

SERBA Ingénierie

Béton armé et précontraint

Etudes et Calculs Structures

Charpente Métallique - Bois - Lamellé Collé

10 bis Avenue du Maréchal de Tassigny
44400 REZÉ

02 51 11 10 99

serba44@serba.fr
<http://www.serba.fr>

Note établie par K. EMERIAU
Note visée par F. HUITRIC

AS44 21.1981
DIAG 01



INRAE – NANTES (44300)

*Diagnostic structure suite à des fissures
généralisées sur le bâtiment*

A	Intégration de l'estimation économique
0	Première émission
Indice	Modifications

Rezé, le 7 février 2022



MODIFICATION DU PRÉSENT DOCUMENT

Référence affaire : **SA44 21.1981**

Indice	Observations	Rédacteur	Visa	Date
0	1ère émission	KEM	FHU	18/01/2022
A	Ajout de l'estimation économique	KEM	FHU	07/02/2022

GRILLE DE RÉVISION

Paragraphes modifiés	Nature de la dernière modification
§8.3 Estimation...	Ajout du paragraphe 8.3
§9.3 Annexe estimation...	Ajout de l'annexe 3

SOMMAIRE

1	Objet de la note.....	4
2	Documents de référence.....	4
2.1	Documents normatifs.....	4
2.2	Plans EXE SERBA, Extension bâtiment VANAM, 1997,	4
2.3	Documents établis suite au sinistre	4
2.4	Ouvrages.....	4
3	Rappels concernant la mission de diagnostic	5
4	Présentation de l'ouvrage	6
5	Présentation des désordres observés	9
6	Investigations réalisées.....	12
6.1	Localisation des sondages	12
6.2	Reconnaissance de structure – Mur maçonnerie.....	12
6.3	Reconnaissance de structure – Mur façade nord, zone sud	12
6.3.1	Sondage S1	12
6.3.2	Sondage S2	12
6.3.3	Reconnaissance de l'enrobage	13
6.4	Reconnaissance de structure – Mur façade sud, zone sud	13
6.4.1	Sondage S3	13
6.4.2	Reconnaissance de l'enrobage	14
7	Origines des désordres	15
7.1	Mur maçonné.....	15
7.2	Murs en béton armé – Eclats de béton	15
7.3	Murs en béton armé – Fissures	16
7.3.1	Retrait de température	16
7.3.2	Analyse du ferrailage des voiles autour des ouvertures	19
7.3.3	Mouvements de sol.....	21
7.4	Conclusions générales sur les origines des désordres.....	24
8	Préconisations de reprise.....	25
8.1	Mur maçonné.....	25
8.2	Murs en béton armé.....	25
8.3	Estimation économique des travaux de reprise.....	26
9	Annexes.....	27
9.1	Annexe 1 : Rapport de reconnaissance de structure, RINCENT LABORATOIRES	27
9.2	Annexe 2 : Relevé des fissures et des éclats de béton	27
9.3	Annexe 3 : Estimation économiques des travaux de reprise.....	27

1 OBJET DE LA NOTE

L'objet de la présente note est de réaliser un diagnostic des structures fissurées sur un bâtiment situé à l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), à Nantes, impasse Yvette Cauchois.

Des préconisations de reprise seront établies en fin de rapport.

2 DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1 DOCUMENTS NORMATIFS

- **NF EN 1991-1-1** (Mars 2003) : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments
- **NF EN 1992-1-1** (Octobre 2005) : Eurocode 2 – Calcul des structures en béton – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments
- **NF EN 1992-1-2** (Octobre 2005) : Eurocode 2 – Calcul des structures en béton – Partie 1-2 : Calcul du comportement au feu
- **DTU 42.1 P1-1 (NF P84-404-1-1)** (Novembre 2007) : Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères – Partie 1-1 : Cahier des Clauses Techniques
- **DTU 42.1 P1-2 (NF P84-404-1-2)** (Novembre 2007) : Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux

Et leurs annexes nationales associées.

2.2 PLANS EXE SERBA, EXTENSION BATIMENT VANAM, 1997,

- 96.158 – CR DE CHANTIER
- 96.158 – EXE 01 – Implantation générale
- 96.158 – EXE 02A – Zone bâtiment sud – Détails fondations
- 96.158 – EXE 03A – Zone bâtiment sud – Implantation fondations
- 96.158 – EXE 04 – Zone bâtiment sud – Détails longrines
- 96.158 – EXE 05B – Zone bâtiment Nord – Implantation fondations
- 96.158 – EXE 06 – Zone bâtiment Nord – Détails fondations
- 96.158 – EXE 7A.1 – Zone bâtiment Nord – Détails longrines
- 96.158 – EXE 08 – Zone bâtiment Nord – Armatures dallage
- 96.158 – EXE 09 – Zone bâtiment Sud – Armatures dallage
- 96.158 – EXE 10.1 – Détails attentes
- 96.158 – EXE 011C – Coffrage RDC
- 96.158 – EXE 11bis – Coffrage RDC – Implantation zone courbe détaillée
- 96.158 – EXE 12A – Niveau RDC – Détails voiles-linteaux
- 96.158 – EXE 13C – Niveau RDC – Détails dalle BA
- 96.158 – EXE 14A – Niveau RDC – Détails poteaux/poutres
- 96.158 – EXE 15C – Coffrage Etage
- 96.158 – EXE 16 – Niveau Etage – Détails poteaux/poutres
- 96.158 – EXE 17B – Bâtiment Nord – Niveau Etage – Coffrage/Détails
- 96.158 – EXE 18A.1 – Bâtiment Nord – Niveau Etage – Détails poutres
- 96.158 – EXE 20 – Bâtiment Existant – Niveau Fondations – Coffrage/détails
- 96.158 – EXE 21 – Bâtiment Existant – Niveau Fondations – Détails longrines
- 96.158 – EXE 22A – Bâtiment Existant – Niveau RDC – Coffrage/détails
- 96.158 – EXE 23A – Bâtiment Existant – Niveau Etage – Coffrage/détails
- 96.158 – EXE LISTE PLANS

2.3 DOCUMENTS ETABLIS SUITE AU SINISTRE

- **RINCENT LABORATOIRES** : Rapport 21-6-30909-1A – 03/12/2021 (Joint en annexe)

2.4 OUVRAGES

- **La pathologie des façades**, CSTB Editions, 2017



3 RAPPELS CONCERNANT LA MISSION DE DIAGNOSTIC

Les conclusions et hypothèses du présent rapport se basent sur :

- Des constats visuels ;
- Des relevés sur site ;
- Des techniques d'auscultation normées effectués par échantillonnage ;
- Des données fournies par le client (informations sur la construction, plans existants de la structure, ...)
- Des hypothèses de calcul et de matériaux usuelles à la date de construction du bâtiment

Ce diagnostic a été réalisé sur la base d'une approche par échantillonnage. Tout en étant le plus détaillé possible, il ne se veut en aucun cas exhaustif, son objectif étant de dresser un bilan d'ordre global. Il doit être considéré la possibilité de disparités structurelles locales non conformes aux documents produits. Les utilisateurs de ce document devront intégrer cette éventualité à leur analyse.

4 PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Les informations sur la structure sont déduites de la visite sur site et des plans structures phase EXE réalisés par le bureau d'études SERBA.

L'ouvrage est un immeuble de bureaux et laboratoires en R+1 sans niveau de sous-sol. L'ouvrage date de 1998, et a été réalisé dans le cadre de la restructuration et extension du bâtiment Vanam, à l'Institut National de la Recherche Agronomique situé impasse Yvette Cauchois à Nantes. Le bâtiment a été construit entre 2 bâtiments existants. L'ouvrage est repéré sur la figure ci-dessous.

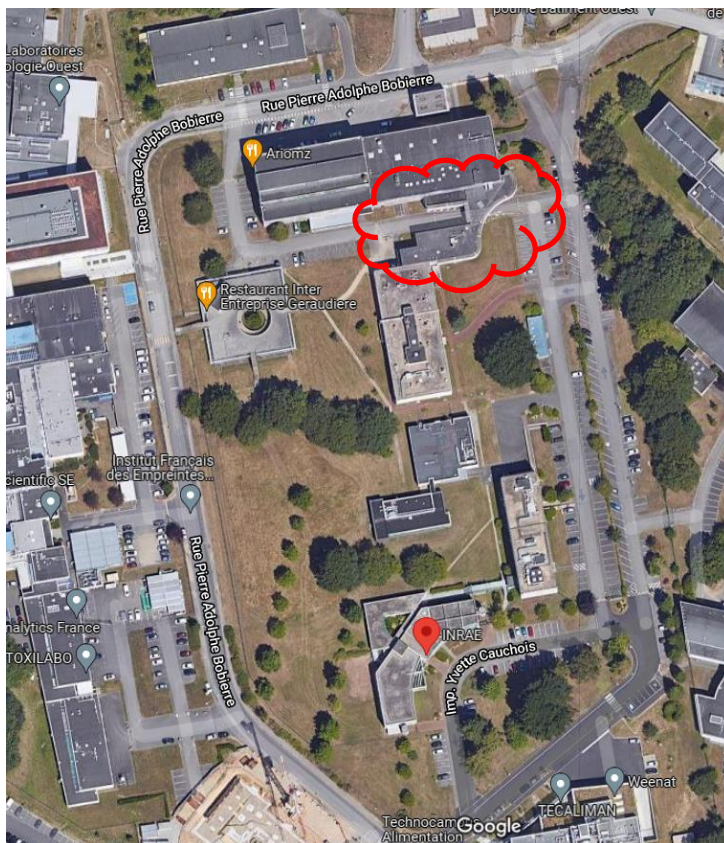


Figure 1 : Localisation de l'ouvrage – Impasse Yvette Cauchois, Nantes

La superstructure est constituée de structures traditionnelles en béton armé, béton précontraint et maçonnerie :

- Voiles et poteaux en béton armé
- Poutres en béton armé
- Murs en bloc de béton maçonnés
- Planchers pré-dalles précontraintes

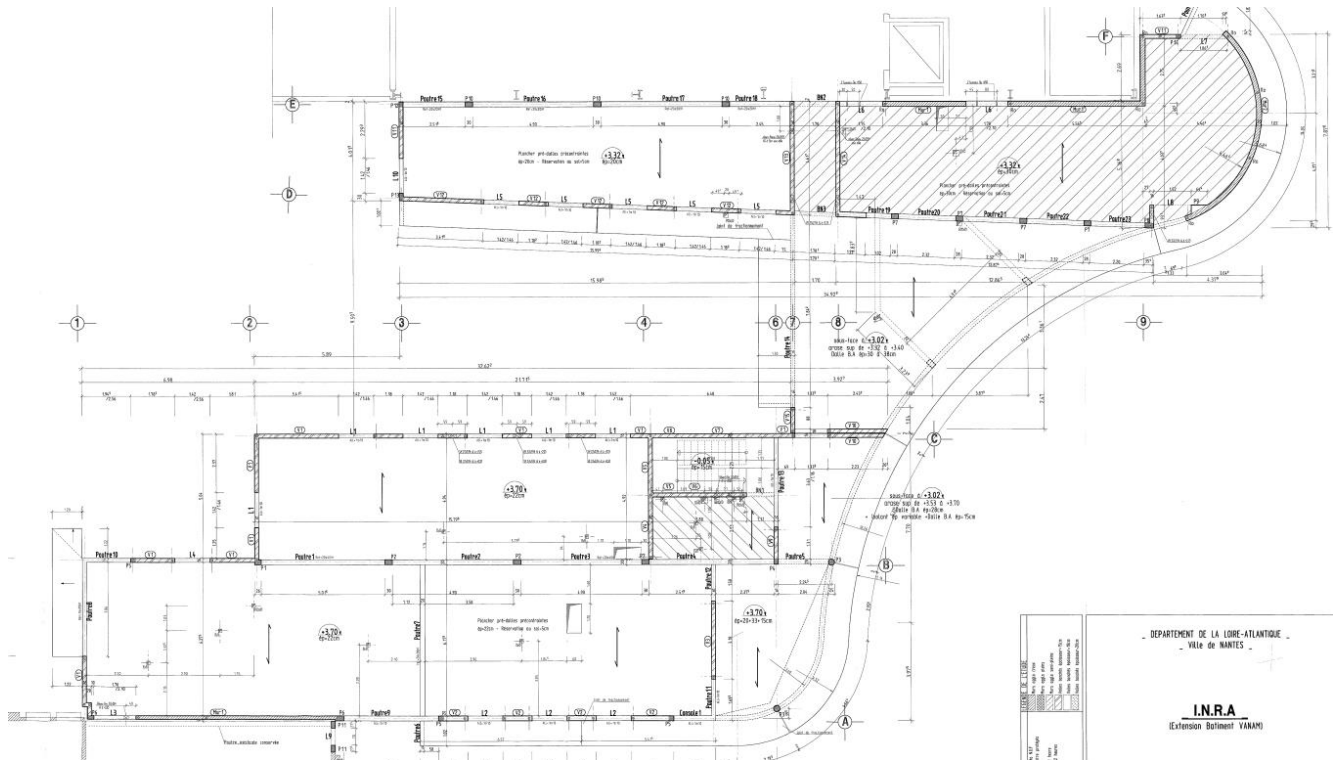


Figure 2 : Extrait Coffrage niveau RDC / Plan SERBA 96.158 – EXE11C

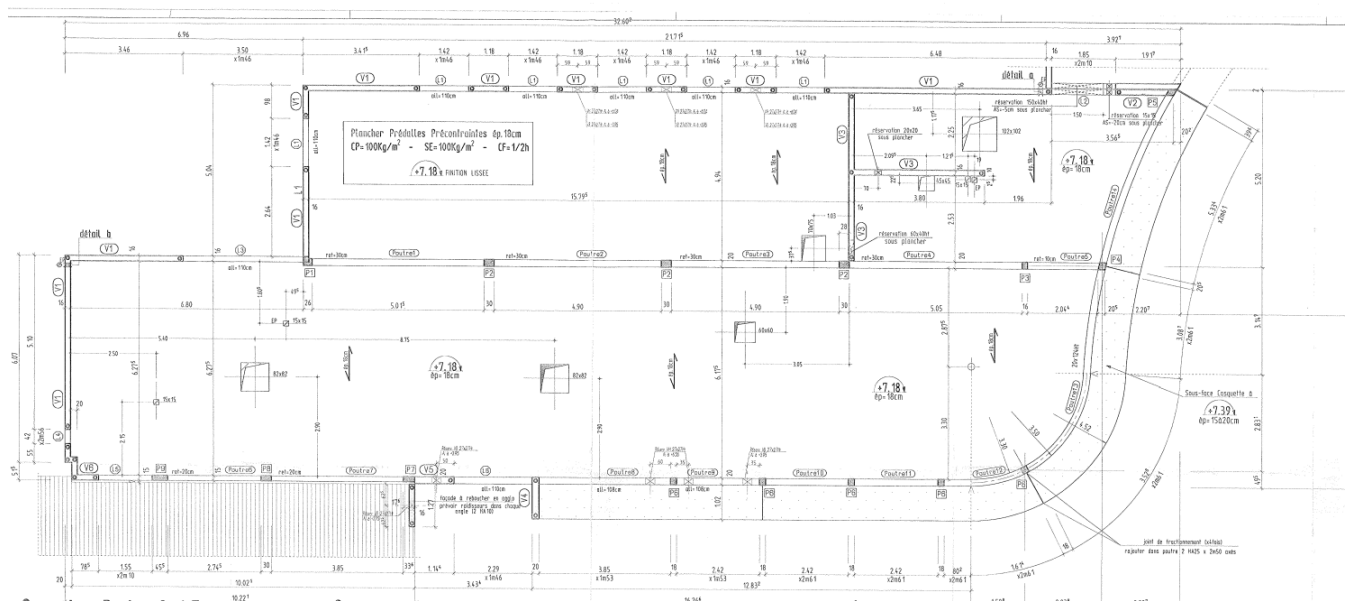


Figure 3 : Extrait Coffrage Etage R+1, zone Sud / Plan SERBA 96.158 – EXE15C

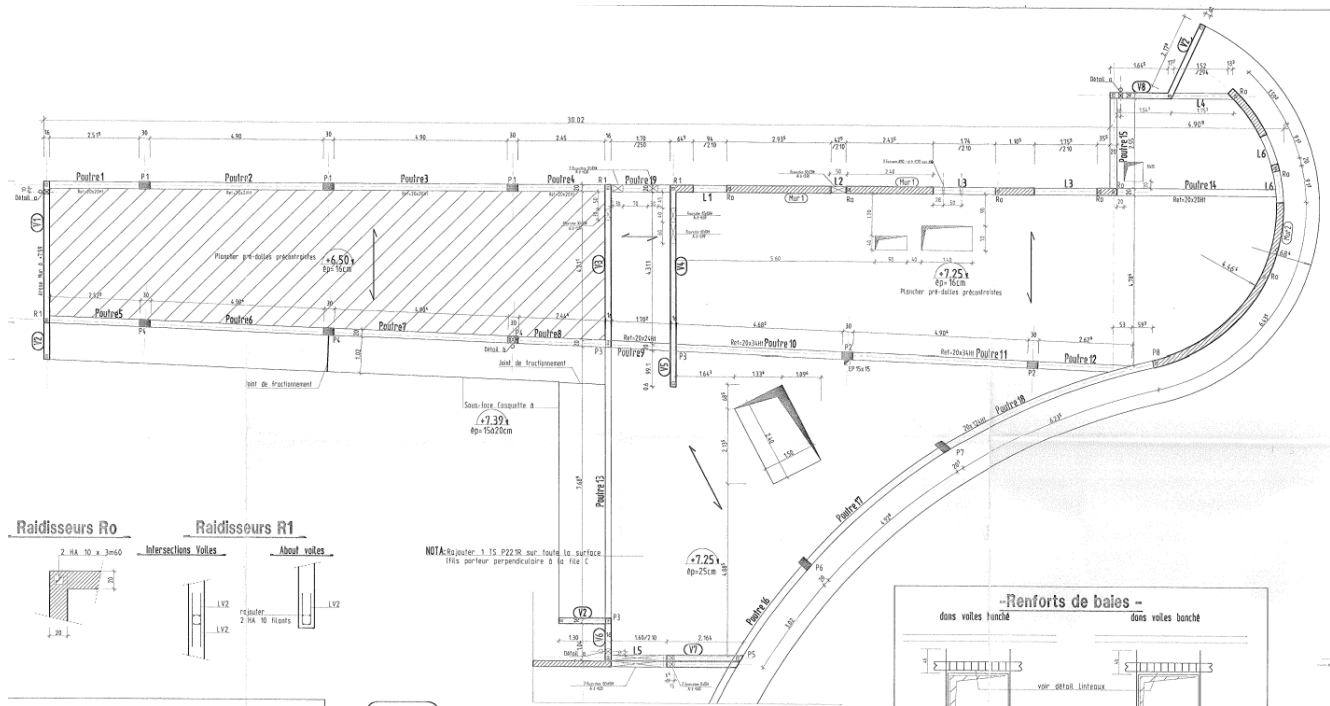


Figure 4 : Extrait Coffrage Etage R+1, zone Nord / Plan SERBA 96.158 – EXE17B

5 PRESENTATION DES DESORDRES OBSERVES

Suite à notre visite sur site, voici les désordres observés :

- Fissure inclinée, en forme d'escalier, sur un mur maçonné
- Ensemble de fissures au niveau des allèges/linteaux des ouvertures
- Fissure droite partant du haut de l'acrotère et descendant sur environ 3m
- Eclats de béton sur plusieurs façades
- Affaissement d'une plaque métallique au niveau d'un regard

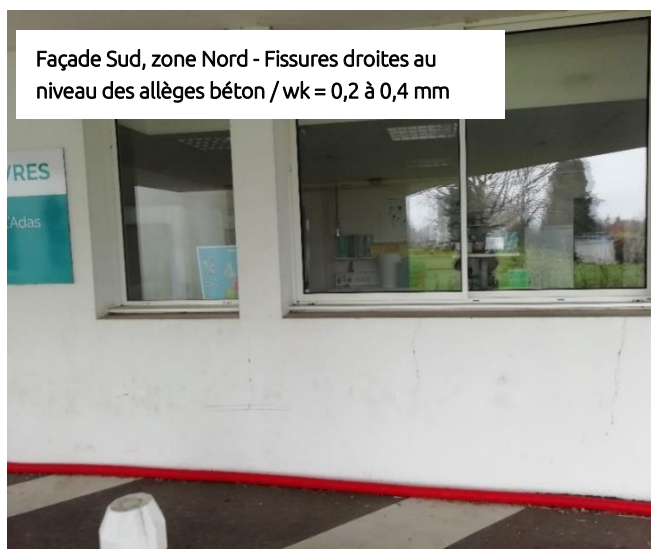


Figure 5 : Photos des désordres observés (1)



Figure 6 : Photos des désordres observés (2)

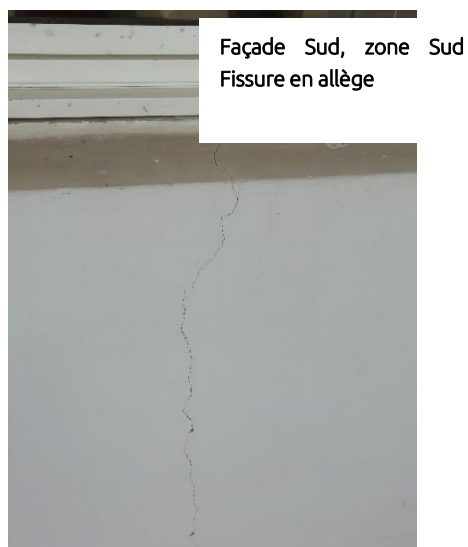


Figure 7 : Photos des désordres observés (3)

Le relevé des fissures et des éclats de béton réalisé sur site est joint en annexe.

6 INVESTIGATIONS REALISEES

6.1 LOCALISATION DES SONDAGES

Plusieurs sondages destructifs et reconnaissance d'armature au géoradar ont été réalisés. Ils sont localisés ci-dessous :

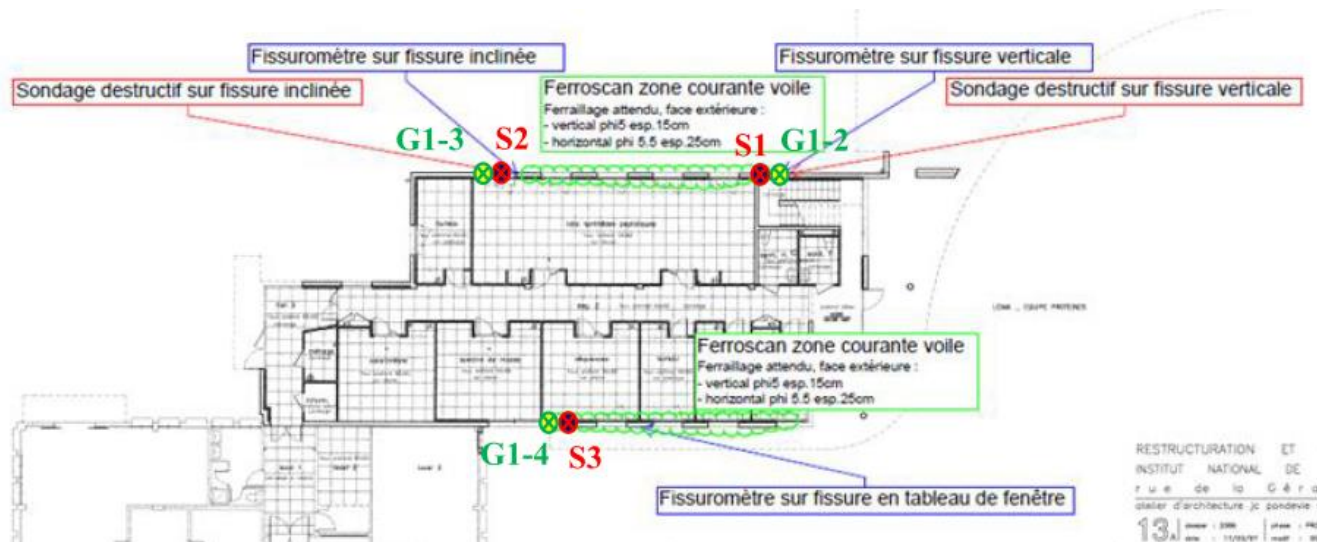


Figure 8 : Localisation des sondages

6.2 RECONNAISSANCE DE STRUCTURE – MUR MAÇONNE

Un diagnostic visuel d'un meneau maçonné, reposant sur le mur maçonné fissuré, a été réalisé. Il n'apparaît pas de désordre pouvant causer cette fissure. Nous notons tout de même une exécution peu soignée des clavetages des poutres.

6.3 RECONNAISSANCE DE STRUCTURE – MUR FAÇADE NORD, ZONE SUD

6.3.1 SONDAGE S1

Un sondage destructif a été réalisé afin de comparer le ferrailage réel et les plans réalisés par le bureau d'études SERBA. Nous observons les points suivants :

- 1 nappe d'aciers, maille 150mm ($\phi = 5\text{mm}$) x 250mm ($\phi = 5,5\text{mm}$) type HA
- Enrobage (depuis la face extérieure) : 73 mm (minimum : 47 mm)
- Epaisseur du mur (estimation) : 15 cm
- Profondeur de carbonatation : 20 mm

6.3.2 SONDAGE S2

Un sondage destructif a été réalisé afin de comparer le ferrailage réel et les plans réalisés par le bureau d'études SERBA. Nous observons les points suivants :

- 1 nappe d'aciers, maille 150mm ($\phi = 5\text{mm}$) x 250mm ($\phi = 5,5\text{mm}$) type HA
- Enrobage (depuis la face extérieure) : 43 mm (minimum : 24 mm)
- Epaisseur du mur (estimation) : 15 cm
- Profondeur de carbonatation : 20 mm
- Résistance sclérométrique : 30 MPa
- Ancrage du linteau : 7-8 cm selon la détection radar

6.3.3 RECONNAISSANCE DE L'ENROBAGE

Un scan a été effectué sur l'ensemble de la façade afin de mesurer l'enrobage sur la globalité du mur.

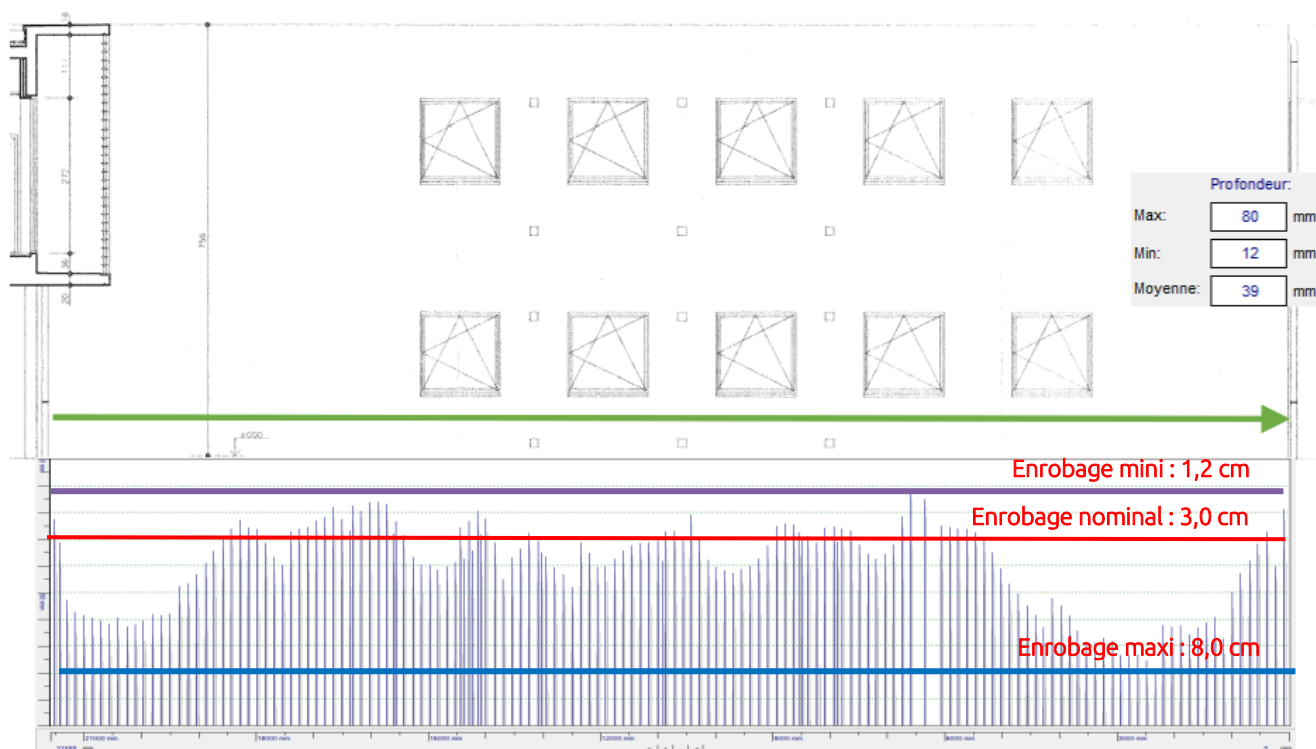


Figure 9 : Scan sur la façade Nord

Nous observons des disparités importantes dans l'enrobage, variant entre 12 mm et 80 mm.

6.4 RECONNAISSANCE DE STRUCTURE – MUR FAÇADE SUD, ZONE SUD

6.4.1 SONDAGE S3

Le géoradar a mis en évidence les points suivants :

- 1 nappe d'aciers minimum dans le voile, maille 150mm ($\phi = 6\text{mm}$) x 250mm ($\phi = 6\text{mm}$) type HA
- Enrobage (depuis la face extérieure) : 28 mm (minimum : 10 mm)
- Epaisseur du mur (estimation) : 20 cm
- Profondeur de carbonatation : 10 mm

6.4.2 RECONNAISSANCE DE L'ENROBAGE

Un scan a été effectué sur l'ensemble de la façade afin de mesurer l'enrobage sur la globalité du mur.

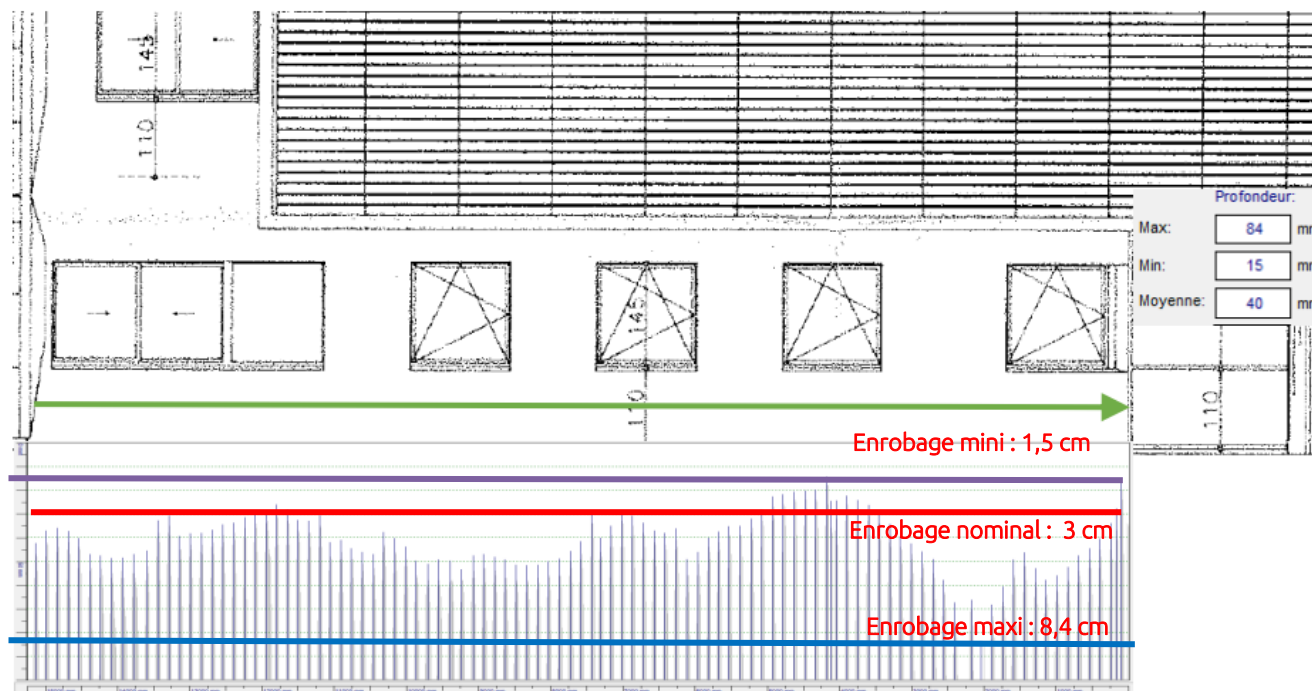


Figure 10 : Scan sur la façade Sud

Comme pour la façade Nord, nous observons des disparités importantes dans l'enrobage. Il varie entre 15 mm et 84 mm.

7 ORIGINES DES DESORDRES

7.1 MUR MAÇONNE

Une fissure en forme d'escalier est visible sur le mur. Selon nous, deux causes sont probables :

- Poteau maçonné de dimensions 55x20 cm particulièrement chargé au niveau R+1 ($G = 79 \text{ kN} / Q = 11 \text{ kN}$). Cette charge ponctuelle aurait pu déstabiliser le mur au niveau du RDC, qui pourrait légèrement fléchir sous l'application de la charge. Etant donné que la maçonnerie n'admet aucune déformée, une fissure légère serait alors apparue.
- Les mouvements de sols pourraient engendrer une légère fissure. Un tassement différentiel sous les puits est possible, ce qui entraînerait une fissuration dans le mur maçonné. Après recalcul, nous ne notons pas de sous dimensionnement en fondations. Il est toutefois possible qu'un puit soit fondé dans une couche de sol avec des caractéristiques mécaniques moins bonnes.

L'ouverture des fissures reste faible, $w_k \leq 0,2 \text{ mm}$. Cette fissure n'est pas préjudiciable pour la pérennité de la structure.

7.2 MURS EN BETON ARME – ÉCLATS DE BETON

Des éclats de béton sont visibles sur plusieurs façades. Suivant les relevés, la profondeur de carbonatation est de 20 mm. On observe également que le treillis a ponctuellement un enrobage de 12 ou 15 mm selon les relevés de scan. Cela signifie que le front de carbonatation a atteint les armatures. Dès lors qu'on est présence d'humidité, la corrosion des armatures débute, et s'en suit les premières fissurations puis les éclats de béton, voir **Figure 11**.

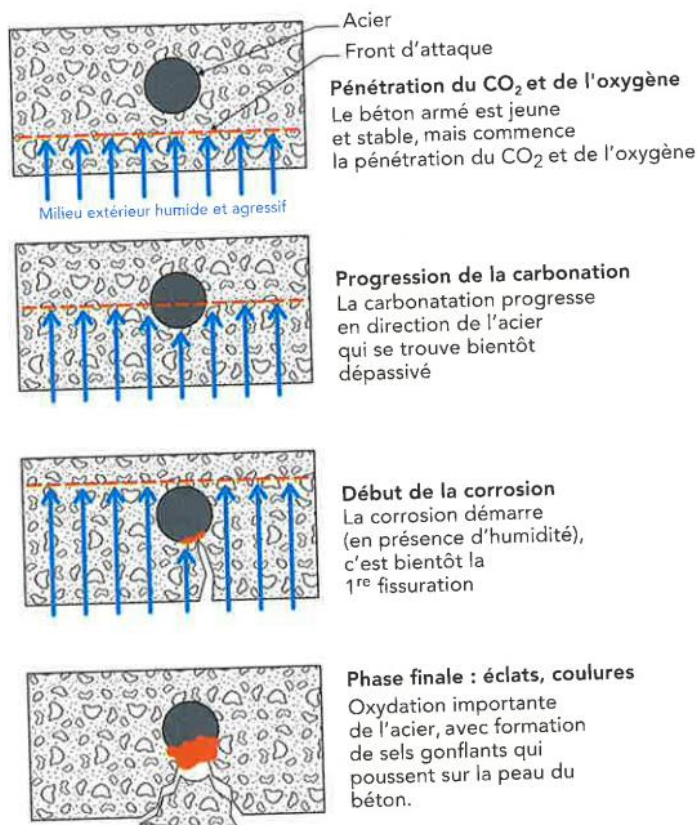


Figure 11 : Les phases de dégradation du béton armé par carbonatation
CSTB Editions « La pathologie des façades, 2nd Edition »

Nous notons un enrobage insuffisant sur certains éclats. Il convient de les traiter afin de limiter le phénomène de corrosion.

7.3 MURS EN BETON ARME – FISSURES

Les fissures affectant les voiles en béton armé peuvent être induites par les causes suivantes :

- Retrait non maîtrisé, actions thermique
- Mouvement du sol

7.3.1 RETRAIT DE TEMPERATURE

7.3.1.1 PRESENTATION DU PHENOMENE

Le retrait du béton est une dégradation d'origine physico-chimique. Il correspond à des variations dimensionnelles suivant des réactions physiques avant, pendant ou après la prise des bétons. Si les phénomènes ne sont pas maîtrisés (ferraillage minimum, joint de fractionnement, mise en œuvre soignée...), ces variations dimensionnelles peuvent conduire à l'apparition de fissure. Avec la température, ces fissures sont évolutives. Elles s'ouvrent et se ferment en fonction des conditions climatiques.

On observe plusieurs types de retraits :

- **Le retrait de ressuage** : séparation de la phase liquide et de la phase solide lors du coulage du béton
- **Le retrait plastique** : évaporation de l'eau du béton (qui est conditionnée par les conditions hygrométriques lors du coulage)
- **Le retrait thermique** : retrait lié aux réactions chimiques lors de la prise du béton. Le béton s'échauffe puis se refroidit en se raccourcissant
- **Le retrait de dessiccation** : retrait correspondant à l'assèchement définitif du béton. Phénomène évolutif durant plusieurs années après le coulage.

Plusieurs facteurs peuvent causer un retrait non maîtrisé du béton :

- **Le dosage en eau et la présence d'adjuvants** : un béton trop riche en eau deviendra poreux et moins résistant
- **Le dosage et le type de ciment utilisé** : l'hydratation du ciment est à l'origine de réactions chimiques exothermiques. Suivant le dosage et le type de ciment, la quantité de chaleur dégagée peut être plus ou moins importante
- **Les conditions hygrothermiques lors du coulage** : le coulage d'un béton par temps sec et chaud (au-delà de 25°C) n'est pas recommandé. En effet, l'eau du béton aura tendance à s'évaporer plus rapidement, et le béton perdra de sa résistance. La pulvérisation d'un produit de cure est primordiale.
- **La forme et la longueur de l'ouvrage** : plus un ouvrage est long, plus le retrait est important. Il est important de fractionner des éléments suivant les normes en vigueur.

7.3.1.2 ANALYSE DU FERRAILLAGE DES VOILES EN ZONE COURANTE

Les voiles de façade nord de la zone sud sont des voiles en béton peu armé soumis à de la compression simple, dont le ferraillage sert à contrôler les effets des déformations imposées (retrait, température).

Le ferraillage des voiles est donné sur le plan **96.158 – EXE12A**.

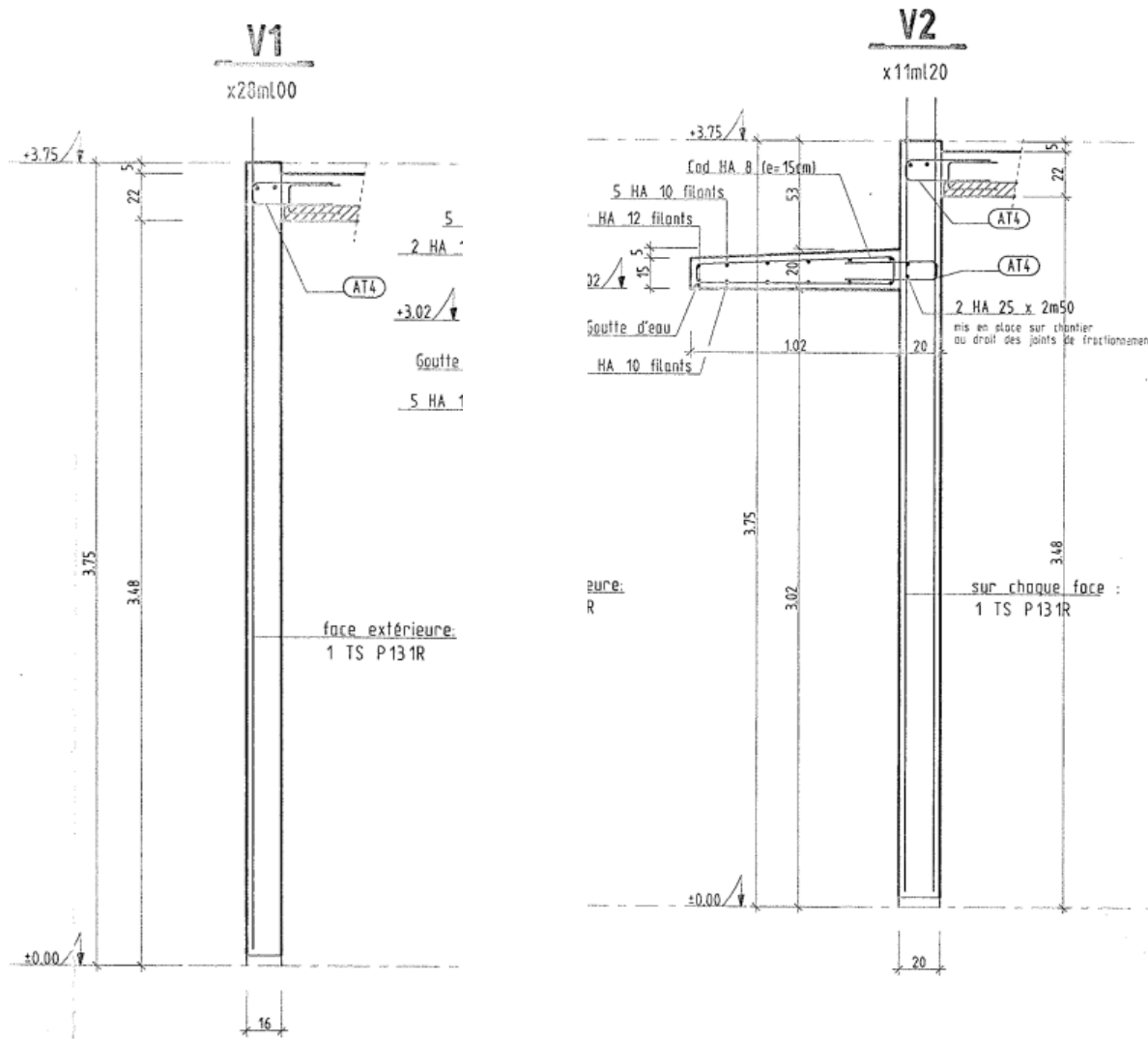


Figure 12 : Ferrailage théorique des voiles V1 & V2 / Plan 96.158 – EXE 12A

Nous observons les points suivants :

- **Voile V1 :**
 - 1 TS P131R sur la face extérieure du voile ($A_v : 1,31 \text{ cm}^2/\text{ml}$ et $A_h : 0,95 \text{ cm}^2/\text{ml}$)
 - Epaisseur du voile : 16 cm
 - Enrobage : 3 cm
- **Voile V2 :**
 - 1 TS P131R sur chaque face ($A_v : 1,31 \text{ cm}^2/\text{ml}$ et $A_h : 0,95 \text{ cm}^2/\text{ml}$)
 - Epaisseur du voile : 20 cm
 - Enrobage : 3 cm

Les dispositions minimales constructives de chaînage résultant de la norme NF EN 1992-1-1 et de son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA sont récapitulées à la page suivante :

Les dispositions minimales constructives suffisent en théorie à maîtriser la fissuration due au retrait.

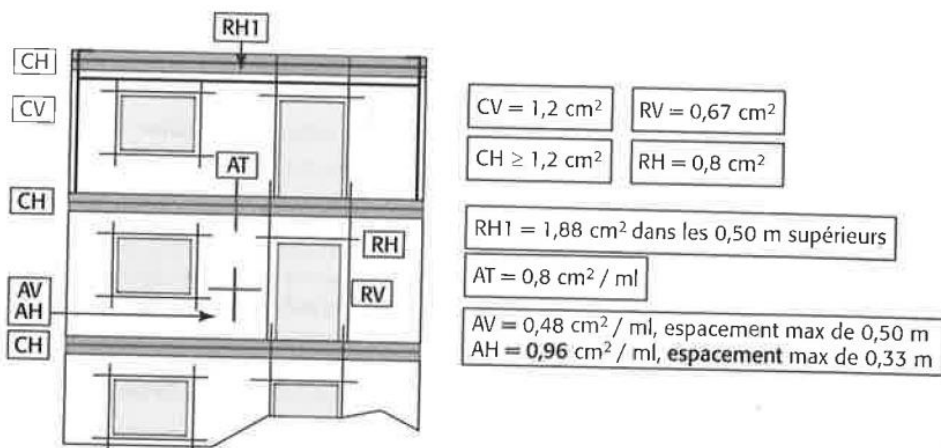


Figure 13 : Dispositions minimales constructives

Le ferrailage minimal dans un voile en béton peu armé doit être :

- Av : 0,48 cm²/ml
- Ah : 0,96 cm²/ml

De plus, les voiles de façade et de pignon dont les caractéristiques de résistance à la pénétration de l'eau peuvent être affectées par la fissuration du béton (c'est-à-dire les façades non protégées par un parement type bardage) doivent avoir une épaisseur minimale de 15 cm.

7.3.1.3 CONCLUSION

On observe que les plans SERBA respectent les dispositions constructives minimales. Les aciers horizontaux sont à la limite des dispositions constructives minimales, mais ceci n'explique pas les désordres observés.

	Dispositions constructives minimales	Plans SERBA Voile BA V1
Epaisseur minimale du voile	15 cm	16 cm
Aciers verticaux AV	0,48 cm ² /ml	1,31 cm ² /ml
Aciers horizontaux AH	0,96 cm ² /ml	0,95 cm ² /ml
Chaînages verticaux CV	1,2 cm ²	1,01 cm ² (mini)
Chaînages horizontaux CH	1,2 cm ²	1,57 cm ²
Raidisseurs verticaux RV	0,67 cm ²	1,01 cm ²
Raidisseurs horizontaux RH (=linteaux)	0,8 cm ²	1,57 cm ²

Le respect de ces dispositions constructives permet de maîtriser l'effet des variations dimensionnelles et de le négliger dans les calculs.

En revanche, nous observons des différences entre les plans SERBA et la mise en œuvre. En effet, les plans prévoient un TS P131 R sur la face extérieure du voile, avec un enrobage de 3 cm. Les sondages effectués révèlent des disparités dans l'enrobage du voile, avec un enrobage pouvant atteindre 8 cm. Suivant le scan géoradar, nous en déduisons que le TS est placé au centre du voile.

7.3.2 ANALYSE DU FERRAILLAGE DES VOILES AUTOUR DES OUVERTURES

On observe que la plupart des fissures partent des angles des ouvertures. Un mauvais ancrage des armatures peut conduire à un manque d'armature localisée, et donc une baisse de résistance du voile pouvant alors causer l'apparition de fissures.

Le ferrailage du linteau, noté L1, est donné sur le plan **96.158 – EXE12A**.

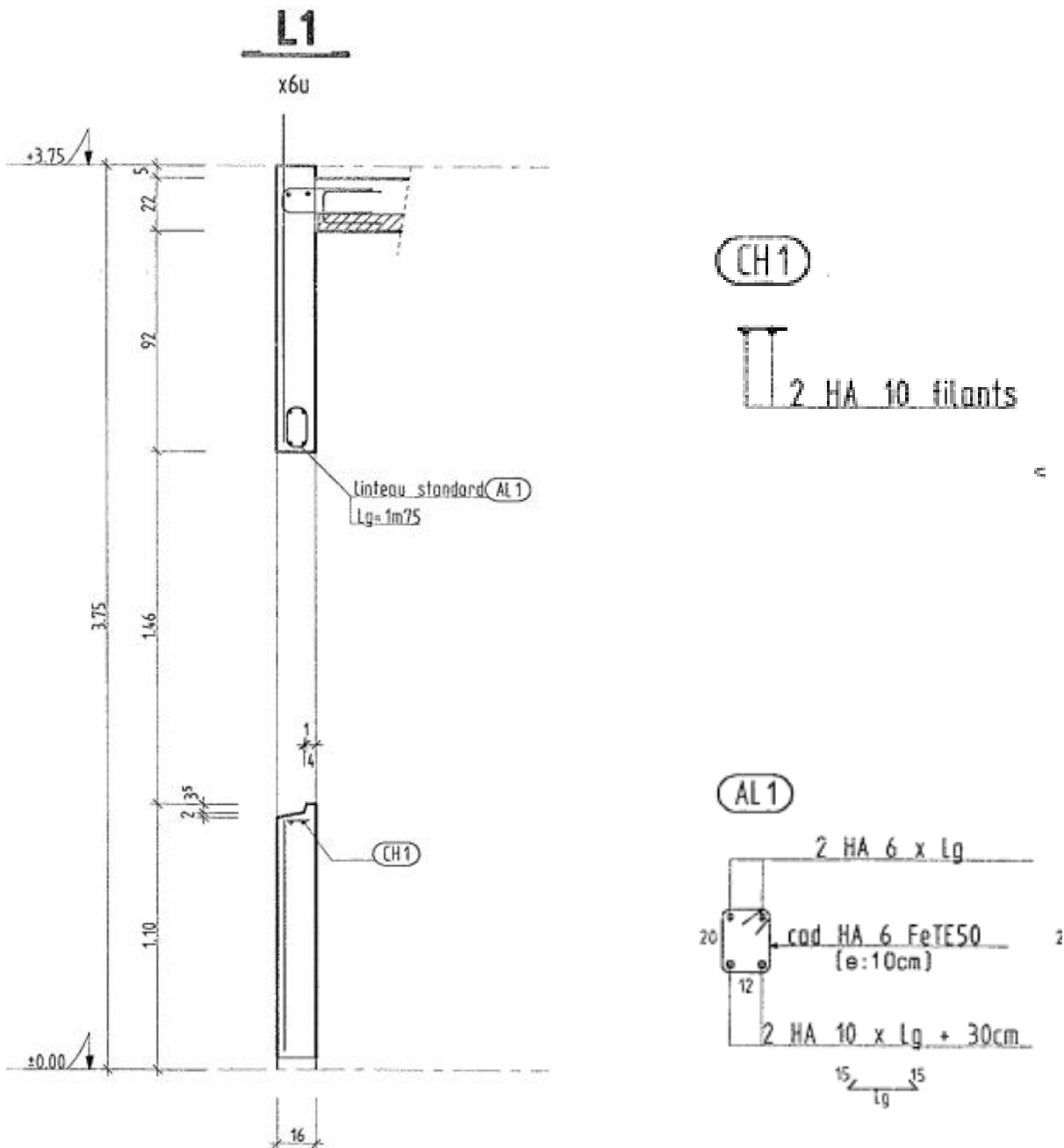


Figure 14 : Ferrailage du linteau L1 / Plan 96.158 – EXE 12A

On observe qu'il est prévu un ancrage de 15 cm sur appui pour les linteaux. Le chaînage en allège doit se recouvrir de 50φ avec le treillis soudé en place, soit une longueur d'ancrage de 50 cm de chaque côté.



Conclusion

Au vu des descentes de charge, le ferrailage en place respecte les dispositions constructives minimales ainsi que les justifications au calcul en flexion du linteau.

En revanche, il apparaît sur l'image d'un radar que le linteau est ancré de seulement 7-8 cm. Il est possible que les armatures aient été mal placées durant la phase chantier, ou bien que les cages d'armatures soient trop courtes. L'ancrage de 15 cm prévu sur les plans aurait suffi pour intercepter les fissures observées.

7.3.3 MOUVEMENTS DE SOL

Les fissures étant généralisées sur le bâtiment, il n'est pas à exclure une défaillance du sol. Les causes peuvent être nombreuses :

- Tassement différentiel des fondations
- Sol hétérogène, avec des zones de résistance moindre
- ...

Nous avons observé lors de notre visite sur site une plaque métallique (voir partie 5) complètement fléchie sous l'action du sol.

Le bâtiment repose actuellement sur un système puits gros béton/longrines, ancrés de 30 cm dans le bon sol, à -5m50 d'après les coupes sur le plan **96.158 – EXE 02A**. La contrainte résistante du sol retenue à l'époque est de 0,50 MPa.

7.3.3.1 SYNTHÈSE DU RAPPORT G2-AVP – DECEMBRE 2018

Le client nous a remis une étude G2-AVP réalisée sur le site de l'INRA en décembre 2018, par ECR Environnement. Le projet prévoit la construction d'une animalerie en lieu et place d'un bâtiment voué à être démoli.

D'après le rapport :

- Le secteur étudié est situé dans une zone d'aléa faible concernant le retrait-gonflement des argiles
- Le secteur étudié est situé dans une zone de sensibilité forte concernant les remontées de nappe
- Le secteur étudié n'est pas sensible au risque de liquéfaction
- Mode de fondation envisagée : solution de fondations superficielles ancrées de 30 cm dans les altérites sablo-limoneuses de compacité suffisante, soit d'après les sondages, un ancrage à environ 1,50m par rapport au terrain actuel
- Contrainte q'_{ELS} retenue : 0,15 MPa

Le modèle géotechnique retenu est le suivant :

Sondage	SP1	SP2
Plateforme de voirie	-	0.30
Terre végétale	0.20	-
Remblai limoneux (marron)	0.70	0.70
Altérite sableuse à sablo-limoneuse (blanc, beige, orange)	5.20	$\geq 6.00^*$
Altérite sablo-limoneuse compacte (orange roux)	$\geq 6.00^*$	-

Figure 15 : Modèle géotechnique retenu

En s'appuyant sur les essais pressiométriques réalisés en 2018, nous évaluons la contrainte résistante de sol à l'ELS à 0,31 MPa pour le SP1 et à 0,25 MPa pour le SP2 à -5m50 par rapport au terrain actuel. Cette différence peut s'expliquer par différents facteurs :

- Matériel utilisé
- Norme de réalisation des essais pressiométriques
- Protocole expérimentale
- Traitement des données

7.3.3.2 DESCENTE DE CHARGES SUR FONDATIONS – MUR FAÇADE NORD

Nous avons effectué une descente de charge (DDC) sur les puits afin de vérifier le dimensionnement, sous le mur façade nord, en retenant la contrainte de sol de l'époque de 0,5 MPa.

Modélisation

Outils de calcul utilisés :

- Graitec Arche Ossature 2021

Hypothèses de DDC :

- Géométries et charges conformes aux plans de coffrage EXE
- Descente de charge par méthode traditionnelle (ligne de rupture)
- Réactions d'appuis des poutres : Max (foyer/iso)

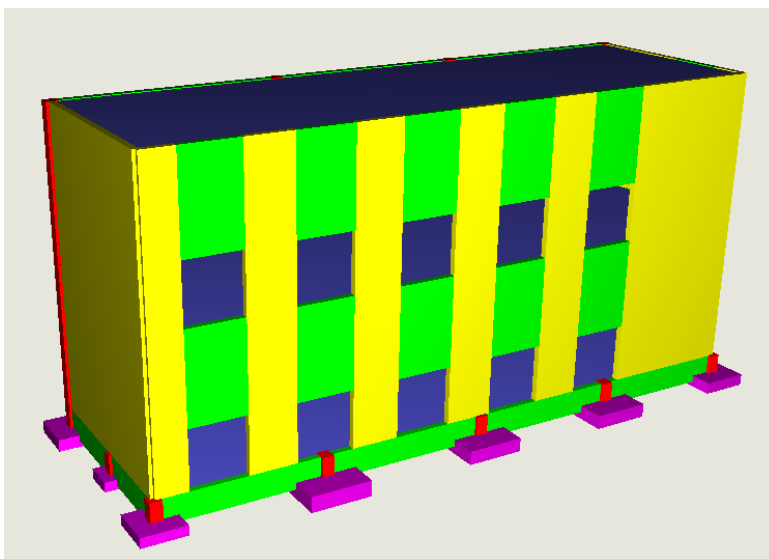


Figure 16 : Modèle Arche Ossature, vue 3D

Nous observons les résultats ci-dessous :

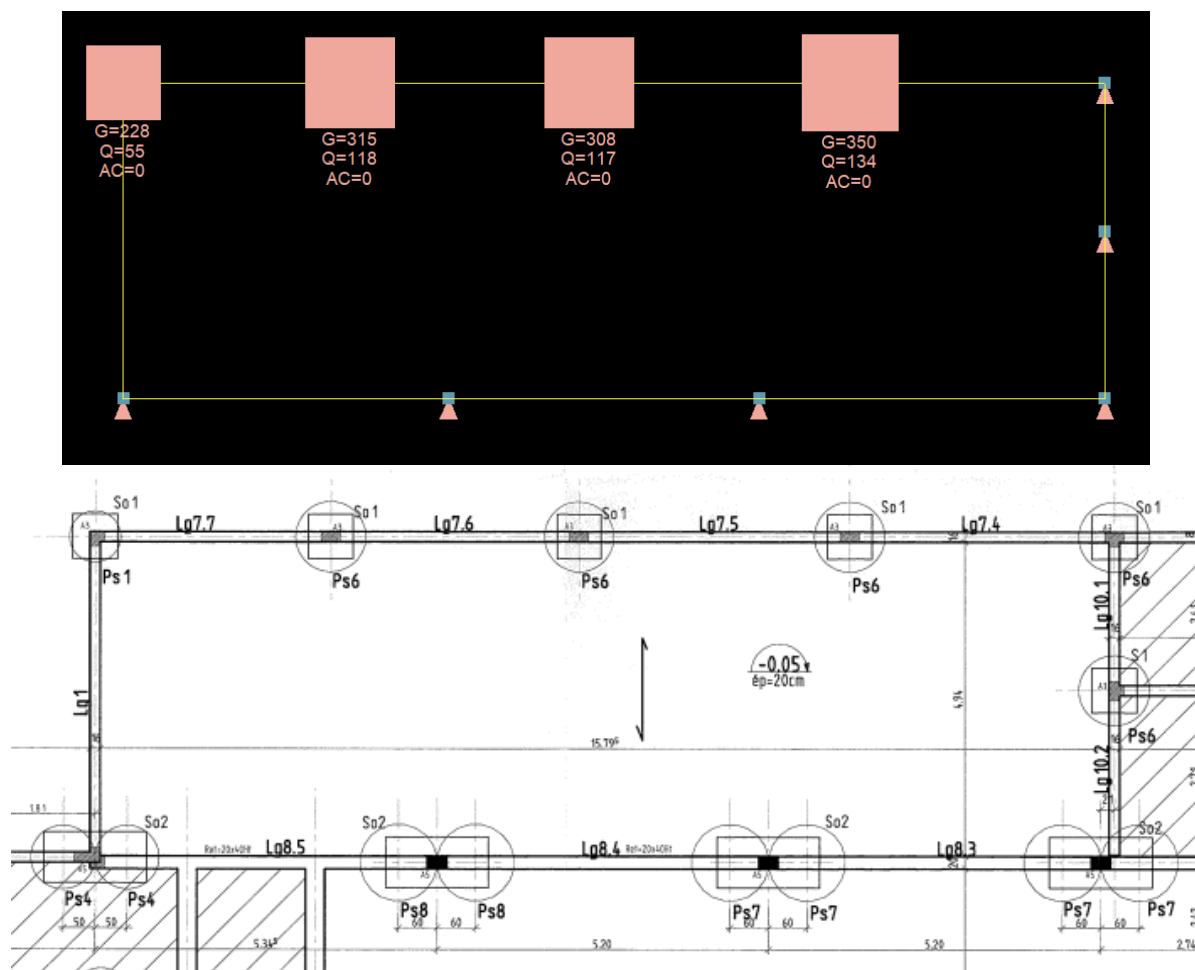


Figure 17 : Résultat de la DDC sur fondations / Mur façade Nord

Les puits notés Ps6 sont des puits $\phi 110$ cm, pouvant reprendre une charge maximum à l'ELS (soit $G+Q$) de 475 kN. On observe que les puits sont dimensionnés à la limite.

Le puit noté Ps1 est un puit $\phi 80$ cm, pouvant reprendre une charge maximum à l'ELS de 251 kN. Selon nos calculs, le puit Ps1 semble alors légèrement sous-dimensionné ($G+Q = 283$ kN).

7.3.3.3 CONCLUSION

L'action du sol est particulièrement difficile à mettre en évidence ici. Selon le rapport, il n'existe pas de risque fort de retrait-gonflement des argiles, qui peut expliquer certains problèmes lors de diagnostic.

Des couches de terrain compressibles, non détectées lors des études de sol (réalisées par échantillonnage), restent toutefois possibles.

Notons également que les méthodes actuelles de dimensionnement des fondations conduiraient à surdimensionner les fondations pour limiter les tassements.

Enfin, nous avons mis en évidence un léger sous-dimensionnement du puit Ps1 dans l'angle du bâtiment. Des tassements différentiels pourraient se produire sous les fondations, ce qui pourrait causer les fissures inclinées observées.

7.4 CONCLUSIONS GENERALES SUR LES ORIGINES DES DESORDRES

Le caractère dispersé des fissures (non localisée à une zone précise) nous laisse penser que les cause les plus probables sont :

- **Retrait du béton, changement de température**
- **Mouvements de sol liés à des zones de terrain compressible**

Nous ne relevons pas d'erreurs sur les plans pouvant causer une fissuration généralisée sur le bâtiment. En revanche, l'exécution peu soignée lors de la phase chantier, en particulier le mauvais positionnement du treillis soudés dans le voile (treillis centré, alors qu'il devrait être placé sur la face extérieure) ne permet pas de contrôler efficacement les fissurations de retrait, qui sont ensuite évolutives avec les conditions climatiques.

Des mouvements de sols pouvant causer des tassements différentiels des fondations sont également possible. On observe quelques dégradations importantes des voiries sur le site.

Enfin, un problème de qualité de béton pourrait également être la cause des fissures. Un béton plus poreux (dosage en ciment faible, dosage en eau trop important...) ou bien une exécution peu soignée (coffrage pas temps chaud et sec, mauvaise cure du béton...) peuvent être la cause des fissures observées.

Des fissuromètres ont été placés sur plusieurs fissures existantes afin de relever l'évolution des fissures.

Il n'existe à ce jour aucun risque relatif à la ruine des ouvrages.

Toutefois, il convient traiter les fissures en façade Nord de la zone Sud afin d'éviter le phénomène de corrosion, qui pourrait aggraver les fissures et la pérennité du bâtiment.

Les fissures affectant les façades Sud des zones Nord et Sud sont d'ordre esthétiques ($w_k \leq 0,2mm$). Elles peuvent être laissées en l'état, ou traitées.

8 PRECONISATIONS DE REPRISE

8.1 MUR MAÇONNE

Suite aux conclusions précédentes, il n'y a pas lieu d'effectuer des travaux de reprise. Un fissuromètre a été positionné au droit de la fissure afin d'apprécier l'évolution dans le temps.

Si l'ouverture de fissures venait à évoluer rapidement, des renforts type chainages/raidisseurs bétons pourraient être mis en place afin de rigidifier le mur maçonné.

8.2 MURS EN BETON ARME

Suite aux conclusions précédentes, nous préconisons de procéder aux travaux de reprise suivants :

- Eclats de béton
 - **Purge du béton ayant éclaté au droit de l'armature corrodée**
 - **Elimination de la rouille**
 - **Traitement des aciers**
 - **Reconstitution du béton par un mortier de réparation**

NB : travaux de purge à réaliser au plus vite. Risque de chute à court terme d'écailles de béton sur les usagers du site.

- Fissures
 - Solution 1
 - **Décapage de l'enduit**
 - **Traitement des fissures par pontage ou calfeutrement**
 - **Pose d'un revêtement souple d'imperméabilité (RSI) de classe I4 sur la façade, conforme au DTU 42.1**

NOTE L'application d'un revêtement souple d'imperméabilité (RSI) est définie dans le DTU 42.1. Les RSI sont adaptés aux bétons et aux maçonneries enduites affectés de fissures, ou poreuses, car ils sont d'une part étanche à l'eau, d'autre part souples, donc résistants à la fissuration du support.

Il convient de respecter les règles d'application définies dans le DTU 42.1 afin de limiter les risques de décollement du revêtement (application sur support sec, protection des têtes de mur par une couverture,...). La pose d'une couverture en tête d'acrotère sera nécessaire afin d'éviter la dégradation du RSI.

Une étude du revêtement actuel définissant son épaisseur, son aspect, son adhérence et sa sensibilité à l'eau peut être menée afin de juger la pertinence de décaper l'ensemble de la façade.

- Solution 2
 - **Agrafage des fissures par engravure d'armatures perpendiculaires aux fissures**
 - **Traitement des fissures par pontage ou calfeutrement**
 - **Remise en peinture**

8.3 ESTIMATION ECONOMIQUE DES TRAVAUX DE REPRISE

L'estimation des travaux de reprise gros-œuvre et enduit extérieur est donnée ci-dessous.

L'estimation ne comprend pas les postes suivants (hors lot) :

- Travaux de menuiseries, de second-œuvre, ...

Par ailleurs, il a été considéré que les travaux de reprise de structure s'inscrivaient dans le cadre global des travaux de réfection de l'ouvrage ; par conséquent, les entreprises pourront bénéficier des installations communes de chantier, des moyens d'accès, ...

Les hypothèses sur les surfaces à traiter sont les suivantes :

- Eclats de béton (nombre d'unité : environ 20 U)
- Pose d'un RSI sur la façade Nord de la Zone Sud (Surface à traiter : 170 m²)

L'estimation a été scindée en 5 postes :

▪ Travaux préparatoires	11 300 € HT
▪ Murs maçonnés	- € HT
▪ Murs en béton armé – traitement des éclats de béton	8 800 € HT
▪ Murs en béton armé – traitement des fissures	
○ Solution n°1 :	31 500 € HT
○ Solution n°2 :	28 900 € HT
▪ Finitions, travaux divers	4 100 € HT
▪ Total solution n°1	56 900 € HT
▪ Moins-value solution n°2	- 2 600 € HT

Le détail est donné en annexe 3.



9 ANNEXES

9.1 ANNEXE 1 : RAPPORT DE RECONNAISSANCE DE STRUCTURE, RINCENT LABORATOIRES

9.2 ANNEXE 2 : RELEVÉ DES FISSURES ET DES ECLATS DE BETON

9.3 ANNEXE 3 : ESTIMATION ECONOMIQUES DES TRAVAUX DE REPRISE

ANNEXE 1



AGENCE BRETAGNE – PAYS DE LA LOIRE

La Trinité Surzur, le 08 Décembre 2021

Dossier n° : 21-6-30909

INRAE

NANTES

SERBA

RAPPORT D'INTERVENTION

Reconnaissance de structure

Intervention du 3 Décembre 2021


Rapport : 21-6-30909-1A

A	08/12/2021	B. MERLE	G. LEPREVOST	G. LEPREVOST	22	1 ^{ère} diffusion
Indice	Rédaction	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Nb pages	Observations

Agence BRETAGNE – PAYS DE LA LOIRE


20, Parc d'Activité du Monténo
56 190 – LA TRINITE SURZUR
RCS VANNES – 497 735 431 00049

Tél : 06 37 38 18 30 / 09 84 55 65 09
Courriel : bretagne@rincent.fr

Client :	SERBA	N° Page	3	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

SOMMAIRE

1. Généralités	4
2. Programme de l'intervention	4
3. Principe des essais	6
3.1. Mesure de l'enrobage des armatures	6
3.2. Détection radar	7
3.3. Profondeur de carbonatation	8
3.4. Mesure de l'indice de rebondissement au scléromètre	8
3.5. Fissuromètre oculaire digitale	9
4. Résultats	10
4.1. Localisation des sondages	10
4.2. Reconnaissance de structure mur Nord S1	11
4.3. Reconnaissance de structure mur Nord S2	13
4.4. Reconnaissance mur Nord	15
4.5. Reconnaissance de structure mur Sud S3	17
4.6. Reconnaissance mur Sud	19
4.7. Instrumentation fissures	21

Client :	SERBA	N° Page	4	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

1. Généralités

A la demande et pour le compte de la société **SERBA** (représentée pour cette affaire par Monsieur **HUITRIC**), **RINCENT LABORATOIRE Agence Bretagne / Pays de la Loire** a été mandaté pour réaliser des reconnaissances de structure sur un bâtiment de l'INRAE, situé dans la commune de Nantes (44).

L'intervention a eu lieu le 03 Décembre 2021 sur le site.

2. Programme de l'intervention

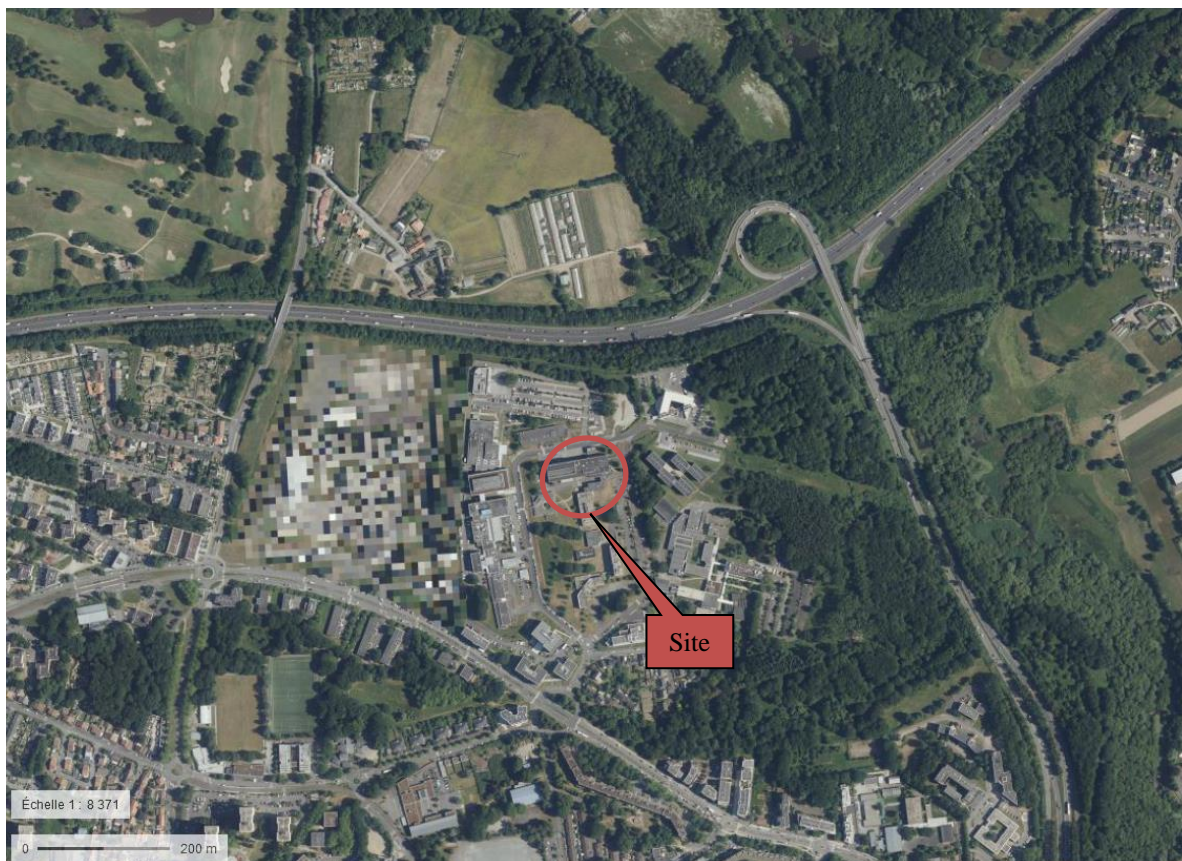



Figure 1 : Localisation du chantier

Le programme des reconnaissances a été défini dans la proposition technique « **Proposition technique et financière N° D-30909-6-01** ».

Client :	SERBA	N° Page	5	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

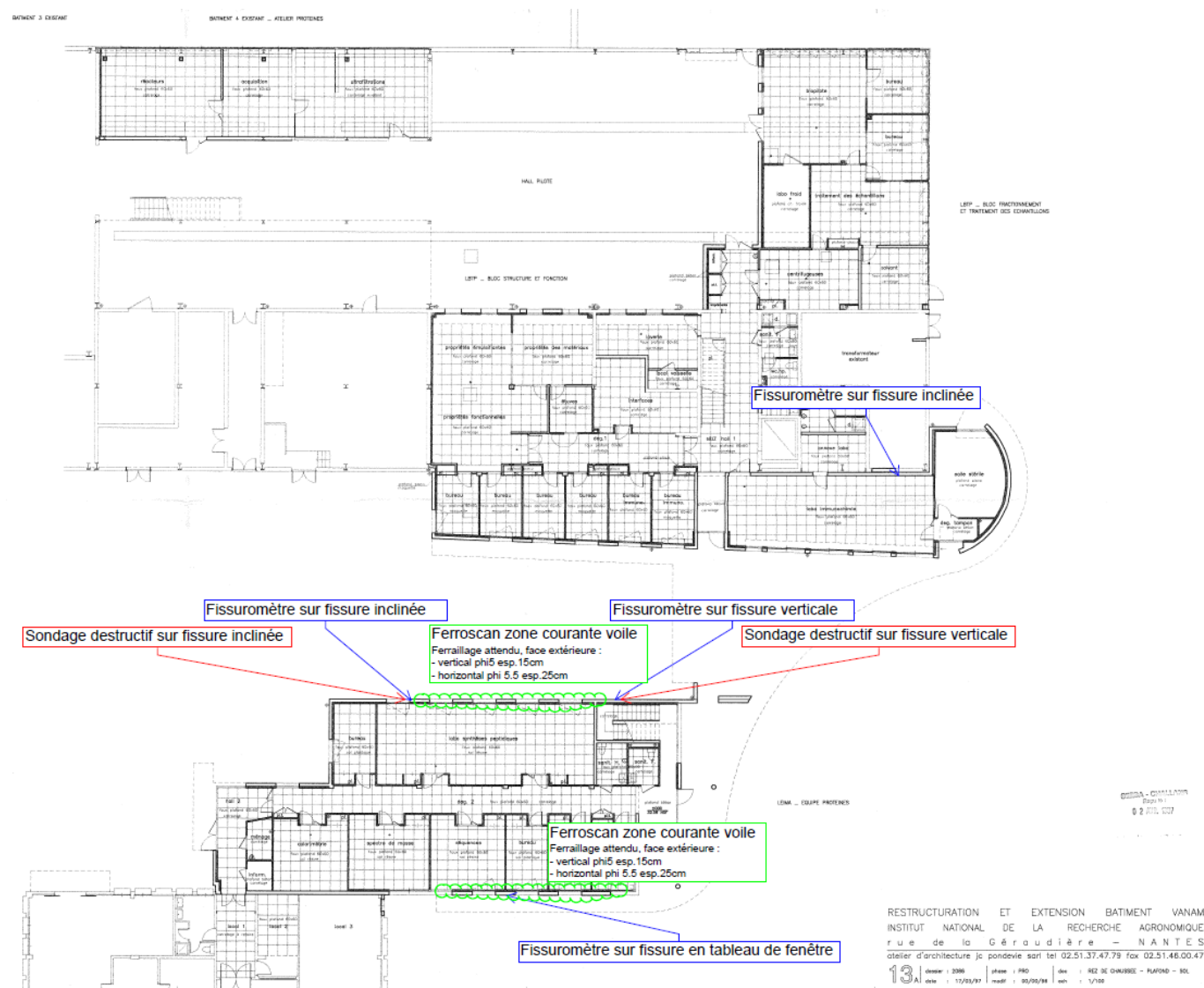



Figure 2 : Investigations

Client :	SERBA	N° Page	6	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

3. Principe des essais

Les moyens de reconnaissance et diagnostic des structures sont les suivantes.

3.1. Mesure de l'enrobage des armatures

Le détecteur d'armatures est un appareil électromagnétique qui permet de détecter les armatures et de déterminer leurs positions.

Le détecteur d'armatures est équipé d'un scanner qui permet de faire les prises de mesures et d'un moniteur qui permet de visualiser et de traiter les données mesurées.

La prise de mesure se fait à l'aide d'un quadrillage prédéfini de maillage 15cm x 15cm sur 4 colonnes et 4 lignes (dimensions maximales des photographies enregistrées sur le détecteur d'armatures 0,60m x 0,60m). Dans le cas de superposition de nappes, on ne détectera généralement que la nappe la plus proche.


L'appareil nous donne les valeurs suivantes :

- les coordonnées X et Y du point choisi sur les aciers par rapport au quadrillage cité ci-dessus,
- un ordre de grandeur de l'enrobage des armatures
- un ordre de grandeur du diamètre des armatures ; le diamètre des armatures est une donnée accessible mais entachée d'une incertitude très importante. Ces informations ne peuvent donc en aucun cas être utilisées sans confirmation par un sondage destructif ponctuel.

Pour les mesures près des angles, un décalage d'environ 7cm est nécessaire.



Figure 3 : Ferroskan PS200 (Hilti)

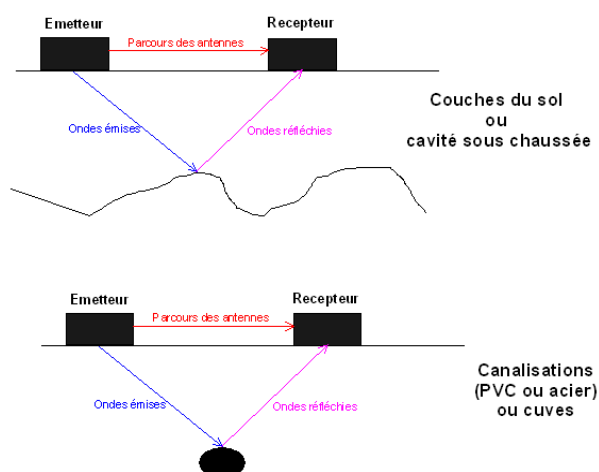
Client :	SERBA	N° Page	7	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

3.2.Détection radar

Le radar utilise la réflexion des ondes électromagnétiques.

Une antenne émettrice envoie dans la structure à ausculter des impulsions d'énergie de très brève durée (quelques nanosecondes nS). Cette antenne est déplacée à vitesse constante le long de la surface à ausculter. Quand les ondes produites rencontrent un contact entre deux matériaux de composition différente, une partie de leur énergie est réfléchiée vers le haut tandis que l'autre partie continue à s'enfoncer.

Les ondes réfléchies sont captées par une antenne réceptrice et finalement transformées pour produire une imagerie continue affichée immédiatement sur l'écran de contrôle. Le choix des fréquences de travail détermine en partie la résolution (distance minimale entre deux anomalies susceptibles d'être décelées) et la profondeur d'investigation. La fréquence des antennes utilisée sur le chantier est 1,6 GHz.




L'image obtenue ou radargramme, constitue la section continue du sous-sol ou de la structure sur laquelle l'abscisse correspond aux distances le long du parcours du récepteur et l'ordonnée au temps aller-retour employé par les ondes pour atteindre les objectifs et revenir.

La profondeur d'investigation et la résolution dépendent des caractéristiques de l'antenne et du milieu investigué.



Figure 4 : Radar PS1000 (Hilti)

Client :	SERBA	N° Page	8	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

3.3. Profondeur de carbonatation

La carbonatation, entraîne une acidification du béton et un phénomène de retrait dit « retrait de carbonatation », qui augmente sa porosité et entraîne la corrosion accélérée des aciers.

La procédure de mesure de profondeurs de carbonatation est décrite dans la norme XP P18-458.

On projette sur la section de béton à analyser un indicateur coloré de couleur rose, qui devient incolore dans une zone de virage entre $8,2 < \text{pH} < 10$.

Le produit utilisé est l'indicateur TA, qui remplace la phénolphtaléine classée cancérigène probable.



Figure 5 : Indicateur TA - Exemple d'essai de mesure avec profondeur moyenne de carbonatation égale à 12 mm

3.4. Mesure de l'indice de rebondissement au scléromètre

Les mesures sclérométriques font l'objet de la norme NF EN 12504-2 « Essais pour béton dans les structures – Partie 2 – Essais non destructifs – Détermination de l'indice de rebondissement » de février 2003.

Le principe du scléromètre consiste à projeter une bille métallique sur la surface d'un matériau, créant une énergie d'impact dont une partie entraîne le rebondissement de la bille.

Pour un béton, la hauteur de rebondissement sera d'autant plus grande que celui-ci est plus résistant et inversement.


Le numéro de série du scléromètre utilisé est le SH01-003-0639.

Le scléromètre est un silver schmidt N de Proceq et l'interprétation des résultats est réalisée sur le logiciel Proceq Hammerlink

Ce type d'essai non destructif permet de disposer d'un ordre de grandeur de la dureté de la surface. L'estimation de la résistance à la compression du béton est fortement affectée par cette dureté : les résultats exprimés en termes de résistance sont donc à considérer comme informatifs et ne peuvent se substituer à des mesures effectuées sur carottes.



Figure 6 : Scléromètre Silver Schmidt N


Client :	SERBA	N° Page	9	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

3.5.Fissuromètre oculaire digitale

Fissuromètre Saignac G1+



La jauge G1+ a une lecture « digitale » des dixièmes de mm : chaque mouvement de 1/10 de mm de la tirette entraîne l'obturation concomitante d'une ligne de 6 lumières blanches placées sur cette même tirette. Chaque ligne est affectée d'un chiffre (de 0 à 9) et le chiffre de la ligne obturée est le chiffre des dixièmes.

Client :	SERBA	N° Page	10	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

4. Résultats

4.1. Localisation des sondages

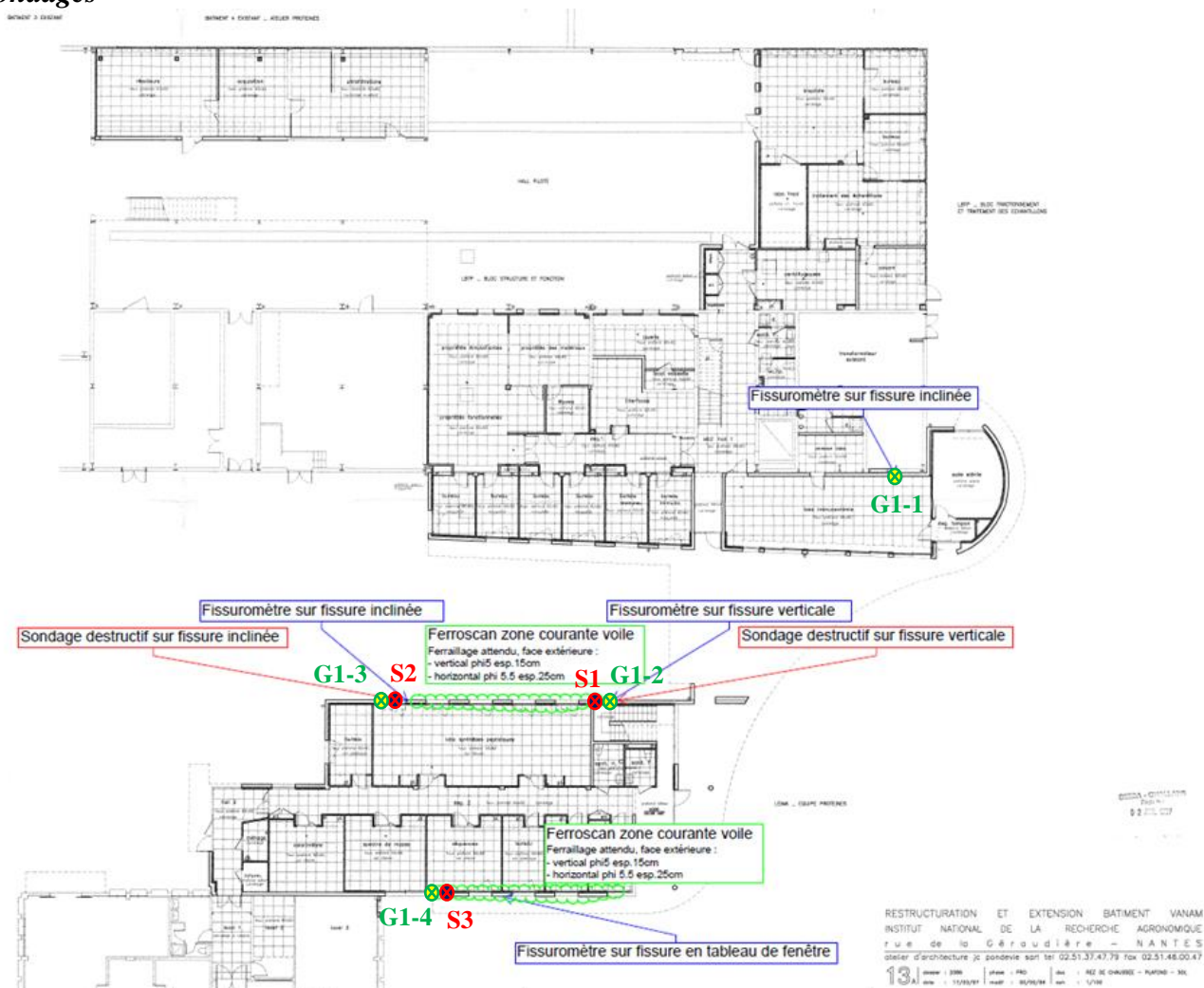




Figure 7 : Implantation des sondages

Client :	SERBA	N° Page	11	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

4.2.Reconnaissance de structure mur Nord S1



Figure 8 : Photos zone de sondage

Client :	SERBA	N° Page	12	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

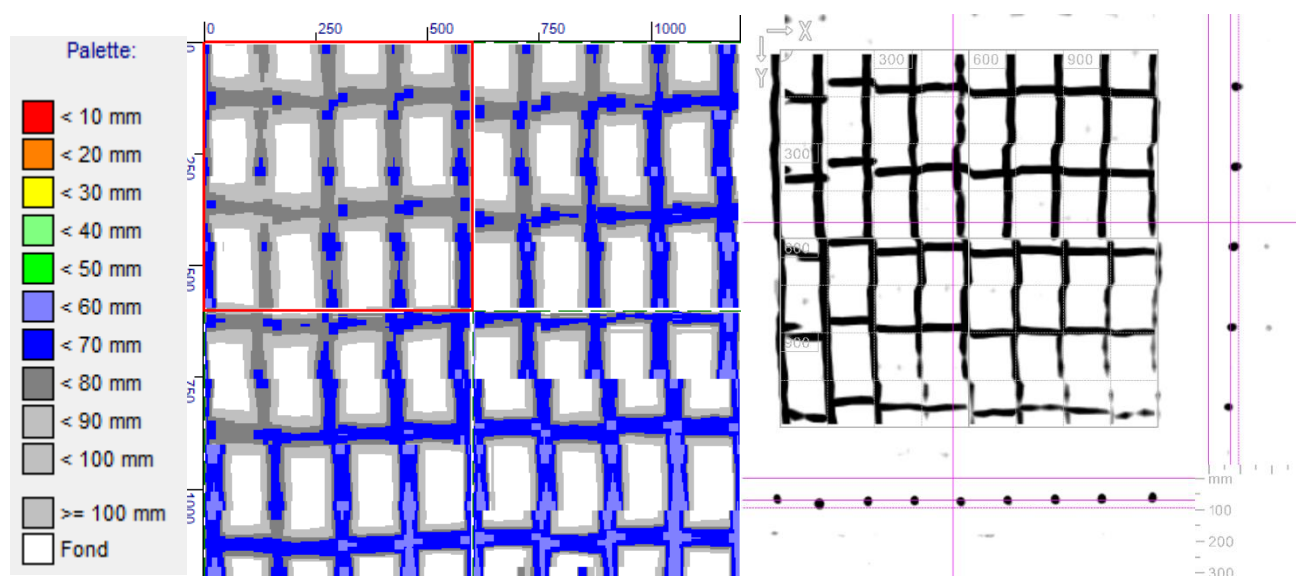



Figure 9 : Scan

Observation de 1 nappe d'aciers :

- Maille 150 x 250 mm, diamètres respectifs de 5mm et 5,5mm, type HA
 - o Enrobage moyen (depuis la face extérieure) : 73mm (minimum : 47mm).

Epaisseur du mur (estimation) : **150mm**


Profondeur de Carbonatation : **20mm**

Client :	SERBA	N° Page	13	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

4.3.Reconnaissance de structure mur Nord S2



Figure 10 : Photos zone de sondage

Client :	SERBA	N° Page	14	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

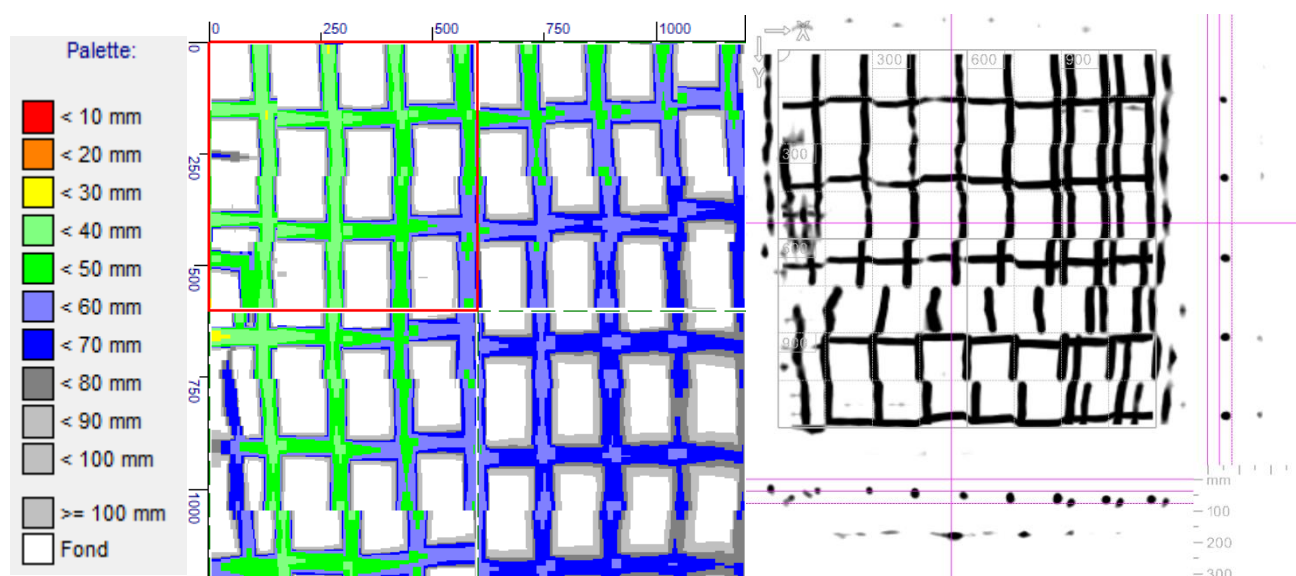


Figure 11 : Scan


Observation de 1 nappe d'aciers :

- Maille 150 x 250 mm, diamètres respectifs de 5mm et 5,5mm, type HA
 - o Enrobage moyen (depuis la face extérieure) : 43mm (minimum : 24mm).

Epaisseur du mur (estimation) : **150mm**

Résistance Sclérométrique : **30,0 MPa**

Profondeur de Carbonatation : **20mm**

Client :	SERBA	N° Page	15	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

4.4.Reconnaissance mur Nord

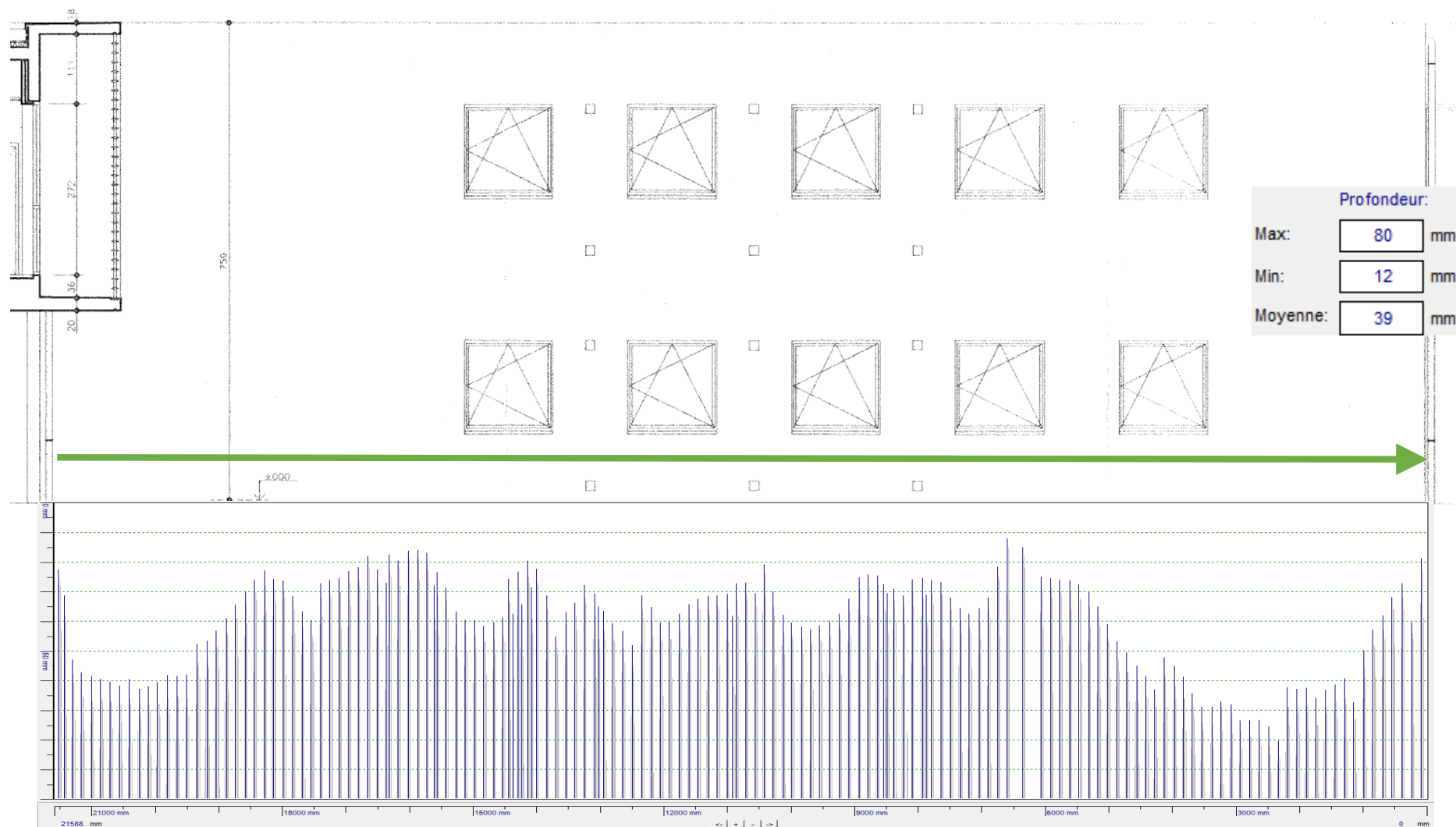


Figure 13 : Quick Scan Façade Nord

Client :	SERBA	N° Page	16
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1
Adresse :	NANTES	Indice :	A

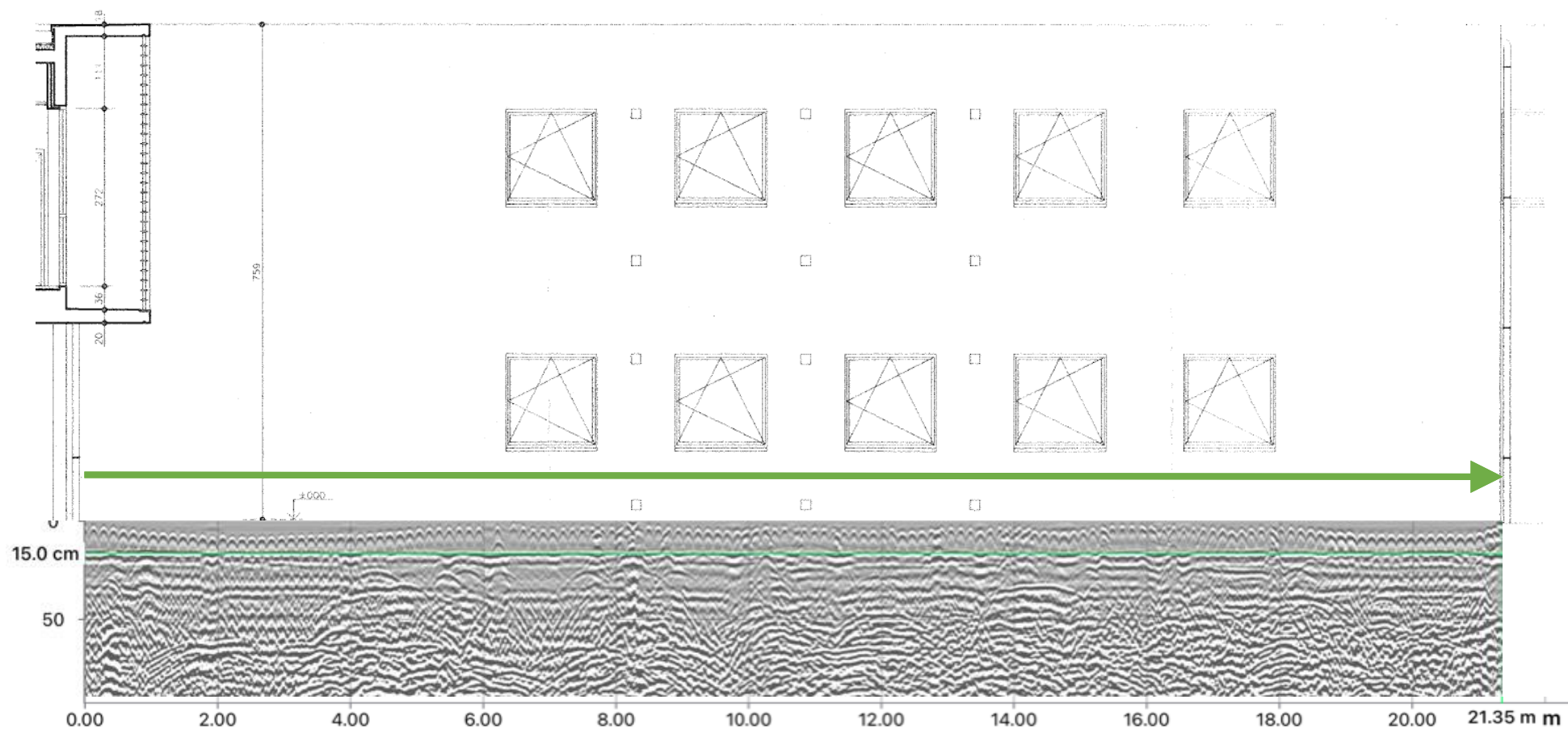




Figure 14 : Radar Façade Nord

Client :	SERBA	N° Page	17	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

4.5.Reconnaissance de structure mur Sud S3



Figure 15 : Photos zone de sondage

Client :	SERBA	N° Page	18	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

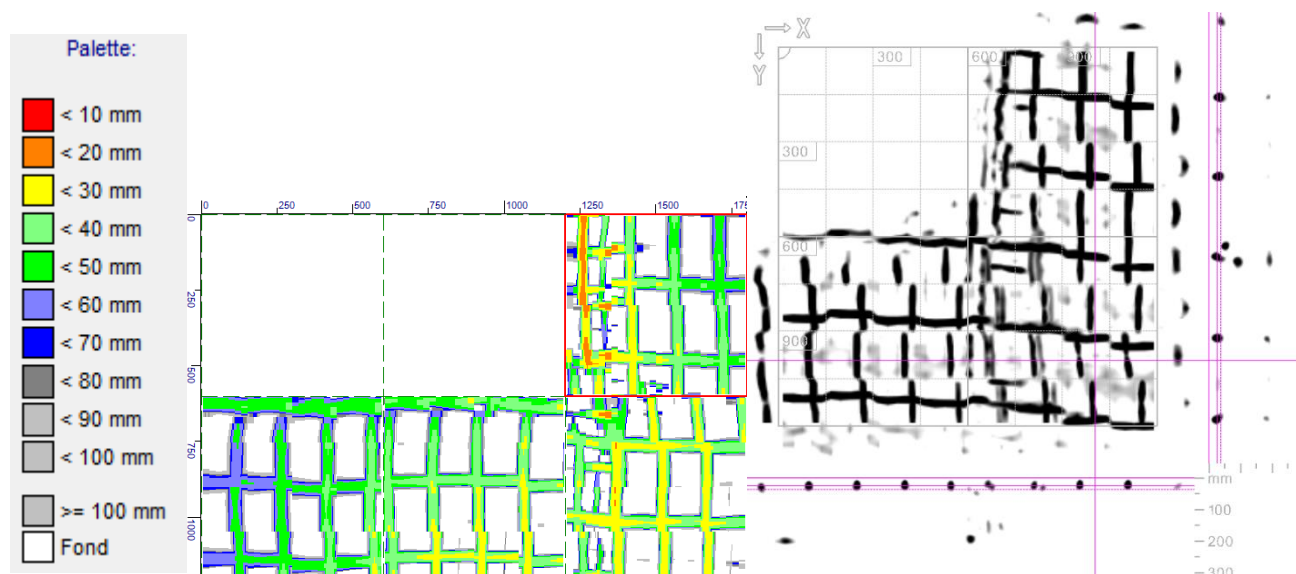



Figure 16 : Scan

Observation de 1 nappe d'aciers :

- Maille 150 x 250 mm, diamètres respectifs de 6mm et 6mm (estimation ferroskan)
 - o Enrobage moyen (depuis la face extérieure) : 28mm (minimum : 10mm).

Epaisseur du mur (estimation) : **200mm**

Profondeur de Carbonatation : **10mm**

Client :	SERBA	N° Page	19	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

4.6.Reconnaissance mur Sud

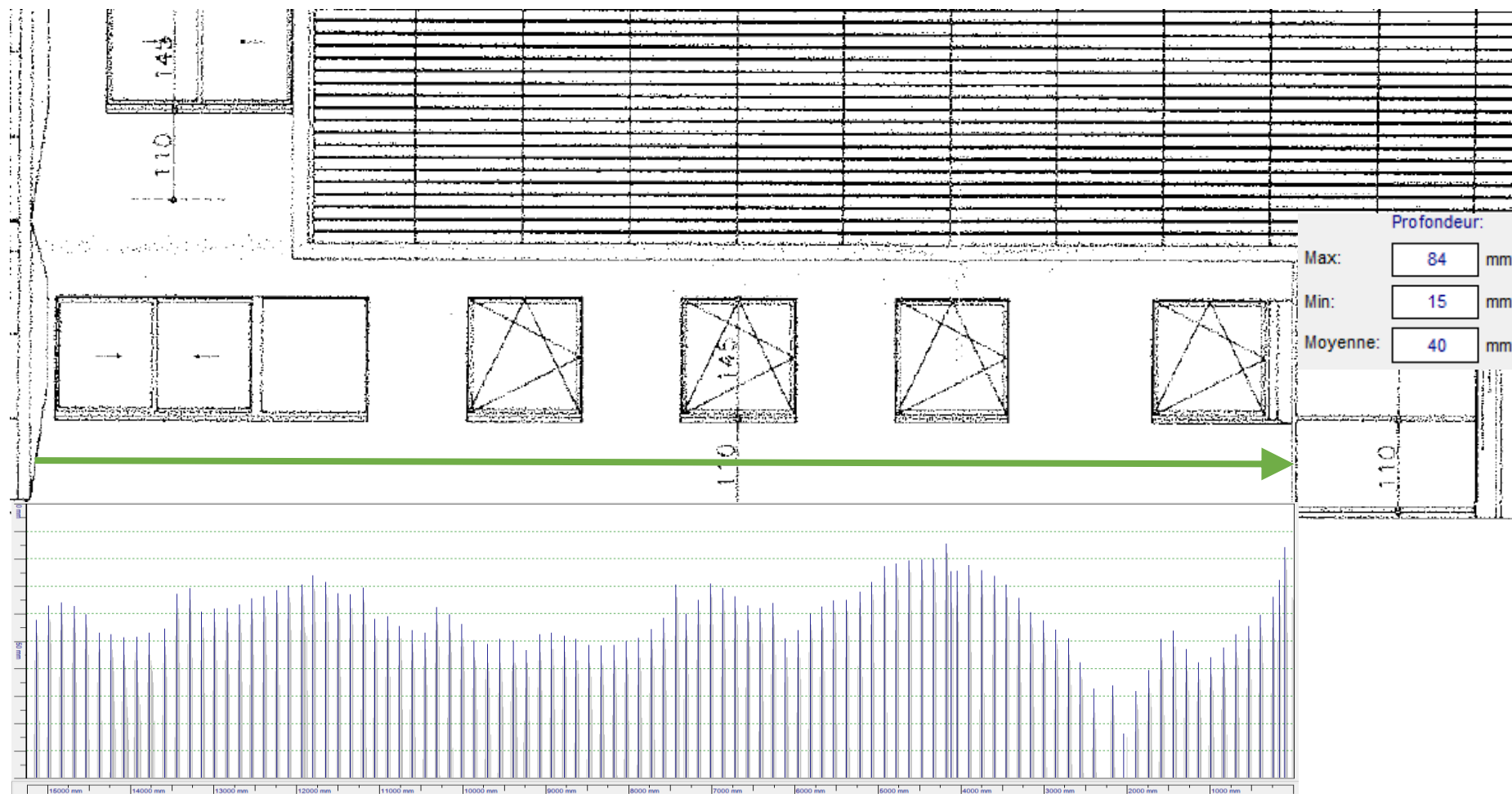


Figure 17 : Quick Scan Façade Sud

Client :	SERBA	N° Page	20
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1
Adresse :	NANTES	Indice :	A

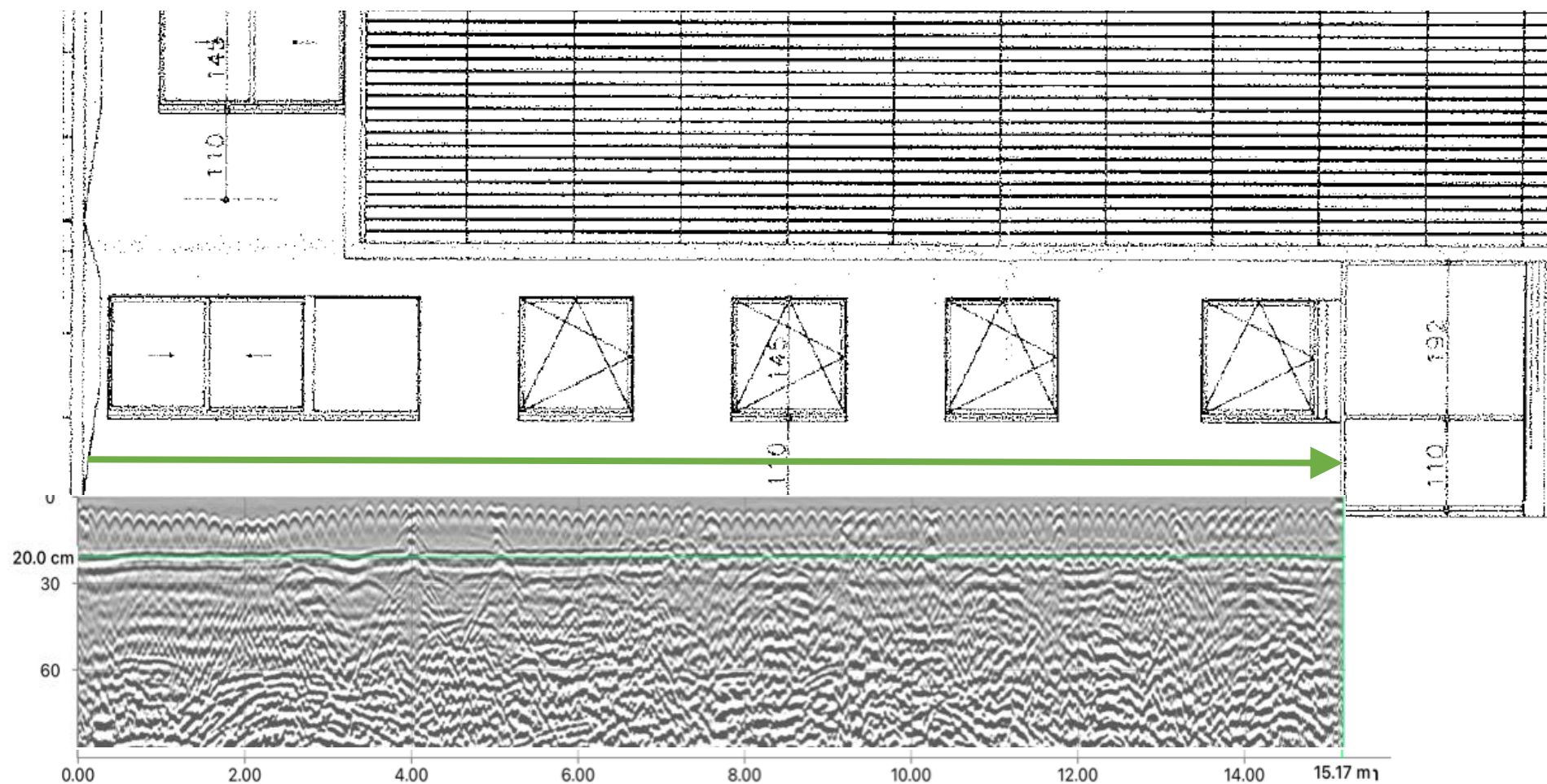








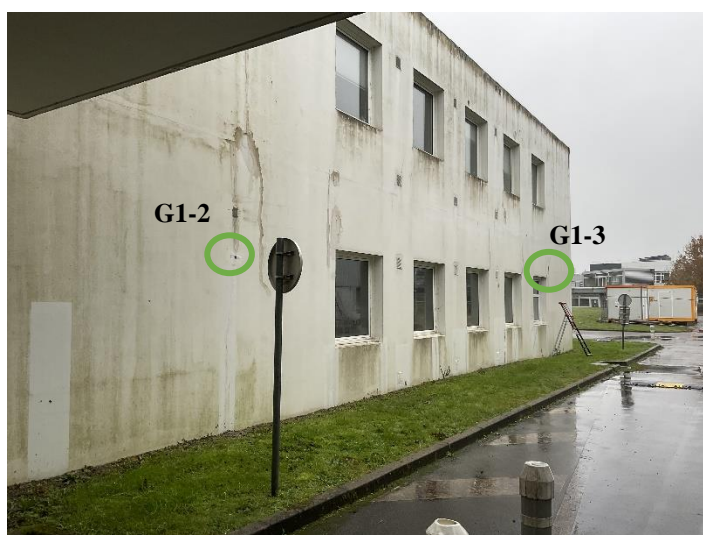
Figure 18 : Radar Façade Sud

Client :	SERBA	N° Page	21	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	

4.7. Instrumentation fissures

Référence	G1-1 – Fissure Intérieure Bâtiment	G1-2 – Fissure Extérieure Façade Nord	G1-3 – Fissure Extérieure Façade Nord	G1-4 – Fissure Extérieure Façade Sud
Photo				
Date de la pose	03/11/12	03/11/12	03/11/12	03/11/12
1 ^{er} Relevé	03/11/12 : 35,25mm	03/11/12 : 35,25mm	03/11/12 : 35,10mm	03/11/12 : 35,60mm

Client :	SERBA	N° Page	22	
Désignation :	Reconnaissance structure	N° Dossier	21-6-30909	
Site :	INRAE	N° Rapport :	21-6-30909-1	
Adresse :	NANTES	Indice :	A	



Benjamin MERLE
Ingénieur chargé d'affaire



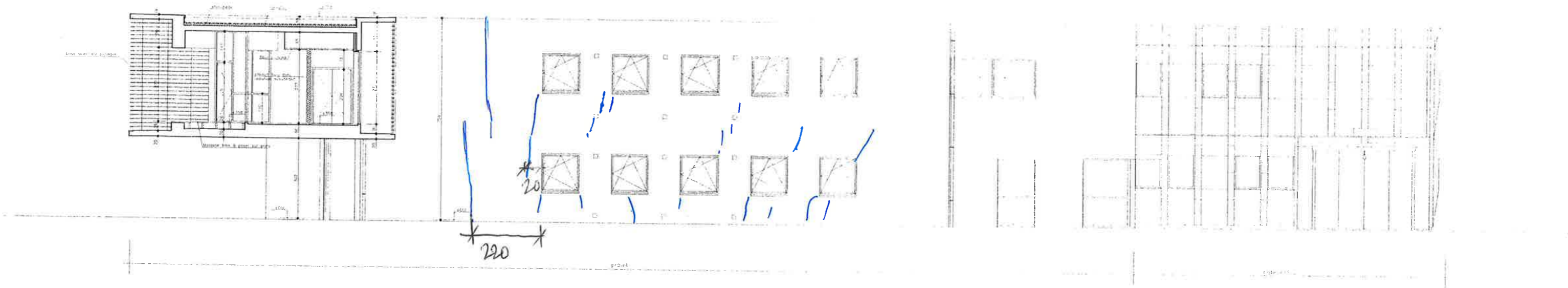
Gautier LEPREVOST
Responsable Agence Bretagne
/ Pays de la Loire



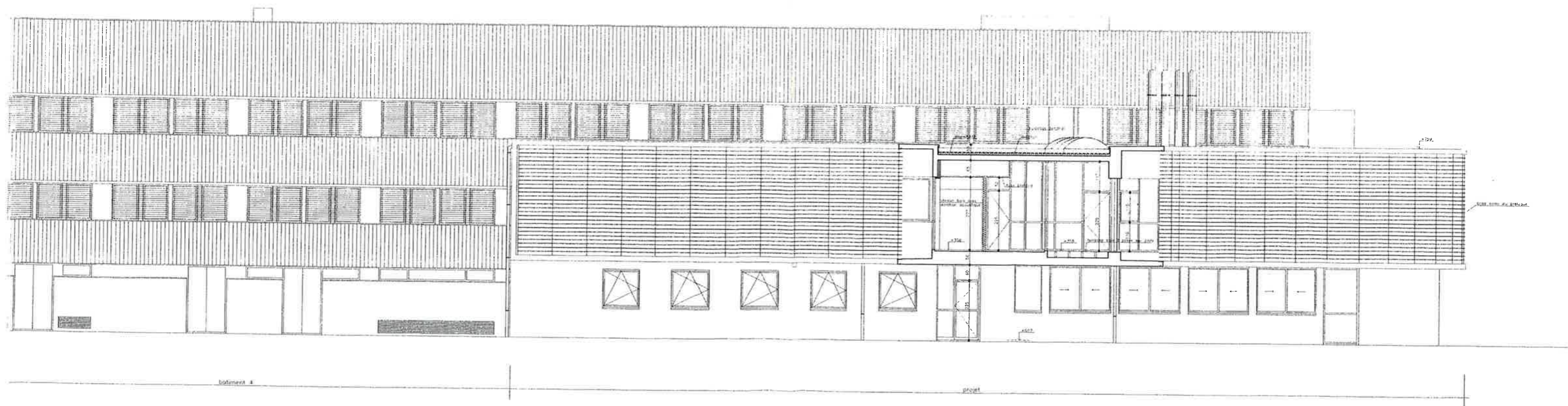
ANNEXE 2

w_p 0,2 à 0,5 mm

treillis soudé au centre du vide après sondage.
plans EXE: prévu face extérieure.



COUPE 5 FACADE NORD



COUPE 6 FACADE SUD

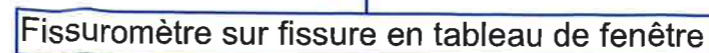
SRDA - CHALLAIS
Reçu le :
02 AVR. 1997

RESTRUCTURATION ET EXTENSION BATIMENT VANAM
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
rue de la Géraudière - NANTES
atelier d'architecture jc pondevie sari tel 02.51.37.47.79 fax 02.51.46.00.47

09 | dessin : 2088 | phase : PRO | date : 17/01/97 | projet : VANAM/94 | plan : 1 COUPE 5 FACADE NORD - COUPE 6 FACADE SUD



→ ne permet pas de contrôler efficacement les fissurations de retrait puis de température.





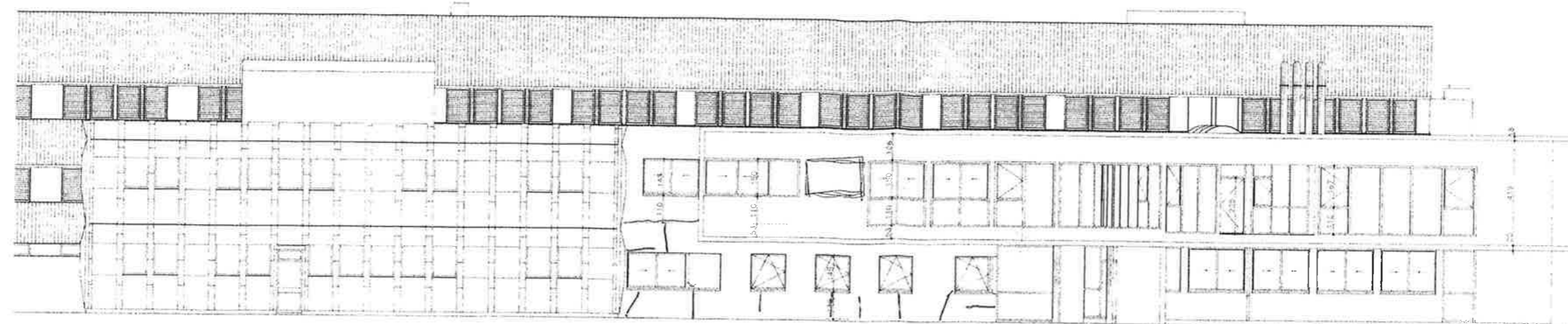
Aucun besoin
exécution à réaliser les clavettes.

Eclats de béton
endommage insuffisant

! Echec de l'essai
enroulage insuffisant.

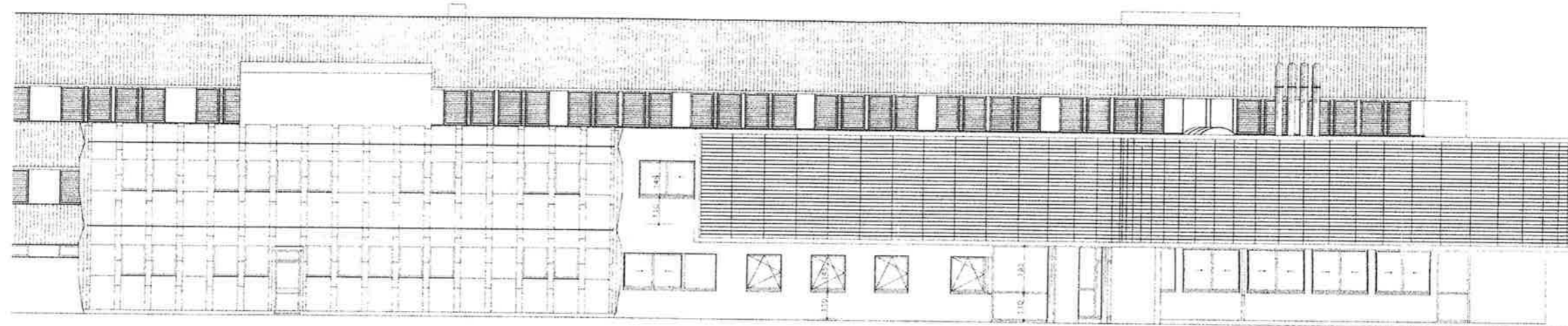
Report:
02/12/1977

Carbandation:
15 à 20 mm.

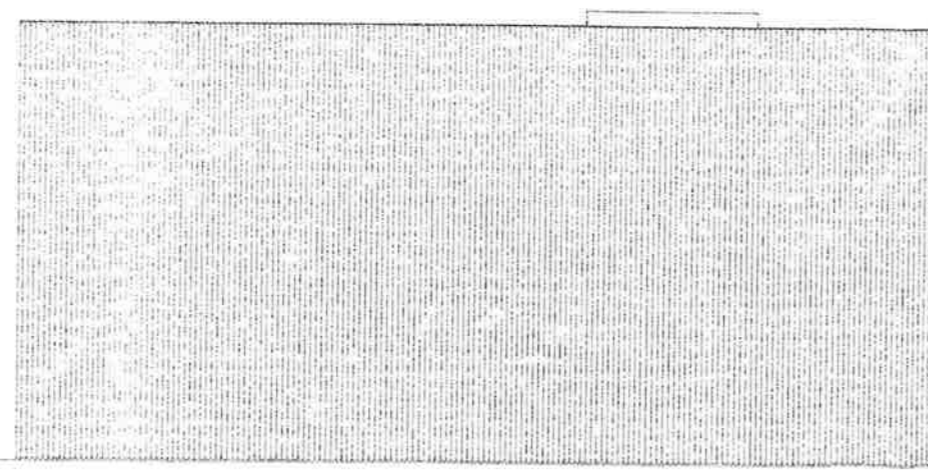
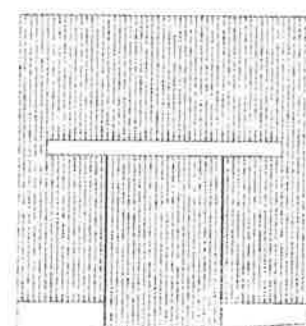


FACADE SUD sans brise soleil

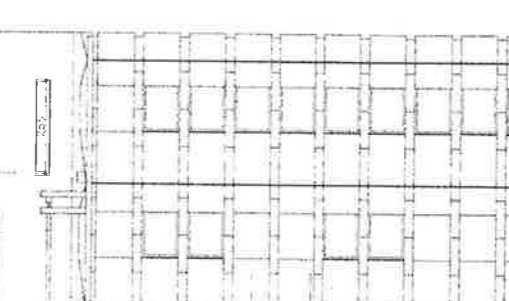
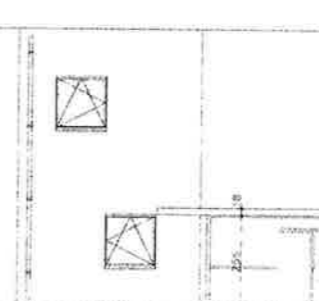
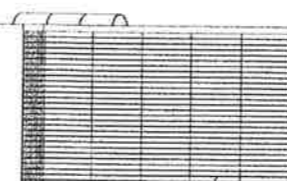
$w_f: 0,2 \text{ à } 0,3 \text{ mm.}$



FACADE SUD



FACADE OUEST



GENBA - CHATELAIN
Requis :
02.51.46.00.47

RESTRUCTURATION ET EXTENSION BATIMENT VANAM
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
rue de la Géraudière - NANTES
atelier d'architecture jo pondevie sarl tel 02.51.37.47.79 fax 02.51.46.00.47

11A dossier : 2086 phase : PRO doc : FACADE OUEST - FACADE SUD
date : 17/03/97 modif : 00/00/97 ech : 1/100

ANNEXE 3

Type de travaux : renforts structure suite à des fissures généralisées sur bâtiment (cf. DIAG de structure)
ÉVALUATION DE L'ENVELOPPE PRÉVISIONNELLE DES TRAVAUX DU PROJET - Phase : DIAG
(Valeur index BT 01, base M0 : février 2022 M-4 : octobre 2021 - dernier indice connu)

INRAE - NANTES (44)

N°	Désignation des prestations envisagées	TOTAUX	U
1	GROS ŒUVRE	Total [€ HT]	
	COMPRIS		
	- Moyens d'accès et de sécurisation/protection contre les chutes (inclus dans le cadre global des travaux de réfection)		
	- Travaux de reprise du revêtement extérieur (sur emprise des pathologies observées sur parois en béton armé)		
	NON COMPRIS		
	- Frais de voirie éventuels		
	- Travaux de dépollution (désamiantage, déplombage, etc...)		
	- Neutralisation et dépose des réseaux Elec, plomberie, etc...		
	- Travaux de menuiseries extérieures (dépose/pose)		
	- Travaux de reprises des ouvrages de second-œuvre (doublages, isolations, menuiseries intérieures, sols, plafonds etc...)		
1A	TRAVAUX DE REPRISES PRECONISES	56 900,00 €	
	Travaux préparatoires	11 300,00 €	
	Installation de chantier (compris bungalows propre à l'entreprise, moyens de levages, raccordements, amené et repli de matériels, clôtures de chantier, panneaux de chantier et interdisant l'accès au public)	<i>non compris installation commune de chantier : dans le cas de travaux incluant les lots secondaires</i>	%
	Etudes béton armé (notes de calcul)		%
	Implantation / matérialisation sur site des ouvrages à reprendre		FT
	Murs maçonnés	- €	
	Suivant conclusion du rapport de diagnostic : fissuromètre mis en place. => Suivant évolution des fissures observées sur maçonneries, et si évolution dégradant la paroi, avec ouverture de fissure plus importante : prévoir des travaux de renforcement type chainages/raidisseurs afin de rigidifier le mur maçonné		
	Murs en béton armé - traitement des éclats de béton	8 800,00 €	
	Pathologie : Eclats de béton au droit d'une armature corrodée		
	Moyens d'accès pour travaux de réparation		FT
	Purge du béton d'enrobage sonnant creux ou présentant des décollements, notamment au droit de l'armature corrodée, y compris évacuation des déchets générés		U
	Elimination de la rouille éventuelle, nettoyage des armatures et application d'un traitement anticorrosion par inhibiteur de corrosion ou équivalent	<i>Hypothèse d'environ 20 U d'éclats à traiter</i>	U
	Rebouchage au mortier de réparation (compris sujétion de finition soignée en surface pour réception ultérieure d'une peinture de finition ou d'un enduit) - assurant l'enrobage réglementaire des aciers, suivant exposition du site.		U
	Murs en béton armé - traitement des fissures (solution n°1)	31 500,00 €	
	Pathologie : Fissuration des voiles en béton armé		
	Mise en place échafaudage des façades pour accès et protection des menuiseries avec protection des accès au bâtiment pour les utilisateurs	<i>environ 170 m²</i>	m2
	Décapage de l'enduit dans son ensemble		m2
	Traitement des fissures par pontage ou calfeutrement		m2
	Fourniture et pose d'un revêtement souple d'imperméabilité (RSI) de classe I4 sur la façade, conforme au DTU 42.1. => Vérification de la compatibilité du support existant (humidité, adhérence, etc...) permettant de juger la pertinence de décapier l'enduit existant		m2
	Finitions - Travaux divers	5 300,00 €	%
	% Aléas de chantier à hauteur de 7 % en phase de DIAG		%
	*Nettoyage de fin de chantier		FT

Type de travaux : renforts structure suite à des fissures généralisées sur bâtiment (cf. DIAG de structure)
 ÉVALUATION DE L'ENVELOPPE PRÉVISIONNELLE DES TRAVAUX DU PROJET - Phase : DIAG
 (Valeur index BT 01, base M0 : février 2022 M-4 : octobre 2021 - dernier indice connu)

INRAE - NANTES (44)

N°	Désignation des prestations envisagées	TOTAUX	U
1B	<u>OPTION - Murs en béton armé - traitement des fissures (solution n°2)</u>	28 900,00 €	
	<u>TRAVAUX EN MOINS-VALUE</u>	<i>Environ - 2 600 € HT par rapport à la solution 1</i>	
	Moins-values solution n°1 prévue en BASE		ENS
	<u>TRAVAUX EN PLUS-VALUE</u>		
	Mise en place échafaudage des façades pour accès et protection des menuiseries avec protection des accès au bâtiment pour les utilisateurs	<i>environ 170 m²</i>	m2
	Agrafage des fissures par engravure d'armatures perpendiculaires aux fissures		m2
	Traitement des fissures par pontage ou calfeutrement		m2
	Remise en peinture de l'ensemble de la façade		m2