

03/05/2022

RAPPORT D'INVESTIGATIONS SUR SITE DIAGNOSTIC SUR STRUCTURES BÉTON

AZUR LABO BTP
AGENCE REGION SUD

BATIMENT CAPITAINERIE DE PALAVAS-LES-FLOTS

QUAI GEORGES CLEMENCEAU

34250 Palavas-Les-Flots

Détection d'armatures aciers par la méthode géoradar et sondages destructifs.
 Prélèvements par carottages pour essais mécaniques et physico-chimiques

Investigations du 03 mai 2022



Client : CAPITAINERIE DU PORT DE PALAVAS-LES-FLOTS

Port de Plaisance

34250 Palavas-Les-Flots

Investigations réalisées par :

Alexis MEROWKA-Ingénieur, directeur de l'agence Région Sud

Nicolas PLONT-Technicien supérieur d'essai, responsable laboratoire de l'agence Région Sud

Sauf autorisation préalable, ce rapport d'essai n'est utilisable à des fins commerciales ou publicitaires, qu'en reproduction intégrale.

Les résultats obtenus ne sont pas généralisables sans justification de la représentativité des essais.

A	24/05/22	Rapport d'essai	Première émission	N.PLONT	A.MEROWKA
Indice	Date	Objet	Indice	Rédaction	Vérification

TABLE DES MATIERES

1. Généralités	3
2. Localisation du site	3
3. Contexte et contenu de la mission	3
4. Documents transmis	4
5. Documents référentiels et normatifs	4
6. Moyens mis en œuvre	4
7. Identification des zones d'investigations	7
8. Résultats des investigations réalisées sur le garde-corps monolith côté Nord	7
9. Localisation des carottages réalisés sur les voiles côté Nord et Ouest	9
10. Résultats du mesurage de la profondeur de carbonatation sur voiles -Synthèse	10
11. Résultats des analyses des ions-chlorures prélevés - Synthèse	11
12. Description des carottes de béton prélevées	12
13. Synthèse des investigations réalisées	13

1. Généralités

A la demande et pour le compte de la Capitainerie du Port de Palavas-Les-Flots, le laboratoire d'essai AZUR LABO BTP Agence Région Sud, a réalisé le 03 mai 2022 des investigations de types diagnostic structure sur des voiles et des garde-corps de type monolithe préfabriqués en béton armé situés au R+1 de la Capitainerie du port de Palavas-les-Flots.

Les zones investies, la localisation ainsi que la numérotation des éléments auscultés ont été définies par nos soins.

2. Localisation du site



Localisation du site
Source Google Maps

3. Contexte et contenu de la mission

Le contenu de la mission confiée à AZUR LABO BTP Agence Région Sud est le suivant :

- Détection des armatures acier par la méthode du géoradar.

Le but est de l'investigation au géoradar est de détecter la présence d'armatures ainsi que leurs écartements et leurs profondeurs dans la structure béton.

Les relevés sont réalisés sur des zones représentatives, mais ils sont non exhaustifs et ne peuvent être substitués à un plan de ferrailage.

- Réalisation d'un sondage destructif sur la liaison dalle/garde-corps pour la détermination de la nature des armatures aciers ainsi que leurs enrobages.
- Réalisation de 4 carottages non traversants et traversants sur 2 voiles du R+1 poteaux pour mesurage de la profondeur de carbonatation et mesurage de la pénétration des ions-chlorures en laboratoire d'essai.
- Rebouchage des sondages destructifs et des carottages au mortier fibré à prise rapide.
- Rédaction d'un rapport final d'investigations.

4. [Documents transmis](#)

Aucun documents transmis.

5. [Documents référentiels et normatifs](#)

NF EN 14630 de Février 2007 « Mesurage de la profondeur de carbonatation d'un béton armé » - Méthode par projection de phénolphthaléine sur poudre de béton.

NF EN 14629 de Juillet 2007 « Mesurage du taux de chlorure soluble dans l'acide ».

6. [Moyens mis en œuvre](#)

Pour les investigations sur site, les moyens suivants ont été mis en œuvre :

[Détection des armatures par géoradar :](#)

Le système radar StructureScan de GSSI permet d'obtenir en temps réel une image 3D de la structure auscultée avant la réalisation de carottage, de sciage ou pour la détermination précise de ses caractéristiques.

La méthode radar (appelé aussi georadar ou GPR) permet d'éviter les arrêts de chantiers occasionnés lors de l'utilisation des rayons X ou gamma et élimine les risques liés au transport et à l'utilisation de sources radioactives.

Elle ne nécessite d'avoir accès qu'à une seule face de la structure et peut localiser des objets non métalliques (conduites PVC, gaines, vides...) contrairement aux méthodes radioactives et ferromagnétiques.

Les antennes très haute résolution (2,6 et 1,5 GHz) permettent de localiser des objets de petite taille jusqu'à 50 cm de profondeur.

Les utilisations classiques de cette méthode sont :

- Auscultation de béton : localisation d'objets métalliques ou non dans des murs, dalles, poutres...
- Inspection de structures : ponts, bâtiments, tunnels, quais...
- Localisation de vides,
- Localisation de câbles de précontrainte,
- Mesures d'épaisseur de dalle,

Le radar d'auscultation (GPR pour GroundPenetrating Radar ou géoradar) fonctionne sur le principe de l'étude de la propagation d'une onde électromagnétique dans le milieu étudié.

Le système envoie une onde (un pulse) de très courte durée dans le matériau et enregistre l'amplitude et le temps d'arrivée de chaque onde réfléchi.

Les réflexions sont produites au droit de tout changement dans les propriétés de conduction du courant électrique du milieu (constante diélectrique). L'amplitude de la réflexion est déterminée par le contraste de permittivité diélectrique entre l'encaissant et la cible.

Une partie de l'énergie envoyée continue aussi à se propager dans le milieu jusqu'à ce qu'elle soit trop atténuée pour être détectée. L'atténuation du signal est ainsi très variable et dépend grandement de la conductivité électrique des matériaux.

Un terrain présentant une forte conductivité électrique atténuera très fortement les ondes radar et

inversement. Le métal est considéré comme un réflecteur total et est par conséquent aisément détectable. De plus, les objets situés directement sous un objet en métal ne pourront pas être détectés.

L'onde radar n'est pas émise selon une ligne droite depuis l'antenne mais elle décrit un cône d'émission d'une largeur connue. Le temps du trajet de l'onde au bord de ce cône est plus grand que celui au centre de l'antenne ; ceci est à l'origine de la forme d'hyperbole caractéristique d'un objet ponctuel. La cible est située au sommet de cette signature.

Les données brutes sont acquises et enregistrées selon des profils parallèles et peuvent être traitées sur un logiciel spécifique afin d'améliorer la lisibilité des radargrammes.

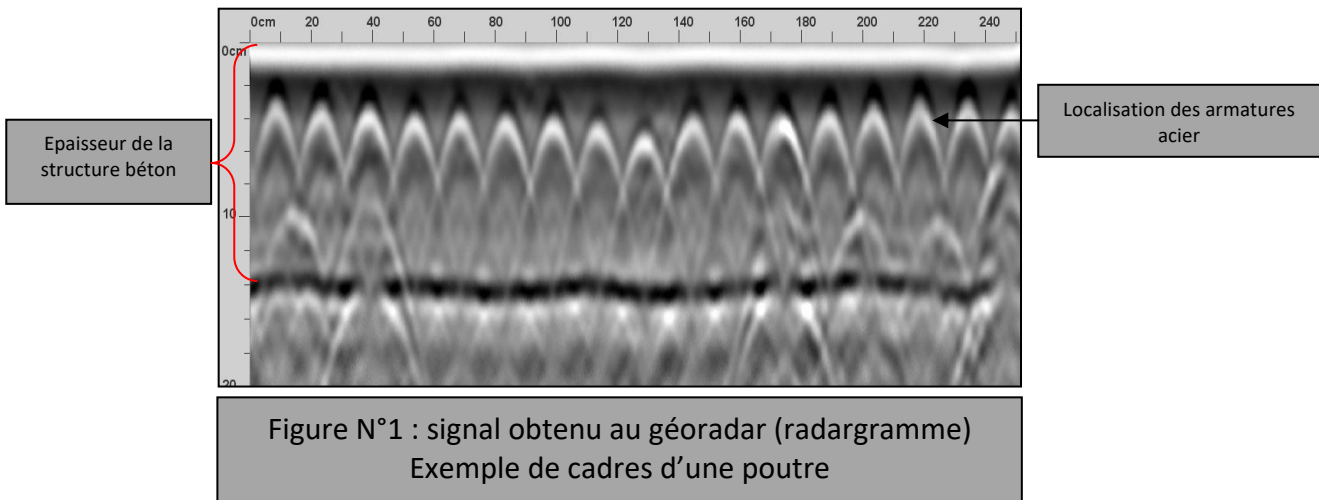


Figure N°2 : géoradar StructureScan GSSI

Sondage destructif et relevés des armatures aciers :

Marteau piqueur HILTI TE70 pour destruction du béton et pied à coulisse numérique pour le mesurage des diamètres des aciers rencontrés et des enrobages dans le béton.

Pour les investigations en laboratoire, les moyens suivants ont été mis en œuvre :

Prélèvement des carottes de béton :

Une carotteuse par voie humide HILTI DD120 avec carottier diamant en diamètre intérieur de 74mm et un recycleur d'eau HILTI DD-WMS 100 avec une bague aspirante de la laitance rejetée pendant la phase de carottage afin d'éviter toutes projection d'eau dans la zone.

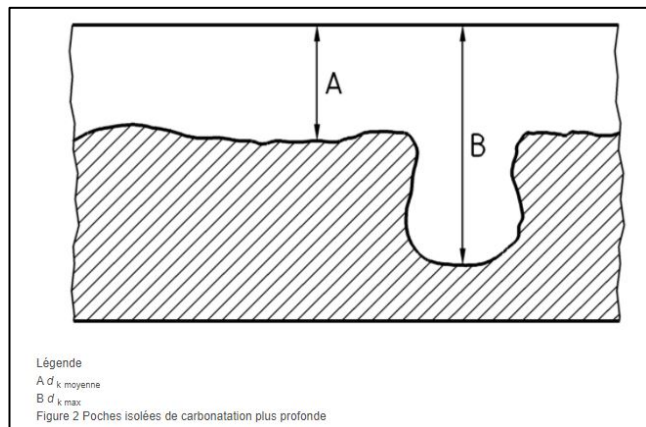
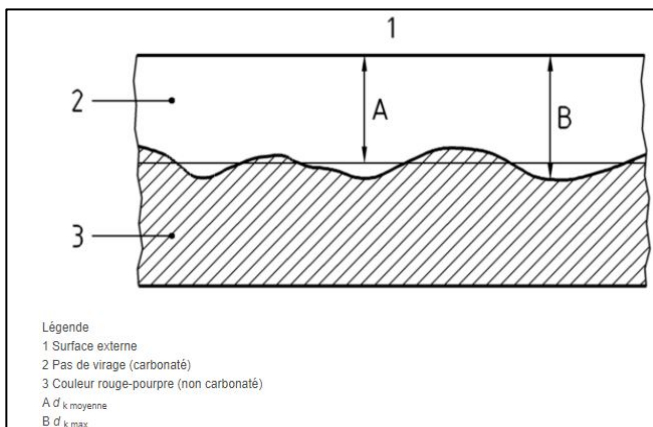


Figure N°3 : carotteuse et recycleur d'eau HILTI

Mesurage de la profondeur de carbonatation sur carottes de béton :

La mesure de la profondeur de carbonatation du béton s'effectue en laboratoire sur les cassures fraîches des carottes, prélevées sur l'ouvrage (fendage le long de leur axe longitudinal à mi-diamètre de la carotte) ou sur la poudre récupérée par perçage, la projection de phénolphtaléine se fait immédiatement après mise en tube à essai de la poudre ou sur les surfaces des carottes fendus. Pour éviter la carbonatation de surface, on pulvérise une faible quantité d'eau distillée ou déminéralisée sur la tranche pour l'humidifier. Puis après absorption de l'eau par le béton on pulvérise l'indicateur coloré de pH (de préférence la phénolphtaléine).

On mesure au bout de 30 secondes la zone décolorée ou le pH passe de 13 (initialement) à environ 9,2 (couleur violet à rouge-pourpre).



Schémas de mesurage des profondeurs de carbonatation extraits de la norme NF EN14630

7. Identification des zones d'investigations

Les investigations se sont portées sur les zones mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Identification des zones	Partie d'ouvrage investie	Investigation réalisées
Zone N°1 Étage R+1	Voile béton côté Nord	Réalisation de 2 carottages Ø 74 mm pour mesurage de la profondeur de carbonatation et mesurage de profondeur de pénétration des ions-Chlorures. Carottes N°1 et N°2
Zone N°2 Étage R+1	Voile béton côté Ouest	Réalisation de 2 carottages Ø 74 mm pour mesurage de la profondeur de carbonatation et mesurage de profondeur de pénétration des ions-Chlorures. Carottes N°3 et N°4
Zone N°3 Étage R+1	Garde-corps monolithe en béton armé préfabriqué côté Nord	Détection des armatures aciers par géoradar et par sondage destructif pour détermination de la nature des armatures acier et de leurs positionnements.

8. Résultats des investigations réalisées sur le garde-corps monolithe côté Nord



Coupe transversale du garde-corps (aciers longitudinaux)

Photographie et analyse du sondage destructif
réalisé sur le garde-corps en béton



Acier vertical de structure HA6. Espacement entre chaque armature de structure : 15 à 20 cm. Remontée sur toute la hauteur du garde-corps.
Armatures non corrodés, enrobage Ct : 5 à 8 cm

Aciers de montage de type treillis soudés rond lisse \varnothing 3 mm de maille 10x10 cm. Armatures non corrodés, enrobage Ct : 4 cm

Aciers de liaison verticale dalle/garde-corps HA10. Espacement entre chaque armature de liaison : 12 à 15 cm. Remontée de 20 cm dans le garde-corps.
Armatures non corrodés, enrobage Ct : 5 à 8 cm

9. Localisation des carottages réalisés sur les voiles côté Nord et Ouest



Photographie du positionnement des carottes C1 et C2 côté Nord



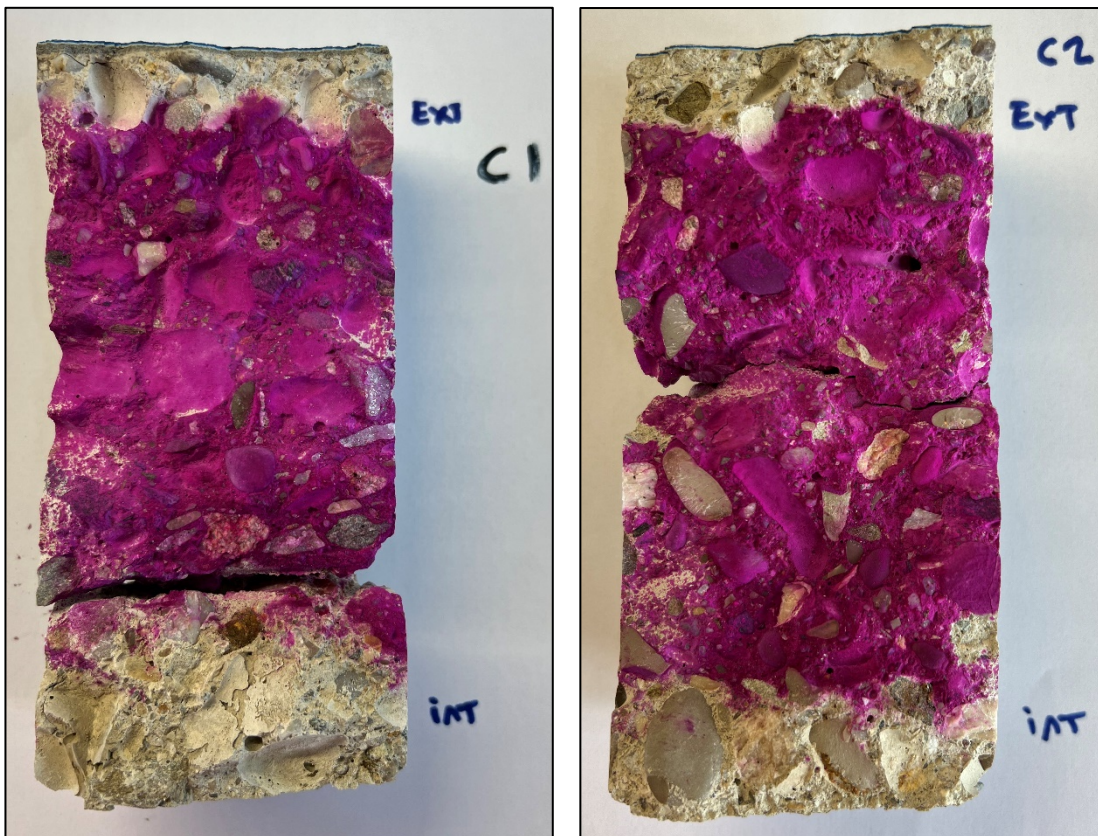
Photographie du positionnement des carottes C2 et C3 côté Ouest

10. Résultats du mesurage de la profondeur de carbonatation sur voiles -Synthèse

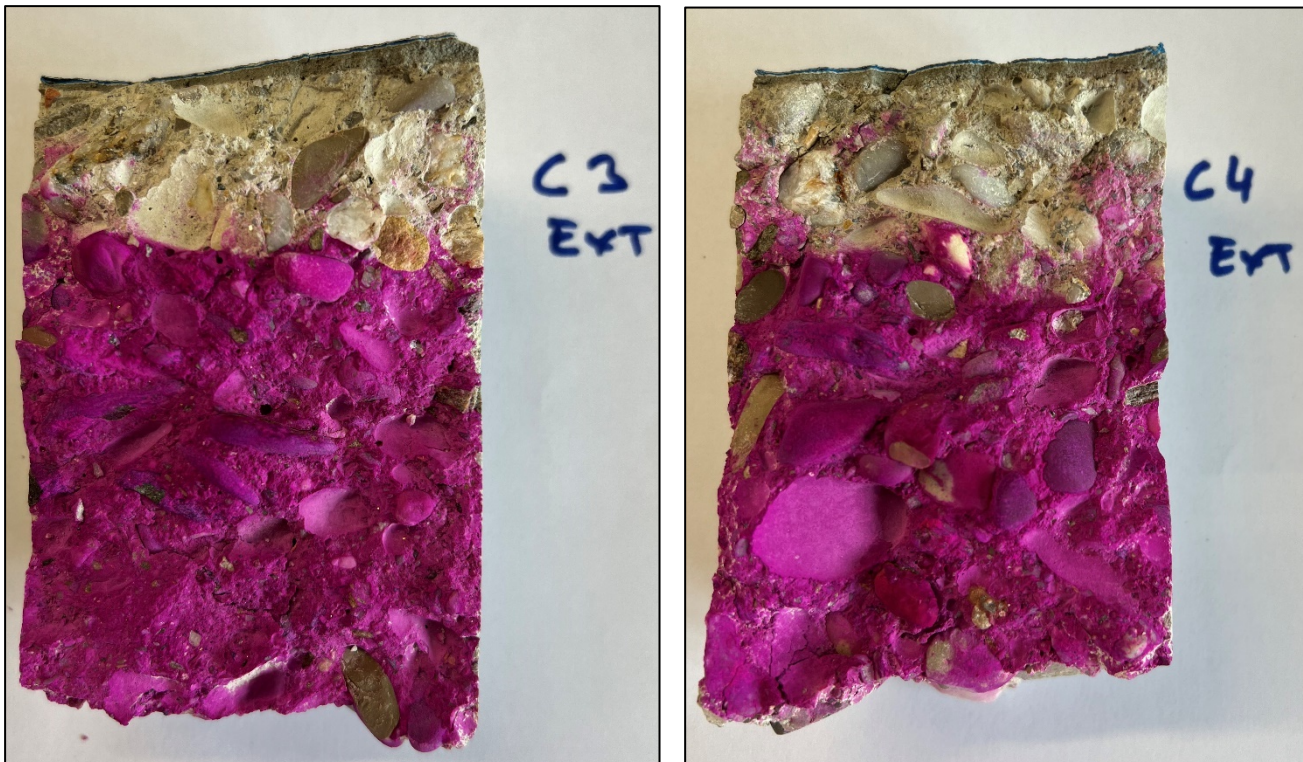
Les résultats sont fournis dans le tableau ci-dessous ainsi que les photographies des carottes après essais :

TABLEAU DE SYNTHESE DES RESULTATS				
N° du prélèvement	Identification des zones ou partie d'ouvrage	Mesurage du front de carbonatation (Profondeur moyenne en mm) d_k moyenne	Mesurage du front de carbonatation (Profondeur maximale en mm) d_k max	Enrobage minimum et maximum des armatures aciers en cm (reconnus par SD ou géoradar)
Carotte C1	Voile côté Nord R+1 (côté extérieur)	12	18	Supérieur à 4 cm
	Voile côté Nord R+1 (côté intérieur)	28	32	Non reconnues
Carotte C2	Voile côté Nord R+1 (côté extérieur)	20	23	Supérieur à 4 cm
	Voile côté Nord R+1 (côté intérieur)	20	24	Non reconnues
Carotte C3	Voile côté Ouest R+1 (côté extérieur)	32	35	Supérieur à 4 cm
Carotte C4	Voile côté Ouest R+1 (côté extérieur)	35	42	Supérieur à 4 cm

Photographies des carottes après essais :



Photographies des carottes C1 et C2 côté Nord



Photographies des carottes C3 et C4 côté Ouest

11. Résultats des analyses des ions-chlorures prélevés - Synthèse

Les résultats des analyses effectuées sont fournis dans le tableau ci-dessous (essais en attente) :

Classe de chlorures à respecter en fonction de l'utilisation du béton	
Utilisation du béton	Classe de chlorure
Béton contenant ni armatures en acier ni pièces métalliques noyées	Cl 1,0
Béton contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées et formulés avec un ciment de type CEM III	Cl 0,65
Béton contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées	Cl 0,40
Béton contenant des armatures de précontrainte en acier	Cl 0,10

En orange les valeurs comprises entre 0,40% et 0,65% du poids de ciment.

En rouge les valeurs supérieurs à 0,65% du poids de ciment.

En l'absence du dosage en ciment et de la masse volumique réels, la teneur en chlorures a été calculée pour des dosages en ciment de 250, 300, 350 et 400 kg/m³ de béton sur la base d'une masse volumique du béton de 2300 kg/m³.

TABLEAU DE SYNTHESE DES RESULTATS

Identification des zones ou numérotation des prélèvements	Exposition de la zone	Enrobage minimum et maximum des armatures aciers en cm	Coupe en cm	Taux de chlorure dans le béton Cl (%)	Taux de chlorure / ciment (%)			
					250	300	350	400
Carotte N°1	Côté Nord	Supérieur à 4 cm	0 à 2	0,005	0,05	0,04	0,04	0,03
			2 à 4	0,005	0,04	0,03	0,03	0,03
			4 à 6	0,005	0,04	0,04	0,03	0,03
Carotte N°2	Côté Nord	Supérieur à 4 cm	0 à 2	0,040	0,37	0,31	0,26	0,23
			2 à 4	0,030	0,28	0,23	0,20	0,17
			4 à 6	0,006	0,05	0,04	0,04	0,03
Carotte N°3	Côté Ouest	Supérieur à 4 cm	0 à 2	0,096	0,89	0,74	0,63	0,55
			2 à 4	0,003	0,03	0,02	0,02	0,02
			4 à 6	0,005	0,04	0,04	0,03	0,03
Carotte N°4	Côté Ouest	Supérieur à 4 cm	0 à 2	0,005	0,04	0,04	0,03	0,03
			2 à 4	0,039	0,35	0,30	0,25	0,22
			4 à 6	0,001	0,00	0,01	0,01	0,01

12. Description des carottes de béton prélevées

Photographie carotte C1 et C2 côté Nord



Descriptions des carottes :

Dimensions

- Diamètre : 74,6 et 74,7 mm.
- Longueur après extraction :
 C1 : 14,5 cm
 C2 : 14,5 cm
- Carottages traversant.
- Rapport diamètre de la carotte/et dimension moyenne des plus gros granulats mesurés : 3,40.

Béton :

- Béton d'aspect compact.
- Liant de couleur gris foncé.
- Présence de bulles d'air millimétriques.

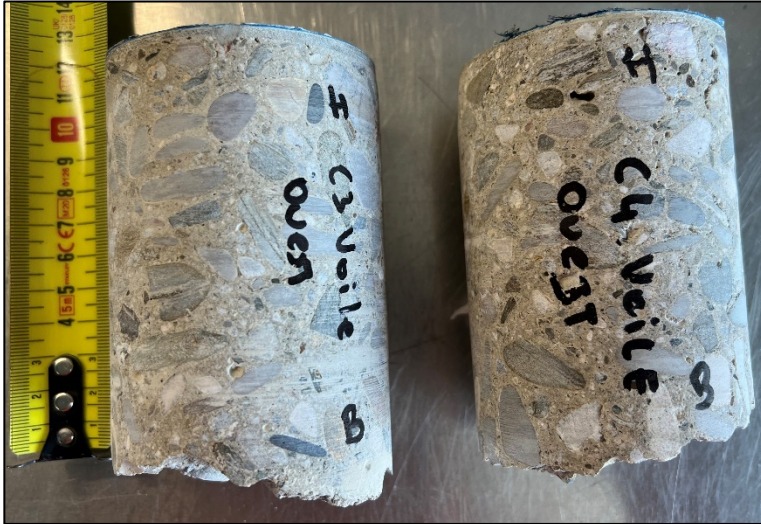
Granulats :

- Granulats roulés.
- Dimension moyenne des plus gros granulats mesurés : ≤ à 22 mm.

Type de revêtements :

- Côté extérieur : peinture
- Côté intérieur : aucun

Photographie carotte C3 et C4 côté Ouest



Descriptions des carottes :

Dimensions

- Diamètre : 74,6 et 74,7 mm.
- Longueur après extraction :
 C3 : 11,6 cm
 C4 : 11,4 cm
- Carottages non traversant.
- Rapport diamètre de la carotte/et dimension moyenne des plus gros granulats mesurés : 3,40.

Béton :

- Béton d'aspect compact.
- Liant de couleur gris foncé.
- Présence de bulles d'air millimétriques.

Granulats :

- Granulats roulés.
- Dimension moyenne des plus gros granulats mesurés : ≤ à 22 mm.

Type de revêtements :

- Côté extérieur : peinture

13. Synthèse des investigations réalisées

Observations : les enrobages des armatures acier mesurés par géoradar et par sondages destructifs ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble de la partie d'ouvrage auscultée. Certaines armatures peuvent être non détectables (partie d'ouvrage de faibles dimensions ou passage du géoradar impossible). L'état de corrosion des armatures aciers relevé visuellement par sondages destructifs ne peut pas être généralisé sans mesure du potentiel de corrosion au corrosimètre.

Voiles côté Nord et Ouest :

Les investigations réalisées ont mis en évidence des fronts de carbonatation à l'intérieur du bâtiment et à l'extérieur pour le voile situé au Nord.

Des fronts de carbonatation sont observés à l'extérieur du voile côté Ouest (carottages non traversants), aucune mesure réalisée côté intérieur du bâtiment).

Béton carbonaté sur une profondeur $d_{k\max}$ de 24 à 32 mm à l'intérieur du bâtiment.

Béton carbonaté sur une profondeur $d_{k\max}$ de 18 à 42 mm à l'extérieur du bâtiment.

Aix-En-Provence, le 24 mai 2022

L'ingénieur et directeur de l'agence

A.MEROWKA



Le responsable du laboratoire

N. PLONT

