles

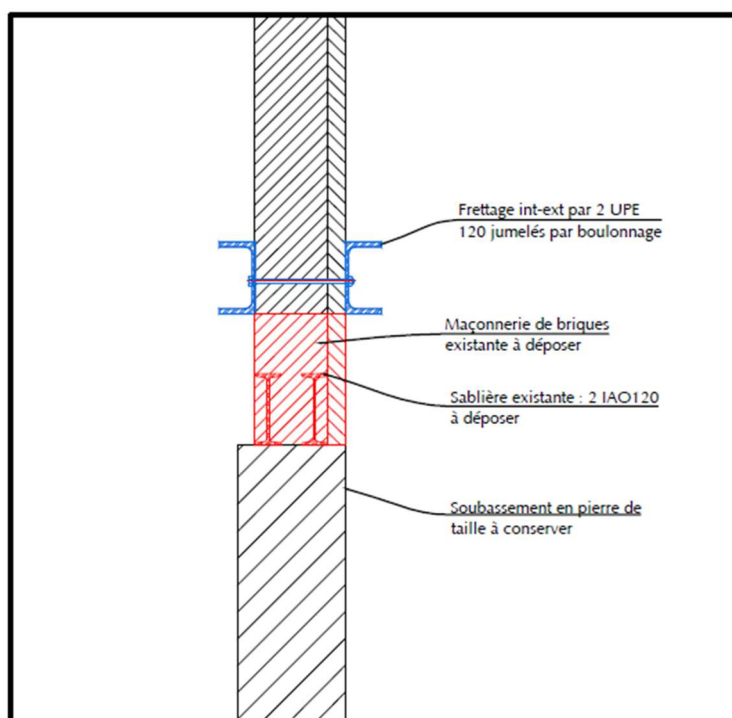
Pour le remplacement en sous-œuvre de la sablière basse :

- L'intervention doit être réalisée par passes, une passe correspondant au remplacement de la sablière sur le linéaire d'un pan (soit 1m à 1,50m)
- Le calepinage des passes doit être prévu pour laisser 2 pans intacts entre chaque pan concerné par une intervention
- L'illustration ci-dessous décrit l'intervention par passes à mettre en œuvre.

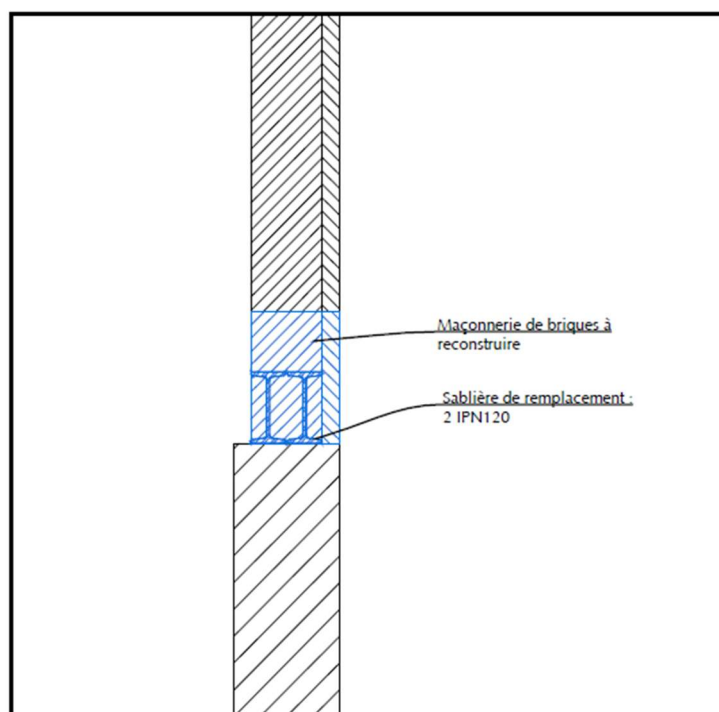
Pour les remplacements d'éléments horizontaux du pan de fer, une méthodologie semblable devra être mise en œuvre, en limitant la zone étayée par frettage aux pans voisins de l'élément impacté.

Pour le remplacement d'éléments verticaux, des contre-poteaux réalisés également par frettage devront être mis en œuvre de part et d'autre du montant remplacé.





Coupe sur sablière basse - DEMOLITION



Coupe sur sablière basse - PROJET (hors enduit)

Figure 30 – Méthodologie de remplacement de la sablière basse

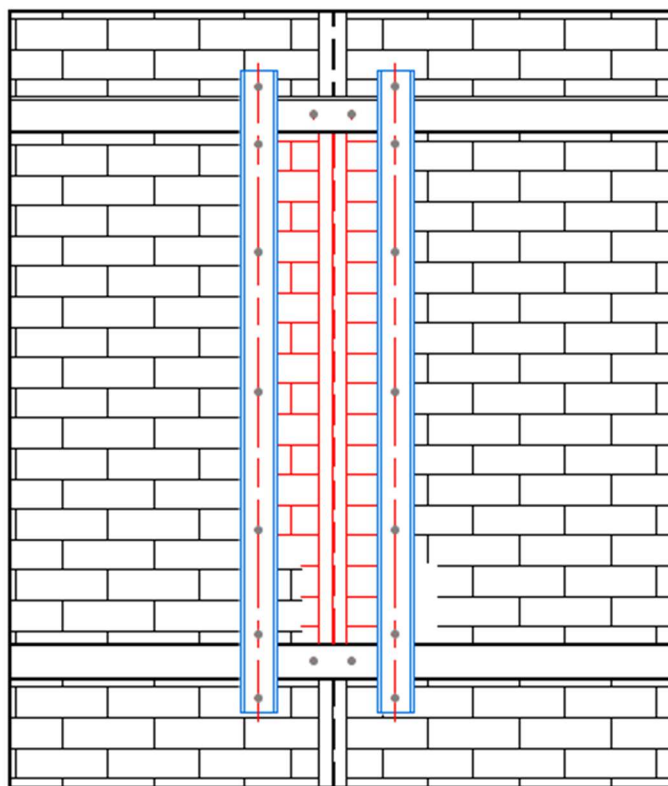


Figure 31 – Méthodologie de remplacement d'une portion de poteau métallique

4.3.3 Protection de l'ossature métallique

Le revêtement de la façade devra présenter des propriétés d'étanchéité aux eaux de ruissellement afin d'éviter absolument l'exposition de la structure métallique aux infiltrations d'eau.

Les propriétés hygrométriques du complexe d'isolation mis en œuvre sur la façade de la cour devront être étudiées afin d'éviter la condensation (phénomène de point de rosée) au niveau des poutrelles métalliques.

4.3.4 Ouverture ou modification de baies sur cour

L'ouverture ou la modification de baies devra suivre les possibilités données par la structure du pan de fer. Il faut notamment prévoir d'ajouter ou de déplacer des montants ou des traverses selon le nouveau calepinage de baies afin que chaque baie soit encadrée par des éléments d'ossature.

Cela concerne :

- Façade Est :
 - Réouverture de la baie d'axe (du point de vue de la structure, s'agissant d'une réouverture de baie ayant existé, cette opération ne va pas nécessiter la pose de nouveaux profilés, uniquement la de profilés et remplissages existants) ;
 - Agrandissement de l'ouverture de la porte d'accès à la cour (même remarque, cette opération ne va pas nécessiter la pose de nouveaux profilés, uniquement la dépose de profilés et remplissages existants) ;
- Façade Nord et Sud :

- Réouverture de fenêtres sur les façades Nord et Sud (cette opération ne va pas nécessiter a priori la pose de nouveaux profilés, uniquement et remplissages existants)
- Façade Ouest :
 - Ouverture d'une baie de 210^{ht}x150cm pour création d'une porte d'accès au local poubelles ;

Pour effectuer ces modifications d'ouvertures, les nouveaux profilés devront présenter :

- Des caractéristiques géométriques permettant l'assemblage avec l'existant ;
- Des caractéristiques mécaniques suffisantes.

L'ossature existante du pan de fer étant constituée d'un assemblage de profils IAO 120, la plupart des remplacements pourra être réalisée avec des profilés IPN 120 de nuance S 275.

4.4 Création d'une volée d'escalier supplémentaire dans la cage d'escalier Sud

4.4.1 Contraintes structurelles

La création d'une volée supplémentaire est soumise aux contraintes suivantes :

- Répartition de la surcharge apportée par cette volée sur l'ensemble des porteurs verticaux périphériques de la cage d'escalier
- Méthodologie de montage permettant l'adaptation sur chantier à la géométrie de l'existant.

4.5 Création d'une imposte vitrée dans le sas d'entrée du bâtiment

4.5.1 Contraintes structurelles

Une imposte vitrée en verre feuilleté anti-effraction sera créée au-dessus des tourniquets de contrôle dans le sas d'entrée du bâtiment. Le châssis de cette imposte devra limiter l'effort d'arrachement transmis au murs latéraux de ce sas, en maçonnerie de briques creuses.

4.5.2 Solution technique

Pour la réalisation de cette imposte, on retiendra l'emploi d'un châssis réalisé en tubes acier rectangulaires 80^{ht}x40x3 mm, ancré par 8 boulons (4 de chaque côté) scellés chimiquement dans la maçonnerie de briques creuses. La vérification de ce prédimensionnement est donnée en partie suivante

CONCLUSION

Cette notice structurelle est rédigée dans le cadre de la mission de maîtrise d'œuvre conduite par l'agence d'architecture CISEL, et concerne les hypothèses, investigations et préconisations structurelles réalisées dans le cadre de l'étude structurelle menée pour la restauration des façades et la réhabilitation des escaliers de l'immeuble Poulenc.

Les interventions structurelles prévues consistent en :

- Le renforcement des balcons qui présentent des désordres ;
- La restauration des façades sur cour, à pan de fer ;
- Une modification de la structure des cages d'escalier, avec ajout d'une volée, pour la mise en conformité à la sécurité incendie ;
- Le renforcement de la dalle de la cour et réfection de son étanchéité

Dans le cadre de cette étude, grâce à l'apport des résultats de sondages, nous avons précisé nos hypothèses quant aux désordres affectant les façades de l'immeubles. Nous avons effectué un prédimensionnement des éléments de renforcement et décrits des préconisations quant aux interventions structurelles que le projet met en œuvre sur l'édifice.

Les préconisations décrites dans ce document ne peuvent en aucun cas être considérées comme des études abouties pouvant servir d'étude d'exécution. Elles sont définies dans le cadre d'une mission de projet, en amont des travaux, et ne peuvent pas être réutilisées par les entreprises en tant qu'étude d'exécution. Les entreprises doivent réaliser leurs propres notes de calcul dans le cadre de leur étude d'exécution. Ces notes de calcul EXE ne doivent pas faire référence à aux résultats ou dimensions des éléments tirées des notes de calcul du projet : ces notes de calcul EXE doivent être complètes et se suffire à elles-mêmes.

A Alfortville, le 13 février 2026