



CHU Bordeaux Haut Lévêque

Bâtiment Radiothérapie

MISSION DE RECONNAISSANCES ET D'ETUDES STRUCTURELLES

DOSSIER SBX3.OM.003.0002



Agence de BORDEAUX • 50-52 Avenue Gustave Eiffel – 33610 CANEJAN
Tél. 33 (0) 5 56 12 98 10 • cebtb.bordeaux@groupeginger.com



Ginger CEBTP

50-52 Avenue Gustave Eiffel

33610 CANEJAN

T : 05.56.12.98.10 / Email : cebtp.bordeaux@groupeginger.com

CHU Bordeaux Haut Lévêque



Bâtiment Radiothérapie

MISSION DE RECONNAISSANCES ET D'ETUDES STRUCTURELLES

Contrat : SBX3.O.0186

b.compagnie@groupeginger.com

Dossier : SBX.OM.003.0002

Indice	Date	Rédigé par l'Ingénieur Chargé d'Affaires de la Division Diagnostic et Pathologies des Structures	Vérifié par le Chef de Service de la Division Diagnostic et Pathologies des Structures	Contenu	Observations
1	25/09/24	B. COMPAGNIE 	N. DUGUEY 	27 pages dont 2 Annexes de 10 pages	

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	4
2. MISSION	4
2.1. Etendue de la mission	4
2.2. Contenu technique	5
2.3. Moyens mis en œuvre	6
3. DESCRIPTION GENERALE	9
4. IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS SUR SITE	10
5. RESULTATS DES INVESTIGATIONS SUR SITE	11
5.1. Reconnaissance des planchers de la toiture-terrasse d'environ 7 m de portée	11
5.2. Reconnaissance des autres planchers de la toiture-terrasse	14
5.3. Reconnaissance des murs de refend du niveau RDC	15
6. ETUDES STRUCTURELLES	16
6.1. Cadre normatif	16
6.2. Hypothèses	16
6.3. Modélisation	17
6.4. Résultats	17
7. SYNTHESE	18
ANNEXES : NOTES DE CALCULS	20
Au droit du sondage S1	20
Au droit du sondage S2	25

1. INTRODUCTION

A la demande et pour le compte du CHU Bordeaux – Haut Lévêque, et dans le cadre du projet d'extension du Service de Radiothérapie, l'agence Ginger CEBTP de Bordeaux a procédé à une mission de reconnaissances et d'études structurelles du bâtiment Radiothérapie de l'hôpital Haut Lévêque situé à PESSAC (33).

2. MISSION

2.1. Etendue de la mission

La mission de GINGER CEBTP consiste et se limite à notre proposition référencée SBX3.O.0186, en date du 14 août 2024, et fait suite au bon de commande TX 5013995, émis par le CHU de Bordeaux, le 14 août 2024, dans le cadre du marché RESAH 2023-R058 lot 6 - diagnostic et calcul de structures.

Les objectifs de la mission, conformément au cahier des charges, à notre visite sur site et aux différents échanges sont :

- Reconnaître la nature et l'épaisseur du plancher de la toiture terrasse, au droit de la zone de projet de surélévation d'environ 7 m de portée ;
- Déterminer le ferrailage en place du plancher de la toiture terrasse au droit de la zone de projet de surélévation d'environ 7 m de portée ;
- Reconnaître la nature et l'épaisseur des voiles de refend au niveau des locaux techniques ;
- Déterminer le ferrailage en place des voiles de refend au niveau des locaux techniques ;
- Vérifier la conformité des plans de ferrailage et de coffrage DOE (ferrailage, sens de porteur, tenue au feu) suivant les résultats des reconnaissances effectuées sur site ;
- Déterminer les capacités portantes des planchers de portée d'environ 7m se trouvant sous le projet de surélévation.

Cette mission correspond à une **mission M13 - Inspection Détaillée** et a une **mission M14 - Diagnostic Génie Civil**, selon le [Référentiel de l'IMGC](#) (Ingénierie de la Maintenance et du Génie Civil).

2.2. Contenu technique

2.2.1. Etudes préalables

La mission a été initiée par une phase d'études préalables durant laquelle nous avons étudié les plans et documents transmis. Cette phase nous a permis de procéder à une analyse technique des structures en place.

2.2.2. Inspection visuelle

Notre mission comprend une phase d'inspections et de relevés géométriques :

- Relevé géométrique des éléments étudiés (sens de portée, section et portée des éléments porteurs) ;
- Relevé du positionnement des porteurs verticaux.

2.2.3. Reconnaissance des planchers de la toiture-terrasse d'environ 7 m de portée [2 unités]

- Reconnaissance de constitution et d'épaisseur du complexe d'étanchéité et d'isolation de la toiture terrasse par création de trémies en surface [2 unités] ;
- Reconnaissance de constitution et d'épaisseur du plancher par carottage diamant sous eau depuis la surface [2 unités] ;
- Repérage des éléments porteurs et du sens de portée du plancher de toiture terrasse ;
- Repérage des armatures par auscultations radar/pachométriques par acquisition de données (nombre de nappes, espacement, enrobage) depuis la sous-face ;
- Reconnaissance des armatures de flexion des planchers par sondages destructifs ponctuels en sous-face (nature, diamètre et enrobage) [2 unités].

Nota : La reconnaissance des planchers de la toiture terrasse a nécessité la découpe de l'étanchéité au droit de nos points de sondages. L'étanchéité a été remise ponctuellement et de manière provisoire à l'aide de bandes bitumineuses collées à chaud.

2.2.4. Reconnaissance des autres planchers de la toiture-terrasse [2 unités]

- Repérage des armatures par auscultations radar/pachométriques par acquisition de données (nombre de nappes, espacement, enrobage) depuis la sous-face [2 unités].

2.2.5. Reconnaissance des murs de refend du niveau RDC [2 unités]

- Reconnaissance de la nature des voiles par auscultations radar [2 unités] ;
- Confirmation des résultats (constitution et épaisseur) de reconnaissances par percements et/ou carottages diamants sous eau [2 unités] ;
- Repérage des armatures par auscultations radar et/ou pachométriques par acquisitions de données (nombre de nappes, espacement, enrobage) pour les voiles en béton armé [2 unités] ;
- Reconnaissance de la présence éventuelle d'une liaison entre le plancher haut RDC et les voiles afin de déterminer leur éventuel rôle porteur [2 unités].

2.2.6. Ingénierie

- Vérification de la conformité des plans de ferrailage et de coffrage DOE (ferrailage, sens de porteur, tenue au feu) suivant les résultats des reconnaissances effectuées sur site ;
- Vérification de la capacité portante, à froid, des planchers sondés de la toiture terrasse au droit de la zone de projet de surélévation d'environ 7 m de portée, avec les données d'entrées relevées sur la structure.

2.3. Moyens mis en œuvre

Les méthodes et matériels utilisés ont été les suivants :

2.3.1. Sondages et essais in-situ

Les méthodes et matériels utilisés ont été les suivants :

- **Auscultation pachométrique à acquisition de données**

Le repérage des armatures est effectué au moyen d'un pachomètre à acquisition de données (Ferroscan PS300 Hilti).



Chaque armature qui se rapproche des sondes pachométriques engendre un signal électrique dont la différence de potentiel est d'autant plus élevée que l'armature est proche de la sonde. On enregistre ainsi une série de sinusoïdes dont les sommets correspondent exactement à la position des armatures. L'enregistrement est asservi à la vitesse de déplacement du chariot, ce qui permet de situer exactement la position des armatures par rapport à un niveau de référence.

Les signaux peuvent être enregistrés sous la forme de fichiers informatiques de 2 types :

- L### (Quickscan) : linéaire par balayage dans une direction jusqu'à 20 m de longueur qui permet de repérer les aciers perpendiculaires au sens de parcours de la mesure. Le résultat est donné sous forme de diagramme où l'on peut voir la position des aciers, leur espacement et leur enrobage,
- M### (Imagescan) : image scannée 60x60 cm par balayage dans 2 directions selon maillage 15x15 cm. Ce mode permet de visualiser en 2 D les armatures présentes dans l'aire de mesure.

Après l'intervention, un traitement informatique grâce à un logiciel intégré, permet une représentation graphique des mesures, ainsi qu'une analyse statistique de celles-ci.

- **Auscultation radar**

L'auscultation est effectuée au moyen d'un radar Structure Scan (GSSI).



Ce radar est dédié à la détection et localisation des armatures, conduites métal et plastique, câbles de précontrainte, vides dans le béton et à la mesure d'épaisseur de béton jusqu'à 40 cm.

Le radar d'auscultation (georadar) fonctionne sur le principe de l'étude de la propagation d'une onde électromagnétique dans le milieu étudié. Le système envoie une onde (un pulse) de très courte durée dans le matériau et enregistre l'amplitude et le temps d'arrivée de chaque onde réfléchie.

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

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

Afin de déterminer la profondeur d'un objet ou l'épaisseur d'une couche, il faut connaître la constante diélectrique d'un béton, qui indique la vitesse des ondes radar. Cette constante, variant suivant la composition du béton, sa teneur en eau, son âge, etc... ne peut être déterminée sans sondages destructifs.

- **Sondage destructif**

La mission de piquage (ou burinage) du béton vise à dégager les armatures présentes dans le béton au niveau du premier lit. Un sondage destructif peut également servir à prélever des échantillons de béton de la structure afin de réaliser des analyses chimiques en laboratoire. La mise à nu d'une armature nous renseigne sur sa nature (haute adhérence HA ou Rond Lisse RL, Treillis Soudé TS), son enrobage réel, la section de l'acier (diamètre, géométrie) son état de dégradation vis à- vis de la corrosion.

- **Carottages**

Les sondages par carottage sous eau avec des carottiers en couronne diamant de diamètre adapté permettent de reconnaître précisément la nature et l'épaisseur des éléments structurels et de prélever des échantillons pour des essais de caractérisation en laboratoire.

3. DESCRIPTION GENERALE

La présence mission porte sur les reconnaissances et les études structurelles de certains éléments de structures du bâtiment Radiothérapie de l'hôpital Haut Lévêque situé à PESSAC (33).

L'implantation du bâtiment étudié est donnée sur la vue aérienne ci-dessous :

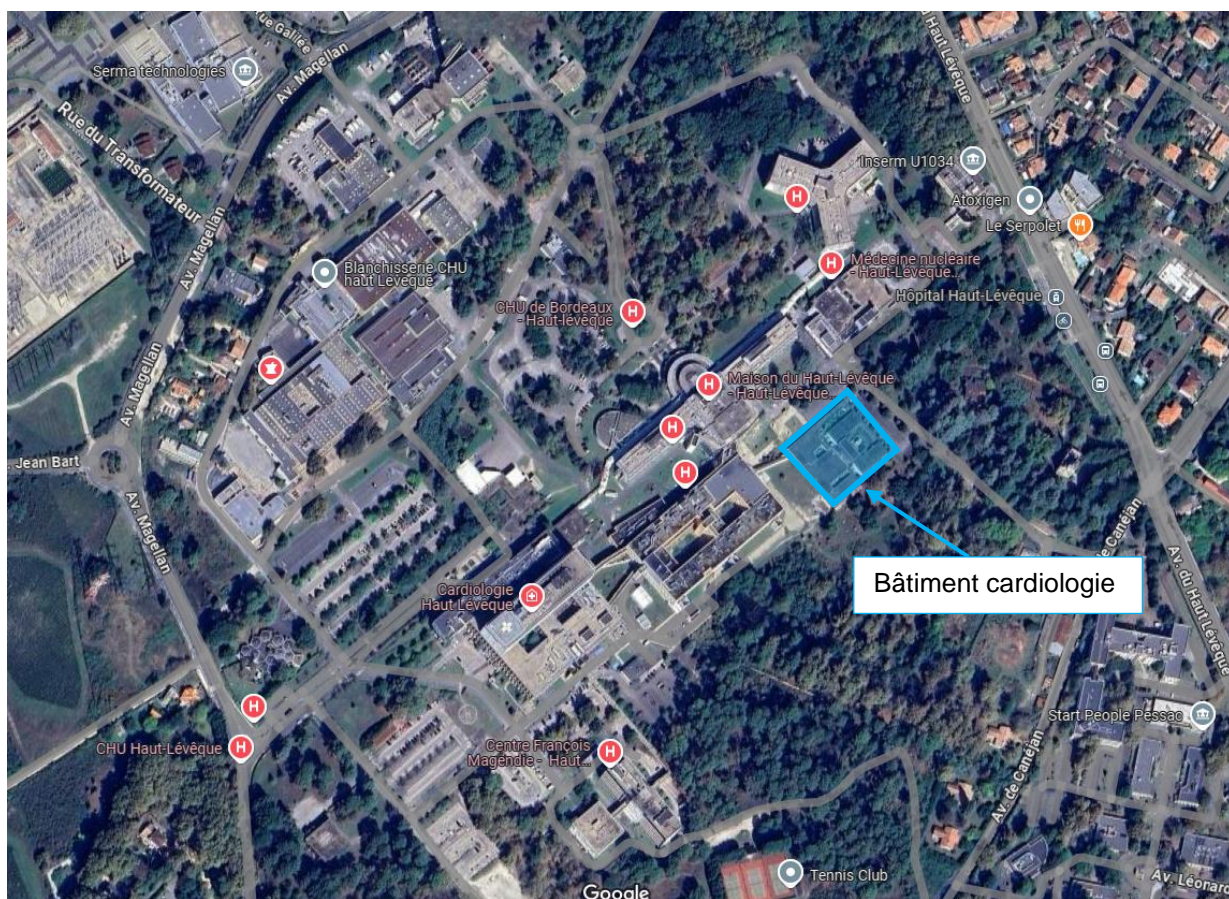


Figure 1 : Vue aérienne du CH Haut Lévêque avec implantation du bâtiment Radiothérapie

Le bâtiment radiothérapie du CH Haut Lévêque est composé d'une structure en béton armé en RDC.

4. IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS SUR SITE

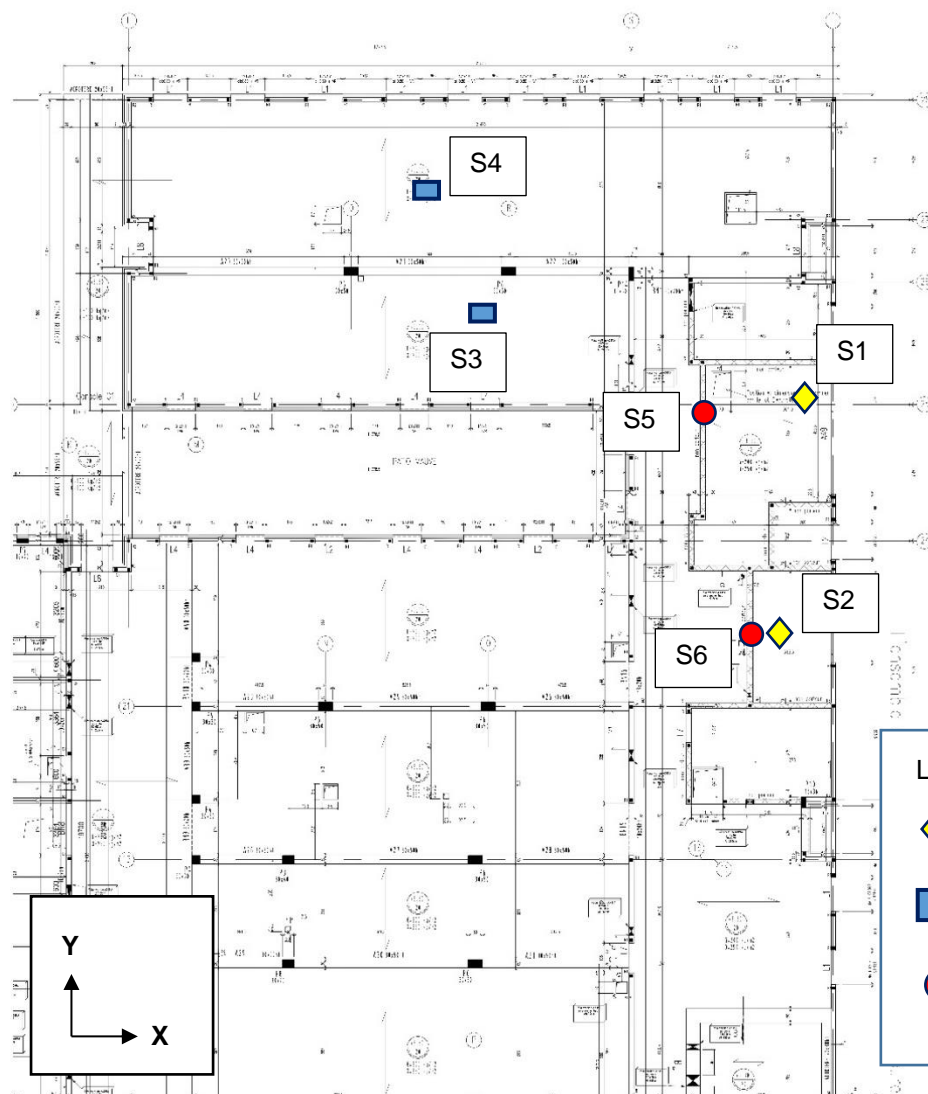


Figure 2 : Implantation des sondages sur le plan de structures au PH RDC



Figure 3 : Implantation des sondages sur le plan architecte au PH RDC

5. RESULTATS DES INVESTIGATIONS SUR SITE

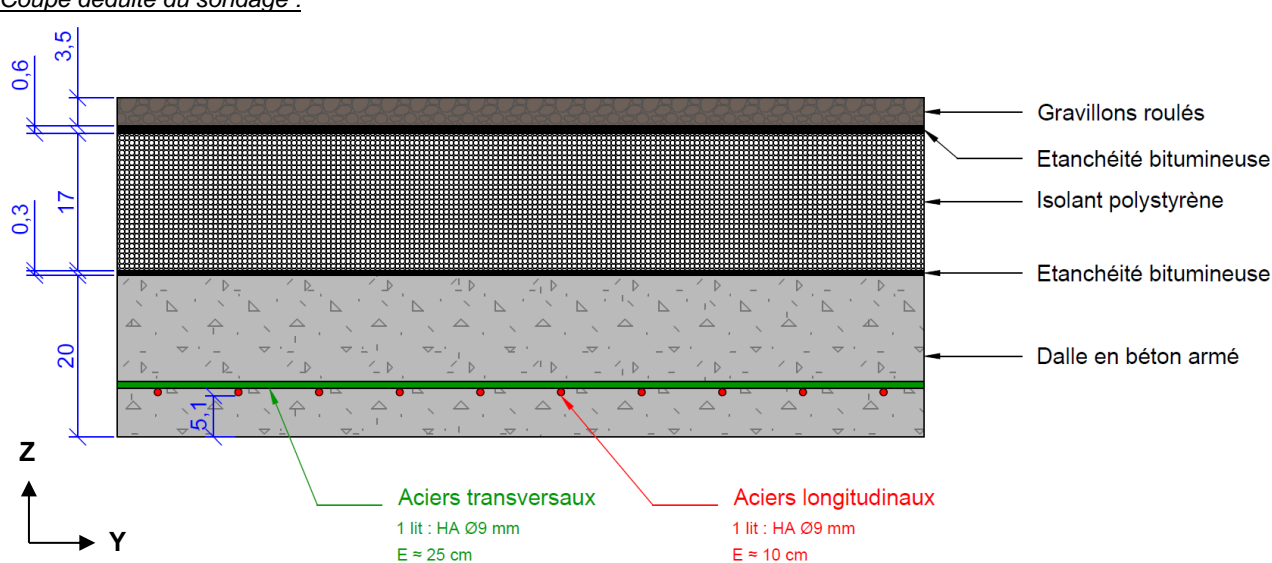
5.1. Reconnaissance des planchers de la toiture-terrasse d'environ 7 m de portée

Des reconnaissances des planchers de la toiture terrasse, au-dessus des locaux techniques ont été réalisées. Ces investigations ont permis de reconnaître le ferrailage en place en partie basse de ces planchers en béton armé par auscultations pachométriques et radar à acquisition de données, associées à des sondages destructifs. Nous avons également procédé à la reconnaissance de leur constitution par carottages diamants sous eau et percements.

Les résultats figurent dans les tableaux suivants.

Sondage S1 – Plancher haut RDC – Dalle en béton armé							
Situation : Niveau haut RDC							
Localisation			N° fichier	Aciers	N : Nombre E : espacement moyen	Enrobage [cm]	
						moy	max
S1	Local transformateur	Sous-face	P4F017 P4F019	Aciers longitudinaux : 1 lit : HA Ø9 mm sens X	E ≈ 10 cm	5,1	5,7
			P4F018 P4F020	Aciers transversaux : 1 lit : HA Ø9 mm sens Y	E ≈ 25 cm	5,8	6,9

Coupe déduite du sondage :



Commentaires :

La dalle est armée, en partie basse, près de l'appui, par un treillis soudé de type ST60, conformément aux plans de ferrailages transmis par le client. La dalle en béton a une épaisseur de 20 cm et est recouverte d'un complexe étanchéité / isolant polystyrène / étanchéité en surface.

La portée de la prédalle est de 6,98 m.

Le plancher, au droit de notre point de sondage, est conforme aux plans transmis par le client.

A noter que, lors de notre intervention, nous avons relevé plusieurs fissures présentes en sous-face de la dalle. Ces fissures sont multidirectionnelles et ont une ouverture maximale mesurée de 0,3 mm.

Sondage S2 – Plancher haut RDC – Dalle en béton armé							
Situation : Niveau haut RDC							
Localisation			N° fichier	Aciers	N : Nombre E : espacement moyen	Enrobage en cm	
						moy	max
S2	Local fluide	Sous-face	3 P4F026	Aciers longitudinaux : 2 lits : HA Ø9 mm sens X	E ≈ 10 cm	3,4	5,4
			4 P4F027	Aciers transversaux : 2 lits : HA Ø9 mm sens Y	E ≈ 25 cm	3,3	3,4

Coupe déduite du sondage :

Gravillons roulés

Etanchéité bitumineuse

Isolant polystyrène

Etanchéité bitumineuse

Dalle en béton armé

Aciers transversaux
1 lit : HA Ø9 mm
E ≈ 25 cm

Aciers longitudinaux
1 lit : HA Ø9 mm
E ≈ 10 cm

Commentaires :

La dalle est armée, en partie basse, à mi-travée, par deux treillis soudés de type ST60, conformément aux plans de ferrillages transmis par le client. La dalle a une épaisseur d'environ 20 cm et est recouverte d'un complexe étanchéité / isolant polystyrène / étanchéité en surface.

Le plancher, au droit de notre point de sondage, est conforme aux plans transmis par le client.

A noter que, lors de notre intervention, nous avons relevé plusieurs fissures présentent en sous-face de la dalle. Ces fissures sont multidirectionnelles et ont une ouverture maximale mesurée de 0,5 mm.

L'implantation des sondages, reportée sur le plan de ferrillage des armatures inférieures du plancher haut RDC est donnée ci-après.

5.2. Reconnaissance des autres planchers de la toiture-terrasse

Des reconnaissances du ferrailage des autres planchers de la toiture terrasse, au-dessus des bureaux ont été réalisées. Ces investigations ont permis de reconnaître les dispositions du ferrailage en place en partie basse de ces planchers en béton armé par auscultations pachométriques et radar à acquisition des données.

Les résultats figurent dans les tableaux suivants.

Auscultation S3 – Plancher haut RDC – Dalle en béton armé

Situation : Niveau haut RDC

Localisation			N° fichier	Aciers	N : Nombre E : espacement moyen	Enrobage en cm	
						moy	max
S3	Bureau des physiciens LM009	Sous-face	10 P4F031	Aciers longitudinaux : 1 lit sens Y	E ≈ 10 cm	4,1	4,2
			11 P4F032	Aciers transversaux : 1 lit sens X	E ≈ 30 cm	4,5	4,7

Commentaires :

La dalle est armée :

- Longitudinalement par un lit d'aciers ayant un espacement de 10 cm,
- Transversalement par un lit d'aciers ayant un espacement de 30 cm.

La portée de la prédalle est de 4,50 m.

Le plancher, au droit de notre point de sondage, semble conforme aux plans transmis par le client en termes de dispositions du ferrailage car le maillage relevé correspond à celui d'un treillis soudé de type ST35, comme indiqué sur le plan.

Auscultation S4 – Plancher haut RDC – Dalle en béton armé							
Situation : Niveau haut RDC							
Localisation			N° fichier	Aciers	N : Nombre E : espacement moyen	Enrobage en cm	
						moy	max
S4	Bureau des médecins LM004	Sous-face	12 P4F033	Aciers longitudinaux : 1 lit sens Y	E ≈ 10 cm	3,7	4,3
			13 P4F034	Aciers transversaux : 1 lit sens X	E ≈ 25 cm	3,7	3,7
<p><u>Commentaires :</u></p> <p>La dalle est armée :</p> <ul style="list-style-type: none">- Longitudinalement par un lit d’aciers ayant un espacement de 10 cm,- Transversalement par un lit d’aciers ayant un espacement de 25 cm. <p>La portée de la prédalle est de 5,83 m.</p> <p>Le plancher, au droit de notre point de sondage, semble conforme aux plans transmis par le client en termes de dispositions du ferrailage car le maillage relevé correspond à celui d’un treillis soudé de type ST60, comme indiqué sur le plan.</p>							

5.3. Reconnaissance des murs de refend du niveau RDC

La reconnaissance de la nature des parois verticales et de la présence éventuelle d'une liaison entre ces parois et le plancher haut RDC a été effectuée par des auscultations au radar de structure associées à des sondages destructifs ponctuels.

Les résultats des investigations sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous :

Mur S5 – Mur blocs de béton alvéolés					
Localisation		Radar		Nature du mur	Liaison avec PH RDC
		N° fichier	Sens		
S5	Local transformateur	P4F022	Horizontal	Blocs de béton alvéolés (20 x 20 x 50) <i>Ep. = 20 cm</i>	Non
		P4F023	Vertical		
<p>Mur en blocs de béton alvéolés d'épaisseur 20 cm.</p> <p>L'arase supérieure du mur est située 2 cm sous la sous-face de la dalle. Seul un joint de montage au mortier, d'épaisseur 2 cm, sur une profondeur de 3 cm, assure un contact entre la sous-face du plancher et ce mur. Ce mur est donc à considérer comme non porteur.</p>					

Mur S6 – Mur blocs de béton alvéolés					
Localisation		Radar		Nature du mur	Liaison avec PH RDC
		N° fichier	Sens		
S6	Local fluide	P4F028	Horizontal	Blocs de béton alvéolés (20 x 20 x 50) <i>Ep. = 20 cm</i>	Non
		P4F029	Vertical		
Mur en blocs de béton alvéolés d'épaisseur 20 cm. L'arase supérieure du mur est située 2,5 cm sous la sous-face de la dalle. Seul un joint de montage au mortier, d'épaisseur 2,5 cm, sur une profondeur de 3 cm, assure un contact entre la sous-face du plancher et ce mur. Ce mur est donc à considérer comme non porteur.					

6. ETUDES STRUCTURELLES

6.1. Cadre normatif

- NF EN 1990 : Eurocode 0 – Base de calcul des structures.
- NF EN 1991 (ou NF P 06-004 si absent de l'EC1) : Eurocode 1 – Actions sur les structures.
- NF EN 1992 : Eurocodes 2 – Calcul des structures en béton.

6.2. Hypothèses

Les hypothèses prises en compte dans les calculs sont les suivantes :

- ✓ Hypothèses de modélisation :

Les études ont été réalisées en considérant des **éléments sains et en bon état**.

- ✓ Hypothèses matériaux :

A défaut d'essai sur les matériaux, il est retenu les hypothèses ci-après.

- Béton de structure :
 - Résistance à la compression du béton F_c : 25 MPa
 - Coefficient partiel de sécurité γ_c (ELU_{STR}) : 1.5
- Armature béton armé :
 - Limite d'élasticité F_e des armatures HA : 400 MPa
 - Limite d'élasticité F_e des treillis soudés : 500 MPa
 - Coefficient partiel de sécurité γ_s : 1.15
 - Diagramme à palier incliné : k : 1.05
- ✓ Hypothèses charges permanentes : (suivant la NF EN 1990-1-1 et son AN)
 - Masse volumique du béton : 2500 daN/m³
 - Masse volumique isolation polystyrène : 40 daN/m³
 - Masse volumique de l'étanchéité bitumineuse : 2000 daN/m³
 - Masse volumique gravillons roulés : 1800 daN/m³

Les charges permanentes, hors poids propre de la dalle en béton, sont donc égales à 88 daN/m².

- ✓ Charges d'exploitation : (suivant le plan de coffrage transmis – RTH GO.110)

- Charges d'exploitation : 250 daN/m²

6.3. Modélisation

Les éléments étudiés sont considérés isostatiques. La dalle a été modélisée et étudiée grâce au logiciel Advance design tandis que les poutres grâce au logiciel Graitec OMD 2023.

Nota : Les éléments ont été considérés isostatiques.

6.4. Résultats

➤ Vérification du plancher de la toiture-terrasse d'environ 7 m de portée :

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Evaluation de la capacité portante de la poutre à l'état actuel						
Localisation	Géométrie	Charge considérée	Armatures	Vérification du ferrailage ELU		
				As, réel	As, théorique	Taux
S1 Près de l'appui X = 0,80 m	Ep. 20.0 cm Portée = 6,98 m Enrobage = 5,1 cm	G = 88 kg/m² Q = 250 kg/m² 1.35 G + 1.35 Q	Sens X	6,36 cm ²	6,21 cm ²	98 %
S2 A mi-travée	Ep. 20.0 cm Portée = 6,98 m Enrobage moyen des deux lits = 3,9 cm	G = 88 kg/m² Q = 250 kg/m² 1.35 G + 1.35 Q	Sens X	12,72 cm ²	12,97 cm ²	102 %

Les études ont mis en évidence le bon dimensionnement du plancher étudié, au droit du sondage S1, dans son état actuel, sous les charges permanentes réelles et actuelles, décrites sur les coupes de sondages présentées au paragraphe §5.1, à savoir $G = 88 \text{ kg/m}^2$. Au droit du sondage S2, du fait de l'enrobage légèrement élevé des armatures longitudinales en sous-face, le plancher présente un léger sous dimensionnement dans son état actuel.

Il est important de noter que, comme indiqué sur le plan de ferrailage, le recouvrement de deux plaques de treillis soudés ST60 démarre à 1,00 m de l'appui.

Avec l'enrobage relevé au droit du sondage S1, à savoir 5,1 cm, le plancher présente un sous-dimensionnement, sous les charges permanentes réelles et actuelles, décrites sur les coupes de sondages présentées au paragraphe §5.1, à savoir $G = 88 \text{ kg/m}^2$. En effet, à $X = 1,00 \text{ m}$, la section d'acier théorique, pour un enrobage de 5,1 cm, est de $7,33 \text{ cm}^2$, bien supérieure au ferrailage réel, d'une section de $6,36 \text{ cm}^2$. Il en est de même à mi-portée, avec un enrobage de 5,1 cm, la section d'acier théorique est de $14,51 \text{ cm}^2$, bien supérieure au ferrailage réel, d'une section de $12,72 \text{ cm}^2$.

7. SYNTHESE

Les investigations sur site ont mis en évidence les points suivants :

- Pour les planchers de la toiture-terrasse d'environ 7 m de portée :
 - o La dalle est armée, en partie basse, par deux treillis soudés de type ST60, conformément aux plans de ferrailages transmis par le client. La dalle en béton a une épaisseur de 20 cm et est recouverte d'un complexe étanchéité / isolant polystyrène / étanchéité en surface.
 - o La portée de la prédalle est de 6,98 m.
 - o Le plancher, au droit de notre point de sondage, **est conforme aux plans transmis par le client.**
 - o A noter que, lors de notre intervention, nous avons relevé plusieurs fissures présentes en sous-face de la dalle. Ces fissures sont multidirectionnelles et ont une ouverture maximale mesurée de 0,5 mm.
- Pour les autres planchers de la toiture-terrasse :
 - o Au droit de la zone d'auscultations S3, la dalle est armée longitudinalement par un lit d'aciers ayant un espacement de 10 cm et transversalement par un lit d'aciers ayant un espacement de 30 cm. La portée de la prédalle est de 4,50 m.
 - o Au droit de la zone d'auscultations S4, la dalle est armée longitudinalement par un lit d'aciers ayant un espacement de 10 cm et transversalement par un lit d'aciers ayant un espacement de 25 cm. La portée de la prédalle est de 5,83 m.
 - o Les planchers, au droit de nos zones d'auscultation, **semblent conformes aux plans transmis par le client** en termes de dispositions du ferrailage car le maillage relevé correspond à celui d'un treillis soudé de type ST35, au droit de la zone S3, et de type ST60, au droit de la zone S4, comme indiqué sur le plan.
- Pour les murs de refend du niveau RDC :
 - o Les murs sondés sont en blocs de béton alvéolés d'épaisseur 20 cm.
 - o L'arase supérieure du mur est située entre 2 cm et 2,5 cm sous la sous-face de la dalle. Seul un joint de montage au mortier, d'épaisseur 2 cm à 2,5 cm, sur une profondeur de 3 cm, assure un contact entre la sous-face du plancher et ces murs. **Ces murs sont donc à considérer comme non porteurs.**

Les études structurelles ont mis en évidence les points suivants :

- Le bon dimensionnement du plancher étudié, au droit du sondage S1, dans son état actuel, sous les charges permanentes réelles et actuelles, décrites sur les coupes de sondages présentées au paragraphe §5.1, à savoir $G = 88 \text{ kg/m}^2$.
- Au droit du sondage S2, du fait de l'enrobage légèrement élevé des armatures longitudinales en sous-face, le plancher présente un léger sous dimensionnement dans son état actuel.

- Avec l'enrobage relevé au droit du sondage S1, à savoir 5,1 cm, le plancher présente un sous-dimensionnement, sous les charges permanentes réelles et actuelles, décrites sur les coupes de sondages présentées au paragraphe §5.1, à savoir $G = 88 \text{ kg/m}^2$. En effet, à $X = 1,00 \text{ m}$, la section d'acier théorique, pour un enrobage de 5,1 cm, est de $7,33 \text{ cm}^2$, bien supérieure au ferrailage réel, d'une section de $6,36 \text{ cm}^2$. Il en est de même à mi-portée, avec un enrobage de 5,1 cm, la section d'acier théorique est de $14,51 \text{ cm}^2$, bien supérieure au ferrailage réel, d'une section de $12,72 \text{ cm}^2$.

ANNEXES : NOTES DE CALCULS

Au droit du sondage S1

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0				© GRAITEC
		02/04/24		
Date : le 25/09/2024 à 11h31				

Localisation : Poutre n03 Niveau n01
Niveau : 1
Travée T 1
Poutres identiques : 1
Plan :

I) Hypothèses générales

Unités Longueur : Mètre
Force : DecaNewton
Moment : daN*m
Contraintes : MegaPa. (N/mm²)
Calculs selon les EUROCODES (AN France)
Fck = 25.00 MPa Fylk = 500.00 MPa Fywk = 500.00 MPa
Attention ! L'acier des barres longitudinales n'est pas ductile.
Masse volumique du béton : 2501 kg/m3
Charge prolongée ou cyclique
Classe d'exposition : XC1
Ouverture de fissure maximum = 0.40 mm
Méthode de calcul : méthode du 'moment réduit limite'
Diagramme à palier horizontal
Coefficients de sécurité ELU : $\gamma_c = 1.50$ et $\gamma_s = 1.15$
Coefficients de sécurité ELUA : $\gamma_c = 1.20$ et $\gamma_s = 1.00$
Coefficients de sécurité ELUS : $\gamma_c = 1.30$ et $\gamma_s = 1.00$
Fluage $\phi(\infty, t_0) = 2.73$ (RH = 50%; $t_0 = 28$ jours)
Classe de ciment : Classe N (normal)
Pas de Béton Hautes performances - Pas de Béton avec fumée de silice
Angle d'inclinaison des bielles = 45.00 °
Résistance au feu = R 0
Calcul en section rectangulaire
Pas de transmission directe pour effort tranchant
Pas de dispositions au séisme.
Enrobages : Bas = 0.0510 Haut = 0.0250 Latéral = 0.0250
Tolérance de section réelle : = 0.00
Prise en compte du poids propre sans celui de la table de compression

II) Géométrie

Trav.	Portée	Ag	Ad	H	B0	B	Table gauche			Table droite		
							HG	BG	HSUPG	HD	BD	HSUPD
T 1	6.98	0.30	0.30	0.20	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

III) Charges

Travée T 1

1) Charges réparties

Charge	Nom de charge/Cas de charge	Intensité	x	l	DECA L
1	permanentes	88	- 0.15	7.28	-
	1 - Charges permanentes 1				
2	Exploitation	250	- 0.15	7.28	-
	2 - Surcharges d'exploitation 1				

III-1) Combinaisons

Code	Num	Type	Titre
ECG	1	Permanentes	Charges permanentes 1
ECQ	2	Exploitation	Surcharges d'exploitation 1
ECELUSTR	101	Comb_Lin	1x[1 G]
ECELUSTR	102	Comb_Lin	1.35x[1 G]
ECELUSTR	103	Comb_Lin	1x[1 G]+1.5x[2 Q]
ECELUSTR	104	Comb_Lin	1.35x[1 G]+1.5x[2 Q]
ECELSQ	105	Comb_Lin	1x[1 G]
ECELSQ	106	Comb_Lin	1x[1 G]+1x[2 Q]
ECELSFQ	107	Comb_Lin	1x[1 G]
ECELSFQ	108	Comb_Lin	1x[1 G]+0.5x[2 Q]
ECELSQP	109	Comb_Lin	1x[1 G]
ECELSQP	110	Comb_Lin	1x[1 G]+0.3x[2 Q]

IV) Sollicitations

Redistribution des moments selon la méthode de la redistribution limitée (§5.5).

Sur Appui : Pas de transmission directe pour effort tranchant

Appui gauche :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Ma	Vu	Coef
T 1	-1117	-801	-680	-632	-0	4034	-

Appui droit :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Ma	Vu	Coef
T 1	-1117	-801	-680	-632	-0	-4034	-

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

En Travée :

Travée	Mu	Mcrq	Travée (bas/haut)		Ma	X
			Mfrq	Mqpm		
T 1	7449/ -0	5339/ -0	4533/ -0	4211/ -0	-0/ -0	3.49/ 3.49

V) Contraintes

Limite du béton 25.000 MPa Limite des aciers 400.000 MPa
 Contrainte maxi sur le béton pour le dimensionnement aux ELU 16.667 MPa

Appui gauche :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	2.847	115.383	2.311	99.718	2.102	93.412

Appui droit :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	2.847	115.383	2.311	99.718	2.102	93.412

En Travée :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM	X
T 1	$\phi_e(\infty, t_0) = 3.15; \alpha_e = 20.02$		$\phi_e(\infty, t_0) = 3.53; \alpha_e = 22.45$		$\phi_e(\infty, t_0) = 3.73; \alpha_e = 23.68$		3.49
	14.320	283.702	11.802	242.767	10.816	226.338	

VI) Aciers longitudinaux

Travée	Haut. utile Calc.	Appui gauche			Appui droit			Travée		
		Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax
T 1	0.14	2.17	4.44	/	2.17	4.44	/	14.51	16.93	/

VII) Ouvertures des fissures

Vérifications des ouvertures de fissures		
Travée	W (mm)	Wmax (mm)
1	0.17	0.40

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

VIII) Aciers transversaux

Travée	Maximum cm ² /ml	Appui gauche cm ² /ml	Appui droit cm ² /ml
T 1	8.00	8.00	8.00

IX) Ancrage

Calcul des ancrages										
Repère	Fbt (KN)	φm (mm)	σsd (MPa)	Lb,rqd (mm)	α1	α2	α3	α4	α5	Lbd (mm)
1	5.95	56	38.68	50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	140
1	5.95	56	38.68	50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	140
2	-	0	217.39	231	0.70	0.98	1.00	1.00	1.00	158
2	-	0	434.78	461	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	323
3	-	0	434.78	461	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	323
3	-	0	217.39	231	0.70	0.98	1.00	1.00	1.00	158

Calcul de l'ancrage: Ancrage à une distance s0.cot(teta)

X) Appuis

Travée	Appui gauche			Appui droit		
	Vu	Vu red	VRd,max	Vu	Vu red	VRd,max
T 1	4034	4034	55485	-4034	-4034	55485

XI) Réactions aux appuis par cas de charges

1 - Charges permanentes 1		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-2076.815	-2076.815

2 - Surcharges d'exploitation 1		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-897.500	-897.500

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

Max ELU		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-4149.950	-4149.950

Max ELS		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-2974.315	-2974.315

Max ELUA		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-	-

XIII) Flèches

Travée	L/d	Limite
T 1	54.53	16.86

Au droit du sondage S2

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0				© GRAITEC
		02/04/24		
Date : le 25/09/2024 à 11h10				

Localisation : Poutre n01 Niveau n01
Travée T 1
 Poutres identiques : 1
 Plan :

I) Hypothèses générales

Unités Longueur : Mètre
 Force : DecaNewton
 Moment : daN*m
 Contraintes : MegaPa. (N/mm²)
 Calculs selon les EUROCODES (AN France)
 Fck = 25.00 MPa Fylk = 500.00 MPa Fywk = 500.00 MPa
 Attention ! L'acier des barres longitudinales n'est pas ductile.
 Masse volumique du béton : 2501 kg/m³
 Charge prolongée ou cyclique
 Classe d'exposition : XC1
 Ouverture de fissure maximum = 0.40 mm
 Méthode de calcul : méthode du 'moment réduit limite'
 Diagramme à palier horizontal
 Coefficients de sécurité ELU : $\gamma_c = 1.50$ et $\gamma_s = 1.15$
 Coefficients de sécurité ELUA : $\gamma_c = 1.20$ et $\gamma_s = 1.00$
 Coefficients de sécurité ELUS : $\gamma_c = 1.30$ et $\gamma_s = 1.00$
 Fluage $\phi(\infty, t_0) = 2.73$ (RH = 50%; t0 = 28 jours)
 Classe de ciment : Classe N (normal)
 Pas de Béton Hautes performances - Pas de Béton avec fumée de silice
 Angle d'inclinaison des bielles = 45.00 °
 Résistance au feu = R 0
 Calcul en section rectangulaire
 Pas de transmission directe pour effort tranchant
 Pas de dispositions au séisme.
 Enrobages : Bas = 0.0390 Haut = 0.0250 Latéral = 0.0250
 Tolérance de section réelle : = 0.00
 Prise en compte du poids propre sans celui de la table de compression

II) Géométrie

Trav.	Portée	Ag	Ad	H	B0	B	Table gauche			Table droite		
							HG	BG	HSUPG	HD	BD	HSUPD
T 1	6.98	0.30	0.30	0.20	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note de calcul
 25/09/2024 11h10

1

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

III) Charges

Travée T 1

1) Charges réparties

Charge	Nom de charge/Cas de charge	Intensité	x	l	DECA L
1	permanentes	88	- 0.15	7.28	-
	1 - Charges permanentes 1				
2	Exploitation	250	- 0.15	7.28	-
	2 - Surcharges d'exploitation 1				

III-1) Combinaisons

Code	Num	Type	Titre
ECG	1	Permanentes	Charges permanentes 1
ECQ	2	Exploitation	Surcharges d'exploitation 1
ECELUSTR	101	Comb_Lin	1x[1 G]
ECELUSTR	102	Comb_Lin	1.35x[1 G]
ECELUSTR	103	Comb_Lin	1x[1 G]+1.5x[2 Q]
ECELUSTR	104	Comb_Lin	1.35x[1 G]+1.5x[2 Q]
ECELSCQ	105	Comb_Lin	1x[1 G]
ECELSCQ	106	Comb_Lin	1x[1 G]+1x[2 Q]
ECELSFQ	107	Comb_Lin	1x[1 G]
ECELSFQ	108	Comb_Lin	1x[1 G]+0.5x[2 Q]
ECELSQP	109	Comb_Lin	1x[1 G]
ECELSQP	110	Comb_Lin	1x[1 G]+0.3x[2 Q]

IV) Sollicitations

Redistribution des moments selon la méthode de la redistribution limitée (§5.5).

Sur Appui : Pas de transmission directe pour effort tranchant.

Appui gauche :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Ma	Vu	Coef
T 1	-1117	-801	-680	-632	-0	4034	-

Appui droit :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Ma	Vu	Coef
T 1	-1117	-801	-680	-632	-0	-4034	-

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

En Travée :

Travée	Mu	Mcrq	Travée (bas/haut)		Ma	X
			Mfrq	Mqpm		
T 1	7449/ -0	5339/ -0	4533/ -0	4211/ -0	-0/ -0	3.49/ 3.49

V) Contraintes

Limite du béton 25.000 MPa Limite des aciers 400.000 MPa
 Contrainte maxi sur le béton pour le dimensionnement aux ELU 16.667 MPa

Appui gauche :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	2.779	124.911	2.242	107.601	2.033	100.634

Appui droit :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	2.779	124.911	2.242	107.601	2.033	100.634

En Travée :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM	X
T 1	$\phi_e(\infty, t_0) = 3.15; \alpha_e = 20.02$		$\phi_e(\infty, t_0) = 3.53; \alpha_e = 22.45$		$\phi_e(\infty, t_0) = 3.73; \alpha_e = 23.68$		3.49
	12.338	258.822	10.160	221.452	9.307	206.455	

VI) Aciers longitudinaux

Travée	Haut. utile	Appui gauche			Appui droit			Travée		
	Calc.	Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax
T 1	0.15	2.17	4.44	/	2.17	4.44	/	12.97	16.93	/

VII) Ouvertures des fissures

Vérifications des ouvertures de fissures		
Travée	W (mm)	Wmax (mm)
1	0.14	0.40

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

VIII) Aciers transversaux

Travée	Maximum cm ² /ml	Appui gauche cm ² /ml	Appui droit cm ² /ml
T 1	8.00	8.00	8.00

IX) Ancrage

Calcul des ancrages										
Repère	Fbt (KN)	φm (mm)	σsd (MPa)	Lb,rqd (mm)	α1	α2	α3	α4	α5	Lbd (mm)
1	5.62	56	36.51	47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	140
1	5.62	56	36.51	47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	140
2	-	0	217.39	231	0.70	0.98	1.00	1.00	1.00	158
2	-	0	434.78	461	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	323
3	-	0	434.78	461	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	323
3	-	0	217.39	231	0.70	0.98	1.00	1.00	1.00	158

Calcul de l'ancrage: Ancrage à une distance s0.cot(teta)

X) Appuis

Travée	Appui gauche			Appui droit		
	Vu	Vu red	VRd,max	Vu	Vu red	VRd,max
T 1	4034	4034	60345	-4034	-4034	60345

XI) Réactions aux appuis par cas de charges

1 - Charges permanentes 1		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-2076.815	-2076.815

2 - Surcharges d'exploitation 1		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-897.500	-897.500

Arche 2023 - Poutre EC2 SP0

Max ELU		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-4149.950	-4149.950

Max ELS		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-2974.315	-2974.315

Max ELUA		
Travée	Appui gauche (daN)	Appui droit (daN)
T 1	-	-

XIII) Flèches

Travée	L/d	Limite
T 1	50.03	19.85