

Centrale Lyon

## **Campus de la Metare - Bâtiment C**

Diagnostic Structurel

Référence    A25 13013 BEI  
Indice        A  
Date          13/06/2025



# Centrale Lyon

## Campus de la Metare - Bâtiment C

### Diagnostic Structurel

|              |  |
|--------------|--|
| Rédigé par   | W. JAMET<br>Chargé d'affaires  |
| Contrôlé par | A. BACHELIER<br>Responsable Projet   |
| Destinataire | M LE CORNEC<br>Université de Lyon – Pôle stratégie immobilière, développement et<br>vie des campus |

#### Désignation du document

| Référence     | Nature | Nb pages | Nb annexe |
|---------------|--------|----------|-----------|
| A25 13013 BEI | DIAG   | 56       | 0         |

#### Suivi des indices

|        |            |           |              |                 |
|--------|------------|-----------|--------------|-----------------|
| A      | 13/06/2025 | W. JAMET  | A. BACHELIER | 1 ère diffusion |
| Indice | Date       | Rédaction | Vérification | Motif évolution |

#### SIXENSE ENGINEERING - Agence Rhône Alpes

9, boulevard des Droits de l'Homme  
69120 VAULX EN VELIN  
Tel : 04 72 37 03 39  
[www.sixense-group.com](http://www.sixense-group.com)

## SOMMAIRE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I - GÉNÉRALITÉ.....</b>  | <b>5</b>  |
| I.1 - INTRODUCTION .....  | 5         |
| I.2 - OBJECTIF DE LA MISSION .....  | 5         |
| I.3 - CONDITIONS D'INTERVENTION.....  | 5         |
| I.4 - LOCALISATION .....  | 5         |
| <b>II - DOCUMENTS DE REFERENCE .....</b>                                      | <b>6</b>  |
| II.1 - NORMES ET REGLEMENTS EN VIGUEUR.....                                   | 6         |
| II.1.1 - Eurocodes .....  | 6         |
| II.1.2 - Normes obsolètes.....  | 6         |
| II.2 - DOSSIER D'OUVRAGE .....  | 6         |
| <b>III - PRESENTATION DE LA STRUCTURE .....</b>                               | <b>7</b>  |
| III.1 - PLANCHER HAUT SOUS-SOL .....  | 8         |
| III.2 - PLANCHER HAUT R+2.....  | 9         |
| III.3 - PLANCHER HAUT R+3 (TOITURE).....                                      | 10        |
| <b>IV - RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN SITU.....</b>                         | <b>11</b> |
| IV.1 - IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS SUR LE PLANCHER HAUT DU SOUS-SOL ..... | 11        |
| IV.2 - RESULTATS DES INVESTIGATIONS SUR LE PLANCHER HAUT DU SOUS-SOL.....     | 12        |
| IV.2.1 - SD1 : Sondage en sous-face de poutre à proximité d'un appui .....    | 12        |
| IV.2.2 - SD2 : Sondage en sous-face de dalle.....                             | 13        |
| IV.2.3 - SD3 : Sondage en partie courante de voile central .....              | 14        |
| IV.2.4 - SD4 : Sondage en extrados de dalle.....                              | 15        |
| IV.3 - IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS SUR LE PLANCHER HAUT DU R+2 .....      | 17        |
| IV.4 - RESULTATS DES INVESTIGATIONS SUR LE PLANCHER HAUT DU R+2 .....         | 18        |
| IV.4.1 - SD5 : Sondage en sous-face de poutre à mi travée .....               | 18        |
| IV.4.2 - SD6 : Sondage en sous-face de dalle.....                             | 19        |
| IV.4.3 - SD7 : Sondage en partie courante de voile de façade .....            | 20        |
| IV.4.4 - SD8 : Sondage sur poteau.....  | 22        |
| IV.4.5 - SD9 : Sondage en chapeau au niveau du mur intermédiaire .....        | 23        |
| IV.4.6 - SD10 : Sondage en chapeau au niveau d'un poteau de façade.....       | 25        |
| IV.5 - IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS SUR LE PLANCHER HAUT DU R+3 .....      | 26        |
| IV.6 - RESULTATS DES INVESTIGATIONS SUR LE PLANCHER HAUT DU R+3 .....         | 27        |
| IV.6.1 - SD11 : Sondage en sous-face de poutre à mi travée.....               | 27        |
| IV.6.2 - SD12 : Sondage en sous-face de dalle.....                            | 29        |
| IV.6.3 - SD13 : Sondage en partie courante de voile intermédiaire .....       | 31        |
| IV.6.4 - SD14 : Sondage sur poteau.....                                       | 33        |
| IV.6.5 - SD15 : Sondage en chapeau en toiture terrasse .....                  | 34        |
| <b>V - NOTE DE CALCUL.....</b>  | <b>36</b> |
| V.1 - METHODOLOGIE RETENUE .....  | 36        |
| V.2 - HYPOTHESES.....   | 36        |
| V.2.1 - Matériaux.....  | 36        |
| V.2.2 - Charges permanentes.....  | 37        |
| V.2.3 - Charges variables .....   | 39        |
| V.2.4 - Combinaisons.....   | 42        |
| V.2.5 - Critères de vérification.....   | 42        |
| V.3 - MODELISATION .....  | 43        |
| V.3.1 - Description du modèle .....   | 43        |
| V.3.2 - Chargement.....   | 43        |

|   |           |
|---|-----------|
| V.4 - RESULTATS ET VERIFICATION A L'EXISTANT .....      | 45        |
| V.4.1 - PH Sous-sol .....                               | 45        |
| V.4.2 - PH R+2 .....                                    | 48        |
| V.4.3 - PH R+3 (Dalle de toiture) .....                 | 51        |
| V.5 - VÉRIFICATIONS AU FEU PAR LA METHODE TABULEE ..... | 54        |
| V.5.1 - Présentation de la méthode .....                | 54        |
| V.5.2 - Résultats .....                                 | 55        |
| V.5.3 - Synthèse .....                                  | 55        |
| <b>VI - CONCLUSIONS .....</b>                           | <b>56</b> |
| VI.1 - CAPACITES PORTANTES .....                        | 56        |
| VI.2 - RESISTANCES AU FEU .....                         | 56        |

## I - GÉNÉRALITÉ

### I.1 - Introduction

Dans le cadre du projet de réhabilitation et l'amélioration des performances énergétiques du bâtiment C de l'école Centrale Lyon du campus de Saint Etienne l'université de Lyon, en sa qualité de maitrise d'ouvrage déléguée, souhaite la réalisation d'un diagnostic structurel du bâtiment.

Le présent rapport concerne la synthèse de l'ensemble des résultats des investigations réalisées lors de notre intervention ainsi que la note de calcul concernant le calcul des capacités portantes de trois niveaux du bâtiment C Enise et le calcul de la résistance au feu des éléments structuraux par la méthode tabulée de l'Eurocode.

### I.2 - Objectif de la mission

Les objectifs de la mission sont les suivants :

- Réaliser des investigations destructives et non destructives pour déterminer le ferrailage des voiles, des poutres et poteaux telles que demandées dans l'offre ;
- Relever les épaisseurs structurales,
- Déterminer la capacité portante des éléments
- Vérifier la stabilité au feu des structures

### I.3 - Conditions d'intervention

Une équipe de la société SIXENSE ENGINEERING constituée de William JAMET, chargé d'affaires, Bastien BALDUCCI et Alexis ZARRIN, chargé de réalisation, est intervenue du 28 au 30 Avril 2025.

### I.4 - Localisation

Le bâtiment C du campus de la Métare se situe au 23 rue du Dr Paul Michelon dans la ville de Saint-Etienne (42)



Figure 1 : Vue aérienne du bâtiment

## II - DOCUMENTS DE REFERENCE

### II.1 - Normes et règlements en vigueur

L'application des normes suivantes prendra en compte les derniers amendements et les éventuelles annexes nationales françaises.

#### II.1.1 - Eurocodes

Textes généraux

NF EN 1990 : Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures

NF EN 1991-1-1 : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments

NF EN 1991-1-2 : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu

Béton

NF EN 1992-1-1 : Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments

NF EN 1992-1-2 : Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu

#### II.1.2 - Normes obsolètes

NF P 06-001 : Bases de calculs des constructions – Charges d'exploitation des bâtiments

### II.2 - Dossier d'ouvrage

Dans le cadre de l'étude les documents suivants nous ont été transmis :

- [1] Centrale Lyon-Diag structure-CCTP
- [2] 00024532A1-Diagnostic amiante du bâtiment 2025 – BATECA
- [3] 00024532P1-Diagnostic plombs du bâtiment 2025 – BATECA
- [4] DAT amiante toiture 2019 – DIAMCO/CEBI
- [5] Plan META BAT C RDC
- [6] Plan META BAT C R+1
- [7] Plan META BAT C R+2
- [8] Plan META BAT C R+3
- [9] Plan META BAT C TT

### III - PRESENTATION DE LA STRUCTURE

Le bâtiment C, objet de notre étude, a été construit en **1969**.  
Il s'agit d'un Établissement Recevant du Public (ERP) de type R.

La structure du bâtiment est constituée de systèmes dalles/poutres/poteaux en béton armé.  
Le bâtiment présente un rez-de-chaussée semi-enterré et 3 niveaux supérieurs ainsi qu'une toiture terrasse sécurisée inaccessible au public.

D'après les plans et les observations sur site, plusieurs joints de dilatation sont présents et décomposent le bâtiment en 3 blocs indépendants.

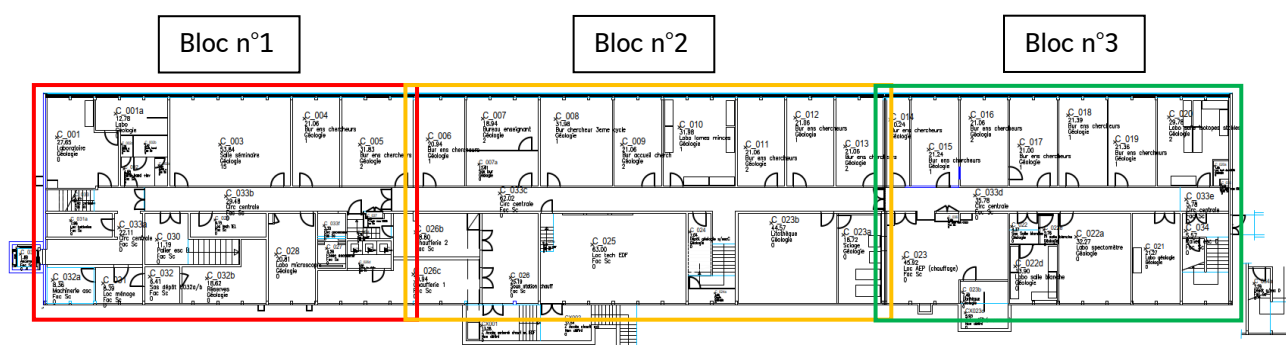


Figure 2 : Vue en plan du RDC – Décomposition des parties de bâtiment entre joints de dilatation

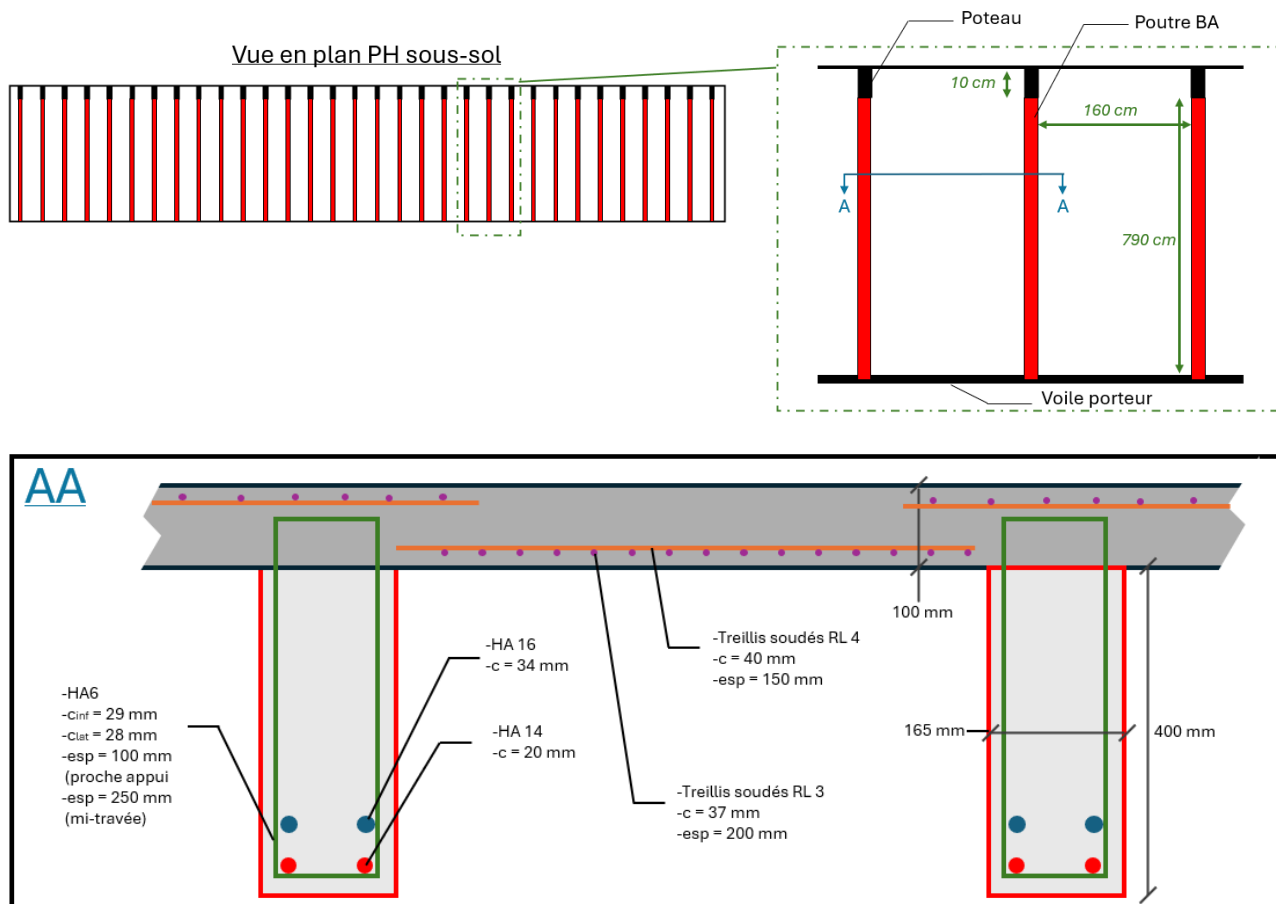


Figure 3 : Vue générale du bâtiment C de la façade Est



### III.1 - Plancher Haut Sous-sol

Ci-dessous un croquis présentant la géométrie des éléments structuraux du système poteaux poutres dalle béton armé en plancher haut du sous-sol :



*Nota : Les enrobages mesurés via nos sondages destructifs ont révélé des enrobages d'armatures filantes plus importants au niveau des poutres. Cependant, ces sondages ayant été faits relativement proche des appuis, nous prendrons dans nos calculs des valeurs plus faibles, estimées par les sondages non-destructifs.*

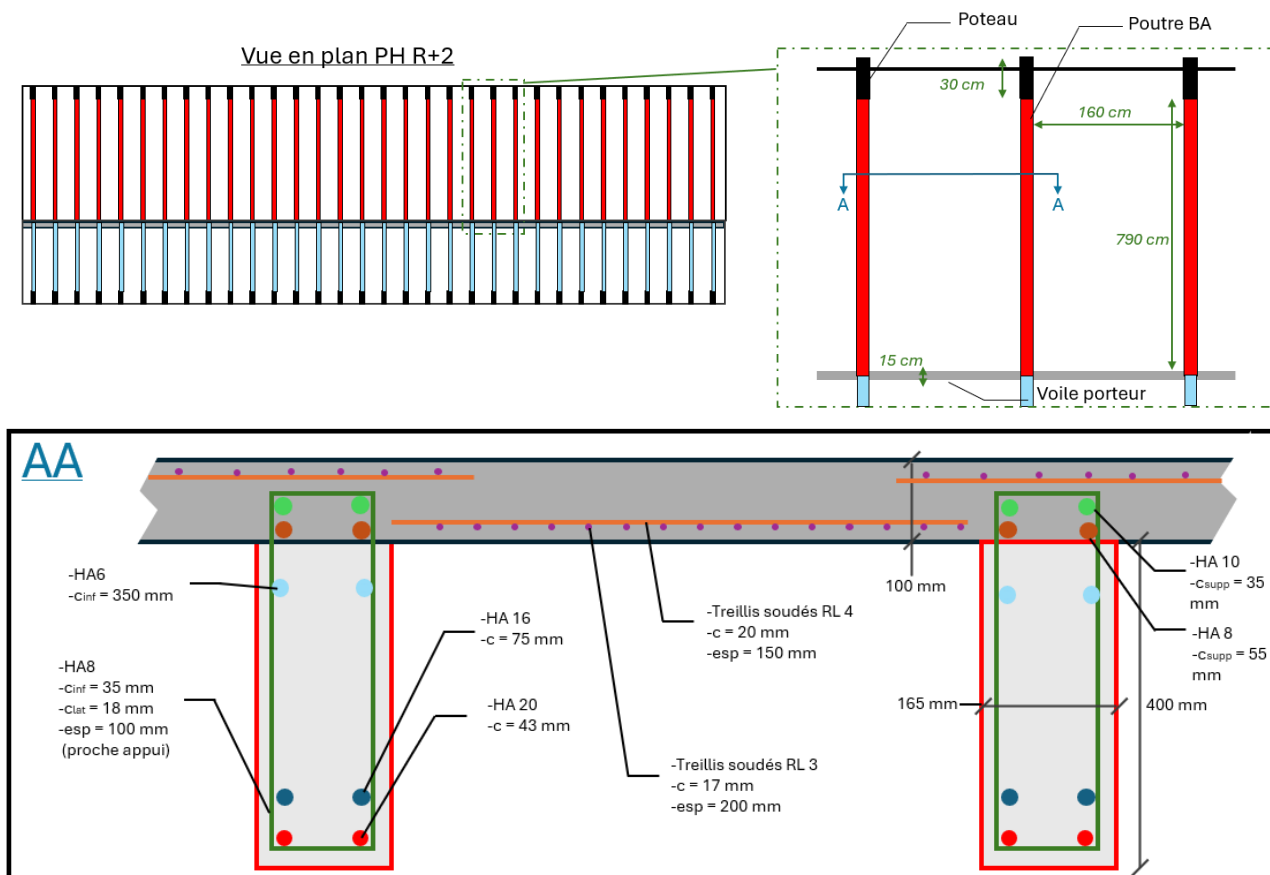
Pour rappel, la présence de revêtements amiantés n'ayant pas permis les sondages en surface, les calculs ne vérifieront la poutre et les dalles qu'à mi-travée.



### III.2 - Plancher Haut R+2

Les armatures relevées sur site démontrent d'un ferrailage bien moins important en chapeau sur appui qu'en fibre inférieure à mi-travée. Ainsi, nous considérerons dans notre étude les poutres comme isostatiques.

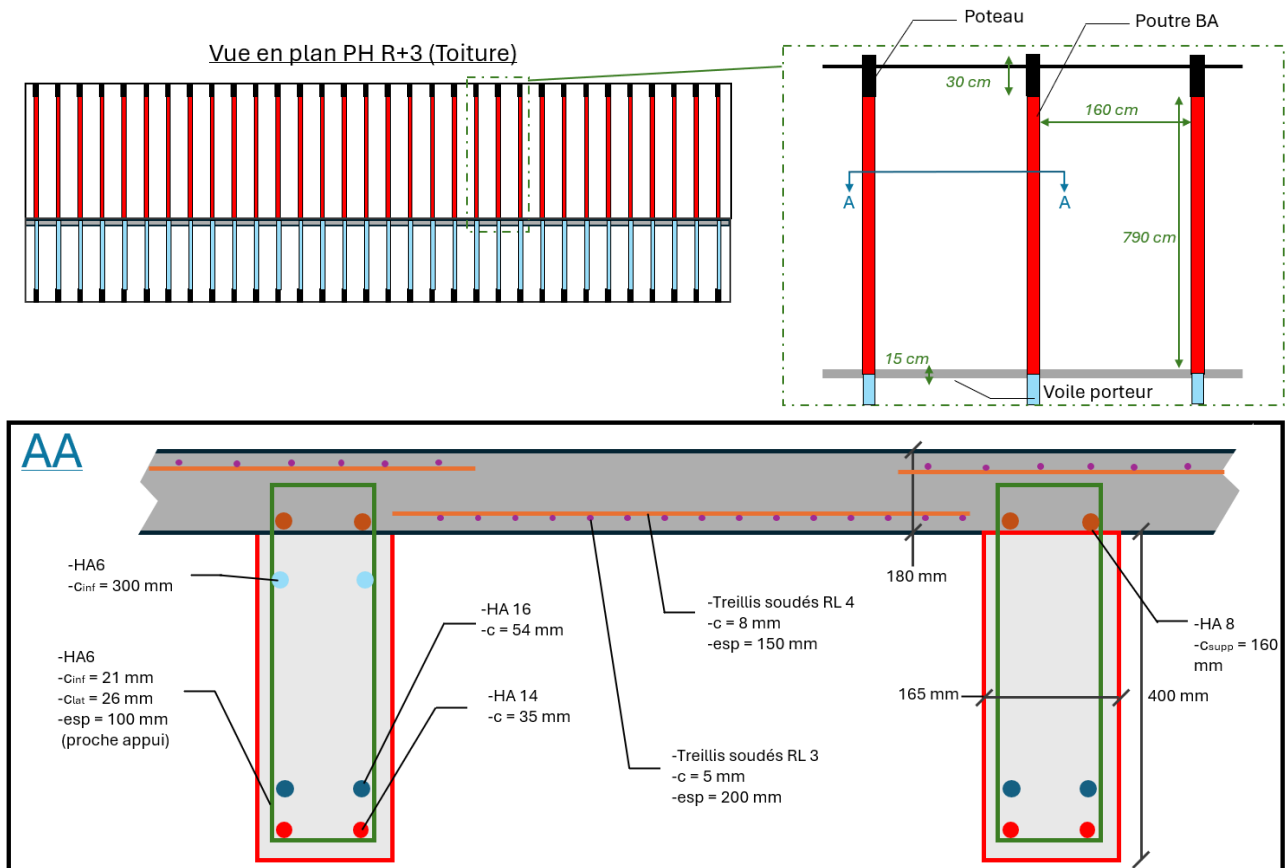
Ci-dessous un croquis présentant la géométrie des éléments structuraux du système poteaux poutres dalle béton armé en plancher haut du deuxième étage :



### III.3 - Plancher Haut R+3 (Toiture)

Les armatures relevées sur site démontrent d'un ferrailage bien moins important en chapeau sur appui qu'en fibre inférieure à mi-travée. Ainsi, nous considérerons dans notre étude les poutres comme isostatiques.

Ci-dessous un croquis présentant la géométrie des éléments structuraux du système poteaux poutres dalle béton armé en plancher haut du troisième étage (plancher de toiture) :



## IV - RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN SITU

### IV.1 - Implantation des investigations sur le plancher haut du sous-sol

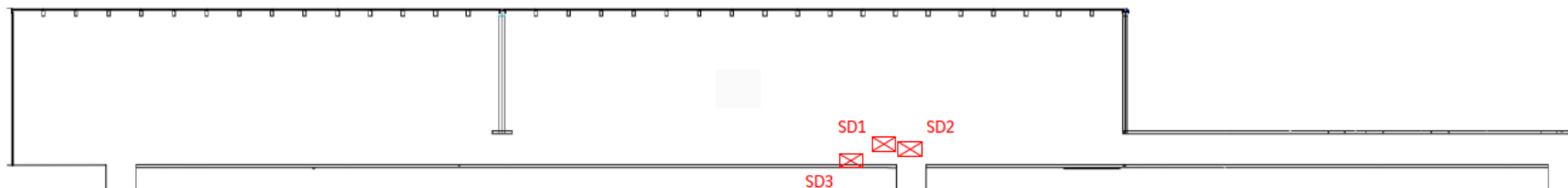


Figure 4 : Vue en plan du sous-sol – implantation des investigations

Sur ce niveau, les investigations suivantes ont été réalisés :

- SD1 : Sondage en sous-face de poutre à proximité d'un appui
- SD2 : Sondage en sous-face de dalle
- SD3 : Sondage en partie courante de voile porteur
- SD4 : Sondage en extrados de dalle

## IV.2 - Résultats des investigations sur le plancher haut du sous-sol

### IV.2.1 - SD1 : Sondage en sous-face de poutre à proximité d'un appui

#### Caractéristiques géométriques :

Retombée de poutre = 40cm

Largueur de poutre = 16,5cm

Portée de poutre = 7,90m

Entraxe entre poutre = 1,75m

#### Armatures de l'élément :

Cadres : TOR Ø6mm

Armatures filantes : 2 Lits inférieures composé de 2 TOR Ø16 et de TOR Ø14

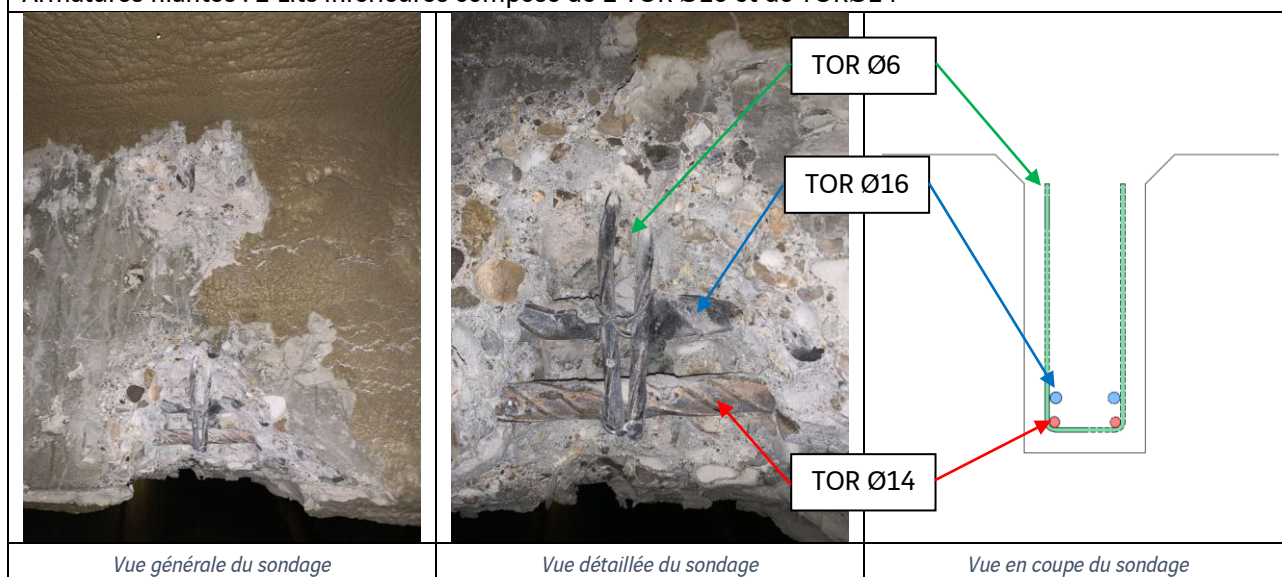
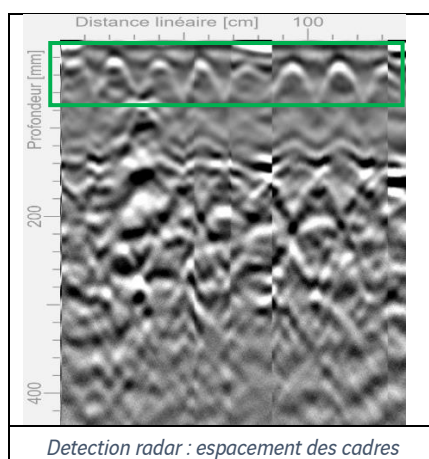


Figure 5 : Tableau des résultats des investigations destructives



Detection radar : espacement des cadres

Espacement des cadres régulier  
compris entre 18 et 20cm

Figure 6 : Tableau des résultats des investigations non destructives

#### IV.2.2 - SD2 : Sondage en sous-face de dalle

##### Caractéristiques géométriques :

Epaisseur de dalle = 10cm

Portée entre dalle = 1,57m

##### Armatures de l'élément :

Treillis soudés composé :

- Armatures longitudinales aux poutres : RL Ø3mm espacement 20cm
- Armatures transversales aux poutres : RL Ø4mm espacement 15cm

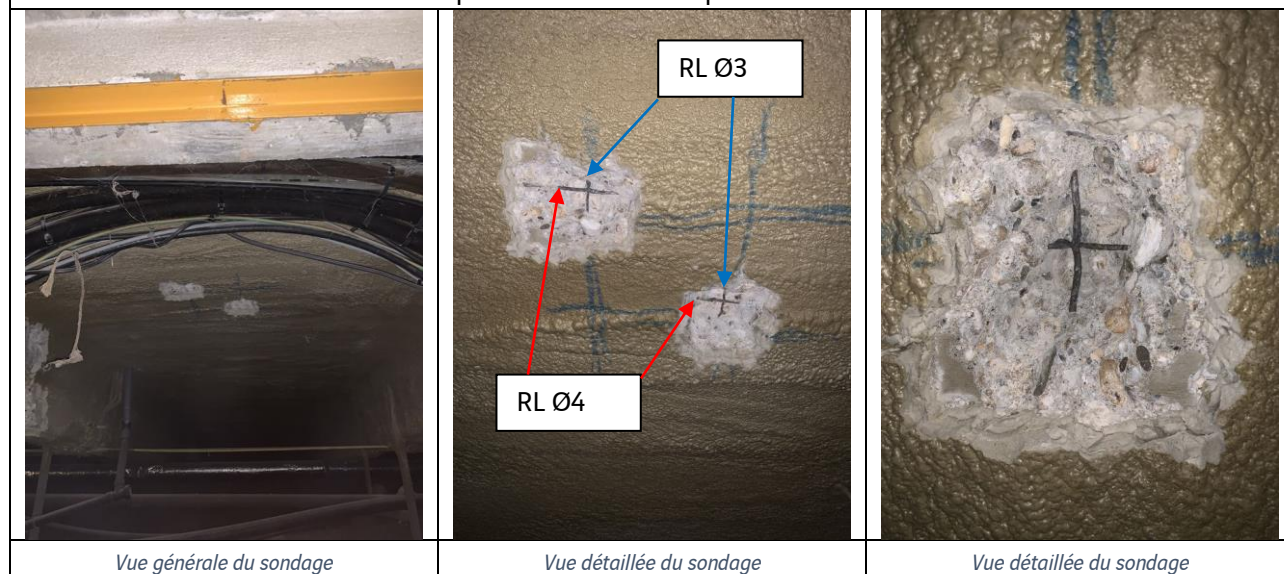


Figure 7 : Tableau des résultats des investigations destructives

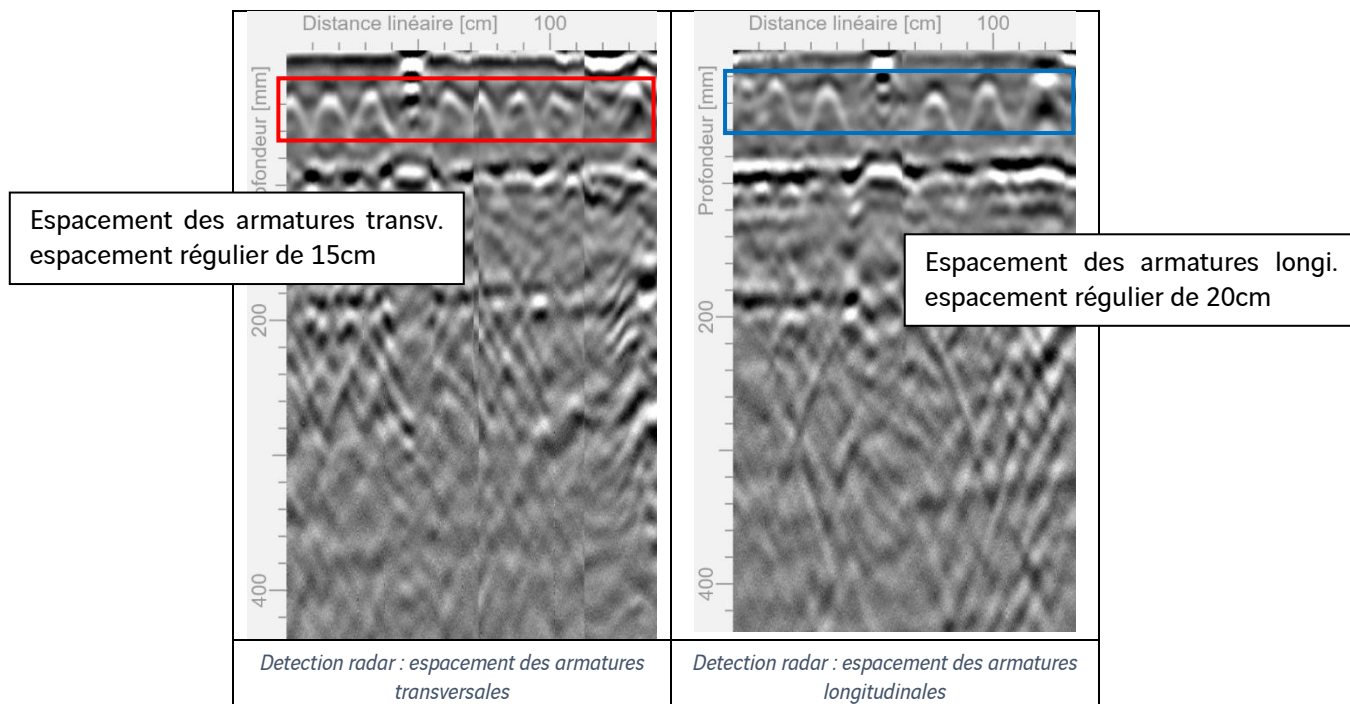


Figure 8 : Tableau des résultats des investigations non destructives



#### IV.2.3 - SD3 : Sondage en partie courante de voile central

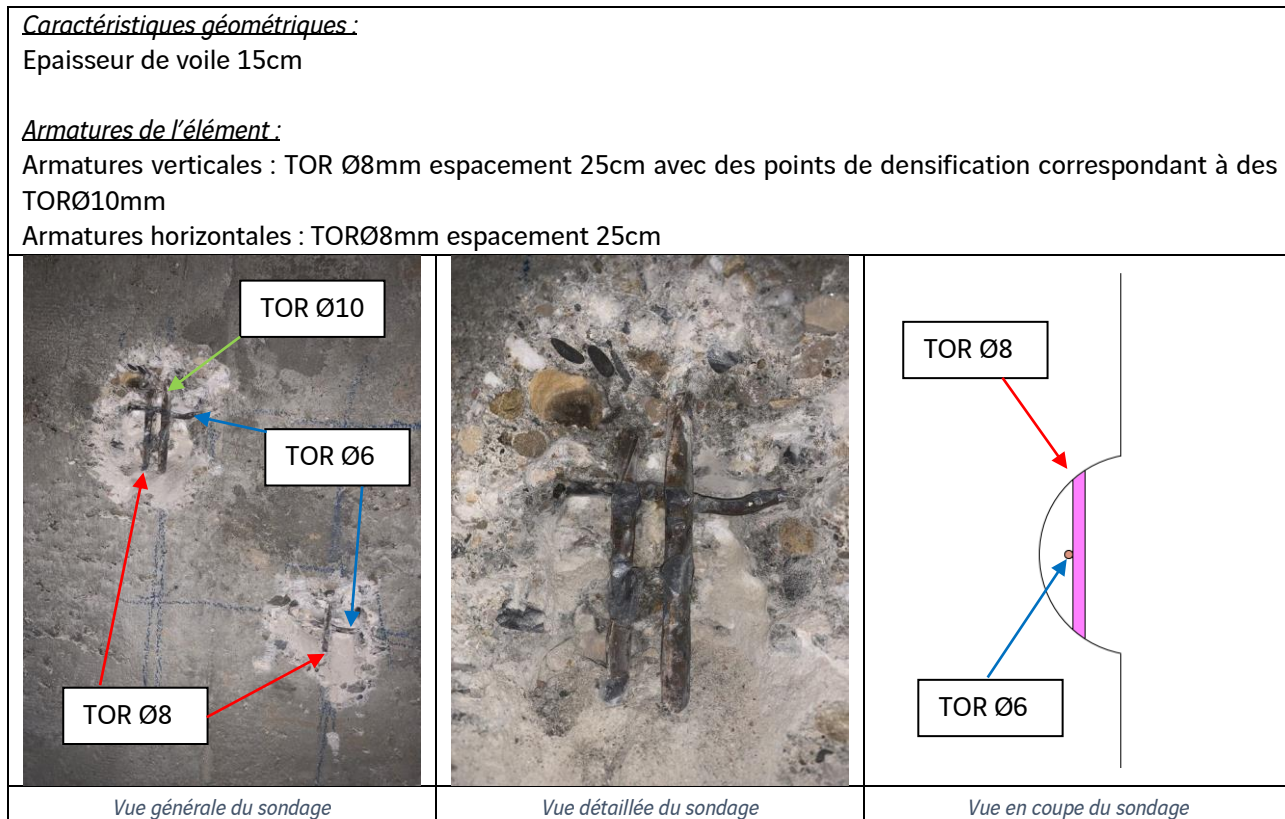


Figure 9 : Tableau des résultats des investigations destructives

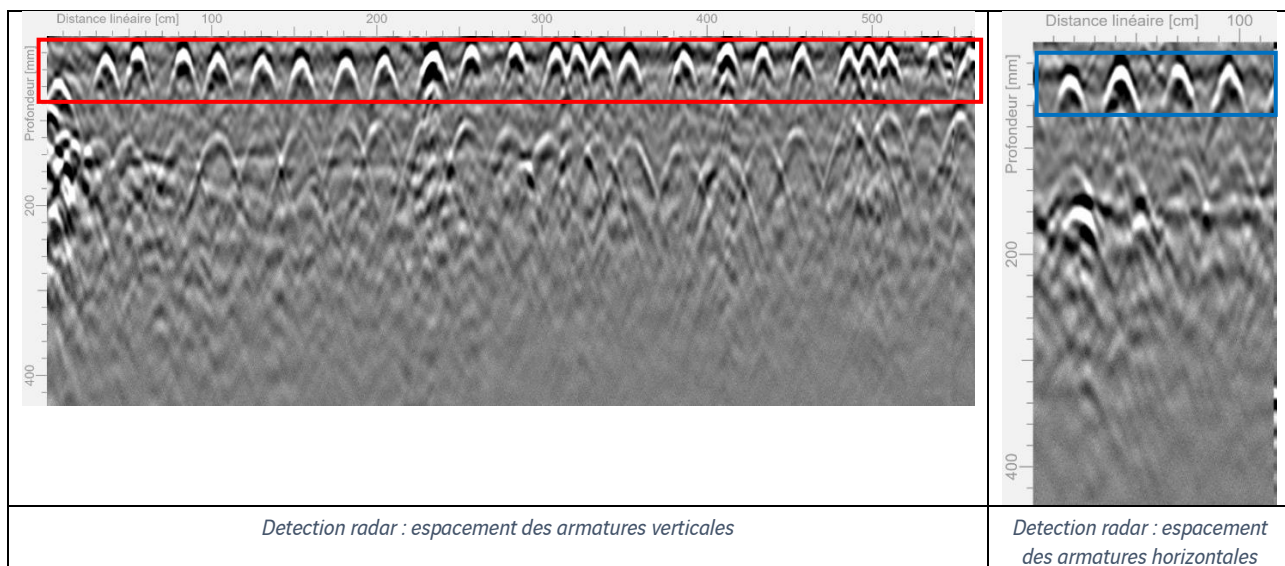


Figure 10 : Tableau des résultats des investigations non destructives

#### IV.2.4 - SD4 – Sondage en extrados de dalle

La présence de nombreux revêtement amianté et l'occupation du niveau ne nous a pas permis de réaliser des sondages destructifs, seul des profils radar ont pu être réalisé selon l'implantation suivante :

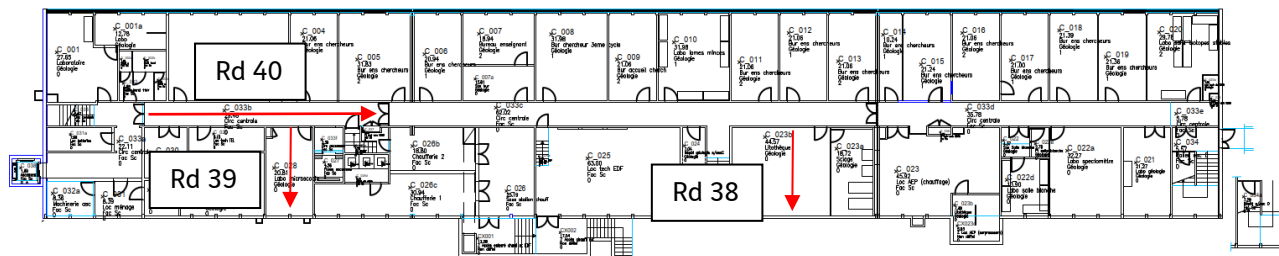
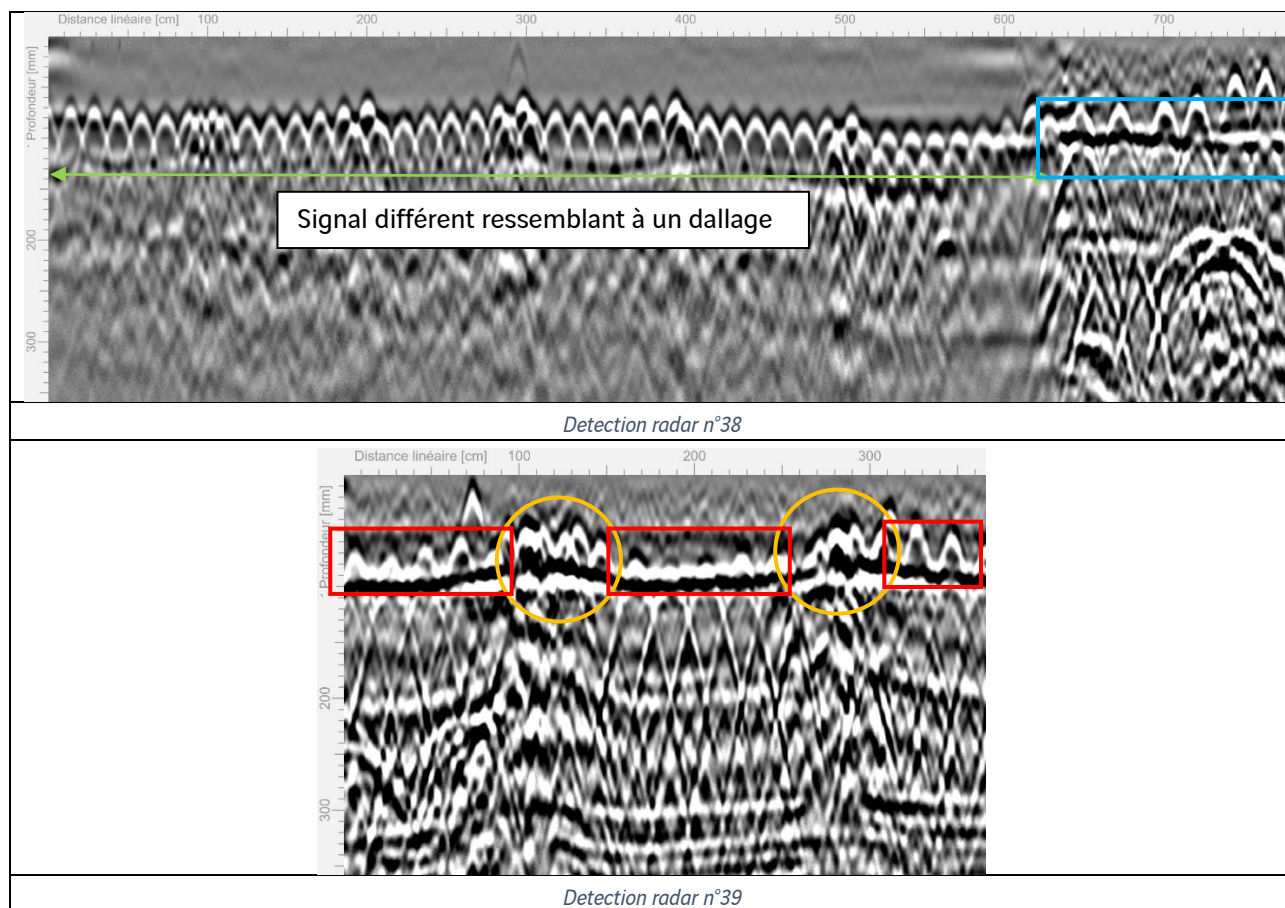


Figure 11 : Vue en plan du plancher bas du RDC



Nota :

- Détection d'une **nappe de ferrailage à espacement régulier de 15cm** et présence de **zone de recouvrement**. Cette détection semble correspondre à un dallage sur terre-plein présent sur une partie du bâtiment. La fin de détection du profil 38 semble montrer la présence **d'une dalle de 10cm d'épaisseur**.
- Le profil 39 montrent la présence de la structure poutre/dalle avec les **armatures de chapeau de poutre** détecté ainsi que le **treillis en partie basse de dalle**.



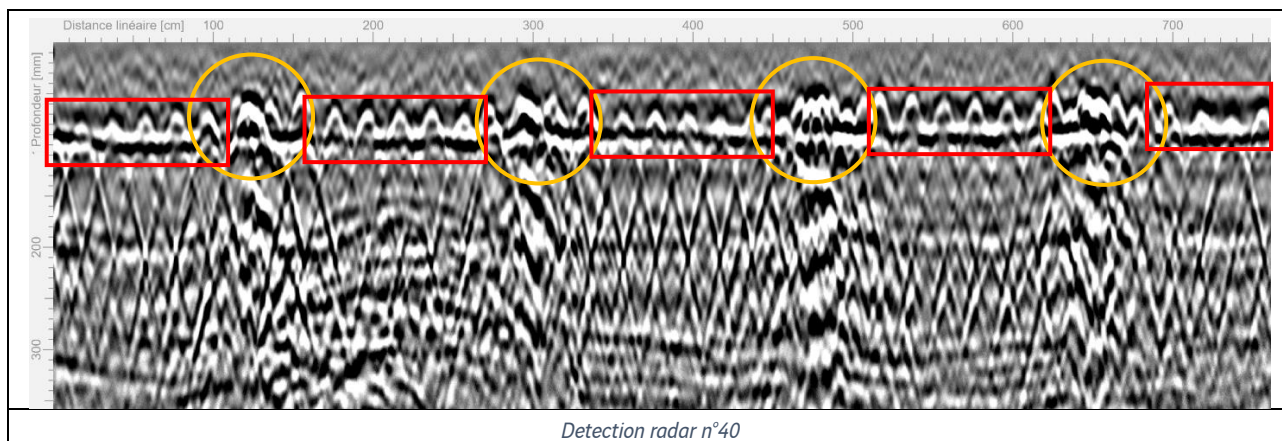


Figure 12 : Tableau des résultats des investigations non destructives

Nota :

- Le profil 40 montrent la présence de la structure poutre/dalle avec les armatures de chapeau de poutre détecté ainsi que le treillis en partie basse de dalle.

### IV.3 - Implantation des investigations sur le plancher haut du R+2

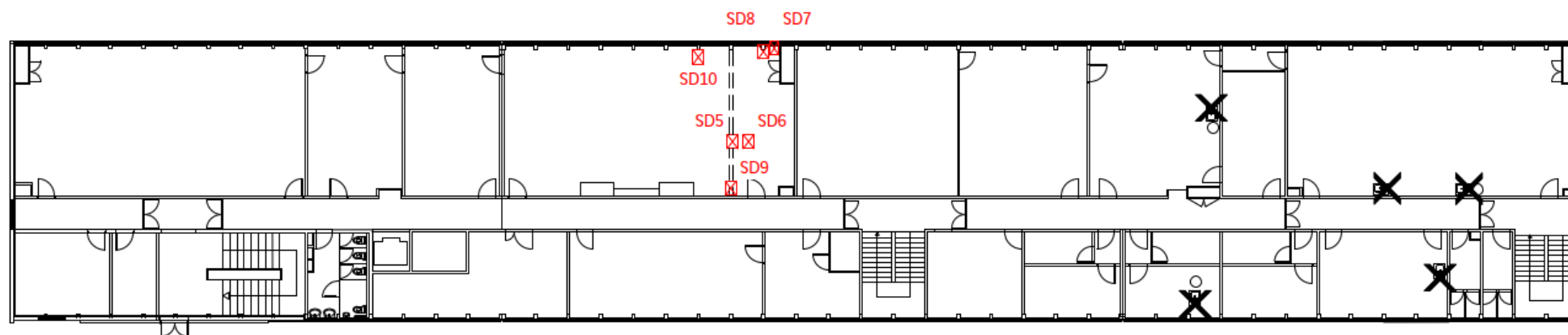


Figure 13 : Vue en plan du niveau R+2 – implantation des investigations

Sur ce niveau, les investigations suivantes ont été réalisés :

- SD5 : Sondage en sous-face de poutre à mi-travée
- SD6 : Sondage en sous-face de dalle
- SD7 : Sondage sur le voile de façade
- SD8 : Sondage sur poteau
- SD9 : Sondage en chapeau au niveau du mur intermédiaire
- SD10 : Sondage en chapeau au niveau de la façade

## IV.4 - Résultats des investigations sur le plancher haut du R+2

### IV.4.1 - SD5 : Sondage en sous-face de poutre à mi travée

#### Caractéristiques géométriques :

Retombée de poutre = 40cm

Largueur de poutre = 16,5cm

Portée de poutre = 7,90m

Entraxe entre poutre = 1,75m

#### Armatures de l'élément :

Cadres : TOR Ø8mm espacement 25cm à mi travée et 10cm proche du poteau de façade.

Armatures filantes : 2 Lits inférieures composé de 2 TOR Ø16 et 2 TOR Ø20

1 lit intermédiaire composée de 2 TOR Ø6

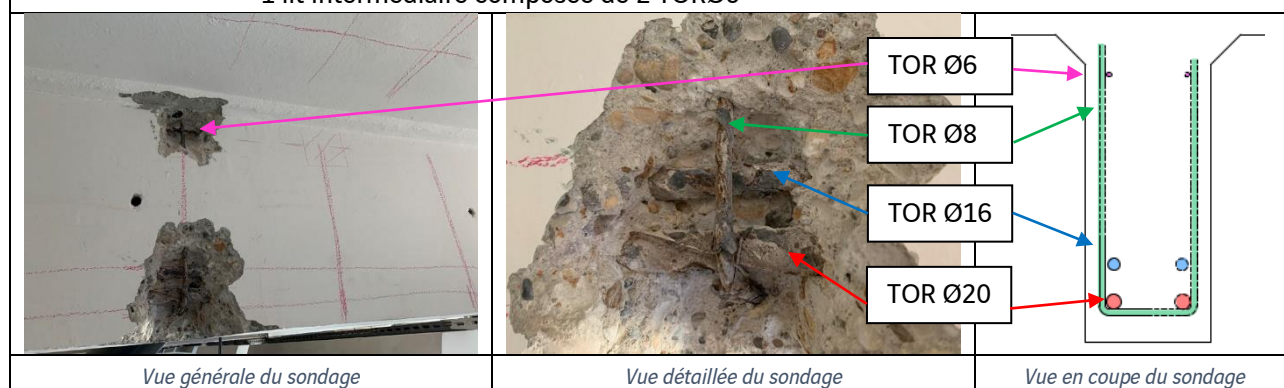


Figure 14 : Tableau des résultats des investigations destructives

Appui sur voile intermédiaire

Espacement des cadres régulier  
compris entre 20 et 25cm

Appui sur poteau de façade

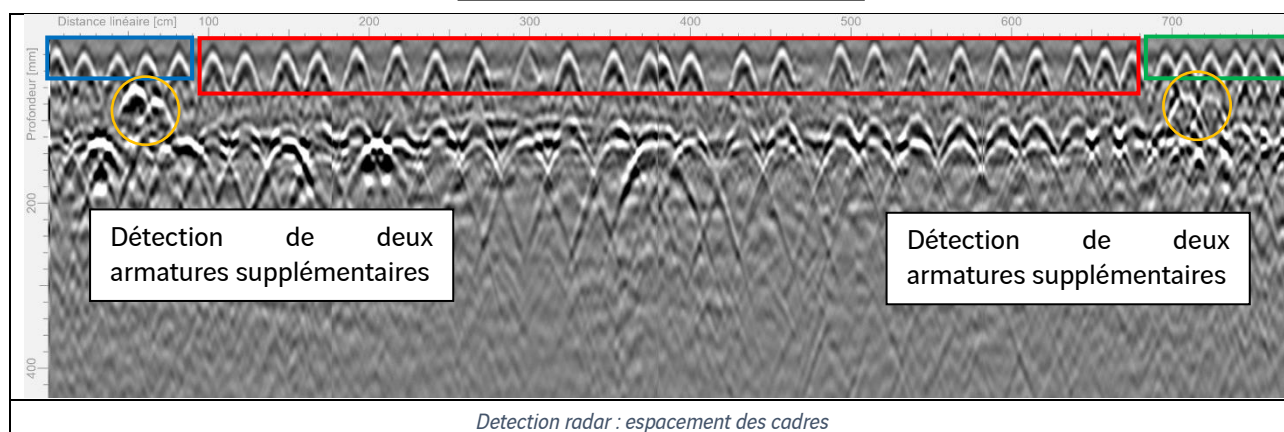


Figure 15 : Tableau des résultats des investigations non destructives

Nota :

- Espacement régulier des cadres compris entre 20 et 25cm en partie courante de poutre
- Espacement réduit des cadres à 10cm côté poteau de façade et 15cm côté voile intermédiaire
- Détection d'armatures supplémentaires à proximité des appuis de la poutre

#### IV.4.2 - SD6: Sondage en sous-face de dalle

##### Caractéristiques géométriques :

Epaisseur de dalle = 10cm

Portée entre poutre = 1,57m

##### Armatures de l'élément :

Treillis soudés composé :

- Armatures longitudinales aux poutres : RL Ø3mm espacement 20cm
- Armatures transversales aux poutres : RLØ4mm espacement 15cm

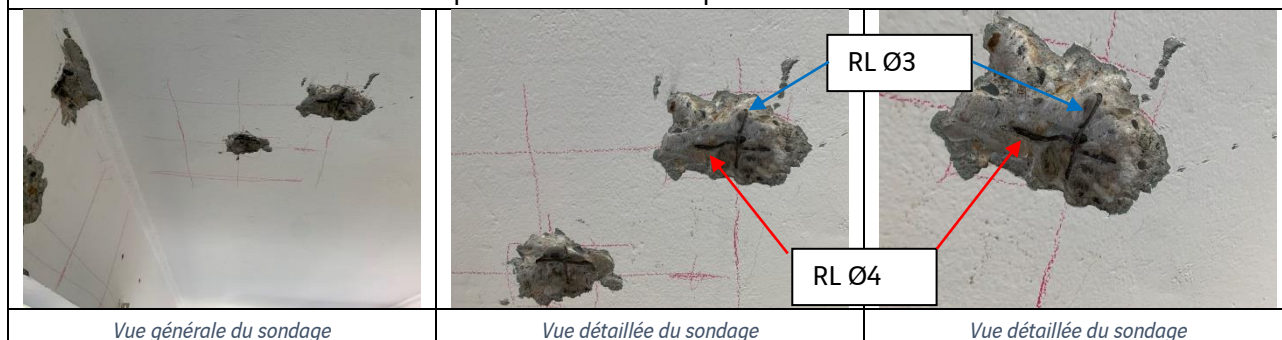


Figure 16 : Tableau des résultats des investigations destructives

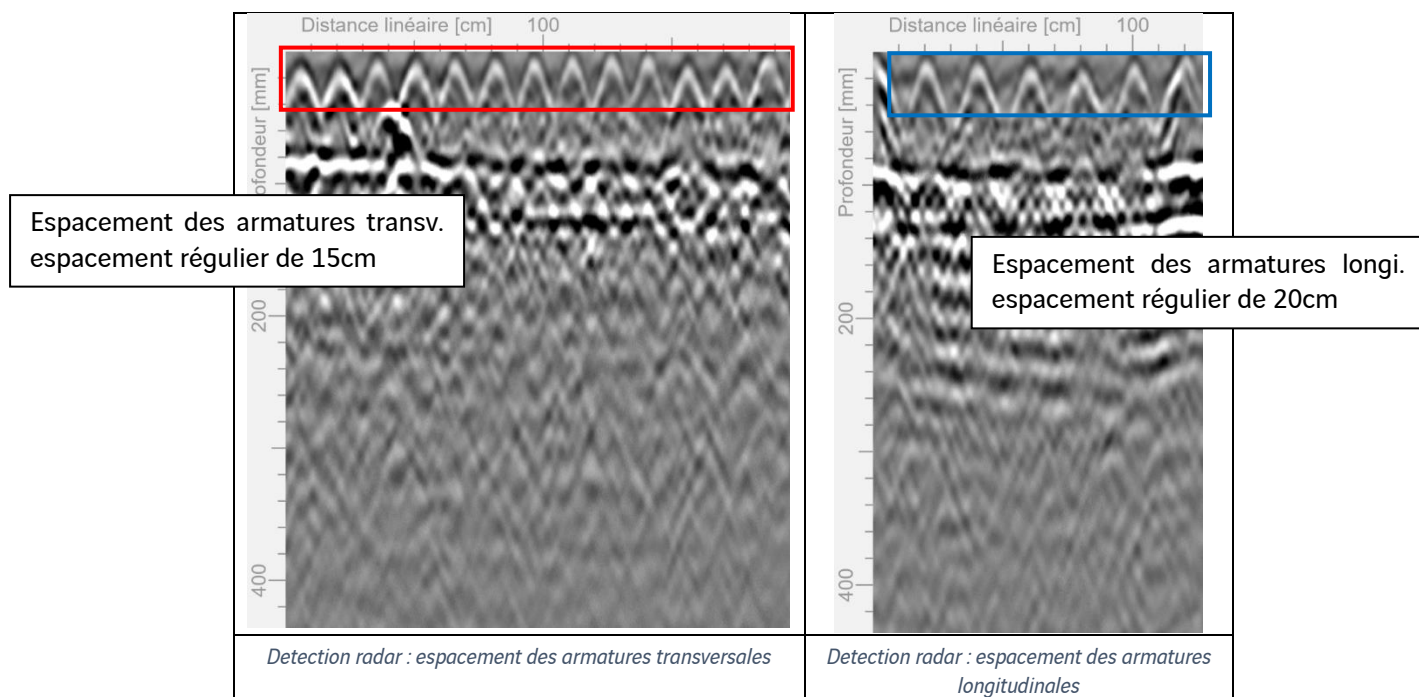


Figure 17 : Tableau des résultats des investigations non destructives



#### IV.4.3 - SD7 : Sondage en partie courante de voile de façade

En raison de la présence d'amiante sur l'ensemble de la façade, nous avons seulement réaliser des investigations destructives. L'ensemble des investigations destructives ont été réalisées depuis l'intérieur du bâtiment.



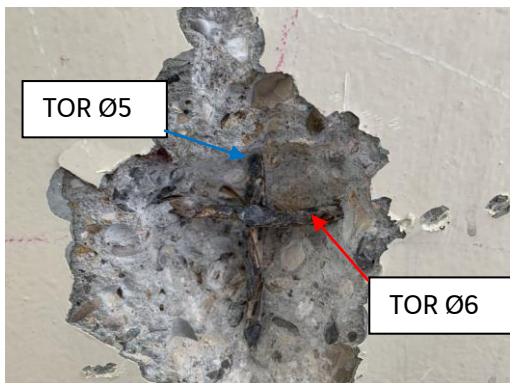

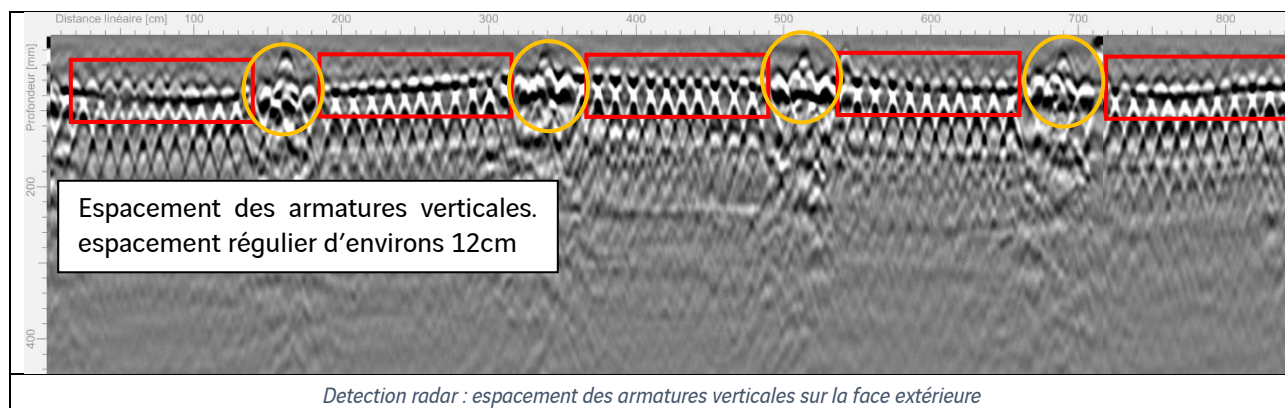
|  |  |
|--|--|
| <p><u>Caractéristiques géométriques :</u><br/> Epaisseur de voile intérieur = 6cm<br/> Epaisseur d'isolant type polystyrène = 6cm<br/> Epaisseur allège extérieur + carrelage = 8cm</p> <p><u>Armatures de l'élément :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armatures horizontales : TOR Ø6mm espacement 12cm</li> <li>- Armatures verticales : TORØ5mm espacement 13cm</li> </ul> |  |
|    |   |
| <i>Vue générale du sondage côté intérieur</i>  | <i>Vue détaillée du sondage côté intérieur</i>                                       |
|   |  |
| <i>Vue détaillée du sondage côté intérieur</i>   | <i>Vue sur la composition de la façade</i>   |

Figure 18 : Tableau des résultats des investigations destructives



La profondeur et l'espacement du ferrailage **en partie courante** est constant et régulier sur l'ensemble de la détection.

Des zones de densité de ferrailage plus importante sont à noter au droit de chaque poteau de façade.

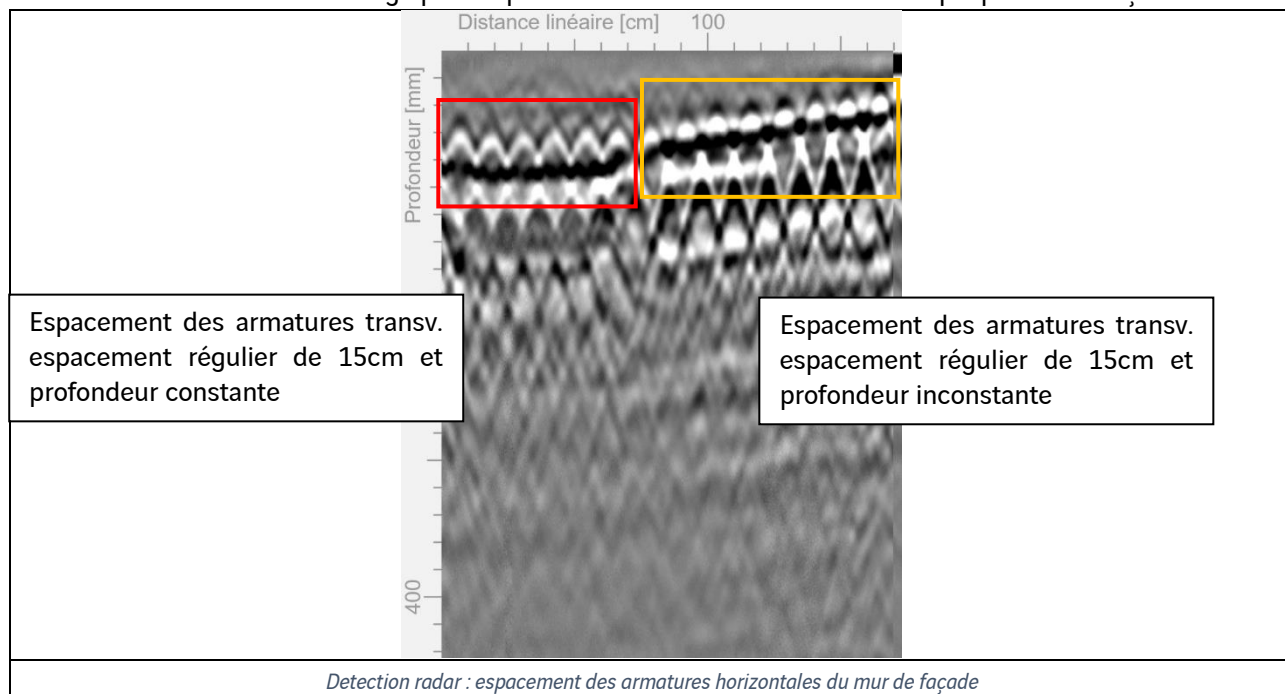


Figure 3 : Tableau des résultats des investigations non destructives

L'espacement du ferrailage est régulier sur l'ensemble des zones de détection, cependant deux zones se distinguent par leur profondeur de ferrailage différente, ce changement semble intervenir au droit de l'épaisseur de la dalle haute du plancher R+2.

#### IV.4.4 - SD8 : Sondage sur poteau

##### Caractéristiques géométriques :

Poteau rectangulaire de 18x27,5cm

Hauteur de poteau entre plancher et sous-face de dalle = 3m

##### Armatures de l'élément :

Cadres TORØ6mm espacement 140mm

6 filants (4 sondés/détectés + 2 supposés) TOR10

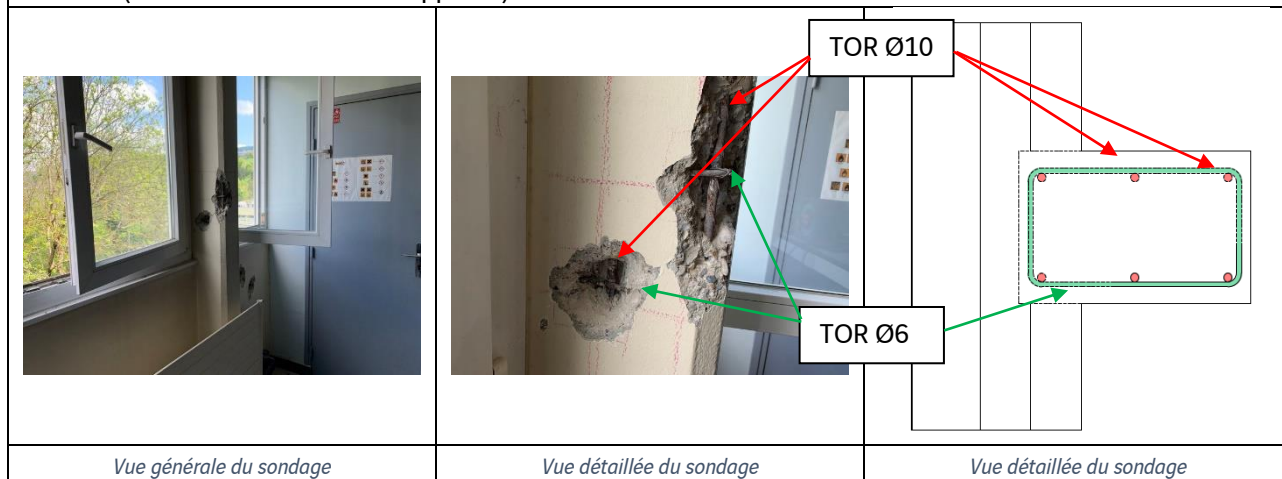


Figure 19 : Tableau des résultats des investigations destructives

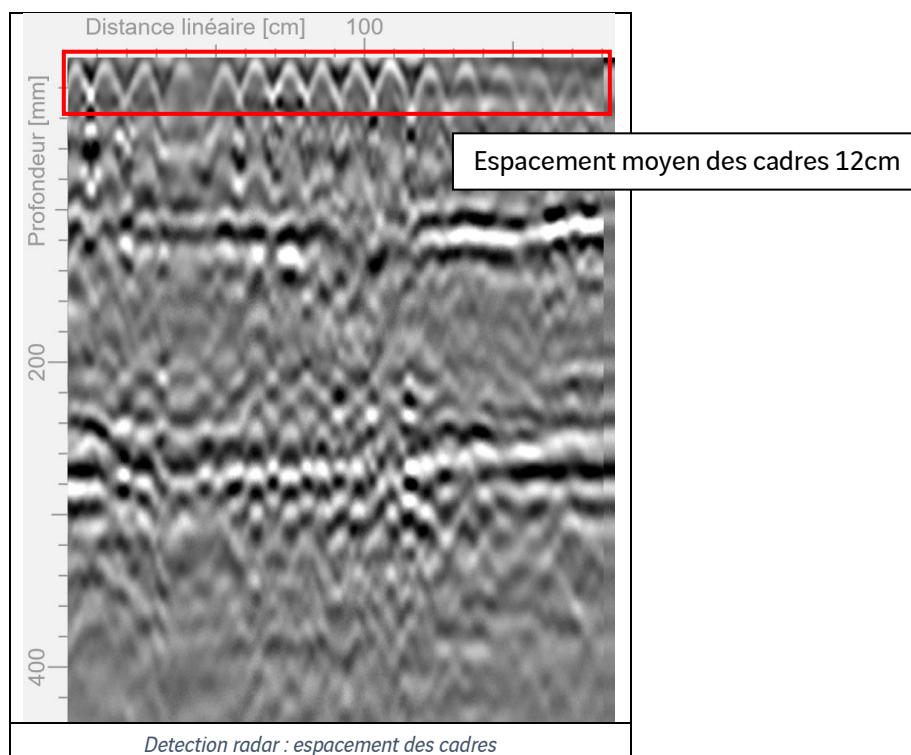


Figure 20 : Tableau des résultats des investigations non destructives



#### IV.4.5 - SD9 : Sondage en chapeau de dalle au niveau du mur intermédiaire

##### Caractéristiques géométriques :

Epaisseur de dalle = 10cm

Epaisseur de chape béton légère + carrelage = 5cm

Présence d'un pare vapeur entre la chape et la dalle

##### Armatures de l'élément :

Au niveau de la dalle présence de 1 nappes de treillis soudés en partie supérieure de dalle composée :

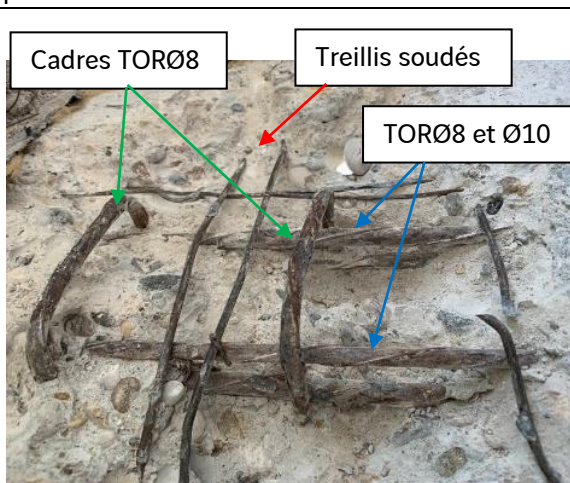
- Armatures longitudinales aux poutres : RL Ø3mm espacement 20cm
- Armatures transversales aux poutres : RL Ø4mm espacement 15cm

Au niveau de la partie supérieure de poutre :

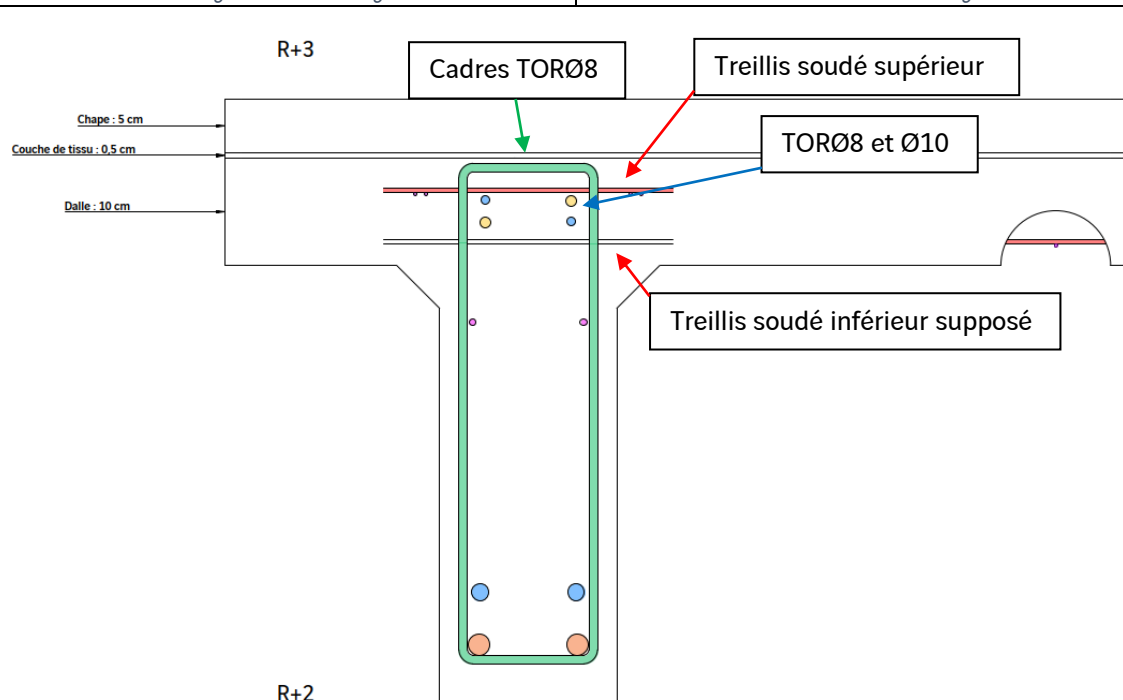
- Cadres : TOR Ø8mm
- Armatures filantes : 2 Lits supérieurs composé de 2 TOR Ø8 et 2 TOR Ø10



Vue générale du sondage



Vue détaillée du sondage



Vue en coupe du ferrailage complet de poutre

Figure 21 : Tableau des résultats des investigations destructives

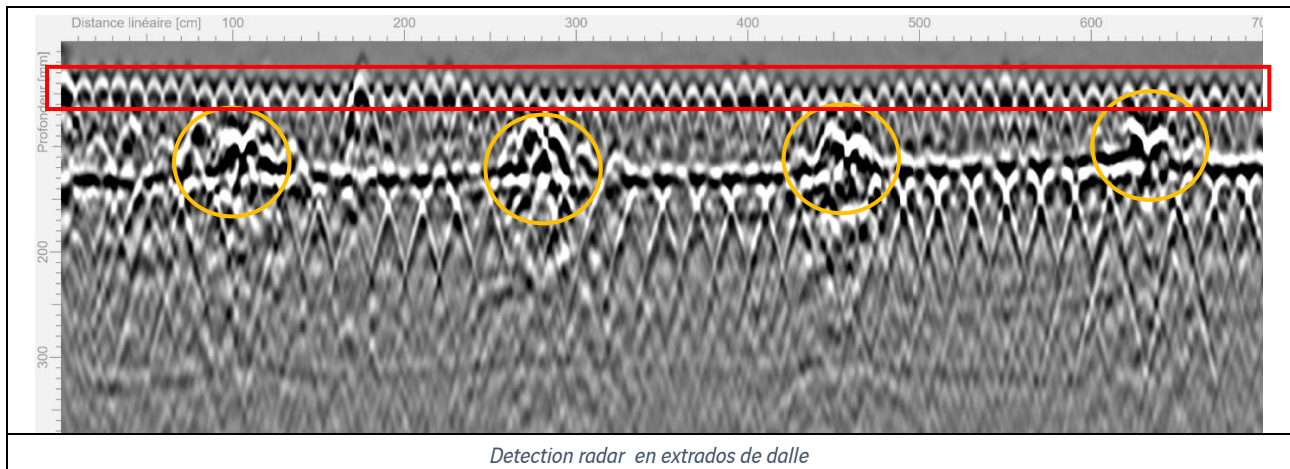


Figure 22 : Tableau des résultats des investigations non destructives

Nota :

- **Grillage métallique** dans la chape de mortier léger
- Détection **des armatures en fibre supérieure de poutre.**

#### IV.4.6 - SD10 : Sondage en chapeau de dalle au niveau d'un poteau de façade

##### Caractéristiques géométriques :

Épaisseur de dalle = 10cm

Épaisseur de chape béton légère + carrelage = 5cm

Présence d'un pare vapeur entre la chape et la dalle

##### Armatures de l'élément :

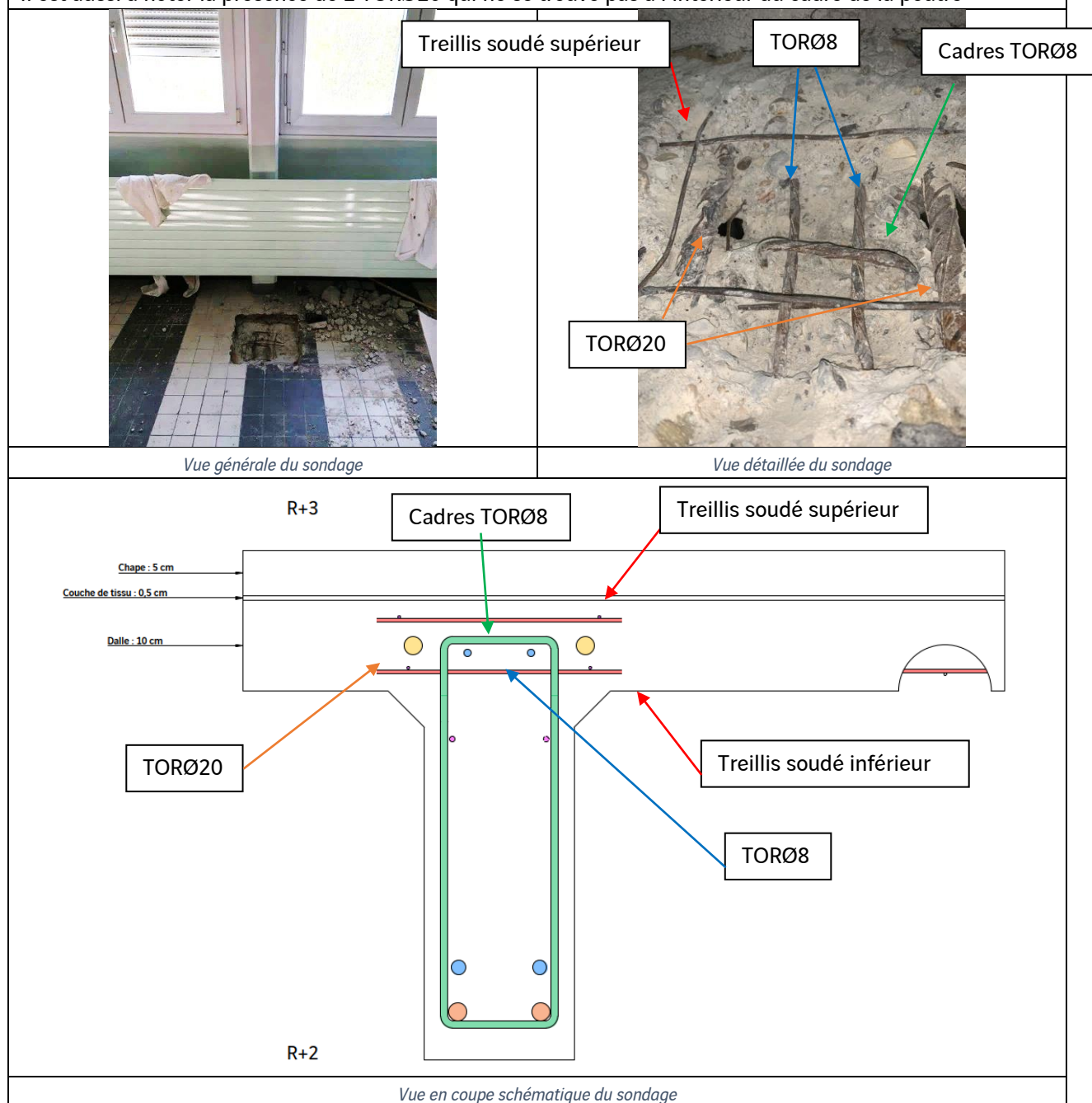
Au niveau de la dalle présence de 2 nappes de treillis soudés composées :

- Armatures longitudinales aux poutres : RL Ø3mm espacement 20cm
- Armatures transversales aux poutres : RL Ø4mm espacement 15cm

Au niveau de la partie supérieure de poutre :

- Cadres : TOR Ø8mm
- Armatures filantes : 1 Lit supérieur composé de 2 TOR Ø8

Il est aussi à noter la présence de 2 TORØ20 qui ne se trouve pas à l'intérieur du cadre de la poutre



#### IV.5 - Implantation des investigations sur le plancher haut du R+3

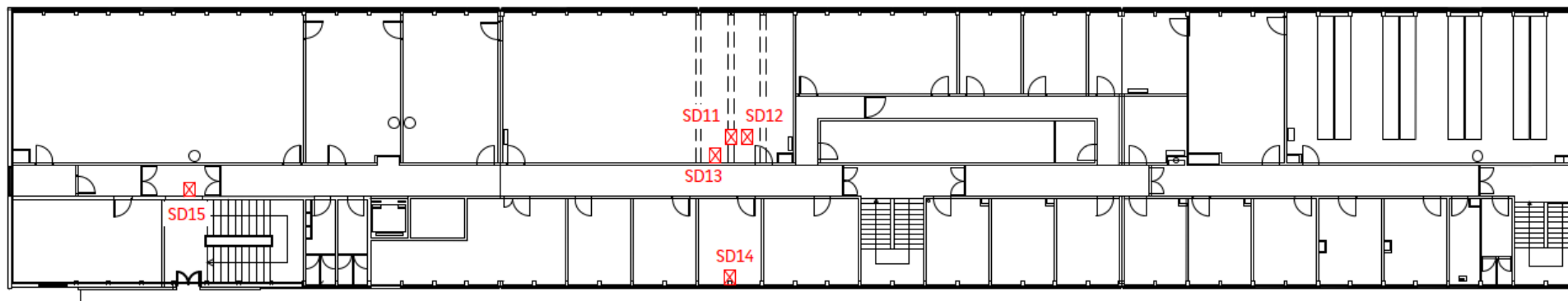


Figure 24 : Vue en plan du niveau R+3 – implantation des investigations

Sur ce niveau, les investigations suivantes ont été réalisés :

- SD11 : Sondage en sous-face de poutre à mi-travée
- SD12 : Sondage en sous-face de dalle
- SD13 : Sondage en partie courante de voile intermédiaire
- SD14 : Sondage sur poteau
- SD15 : Sondage en chapeau en toiture terrasse

## IV.6 - Résultats des investigations sur le plancher haut du R+3

### IV.6.1 - SD11 : Sondage en sous-face de poutre à mi travée

#### Caractéristiques géométriques :

Retombée de poutre = 40cm

Largueur de poutre = 16,5cm

Portée de poutre = 7,90m

Entraxe entre poutre = 1,75m

#### Armatures de l'élément :

Cadres : TOR Ø6mm espacement 20cm à mi travée et 10cm proche du poteau de façade.

Armatures filantes : 2 Lits inférieures composé de 2 TOR Ø16 et 2 TOR Ø14

1 lit intermédiaire composée de 2 TOR Ø6

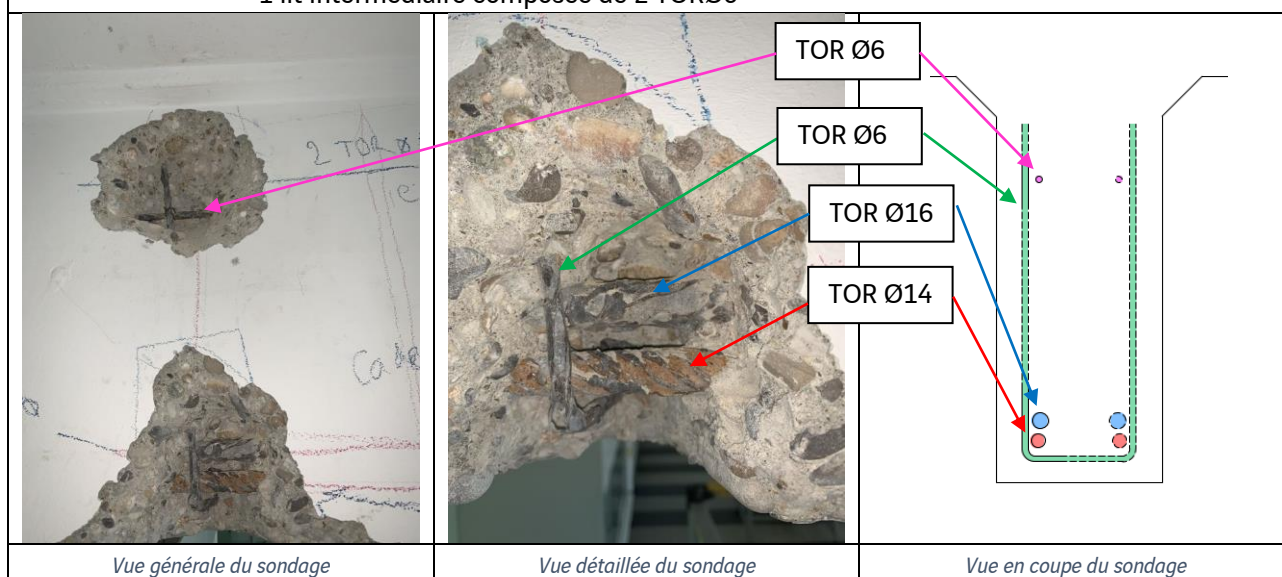


Figure 25 : Tableau des résultats des investigations destructives



Appui sur poteau de façade

Espacement des cadres régulier  
compris entre 20 et 25cm

Appui sur voile intermédiaire

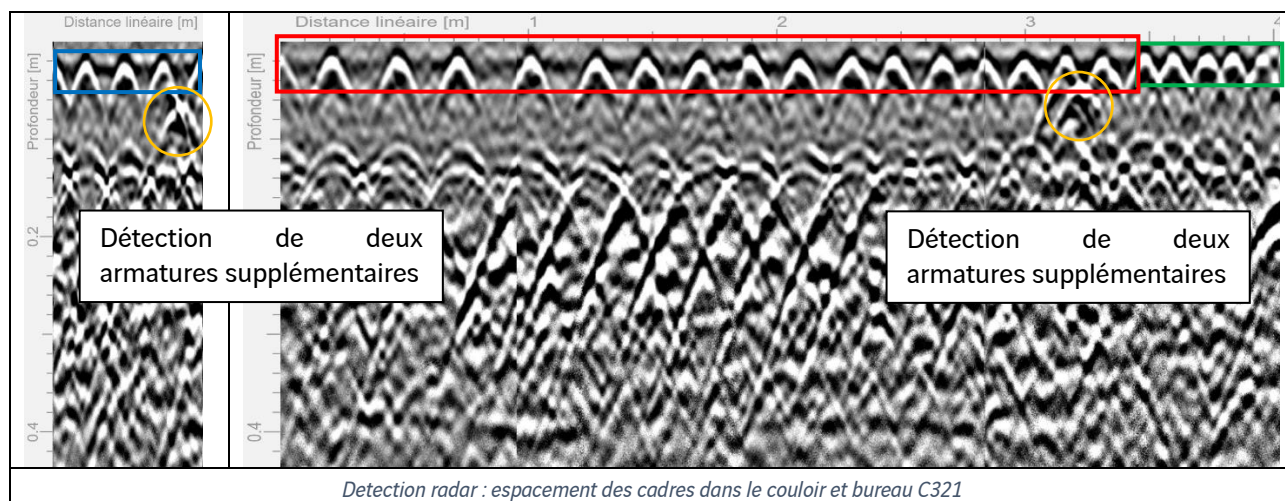
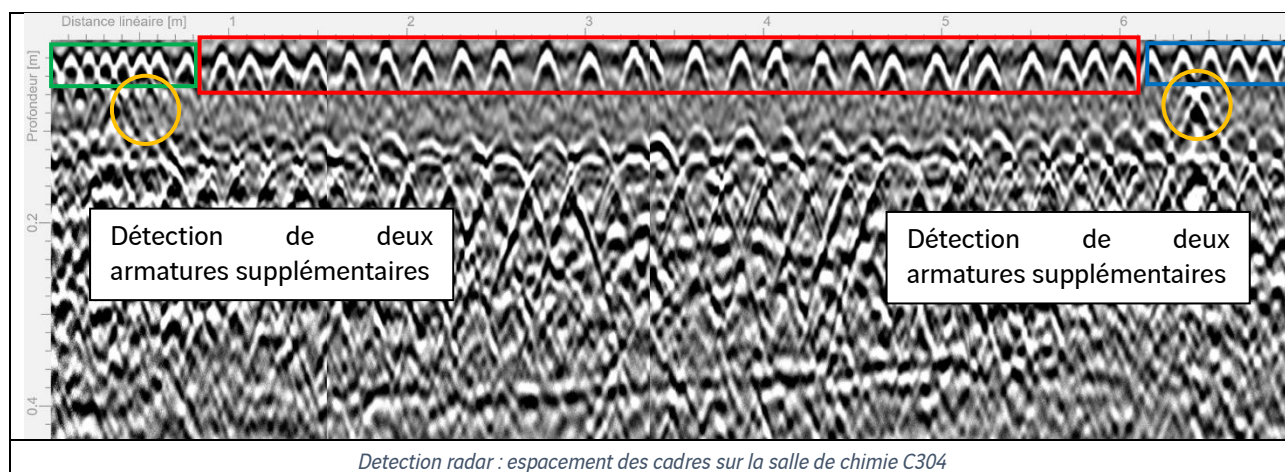


Figure 26 : Tableau des résultats des investigations non destructives

Nota :

- Espacement régulier des **cadres compris entre 20 et 25cm** en partie courante de poutre
- Espacement réduit des **cadres à 10cm** côté **poteau de façade** et **15cm** côté **voile intermédiaire**
- Détection **d'armatures supplémentaires** à proximité des appuis de la poutre

#### IV.6.2 - SD12 : Sondage en sous-face de dalle

Caractéristiques géométriques :

Epaisseur de dalle = 18cm

Portée entre poutres = 1,57m

Armatures de l'élément :

Treillis soudés composé :

- Armatures longitudinales aux poutres : RL Ø3mm espacement 20cm
- Armatures transversales aux poutres : RLØ4mm espacement 15cm

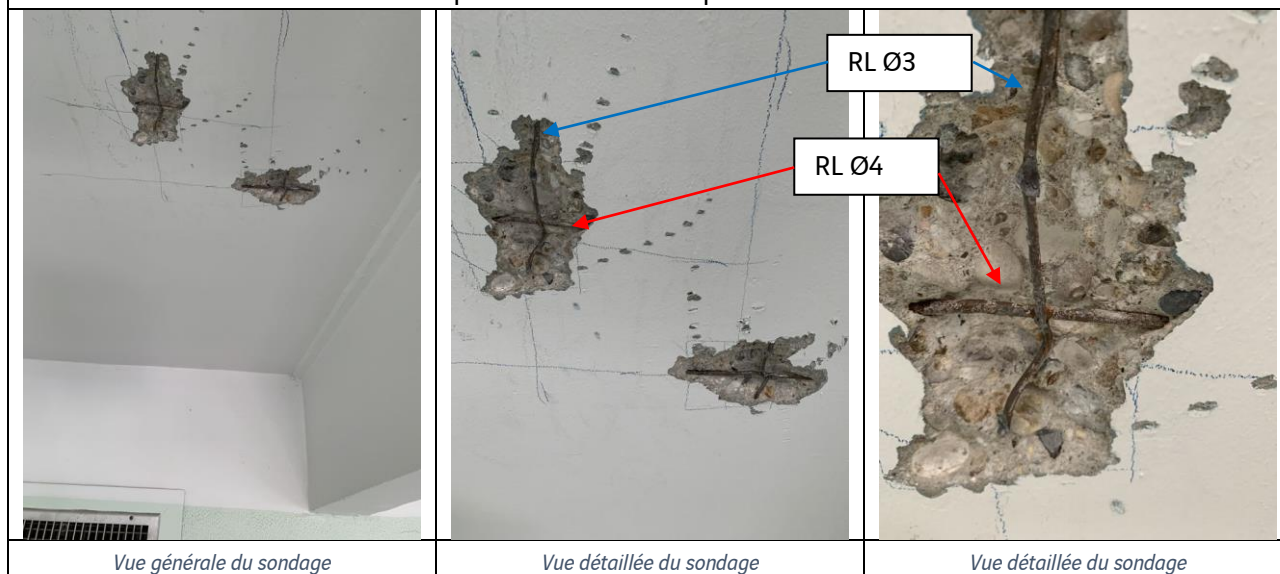


Figure 27 : Tableau des résultats des investigations destructives



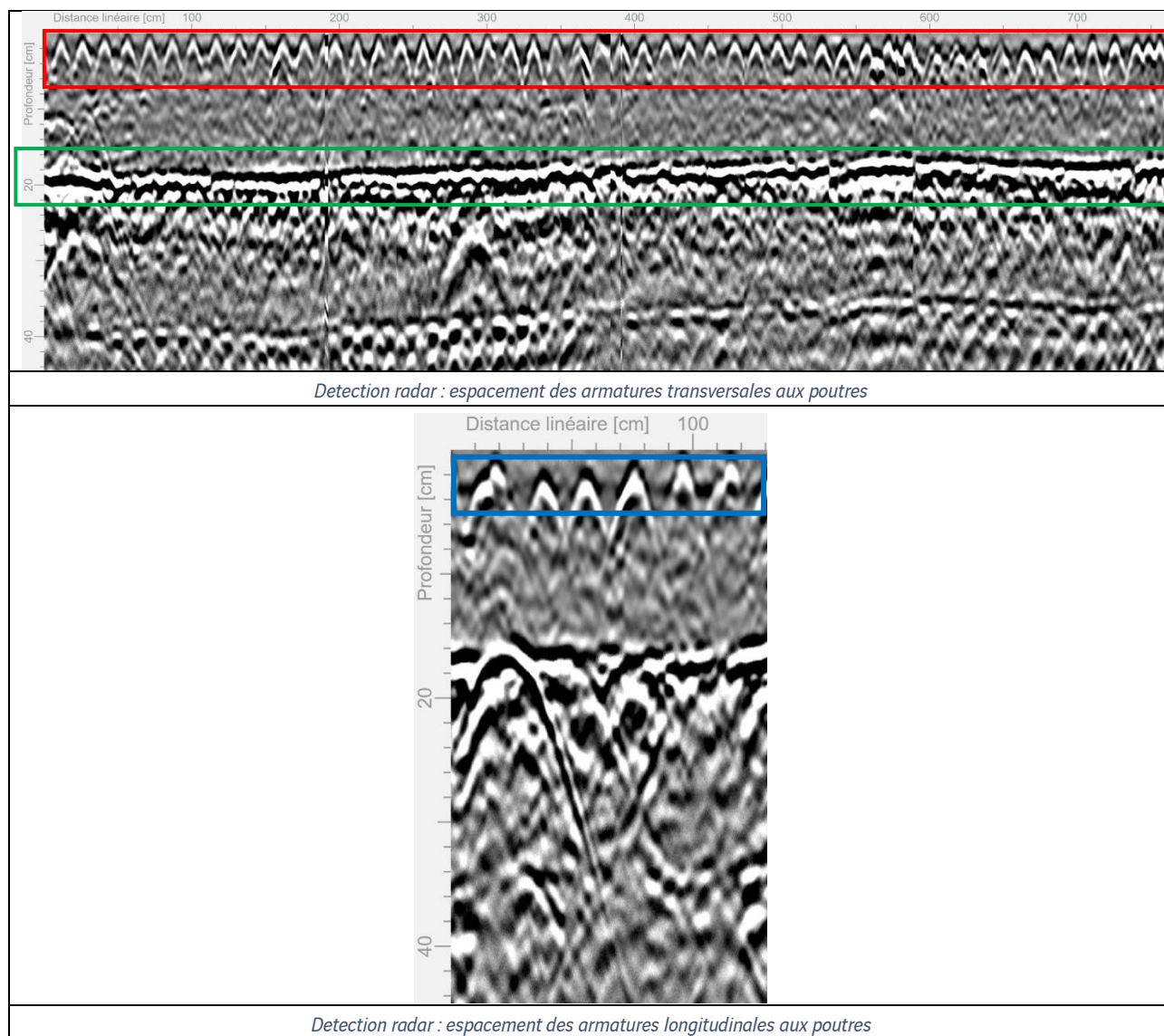


Figure 28 : Tableau des résultats des investigations non destructives

Nota :

- Espacement régulier de 15cm des **armatures transversales aux poutres**.
- Espacement régulier de 20cm des **armatures longitudinales aux poutres**.
- **Epaisseur de dalle régulière de 18cm** en moyenne

#### IV.6.3 - SD13 : Sondage en partie courante de voile intermédiaire

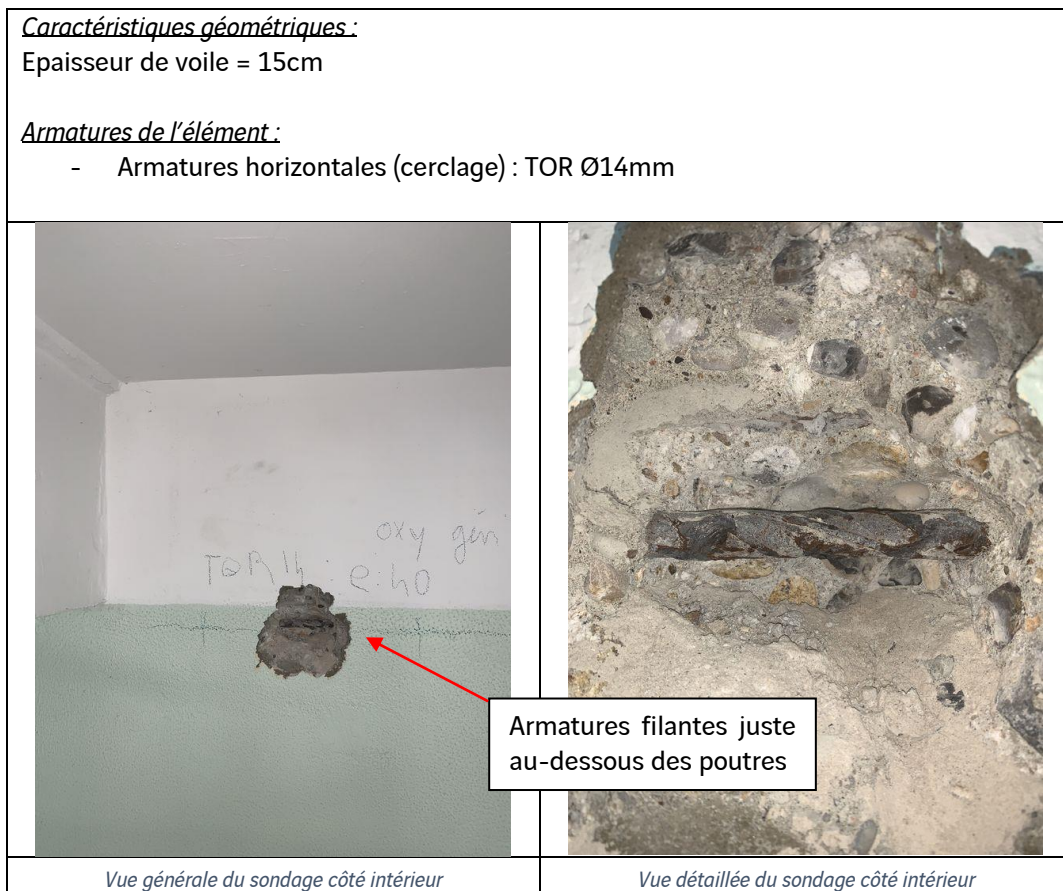
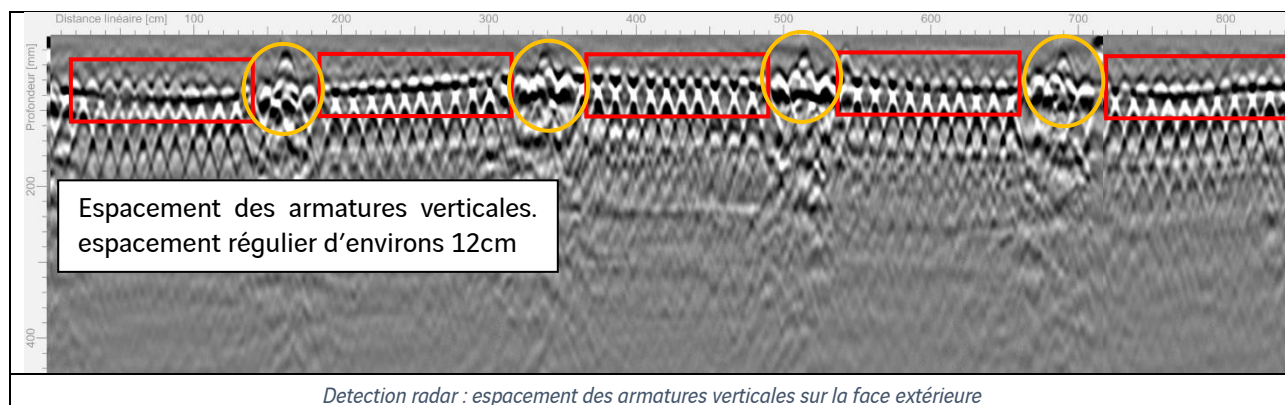


Figure 29 : Tableau des résultats des investigations destructives



Il est constaté l'absence de ferrailage en partie courante de voile.

La mise en superposition des plans des différents étage a permis de mettre en évidence que le mur côté Ouest constituant le couloir ne plombe pas sur l'ensemble des étages. Ceci a été confirmé sur site à l'aide d'un transpointeur.

Cette configuration nous permet de démontrer que seul le mur côté Est présentent un caractère structurel sur l'ensemble du bâtiment.

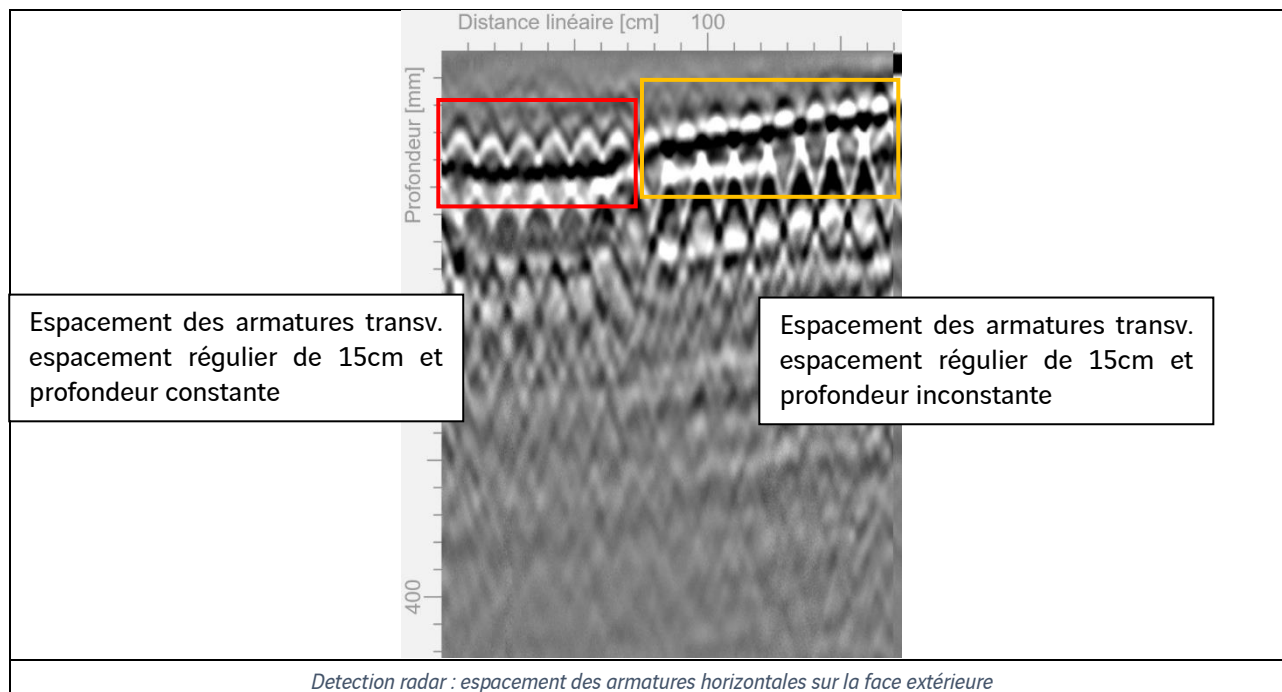


Figure 3 : Tableau des résultats des investigations non destructives

L'espacement du ferrailage est régulier sur l'ensemble des zones de détection, cependant deux zones se distinguent par leur profondeur de ferrailage différente, ce changement semble intervenir au droit de l'épaisseur de dalle.

#### IV.6.4 - SD14 : Sondage sur poteau

##### Caractéristiques géométriques :

Poteau rectangulaire de 18x27,5cm

Hauteur de poteau entre plancher et sous-face de dalle = 3m

##### Armatures de l'élément :

Cadres TORØ6mm espacement 120mm

6 filants (4 sondés/détectés + 2 supposés) TOR10

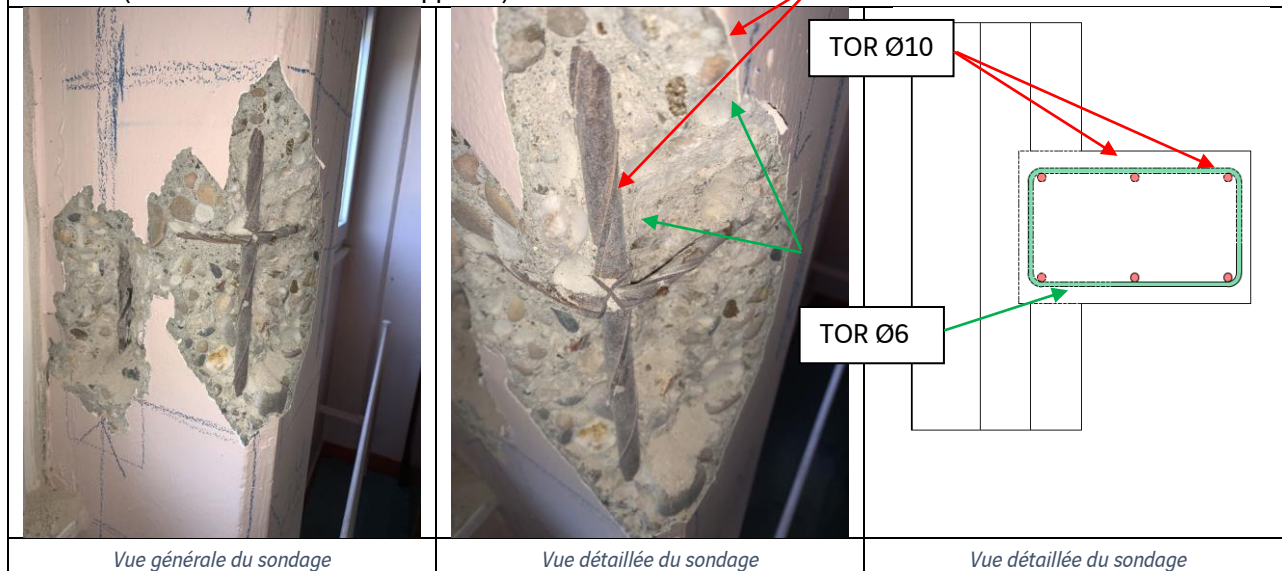


Figure 30 : Tableau des résultats des investigations destructives

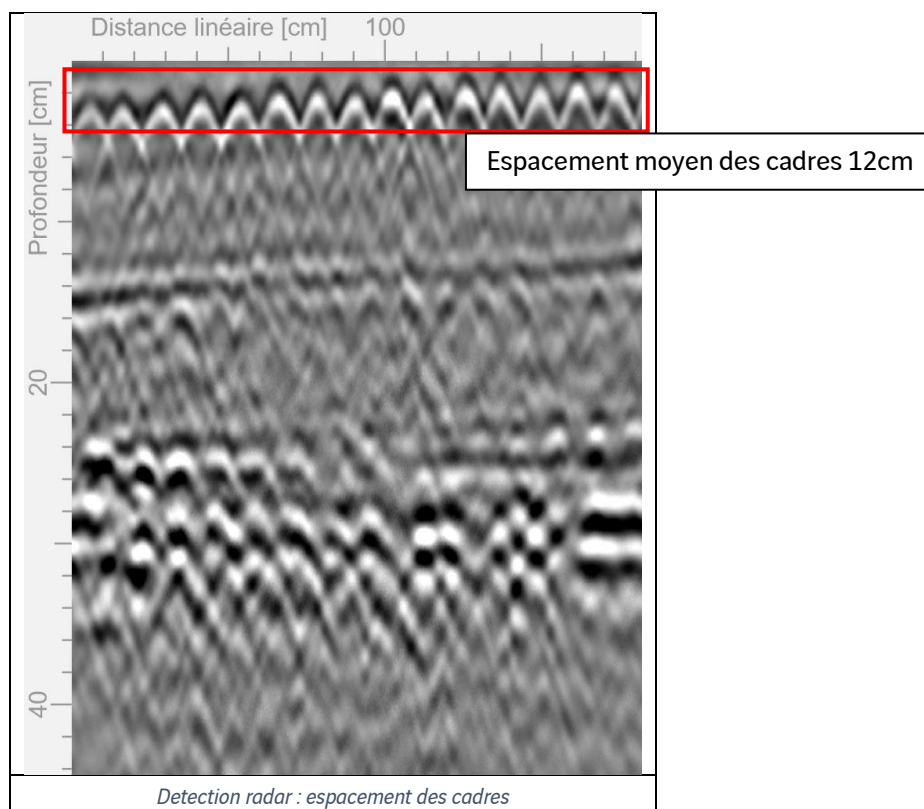


Figure 31 : Tableau des résultats des investigations non destructives



#### IV.6.5 - SD15 : Sondage en chapeau en toiture terrasse

##### Caractéristiques géométriques :

Epaisseur de gravier de protection = Variable de 3 à 6 cm

Epaisseur de l'étanchéité en extrados = 3 mm

Epaisseur de la mousse isolante = 10 cm

Epaisseur de l'étanchéité en extrados de dalle = 3 mm

Epaisseur de la dalle béton = 18 cm

##### Armatures de l'élément :

Au niveau de la dalle présence d'une nappe de treillis soudés composée :

- Armatures longitudinales aux poutres : RL Ø3mm espacement 20cm
- Armatures transversales aux poutres : RLØ4mm espacement 15cm

Au niveau de la partie supérieure de poutre :

- Cadres : TOR Ø6mm
- Armatures filantes : 1 Lit supérieur composé de 2 TOR Ø8



*Vue générale du sondage*



*Vue sur les différentes constituante du sondage*



*Vue détaillée du sondage*



*Vue détaillée du sondage*

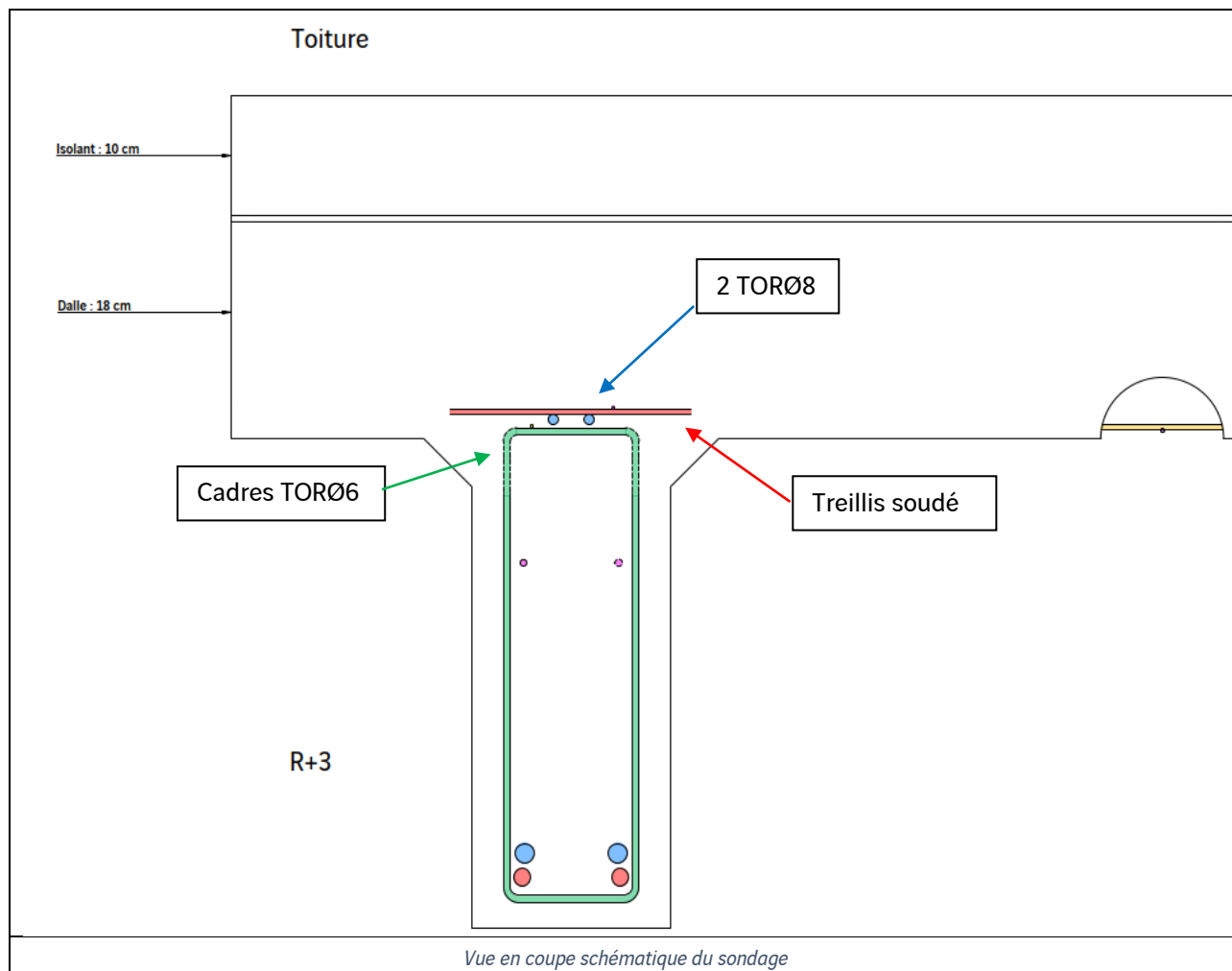


Figure 32 : Tableau des résultats des investigations destructives

La présence des graviers de protection et de l'isolant rend impossible la réalisation de profil de détection non destructif.

## V - NOTE DE CALCUL

### V.1 - Méthodologie retenue

Pour rappel, l'objet de l'étude est de calculer la capacité portante des planchers des bâtiments, y compris celui de la toiture terrasse afin que le client puisse évaluer les solutions de réhabilitation envisageables.

Pour cela, sur la base des reconnaissances effectuées sur site, nous vérifierons un échantillon d'éléments structurels des PH RDC, PH R+2 et PH R+3 (toiture terrasse) sous les charges d'exploitation actuelles, puis nous estimerons les éventuelles charges résiduelles admissibles.

Les calculs de capacité portante seront réalisés selon les recommandations Eurocode en vérifiant les taux de travail de ces éléments à l'ELS (critère de flèche et de maîtrise de la fissuration) et à l'ELU (résistance de section à la flexion et à l'effort tranchant).

La résistance au feu des éléments sondés sera évaluée selon la méthode tabulée de l'Eurocode 2, après estimation des enrobages par sondages destructifs et non destructifs.

### V.2 - Hypothèses

#### V.2.1 - Matériaux

##### V.2.1.1 - Béton

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| $f_{c28}$ =             | 25 MPa             |
| Type structure :        | existante          |
| $f_{ck}$ =              | 28 MPa             |
| loi béton :             | parabole-rectangle |
| $f_{cd}$ =              | 18,3 MPa           |
| $\Sigma c_{max}$ =      | 12,4 MPa           |
| $\epsilon_{cu2}$ =      | 0,35%              |
| $\epsilon_{c2}$ =       | 0,20%              |
| $n$ =                   | 2,00               |
| $E_c$ =                 | 32 173 MPa         |
| $\phi$ ELS P =          | 2,00               |
| $\phi$ =                | 1,30               |
| $\epsilon_{cs}$ =       | 0,02%              |
| Type de sollicitation : | Flexion simple     |
| Type d'ouvrage :        | Bâtiment           |



### V.2.1.2 - Armatures passives

|                      |   |
|----------------------|---|
| $f_{yk}$ =           | Barres : 420 MPa si $\phi \leq 20$ mm, sinon 400 MPa<br>Treillis soudés : 500 MPa |
| loi acier :          | loi écrouissante  |
| Classe acier         | A   |
| $k$ =                | 1,05  |
| $E_s$ =              | 210 000 MPa   |
| $f_{yd}$ =           | 434,8 MPa   |
| $\epsilon_{ud}$ =    | 2,25%   |
| Type d'armatures :   | Barres HA   |
| Type de chargement : | longue durée  |
| $\Sigma s_{max}$ =   | 400 MPa   |

### V.2.2 - Charges permanentes

#### V.2.2.1 - Poids propre

Béton armé = 25 kN/m<sup>3</sup>

#### V.2.2.2 - Charges permanentes additionnelles

Les masses volumiques considérées sont les suivantes :

| Matériau                       | Poids volumique (kN/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Béton de chape/Colle carrelage | 22                                   |
| Revêtement carrelage           | 22                                   |
| Isolant polystyrène            | 0,3                                  |
| Étanchéité bitumineuse         | 21                                   |
| Gravier (de toiture)           | 16                                   |
| Mousse de verre expansé        | 1,4                                  |

#### V.2.2.3 - Plancher haut sous-sol

Les charges surfaciques prises en compte en plancher haut du sous-sol sont les suivantes :

| Matériau                            | Épaisseur (cm) | Charge (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| Revêtement de sol carrelage + colle | 1              | 0,22                        |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>1</b>       | <b>0,22</b>                 |

Au niveau du PH sous-sol, nous considérerons donc  **$G_{add} = 0,22 \text{ kN/m}^2$**

*Nota : La présence de nombreux revêtements amiantés et l'occupation du niveau ne nous a pas permis de réaliser des sondages destructifs en extrados de dalle, seuls des profils radar ont pu être réalisés. Les valeurs considérées sont estimées selon les revêtements des autres étages.*

#### V.2.2.4 - Plancher haut R+2

Les charges surfaciques prises en compte en plancher haut du deuxième étage sont les suivantes :

| Matériau                            | Épaisseur (cm) | Charge (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| Revêtement de sol carrelage + colle | 1              | 0,22                        |
| Chape béton                         | 4              | 0,88                        |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>5</b>       | <b>1,10</b>                 |

Au niveau du PH R+2, nous considérerons donc  **$G_{add} = 1,10 \text{ kN/m}^2$**

#### V.2.2.5 - Toiture

Les charges surfaciques prises en compte en surface de toiture sont les suivantes :

| Matériau                         | Épaisseur (cm) | Charge (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|----------------|-----------------------------|
| Gravier                          | 5              | 0,80                        |
| Étanchéité bitumineuse           | 0,3            | 0,07                        |
| Mousse isolante en verre expansé | 10             | 0,14                        |
| Étanchéité bitumineuse           | 0,3            | 0,07                        |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>15,6</b>    | <b>1,08</b>                 |

Au niveau de la toiture, nous considérerons donc  **$G_{add} = 1,08 \text{ kN/m}^2$**

## V.2.3 - Charges variables

### V.2.3.1 - Vent

Ci-dessous les hypothèses prises en compte pour le calcul du vent sur la toiture :

#### CALCUL DE LA PRESSION DE POINTE

##### Pondération suivant période de retour

Durée de la phase considérée : **> 1 an** Suivant EN 1991-1-6 Tableau 3.1  
Période de retour correspondante : 50 années  
 $C_{prob} = 1$  Coefficient de pondération pris en compte suivant EN 1991-1-4/NA Tableau 4.5(NA)

##### Vitesse de référence

$C_{dir} = 1$   
 $C_{saison} = 1,00$   
Région : **2**  
 $V_{b,0} = 24$  m/s  
 $V_b = 24$  m/s soit = 86,4 km/h

##### Hauteur de référence

$b = 84,58$  m = dimension du coté perpendiculaire au vent/largeur du panneau  
 $Z_{sol} = 629$  m = altitude du sol  
 $Z_c = 629$  m = altitude de la base du panneau  
 $h = 9$  m = hauteur du mur/du panneau  
Nous sommes dans le **Cas 1** (cf. ci-dessous)



##### Catégorie de terrain : IIIb

(Art 7.2.2) Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; verger  
 $z_0 = 0,500$  m  
 $z_{min} = 9,0$  m  
 $Z_{moy,500} = 629$  m Altitude moyenne du terrain naturel à un rayon de 500m autour du point considéré A1  
 $Z_{moy,1000} = 629$  m Altitude moyenne du terrain naturel à un rayon de 1000m autour du point considéré A1

##### Pression dynamique de référence

$\rho_{air} = 1,225$  kg/m<sup>3</sup>  
 $q_b = 0,353$  kN/m<sup>2</sup>

##### Pression dynamique de pointe maximale

$z_{max} = 9$  m hauteur max par rapport au sol  
 $k_r = 0,22$  coefficient d'exposition  
 $c_r = 0,65$  coefficient de rugosité  
 $A_c = 9$  m  
 $A_m = 1,8$  m  
 $\Delta A_c = 7,2$  m  
 $c_0 = 1,03$  = coefficient orographique  
 $k_1 = 0,95$  Valeur recommandée Art 4.4  
 $I_v(z_{max}) = 0,32$  Intensité de la turbulence  
 $c_e(z_{max}) = 1,43$   
 **$q_p(z_{max}) = 0,50$  kN/m<sup>2</sup>**

Nous considérons donc une pression dynamique de pointe maximale  **$q_p(z_{max}) = 0,50$  kN/m<sup>2</sup>**

| Type de toiture |                    |  | Acrotères  |
|-----------------|--------------------|--|------------|
| h               | (hauteur bât)      |  | 9          |
| hp              | (hauteur acrotère) |  | <b>0,2</b> |

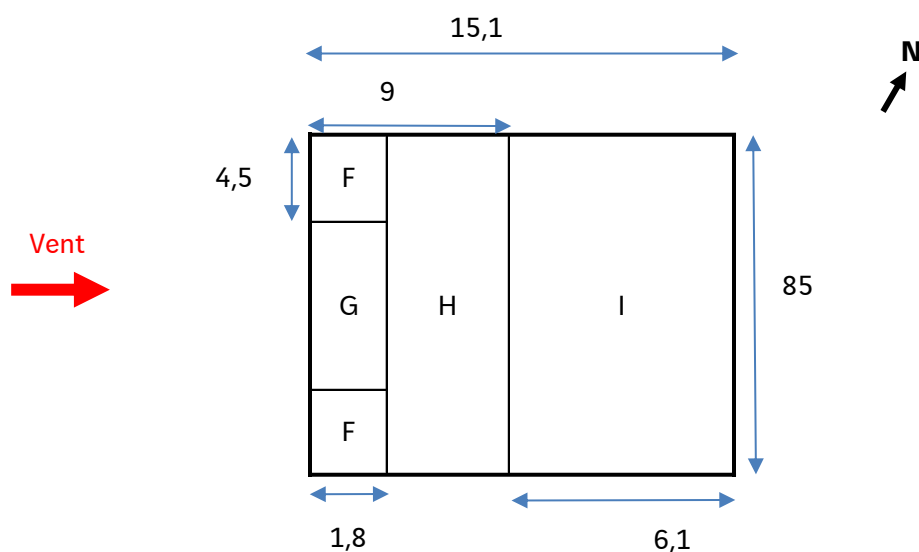
hp/h 0,0222 d'où

r/h 0

| Zone |   | Cpe,1 | Cpe,10 |
|------|---|-------|--------|
| F    | : | -2,2  | -1,6   |
| G    | : | -1,8  | -1,1   |
| H    | : | -1,2  | -0,7   |
| I    | : | -0,2  | -0,2   |

Le rapport d'ouverture, ou perméabilité, du bâtiment n'étant pas connu avec certitude, nous considérerons les valeurs recommandées de la NF EN 1991-1-4/NA, à savoir la valeur la plus sévère de **+0,2** et **-0,3**.

Nous obtenons alors les charges surfaciques dues au vent direction Sud-Ouest/Nord-Est (plus défavorable) à considérer suivantes :



| Zone de toiture | Charge       |       |             | Surfaces |           |
|-----------------|--------------|-------|-------------|----------|-----------|
| F               | <b>-0,96</b> | kN/m² |             | F        | 8,1 m²    |
| G               | <b>-0,70</b> | kN/m² |             | G        | 152,24 m² |
| H               | <b>-0,50</b> | kN/m² |             | H        | 608,98 m² |
| I               | <b>-0,25</b> | ou    | <b>0,25</b> | I        | 515,94 m² |

### V.2.3.2 - Neige

Ci-dessous les hypothèses prises en compte pour le calcul de la neige sur la toiture :

| Données générales                              |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Type site                                      | <b>Autres cas</b> cf. tableau 5.1/NA |
| $C_e$  | 1,00                                 |
| $C_t$  | 1,00                                 |
| Région   | <b>A2</b>                            |
| Altitude A > 200m ?                            | <b>oui</b>                           |
| Altitude A =                                   | <b>630 m</b>                         |
| $s_k$  | 0,95 kN/m <sup>2</sup>               |
| $s_{sd}$                                       | 1,00 kN/m <sup>2</sup>               |
| <b>Pressions de neige (kN/m<sup>2</sup>)</b>   |                                      |
| Types de situation :                           | (hors coefficient de forme $\mu$ )   |
| <b>Durable/transitoire</b>                     | <b>0,945</b>                         |
| <b>Accidentelle</b>                            | <b>1</b>                             |
| (hors annexe B)                                |                                      |
| <b>Détermination des coefficients de forme</b> |                                      |
| Type toiture                                   | <b>à un seul versant</b>             |
| Présence d'obstacle en rive basse de toiture ? | <b>oui</b>                           |
| $\mu_1$ mini                                   | 0,8                                  |
| si à un seul versant : cf. figure 5.2          |                                      |
| $\alpha$                                       | <b>1 °</b>                           |
| $\mu_1$  | <b>0,8</b>                           |

La pression de neige considérée est donc **0,95 kN/m<sup>2</sup>**.

En considérant un coefficient de forme égal à 0,8, nous obtenons donc une charge de neige en toiture égale à **0,76 kN/m<sup>2</sup>**.

### V.2.3.3 - Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation considérées sont les suivantes :

| Étage            | Zone                   | Exploitation   | Charge (kN/m <sup>2</sup> )             |
|------------------|------------------------|--|---|
| PH RDC<br>PH R+2 | Zone Laboratoire       | Laboratoire selon la NF P 06-001                                     | q = 2,5<br>gadd = 1,0                   |
|                  | Zone Couloir           | C3 : Espaces ne présentant pas d'obstacles à la circulation          | 4,0                                     |
|                  | Zone Bureau            | B : Bureaux  | 2,5                                     |
| PH R+3           | Ensemble de la toiture | H : Toiture inaccessible sauf pour entretien et réparations courants | 0,80 sur 10 m <sup>2</sup><br>ou 1,5 kN |



## V.2.4 - Combinaisons

Les combinaisons d'actions utilisées pour les vérifications de résistance sont définies par :

- ELS quasi-permanent  $\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$
- ELS fréquent  $\sum G_{k,j} + P + \psi_1 Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$
- ELS caractéristique  $\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$
- ELU fondamental  $\sum \gamma_{g,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Les coefficients partiels pris en compte pour les actions sont :

| Action de base | Notation | $\gamma_g / \gamma_P / \gamma_q$ |       |
|----------------|----------|----------------------------------|-------|
|                |          | Fav                              | Défav |
| Poids propre   | G        | 1                                | 1,35  |
| Neige          | S        | 0                                | 1,5   |
| Vent           | W        | 0                                | 1,5   |
| Exploitation   | Q        | 0                                | 1,5   |

Pour la combinaison des différentes actions nous considérons les coefficients d'accompagnement  $\psi$  suivant :

| Action variable de base            | Notation | Valeur de combinaison $\Psi_0$ | Valeur fréquente $\Psi_1$ | Valeur quasi permanente $\Psi_2$ |
|------------------------------------|----------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Neige                              | S        | 0,5                            | 0,2                       | 0                                |
| Vent                               | W        | 0,6                            | 0,2                       | 0                                |
| Exploitation sur planchers (Cat C) |          | 0,7                            | 0,7                       | 0,6                              |
| Exploitation sur toiture (Cat H)   | Q        | 0                              | 0                         | 0                                |

**La charge d'exploitation sur toiture n'est en aucun cas concomitante avec les charges climatiques**

## V.2.5 - Critères de vérification

### V.2.5.1 - ELS

Nous vérifierons le critère de flèche pour les poutres et dalles à l'ELS en considérant une flèche maximale =  $L/200$ .

### V.2.5.2 - ELU

Nous vérifierons le taux de travail en flexion des poutres et dalles à l'ELU.

Nous vérifierons le déversement des poutres et dalles à l'ELU.

Nous vérifierons le taux de travail à l'effort tranchant des poutres à l'ELU.

## V.3 - Modélisation

### V.3.1 - Description du modèle

Le calcul de la capacité portante des planchers sera réalisé en étudiant les taux de travail des dalles et poutres.

Les dalles seront assimilées à des poutres de largeur 1m, hyperstatiques, simplement appuyées sur les poutres. 10 travées de dalle seront modélisées.

Les poutres seront considérées isostatiques, simplement appuyées des deux côtés.

### V.3.2 - Chargement

Nous considérerons un chargement surfacique, uniformément réparti.

#### V.3.2.1 - PH Sous-sol

Pour rappel, les charges considérées en surface du plancher haut du sous-sol sont les suivantes :

| Charges surfaciques imposées à la dalle béton armé en PH Sous-sol |            |
|---|------------|
| Dénomination de la charge   | Valeur     |
| Poids propre dalle - PP   | 2,5 kN/ml  |
| Charges permanentes additionnelles - Gadd                         | 0,22 kN/ml |
| Charges d'exploitation - Q  | 4,0 kN/ml* |

\*La zone sondée correspond à la zone de circulation du RDC, nous considérons donc ici le cas de charge C3 : Espaces ne présentant pas d'obstacles à la circulation.

| Charges surfaciques imposées à la poutre béton armé en PH Sous-sol |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Dénomination de la charge  | Valeur                              |
| Poids propre poutre + dalle - PP                                   | 6,06 kN/ml                          |
| Charges permanentes additionnelles - Gadd                          | 0,39 kN/ml                          |
| Charges d'exploitation - Q   | 7,06 kN/ml sur 1,75 m (circulation) |
|  | 4,43 kN/ml sur 6,15 m (bureaux)     |

#### V.3.2.2 - PH R+2

Pour rappel, les charges considérées en surface du plancher haut du deuxième étage sont les suivantes :

| Charges surfaciques imposées à la dalle béton armé en PH R+2 |            |
|--|------------|
| Dénomination de la charge                                    | Valeur     |
| Poids propre dalle - PP                                      | 2,5 kN/ml  |
| Charges permanentes additionnelles - Gadd                    | 2,10 kN/ml |
| Charges d'exploitation - Q                                   | 2.5 kN/ml* |

\*La zone sondée correspond à la zone de laboratoire du R+2, nous considérons donc ici le cas de charge correspondant.

| Charges surfaciques imposées à la poutre béton armé en PH R+2 |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Dénomination de la charge                                     | Valeur                              |
| Poids propre poutre + dalle - PP                              | 6,06 kN/ml                          |
| Charges permanentes additionnelles - Gadd                     | 3.71 kN/ml sur 6,15 m (Labo)        |
|   | 1,94 kN/ml sur 1,75 m (circulation) |
| Charges d'exploitation - Q                                    | 4,43 kN/ml sur 6,15 m (Labo)        |
|   | 7,06 kN/ml sur 1,75 m (circulation) |

### V.3.2.3 - PH R+3 (Toiture)

Pour rappel, les charges considérées en surface du plancher haut du deuxième étage sont les suivantes :

| <b>Charges surfaciques imposées à la dalle béton armé en PH Sous-sol</b> |                               |
|--|-------------------------------|
| <b>Dénomination de la charge</b>   | <b>Valeur</b>                 |
| Poids propre dalle - PP  | 4,5 kN/ml                     |
| Charges permanentes additionnelles - Gadd                                | 1,08 kN/ml                    |
| Charges d'exploitation - Q   | 0,8 kN/ml<br>ou 1,5 kN centré |
| Charges de vent - W  | 0,50 kN/ml*                   |
| Charges de neige - S   | 0,76 kN/ml                    |

\*En raison de la grande surface concernée et de l'emplacement des sondages, nous considérerons ici la zone H de toiture.

Les charges climatiques ne sont en aucun cas concomitantes aux charges d'exploitation

| <b>Charges surfaciques imposées à la poutre béton armé en PH Sous-sol</b> |   |
|---|---|
| <b>Dénomination de la charge</b>  | <b>Valeur</b>                                     |
| Poids propre poutre + dalle - PP  | 9,4 kN/ml   |
| Charges permanentes additionnelles - Gadd                                 | 1,91 kN/ml  |
| Charges d'exploitation - Q  | 1,41 kN/ml sur 5,66 m centrés<br>ou 1,5 kN centré |
| Charges de vent - W   | 0,88 kN/ml*                                       |
| Charges de neige - S  | 1,34 kN/ml  |

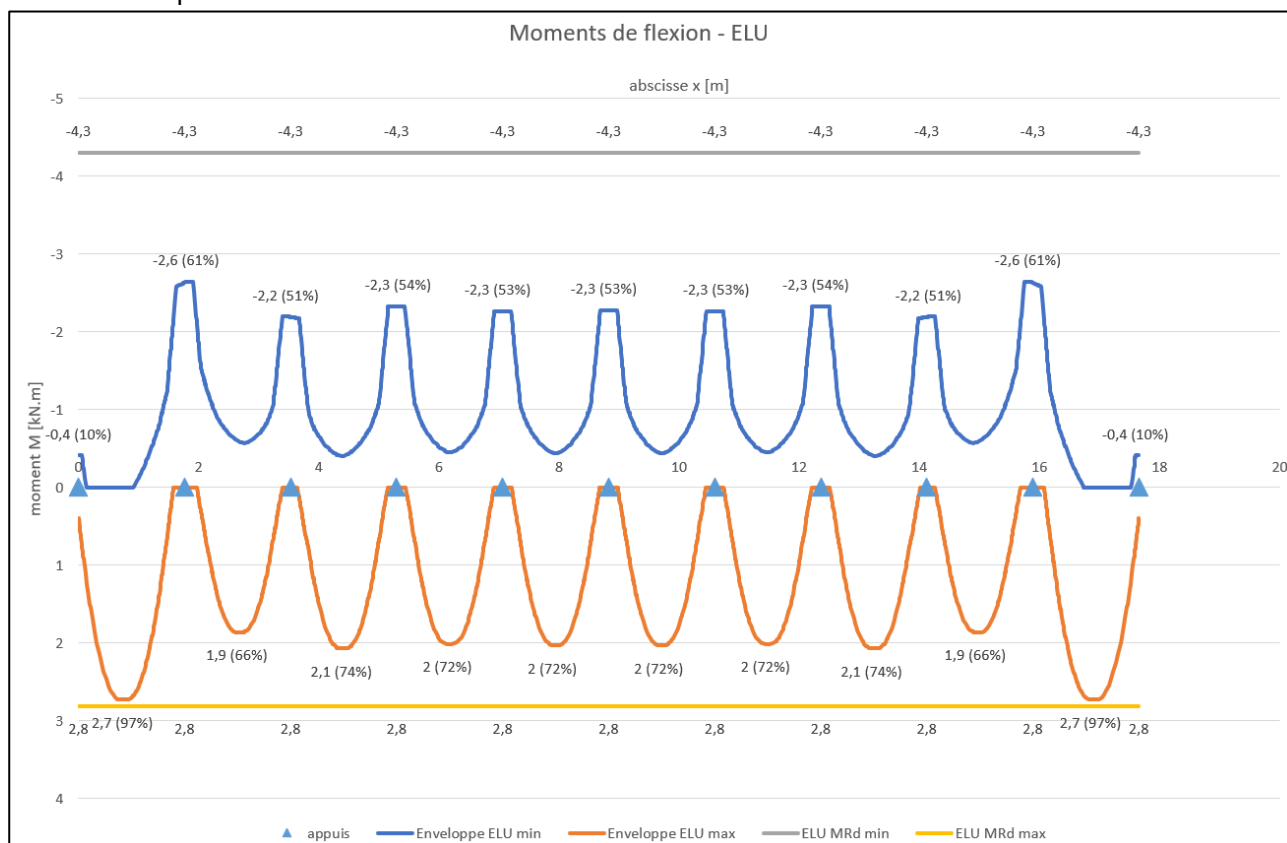
\*En raison de la grande surface concernée et de l'emplacement des sondages, ainsi que par simplification, nous considérerons ici la zone H de toiture sur toute la longueur de la poutre étudiée.

## V.4 - Résultats et vérification à l'existant

### V.4.1 - PH Sous-sol

#### V.4.1.1 - Dalle

Les sollicitations et résultats des vérifications concernant la dalle béton armé en plancher haut du sous-sol à l'existant sont présentés ci-dessous :



| MOMENT DE FLEXION |        |       |      |      |  |            |          |       |     |      |
|-------------------|--------|-------|------|------|--|------------|----------|-------|-----|------|
| M < 0             |        |       |      |      |  | M > 0      |          |       |     |      |
| Type combi        | $\tau$ | x     | MEd  | Madm |  | Type combi | $\tau$   | x     | MEd | Madm |
| ELU               | 61% OK | 15,74 | -2,6 | -4,3 |  | ELU        | 97% OK   | 16,84 | 2,7 | 2,8  |
| ELS QP            | 69% OK | 15,80 | -1,4 | -2,0 |  |            | 117% NOK | 16,92 | 1,4 | 1,2  |
| ELS FQ            | 0% OK  | 0,00  | 0,0  | 0,0  |  |            | 0% OK    | 0,00  | 0,0 | 0,0  |
| ELS CQ            | 61% OK | 15,80 | -1,8 | -3,0 |  |            | 97% OK   | 16,88 | 1,9 | 1,9  |
| ELU               | 61% OK | 15,74 | -2,6 | -4,3 |  |            | 97% OK   | 16,84 | 2,7 | 2,8  |

| EFFORT TRANCHANT |      |     |      |  |
|------------------|------|-----|------|--|
| $\tau$           | x    | VEd | VRd  |  |
| 14% OK           | 1,68 | 9,1 | 65,7 |  |

Nota : Bien que le taux de travail à l'ELS QP atteigne 117 %, ce dépassement reste tolérable pour une structure existante et ne remet pas en cause la stabilité globale du plancher.

| FLECHES      |                           |     |    |    |                               |     |     |    |
|--------------|---------------------------|-----|----|----|-------------------------------|-----|-----|----|
| ID<br>travée | Flèches totale y max [mm] |     |    |    | Flèches nuisibles Δy max [mm] |     |     |    |
|              | max                       | adm | τ  |    | max                           | adm | τ   |    |
| 1            | -0,4                      | 7,1 | 6% | OK | -0,4                          | 3,5 | 10% | OK |
| 2            | -0,2                      | 7,1 | 3% | OK | -0,2                          | 3,5 | 5%  | OK |
| 3            | -0,3                      | 7,1 | 4% | OK | -0,2                          | 3,5 | 7%  | OK |
| 4            | -0,2                      | 7,1 | 4% | OK | -0,2                          | 3,5 | 6%  | OK |
| 5            | -0,3                      | 7,1 | 4% | OK | -0,2                          | 3,5 | 6%  | OK |
| 6            | -0,3                      | 7,1 | 4% | OK | -0,2                          | 3,5 | 6%  | OK |
| 7            | -0,2                      | 7,1 | 4% | OK | -0,2                          | 3,5 | 6%  | OK |
| 8            | -0,3                      | 7,1 | 4% | OK | -0,2                          | 3,5 | 7%  | OK |
| 9            | -0,2                      | 7,1 | 3% | OK | -0,2                          | 3,5 | 5%  | OK |
| 10           | -0,4                      | 7,1 | 6% | OK | -0,4                          | 3,5 | 10% | OK |

La dalle béton armé en plancher haut du sous-sol est **vérifiée en flexion** et à **l'effort tranchant** à l'ELU.  
La dalle béton armé en plancher haut du sous-sol est **vérifiée en flèche** à l'ELS.

La dalle béton armé en plancher haut du sous-sol travaille au maximum à **97 % à l'ELU** en partie courante (zone sondée) sous les charges d'exploitation considérées (**Q = 4,0 kN/m²**) et les charges permanentes additionnelles actuelles (**Gadd = 0,22 kN/m²**).

#### V.4.1.2 - Poutre

Les sollicitations et résultats des vérifications concernant la poutre béton armé en plancher haut du sous-sol à l'existant sont présentés ci-dessous :

| MOMENT DE FLEXION |     |    |      |       |        |            |      |     |      |       |       |
|-------------------|-----|----|------|-------|--------|------------|------|-----|------|-------|-------|
| M < 0             |     |    |      |       |        | M > 0      |      |     |      |       |       |
| Type combi        | τ   |    | x    | MEd   | Madm   | Type combi | τ    |     | x    | MEd   | Madm  |
| ELU               | 34% | OK | 0,06 | -19,6 | -57,4  | ELU        | 106% | NOK | 3,91 | 130,4 | 122,8 |
| ELS QP            | 0%  | OK | 0,00 | 0,0   | -125,0 |            | 35%  | OK  | 3,99 | 72,5  | 204,9 |
| ELS FQ            | 0%  | OK | 0,00 | 0,0   | 0,0    |            | 0%   | OK  | 0,00 | 0,0   | 0,0   |
| ELS CQ            | 0%  | OK | 0,00 | 0,0   | -49,5  |            | 87%  | OK  | 4,11 | 92,2  | 105,4 |
| ELU               | 34% | OK | 0,06 | -19,6 | -57,4  |            | 106% | NOK | 3,91 | 130,4 | 122,8 |

| EFFORT TRANCHANT |      |      |      |  |
|------------------|------|------|------|--|
| τ                | x    | VEd  | VRd  |  |
| 62% OK           | 8,05 | 59,3 | 95,9 |  |

| FLECHES      |                           |      |     |    |                               |      |     |    |
|--------------|---------------------------|------|-----|----|-------------------------------|------|-----|----|
| ID<br>travée | Flèches totale y max [mm] |      |     |    | Flèches nuisibles Δy max [mm] |      |     |    |
|              | max                       | adm  | τ   |    | max                           | adm  | τ   |    |
| 1            | -17,0                     | 32,5 | 52% | OK | -9,0                          | 16,3 | 55% | OK |



La poutre béton armé en plancher haut du sous-sol présente un taux de travail égal à **106%** en flexion à l'ELU. Un tel dépassement est généralement admis.

La poutre béton armé en plancher haut du sous-sol est **vérifiée en flexion** et à **l'effort tranchant** à l'ELU.  
La poutre béton armé en plancher haut du sous-sol est **vérifiée en flèche** à l'ELS.

La poutre béton armé en plancher haut du sous-sol travaille au maximum à **106 % à l'ELU** sous les charges d'exploitation considérées ( **$Q = 4,0 \text{ kN/m}^2$  en zone couloir et  $Q=2,5 \text{ kN/m}^2$  en zone bureau**) et les charges permanentes additionnelles actuelles ( **$G_{add} = 0,22 \text{ kN/m}^2$** ).

#### V.4.1.3 - Conclusion sur le plancher haut du sous-sol

Le plancher haut du sous-sol est vérifié sous les charges actuelles, à savoir :

- $G_{add} = 0,22 \text{ kN/m}^2$  ;
- $Q = 2,5 \text{ kN/m}^2$  en zone bureau ;
- $Q = 4,0 \text{ kN/m}^2$  en zone bureau.

Les taux de travail des différents éléments structurels vérifiés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

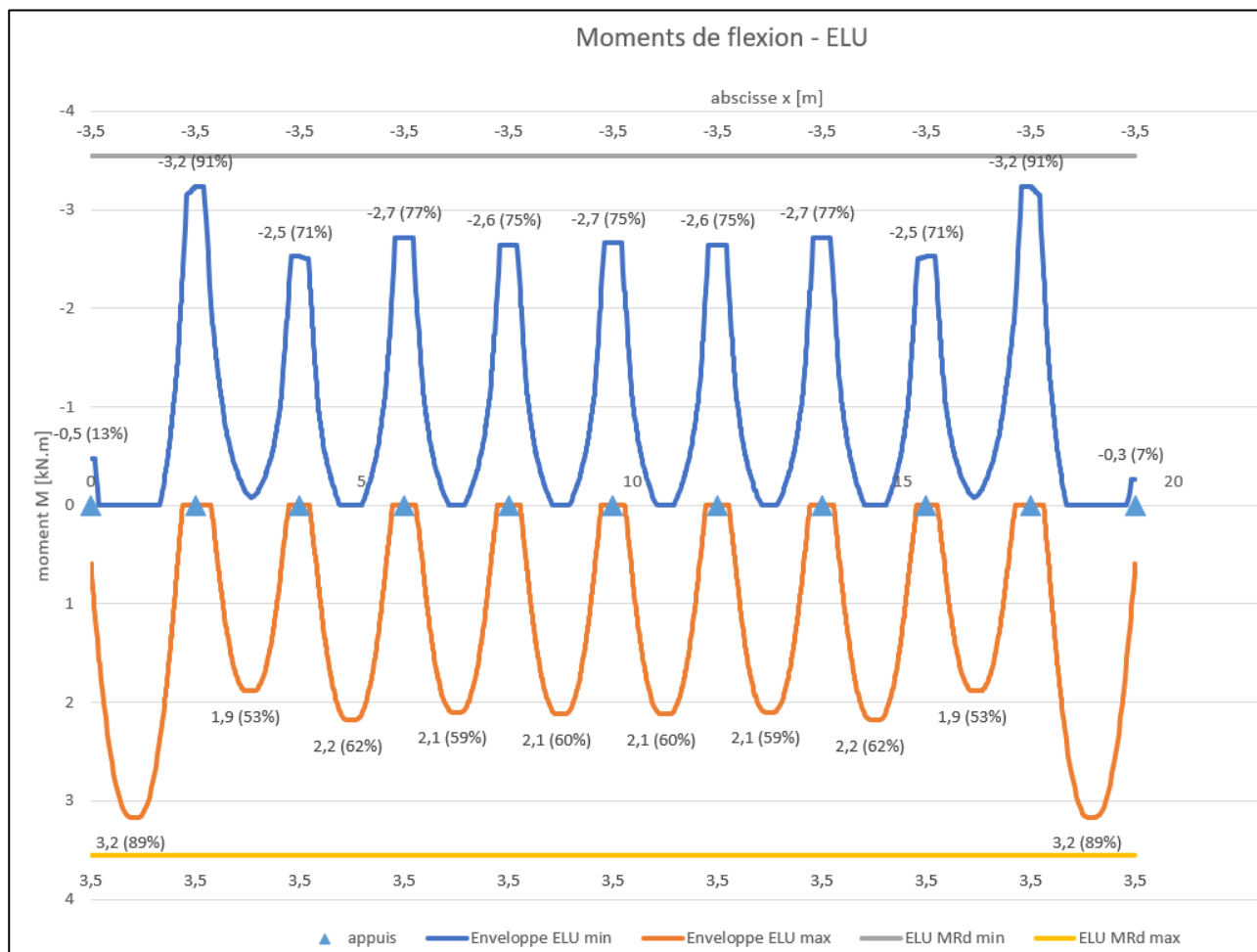
| Taux de travail max des éléments structurels en PH du sous-sol |       |      |
|--|-------|------|
|  | ELU   | ELS  |
| Dalle béton armé   | 97%   | 82%  |
| Poutre béton armé  | 106 % | 87 % |

**Il convient de ne pas surcharger le plancher haut sous-sol actuel sans renforcement.**

## V.4.2 - PH R+2

### V.4.2.1 - Dalle

Les sollicitations et résultats des vérifications concernant la dalle béton armé en plancher haut du deuxième étage à l'existant sont présentés ci-dessous :



| MOMENT DE FLEXION |          |       |      |      |            |          |      |     |      |
|-------------------|----------|-------|------|------|------------|----------|------|-----|------|
| M < 0             |          |       |      |      | M > 0      |          |      |     |      |
| Type combi        | $\tau$   | x     | MEd  | Madm | Type combi | $\tau$   | x    | MEd | Madm |
| ELU               | 91% OK   | 17,21 | -3,2 | -3,5 | ELU        | 89% OK   | 0,73 | 3,2 | 3,5  |
| ELS QP            | 117% NOK | 17,29 | -2,0 | -1,7 |            | 112% NOK | 0,77 | 1,9 | 1,7  |
| ELS FQ            | 0% OK    | 0,00  | 0,0  | 0,0  |            | 0% OK    | 0,00 | 0,0 | 0,0  |
| ELS CQ            | 90% OK   | 17,29 | -2,3 | -2,5 |            | 88% OK   | 0,81 | 2,2 | 2,5  |
| ELU               | 91% OK   | 17,21 | -3,2 | -3,5 |            | 89% OK   | 0,73 | 3,2 | 3,5  |

| EFFORT TRANCHANT |      |      |      |
|------------------|------|------|------|
| $\tau$           | x    | VEd  | VRd  |
| 11% OK           | 1,85 | 10,1 | 88,4 |

Nota : Bien que le taux de travail à l'ELS QP atteigne 117 %, ce dépassement reste tolérable pour une structure existante et ne remet pas en cause la stabilité globale du plancher.

| FLECHES      |                           |     |        |    |                                       |     |        |    |
|--------------|---------------------------|-----|--------|----|---------------------------------------|-----|--------|----|
| ID<br>travée | Flèches totale y max [mm] |     |        |    | flèches nuisibles $\Delta y$ max [mm] |     |        |    |
|              | max                       | adm | $\tau$ |    | max                                   | adm | $\tau$ |    |
| 1            | -0,7                      | 7,7 | 9%     | OK | -0,5                                  | 3,9 | 14%    | OK |
| 2            | -0,3                      | 7,7 | 4%     | OK | -0,2                                  | 3,9 | 6%     | OK |
| 3            | -0,4                      | 7,7 | 5%     | OK | -0,3                                  | 3,9 | 8%     | OK |
| 4            | -0,4                      | 7,7 | 5%     | OK | -0,3                                  | 3,9 | 8%     | OK |
| 5            | -0,4                      | 7,7 | 5%     | OK | -0,3                                  | 3,9 | 8%     | OK |
| 6            | -0,4                      | 7,7 | 5%     | OK | -0,3                                  | 3,9 | 8%     | OK |
| 7            | -0,4                      | 7,7 | 5%     | OK | -0,3                                  | 3,9 | 8%     | OK |
| 8            | -0,4                      | 7,7 | 5%     | OK | -0,3                                  | 3,9 | 8%     | OK |
| 9            | -0,3                      | 7,7 | 4%     | OK | -0,2                                  | 3,9 | 6%     | OK |
| 10           | -0,7                      | 7,7 | 9%     | OK | -0,5                                  | 3,9 | 14%    | OK |

La dalle béton armé en plancher haut du R+2 est **vérifiée en flexion** et à **l'effort tranchant** à l'ELU.  
La dalle béton armé en plancher haut du R+2 est **vérifiée en flèche** à l'ELS.

La dalle béton armé en plancher haut du R+2 travaille au maximum à **91 % à l'ELU** en partie courante (zone sondée) sous les charges d'exploitation considérées ( **$Q = 2,5 \text{ kN/m}^2$** ) et les charges permanentes additionnelles actuelles ( **$G_{add} = 2,10 \text{ kN/m}^2$** ).

#### V.4.2.2 - Poutre

Les sollicitations et résultats des vérifications concernant la poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage à l'existant sont présentés ci-dessous :

| MOMENT DE FLEXION |        |      |       |       |            |        |      |       |       |
|-------------------|--------|------|-------|-------|------------|--------|------|-------|-------|
| M < 0             |        |      |       |       | M > 0      |        |      |       |       |
| Type combi        | $\tau$ | x    | MEd   | Madm  | Type combi | $\tau$ | x    | MEd   | Madm  |
| ELU               | 57% OK | 0,00 | -25,1 | -43,9 | ELU        | 99% OK | 3,95 | 167,5 | 170,0 |
| ELS QP            | 0% OK  | 0,00 | 0,0   | -51,0 |            | 46% OK | 3,99 | 100,0 | 215,2 |
| ELS FQ            | 0% OK  | 0,00 | 0,0   | 0,0   |            | 0% OK  | 0,00 | 0,0   | 0,0   |
| ELS CQ            | 0% OK  | 0,00 | 0,0   | -34,9 |            | 83% OK | 4,11 | 119,8 | 143,8 |
| ELU               | 57% OK | 0,00 | -25,1 | -43,9 |            | 99% OK | 3,95 | 167,5 | 170,0 |

| EFFORT TRANCHANT |      |      |      |
|------------------|------|------|------|
| $\tau$           | x    | VEd  | VRd  |
| 88% OK           | 8,05 | 76,3 | 86,8 |

| FLECHES      |                           |      |        |    |                                       |      |        |    |
|--------------|---------------------------|------|--------|----|---------------------------------------|------|--------|----|
| ID<br>travée | Flèches totale y max [mm] |      |        |    | flèches nuisibles $\Delta y$ max [mm] |      |        |    |
|              | max                       | adm  | $\tau$ |    | max                                   | adm  | $\tau$ |    |
| 1            | -23,3                     | 32,5 | 72%    | OK | -9,8                                  | 16,3 | 60%    | OK |

La poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage présente un taux de travail égal à **99%** en flexion à l'ELU.

La poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage est **vérifiée en flexion** et à **l'effort tranchant** à l'ELU.

La poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage est **vérifiée en flèche** à l'ELS.

La poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage travaille au maximum à **99 % à l'ELU** sous les charges d'exploitation considérées ( **$Q = 4,0 \text{ kN/m}^2$  en zone couloir et  $Q=2,5 \text{ kN/m}^2$  en zone labo**) et les charges permanentes additionnelles actuelles ( **$G_{add} = 1,10 \text{ kN/m}^2$  en zone couloir et  $G_{add}=2,1 \text{ kN/m}^2$  en zone labo**).

#### V.4.2.3 - Conclusion sur le plancher haut du sous-sol

Le plancher haut du deuxième étage est vérifié sous les charges actuelles, à savoir :

- $G_{add} = 2,10 \text{ kN/m}^2$  en zone laboratoire
  - $1,10 \text{ kN/m}^2$  en zone circulation ;
- $Q = 2,5 \text{ kN/m}^2$  en zone laboratoire ;
- $Q = 4,0 \text{ kN/m}^2$  en zone circulation.

Les taux de travail des différents éléments structurels vérifiés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

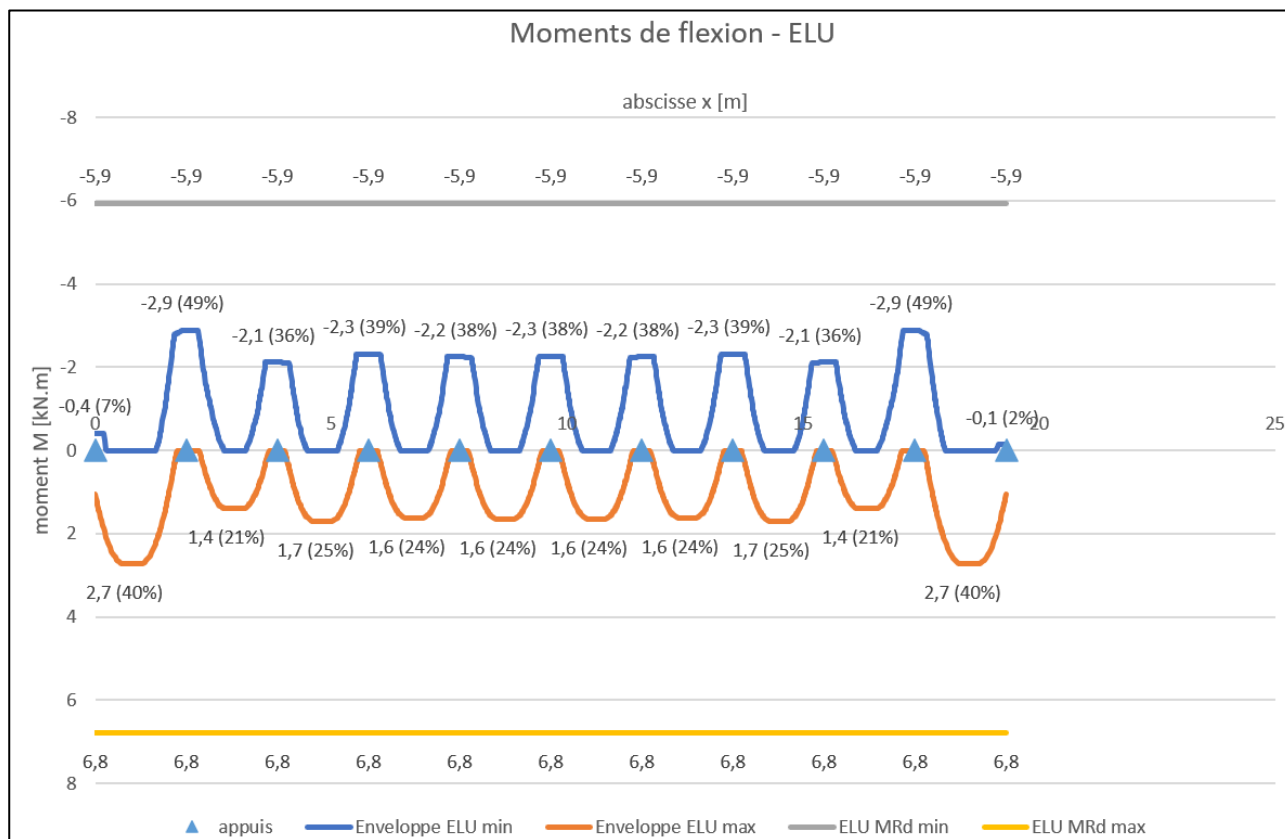
| Taux de travail max des éléments structurels en PH du deuxième étage |      |      |
|--|------|------|
|  | ELU  | ELS  |
| Dalle béton armé   | 91%  | 78%  |
| Poutre béton armé  | 99 % | 85 % |

**Il convient de ne pas surcharger le plancher haut R+2 actuel sans renforcement.**

### V.4.3 - PH R+3 (Dalle de toiture)

#### V.4.3.1 - Dalle

Les sollicitations et résultats des vérifications concernant la dalle béton armé en plancher haut du troisième étage à l'existant sont présentés ci-dessous :



| MOMENT DE FLEXION |     |    |       |      |      |            |     |    |      |     |      |
|-------------------|-----|----|-------|------|------|------------|-----|----|------|-----|------|
| M < 0             |     |    |       |      |      | M > 0      |     |    |      |     |      |
| Type combi        | τ   |    | x     | MEd  | Madm | Type combi | τ   |    | x    | MEd | Madm |
| ELU               | 49% | OK | 17,14 | -2,9 | -5,9 | ELU        | 40% | OK | 0,62 | 2,7 | 6,8  |
| ELS QP            | 83% | OK | 17,29 | -1,7 | -2,1 |            | 32% | OK | 0,77 | 1,6 | 4,9  |
| ELS FQ            | 0%  | OK | 0,00  | 0,0  | 0,0  |            | 0%  | OK | 0,00 | 0,0 | 0,0  |
| ELS CQ            | 41% | OK | 17,29 | -2,1 | -5,1 |            | 36% | OK | 0,77 | 2,0 | 5,5  |
| ELU               | 49% | OK | 17,14 | -2,9 | -5,9 |            | 40% | OK | 0,62 | 2,7 | 6,8  |

| EFFORT TRANCHANT |    |       |     |       |
|------------------|----|-------|-----|-------|
| τ                |    | x     | VEd | VRd   |
| 4%               | OK | 17,45 | 8,4 | 192,7 |



| FLECHES      |                           |     |    |    |                               |     |    |    |
|--------------|---------------------------|-----|----|----|-------------------------------|-----|----|----|
| ID<br>travée | Flèches totale y max [mm] |     |    |    | Flèches nuisibles Δy max [mm] |     |    |    |
|              | max                       | adm | τ  |    | max                           | adm | τ  |    |
| 1            | -0,1                      | 7,7 | 1% | OK | -0,1                          | 3,9 | 2% | OK |
| 2            | 0,0                       | 7,7 | 0% | OK | 0,0                           | 3,9 | 0% | OK |
| 3            | 0,0                       | 7,7 | 1% | OK | 0,0                           | 3,9 | 1% | OK |
| 4            | 0,0                       | 7,7 | 1% | OK | 0,0                           | 3,9 | 1% | OK |
| 5            | 0,0                       | 7,7 | 1% | OK | 0,0                           | 3,9 | 1% | OK |
| 6            | 0,0                       | 7,7 | 1% | OK | 0,0                           | 3,9 | 1% | OK |
| 7            | 0,0                       | 7,7 | 1% | OK | 0,0                           | 3,9 | 1% | OK |
| 8            | 0,0                       | 7,7 | 1% | OK | 0,0                           | 3,9 | 1% | OK |
| 9            | 0,0                       | 7,7 | 0% | OK | 0,0                           | 3,9 | 0% | OK |
| 10           | -0,1                      | 7,7 | 1% | OK | -0,1                          | 3,9 | 2% | OK |

La dalle béton armé en plancher haut du R+3 est **vérifiée en flexion** et à **l'effort tranchant** à l'ELU.  
La dalle béton armé en plancher haut du R+3 est **vérifiée en flèche** à l'ELS.

La dalle béton armé en plancher haut du R+3 travaille au maximum à **49% à l'ELU** en partie courante (zone sondée) sous les charges d'exploitation considérées (**S + 0,6W = 1,06 kN/m²**) et les charges permanentes additionnelles actuelles (**Gadd = 1,08 kN/m²**).

#### V.4.3.2 - Poutre

Les sollicitations et résultats des vérifications concernant la poutre béton armé en plancher haut du troisième étage à l'existant sont présentés ci-dessous :

| MOMENT DE FLEXION |                 |      |       |       |  |            |               |      |       |       |
|-------------------|-----------------|------|-------|-------|--|------------|---------------|------|-------|-------|
| M < 0             |                 |      |       |       |  | M > 0      |               |      |       |       |
| Type combi        | τ               | x    | MEd   | Madm  |  | Type combi | τ             | x    | MEd   | Madm  |
| ELU               | 102% <b>NOK</b> | 0,08 | -22,4 | -18,7 |  | ELU        | 99% <b>OK</b> | 3,86 | 149,2 | 150,8 |
| ELS QP            | 0% <b>OK</b>    | 0,00 | 0,0   | -10,3 |  |            | 52% <b>OK</b> | 4,06 | 93,4  | 180,0 |
| ELS FQ            | 0% <b>OK</b>    | 0,00 | 0,0   | 0,0   |  |            | 0% <b>OK</b>  | 0,00 | 0,0   | 0,0   |
| ELS CQ            | 0% <b>OK</b>    | 0,00 | 0,0   | -13,1 |  |            | 87% <b>OK</b> | 4,06 | 108,8 | 125,4 |
| ELU               | 102% <b>NOK</b> | 0,08 | -22,4 | -18,7 |  |            | 99% <b>OK</b> | 3,86 | 149,2 | 150,8 |

| EFFORT TRANCHANT |      |      |       |  |
|------------------|------|------|-------|--|
| τ                | x    | VEd  | VRd   |  |
| 60% <b>OK</b>    | 8,05 | 63,0 | 105,0 |  |

| FLECHES      |                           |      |     |    |                               |      |     |    |
|--------------|---------------------------|------|-----|----|-------------------------------|------|-----|----|
| ID<br>travée | Flèches totale y max [mm] |      |     |    | Flèches nuisibles Δy max [mm] |      |     |    |
|              | max                       | adm  | τ   |    | max                           | adm  | τ   |    |
| 1            | -19,1                     | 32,5 | 59% | OK | -3,1                          | 16,3 | 19% | OK |

La poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage présente un taux de travail égal à **102%** en flexion à l'ELU.

Un tel dépassement est généralement admis.

La poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage est **vérifiée en flexion** et à **l'effort tranchant** à l'ELU.

La poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage est **vérifiée en flèche** à l'ELS.

La poutre béton armé en plancher haut du deuxième étage travaille au maximum à **102 % à l'ELU** sous les charges variables considérées ( **$S + 0,6W = 1,06 \text{ kN/m}^2$** ) et les charges permanentes additionnelles actuelles ( **$G_{add} = 1,08 \text{ kN/m}^2$** ).

#### V.4.3.3 - Conclusion sur le plancher haut du sous-sol

Le plancher haut du deuxième étage est vérifié sous les charges actuelles, à savoir :

- $G_{add} = 1,08 \text{ kN/m}^2$  ;
- $S+0,6W = 1,06 \text{ kN/m}^2$

Les taux de travail des différents éléments structurels vérifiés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

| Taux de travail max des éléments structurels en PH du deuxième étage |       |      |
|--|-------|------|
|  | ELU   | ELS  |
| Dalle béton armé   | 49%   | 50%  |
| Poutre béton armé  | 102 % | 87 % |

**Il convient de ne pas surcharger le plancher haut R+3 actuel sans renforcement.**

## V.5 - Vérifications au feu par la méthode tabulée

### V.5.1 - Présentation de la méthode

Le calcul de résistance au feu nécessite de calculer  $a_m$ , le barycentre des  $a_i$ , distances entre l'axe des barres et le parement le plus proche.

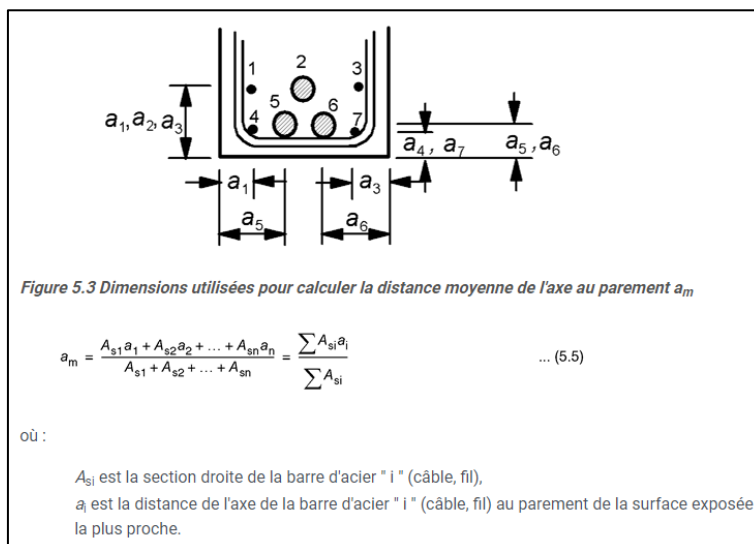


Figure 33 : Calcul de  $a_m$  – Méthode tabulée EC 2 partie 1-2

#### Méthodologie :

- Pour chaque armature on détermine son  $a_i$ \_vertical et  $a_i$ \_horizontal, respectivement les distances de l'axe de la barre au parement vertical et horizontal ;
- On détermine pour chaque armature, le  $a_i$  associé, égal au min ( $a_i$ \_vertical ;  $a_i$ \_horizontal) ;
- Enfin, on calcule  $a_m$  le barycentre des  $a_i$  pondérées par la section des armatures associées.

**Tout cela est basé sur les mesures non destructives au pachomètre, affinées par nos sondages destructifs ponctuels.**

Les différentes valeurs de  $a_m$  calculées sont présentées dans le tableau ci-dessous :

|                | Valeurs de $a_m$ retenue |     |          |
|----------------|--------------------------|-----|----------|
|                | SS                       | R+2 | R+3      |
| <b>Poteaux</b> | /                        | 27  | 20       |
| <b>Voile</b>   | 33                       | N.A | N.A      |
| <b>Poutre</b>  | 42                       | 35  | 36/37/41 |
| <b>Dalle</b>   | 42                       | 22  | 17/25/12 |

Nota<sup>1</sup> : Des sondages non destructifs ont été réalisés et comparés aux valeurs obtenues par sondages destructifs. Ceux-ci ont permis de confirmer et de préciser les valeurs d'enrobages retenues.

Nota<sup>2</sup> : Des sondages non-destructifs ont été réalisés en 3 zones différentes au niveau de l'étage 3 (salle C304, lieu des sondages destructifs, couloir de circulation et salle 321), expliquant les 3 valeurs présentées.

Nota<sup>3</sup> : Les sondages n'ont pas démontré d'un ferrailage des voiles sondés au deuxième et troisième étage. La méthode tabulée n'est donc pas applicable.

## V.5.2 - Résultats

On présente ci-après le calcul des résistances au feu maximum selon la méthode tabulée pour les éléments étudiés :

### Poutres

| Evaluation de la résistance au feu des poutres de section constante selon EN 1992-1-2 (section 5 : valeurs tabulées) |             |                      |                      |                 |        |        |                             |                       |                       |            |
|--|-------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------|--------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| ND = non déterminé   |             |                      |                      |                 |        |        |                             |                       |                       |            |
| Repère   | Type        | Exposée au feu sur : | Nbre de lits d'acier | Précontrainte ? | a (mm) | b (mm) | Résistance au feu souhaitée | a <sub>min</sub> (mm) | b <sub>min</sub> (mm) | Conformité |
| Poutre SS  | isostatique | 3 côtés              | > 1 lit              | non             | 42     | 165    | R60                         | 34                    | 100                   | OK         |
| Poutre R+2   | isostatique | 3 côtés              | > 1 lit              | non             | 35     | 165    | R60                         | 34                    | 100                   | OK         |
| Poutre R+3 C304  | isostatique | 3 côtés              | > 1 lit              | non             | 36     | 165    | R60                         | 34                    | 100                   | OK         |
| Poutre R+3 Couloir   | isostatique | 3 côtés              | > 1 lit              | non             | 37     | 165    | R60                         | 34                    | 100                   | OK         |
| Poutre R+3 C321  | isostatique | 3 côtés              | > 1 lit              | non             | 41     | 165    | R60                         | 34                    | 100                   | OK         |

### Poteaux

| Repère     | μfi  | Exposée au feu sur : | Précontraint ? | a (mm) | bmin (mm) | Résistance au feu | a <sub>min</sub> (mm) | Conformité |
|------------|------|----------------------|----------------|--------|-----------|-------------------|-----------------------|------------|
| Poteau R+2 | 0,70 | plusieurs côtés      | non            | 27     | 180       | R30               | ND                    | NOK        |
| Poteau R+3 | 0,70 | plusieurs côtés      | non            | 20     | 180       | R30               | ND                    | NOK        |

### Dalles

| Repère            | Type           | Nbre de sens porteurs ? | Portée Lx (m) | Portée Ly (m) | Précontrainte ? | a (mm) | hs (mm) | Résistance au feu souhaitée | a <sub>min</sub> (mm) | hs <sub>min</sub> (mm) | Conformité |
|-------------------|----------------|-------------------------|---------------|---------------|-----------------|--------|---------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|------------|
| Dalle SS          | dalle continue | un                      | 1,80          | 7,90          | non             | 42     | 100     | R90                         | 30                    | 100                    | OK         |
| Dalle R+2         | dalle continue | un                      | 1,80          | 7,90          | non             | 22     | 100     | R60                         | 20                    | 80                     | OK         |
| Dalle R+3 C304    | dalle continue | un                      | 1,80          | 7,90          | non             | 17     | 180     | R45                         | 15                    | 70                     | OK         |
| Dalle R+3 Couloir | dalle continue | un                      | 1,80          | 7,90          | non             | 25     | 180     | R75                         | 25                    | 90                     | OK         |
| Dalle R+3 C321    | dalle continue | un                      | 1,80          | 7,90          | non             | 12     | 180     | R30                         | 10                    | 60                     | OK         |

### Voile

| Repère         | μfi  | Exposée au feu sur : | a [mm] | épaisseur [mm] | Résistance au feu souhaitée | a <sub>min</sub> [mm] | épaisseur min [mm] | Conformité |
|----------------|------|----------------------|--------|----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|------------|
| Voile Sous-Sol | 0,70 | un côté              | 33     | 150            | R90                         | 10                    | 140                | OK         |

## V.5.3 - Synthèse

Les résultats des résistances au feu d'après la méthode tabulée sont présentés ci-dessous :

|         | Résistance au feu |      |             |
|---------|-------------------|------|-------------|
|         | SS                | R+2  | R+3         |
| Poteaux | /                 | <R30 | <R30        |
| Voile   | R90               | /    | /           |
| Poutre  | R60               | R60  | R60/R60/R60 |
| Dalle   | R90               | R60  | R45/R75/R30 |

Les caractéristiques des poteaux, et notamment leur largeur, ne permet pas de vérifier leur résistance au feu d'après la méthode tabulée.

## VI - CONCLUSIONS

### VI.1 - Capacités portantes

Le récapitulatif des charges considérées et des taux de travail à l'existant est présenté dans le tableau ci-dessous :

| Étage       | Gadd (kN/m²) | Q/S+0,6W (kN/m²)  | Taux de travail max |
|-------------|--------------|---|---------------------|
| PH Sous-sol | 0,22         | -4,0 kN/m² en zone couloir<br>-2,5 kN/m² en zone bureau | 106 %               |
| PH R+2      | 1,10         | -4,0 kN/m²  | 99 %                |
| PH R+3      | 1,08         | -1,06 kN/m²   | 102 %               |

**Il convient de ne pas ajouter de charge sur les planchers sans renforcement.**

**Dans le cadre d'un projet de réhabilitation impliquant une modification des revêtements et, plus largement, une évolution des charges permanentes, il conviendra de remplacer les éléments existants par d'autres dont les charges sont équivalentes ou inférieures.**

### VI.2 - Résistances au feu

Les résultats des résistances au feu d'après la méthode tabulée sont présentés ci-dessous :

|         | Résistance au feu |      |             |
|---------|-------------------|------|-------------|
|         | SS                | R+2  | R+3         |
| Poteaux | /                 | <R30 | <R30        |
| Voile   | R90               | /    | /           |
| Poutre  | R60               | R60  | R60/R60/R60 |
| Dalle   | R90               | R60  | R45/R75/R30 |

Les caractéristiques des poteaux, et notamment leur largeur, ne permet pas de vérifier leur résistance au feu d'après la méthode tabulée.

**Les autres éléments démontrent d'une résistance au feu supérieure ou égale à R30.**

Rapport établi le 13/06/2025  
Le chargé d'affaires  
JAMET William

Le réacteur de la note de calcul  
VELLUTINI Jean