المختبر العمومي للتجارب والدراسات

LABORATOIRE PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES

Centre Scientifique et Technique des Constructions
Km 7 Route EL JADIDA CASABLANCA
TEL : 05 22 48-87-87 / Fax : 05 22 25-06-44

Chargés de mission :
A. ASGANE & A.ESSABIKI

L.P.E.E. Tél : 05 22 54 75 00 Fax : 05 22 30 15 50 190 25, Rue d'Azilal - Casablanca

Le Directeur Adjoint du CSTC responsable de dossier
M.HMADOUCH

L.P.E.E. Tél : 05 22 54 75 00 Fax : 05 22 30 15 50 190 25, Rue d'Azilal - Casablanca

Le Directeur du Centre Scientifique et Technique des Constructions
A. MEZIANI

L.P.E.E. Tél : 05 22 54 75 00 Fax : 05 22 30 15 50 190 25, Rue d'Azilal - Casablanca

AFFAIRE :

EXPERTISE TECHNIQUE DE LA STRUCTURE EXISTANTE DE L'AMPHITHEATRE ALLAL EL FASI DE LA FACULTE DES LETTRES ET DES SCIENCES HUMAINES UNIVERSITE MOHAMMED PREMIER-OUJDA.



DOSSIER N°	**: 2026-190-03767-2026-0299**
DOCUMENT	: RAPPORT D'EXPERTISE
CLIENT	: PRESIDENCE DE L'UNIVERSITE MOHAMMED PREMIER D'OUJDA
DATE	: JUILLET 2026

CE RAPPORT COMPREND 57 PAGES ET 08 ANNEXES

Table des matières

I. OBJET ET PERIMETRE DE L'EXPERTISE : 3
II. PROGRAMME TECHNIQUE : 3
III. DOCUMENTS DE REFERENCE : 4
IV. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE : 5
V. IDENTIFICATION ET RELEVE DE LA STRUCTURE PORTEUSE : 5
VI. INVENTAIRE DES PATHOLOGIES : 7
VII. EVALUATION DE LA QUALITE DES BETONS : 15
VII.1. Mesure de la vitesse de propagation du son : 15
VII.2. Mesure de l'indice de rebondissement : 17
VII.3. Evaluation de la qualité mécanique des bétons par carottages : 19
VIII. EVALUATION DE L'ETAT DE CONSERVATION DES BETONS D'ENROBAGE ET DES ACIERS : 32
VIII.1. Evaluation de l'état de conservation des bétons d'enrobage vis-à-vis de la pénétration du dioxyde de carbone : 32
VII.2. Evaluation de l'état de conservation des aciers : 39
VII.3. Evaluation de la résistivité des bétons : 48
IX. VERIFICATIONS DE CAPACITE PORTANTE : 50
IX.1. Hypothèses de calcul : 50
IX.2. Nature des vérifications effectuées : 51
IX.3. Résultats : 52
X. CONCLUSIONS DE L'EXPERTISE : 54
XI. RECOMMANDATIONS DE L'EXPERTISE : 55

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

PARTIE I : CADRAGE DE LA MISSION

I. OBJET ET PERIMETRE DE L'EXPERTISE :

A la demande du président de l'université Mohammed premier-Oujda, le Centre Scientifique et Technique des Constructions (C.S.T.C.) du Laboratoire Public d'Essais et d'Études (L.P.E.E.) a procédé, au cours des mois juin et juillet de l'année 2026, à l'expertise technique de la structure existante de l'amphithéâtre Allal el fassi de la faculté des lettres et des sciences humaines de l'université Mohammed premier-Oujda.

La présente mission a pour objet l'évaluation de l'état de l'ouvrage concerné à travers les investigations, constatations et essais réalisés dans le cadre de la présente intervention. Elle vise notamment l'identification des désordres observés, l'analyse des mécanismes susceptibles d'être à leur origine ainsi que l'appréciation de leurs incidences éventuelles sur le comportement, la stabilité et la durabilité de la structure.

Le périmètre de la mission se limite aux zones accessibles lors des visites effectuées, aux éléments examinés dans le cadre de l'intervention ainsi qu'aux données et documents techniques communiqués au moment de l'expertise.

II. PROGRAMME TECHNIQUE :

Le programme technique de la mission a porté sur la réalisation des investigations énumérées ci-après :

- Identification et relevé de la structure porteuse ;
- Inventaire des pathologies (désordres et dégradations) affectant la structure porteuse ;
- Évaluation de la qualité des bétons mis en place moyennant des essais non destructifs et essais destructifs ;
- Évaluation de l'état de conservation des aciers en zones d'apparence saine, et évaluation de degré de corrosion en zones dégradées ;
- Relevés des ferraillages existants au droit d'un échantillon d'éléments porteurs critiques ;
- Analyse des résultats, conclusions et recommandations de l'expertise.

Les investigations réalisées ont concerné les éléments accessibles de l'ouvrage et ont été menées conformément aux pratiques usuelles applicables au domaine de l'expertise technique des constructions.

L.P.E.E. Tél : 05 22 54 75 00 Fax : 05 22 30 15 50 190 25, Rue d'Azilal-Casablanca

III. DOCUMENTS DE REFERENCE :

Aucun document relatif à l'ouvrage étudié ne nous a été communiqué.

Les normes d'essais utilisées dans le cadre de l'expertise sont :

- NM 12504-4 : essai de mesure de la vitesse de propagation du son
- NF 12504-2 : essai de mesure de l'indice de rebondissement
- NF EN 12504-1 : prélèvement, examen et essai de compression sur carottes
- NF EN 13791 (2021) : évaluation du béton sur site.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

PARTIE II : RESULTATS DE L'EXPERTISE

IV. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE :

L'ouvrage faisant l'objet de la présente expertise est un amphithéâtre appartenant au patrimoine de la Faculté des Lettres de l'Université Mohammed Premier, située à Oujda. Construit dans les années 1970, cet édifice est actuellement hors exploitation.

L'amphithéâtre dispose de quatre accès. Les deux premiers permettent un accès direct à la scène réservée au conférencier, située sous une hauteur libre d'environ 10 m. Les deux autres donnent accès à la partie supérieure des gradins, sous une hauteur libre d'environ 16 m.

L'ouvrage couvre une superficie au sol d'environ 933 m².

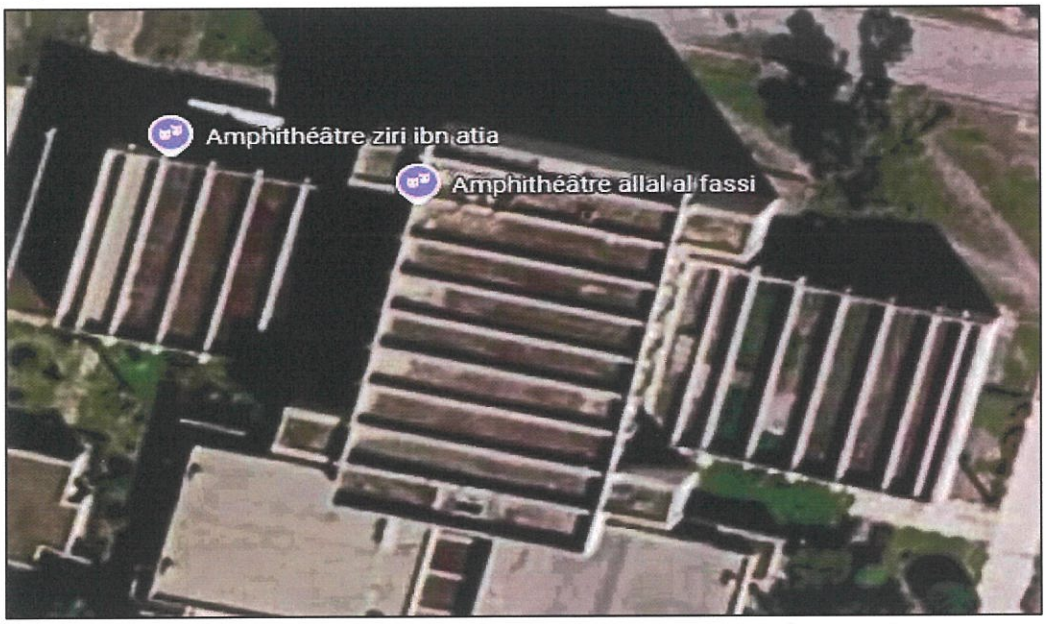


Photo N°1 : vue aérienne de l'édifice (extrait de Google Maps)

V. IDENTIFICATION ET RELEVE DE LA STRUCTURE PORTEUSE :

Par le biais d'examens visuels, de sondages magnétiques et de sondages destructifs ponctuels, il a été procédé à l'identification et au relevé de la structure porteuse existante.

L'ouvrage « Allal Elfassi » est un amphithéâtre surélevé dont la structure est composée, principalement, de deux planchers :

- Un plancher haut du rez de chaussée constituant le plancher bas qui support les gradins. Sa structure est composée de dalles pleines portées sur des grosses poutres à retombées en béton armé. Ces poutres isostatiques reposent à leurs extrémités sur des poteaux en béton armé. Des grosses poutres-voiles périphériques lient lesdits poteaux aux extrémités ;

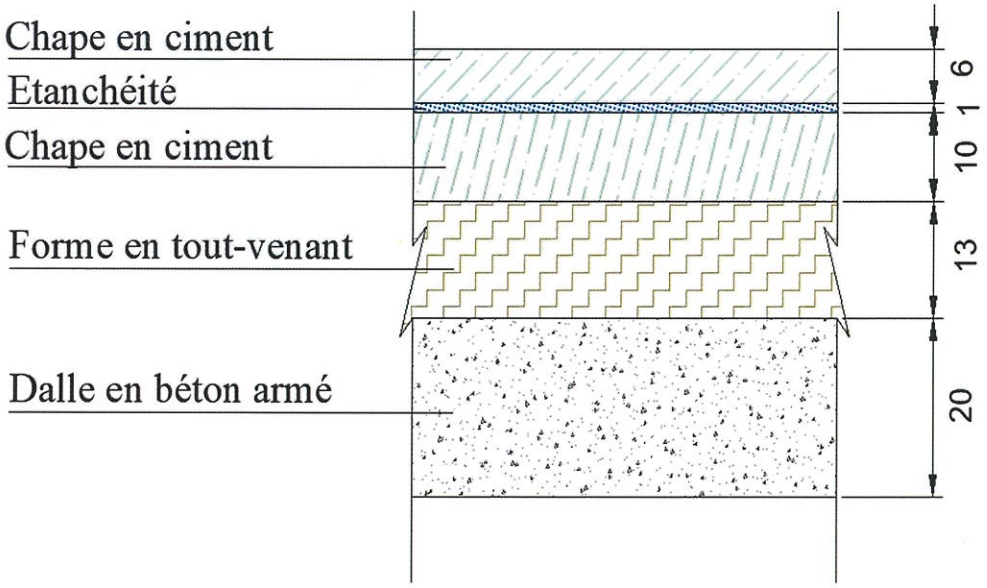
- Un plancher haut d'étage (plancher-terrasse) dont la structure est composée de dalles pleines portées sur des grosses poutres en allèges.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

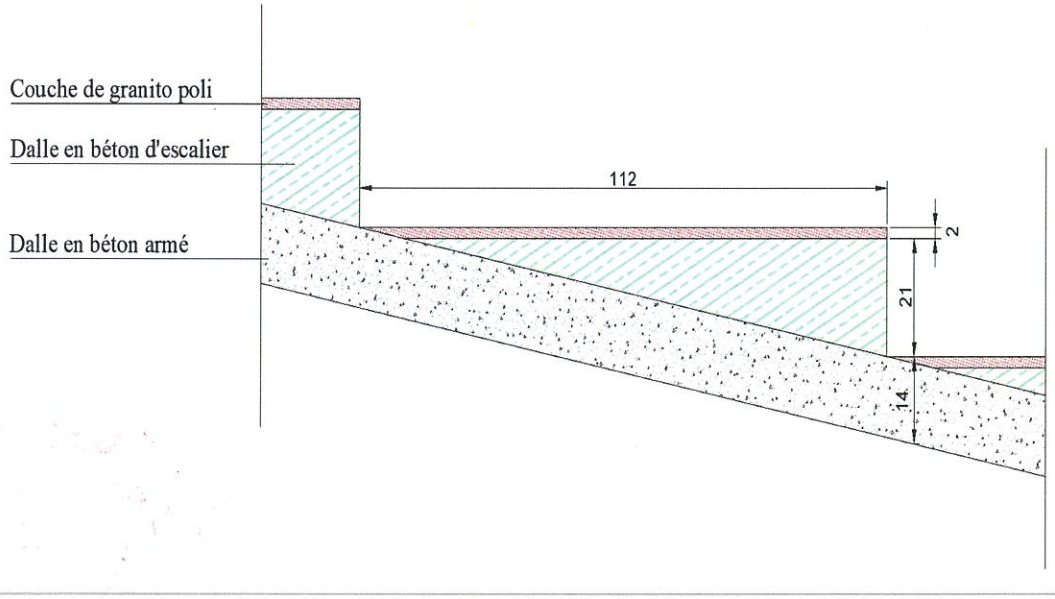
Les plans de structure porteuse joints en **annexe N°1.**

Nous présentons ci-après des coupes montrant la composition des planchers haut d'étage et du rez de chaussée ; coupes obtenues à partir des sondages destructifs réalisés :

Coupe sur plancher haut étage



Coupe sur plancher haut rez-de-chaussée



L.P.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

VI. INVENTAIRE DES PATHOLOGIES :

Par le biais d'examens visuels, il a été procédé à l'inventaire des différentes pathologies affectant les composantes de l'ouvrage.

Structure porteuse :

N°	Famille	Désordre / Dégradation observé(e)	Éléments concernés	Étendue	Sévérité
1	Dégradations	Présence de dégradations liées à la corrosion des aciers en quelques endroits du plancher d'étage ; dégradations matérialisées par des éclatements localisés des bétons d'enrobage en sous-faces du plancher, avec mise à nu des aciers	Paliers des escaliers, plancher haut d'étage	Par endroits	Sans impact avéré sur la sécurité structurale, impact sur la durabilité de la structure
2	Désordres	Présence de fissures à tracé irrégulier en sous face du plancher terrasse. Elles présentent des traces d'efflorescences dénotant qu'elles sont traversantes	Plancher terrasse	Par endroits	Sans impact avéré sur la sécurité structurale, impact sur la durabilité de la structure
3	Défauts d'exécution	Ségrégations apparentes sur les surfaces des poteaux d'étage ;	Poteaux	Par endroits	Impact sur la durabilité de la structure

Maçonnerie de remplissage :

N°	Famille	Désordre / Dégradation observé(e)	Éléments concernés	Étendue
1	Désordres	Fissures longeant les liaisons entre éléments porteurs et maçonnerie de remplissage	Jonctions entre éléments porteurs et maçonnerie	Par endroit
2	Désordres	Fissures longeant les liaisons mur/mur	Murs de remplissage	Par endroit
3	Désordres	Fissures inclinées à 45° assrez ouvertes relevées sur la maçonnerie de remplissage	Murs de remplissage	Par endroit

Etanchéité de la toiture & système d'évacuation des EP :

N°	Famille	Désordre / Dégradation observé(e)	Éléments concernés	Étendue	Sévérité
1	Défauts de fonctionnement	Traces d'humidité en sous-faces du plancher haut d'étage, mettant	Etanchéité de la terrasse	Par endroits	Impact sur la durabilité

L.P.E.E. Tél : 05 22 54 75 00 Fax : 05 22 30 15 50 25, Rue d'Azilal-Casablanca 190

N°	Famille	Désordre / Dégradation observé(e)	Éléments concernés	Étendue	Sévérité
		en évidence la défaillance de l'étanchéité de la toiture			de la structure
2	Dégradations	L'examen de l'étanchéité en extrados de la toiture montre un vieillissement du complexe existant et une dégradation des descentes EP	Etanchéité de la terrasse et système de drainage de drainage	Généralisé	Impact sur la durabilité de la structure

Revêtements (enduits, peintures, faux plafonds, revêtements de sols) :

N°	Famille	Désordre / Dégradation observé(e)	Éléments concernés	Étendue
1	dégradations	Dégradation généralisée du faux plafond de la dalle de toiture	Dalle de toiture en étage	Généralisé
2	dégradations	Vieillissement généralisé des peintures des murs et plafonds	Murs et plafonds	Généralisé
3	dégradations	Altération et dégradation des enduits muraux	Murs	Par endroits

Et ci-après quelques illustrations photographiques des pathologies relevées :

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

SEGREGATIONS DES BETONS DES POTEAUX D'ETAGE



Photo N° 1 :



Photo N° 2 :



Photo N° 3 :



Photo N° 4 :

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca



Photo N° 5 :



Photo N° 6 :



Photo N° 7 :



Photo N° 8 :

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

PATHOLOGIES DE CORROSION EN SOUS FACE DU PLANCHER TERRASSE

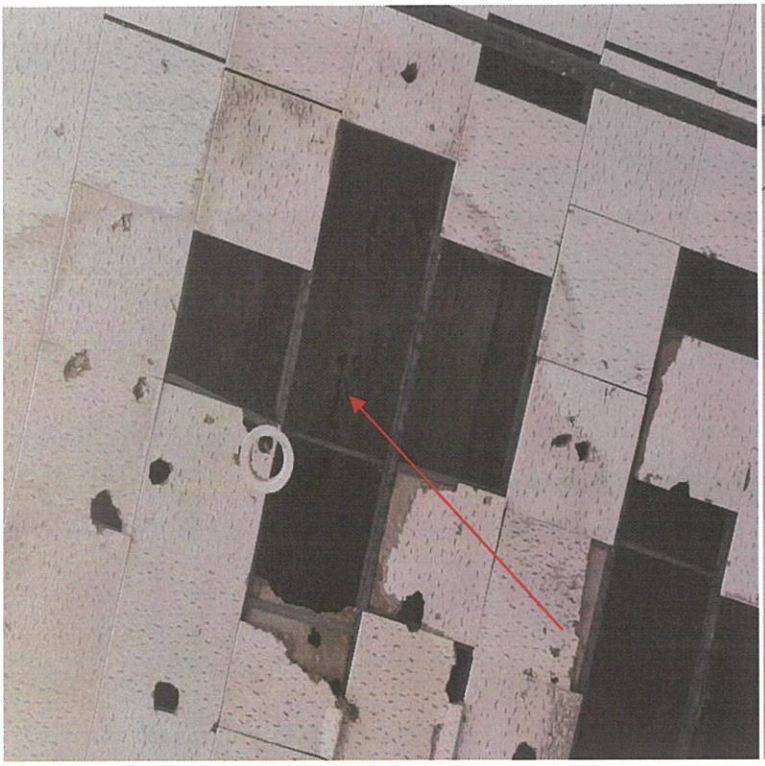


Photo N° 1 :

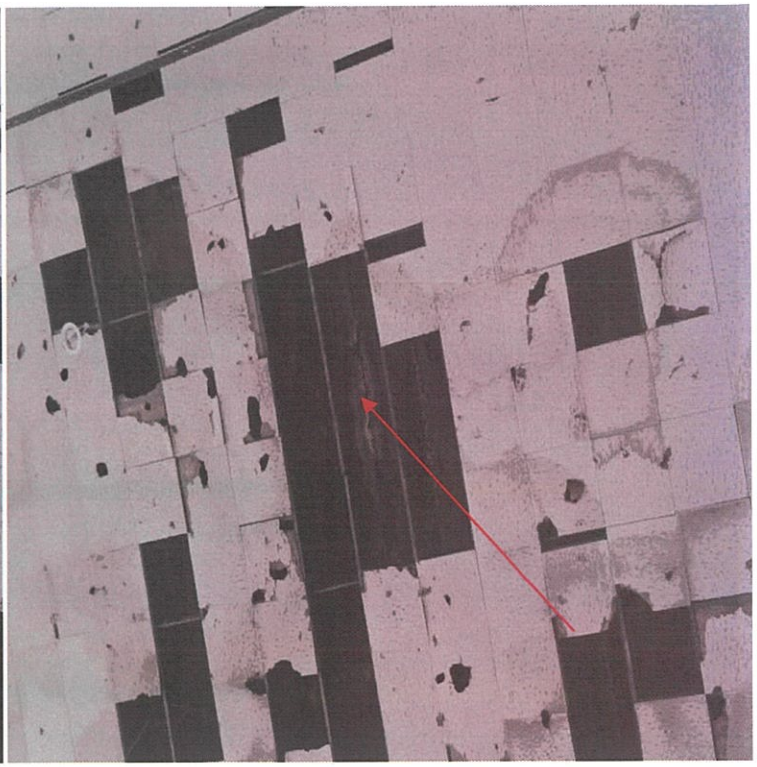


Photo N° 2 :

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

TRACES D'HUMIDITE EN SOUS FACE DU PLANCHER TERRASSE



Photo N° 1 :

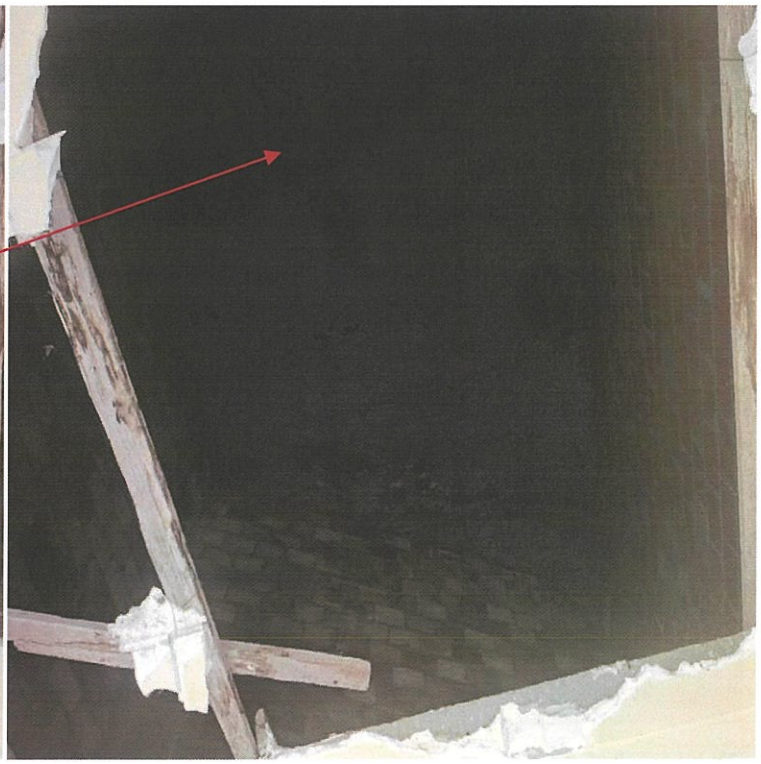


Photo N° 2 :

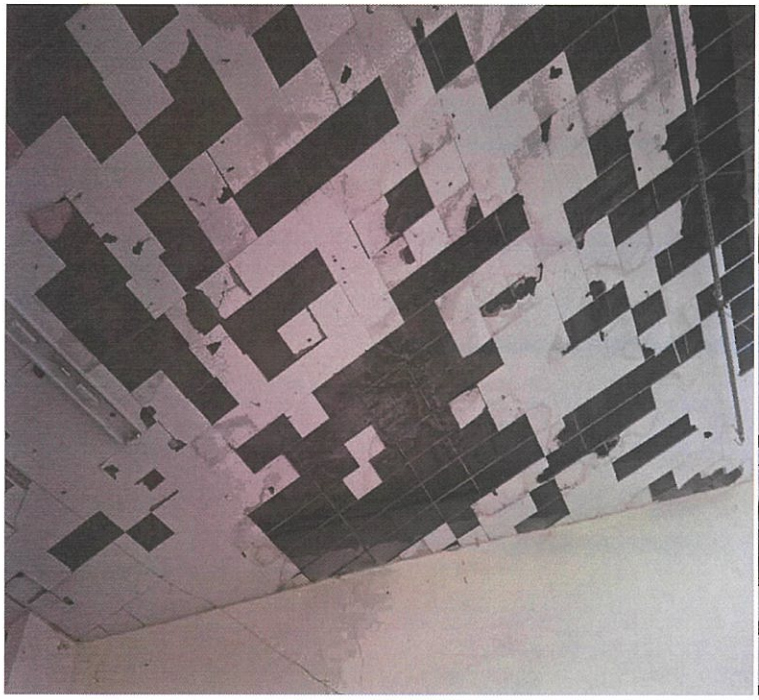


Photo N° 3 :

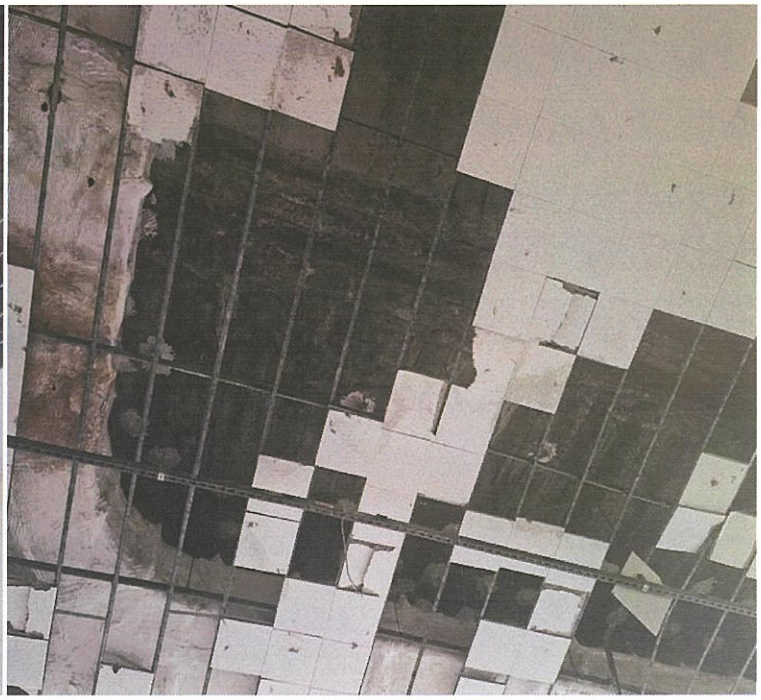


Photo N° 4 :

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

DEGRADATIONS DES FAUX PLAFONDS



Photo N° 1 :

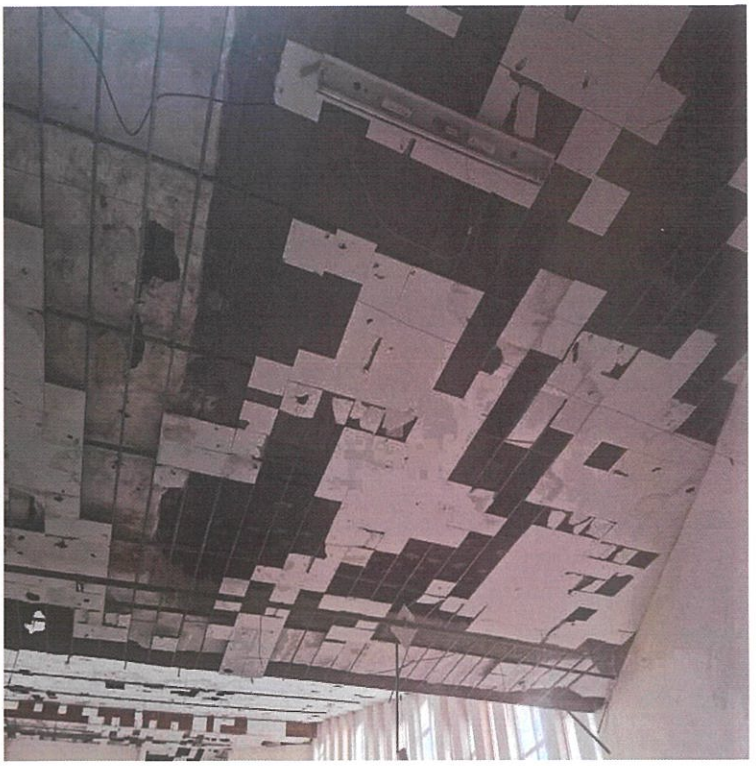


Photo N° 2 :

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

FISSURES EN SOUS FACES DU PLANCHER TERRASSE



Photo N° 1 :

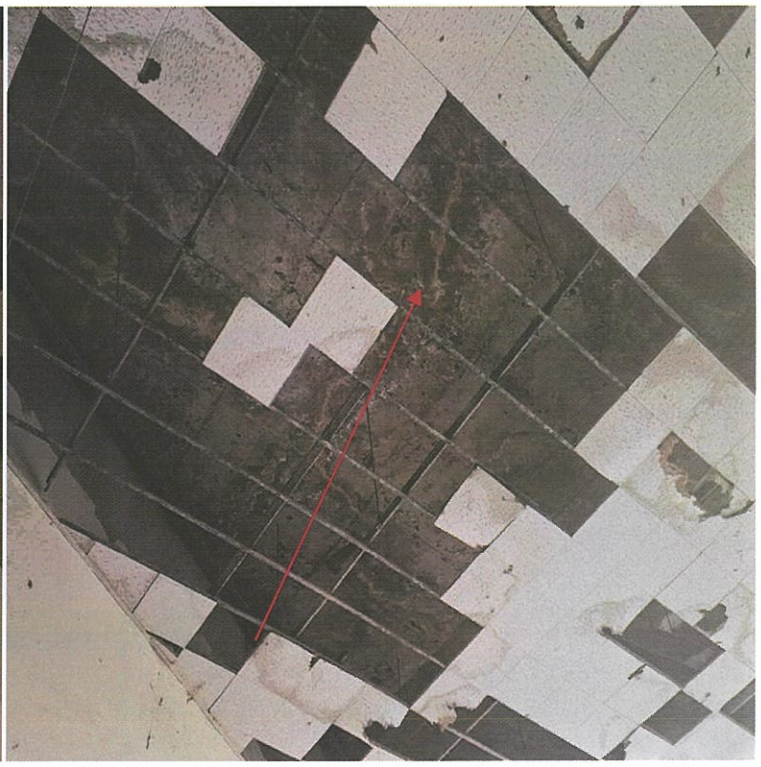


Photo N° 2 :

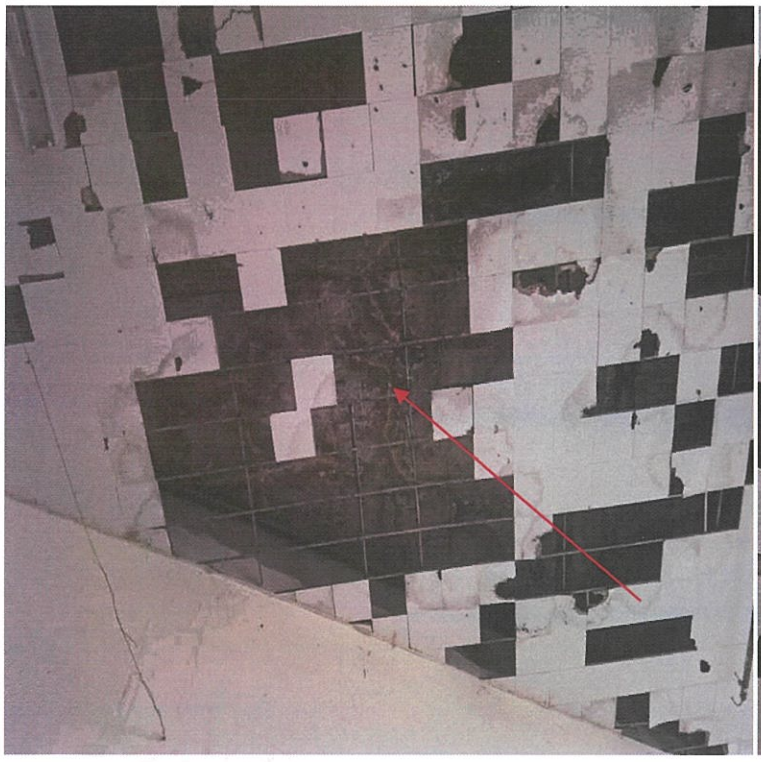


Photo N° 3 :



Photo N° 4 :

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal-Casablanca

VII. EVALUATION DE LA QUALITE DES BETONS :

VII.1. Mesure de la vitesse de propagation du son :

Principe de l'essai :

Cet essai non destructif consiste à mesurer le temps de propagation des ondes ultrasonores à travers le béton. En mesurant la distance de parcours, on obtient la vitesse de propagation des ondes ultrasonores. L'essai est réalisé selon les directives de la norme marocaine **NM EN 12504-4.**



Echantillonnage :

Les critères adoptés pour la définition de l'échantillonnage sont :

- La représentativité statistique : la taille de l'échantillon doit être suffisante pour représenter, fidèlement, la population étudiée,
- La représentativité spatiale : les essais doivent balayer l'ensemble des zones composant l'ouvrage étudiée sans concentration particulière à un endroit précis,
- Les contraintes éventuelles liées à l'accessibilité.

Ainsi l'échantillon choisi est composé de **11 poteaux et 1 poutre.**

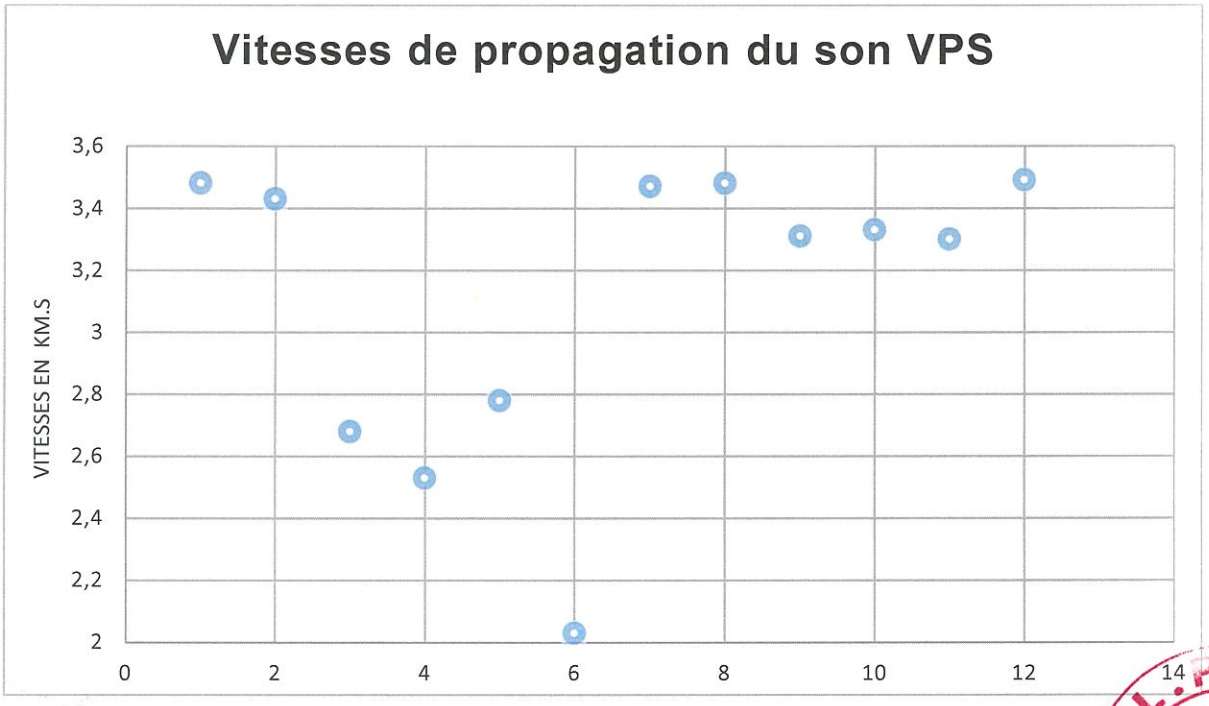
L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Résultats :

Les zones d'essai ont été balayées par essai d'auscultation sonique (mesure de vitesse de propagation de son). Le plan d'échantillonnage adopté est donné en annexe. Les résultats de mesure sont récapitulés sur le tableau suivant :

Elément	Niveau	Référence sur plan	Vitesse en km/s	Ecart type	Coefficient de variation %
Poteau	RDC	P1	3.48	0.104	3.0
Poteau		P2	3.43	0.112	3.3
Poteau		P3	2.68	0.025	0.9
Poteau		P4	2.53	0.096	3.8
Poteau		P5	2.78	0.022	0.8
Poteau		P6	2.03	0.034	1.7
Poteau	ETAGE	P7	3.47	0.051	1.5
Poteau		P8	3.48	0.038	1.1
Poteau		P9	3.31	0.114	3.5
Poteau		P10	3.33	0.050	1.5
Poteau		P11	3.30	0.053	1.6
Poutre		Ptr 1	3.49	0.054	1.6

Le graphe ci-après illustre la répartition des vitesses mesurées :



L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Analyse :

Les paramètres statistiques de la série de mesures sont récapitulés sur le tableau ci-après :

	Moyenne en Km/s	Médiane en Km/s	Valeur min en Km/s	Valeur max en Km/s	Estimateur d'écart type en Km/s	Coefficient de variation en %	Asymétrie	Aplatissement	P-Value	Valeur min aberrante	Valeur max aberrante
RDC	2,82	2,73	2,03	3,48	0,554	19,65%	-0,02	-0,88	0,82	NON	NON
ETAGE	3,40	3,40	3,30	3,49	0,092	2,71%	-0,02	-3,16	0,08	NON	NON

Commentaire :

L'analyse des résultats met en évidence une forte dispersion des vitesses de propagation, ce qui témoigne d'une hétérogénéité significative au sein de l'échantillon étudié.

De plus, l'ensemble des valeurs mesurées reste inférieur à **3,6km/h**, traduisant une compacité faible et confirmant l'hétérogénéité intra-béton.

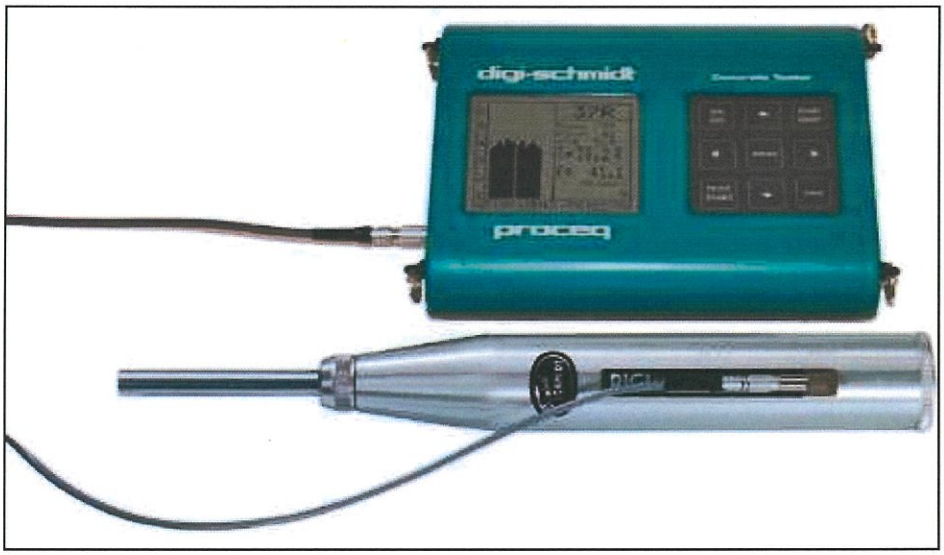
Néanmoins, ces mesures ne permettent pas d'aboutir à une conclusion définitive compte tenu des défauts de bétonnage observés sur les surfaces des éléments testés. Pour vérifier si les vitesses obtenues reflètent la qualité d'origine des bétons, nous allons par la suite présenter les résultats des essais destructifs.

VII.2. Mesure de l'indice de rebondissement :

Principe de l'essai :

Cet essai se base sur la mesure de la distance de rebondissement d'une masse propulsée par un ressort. Ce paramètre, dit indice de rebondissement, est mesuré moyennant un scléromètre (c.f photo ci-après), il permet d'apprécier la dureté superficielle du béton. L'essai est réalisé conformément à la norme marocaine NM EN 12504-2.

L.P.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca



Echantillonnage :

Les critères adoptés pour la définition de l'échantillonnage sont :

- La représentativité statistique : la taille de l'échantillon doit être suffisante pour représenter, fidèlement, la population étudiée,
- La représentativité spatiale : les essais doivent balayer l'ensemble des zones composant l'ouvrage étudiée sans concentration particulière à un endroit précis,
- Les contraintes éventuelles liées à l'accessibilité.

Ainsi l'échantillon choisi est composé de **10 poteaux.**

Il comprend :

- 5 poteaux à rez-de-chaussée
- 5 poteaux à l'étage

Résultats :

Le tableau suivant récapitule les résultats d'essai scléromètrique au niveau des éléments testés. Le plan d'échantillonnage est joint en annexes.

Niveau	Elément	REFERENCE	RESULTAT
RDC	Poteau	SCL 1	32
	Poteau	SCL 2	36
	Poteau	SCL 3	45
	Poteau	SCL 4	25
	Poteau	SCL 5	30
ETAGE	Poteau	SCL 6	23
	Poteau	SCL 7	33
	Poteau	SCL 8	38
	Poteau	SCL 9	33
	Poteau	SCL 10	33

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Analyse et commentaires :

Les paramètres statistiques de la série de mesures sont récapitulés sur le tableau ci-après :

	RDC	ETAGE
Moyenne	34	32
Médiane	32	33
Max	45	38
Min	25	23
Ecart-type	7,50	5,47
Coefficient de variation par échantillon	22,3%	17,1%
Coefficient de variation global	19,05 %	

L'analyse des résultats de l'indice de rebondissement au scléromètre met en évidence une forte dispersion des valeurs, ce qui suggère une hétérogénéité inter-éléments de l'échantillon étudié. De plus, les valeurs mesurées fluctuent dans une plage allant d'environ 23 à 45, ce qui traduit une variabilité importante de la dureté superficielle du béton intra-élément.

Ceci dit, aucune conclusion définitive ne peut être tirée de ce seul mesurage, ce qui nous amène dans le chapitre suivant à confirmer ces observations au moyen d'essais destructifs.

VII.3. Evaluation de la qualité mécanique des bétons par carottages :

Objectif :

Suite aux constats d'hétérogénéité relevés par les méthodes non destructives, nous allons procéder à une analyse mécanique du béton par carottage, permettant ainsi de confirmer la résistance et la structure interne du béton de manière définitive.

Echantillonnage :

Les critères adoptés pour la définition de l'échantillonnage sont :

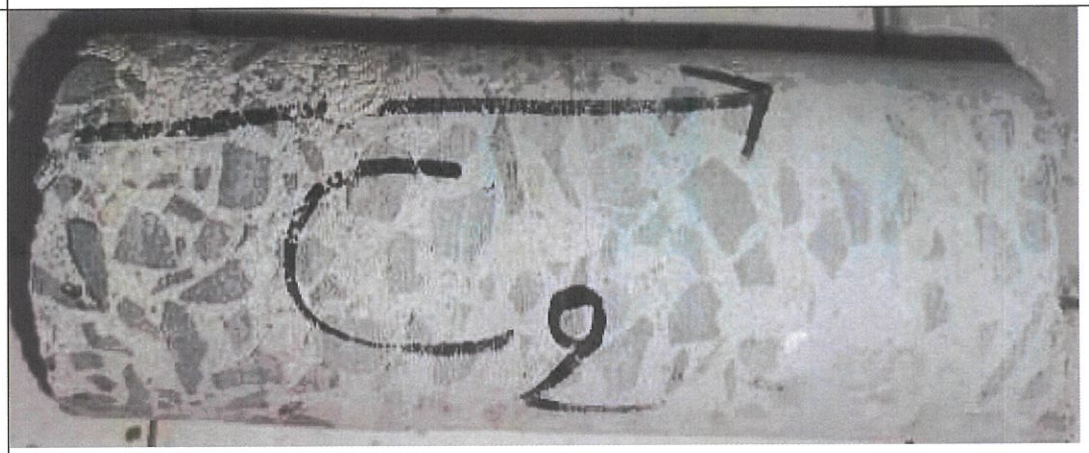
- La représentativité statistique : la taille de l'échantillon doit être suffisante pour représenter, fidèlement, la population étudiée,
- La représentativité spatiale : les essais doivent balayer l'ensemble des zones composant l'ouvrage étudiée sans concentration particulière à un endroit précis,
- Les contraintes éventuelles liées à l'accessibilité.

L'échantillon choisi est composé de **19 carottes.**

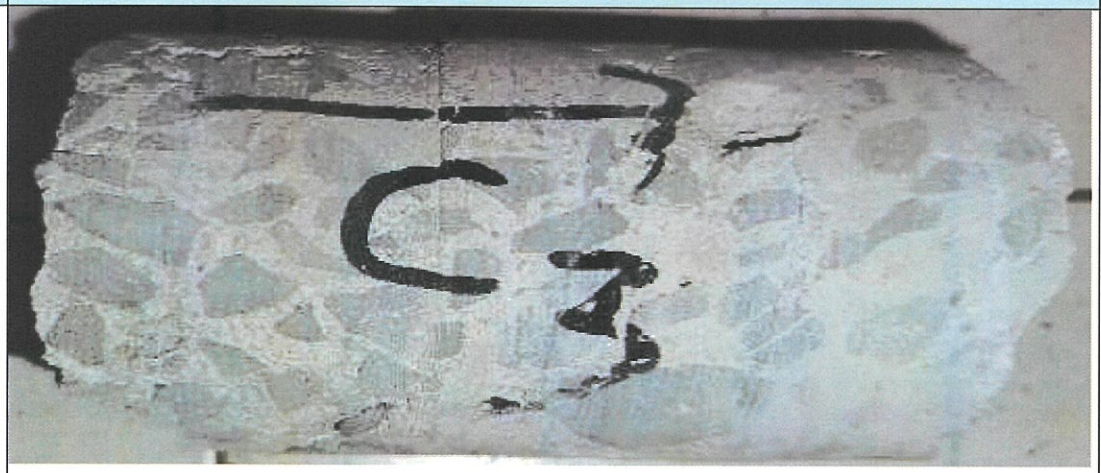
L.P.E.E
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca


- L.P.E.E -
Tél :
05 22 54 75 00
Fax :
05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Inspection visuelle des carottes prélevées :

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
ETAGE	C1	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air
	C2	Poteau		Bulles d'air + Morceaux d'aciers

L.P.E.E
25, Rue d'Azilal - Casablanca
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
ETAGE	C3	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air
	C4	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air

25, Rue d'Azilal-Casablanca
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
ETAGE	C5	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air
	C6	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air

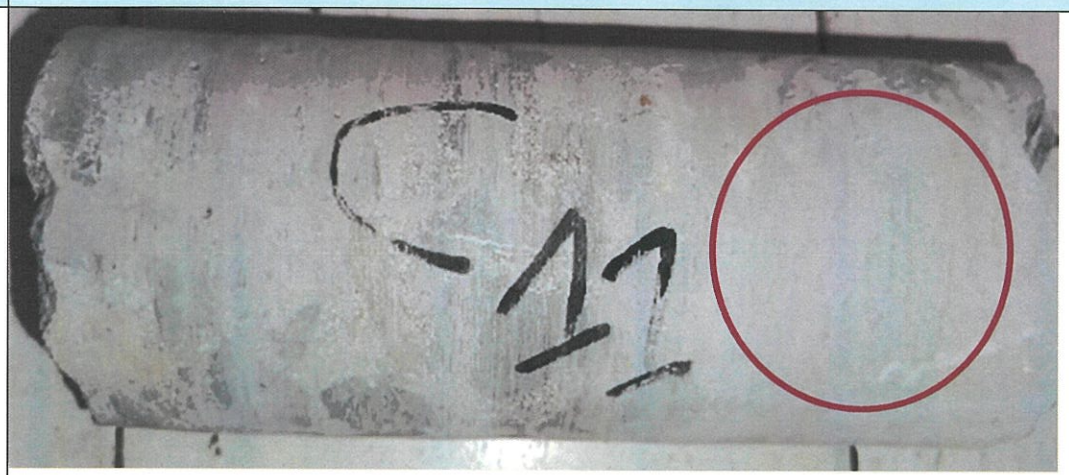
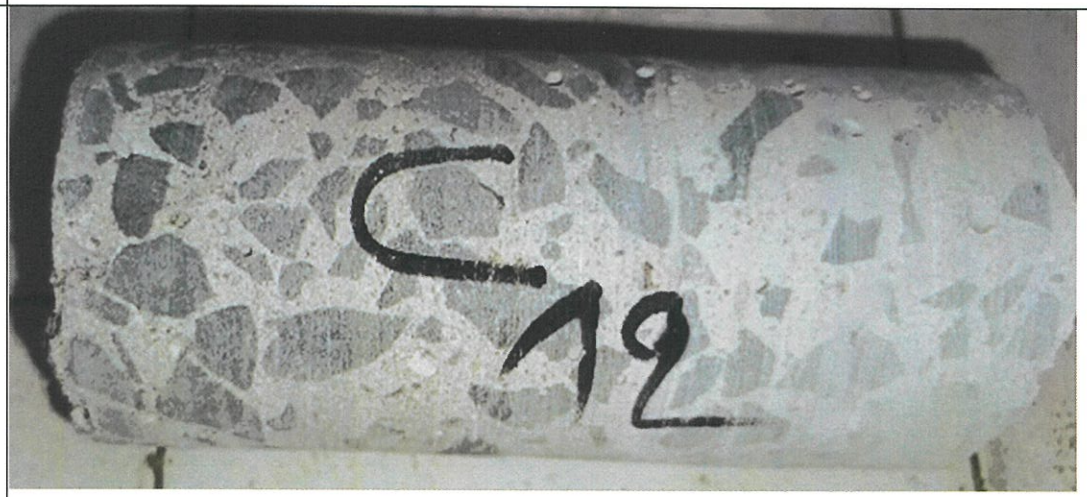
L.P.E.M
25, Rue d'Azilal - Casablanca
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
ETAGE	C7	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air + morceaux d'aciers
	C8	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air

L.P.E.E.M
5, Rue d'Azilal - Casablanca
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
RDC	C9	Dalle		Aspect normal avec présence des bulles d'air
	C10	Dalle		Aspect normal avec présence des bulles d'air + morceaux d'aciers

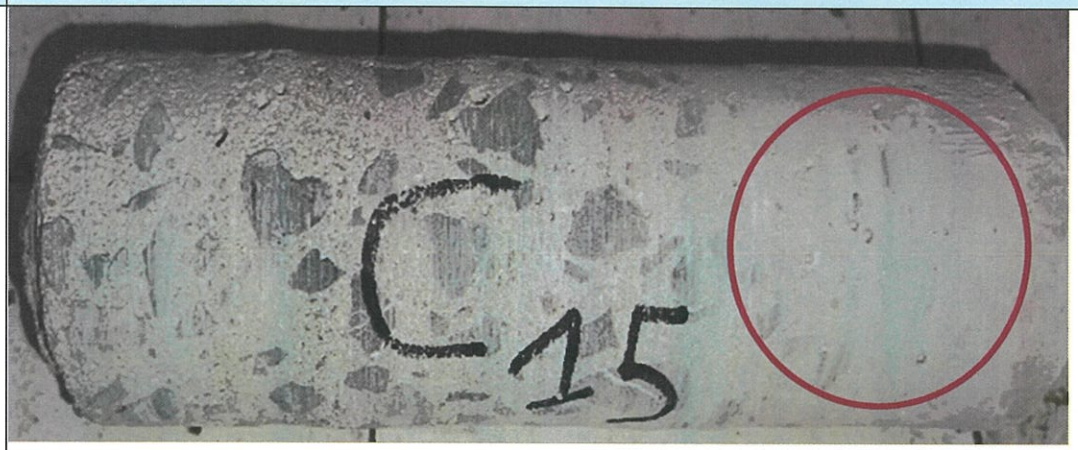
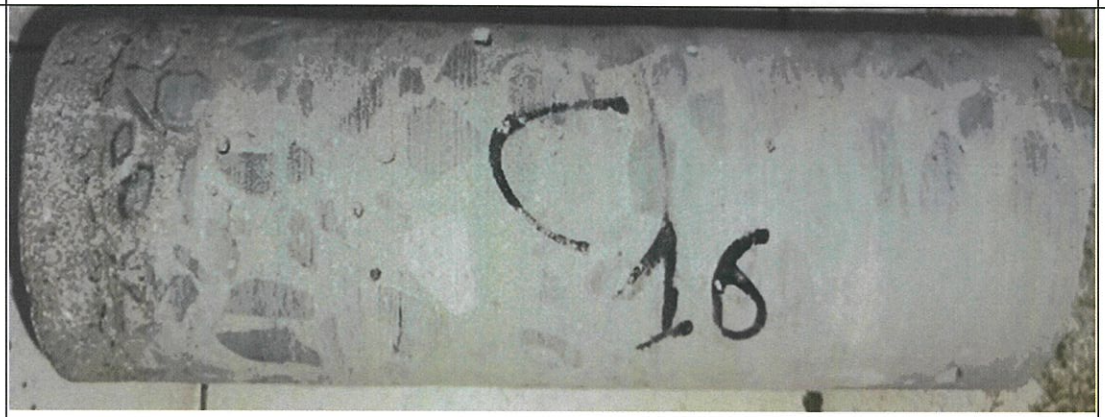
L.P.E.E.
25, Rue d'Azilal - Casablanca
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
RDC	C11	Poteau		Présence des bulles d'air + laitance en surface
	C12	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air

L.P.E.E. 25, Rue d'Azilal - Casablanca Tél : 05 22 54 75 00 Fax : 05 22 30 15 50 190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
RDC	C13	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air
	C14	Poteau		Présence des bulles d'air + laitance en surface

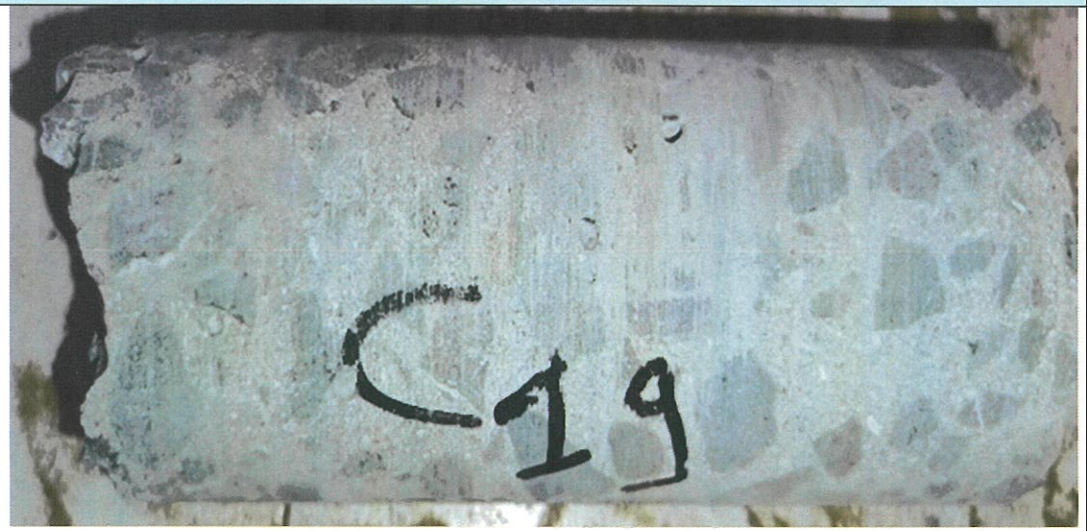
L.P.E.M
25, Rue d'Azilal - Casablanca
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
RDC	C15	Poteau		Présence des bulles d'air + laitance en surface
	C16	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air

25, Rue d'Azilal - Casablanca
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
RDC	C17	Poteau		Présence des bulles d'air
	C18	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air

L.P.E.T
25, Rue d'Azilal Casablanca
Tél. 05 22 54 75 00
Fax: 05 22 30 15 50
190

Niveau	Référence de carotte	Type d'élément	Illustration photographique	Etat apparent du béton
RDC	C19	Poteau		Aspect normal avec présence des bulles d'air

L.P.E.E.
25, Rue d'Azilal - Casablanca
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190

Déroulement des essais :

La rectification, le sciage et l'écrasement des carottes sont effectués conformément à la EN 12504-1.



Résultats d'écrasement

Les résultats d'écrasement des carottes sont donnés sur le tableau ci-après :

Réf client	Elancement	f_c brute (Mpa)	Densité (Kg/m³)	K_1 (Diamètre)	K_2 (Elancement)	f_c corrigée (Mpa)	Validité du résultat
C1	2	16,4	2184	1,14	1	18,70	Validé
C2	2	26,6	2231	1,14	1	30,30	Validé
C3	1	24,6	2237	1,14	0,82	22,97	Validé
C4	2	15,8	2157	1,14	1	18,04	Validé
C5	2	10,7	2126	1,14	1	12,26	A écarter **
C6	2	19,3	2231	1,14	1	22,02	Validé
C7	2	14,1	2143	1,14	1	16,13	Validé
C8	2	16,6	2242	1,14	1	18,97	Validé
C9	1	21,3	2115	1,14	0,82	19,90	Validé
C10	2	23,5	2319	1,14	1	26,85	Validé
C11	2	36,7	2352	1,14	1	41,86	Validé
C12	2	33,6	2302	1,14	1	38,36	Validé
C13	2	35,4	2248	1,14	1	40,43	Validé
C14	2	9,7	2187	1,14	1	11,04	A écarter **
C15	2	10,9	2185	1,14	1	12,39	A écarter **
C16	2	21,5	2259	1,14	1	24,57	Validé
C17	2	19,3	2306	1,14	1	22,02	Validé
C18	2	17,6	2245	1,14	1	20,14	Validé
C19	2	15,6	2243	1,14	1	17,83	Validé

*** Sur un total de 19 carottes prélevées, 3 échantillons ont fait l'objet d'une décision d'écartement. Cette exclusion se fonde sur l'inspection visuelle préalable, qui a mis en évidence des anomalies de surface prononcées (notamment une forte présence de*

L.P.E.E.
Tél 05 22 54 75 00
Fax 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca


L.P.E.E.
Tél :
05 22 54 75 00
Fax :
05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

laitance et des défauts de compacité superficielle). Les résistances mécaniques brutes mesurées à l'écrasement sur ces carottes ne reflètent pas fidèlement la résistance intrinsèque du béton de l'ouvrage. Par conséquent, ces résultats ont été jugés non exploitables afin de ne pas fausser l'analyse structurelle globale.

Analyse statistique :

L'analyse statistique des résistances obtenues met en évidence une résistance moyenne de **24,9 MPa** avec une dispersion notable (coefficient de variation de **33,05%),** traduisant l'hétérogénéité des bétons de l'ouvrage.

Le test de normalité valide la répartition des données (P-value de 0,12 > 0,05) sans identifier de valeurs aberrantes, ce qui confirme la fiabilité de la série de mesures et autorise son exploitation directe pour les justifications structurelles.

Détermination de la résistance caractéristique à la compression sur site (fck,is)

Compte tenu de la normalité de la série des résistances obtenues, il est justifiable, statistiquement, de considérer que l'ensemble des bétons de l'ouvrage constitue une seule zone d'essais.

La résistance caractéristique pour un risque p d'une zone d'essai est définie, selon la norme, comme étant valeur de la résistance à la compression sur site pour laquelle la proportion p de la population formée par toutes les déterminations possibles de résistance du volume de béton considéré sont censés être inférieurs. Dans notre cas, le niveau de confiance adopté pour l'évaluation est de 90%, donc le risque p est de **10%.**

Par application de l'article 8 de la EN 13791/CN (2021), la résistance caractéristique équivalente sur éprouvette normalisée est donnée par :

$$f_{ck} = \frac{1}{0,85} * (min(f_{cm(n),is} - K_n s; f_{is,plus\ faible} + 4)$$

Où :

$f_{cm(n),is}$: La résistance moyenne sur site ;

$f_{is,plus\ faible}$: La résistance la plus faible sur site ;

f_{ck} : Résistance caractéristique équivalente sur éprouvettes normalisées, par application d'un coefficient de conversion de 0,85.

K_n : Coefficient qui dépend du nombre de résultats (pour un risque 10%) ;

S : Ecart-type standard

Nombre de résultats	$f_{cm(n),is}$ ***en MPa***	$f_{is,plus\ faible}$ ***en MPa***	f_{ck} ***en MPa***
16	24,90	16,3	**16,0**

Tous calculs faits, nous obtenons une résistance caractéristique normalisée de 16,0 MPa.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal . Casablanca

VIII. EVALUATION DE L'ETAT DE CONSERVATION DES BETONS D'ENROBAGE ET DES ACIERS :

VIII.1. Evaluation de l'état de conservation des bétons d'enrobage vis-à-vis de la pénétration du dioxyde de carbone :

Des tests à la phénolphtaléine ont été réalisés sur un échantillonnage d'éléments porteurs. Ce procédé permet d'évaluer le degré de carbonatation des bétons d'enrobage et donc leur aptitude à protéger les aciers. En appliquant la solution de phénolphtaléine sur la surface du béton, la réaction de coloration met en évidence les zones carbonatées (incolores) et les zones non carbonatées (roses).

Les résultats sont présentés dans le tableau, ci-après :
Le repérage des éléments testés est consigné dans **l'annexe** du présent rapport.

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Traçabilité du sondage		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 4 cm • Profondeur carbonatée du béton : 2 cm **Interprétation :** **La profondeur carbonatée inférieure à l'épaisseur de l'enrobage**

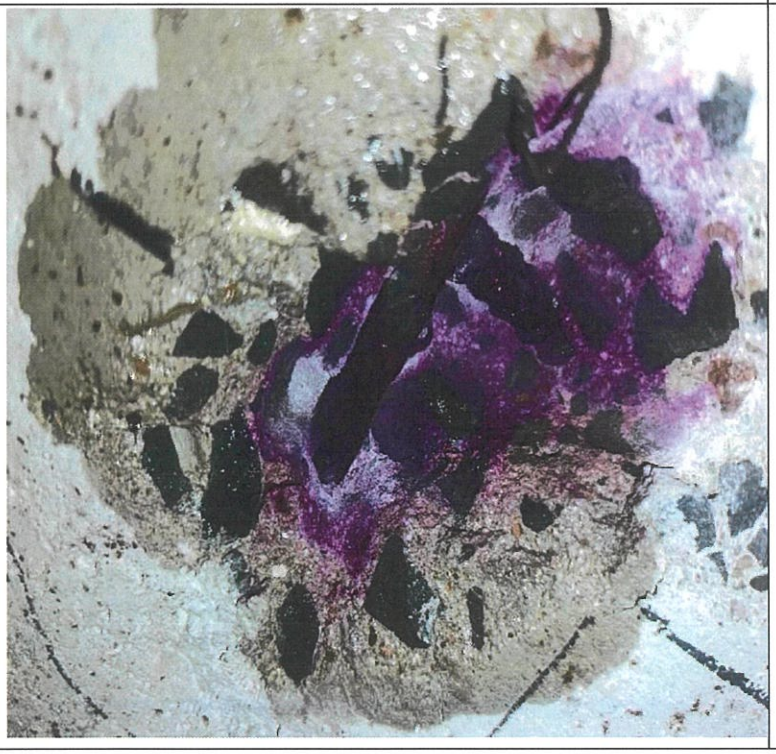
L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 1** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-8**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 3 cm • Profondeur carbonatée du béton : 2.5 cm **Interprétation :** **Le front de carbonatation a atteint et a dépassé le niveau des armatures**
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 2** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-6**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 3 cm • Profondeur carbonatée du béton : 2 cm **Interprétation :** **La profondeur carbonatée inférieure à l'épaisseur de l'enrobage**

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 3** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-4**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 3.5 cm • Profondeur carbonatée du béton : 0.5 cm **Interprétation :** **La profondeur carbonatée inférieure à l'épaisseur de l'enrobage**
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 4** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-4**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 3 cm • Profondeur carbonatée du béton : > 3.5 cm **Interprétation :** **Le front de carbonatation a atteint et dépassé le niveau des armatures**

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 5** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-7**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 0.5 cm • Profondeur carbonatée du béton : > 0.5 cm **Interprétation :** **Le front de carbonatation a atteint et dépassé le niveau des armatures + Enrobage extrêmement faible**
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poutre** Réf teste : **Carb 6** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : C-D-9**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 2 cm • Profondeur carbonatée du béton : 1 cm **Interprétation :** **La profondeur carbonatée est inférieure à l'épaisseur de l'enrobage**

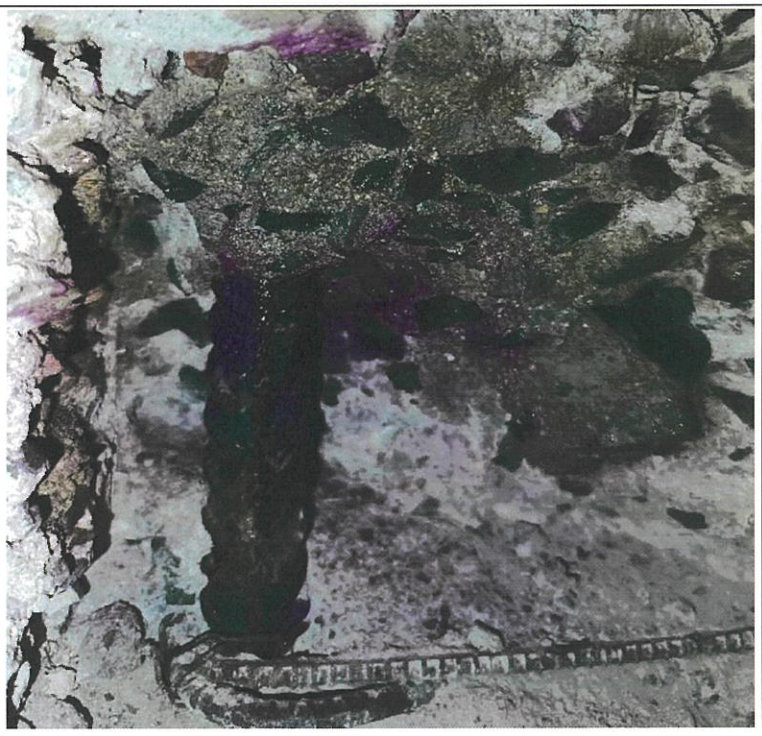
L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Dalle plein** Réf teste : **Carb 7** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-C-9-10**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 2 cm • Profondeur carbonatée du béton : > 2 cm **Interprétation :** **Le front de carbonatation a atteint et dépassé le niveau des armatures**
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Dalle plein** Réf teste : **Carb 8** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : D-E-9-10**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 2.5 cm • Profondeur carbonatée du béton : 2 cm **Interprétation :** **La profondeur carbonatée inférieure à l'épaisseur de l'enrobage**

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 9** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-4**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 1 cm • Profondeur carbonatée du béton : > 1 cm **Interprétation :** **Béton carbonaté**
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 10** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-3**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 4 cm • Profondeur carbonatée du béton : 1 cm **Interprétation :** **La profondeur carbonatée inférieure à l'épaisseur de l'enrobage**

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 11** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-3**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 4 cm • Profondeur carbonatée du béton : > 4 cm **Interprétation :** **Front de carbonatation a atteint et dépassé le niveau des armatures**
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 12** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-8**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 2.5 cm • Profondeur carbonatée du béton : > 2.5 cm **Interprétation :** **Front de carbonatation a atteint et dépassé le niveau des armatures** **Béton carbonaté**

L.P.E.E
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal-Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf teste : **Carb 13** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-8**		**CONSTAT :** • Epaisseur d'enrobage : 2 cm • Profondeur carbonatée du béton : > 2 cm **Interprétation :** **Front de carbonatation a atteint et dépassé le niveau des armatures**

Analyse et commentaires :

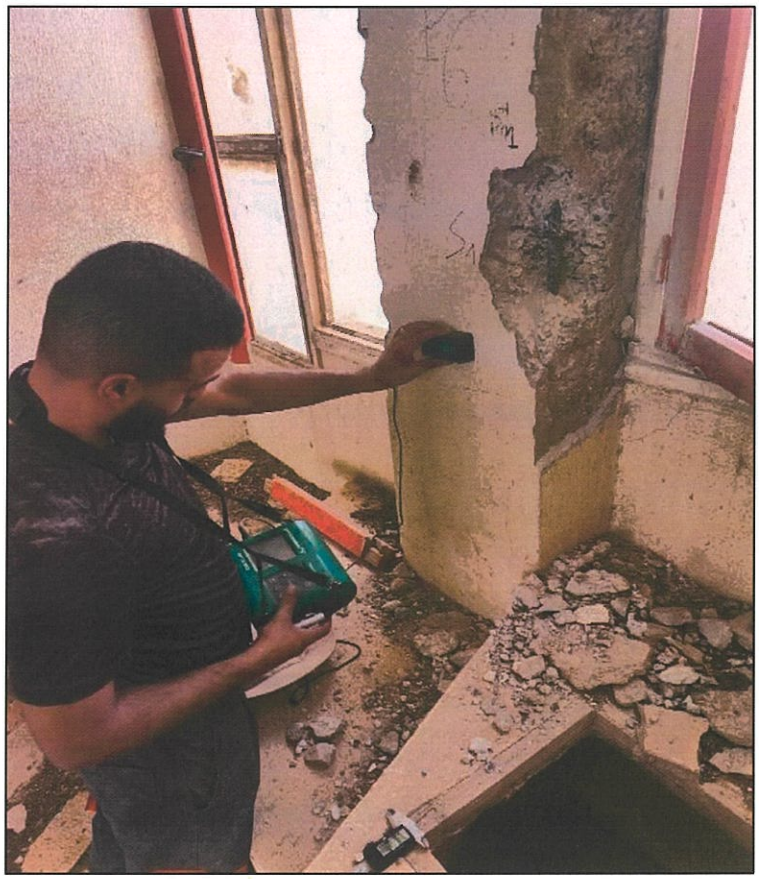
Pour plusieurs éléments testés, les fronts de carbonatation ont dépassé les épaisseurs d'enrobage, ce qui soumet les armatures à un risque de corrosion par carbonatation. Ce constat est cohérent avec l'age de l'ouvrage. La progression du front de carbonatation dans le béton armé dépend directement de l'age du béton. Pour certains éléments, la carbonatation des bétons d'enrobage est amplifiée par les ségrégations des bétons de surface ou par les épaisseurs faibles de l'enrobage.

VII.2. Evaluation de l'état de conservation des aciers :

Moyennant des saignées manuelles et essais par pachomètre, il a été procédé à la vérification de l'état des aciers en zones apparemment saines (zones ne manifestant pas des dégradations en surface liées à la corrosion des aciers).

L'échantillonnage réalisé comprend 11 poteaux, 2 dalle pleine et 1 poutre.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca



Le repérage des éléments testés est consigné dans **l'annexe N°6** du présent rapport.

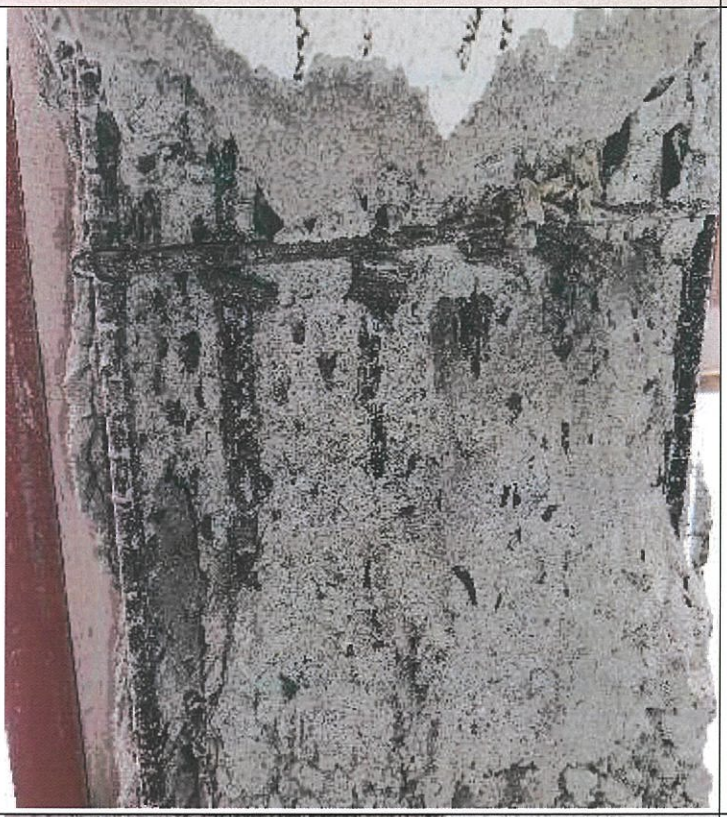
Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S1** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-8** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Normal** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **4 HA 16** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **4 cm**

Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S2** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-6** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Traces d'oxydation sans réduction de section** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **3 cm**
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S3** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-4** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Normal** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **3 cm**

L.P.E.F.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S4** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-4** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Normal** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **6 HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **2.5 cm**
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S5** Poteau Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-7** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Traces d'oxydation sans réduction de section** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **6 HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **3.5 cm**

L.P.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Poutre** Réf saignée : **S6** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-C-9** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Traces d'oxydation sans réduction de section** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **6 HA 20 6 HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **3.5 cm**
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Dalle pleine** Réf saignée : **S7** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-C-9-10** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Normal** Ferraillage mis à nu par le sondage : **Inf : HA 10** **Sup : HA 10** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **2 cm**

L.P.E.F.
Tél. 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **ETAGE** Nature d'élément : **Dalle plein** Réf saignée : **S8** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : D-E-9-10** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Normal** Ferraillage mis à nu par le sondage : **Inf : HA 10** **Sup : HA 10** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **2 cm**
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S9** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-C-9-10** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Normal** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **2.5 cm**

L.P.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S10** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-3** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Traces d'oxydation sans réduction de section** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **6 HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **1 cm**
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S11** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-3** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Traces d'oxydation sans réduction de section** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **4 cm**

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S12** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : E-8** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Normal** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **4 cm**
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poteau** Réf saignée : **S13** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-8** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Normal** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **2.5 cm**

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Traçabilité du sondage	Illustrations photographiques	Résultats de l'examen
Niveau : **RDC** Nature d'élément : **Poutre** Réf saignée : **S14** Repérage de la saignée dans l'élément : **Axe : B-C-9** Méthode de reconnaissance : **Pachométrie et Sondage destructifs**		**CONSTAT :** • Etat visuel des aciers : **Traces d'oxydation sans réduction de section** • Ferraillage longitudinal mis à nu par le sondage : **HA 20** • Ferraillage transversal au droit de la zone sondée : **HA 06** • Enrobages mesurés au droit de la zone sondée : **2 cm**

Analyse et commentaires :

Les sondages réalisés sur les aciers enrobés montrent les résultats suivants :

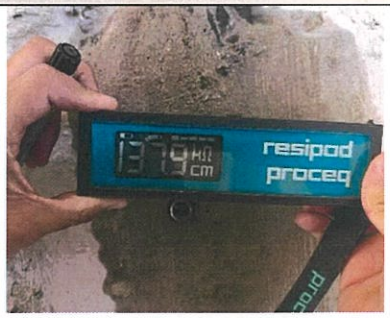
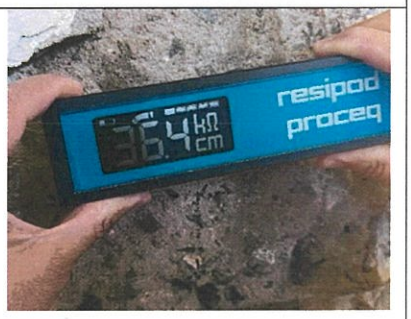
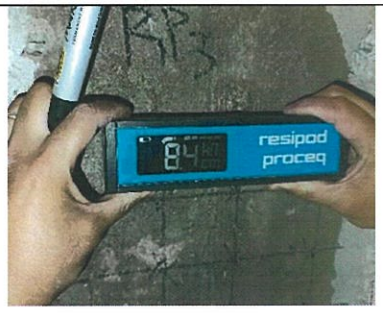
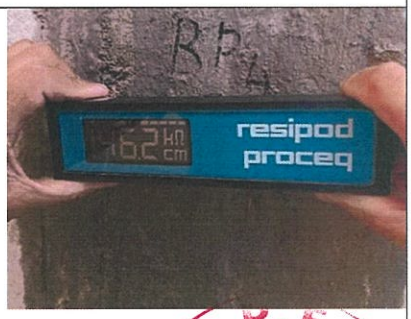
- Présence, par zones, d'épaisseurs d'enrobage très faibles ;
- Les aciers présentent, généralement, un état satisfaisant. Malgré la présence de traces d'oxydation sur certaines armatures, elles ne présentent pas de réduction en leurs sections utiles ;
- Les armatures sont de type haute adhérence HA400.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

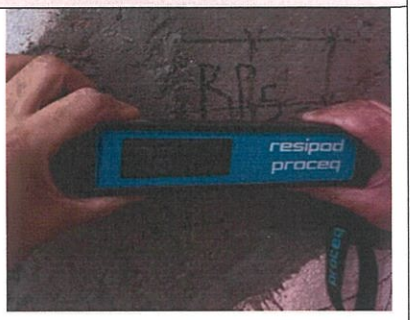
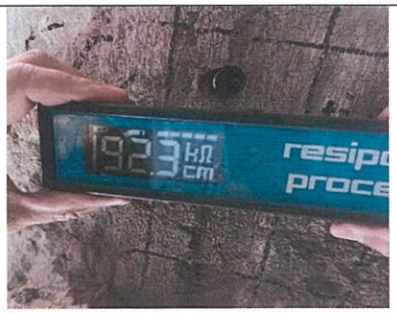
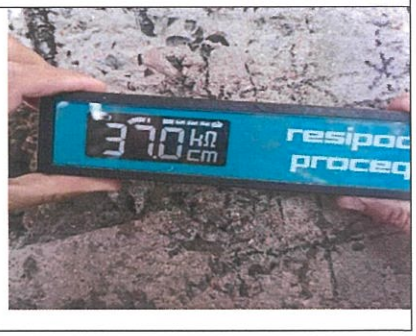
VII.3. Evaluation de la résistivité des bétons :

Des tests de mesures de la résistivité de béton ont été réalisés sur un échantillonnage d'éléments porteurs.
Le repérage des éléments testés est consigné dans **l'annexe N°7** du présent rapport.
Les résultats sont présentés dans le tableau, ci-après :

.

Type élément	Niveau	Référence	Valeur mesurée de la résistivité	Estimation de la probabilité de corrosion	Illustrations photographiques
Poteau	RDC	Re 1	137.9	Risque modéré	
Poteau	RDC	Re 2	36.4	Risque élevé	
Poteau	RDC	Re 3	8.4	Risque élevé	
Poteau	RDC	Re 4	146.2	Risque modéré	

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Type élément	Niveau	Référence	Valeur mesurée de la résistivité	Estimation de la probabilité de corrosion	Illustrations photographiques
Poteau	RDC	Re 5	76.1	Risque élevé	
Poteau	RDC	Re 6	192.3	Risque modéré	
Poteau	RDC	Re 7	140.1	Risque modéré	
Poteau	RDC	Re 8	37.0	Risque élevé	

Analyse et commentaires :

Les essais réalisés montrent, généralement, un risque modéré de corrosion ; ces résultats sont cohérence avec la carbonatation des bétons d'enrobage et s'expliquent, essentiellement, par le vieillissement naturel lié à l'age de la structure.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

IX. VERIFICATIONS DE CAPACITE PORTANTE :

Objectif :

Compte tenu de l'épaisseur trop faible de dalle et du projet envisagé (création d'ouvertures), il a été procédé à une évaluation de la capacité portante de la structure. Cette évaluation consiste à vérifier un échantillon d'éléments critiques en se basant sur les charges et les règlements de calcul en vigueur. Il est très important de souligner que la structure ne manifeste, actuellement, aucun signe de défaut de capacité portante (pas de fissures critiques, pas de fléchissement excessif visible).

IX.1. Hypothèses de calcul :

Les hypothèses considérées pour l'évaluation sont présentées ci-après :

HYPOTHESES DE CALCUL	
REGLEMENTS DE CALCUL & NORMES DE CHARGES	
Béton armé	BAEL 91 modifié 99
Charges permanentes	NF P 06 004
Charges d'exploitation	NF P 06 001
DONNEES GEOMETRIQUES & FERRAILLAGES DES STRUCTURES	
Plan de coffrages de la superstructure	Reconstitué par LPEE
Ferraillages des structures	Relevée par LPEE
DONNEES DES MATERIAUX	
BETON	
Résistance caractéristique, estimé, à la compression (en MPa)	16
Résistance caractéristique à la traction (en MPa)	1,56
Coefficient de Poisson	0,2
Masse volumique en Kg/m3 (estimé)	2200
ACIER	
Nuance	HA400
Limite d'élasticité	400 MPa
TYPE DE FISSURATION : PEU PREJUDICIABLE	
CONTRAINTES LIMITES EN SERVICE	
BETON	10 MPa
ACIER	400 MPa

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

HYPOTHESES DE CALCUL		
COMBINAISONS DE CALCUL PRIS EN COMPTE		
G : charges permanentes Q : charges d'exploitation		
ETAT LIMITE ULTIME	1,35G + 1,5Q	
ETAT LIMITE DE SERVICE	G+Q	
TABLEAU DES CHARGES		
	Type	Valeur
CHARGES PERMANENTES		
Surfaciques	Etanchéité toiture	0,35 T/m²
	Charges des gradins en extrados et revêtements en intrados du plancher haut du rez de chaussée	0,35 T/m²
CHARGES D'EXPLOITATION		
Surfaciques	Plancher terrasse	0,1 T/m²
	Amphithéâtre (plancher haut du rez de chaussée)	0,35 T/m²

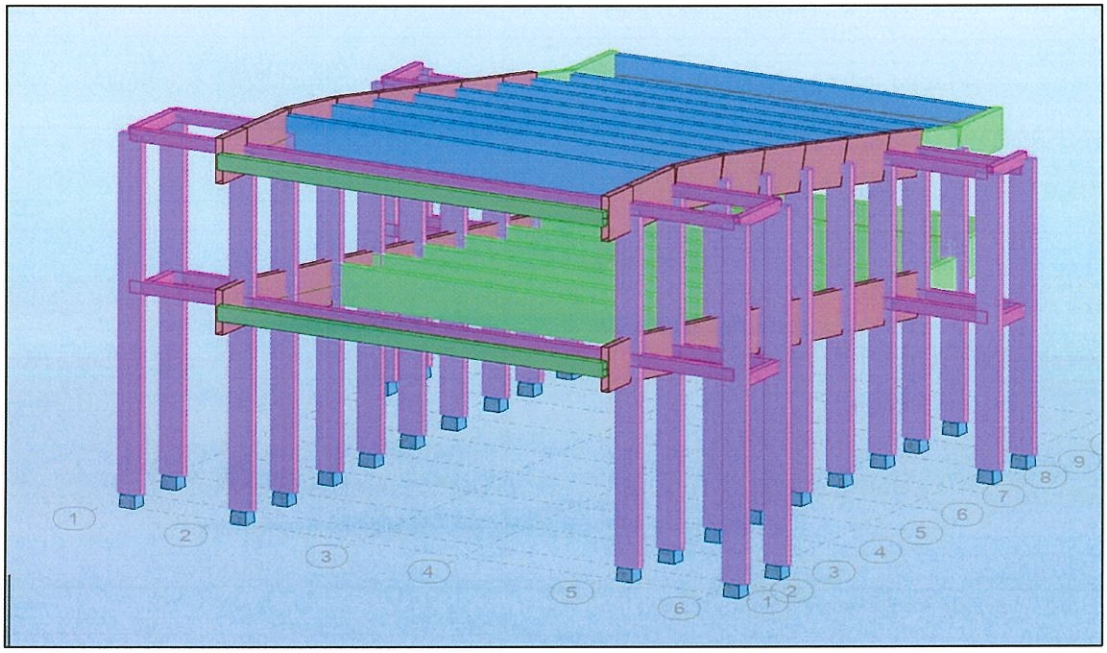
IX.2. Nature des vérifications effectuées :

La vérification de capacité portante a concerné les poteaux du rez de chaussée. Elle a porté sur la comparaison entre les efforts sollicitants et les efforts résistants.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

IX.3. Résultats :

Modèle de calcul :



Modélisation de la structure sur le logiciel ROBOTBAT

Résultats de vérifications des poteaux :

Pour la vérification des poteaux, nous avons comparé les efforts normaux aux pieds des poteaux aux efforts résistants calculés en adoptant plusieurs valeurs de résistances :

- Cas 1 : résistance caractéristique normalisée au sens de l'EN 13791 (2021),
- Cas 2 : résistance (supposée) de 18 MPa,
- Cas 3 : résistance (supposée) de 18 MPa,
- Cas 4 : résistance (supposée) de 22 MPa,
- Cas 5 : résistance (supposée) de 25 MPa,

L'objectif est d'évaluer le coefficient de sécurité ELU des poteaux (rapport entre effort sollicitant et effort résistant) pour plusieurs valeurs de résistances.

Résistance adoptée du béton	Effort normal résistant en Tonnes	Taux de travail $\frac{Fx_{sollicitant}}{Fx_{résistant}}$
16	330,7	75,01%
18	364,12	68,12%
20	397,54	62,40%
22	430,97	57,56%
25	481,11	51,56%

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Les vérifications effectuées montrent que, pour la résistance caractéristique calculée à partir des résultats des essais sur carottes, la capacité portante des poteaux représente 125 % des sollicitations de calcul, soit un rapport capacité/sollicitation égal à 1,25. Pour une résistance de référence de 25 MPa, ce rapport atteint 1,52, correspondant à une capacité portante représentant 152 % des sollicitations de calcul.

Compte tenu des résistances à la compression mesurées in situ sur les carottes, comprises entre 16 MPa et 42 MPa, le cas le plus défavorable, correspondant à la résistance caractéristique calculée, conduit ainsi à une capacité portante supérieure aux sollicitations de calcul. Cette situation demeure rassurante quant à la marge de sécurité disponible pour les poteaux dans les conditions actuelles d'exploitation de l'ouvrage et au regard des hypothèses de calcul retenues.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

PARTIE III : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'EXPERTISE

X. CONCLUSIONS DE L'EXPERTISE :

A la demande du président de l'université Mohammed premier-Oujda, le Centre Scientifique et Technique des Constructions (C.S.T.C.) du Laboratoire Public d'Essais et d'Études (L.P.E.E.) a procédé, au cours des mois juin et juillet de l'année 2026, à l'expertise technique de la structure existante de l'amphithéâtre Allal el fassi de la faculté des lettres et des sciences humaines de l'université Mohammed premier-Oujda.

Au terme des investigations réalisées, l'ouvrage présente un état global de conservation et de fonctionnement structurel jugé satisfaisant. Les examens visuels effectués n'ont pas mis en évidence de signes traduisant un défaut de fonctionnement mécanique de la structure, ni d'indices d'une instabilité générale ou d'un mécanisme de ruine en cours.

Les désordres relevés demeurent principalement localisés et sont, pour l'essentiel, liés au vieillissement des matériaux et des dispositifs de protection de l'ouvrage. Ils concernent notamment des ségrégations apparentes sur certains éléments en béton, des traces d'humidité en sous-face du plancher d'étage imputables à une défaillance de l'étanchéité de la toiture, des dégradations ponctuelles associées à la corrosion des armatures avec éclatement localisé du béton d'enrobage, ainsi qu'un vieillissement généralisé des revêtements. Ces désordres nécessitent des actions de maintenance et de réparation ciblées, mais ne traduisent pas, dans l'état actuel des constatations, une altération généralisée du fonctionnement mécanique de l'ouvrage.

Les investigations relatives à l'état des armatures montrent, par ailleurs, un état globalement conservé des aciers, variant d'un aspect sain à la présence de traces d'oxydation localisées, sans réduction notable de section observée lors des ouvertures réalisées. Toutefois, la carbonatation du béton a atteint localement le niveau des armatures et les mesures de résistivité électrique mettent en évidence, dans certaines zones, un risque de corrosion modéré à élevé. Ces résultats justifient la mise en œuvre de mesures de réparation et de protection appropriées afin de limiter l'évolution des phénomènes de corrosion.

Concernant la qualité mécanique des bétons, les résistances mesurées sur carottes sont comprises entre 16 MPa et 42 MPa, pour une résistance moyenne de 24,9 MPa. La résistance caractéristique normalisée déterminée conformément à l'EN 13791:2021, avec un risque statistique de 10 %, est égale à 16 MPa. Cette valeur traduit une hétérogénéité significative des bétons en place et se situe en dessous des

L.P.E.E. Tél : 05 22 54 75 00 Fax : 05 22 30 15 50 190 2, Rue d'Azilal - Casablanca

niveaux couramment associés aux classes de résistance des bétons standards actuellement utilisés. Elle constitue, à ce titre, le principal point de vigilance de l'expertise et doit être prise en considération dans toute appréciation ultérieure de la capacité portante, notamment en cas de modification des charges, de changement d'usage, de surélévation ou de travaux affectant le système porteur.

Il convient toutefois d'interpréter cette valeur dans le contexte global de l'ouvrage. La résistance mesurée traduit l'état des bétons effectivement en place, après plusieurs années de service, et ne peut être appréciée indépendamment de l'âge de la construction, de la dispersion des résultats et du comportement réel observé de la structure. En l'état, aucune manifestation apparente de défaillance mécanique généralisée n'a été relevée lors des inspections. De plus, les vérifications numériques réalisées aux états limites montrent que la capacité portante ultime des éléments verticaux demeure supérieure aux sollicitations de calcul retenues, ce qui confirme, dans le cadre des hypothèses adoptées pour la modélisation, l'existence d'une marge de sécurité réglementaire.

Ainsi, l'état global de l'ouvrage peut être considéré comme satisfaisant au regard des constatations réalisées et de son fonctionnement structurel actuel, sous réserve de la prise en charge des désordres localisés identifiés et de la mise en œuvre d'actions de maintenance et de réparation adaptées. La résistance caractéristique normalisée de 16 MPa, associée à l'hétérogénéité des bétons, demeure néanmoins la principale réserve technique à retenir. Elle devra faire l'objet d'une attention particulière dans toute étude ultérieure portant sur l'évolution de l'ouvrage, l'augmentation des charges ou la modification de ses conditions d'exploitation.

XI. RECOMMANDATIONS DE L'EXPERTISE :

Absence de nécessité de renforcement structurel dans les conditions actuelles d'exploitation

En l'état des investigations réalisées, et compte tenu :

- de l'absence de signes apparents traduisant un défaut de fonctionnement mécanique généralisé de la structure ;
- de l'absence d'indices d'instabilité générale ;
- des résultats des vérifications numériques réalisées aux états limites ;
- de la capacité portante ultime calculée des éléments verticaux, supérieure aux sollicitations de calcul retenues ;

aucun renforcement structurel généralisé des éléments en béton armé n'apparaît nécessaire pour le maintien de l'exploitation du bâtiment dans ses conditions actuelles, sous réserve du respect des hypothèses de charges, d'usage et de configuration retenues dans le cadre de la présente expertise.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

La résistance caractéristique normalisée de **16 MPa**, bien qu'inférieure aux valeurs couramment retenues pour des bétons standards, ne constitue donc pas, dans les conditions actuelles d'exploitation et au regard des vérifications réalisées, un motif suffisant pour imposer à elle seule un renforcement généralisé de la structure.

Cette conclusion est toutefois directement liée au maintien de la configuration et des conditions d'exploitation actuelles du bâtiment. En cas de :

- *changement d'usage ou d'affectation des locaux ;*
- *augmentation des charges permanentes ou d'exploitation ;*
- *modification de la configuration structurale ;*
- *création d'ouvertures ou suppression d'éléments porteurs ;*
- *surélévation ou extension du bâtiment ;*
- *modification significative du système de toiture ou d'autres éléments susceptibles d'accroître les sollicitations ;*

une nouvelle évaluation de la structure devra être réalisée préalablement à la réalisation des travaux envisagés. Cette réévaluation devra tenir compte des nouvelles sollicitations, de la résistance effectivement mobilisable des matériaux et des éventuelles conséquences de la dispersion des résistances mesurées. Le cas échéant, les renforcements structurels nécessaires devront alors être définis et dimensionnés sur la base de cette nouvelle configuration.

LES TRAVAUX DE REHABILITATION RECOMMANDES COMPRENNENT :

- Travaux de traitement des défauts de bétonnage (ségrégations) affectant les poteaux ;
- Travaux de réparation des bétons affectés par les dégradations de corrosion des armatures ; ce traitement doit être précédé de la dépose de tous les faux plafonds ou revêtements dissimulant la structure ;
- Travaux de réparation des désordres affectant la maçonnerie de remplissage (fissures, dégradations),
- Travaux de reprise intégrale de l'étanchéité des toitures et du système d'évacuation des eaux pluviales ;
- Travaux de réparation des enduits dégradés ;
- Travaux de renouvellement généralisé des peintures ;
- Et autres travaux d'embellissement éventuel entrant dans l'aménagement projeté par le maitre d'ouvrage.

Au regard de l'état de carbonatation des bétons d'enrobage observé lors de l'expertise, il est recommandé de mettre en œuvre des revêtements de protection appropriés (enduits et peintures) présentant des caractéristiques de durabilité et d'imperméabilité adaptées. Ces dispositions visent à réduire la pénétration des agents agressifs, à ralentir les phénomènes de dégradation du béton armé et à garantir une meilleure pérennité de la structure.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Les descriptifs techniques des travaux recommandés sont joints en annexe n°8.

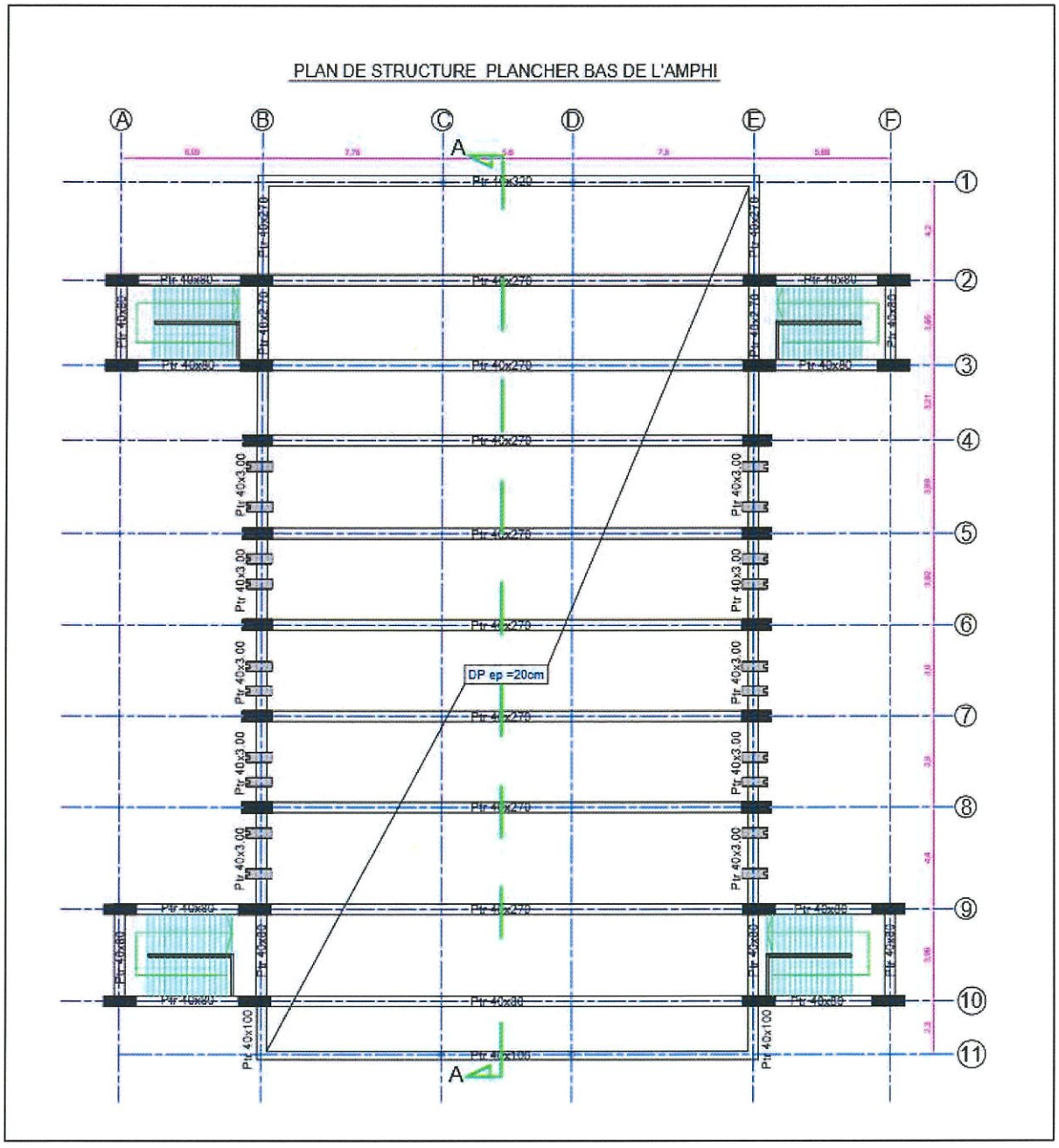
N.B : *Le caractère particulier des travaux de réhabilitation sur l'ouvrage, associé aux incertitudes inhérentes à l'état réel de la structure,* ***rend nécessaire l'intervention d'un organisme agréé ou d'un expert qualifié pour assurer le suivi technique des travaux****. Cette assistance est indispensable afin de garantir la conformité des interventions aux prescriptions de l'expertise, la qualité de leur exécution ainsi que la pérennité de l'ouvrage après réhabilitation.*

……FIN DE TEXTE

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal-Casablanca

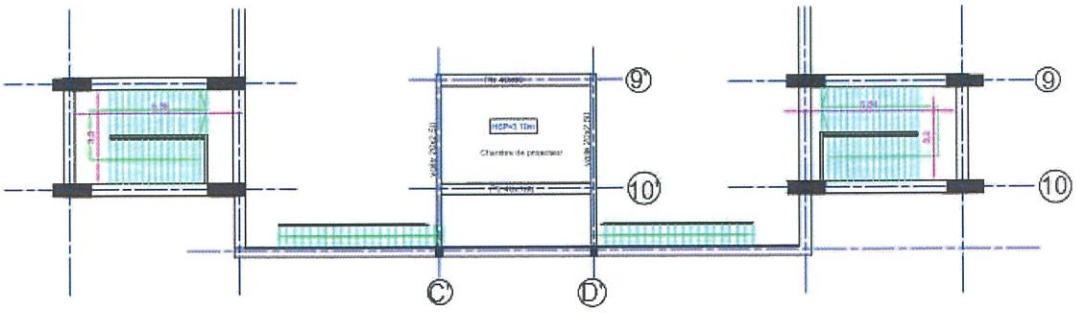
ANNEXES

Annexe -1- PLAN DE STRUCTURE EXISTANTE

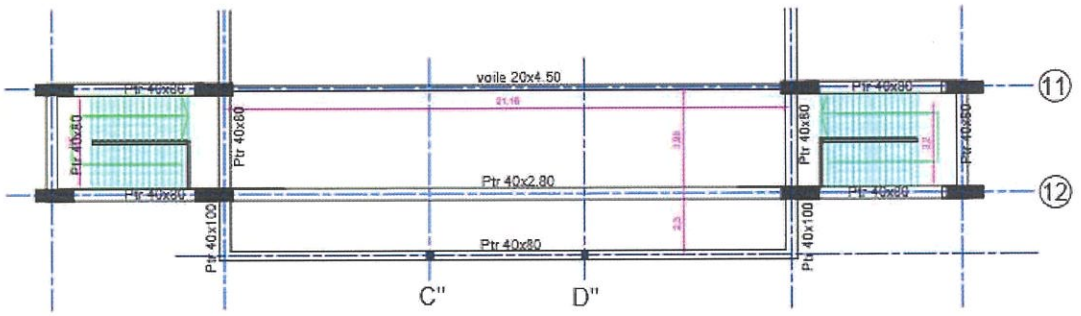


L.P.E.
Tél :
05 22 54 75 00
Fax :
05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

PLAN DE STRUCTURE PLANCHER HAUT DE LOCAL TECHNIQUE

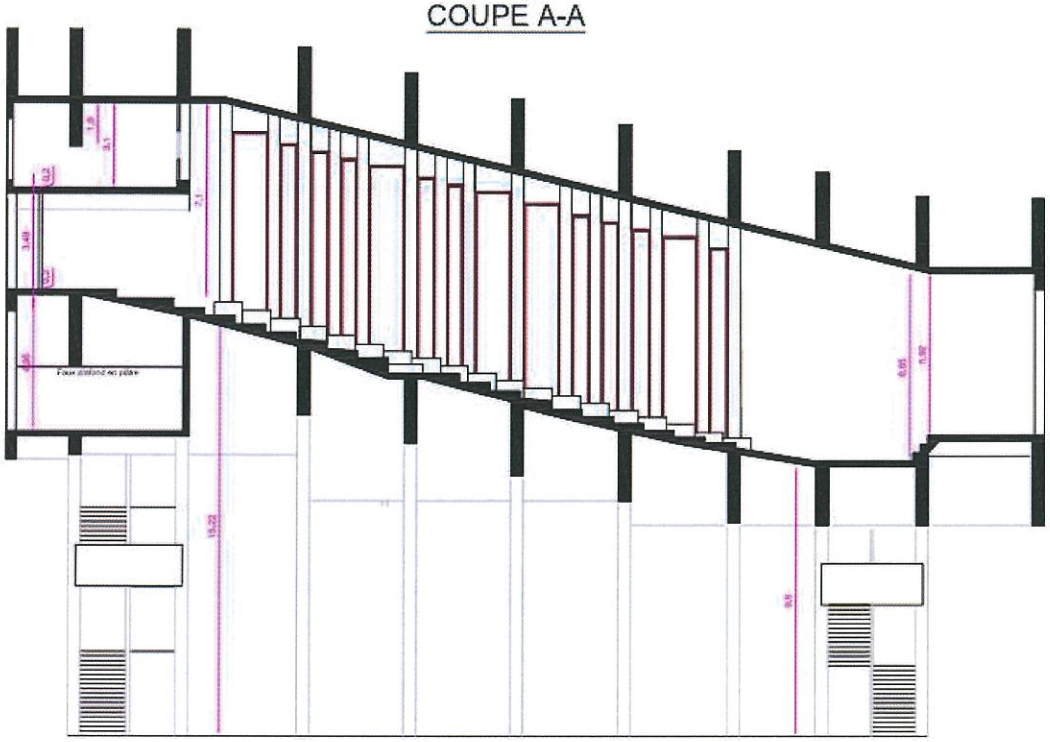


PLAN DE STRUCTURE PLANCHER HAUT DE LOCAL THEATRE



L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

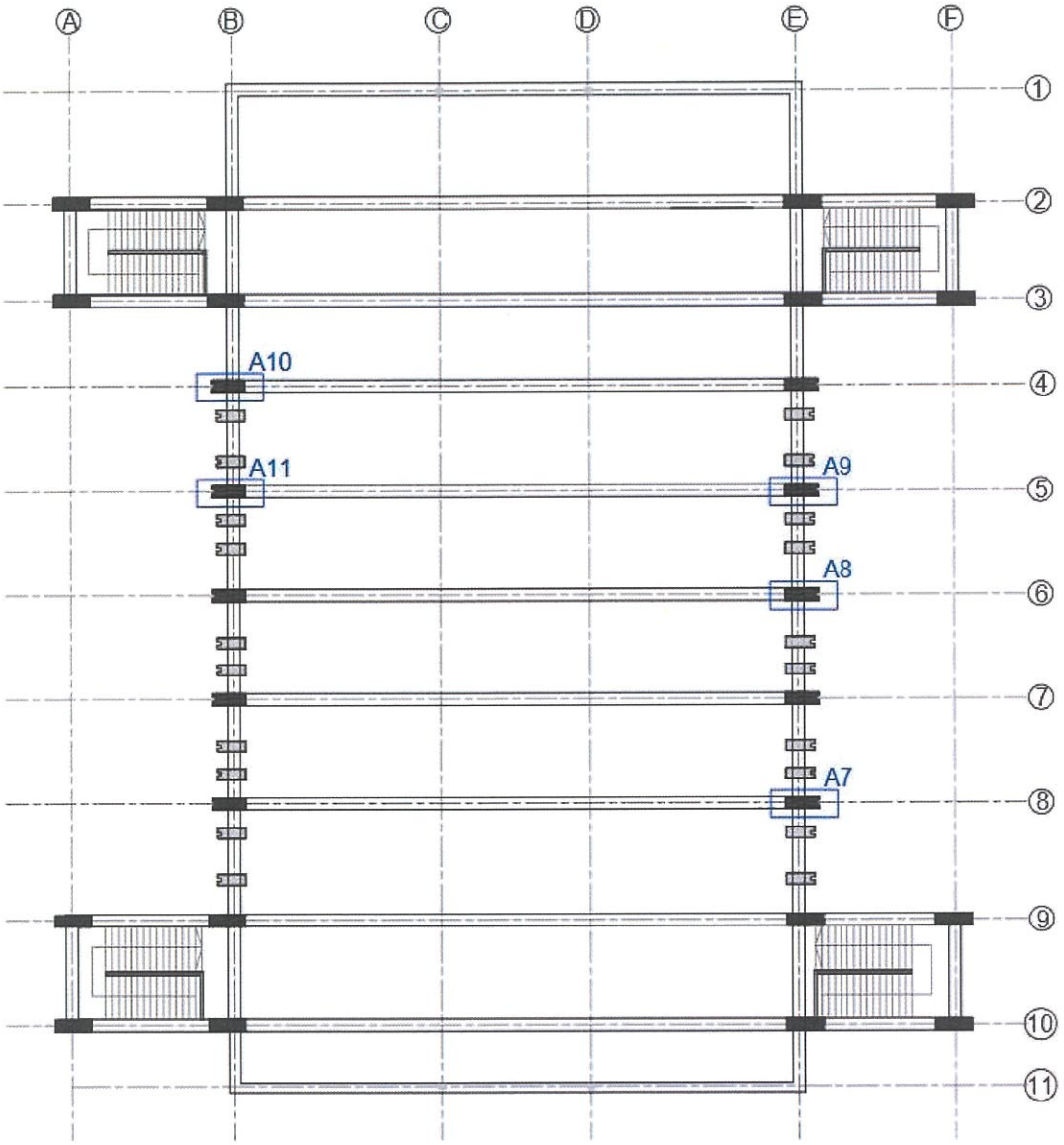
COUPE A-A



L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Annexe -2- PLAN DE REPERAGE DES ESSAIS SONIQUES

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau: Etage

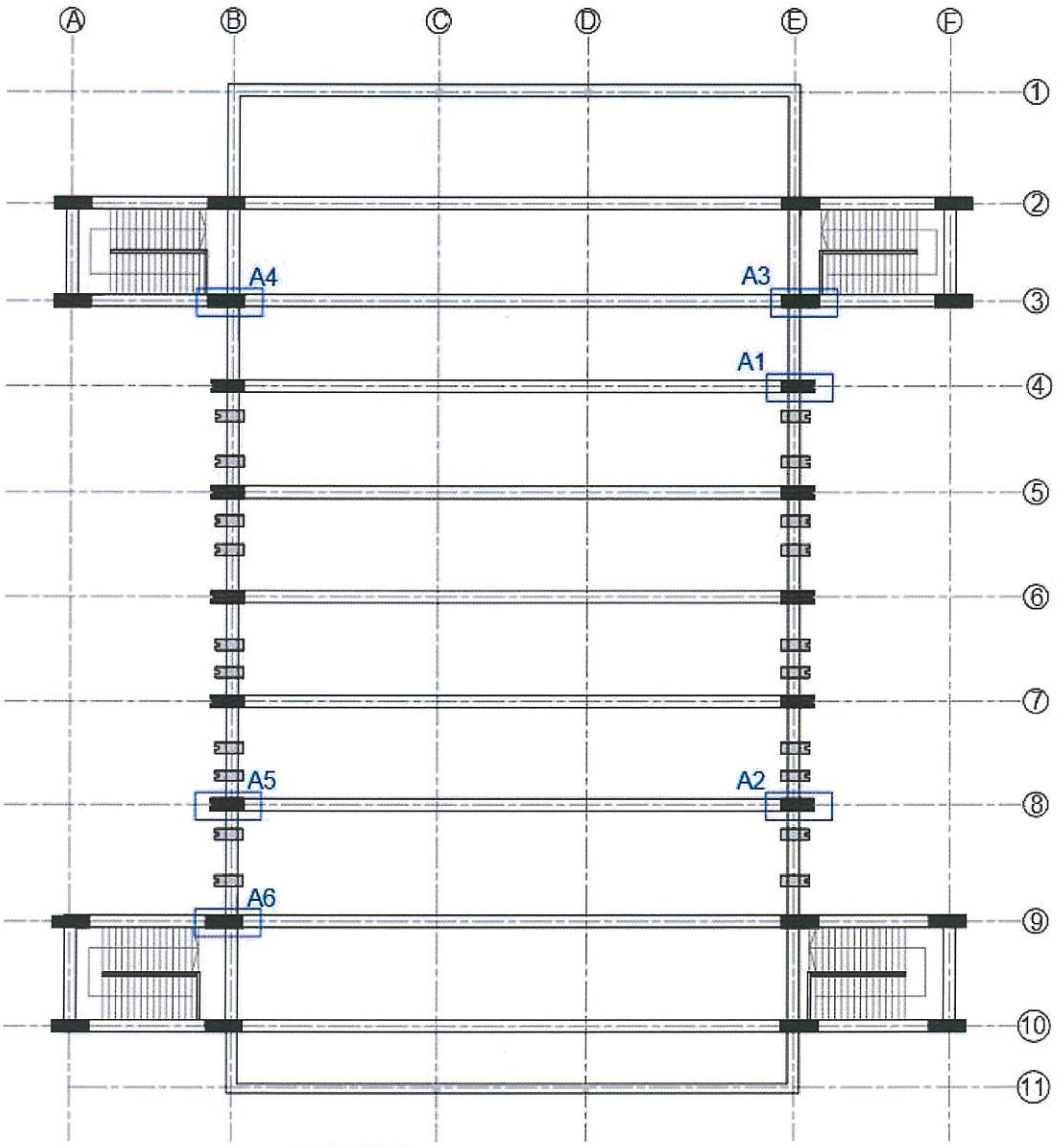


LEGENDE:

A
: Poteau ausculté auscultation dynamique

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal . Casablanca

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau : Rez-de-chaussée



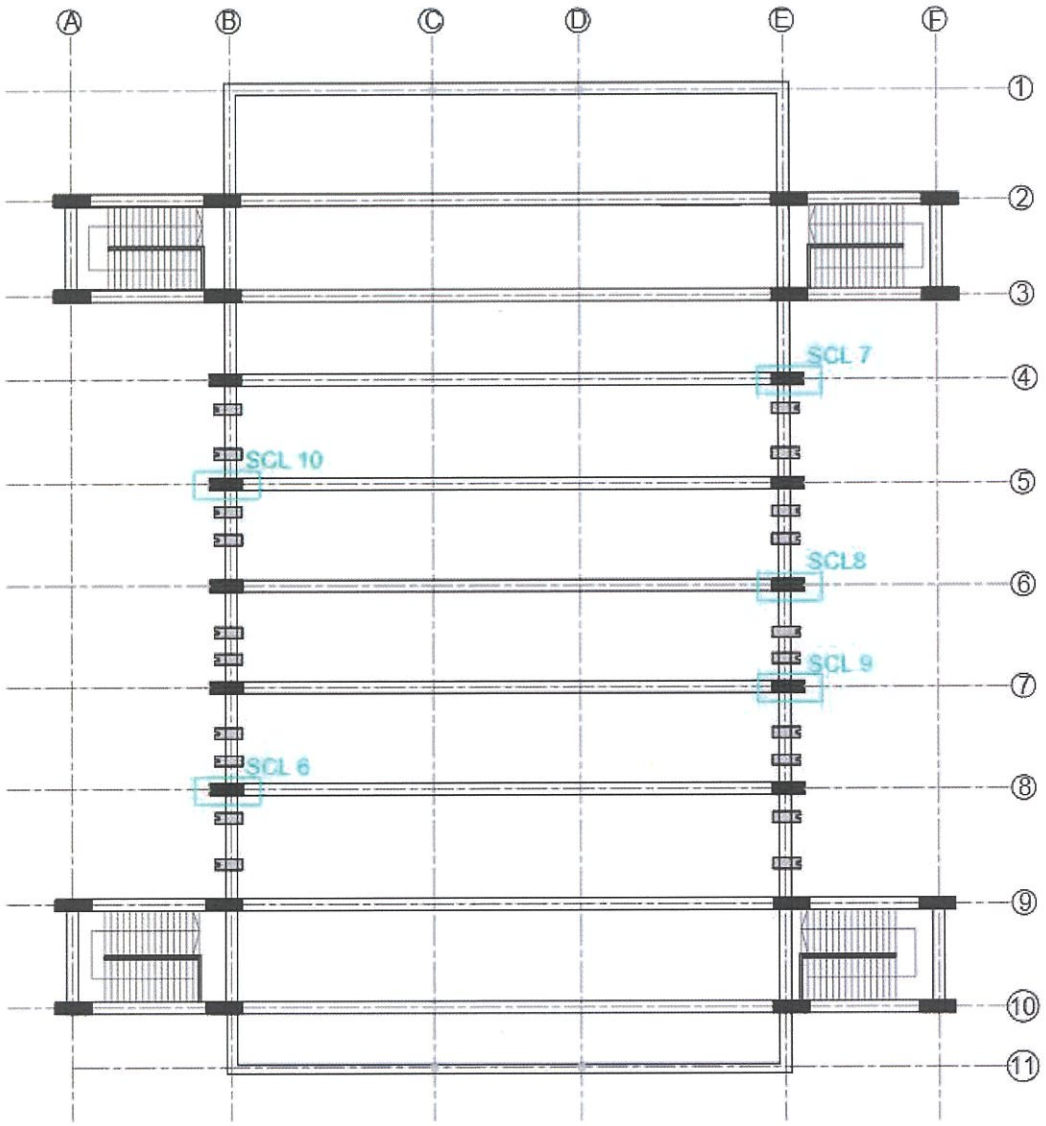
LEGENDE:

A : Poteau ausculté auscultation dynamique

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Annexe -3-PLAN DE REPRAGE DES ESSAIS SCLEROMETRIQUES

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau: Etage

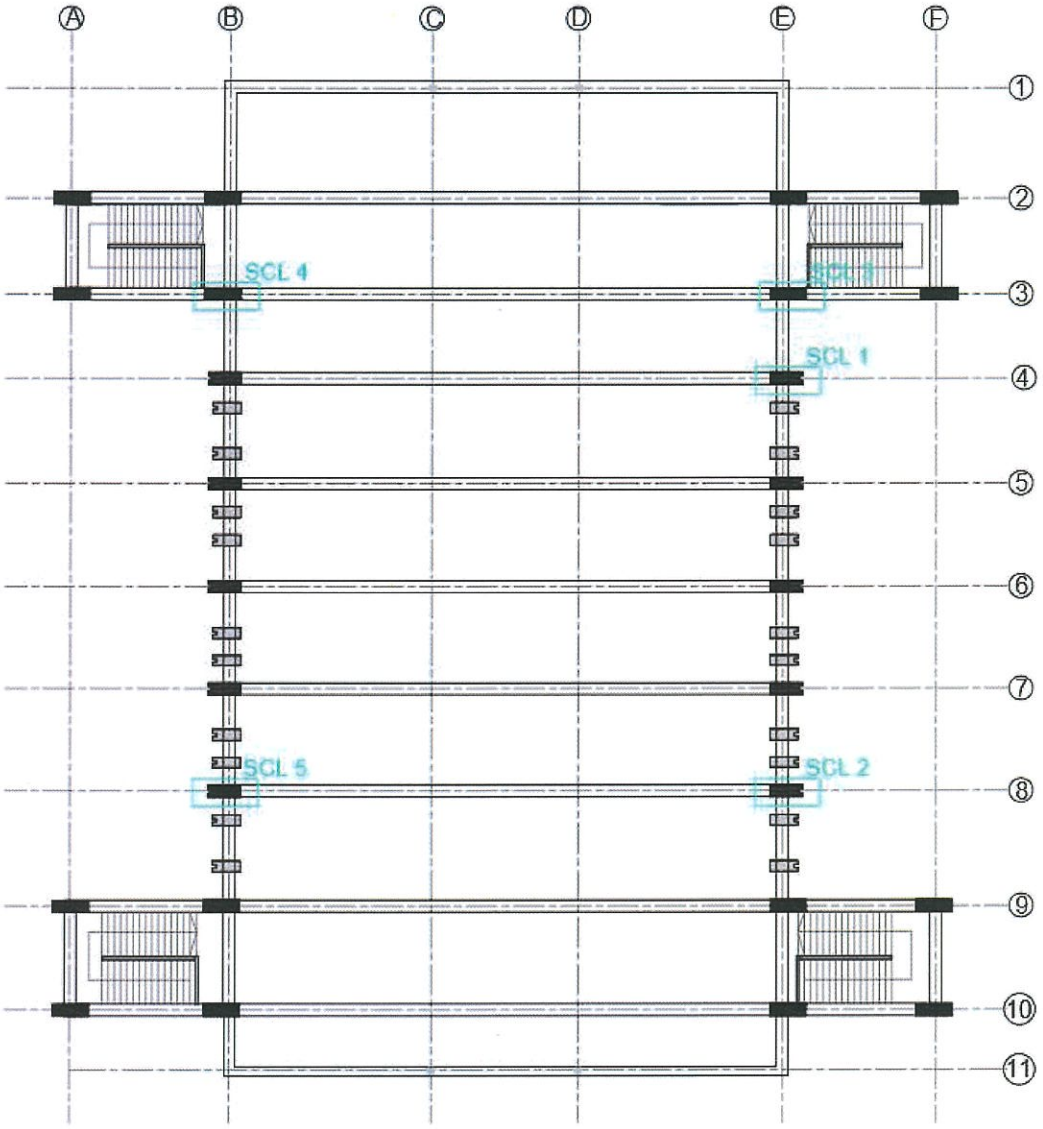


LEGENDE:

SCL : Essai sclérométrique

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau : Rez-de-chaussée



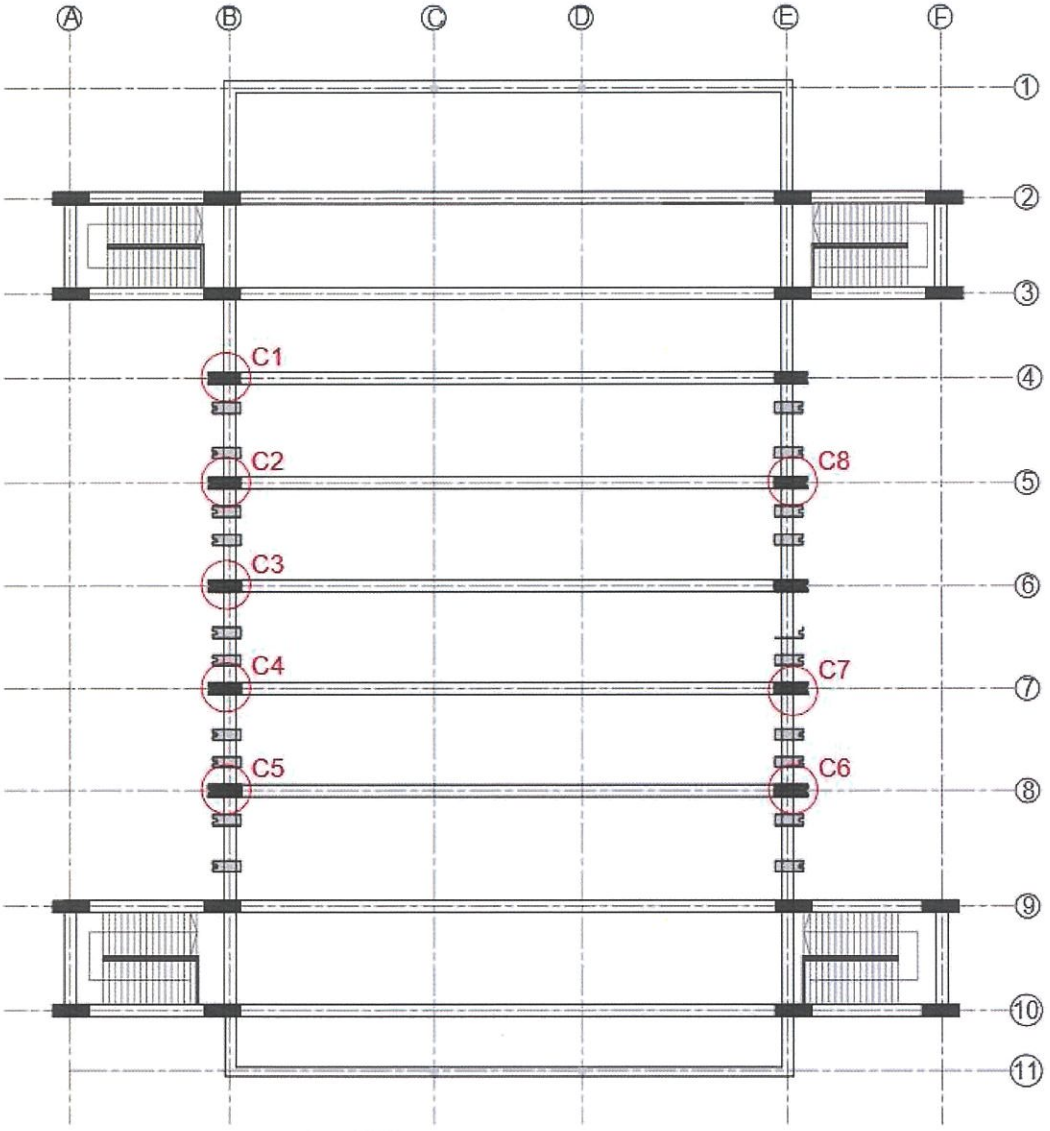
LEGENDE:

SCL : Essai sclérométrique

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Annexe -4-PLAN DE REPERAGE DES CAROTTAGES MECANIQUES

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau: Etage

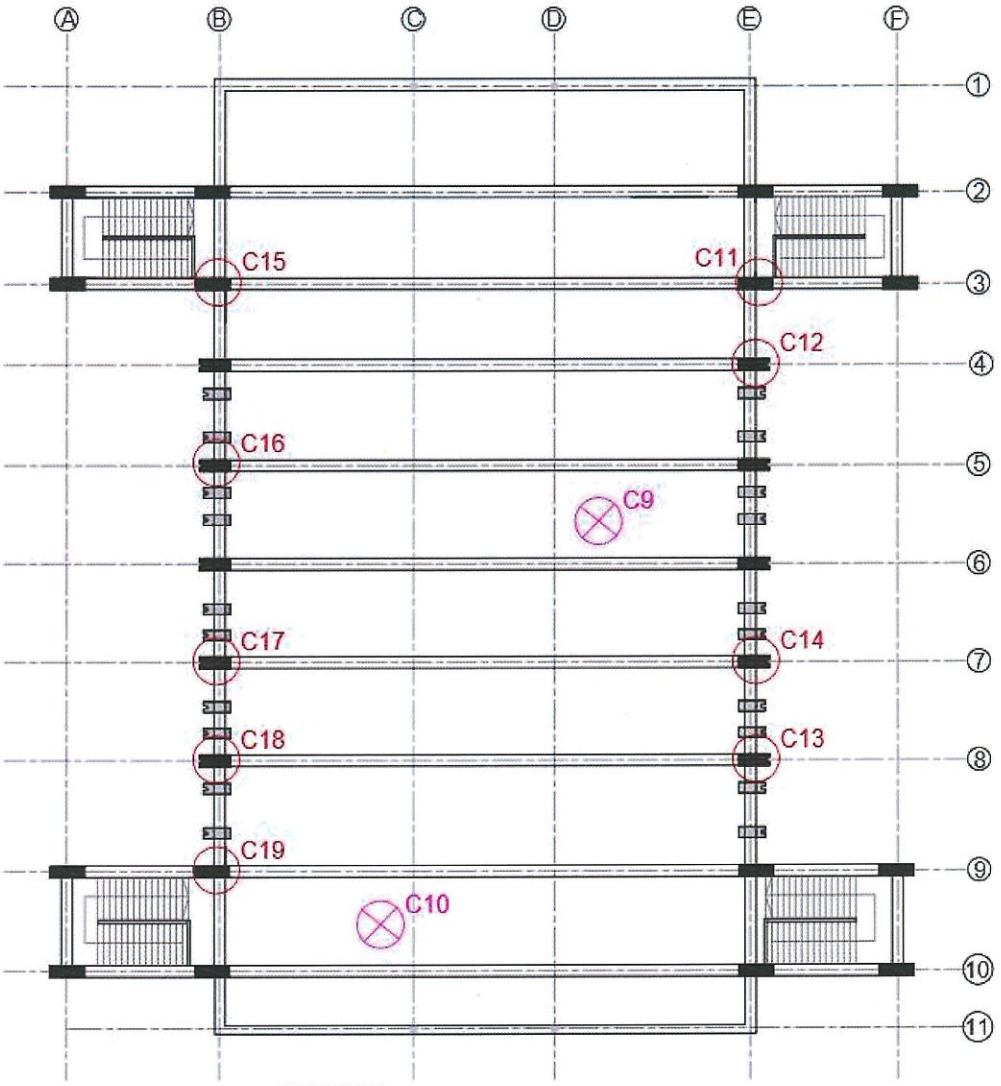


LEGENDE:

C : Prélèvement de carotte sur poteau

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau : Rez-de-chaussée



LEGENDE:

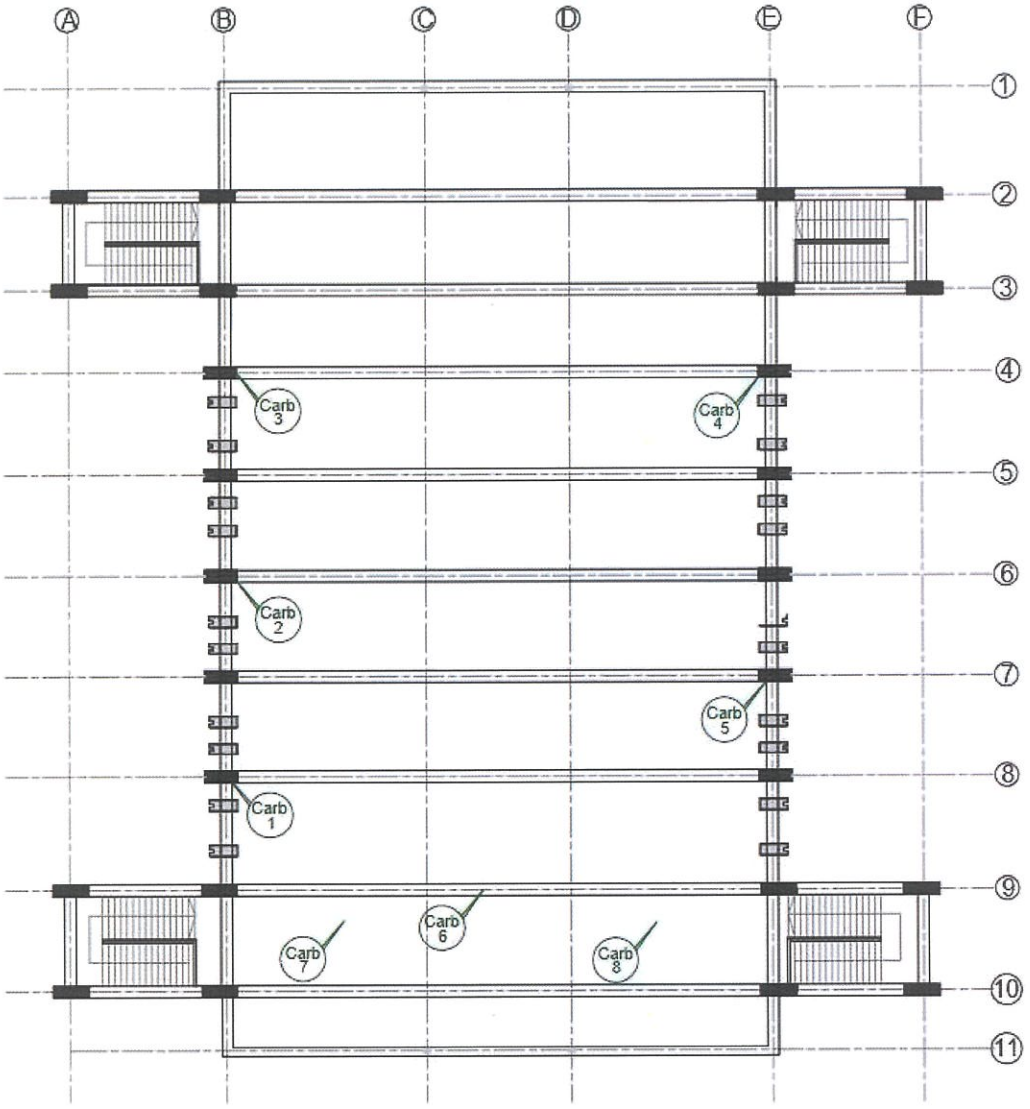
C : Prélèvement de carotte sur poteau

C : Prélèvement de carotte sur dalle plein

L.P.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Annexe -5- PLAN DE REPERAGE DES ESSAIS DE CARBONATATION

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau: Etage

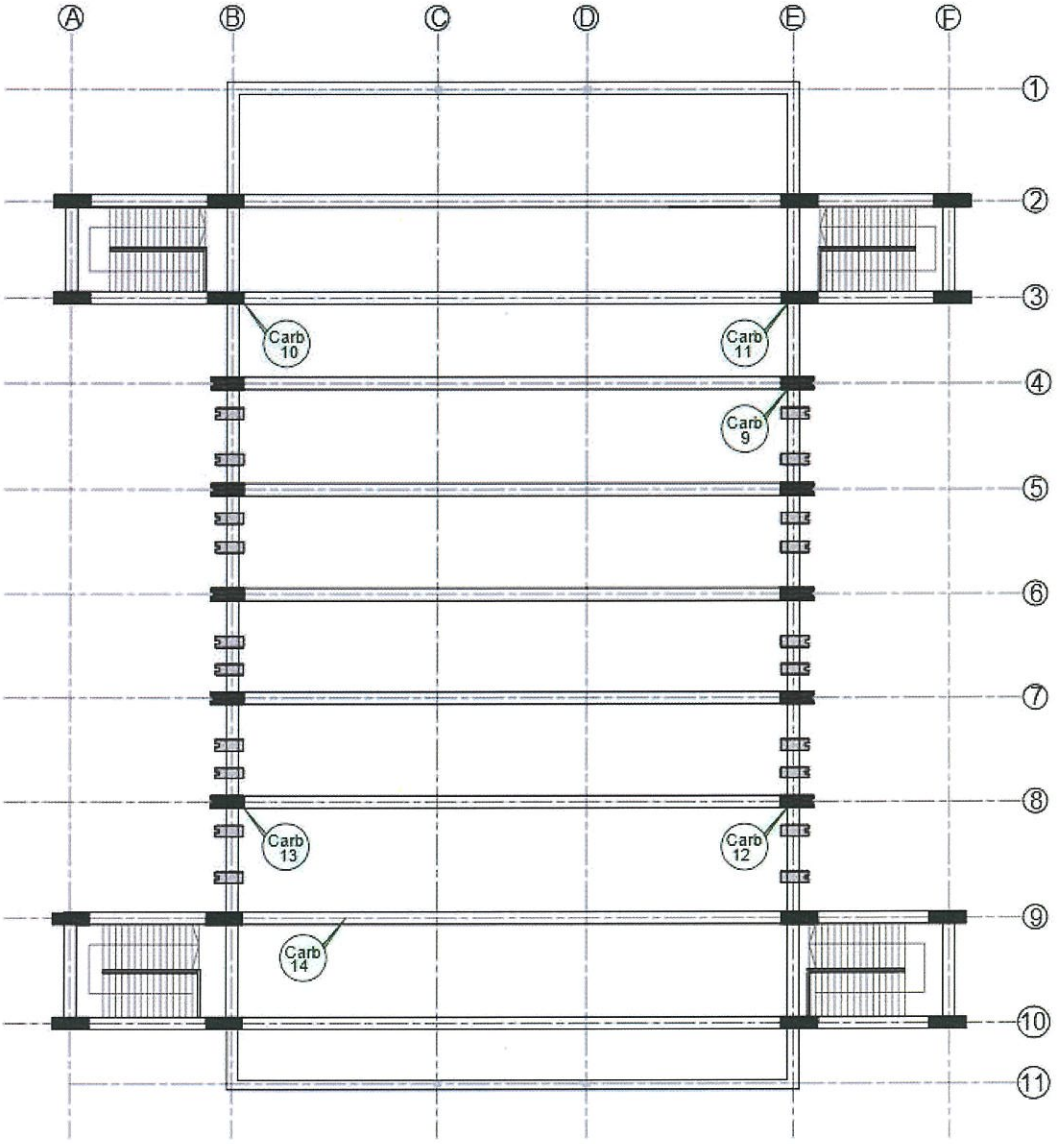


LEGENDE:

Carb :Teste de carbonatation

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau : Rez-de-chaussée



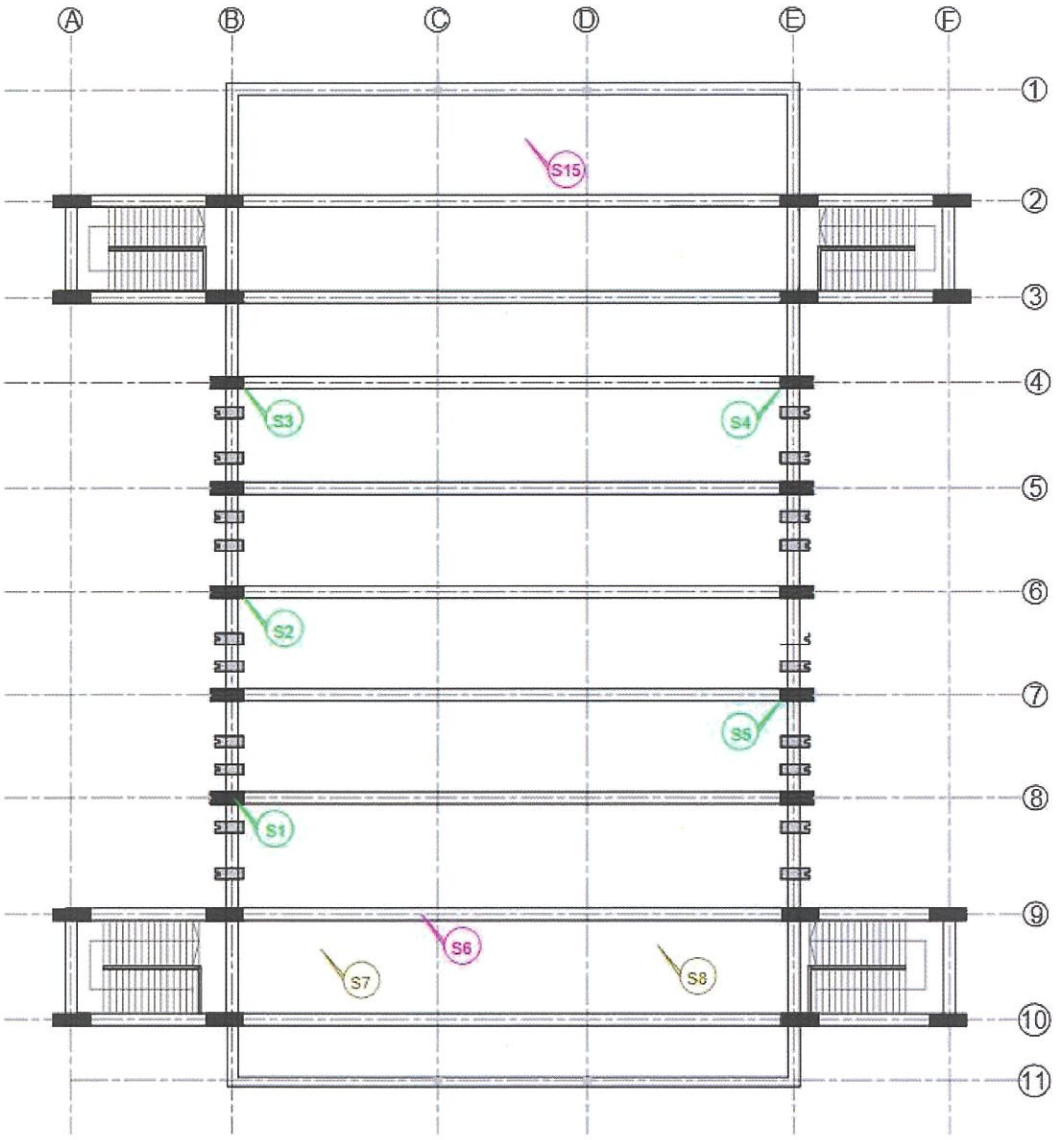
LEGENDE:

Carb :Teste de carbonatation

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Annexe -6-PLAN DE REPERAGE DES SONDAGES DESTRUCTIFS

Plan de repérage des sondages réalisées
Niveau: Etage



LEGENDE:

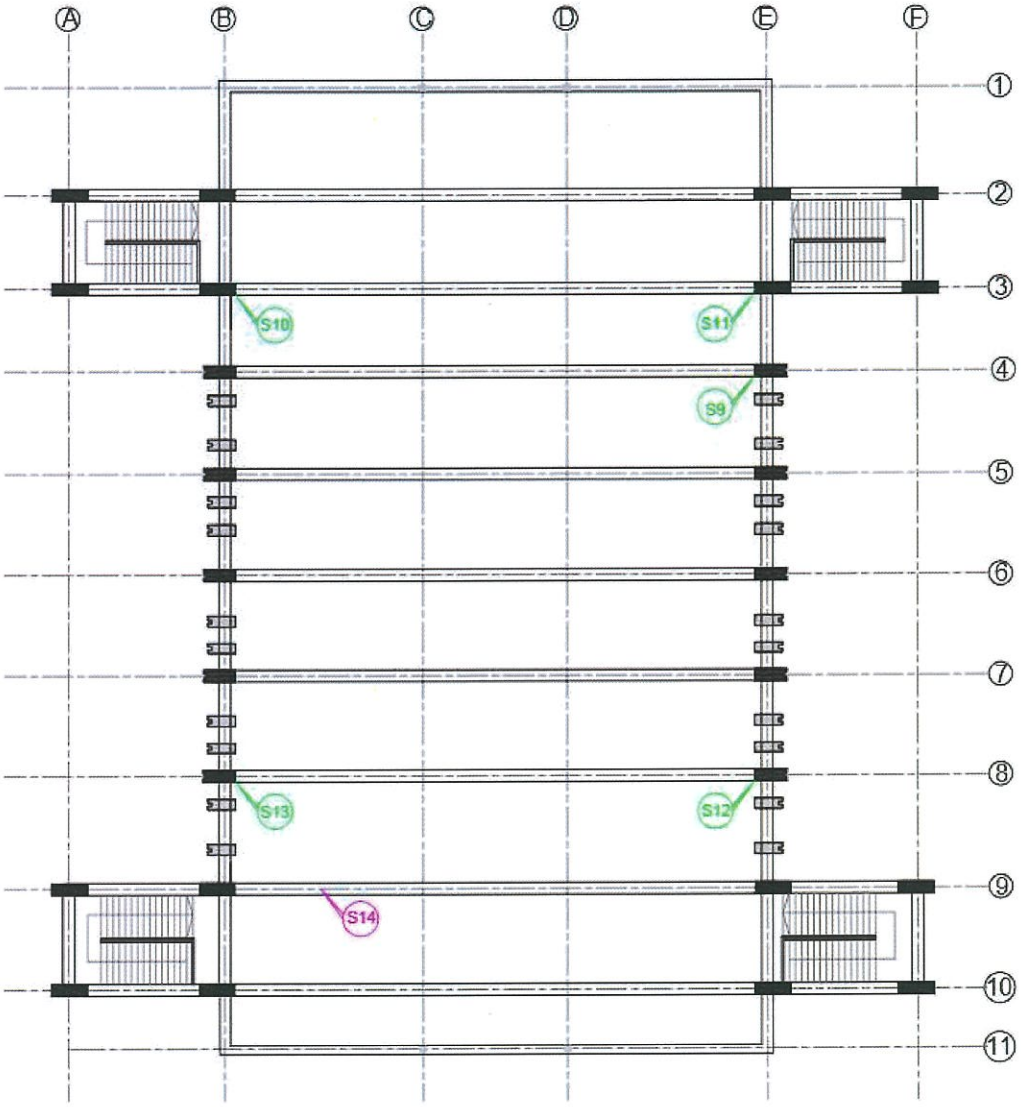
:Sondage réalisé sur poutre

:Sondage réalisé sur poteau

:Sondage réalisé sur dalle plein

-L.P.E.E.-
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Plan de repérage des sondages réalisées
Niveau : Rez-de-chaussée



LEGENDE:

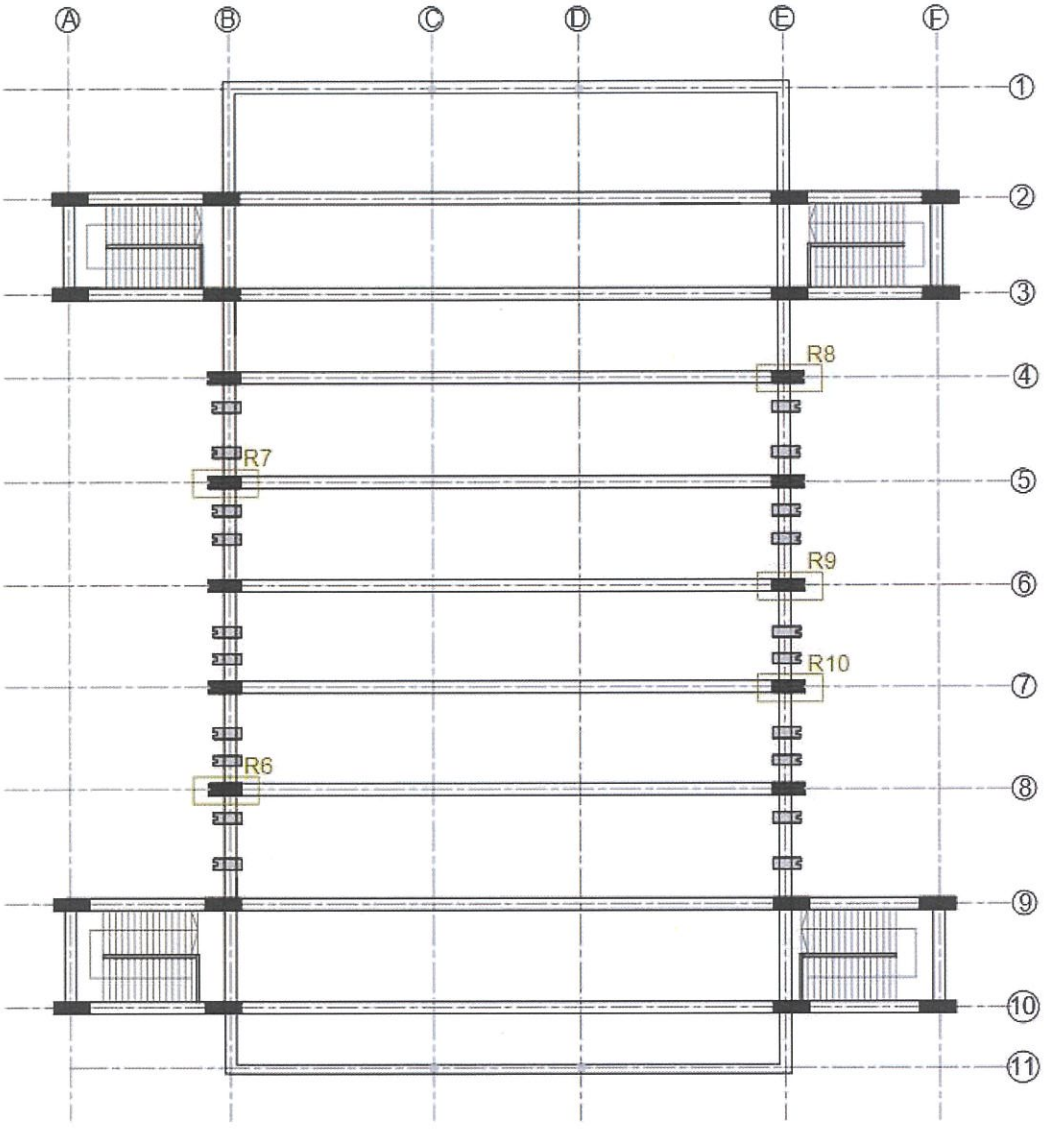
S :Sondage réalisé sur poutre

S :Sondage réalisé sur poteau

L.P.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Annexe -7-PLAN DE REPERAGE DES ESSAIS DE RESISTIVITE

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau: Etage

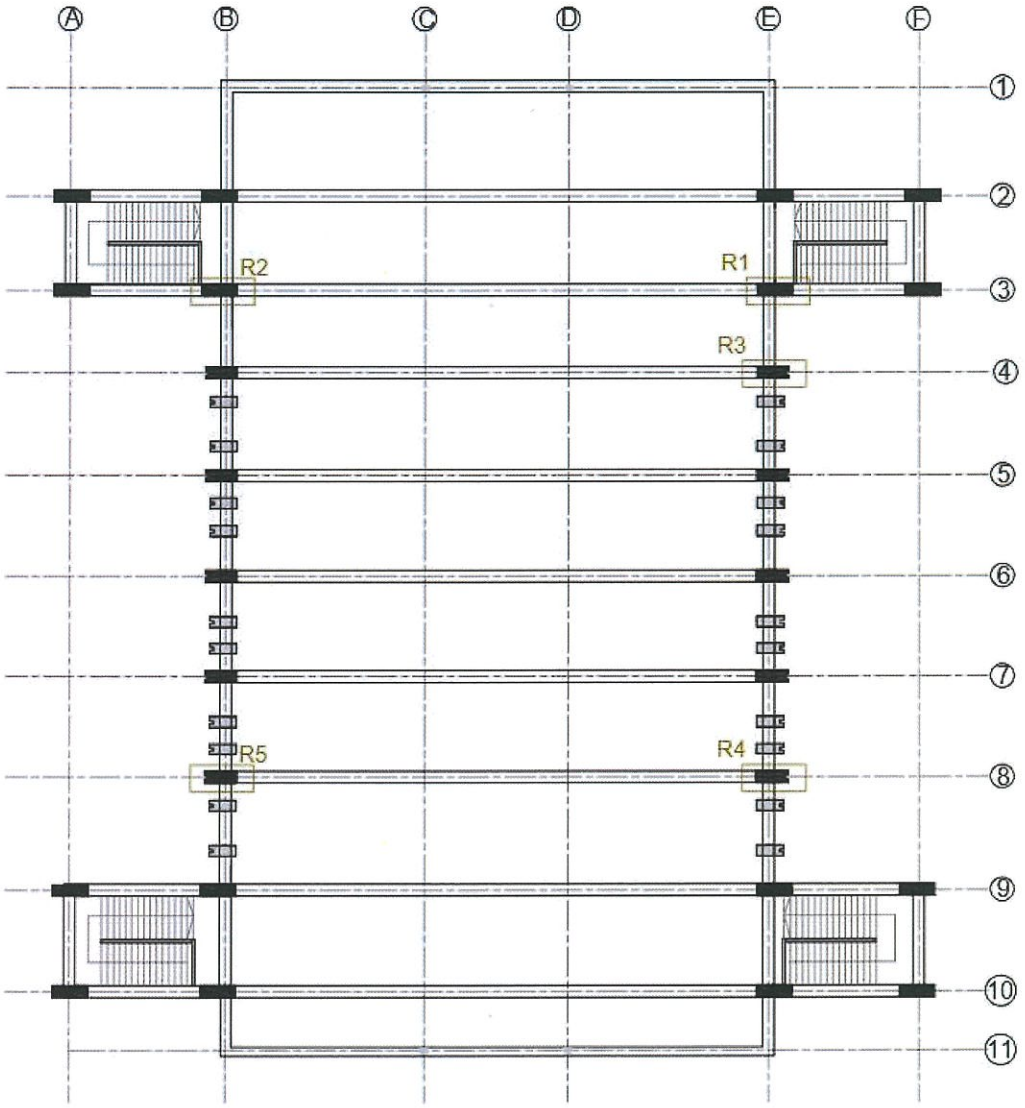


LEGENDE:

R : Teste de résistivité électrique

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal . Casablanca

Plan de repérage des zones d'essais
Niveau : Rez-de-chaussée



LEGENDE:

R
▬ : Teste de résistivité électrique

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

Annexe -8-DESCRIPTIF TECHNIQUE DES TRAVAUX RECOMMANDES :

Travaux de traitement des défauts de bétonnage (ségrégations) affectant les poteaux

Consistance des travaux

Les travaux concernent le traitement de l'ensemble des défauts de bétonnage observés sur les poteaux en béton armé, notamment les nids de cailloux, ségrégations, manques d'enrobage et défauts de compacité susceptibles de compromettre la durabilité ou l'aspect des ouvrages.

Préparation des supports

Avant toute intervention, l'entreprise procédera à :

- L'identification et au marquage des zones dégradées.
- Le purgeage complet des parties non adhérentes, friables ou insuffisamment compactées jusqu'à obtention d'un béton sain.
- Le dégarnissage des zones affectées par burinage manuel ou mécanique léger sans altération des armatures ni du béton conservé.
- Le dépoussiérage soigneux par brossage et soufflage à l'air comprimé exempt d'huile.
- Le nettoyage du support par lavage à l'eau sous pression.
- La saturation préalable du support à refus avant application des produits de réparation, avec élimination de toute eau stagnante.

Réparation

- Application éventuelle d'un coulis ou d'un primaire d'adhérence compatible.
- Reconstitution des volumes manquants par mortier structural de réparation de classe adaptée.
- Dressage et finition des surfaces afin de retrouver la géométrie initiale des éléments.
- Cure des réparations conformément aux prescriptions du fabricant.

Travaux de réparation des bétons affectés par les dégradations dues à la corrosion des armatures

Consistance des travaux

Les travaux comprennent le traitement des zones où le béton présente des éclatements, fissurations ou décollements résultant de la corrosion des armatures.

Préparation des supports

Les opérations préparatoires comprendront :

- Le dépose de tous les revêtements (faux plafonds),
- Le repérage systématique des zones altérées.
- Le piquage du béton dégradé jusqu'au béton sain.
- Le dégagement complet des armatures corrodées sur toute leur périphérie.
- L'élimination totale de la rouille, calamine et produits de corrosion par brossage métallique, sablage ou procédé équivalent.
- L'évacuation de tous les déchets et poussières issus des opérations de préparation.
- Le nettoyage final du support par air comprimé et eau sous pression.

Traitement des armatures

- Contrôle de la section résiduelle des aciers.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal. Casablanca

- Remplacement ou renforcement des armatures lorsque la perte de section est jugée excessive.
- Application d'un passivant anticorrosion sur les aciers préparés.

Réparation du béton

- Application d'un pont d'adhérence si nécessaire.
- Reconstitution des enrobages réglementaires au moyen de mortiers de réparation structuraux.
- Finition et cure des ouvrages réparés.

Travaux de réparation des désordres affectant la maçonnerie de remplissage

Consistance des travaux

Les travaux concernent la réparation des fissures, éclatements, décollements et dégradations observés sur les murs de remplissage.

Préparation des supports

- Dépose des revêtements détériorés à proximité des zones affectées.
- Ouverture des fissures afin de permettre leur traitement.
- Élimination des parties pulvérulentes ou défaillantes.
- Brossage et nettoyage des surfaces.
- Humidification préalable des supports absorbants.

Réparation

Selon la nature des désordres :

- Traitement de fissures moyenna des enduits armés par grillages métalliques ou par couture moyennant des agrafes métalliques en cas d'ouvertures importantes,
- Rejointoiement des maçonneries.
- Remplacement des éléments de maçonnerie dégradés.
- Reconstitution des enduits supprimés lors des travaux.

Travaux de reprise intégrale de l'étanchéité des toitures et du système d'évacuation des eaux pluviales

Consistance des travaux

Les prestations comprennent la réfection complète du complexe d'étanchéité des terrasses ainsi que la remise en état du système d'évacuation des eaux pluviales.

Préparation des supports

- Dépose complète de l'ancienne étanchéité.
- Retrait des protections existantes.
- Élimination des matériaux non adhérents.
- Nettoyage général du support.
- Réparation des fissures, nids de cailloux et défauts de surface.
- Reprise des formes de pente si nécessaire.
- Vérification et remise à niveau des relevés d'étanchéité.

Réalisation de l'étanchéité

- Mise en œuvre d'un primaire d'accrochage.
- Réalisation d'un complexe d'étanchéité neuf conforme aux normes en vigueur.
- Traitement particulier des relevés, joints, émergences et traversées.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
5, Rue d'Azilal - Casablanca

Évacuation des eaux pluviales

- Remplacement des naissances défectueuses.
- Curage ou remplacement des descentes et collecteurs.
- Vérification du libre écoulement des eaux.
- Essais d'étanchéité et de mise en eau.

Travaux de réparation des enduits dégradés

Consistance des travaux

Les travaux comprennent la reprise des enduits présentant fissurations, décollements, épaufrures ou désagrégation.

Préparation des supports

- Sondage des surfaces afin de repérer les parties décollées.
- Piquage des enduits dégradés jusqu'au support sain.
- Dépoussiérage et nettoyage complet.
- Traitement éventuel des fissures du support.
- Humidification préalable des surfaces.

Réparation

- Application d'un gobetis ou couche d'accrochage.
- Réalisation des corps d'enduit et couches de finition.
- Raccords soignés avec les parties conservées.

Travaux de renouvellement généralisé des peintures

Consistance des travaux

Les travaux comprennent la réfection complète des peintures intérieures et extérieures des ouvrages concernés.

Préparation des supports

- Protection des ouvrages conservés.
- Décapage ou élimination des peintures non adhérentes.
- Grattage, ponçage et brossage des surfaces.
- Rebouchage des fissures, trous et imperfections.
- Application d'enduits de ratissage lorsque nécessaire.
- Dépoussiérage complet avant peinture.

Mise en peinture

- Application d'une couche d'impression adaptée au support.
- Application de deux couches de finition minimum.
- Respect des consommations prescrites par les fabricants.

Exigence générale relative aux réparations structurelles

Pour l'ensemble des travaux affectant les ouvrages en béton armé, aucune réparation ne pourra être entreprise sans que les supports aient préalablement fait l'objet :

- d'un purgeage intégral des parties dégradées ;
- d'une mise à nu du béton sain ;
- d'un nettoyage approfondi des armatures ;
- d'un dépoussiérage complet des surfaces ;
- d'une réception contradictoire de la préparation avant application des produits de réparation.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca

La qualité de la préparation des supports constituera un point d'arrêt soumis à l'approbation de la Maîtrise d'Œuvre avant poursuite des opérations de réparation.

L.P.E.E.
Tél : 05 22 54 75 00
Fax : 05 22 30 15 50
190
25, Rue d'Azilal - Casablanca