



1217 route Enco de botte  
13190 ALLAUCH  
tel 04.91.08.32.74  
i2c@i2c-etudes.fr  
www.i2c-etudes.fr

**Maîtrise d'Ouvrage**  
**Conservatoire du Littoral**

**OPÉRATION :**  
**Mission de maîtrise d'œuvre pour la restauration de la pergola**  
**au Domaine du Rayol (83)**

**Résultats des investigations structurelles**  
**et**  
**préconisations de travaux**

date	révision	indice	rédaction	visa
24/10/2024		A	DA	DA
24/09/2024	Première édition	0	DA	EQ

Affaire n°4205	PRO	indA	Octobre 2024	1/11
----------------	-----	------	--------------	------

Table des matières

1 RAPPEL DES ÉLÉMENTS DE DIAGNOSTIC..... 3

2 INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES RÉALISÉES..... 5

    2.1 Investigations géotechniques demandées..... 5

        2.1.1 Sondages réalisés..... 6

            2.1.1.1 Sondage B1..... 6

            2.1.1.2 Sondage B2..... 7

        2.1.2 Observations des sondages..... 7

        2.1.3 Interprétations des sondages..... 7

    2.2 Essais de carbonatation proposés..... 8

3 SYNTHÈSE DES SONDAGES..... 9

4 PRÉCONISATIONS D’INTERVENTIONS..... 9

    4.1 Nota préalable..... 9

    4.2 Travaux de fondations et d’infrastructures..... 9

    4.3 Traitement des poutres et poutrelles..... 10

# 1 RAPPEL DES ÉLÉMENTS DE DIAGNOSTIC

Le diagnostic complet de la pergola du Domaine du Rayol est donné dans le document de DIAG-AVP réalisé par l'agence d'architectes du patrimoine MATONTI-POLITI ARCHITECTURE ET PATRIMOINE. A noter que ce diagnostic traite également le bâtiment dit « Maison de la Mer » ne faisant cependant plus partie des travaux à traiter à ce jour.

## Composition :

Cet ouvrage est constitué de 2 rangées de 8 colonnes qui reprennent chacune une poutre longitudinale.

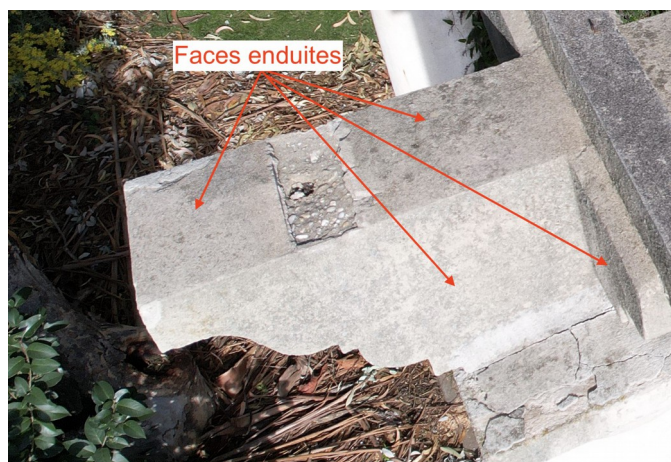
Au droit de chaque paire de colonnes, on retrouve une poutre transversale de hauteur légèrement plus faible et positionnée selon la même arase supérieure.

L'ensemble ainsi formé reprend une série 42 poutres secondaires en béton armé (il y en avait 44 à l'origine, 2 sont manquantes) . Ces poutres sont directement « posées » sur les poutres longitudinales et transversales.

Les poutres principales longitudinales et transversales semblent recouvertes d'un enduit ciment d'épaisseur millimétrique :



*Enduit visible par contre-jour*



Le béton que l'on observe au droit des zones avec perte de matière montre une granulométrie grossière :



Il s'agit probablement d'un béton réalisé avec des granulats locaux.



Les poutres longitudinales et transversales ont probablement été coulées en place, tandis que les poutres secondaires ont été préfabriquées (préfabrication foraine) et ensuite mises en œuvre sur la structure principale. Les observations que l'on peut faire au droit des appuis des deux poutres manquantes côté Ouest semblent montrer une liaison avec la poutre longitudinale par un seul acier vertical.





**Pathologies :**

Cet ouvrage est affecté par deux types de pathologies.

La première est liée au vieillissement naturel des bétons, certainement accéléré par la localisation de l'ouvrage en bord de mer. Quelques fissures sont observables, mais ce sont principalement des pertes de matière et une corrosion des aciers qui affectent les éléments en béton.

La seconde pathologye correspond à l'affaissement du soubassement constaté à l'angle Sud-Ouest de l'ouvrage, générant d'autres pathologies telles que fissures et dégradations des éléments de structure.

Cet affaissement a aussi créé un désaxement de la colonne Sud-Ouest, confirmé par la comparaison des deux photos ci-dessous qui montre le déplacement de la tête de colonne vers l'Ouest :

Septembre 2018 – époque COURMES	Janvier 2023
	

En dehors des pathologies ci-dessous, deux poutres secondaires sont manquantes (effondrement ? dépose préventive ?).

NOTA : sur site, nous avons pu observer au sol plusieurs éclats de béton, ce qui semble indiquer que la dégradation de l'ouvrage est toujours évolutive.



Janvier 2023 - Eclat de béton au sol

## 2 INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES RÉALISÉES

Afin d'avoir des éléments complémentaires permettant de préciser l'origine des désordres et afin d'en définir des préconisations de traitement et/ou de renforcement, nous avons demandé la réalisation de sondages de reconnaissances sur les fondations, sur les bétons et sur la conception structurelle des ouvrages.

Ces sondages ont été réalisés en Juillet 2023 par l'entreprise La Rayolaise qui a transmis un dossier comprenant croquis, photos et vidéos des sondages réalisés. Il en est fait ci-après la synthèse.

### 2.1 Investigations géotechniques demandées

Réalisation de fouilles manuelles de reconnaissances de fondations permettant :

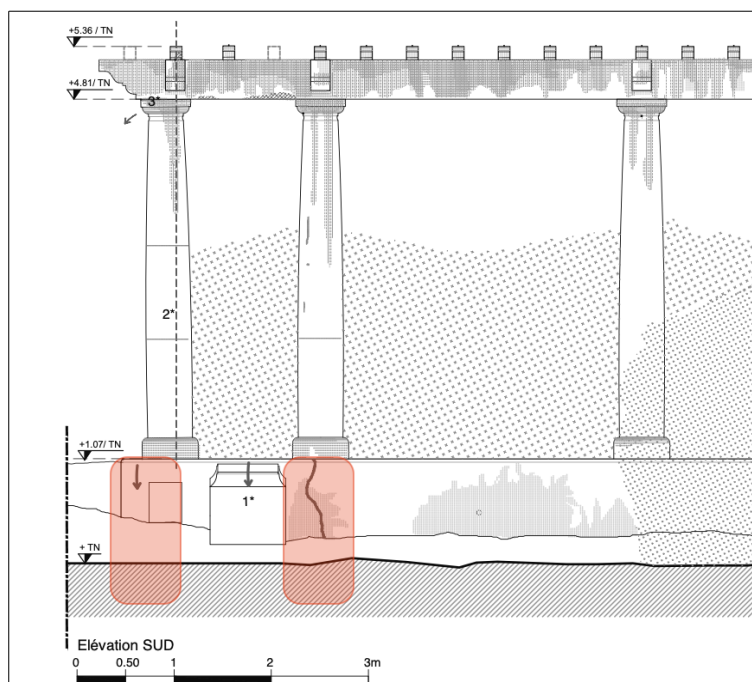
- de définir le type de fondation et la géométrie
- la nature du sol d'assise et ses caractéristiques de portance
- la prolongation ou non de la fissures du soubassement Sud dans les fondations.

A la fin de l'intervention, le site sera remis dans un état similaire à l'existant (rebouchage des fouilles, nivellement des terres, évacuation des éventuelles terres excédentaires, etc.).

#### Localisation :

Fouilles (2 au minimum) à réaliser :

- à l'angle Sud-Ouest de la pergola
- au droit de la fissure visible sur le soubassement Sud



2.1.1 Sondages réalisés

2.1.1.1 Sondage B1

Résultats des sondages <sup>②</sup>  
\* Voir Vidéo  
Effectués le 20/07/23 Si The Jardins du Rayol  
Pergolas:

B1 = Angle sud-Ouest de la Pergola

Bordure jardinière contour

Niveau 0,00

60

125

65

60

TN

\* No TA = la présence de la grosse racine m'empêche pas d'aller plus profond

Fond de feuille Bon sol.

GRD béton

Voici  
Vidéo + Photos:  
Aidez WATT-APP

Composition :

- 1) Fissuration Bordure toute hauteur
- 2) Hauteur de 60 cm de gros béton
- 3) Présence des câbles électriques
- 4) grosse racine d'eucalyptus très certainement l'origine des fissurations
- 5) le Bon sol se trouve à 125 du gpo

Croquis du sondage réalisé par l'entreprise



Photo avant sondage



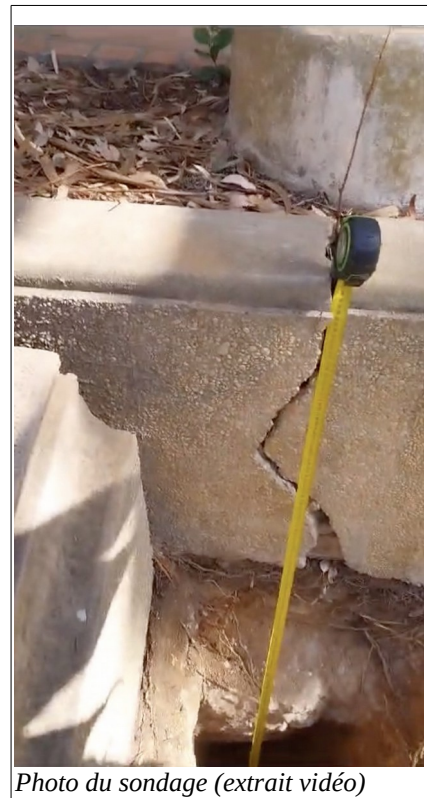
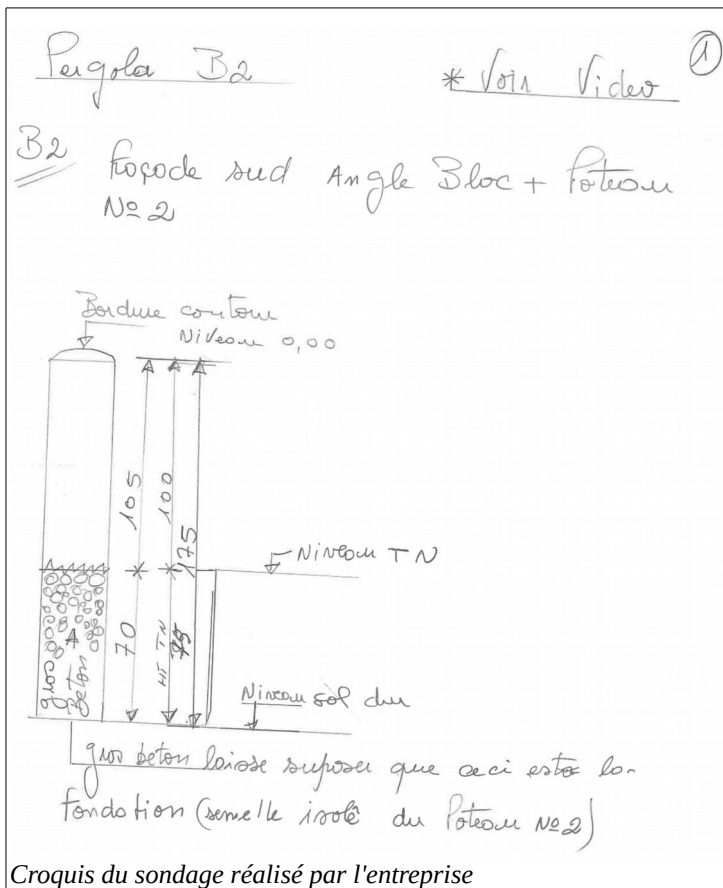
Photo du sondage (extrait vidéo)



Photo du sondage (extrait vidéo)



### 2.1.1.2 Sondage B2



### 2.1.2 Observations des sondages

Les assises des fondations semblent avoir été constatées sur un sol dur.

Les murets périphériques formant les jardinières et les colonnes apparaissent fondés indépendamment : les colonnes reposent sur des massifs en gros béton, alors que les murets périphériques n'ont visiblement pas de réelle fondation et sembleraient filer au-dessus des massifs des colonnes.

Au droit de la fouille B1, il a été constaté la présence d'une racine importante en fond de fouille. Il semblerait que cette racine passe sous l'assise du muret. Nous n'avons en revanche pas d'information sur la localisation de cette racine par rapport au massif de fondation de la colonne qui semblerait plus profond.

Au droit du sondage B1, des racines plus petites ont pu être constatées dans la fissure qui affecte le muret sur toute sa hauteur, jusqu'à son niveau d'assise.

La hauteur du muret ne semble pas identique d'après les hauteurs mesurées sur le sondage B1 (hauteur de 60cm + 65cm de gros béton, total 1,25m) et sur le sondage B2 (hauteur de 1,05m + 70cm de gros béton, total 1,75m).

### 2.1.3 Interprétations des sondages

Ces sondages avaient pour but de comprendre deux types de désordres :

- les fissures sur le muret côté Est et côté Sud de l'angle Sud-Ouest
- le déplacement de la tête de colonne vers l'Est

→ Concernant le muret à l'angle Sud-Ouest, les désordres constatés pourraient donc être dus à une absence de fondation adaptée (il ne semblerait y avoir que du gros béton sous le muret), aggravé par la présence de racines qui se sont développées en-dessous. Nous n'avons pas recherché si le muret était ferrailé, mais selon les observations faites sur la zone démolie côté Ouest, il ne semble pas y avoir de ferrailage mis en évidence par le sondage.

→ Concernant le déplacement de la tête de colonne vers l'Est, cela pourrait être dû soit à un mauvais ancrage du massif dans le bon sol, soit à la présence de racines qui se seraient développées sous le massif.

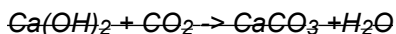
## 2.2 Essais de carbonatation proposés

NOTA : ces essais n'ont pas été réalisés pour l'élaboration du dossier de consultation pour la restauration de la pergola. Ces essais sont à réaliser dans le cadre des travaux. Les résultats seront transmis par le titulaire du lot. Ils permettront de confirmer ou d'adapter les interventions prévues.

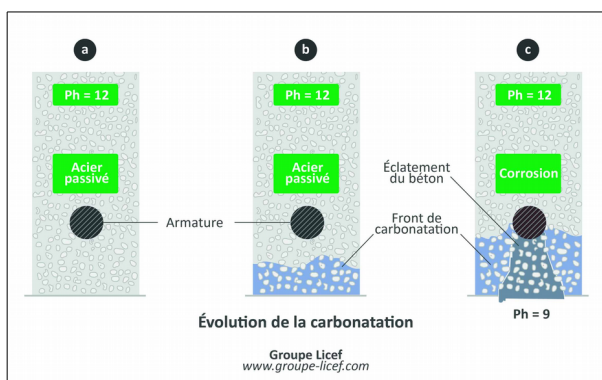
### Définition du phénomène de carbonatation des bétons :

(Extrait du site [www.groupe-lice.fr](http://www.groupe-lice.fr))

La carbonatation des bétons est une lente évolution du béton sous l'effet du gaz carbonique de l'air. Le dioxyde de carbone se dissout dans l'eau qui pénètre dans le béton par ses pores et réagit avec la portlandite  $\text{Ca(OH)}_2$  :



Le carbonate de calcium ainsi formé provoque du retrait de peau et fait chuter le pH du milieu de 13 à environ 9, ce qui n'assure plus la protection des armatures vis-à-vis de la corrosion par la passivation. L'oxydation de l'acier s'amplifie alors et s'accompagne de la formation de sels gonflants qui poussent sur la peau du béton et causent des éclats. La résistance propre du béton n'est pas affectée par la carbonatation, seule la corrosion des armatures est en cause.



### Réalisation de l'essai – selon norme NF-EN 14630 :

- Localisation des essais sur les éléments de structure à sonder
- Prélèvement de carottes au droit des zones définies.
- Purge du béton de surface (l'essai doit être réalisé sur une coupe fraîche de béton).
- Application d'une solution de phénolphthaléine sur la coupe fraîche de béton :

La phénolphthaléine est un réactif utilisé comme indicateur de pH : la phénolphthaléine est incolore à l'origine et vire au violet à partir d'un pH de 9,2.

Si le test met en évidence que la phénolphthaléine vire au violet au contact du béton sur toute la profondeur de la coupe, ceci signifie que le béton est resté alcalin et n'est pas carbonaté sur toute sa profondeur.

Si au contraire le test montre que sur une partie de la profondeur de la coupe le réactif est resté incolore ceci signifie que sur la partie incolore le béton a perdu son alcalinité. On se situe donc sur la partie de la carbonatation du béton.

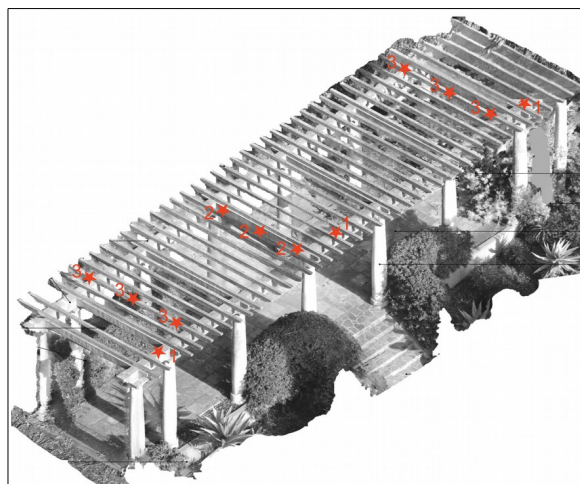
Le test est à renouveler en profondeur sur la zone testée jusqu'à ce que la solution se colore.

Une mesure en mm ou cm détermine alors le front de carbonatation.

#### Localisation :

- 3 sondages répartis sur une poutre longitudinale [1]
- 3 sondages répartis sur une poutre transversale primaire [2]
- 6 sondages répartis sur la longueur de deux poutres secondaires [3]

Propositions d'implantations ci-contre:





### 3 SYNTHÈSE DES SONDAGES

Pour rappel, cet ouvrage est affecté par deux types de pathologies :

- 1- Affaissement du soubassement à l'angle Sud-Ouest et léger basculement de la colonne Sud-Ouest vers l'ouest.
- 2- Dégradation des bétons conduisant localement à l'éclatement des bétons et à la corrosion des aciers.

Concernant le point 1, les fouilles réalisées ont montré que le massif de la colonne Sud-Ouest semble fondé sur un sol dur, alors que les murets de soubassement de part et d'autre semblent fondés moins profondément. Par ailleurs, le sondage a aussi mis en évidence la présence de racines traversant les ouvrages de fondations.

Concernant le point 2, il n'a pas été fait de test de carbonatation, ce qui limite les possibilités d'analyse et d'interprétation concernant l'état des bétons. Les désordres observés (épaufures, éclats de béton, aciers ponctuellement apparents et corrodés, avec perte de section plus ou moins importante) sont dus à l'âge des bétons, qui sont par ailleurs exposés à un environnement agressif (proximité de la mer).

### 4 PRÉCONISATIONS D'INTERVENTIONS



#### 4.1 Nota préalable

Concernant la valeur patrimoniale de l'édifice et les enjeux pouvant en découler, se reporter au diagnostic architectural établi par la cabinet MATONTI-POLITI A&P en Mars 2023.

Les préconisations proposées ci-après sont générales et sont retranscrites dans le CCTP.

#### 4.2 Travaux de fondations et d'infrastructures

##### > Opération de reprises en sous-œuvre

- Au droit des désordres de l'angle Sud-Ouest, dégagement des soubassements et terrassements jusqu'au niveau d'assise des ouvrages (massif de fondation de la colonne Sud-Ouest et murets de soubassement au droit de la zone).
- Purge délicate des racines se trouvant dans l'emprise des ouvrages de fondations et d'infrastructure.
- Reprise en sous-œuvre des fondations par bloquage au gros béton jusqu'à un sol d'assise homogène. Avis géotechnique à solliciter.
- Réfection des murets et finitions.
- Remise en état des abords.

NOTA : il semble peu probable de pouvoir redresser la colonne Sud-Ouest pour en corriger le basculement. Ce point pourra être vu en phase travaux en sollicitant l'expertise complémentaire de l'entreprise qui réalisera les travaux.

##### > Opération de mise en valeur

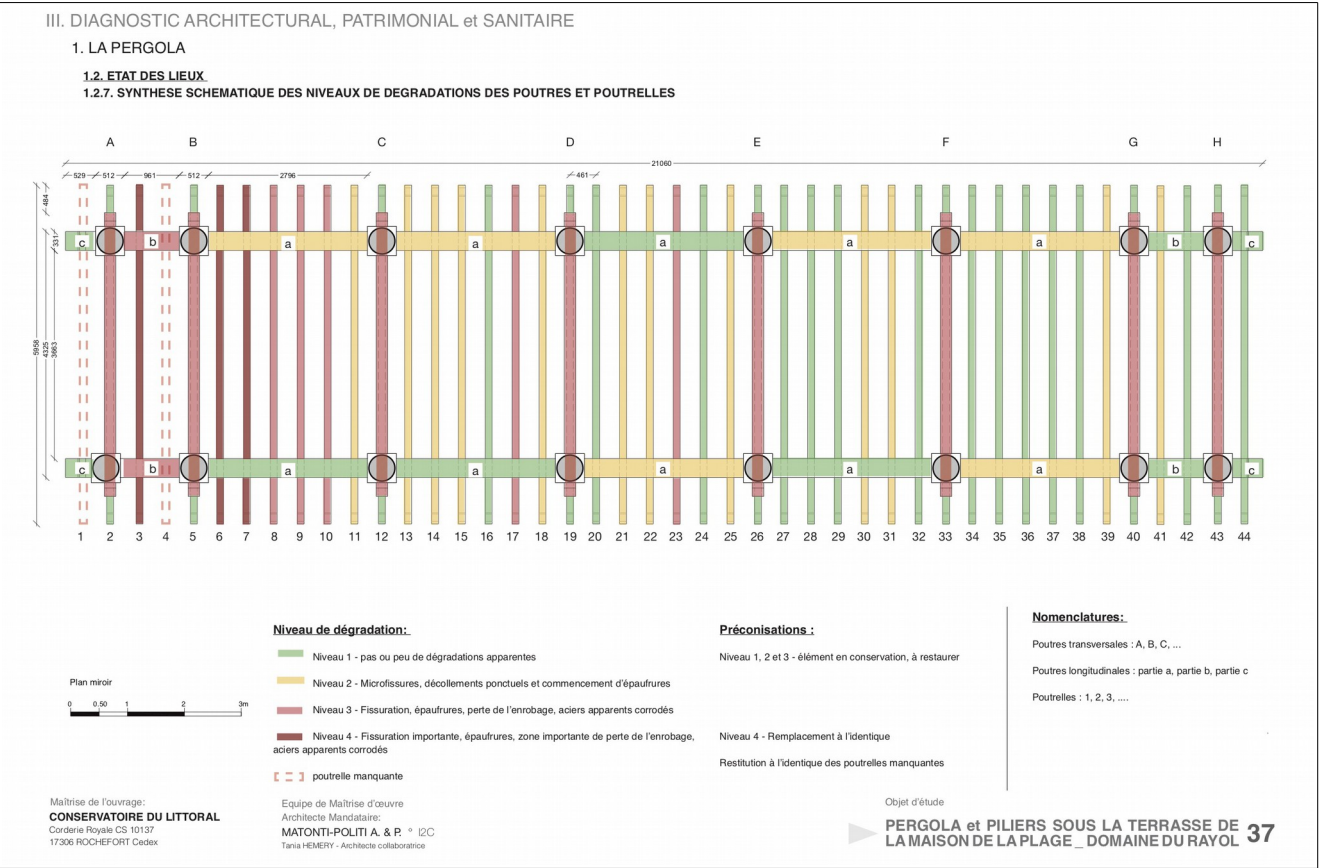
- Restitution des deux jarres similaires au modèle ancien
- Élagage partiel du mimosa et des deux haies de part et d'autre de l'escalier sud afin de remettre en valeur les colonnes de la pergola dans son contexte proche et lointain et de retrouver la visibilité des bases des colonnes.

4.3 Traitement des poutres et poutrelles

Les préconisations ci-dessous visent uniquement à réparer et protéger les zones dégradées. Elles permettront de ralentir la dégradation des bétons et de prolonger la durée de vie de l'ouvrage.

Il convient de différencier les interventions réalisées sur les poutres principales de celles réalisées sur les poutrelles. Compte-tenu de leur liaison entre elles, les poutres principales ne pourront être remplacées et ne seront donc traitées que par des interventions de réparation. Les poutrelles de petites sections seront quant à elles soit réparées, soit remplacées si leur état de conservation est jugé trop dégradé.

Une proposition de définition du niveau de dégradation pour chaque poutrelle a été établi par le cabinet d'Architecte MATONTI-POLITI A&P et est rappelé ci-dessous :



> Opération préalable de nettoyage :

- Purge des reprises au ciment inadaptées
- Nettoyage des patines biologiques (avant tout application de produit, des tests devront être validés par le maître d'œuvre)
- Nettoyage des salissures et des colonnes par hydrogommage doux et brosse chiendent

**> Opération de consolidation et de restauration des poutres et poutrelles conservées :**

Concerne les poutres principales et poutrelles conservées, ainsi que les chapiteaux.

Une technique de réparation, protection et consolidation traditionnelle sera réalisée pour les poutres et poutrelles présentant une dégradation de niveaux 2 et 3 ainsi que les chapiteaux dégradés :

- Purge du béton non adhérent dans les zones dégradées et dégagement des armatures corrodées à traiter. Le dégarnissage doit être effectué afin d'obtenir un béton propre et débarrassée des parties non adhérentes, et jusqu'à ce que l'acier sain soit mis à nu. Les armatures doivent être dégagées sur la totalité de leur circonférence.
- Elimination de l'intégralité des parties corrodées sur toute la surface des armatures par brossage métallique, repiquage, sablage ou grenaillage, ainsi que toutes poussières résiduelles ou souillures, soit par lavage à l'eau, soit par brossage, aspiration ou soufflage à l'air.
- Application d'un passivant pour armatures type SIKA MONOTOP – 910N ou équivalent.
- Reconstitution du béton d'enrobage afin de retrouver la géométrie de la structure existante. Réalisation avec un mortier hydraulique type Sikatop®-122 FR ou équivalent.
- Dans certains cas, le rajout ou remplacement d'armatures béton en partie inférieure des poutres et poutrelles devra être envisagé.
- Remaillage et comblement des fissures au droit des colonnes
- Réfection de l'enduit et de la couche de badigeon sur l'ensemble des colonnes, teinte blanche similaire à celui d'origine.

**> Restitution à l'identique des deux poutrelles en béton armé manquantes :**

- Des moules seront fabriqués sur le modèle exact des poutrelles existantes.
- Les poutrelles en béton seront ensuite moulées en atelier après avoir mis en place un ferrailage adapté qui pourra différer du ferrailage existant compte-tenu des caractéristiques du béton et des aciers qui pourront être différents de ceux d'origine.
- Après préparation des supports et mise en place de protections, les poutrelles en béton moulées préfabriquées seront reposées et scellées à leur emplacement d'origine.
- En fin d'intervention, les moules pourront être restitués à la maîtrise d'ouvrage pour conservation afin de faciliter d'éventuelles interventions ultérieures.

----- FIN DU DOCUMENT -----