BETEX Ingénierie

SAS au capital de 11 400 euros
SIRET : 81385184700018
APE : 7112B
TVA : FR78 813851847

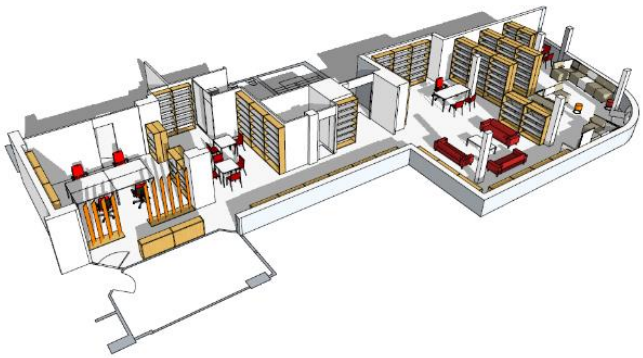
Siège social :
121, chemin de l'Homme Rouge
Bât. E - 13600 LA CIOTAT
Tél. : 04.88.42.25.56

DOSSIER N° 2018-03-83-027

Dossier suivi par :	*Client :*
M. MARIANI Anthony Port : 06 27 50 15 81 E-mail : a.mariani@betex-ingenierie.com	**CNMSS** DIM / Service Infra Expert en projets d'infrastructures 247, av Jacques Cartier, 83090 Toulon *A l'attention de Marina LEBON* 0494169633 marina.lebon@cnmss.fr

Diagnostic structurel – Etude de capacité portante d'une dalle et poutre BA dans le cadre d'un aménagement d'une bibliothèque – R+2

Bâtiment Brun, 247, av Jacques Cartier, 83090 Toulon



MISSION : Diagnostic structurel avec préconisations

Référence	*Rédaction*	*Validation*	*Date*	*Indice*
2018-03-83-027	M. MARIANI	M. KNELLWOLF	25/05/2018	A

OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE

SOMMAIRE

I. Généralités 4
I.1 Contexte 4
I.2 Localisation 4
I. Contenu de la mission 5
II. Résultats des investigations 6
II.1 Inspection visuelle 6
II.2 Résultats des sondages 8
II.2.1 Sondages de reconnaissance au géoradar 8
II.2.2 Résultats des sondages destructifs 9
II.2.3 Evaluation de la résistance du béton par essais au scléromètre 18
II.3 Synthèse de la typologie structurelle du plancher 20
II.3.1 Zone 1-2 20
II.3.2 Zone 2-3 21
III. Analyse structurelle – calcul de capacité portante 22
III.1 Calcul des capacités portantes des éléments en béton armé 23
III.1.1 Poutre BA zone 2 (sondages Po3 et Po5) 23
III.1.2 Poutre BA zone 3 (sondages Po4 et Po6) 25
III.2 Interprétation des résultats 26
III.3 Proposition d'aménagement et vérification des éléments en béton précontraint vis-à-vis des moments sollicitants 27
III.3.1 Chargement actuel 29
III.3.2 Chargement projet 30
IV. Conclusions et Préconisations 31
V. Annexe 1 : radargrammes PHT R+1 33
V.1 Profil R02 (zone 1) 33
V.2 Profil R06 (zone 1) 33
V.3 Profil R07 (zone 1) 33
V.4 Profil R018 (zone 2) 34
V.5 Profil R019 (zone 2) 34
V.6 Profil R020 (zone 2) 34
V.7 Profil R029 (zone 2) 35

V.8 Profil R032 (zone 2) 35
V.9 Profil R039 (zone 3) 35
V.10 Profil R040 (zone 3) 35
V.11 Profil R041 (zone 3) 36
V.12 Profil R042 (zone 3) 36
VI. Annexe 2 : notes de calcul des capacités portantes 37
VI.1 Poutre zone 2 (sondages Po3 et Po5) 37
VI.2 Poutre zone 3 (sondages Po4 et Po6) 44

I. Généralités

I.1 Contexte

Dans le cadre d'un projet d'aménagement d'une bibliothèque au R+2 d'un bâtiment situé au 247, av Jacques Cartier à Toulon, la CNMSS a missionné BETEX INGENIERIE dans le but de réaliser un diagnostic du plancher et des poutres BA afin de déterminer sa capacité portante.

I.2 Localisation

L'ouvrage à diagnostiquer est situé au 247, av Jacques Cartier à Toulon



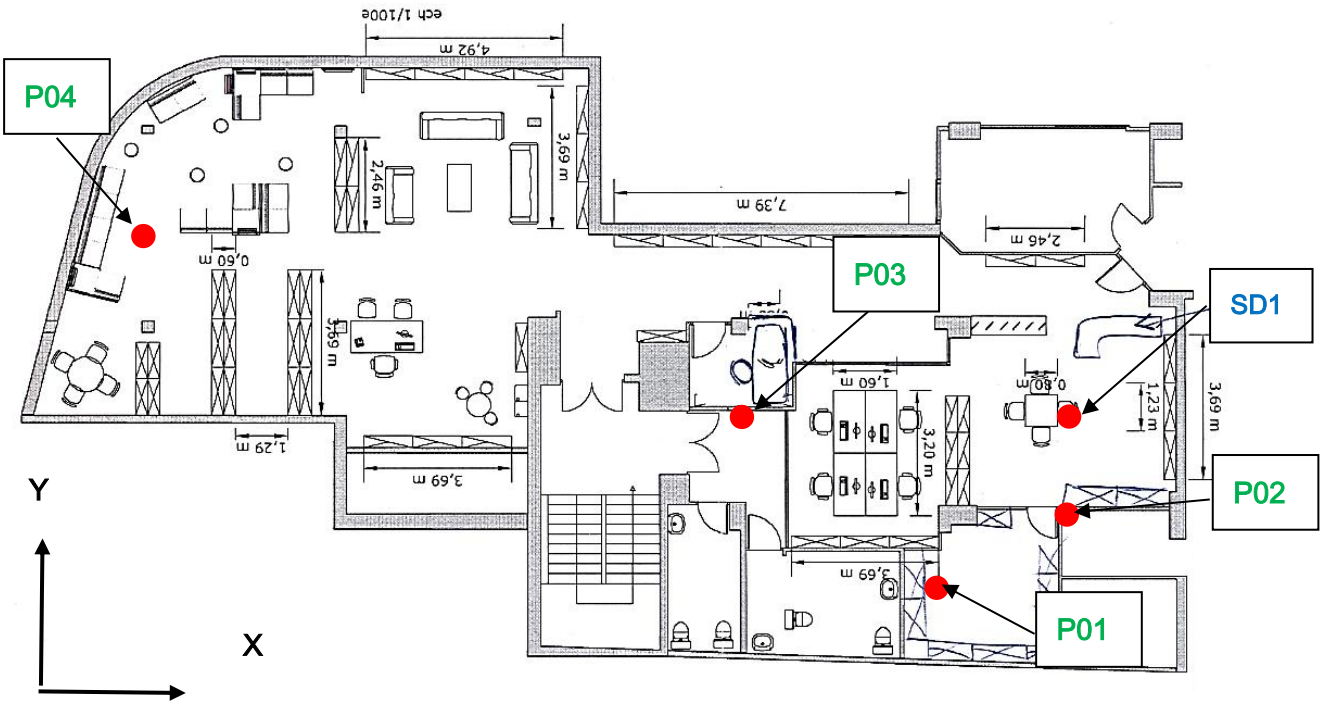
Plan de localisation

I. Contenu de la mission

La mission a consisté à :

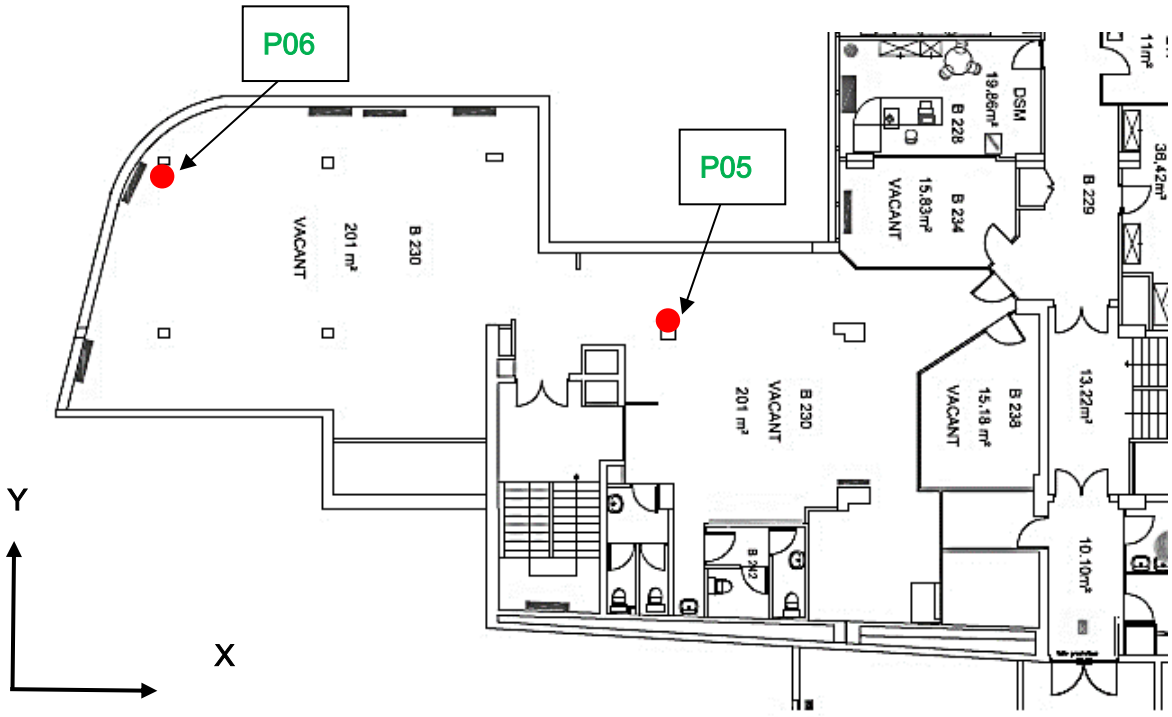
- Effectuer des mesures au géoradar afin de déterminer la nature du plancher, la disposition du ferraillage des poutres et dalles, etc. ;
- Réaliser des sondages de reconnaissance destructifs en sous-face de dalle et en chapeaux depuis le R+2 (zones accessibles) ;
- Analyse de l'ensemble des investigations et des résultats, et vérification par le calcul de la charge admissible d'exploitation des planchers* (zone bibliothèque à 400daN/m²), étude d'impact de la mise en place des étagères ;
- Si nécessaire, préconisations de solutions de confortement générales (hors dimensionnement).

L'implantation des sondages destructifs que nous avons pu réaliser est donnée ci-dessous (selon configuration structurelle et accessibilité sur site lors de notre intervention):



Implantation des sondages en plancher haut R+1 (dalles et poutres)

*hors plancher de type précontraint ou post contraint : étude du moment résistant



Implantation des sondages en plancher bas du R+2 (appuis poutres)

II. Résultats des investigations

II.1 Inspection visuelle

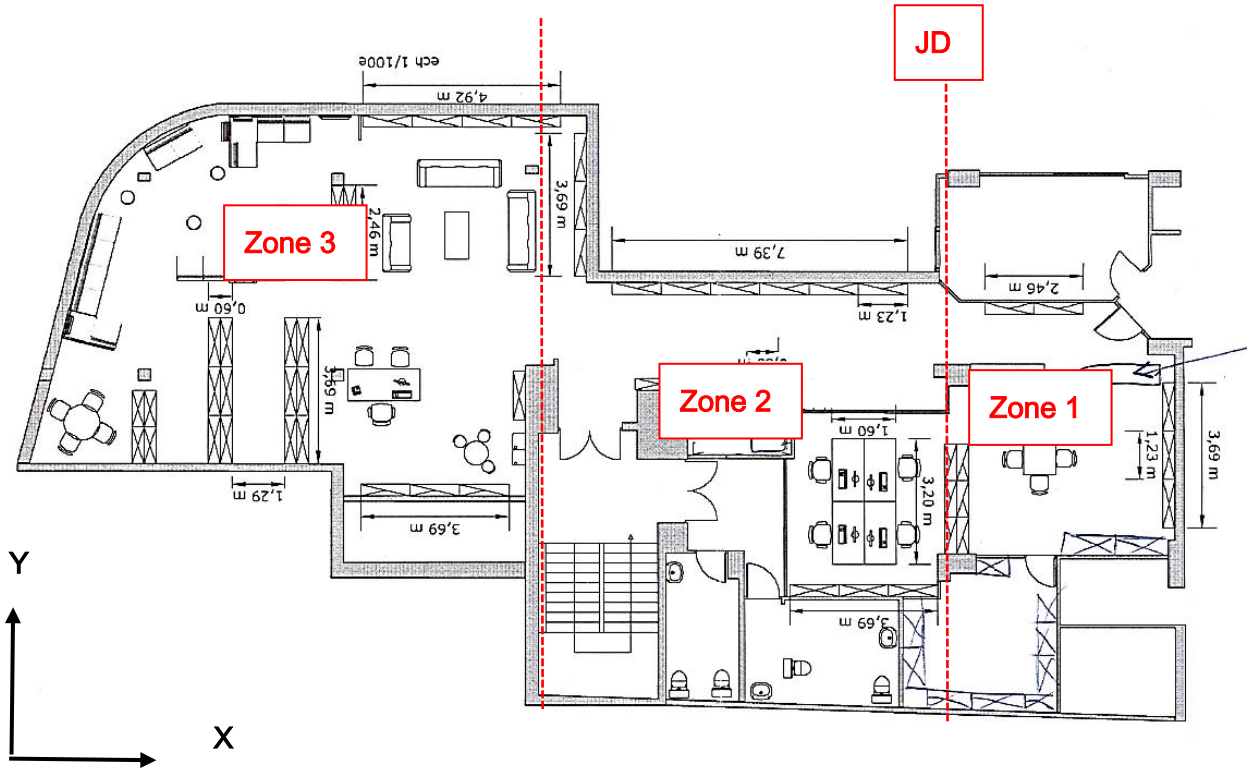
Le plancher haut du R+1 est constitué de dalles en béton précontraint reposant sur des poutres en béton armé coulées en place et poutres en béton précontraint préfabriquées. Nous n'avons pas relevé de désordre particulier en sous face de plancher.

Les caractéristiques structurelles sont données dans la partie suivante II.2 « résultats des sondages ».



Photo joints de dalles préfabriqués

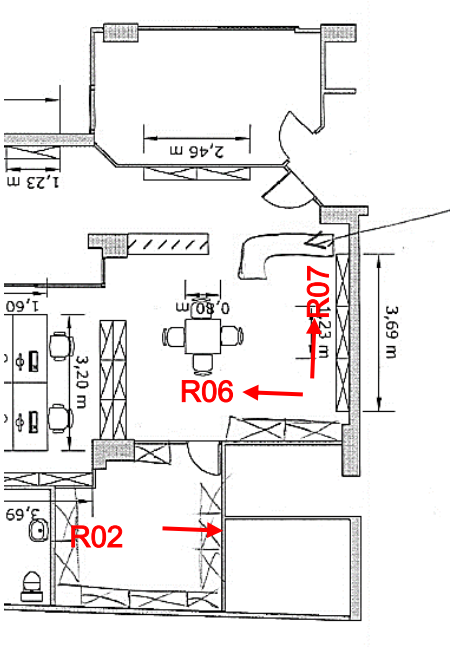
Pour la suite du rapport, nous distinguerons 3 zones de plancher comme le montre le plan ci-dessous :



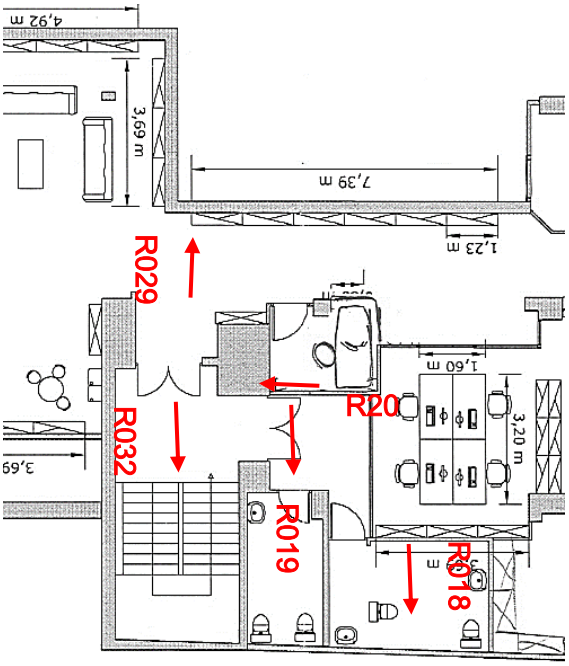
II.2 Résultats des sondages

II.2.1 Sondages de reconnaissance au géoradar

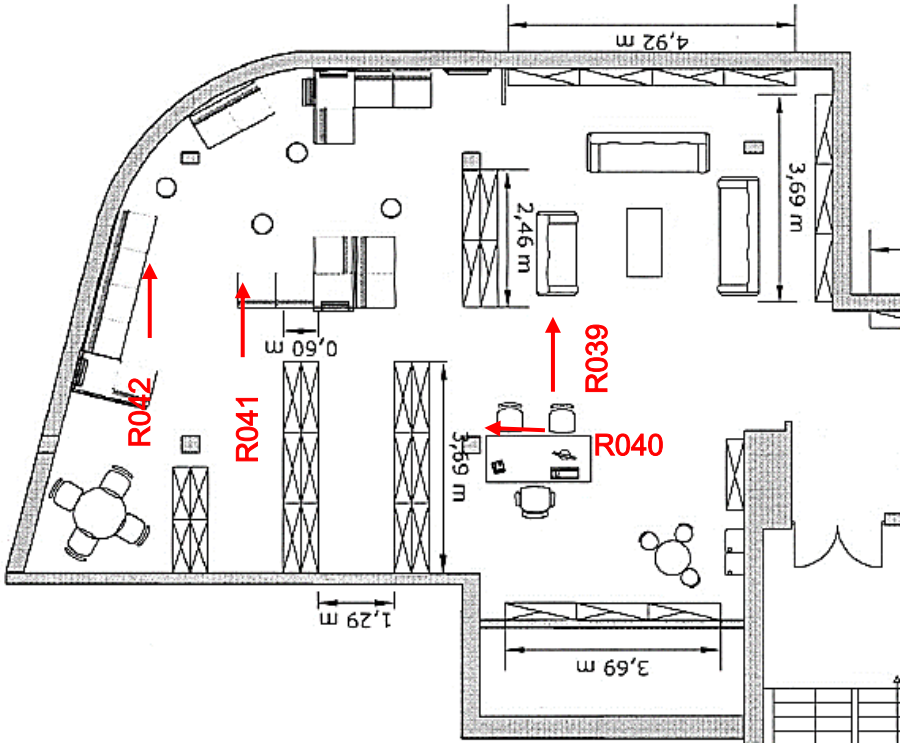
Nous avons dans un 1er temps réalisé des profils Géoradar sur les zones concernés. Les profils les plus représentatifs et exploitables sont repérés sur les plans ci-dessous :



Implantation des relevés au géoradar en sous face de dalle zone 1



Implantation des relevés au géoradar zone 2



Implantation des relevés au géoradar zone 3

Les profils des radargrammes sont fournis en Annexe 1 du présent document.

Ces radragrammes permettent, avant même de réaliser les sondages destructifs, de fournir les informations suivantes :

- La majorité des dalles en place sont préfabriqués (et donc probablement précontraintes) ;
- Le spectre de réponse des signaux géoradar varie peu d'un profil à un autre, la couche de béton en place est donc assez homogène.

II.2.2 Résultats des sondages destructifs

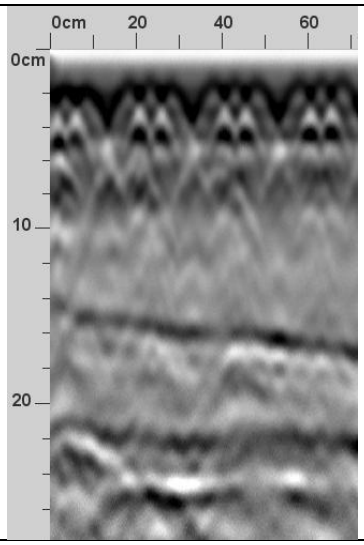
II.2.2.1 *SD1 – sous face de dalle*

Sondage Géoradar	Oui en plancher haut R+1
Sondage destructif	Oui en plancher haut R+1 (mi travée)
Résultats/caractéristiques	**Dalle en béton armé précontrainte de 16-17 cm d'épaisseur environ (+ 7 cm de chape)** Dalle porteuse selon Y, portée 4.78 m entre poutres Armatures basses dans le sens porteur selon Y (à mi travée) : 3 Torons à 3 fils de 2.6mm (espacé de 5cm), Ø 5 mm esp. tous les 20 cm – enrobage inf ~ 1.8 cm Aciers de répartition inférieur selon X (à mi travée) : ? Aciers chapeaux selon Y (à l'appui) : ?

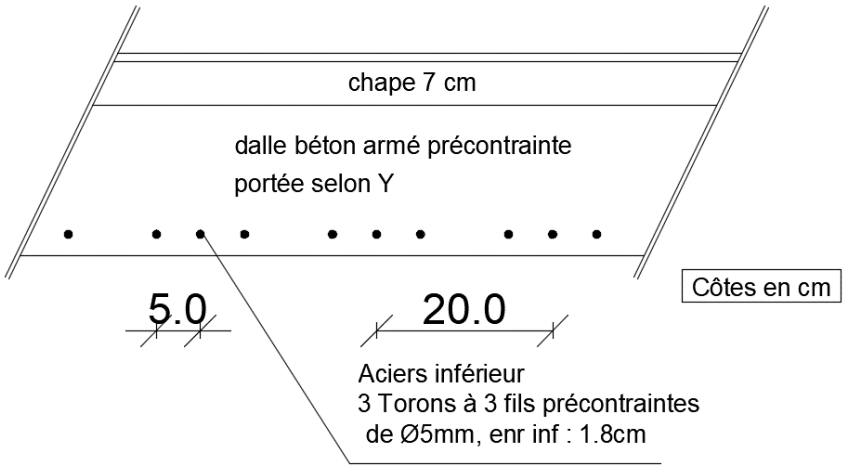




Photos du sondage à mi travée en sous face



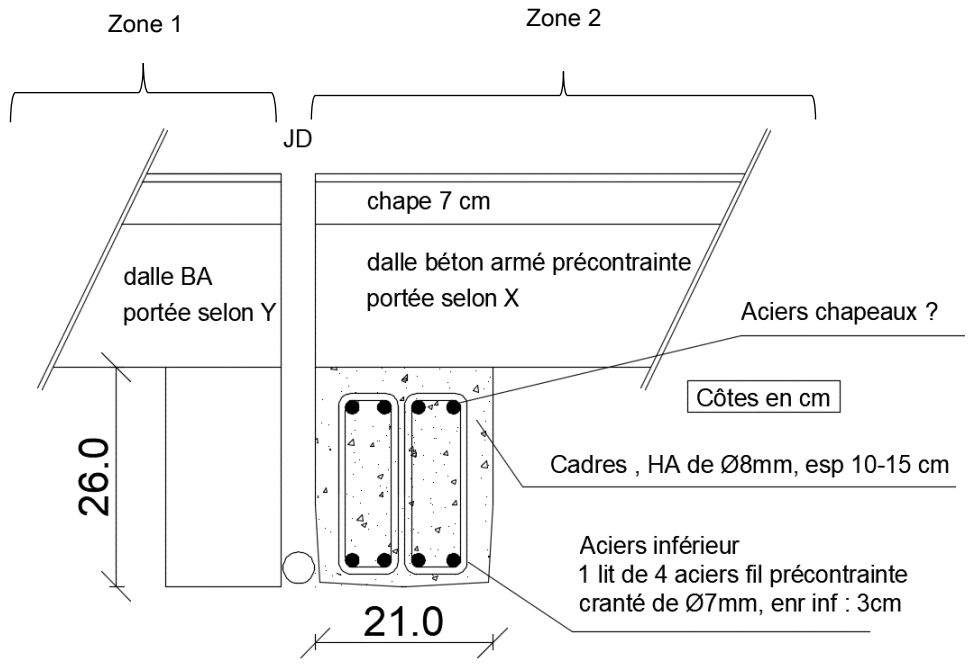
Profil radar R06 en sous face de la dalle au niveau du sondage



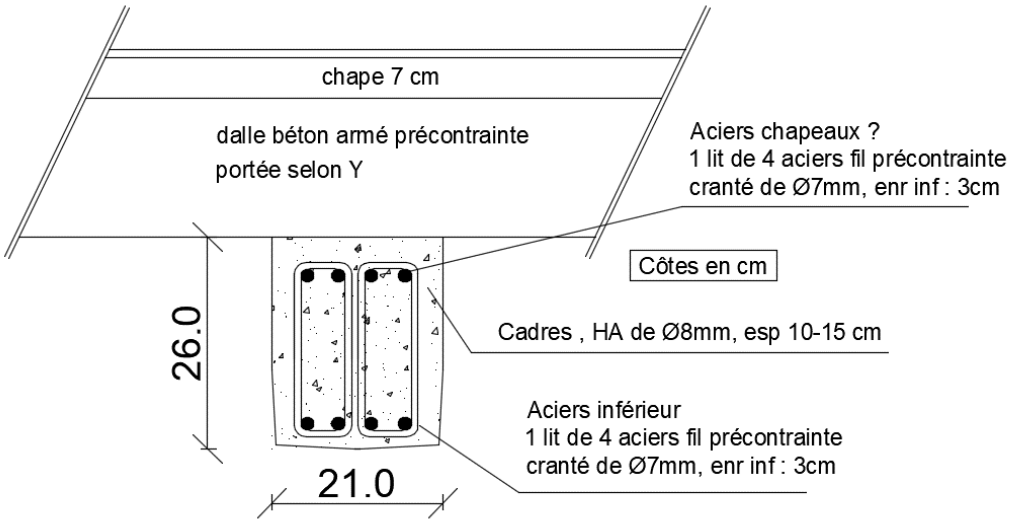
Coupe de principe Dalle SD1

II.2.2.2 *Poutres sondages Po1 et Po2 (2 poutre identiques)*

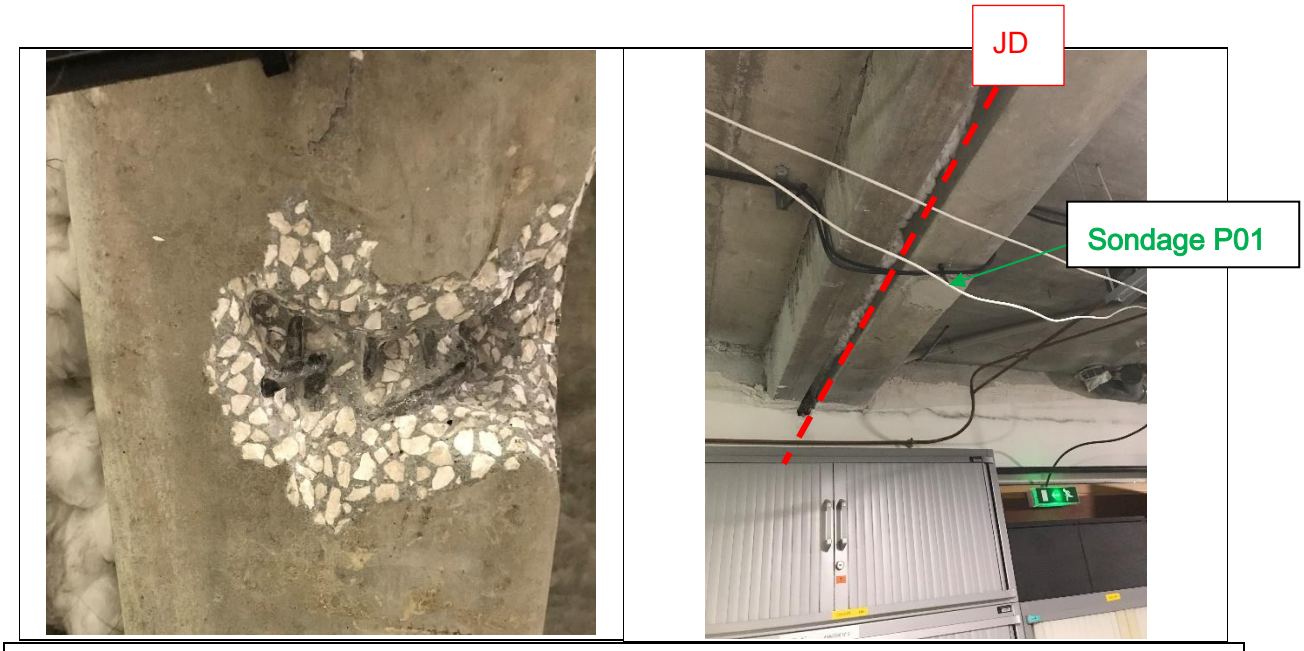
Sondage Géoradar	Oui
Sondage destructif	Oui
Résultats/caractéristiques	**Poutres BA Précontrainte 21*26 cm,** Poutre sondage Po1 : Portée = 3,25m selon Y, entre poteaux et mur, supporte une dalle porteuse selon X (1 seul coté au droit du JD). Poutre sondage Po2 : Portée = 4,67 m selon X entre poteaux, supporte une dalle porteuse selon Y. Armatures longitudinales inférieures à mi travée : 4 fils de précontraintes crantés de Ø 7 mm– enrobage inf ~ 3 cm. Armatures longitudinales supérieures : inaccessibles. Cadres : HA Ø 8mm, esp. aux appuis = 10 à 15 cm, enrobage inf ~ de 1.5 cm



Coupe de principe Po1



Coupe de principe Po2



Photos du sondage Po1 à mi travée en sous face

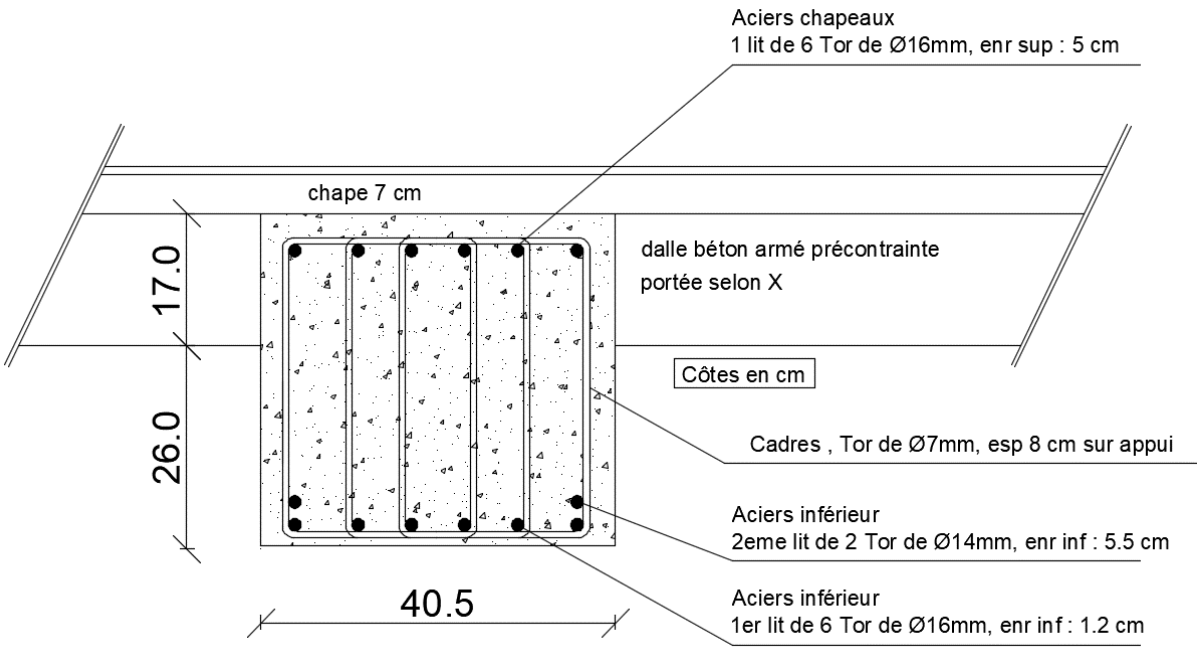




Photos du sondage Po2 à mi travée en sous face

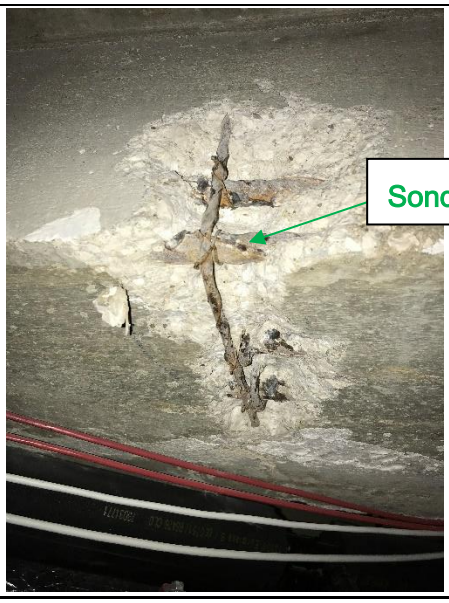
II.2.2.3 *Poutre sondages Po3 et Po5*

Sondage Géoradar	Oui
Sondage destructif	Oui en sous face et chapeaux
Résultats/caractéristiques	**Poutres BA 40.5*43 cm, selon Y** Portée 4.5 m entre poteaux (travée centrale). Supporte une dalle porteuse selon X (de chaque côté de la poutre). Armatures longitudinales inférieures mi travée : 1er lit de 6 Tor de Ø 16 – enrobage inf ~ de 1.2 cm. 2eme lit de 2 Tor de Ø 14 – enrobage inf ~ de 5.5 cm. Armatures longitudinales supérieures en chapeaux : 6 Tor de Ø 16 – enrobage sup ~ de 5 cm. Cadres : Tor Ø 7mm, espacement à mi travée 20-16 cm, espacement sur appuis 8 cm Pour info : chapeaux de dalle HA12



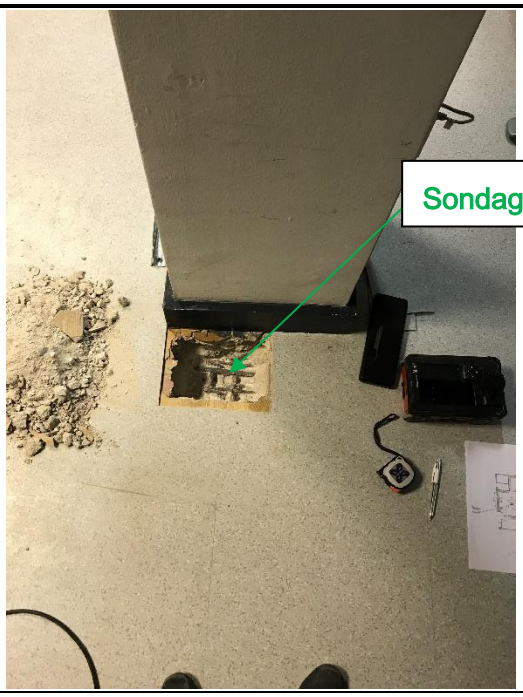
Coupe de principe poutre sondages Po3 (sous-face mi- travée) et Po5 (chapeaux)





Photos du sondage Po3 à mi travée en sous face

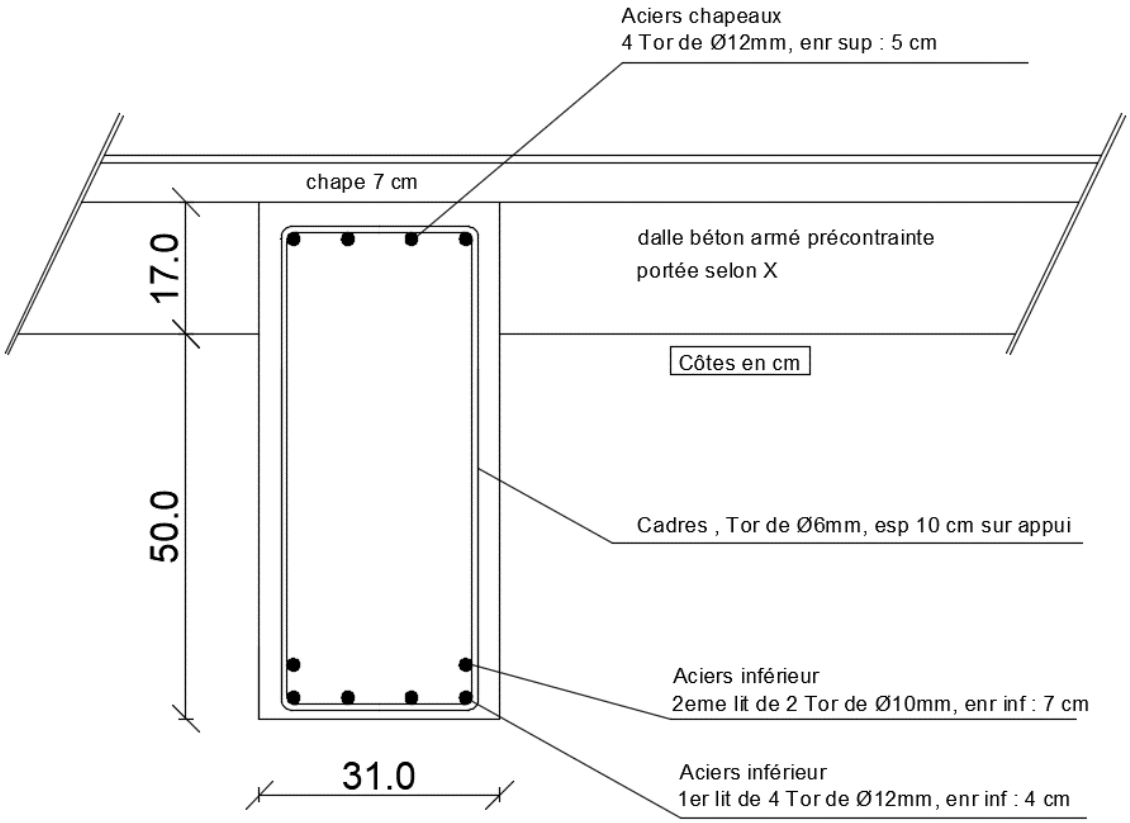




Photos du sondage Po5 à sur appui en chapeaux

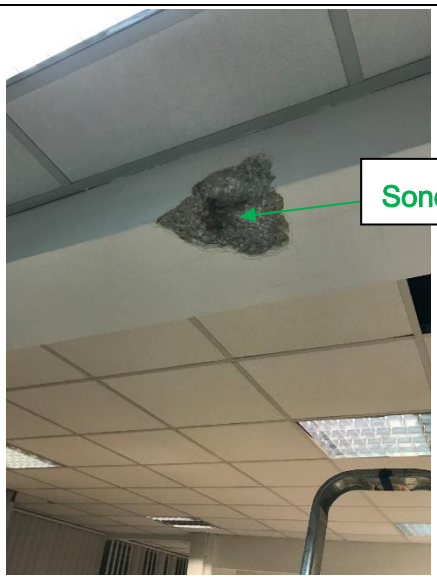
II.2.2.4 *Poutre sondages Po4 et Po6*

Sondage Géoradar	Oui
Sondage destructif	Oui en sous face et chapeaux
Résultats/caractéristiques	**Poutres BA 31*67 cm, selon Y** Portée 4.7 m entre poteaux (travée centrale). Supporte une dalle porteuse selon X (de chaque côté de la poutre). Armatures longitudinales inférieures mi travée : 1er lit de 4 Tor de Ø 12 – enrobage inf ~ de 4cm. Armatures longitudinales supérieures en chapeaux : 4 Tor de Ø 12 – enrobage sup ~ de 5 cm. Cadres : Tor Ø 6mm, espacement à mi travée 25-20 cm, espacement sur appuis 10 cm enrobage Pour info : pas de chapeaux de la dalle détecté au niveau du sondage Po6



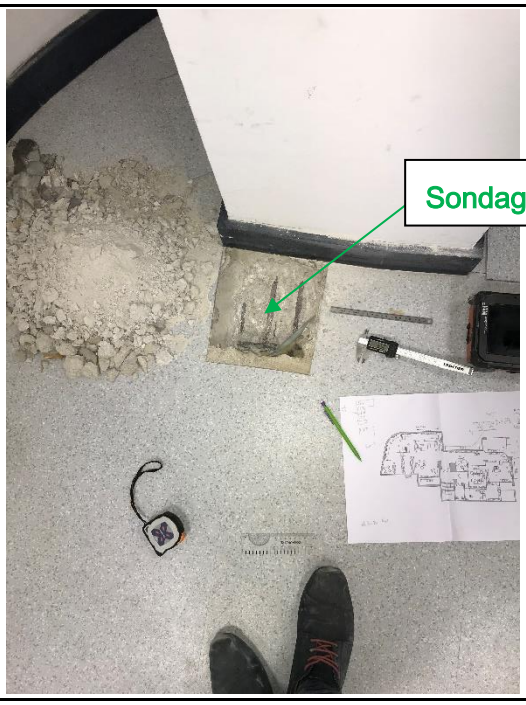
Coupe de principe poutre sondages Po4 (sous-face mi- travée) et Po6 (chapeaux)





Photos du sondage Po4 à mi travée en sous face

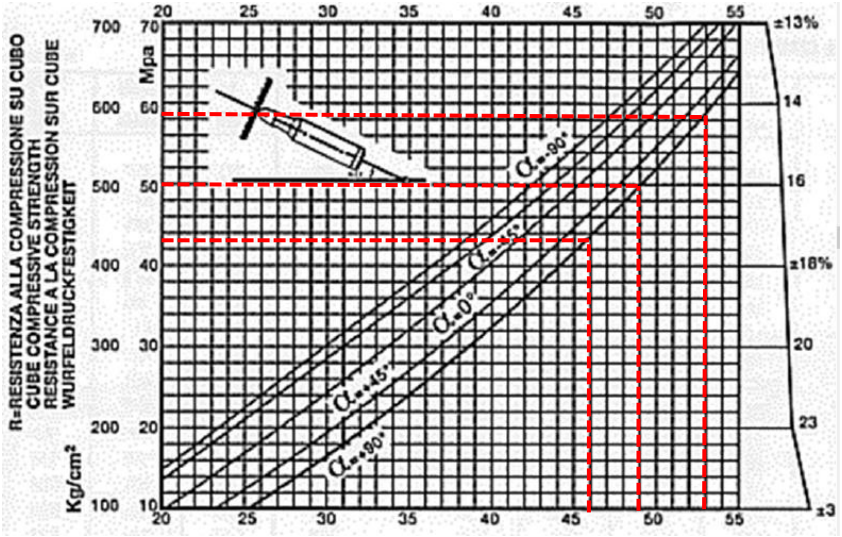




Photos du sondage Po6 à sur appui en chapeaux

II.2.3 Evaluation de la résistance du béton par essais au scléromètre

Nous avons réalisé une campagne d'essais au scléromètre afin d'évaluer la résistance à la compression du béton (9 mesures minimum). Ces essais ont été réalisés à la verticale vers le haut (α = 90°) sur 3 poutres et 1 dalle, dont les résultats sont donnés page suivante. On prendra la moyenne des valeurs si l'écart des relevés est considéré valable. Cette valeur correspond d'après le graphique ci-dessous (pour α = 90°) à une résistance à la compression du béton superficiel.



Dalle précontrainte – SD1	
Numéro essai	Lecture scléromètre
1	54
2	54
3	53
4	52
5	54
6	53
7	53
8	52
9	53
10	53
Moyenne	**53,1**
Valeur retenue	**58 Mpa**

Poutre précontrainte – Po2	
Numéro essai	Lecture scléromètre
1	51
2	52
3	47
4	46
5	50
6	50
7	52
8	49
9	50
10	47
Moyenne	**49.4**
Valeur retenue	**50 Mpa**

Poutre BA – Po3	
Numéro essai	Lecture scléromètre
1	46
2	40
3	50
4	50
5	48
6	45
7	45
8	46
9	48
10	42
Moyenne	**46,0**
Valeur retenue	**43 Mpa**

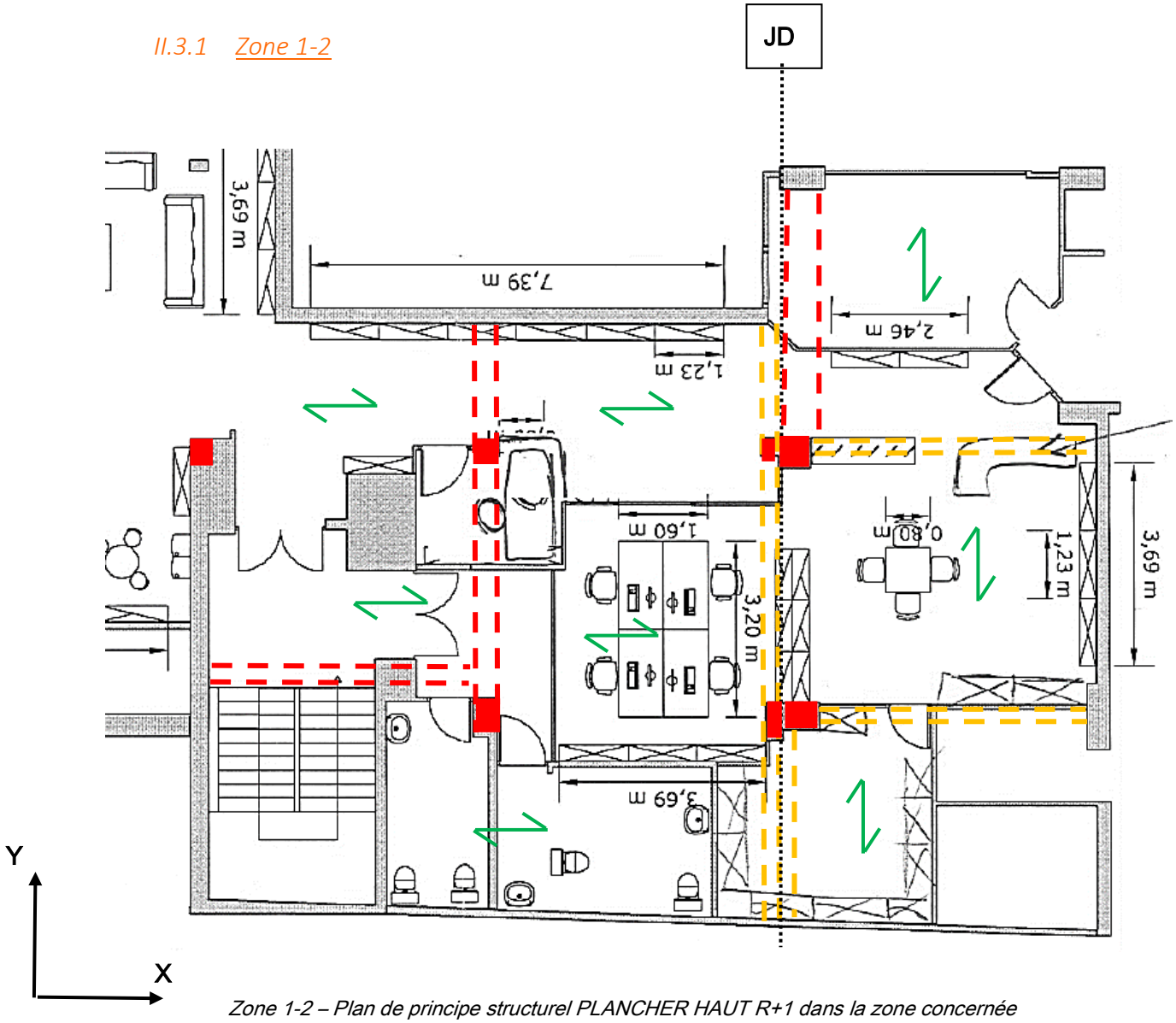
Poutre BA – Po4	
Numéro essai	Lecture scléromètre
1	40
2	30
3	36
4	30
5	42
6	28
7	30
8	30
9	26
10	31
Moyenne	**32.3**
Valeur retenue	**Essai non valable**

Les essais scléromètre mettent en évidence un béton de résistance très élevés sur les éléments préfabriqués, avec toutefois quelques valeurs plus basses pour les éléments BA.

On retiendra donc par sécurité un béton de classe C30/37 pour les calculs.

II.3 Synthèse de la typologie structurelle du plancher

II.3.1 Zone 1-2



Zone 1-2 – Plan de principe structurel PLANCHER HAUT R+1 dans la zone concernée

Poutres BA

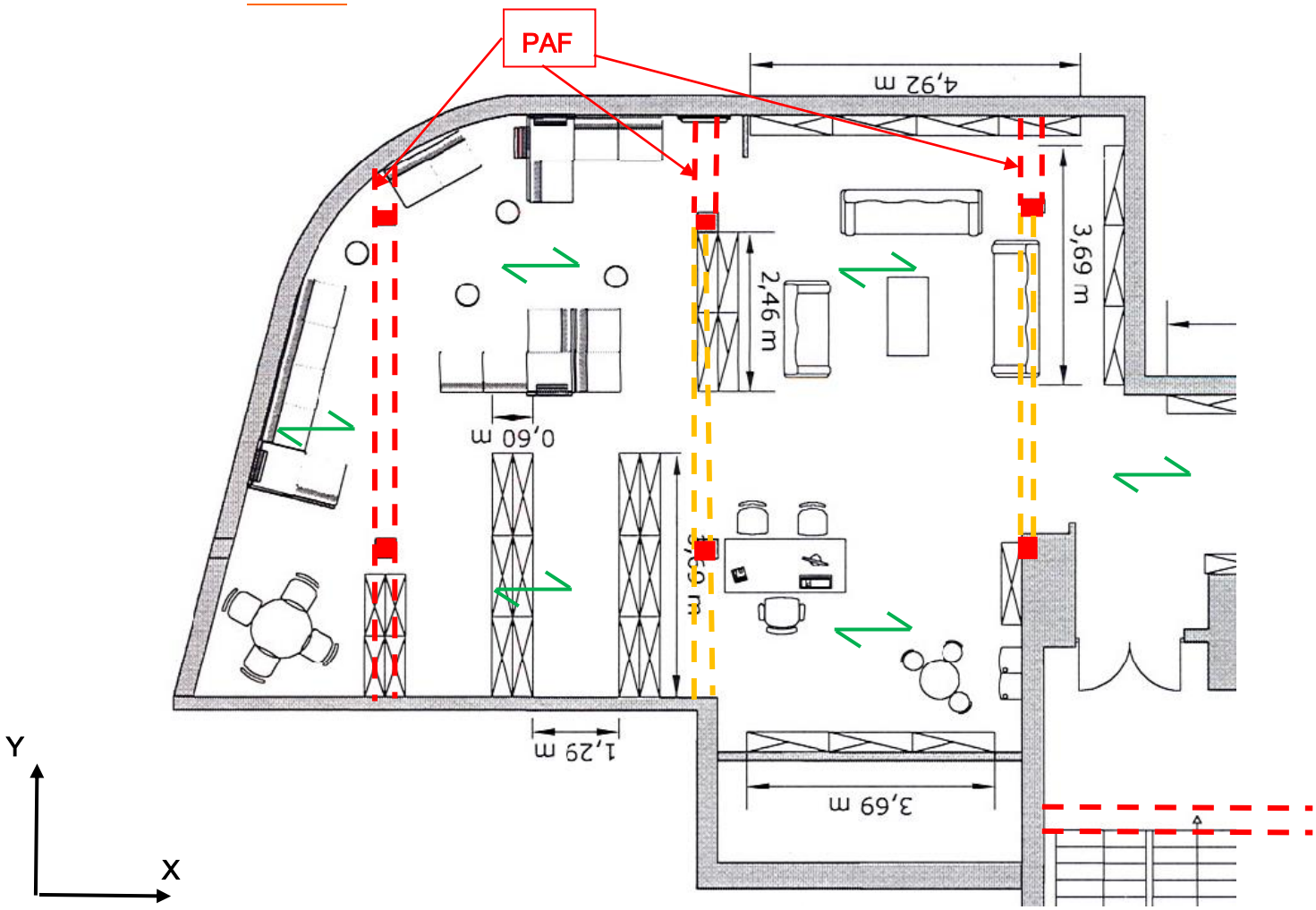
Poutres Précontraintes

Joint de dilatation

Sens de portée des plancher Hauts du R+1 (dalles préfabriqués précontraintes)

Poteaux BA

II.3.2 Zone 2-3



Zone 2-3 – Plan de principe structurel PLANCHER HAUT R+1 dans la zone concernée

Poutres BA

Poutres Précontraintes

Joint de dilatation

Sens de portée des plancher Hauts du R+1 (dalles préfabriqués précontraintes)

Poteaux BA

III. Analyse structurelle – calcul de capacité portante

Etant donné qu'il n'est pas possible de calculer les capacités portantes des éléments en béton précontraint, mais uniquement des éléments en béton armé, voici notre approche et notre méthodologie analytique :

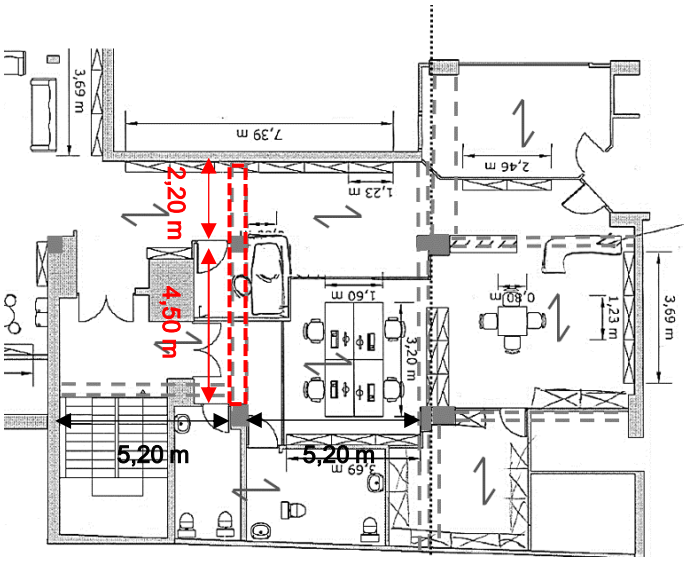
1. Dans un premier temps, nous allons calculer les capacités portantes des éléments BA connus, à savoir une poutre BA en zone 2 (mise en évidence par les sondages BA Po3 et Po5) et une poutre BA en zone 3 (mise en évidence par les sondages BA Po4 et Po6).

2. Dans un deuxième temps, si les résultats des capacités portantes de ces 2 éléments BA sont cohérents, et en l'absence de désordre structurel, on peut alors extrapoler ces résultats en considérant de manière logique que l'ensemble des éléments structurels (poutres et dalles notamment) ont été dimensionnés de la même façon, sachant qu'il s'agit de la même exploitation (bureaux) sur l'ensemble des 3 zones du plancher haut R+1 diagnostiquées.

3. Enfin, selon les résultats obtenus, nous proposerons si besoin des solutions d'aménagement de façon à respecter les capacités portantes du plancher et nous ferons une vérification complémentaire et sécuritaire pour les éléments en béton précontraint par l'étude des moments sollicitant, de façon à montrer que les moments sollicitant du projet ne dépassent pas de 10% les moments sollicitant existants (en considérant des charges actuelles de bureaux à 250 kg/m2).

III.1 Calcul des capacités portantes des éléments en béton armé

III.1.1 Poutre BA zone 2 (sondages Po3 et Po5)



III.1.1.1 *Caractéristiques*

Nature	Poutre BA continue à 2 travées
Portée	Travée 1 : 4,50 m Travée 2 : 2,20m
Base	40,5 cm
Hauteur	43 cm (26 cm de retombée + 17 cm dalle)
Armatures inférieures à mi-travée	1er lit de 6 Tor de Ø 16 – enrobage inf ~ de 1.2 cm. 2eme lit de 2 Tor de Ø 14 – enrobage inf ~ de 5.5 cm **Section d'acier = 15,14 cm2**
Armatures supérieure sur appui	1 lit de 6 Tor de Ø 16 – enrobage sup ~ de 5 cm **Section d'acier = 12,1 cm2**
Béton	**C30/37**

III.1.1.2 *Chargement*

- **Charges permanentes** :

Revêtement, cloisons, divers	1,00 kN/m2*5,60m	5,60 kN/ml
Chape	22 kN/m3*0,07m*5,60m	8,62 kN/ml
Dalle	25 kN/m3*0,17m*5,60m	23,8 kN/ml
Retombée poutre	25 kN/m3*0,40m*0,26m	2,60 kN/ml
TOTAL G		**G = 40,62 kN/ml**

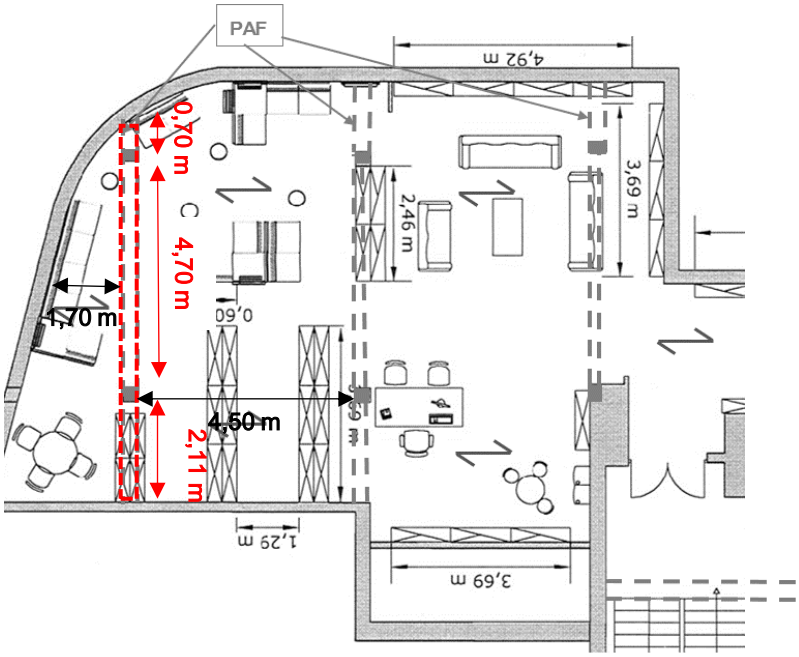
- **Calcul de la charge d'exploitation admissible :**

Après itération, on montre que la poutre peut reprendre au maximum une charge d'exploitation de 4,00 kN/m2, soit **400 daN/m2.**

En effet, pour cette charge d'exploitation, on a bien (*cf. note de calcul en Annexe 2*) :

- A mi-travée : $S_{acier\ inf.\ réel}$ = 15,14 cm2 > $S_{acier\ inf.\ calcul}$ = 13,13 cm2
- Sur appui (chapeaux) : $S_{acier\ sup.\ réel}$ = 12,10 cm2 = $S_{acier\ sup.\ calcul}$ = 12,10 cm2

III.1.2 Poutre BA zone 3 (sondages Po4 et Po6)



III.1.2.1 *Caractéristiques*

Nature	Poutre BA continue à 3 travées
Portée	Travée 1 : 2,11 m Travée 2 : 4,70m Travée 3 (PAF) : 0,70 m
Base	31 cm
Hauteur	67 cm (50 cm de retombée + 17 cm dalle)
Armatures inférieures à mi-travée	1er lit de 4 Tor de Ø 12 – enrobage inf ~ de 4.0 cm 2eme lit de 2 Tor de Ø 10 – enrobage inf ~ de 7.0 cm **Section d'acier = 6,09 cm2**
Armatures supérieure sur appui	1 lit de 4 Tor de Ø 12 – enrobage sup ~ de 5 cm **Section d'acier = 4,52 cm2**
Béton	**C30/37**

III.1.2.2 *Chargement*

- **Charges permanentes** :

Revêtement, cloisons, divers	1,00 kN/m2*3,41m	3,41 kN/ml
Chape	22 kN/m3*0,07m*3,41m	5,25 kN/ml
Dalle	25 kN/m3*0,17m*3,41m	14,49 kN/ml
Retombée poutre	25 kN/m3*0,31m*0,67m	5,19 kN/ml
TOTAL G		**G = 28,34 kN/ml**

- **Charges d'exploitation admissible :**

Après itération (*cf. note de calcul en Annexe 2*), on montre que la poutre peut reprendre au maximum une charge d'exploitation de 528 kN/m2, soit **528 daN/m2.**

En effet, pour cette charge d'exploitation, on a bien (*cf. note de calcul en Annexe 2*) :

- A mi-travée : $S_{acier\ inf.\ réel}$ = 6,09 cm2 > $S_{acier\ inf.\ calcul}$ = 6,07 cm2
- Sur appui (chapeaux) : $S_{acier\ sup.\ réel}$ = 4,52 cm2 = $S_{acier\ sup.\ calcul}$ = 1,13 cm2

III.2 Interprétation des résultats

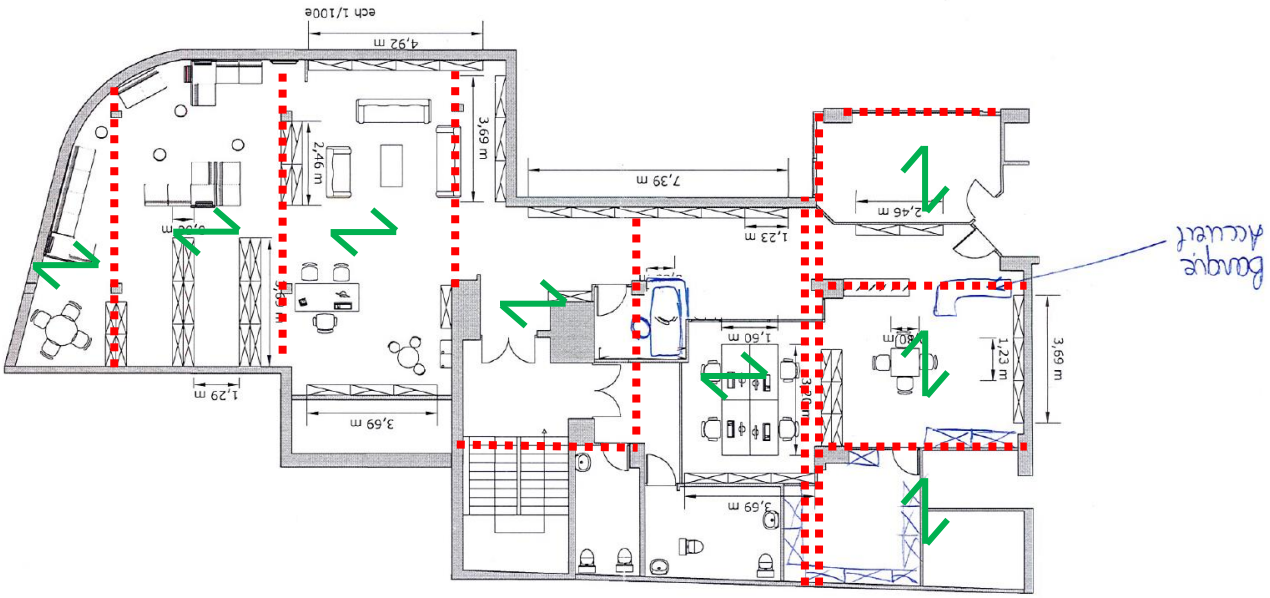
Les résultats obtenus sont satisfaisants vis-à-vis du projet : les capacités portantes obtenues sont dans les 2 cas supérieures ou égales à la charge d'exploitation du projet, à savoir 400 kg/m2 (donnée fournie par le client).

Etant donné le très bon état des structures et l'absence de désordre structurel, on peut donc extrapoler ces résultats en considérant de manière logique que l'ensemble des éléments structurels (poutres et dalles notamment) des 3 zones du plancher haut R+1 diagnostiquées ont également été dimensionnés pour supporter une charge d'exploitation de 400 kg/m2.

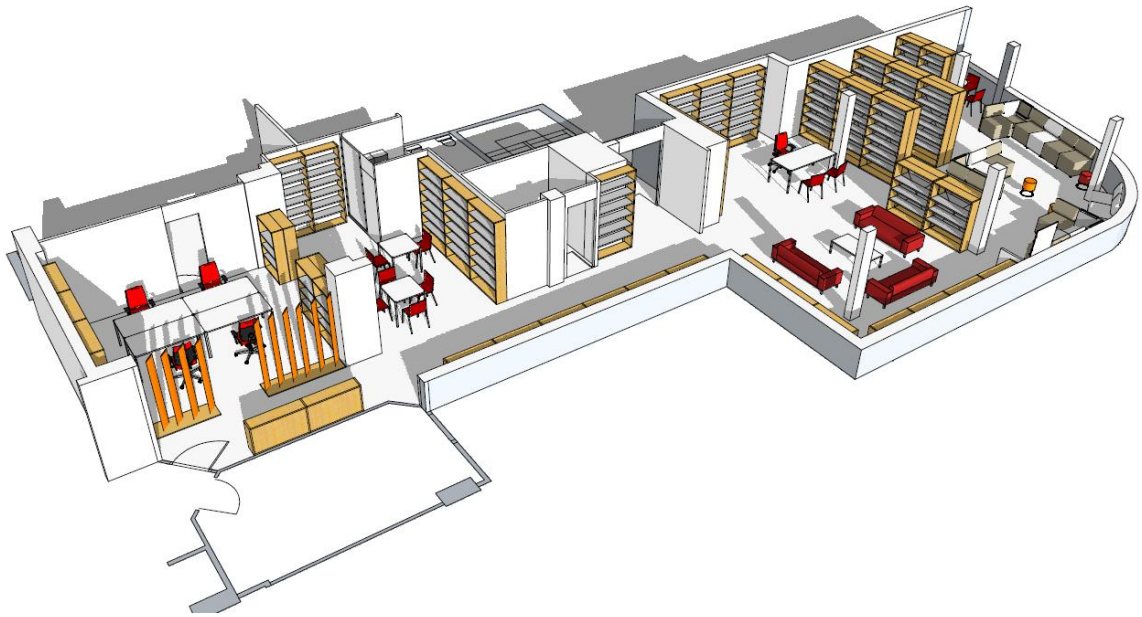
III.3 Proposition d'aménagement et vérification des éléments en béton précontraint vis-à-vis des moments sollicitants

Ci-dessous le plan d'aménagement projet souhaité, avec :

- en pointillés rouges les poutres BP et BA ;
- en double flèche verte le sens de portée des dalles.



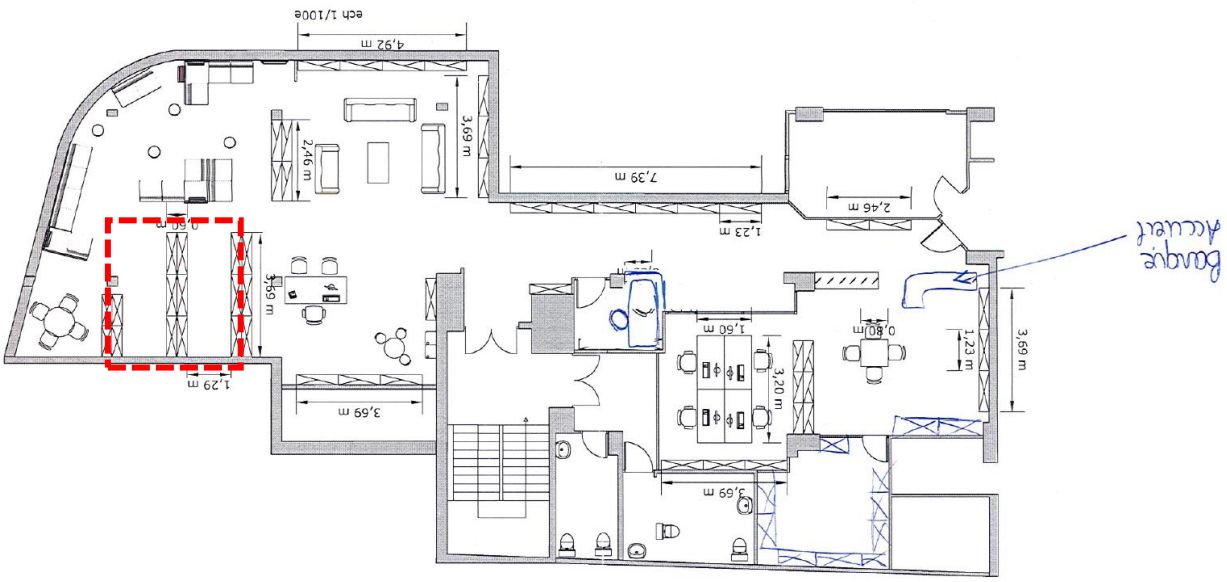
Plan d'aménagement projet R+2 avec la position des éléments structurels du plancher haut R+1 (poutres et dalles)



Vue en 3D du projet d'aménagement

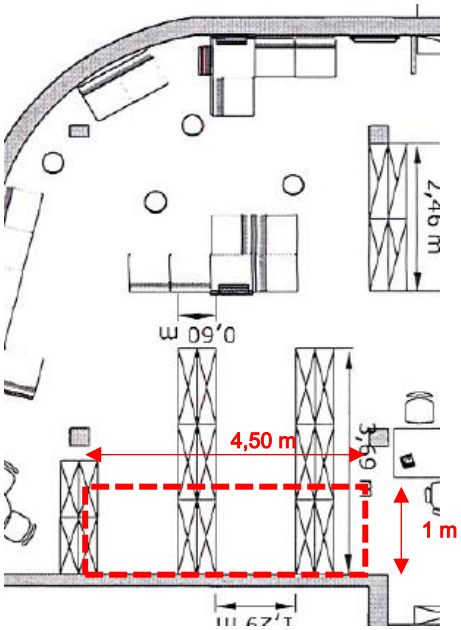
Globalement, le rayonnage de la bibliothèque ainsi que les dimensions des meubles (150*180*50) semblent cohérent avec une charge d'exploitation de 400 kg/m2.

Nous allons vérifier la zone la plus chargée, mise en évidence en pointillés rouges ci-dessous :



Localisation de la zone la plus chargée

Nous allons procéder à une vérification de la dalle (sur 1m de largeur– *pointillés rouges ci-dessous*) en évaluant le delta de moment sollicitant entre l'exploitation actuelle et l'exploitation projet liée à cet aménagement :



III.3.1 Chargement actuel

- **Charges permanentes** :

Revêtement, cloisons, divers	1,00 kN/m2	1,00 kN/ml
Chape	22 kN/m3*0,07m	1,54 kN/ml
Dalle	25 kN/m3*0,17m	4,25 kN/ml
TOTAL G		**G = 6,79 kN/ml**

- **Charges d'exploitation : Q = 2,50 kN/ml**

Le moment ELU sollicitant induit par ces charges est égal à : **32,69 kN.m.**

III.3.2 Chargement projet

- **Charges permanentes** :

Revêtement, cloisons, divers	1,00 kN/m2	1,00 kN/ml
Chape	22 kN/m3*0,07m	15,4 kN/ml
Dalle	25 kN/m3*0,17m	4,25 kN/ml
TOTAL G		**G = 20,65 kN/ml**

- **Charges d'exploitation** :

On considère des étagères de dimensions 150cm*180cm*50cm (l * h * p), disposant de 7 rangs, et de poids maximum estimé (poids propre + livres ou archives) à 40 kg/ml (50 kg/rang+ poids propre du meuble à 50 kg).

- De X=0 à X=0,50m : 800 kg/m2
- De X=0,50m à X=1,40m : 250 kg/m2
- De X=1,40m à X=2,40m : 800 kg/m2
- De X=2,40m à X=4,00m : 250 kg/m2
- De X=4,00m à 4,50m : 800 kg/m2

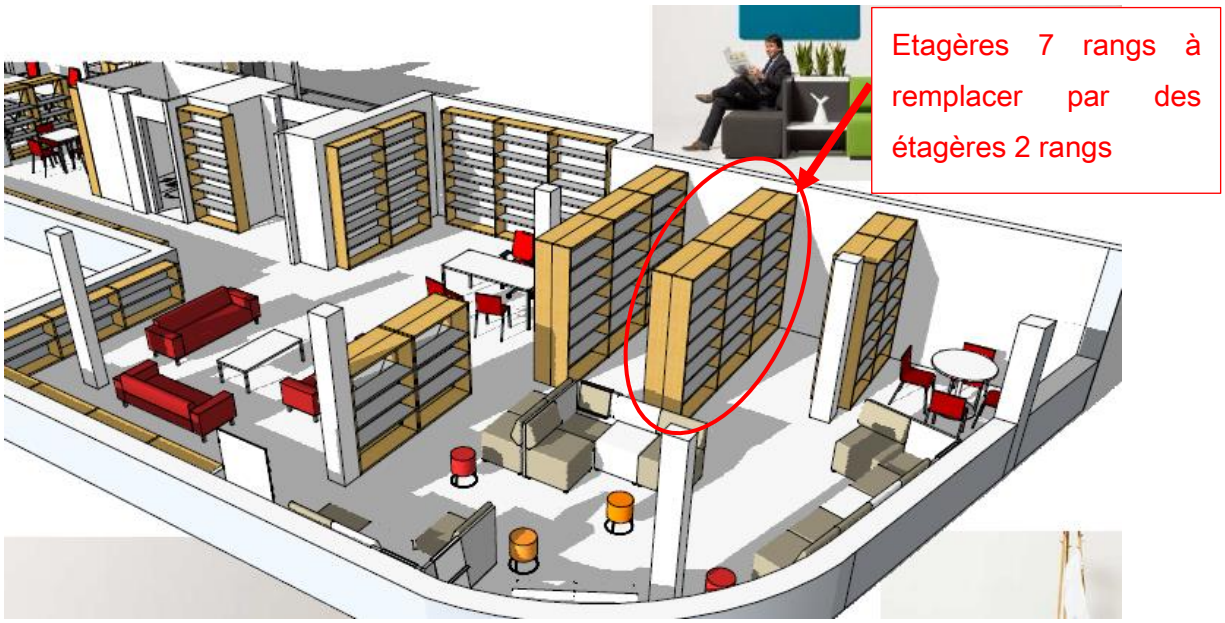
Le moment ELU sollicitant induit par ces charges est égal à : **41,47 kN.m, soit une augmentation de 26,9% ((41,47-32,69)/32,69).**

IV. Conclusions et Préconisations

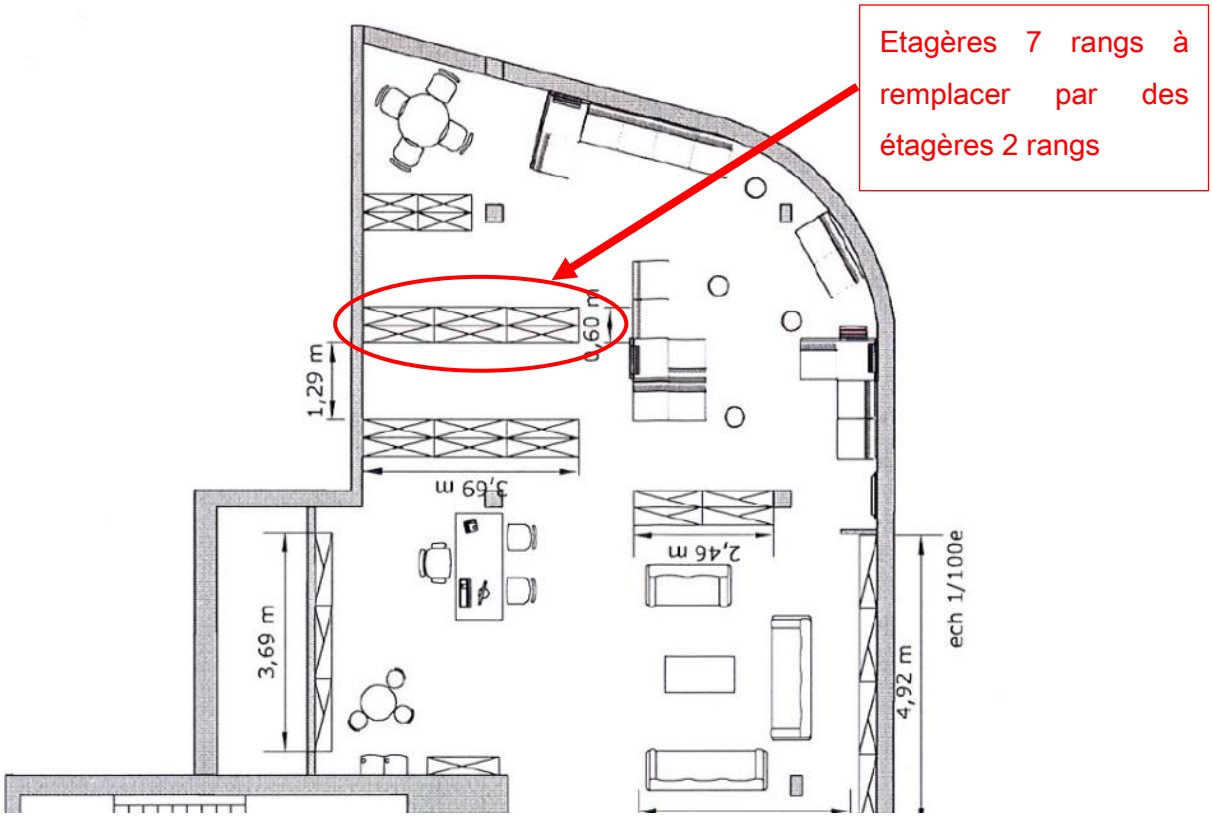
Le projet de bibliothèque est donc réalisable sans prévoir de renforcement sous réserve du respect des préconisations du présent rapport.

Les résultats obtenus sont satisfaisants vis-à-vis du projet : les capacités portantes obtenues sur les poutres en béton armé sont dans les 2 cas supérieures ou égales à la charge d'exploitation du projet, à savoir 400 kg/m2 (donnée fournie par le client).

Seule une zone précise ne satisfait pas aux critères d'augmentation du moment sollicitant.
A titre de prévention, et afin de limiter le moment sollicitant induit par les nouvelle charges, nous préconisons de supprimer (dans la zone la plus chargée, à mi travée de la dalle) une file d'étagères de grandes hauteurs (7 rangs) et de la remplacer par une file d'étagères de faible hauteur (2 rangs) comme le montre le plan de principe ci-dessous :



Vue aérienne de la zone la plus chargée : aménagement à modifier



Vue en plan de la zone la plus chargée : aménagement à modifier

∴

La mission s'achève à la remise du présent rapport, sauf demande de renseignement complémentaire entrant dans le cadre de la présente mission.

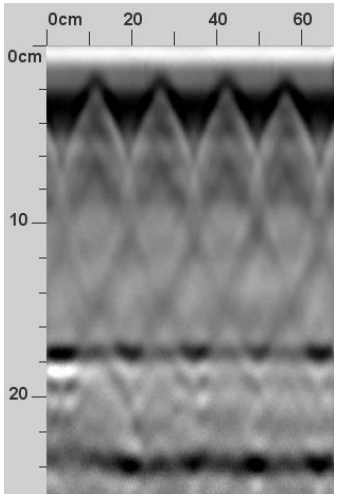
∴

Fait à Aubagne, le 25 Mai 2018

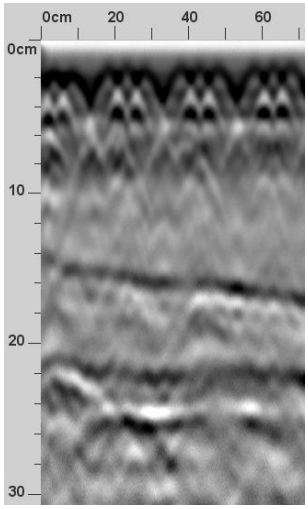
M. MARIANI / M. KNELLWOLF

V. Annexe 1 : radargrammes PHT R+1

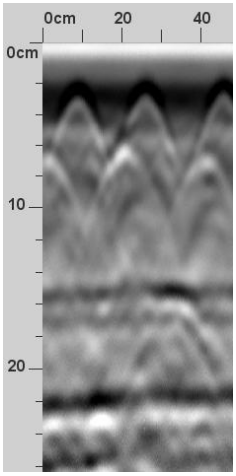
V.1 Profil R02 (zone 1)



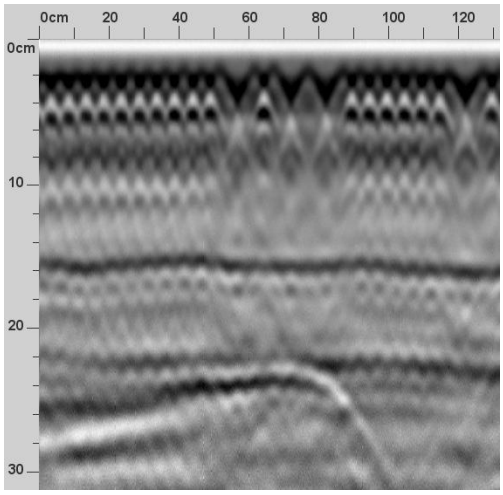
V.2 Profil R06 (zone 1)



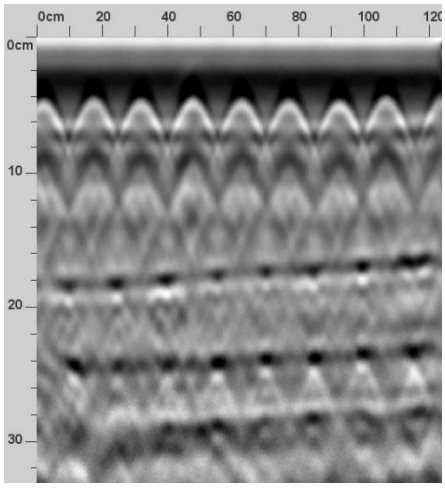
V.3 Profil R07 (zone 1)



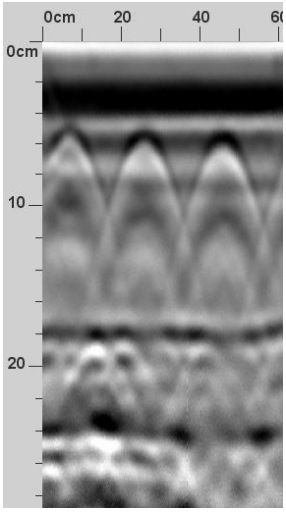
V.4 Profil R018 (zone 2)



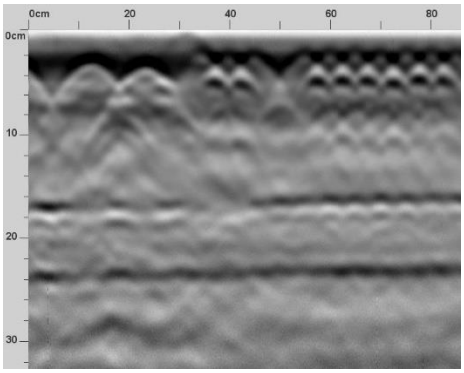
V.5 Profil R019 (zone 2)



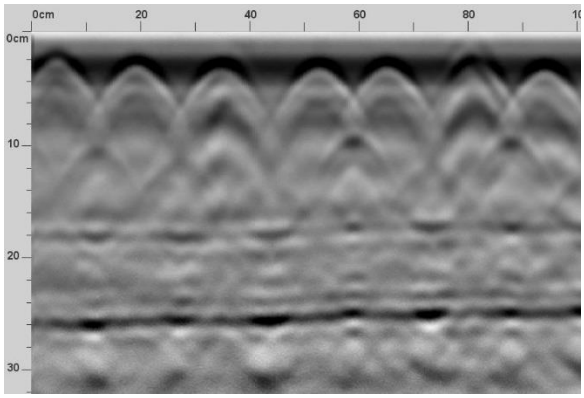
V.6 Profil R020 (zone 2)



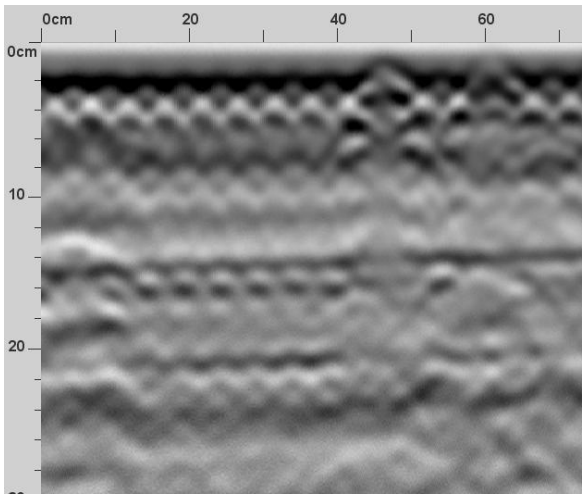
V.7 Profil R029 (zone 2)



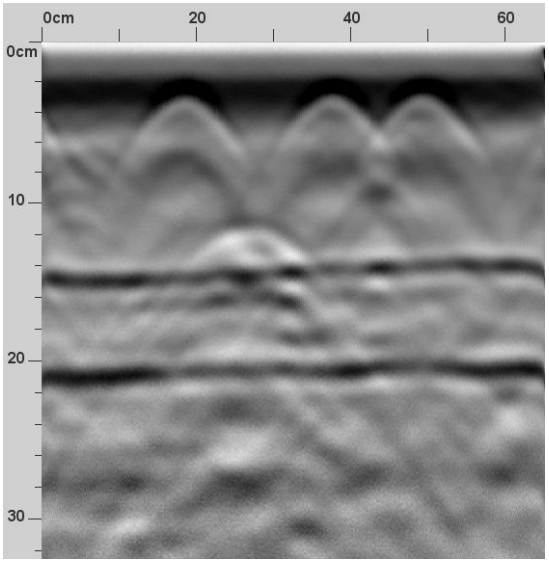
V.8 Profil R032 (zone 2)



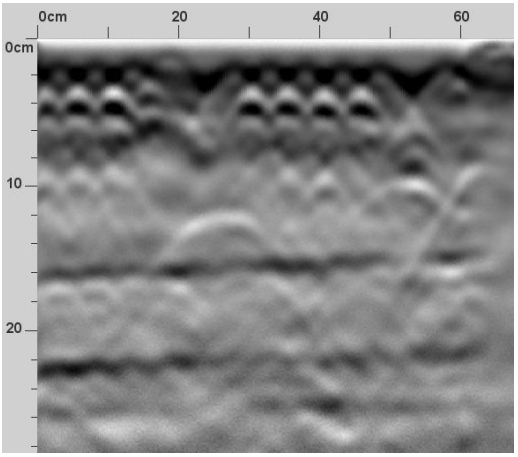
V.9 Profil R039 (zone 3)



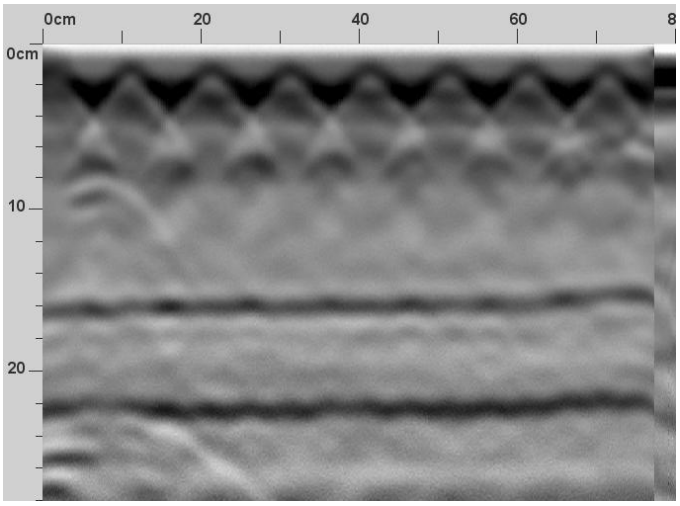
V.10 Profil R040 (zone 3)



V.11 Profil R041 (zone 3)



V.12 Profil R042 (zone 3)



VI. Annexe 2 : notes de calcul des capacités portantes

VI.1 Poutre zone 2 (sondages Po3 et Po5)

Niveau:

- Nom : Niveau standard
- Niveau de l'étage : ---
- Tenue au feu : 0 h
- Fissuration : peu préjudiciable
- Milieu : non agressif

2 Poutre: Poutre Po3 Po5 Nombre: 1

2.1 Caractéristiques des matériaux:

- Béton : fc28 = 30,00 (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m3)
- Armature longitudinale : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)
- Armature transversale : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)
- Armature additionnelle: : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)

2.2 Géométrie:

2.2.1

Désignation	Position	APG (m)	L (m)	APD (m)
Travée 1	**Travée**	**0,90**	**4,50**	**0,43**

Section de 0,00 à 4,50 (m)
40,5 x 43,0 (cm)
Pas de plancher gauche
Pas de plancher droit

2.2.2

Désignation	Position	APG (m)	L (m)	APD (m)
Travée	**Travée**	**0,43**	**2,20**	**0,20**

Section de 0,00 à 2,20 (m)
40,5 x 43,0 (cm)
Pas de plancher gauche
Pas de plancher droit

2.3 Hypothèses de calcul:

- Règlement de la combinaison : BAEL 91
- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Dispositions sismiques : non
- Poutres préfabriquées : non
- Enrobage : Aciers inférieurs c = 3,0 (cm)
  : latéral c1 = 3,0 (cm)
  : supérieur c2 = 3,0 (cm)
- Tenue au feu : forfaitaire
- Coefficient de redistribution des moments sur appui : 0,80
- Ancrage du ferraillage inférieur:
  - appuis de rive (gauche) : Auto
  - appuis de rive (droite) : Auto
  - appuis intermédiaires (gauche) : Auto
- appuis intermédiaires (droite) : Auto

2.4 Chargements:

2.4.1 Répartis:

Type	Nature	Pos.	Désignation	γ_f	X_0 (m)	P_{z0} (kN/m)	X_1 (m)	P_{z1} (kN/m)	X_2 (m)	P_{z2} (kN/m)	X_3 (m)
uniforme	permanente	(poids propre)	en haut	1-2		1,35	-	40,62	-	-	-
uniforme	d'exploitation	-	en haut	1-2	1,50	-	22,40	-	-	-	-

2.5 Résultats théoriques:

2.5.1 Réactions

Appui V1

Cas	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
G1	-	74,26	-	0,00
G2(1)	-	41,94	-	-0,00
G2(2)	-	-0,99	-	0,00
Pondération max:	-	163,15	-	0,00
Pondération min:	-	72,77	-	-0,00

Appui V2

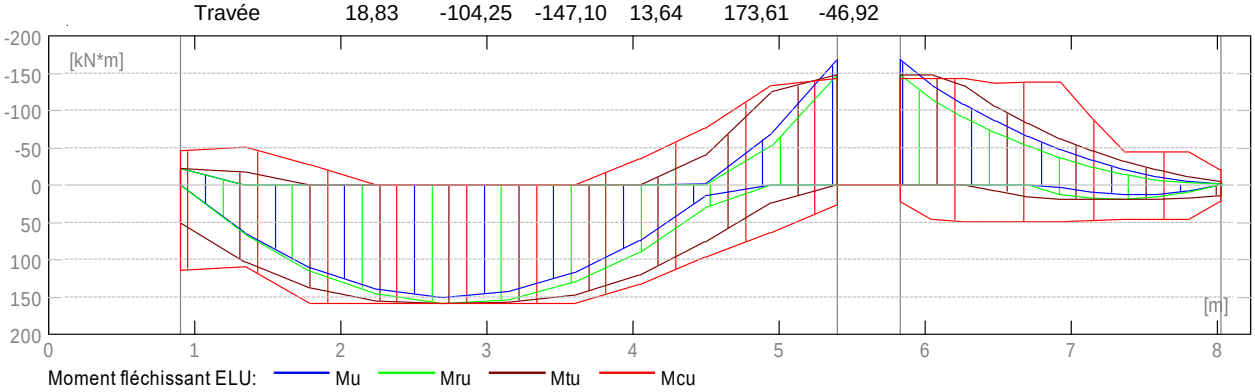
Cas	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
G1	-	188,27	-	-0,00
G2(1)	-	76,17	-	-0,00
G2(2)	-	27,65	-	0,00
Pondération max:	-	409,91	-	-0,00
Pondération min:	-	188,27	-	-0,00

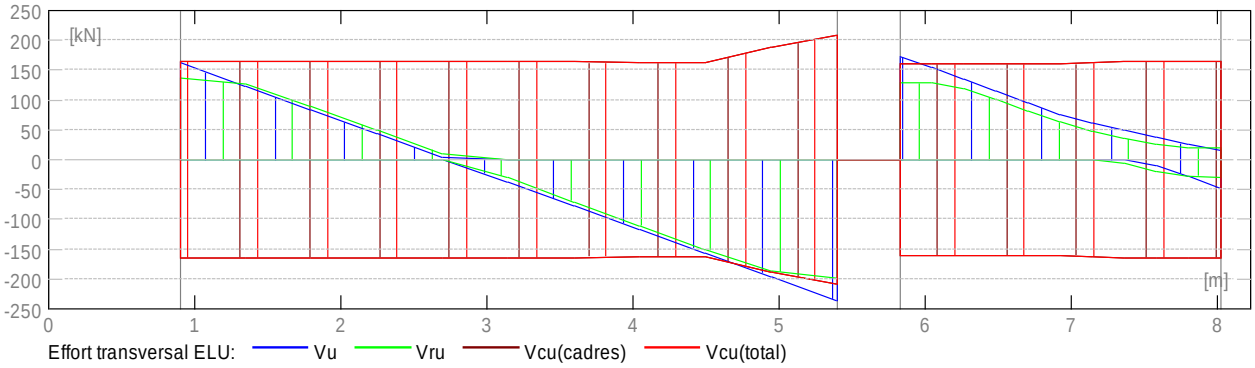
Appui

Cas	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
G1	-	9,62	-	-0,00
G2(1)	-	-17,31	-	-0,00
G2(2)	-	22,62	-	0,00
Pondération max:	-	46,92	-	-0,00
Pondération min:	-	-16,34	-	-0,00

2.5.2 Sollicitations ELU

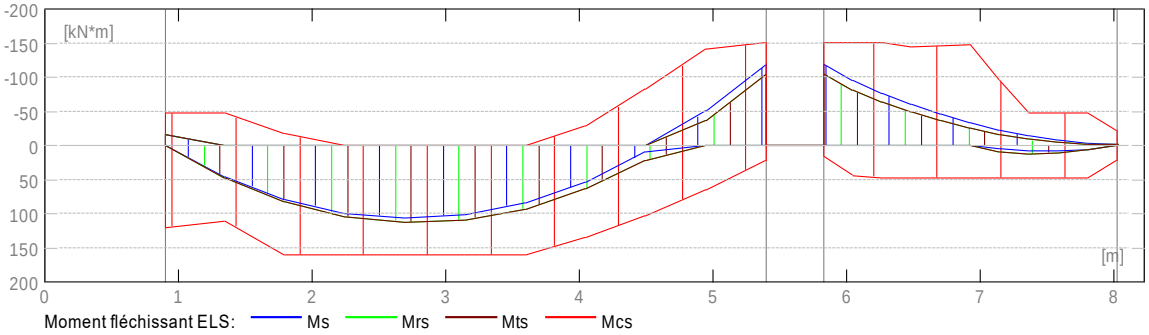
Désignation	Mtmax. (kN*m)	Mtmin. (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
Travée 1	158,73	-0,00	50,87	-147,10	163,15	-236,30
Travée	18,83	-104,25	-147,10	13,64	173,61	-46,92

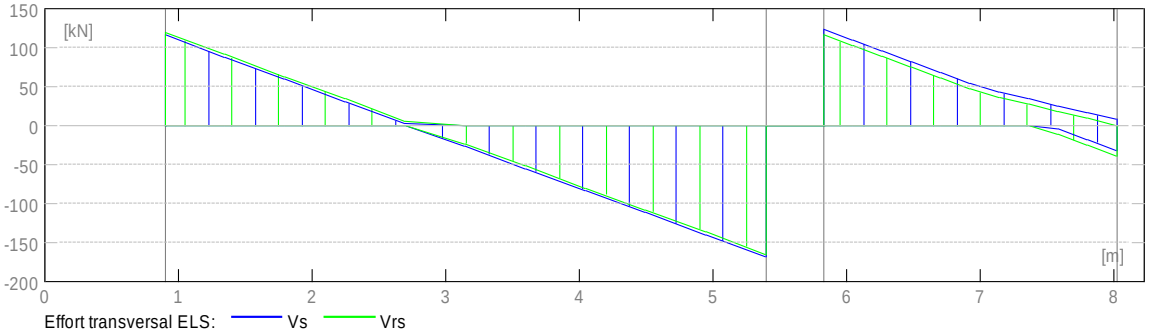


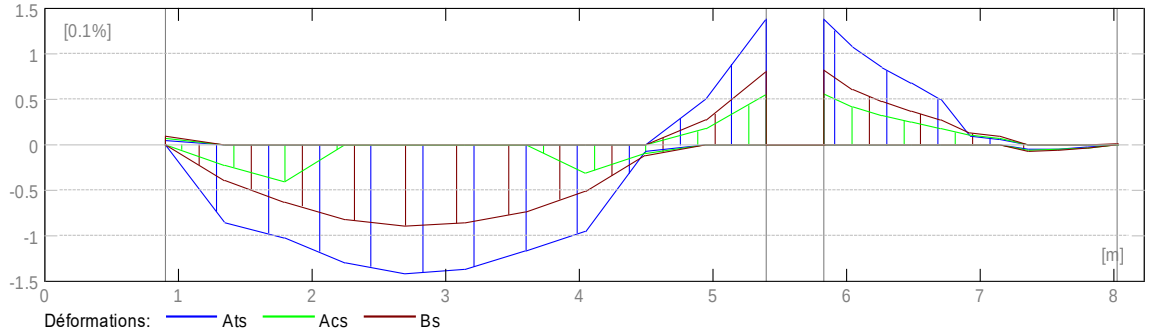


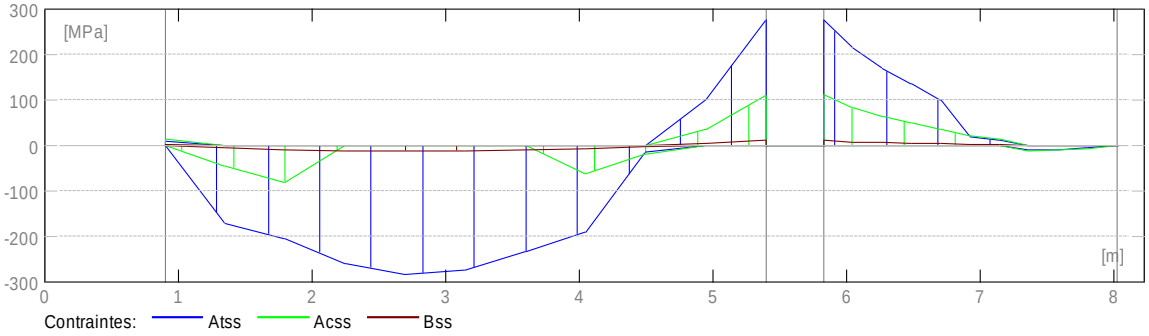
2.5.3 Sollicitations ELS

Désignation	Mtmax. (kN*m)	Mtmin. (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
Travée 1	113,23	0,00	-16,06	-104,23	116,19	-168,39
Travée	12,18	-49,21	-104,23	-1,21	123,71	-32,24







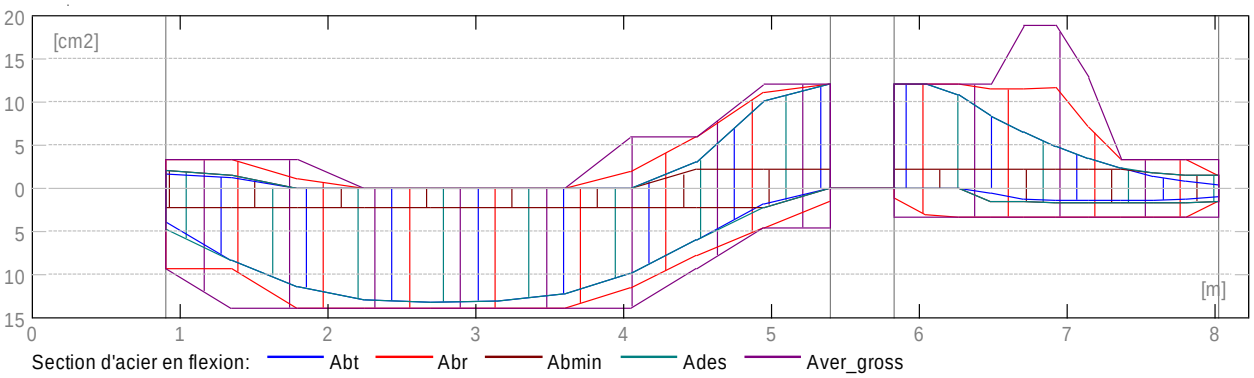


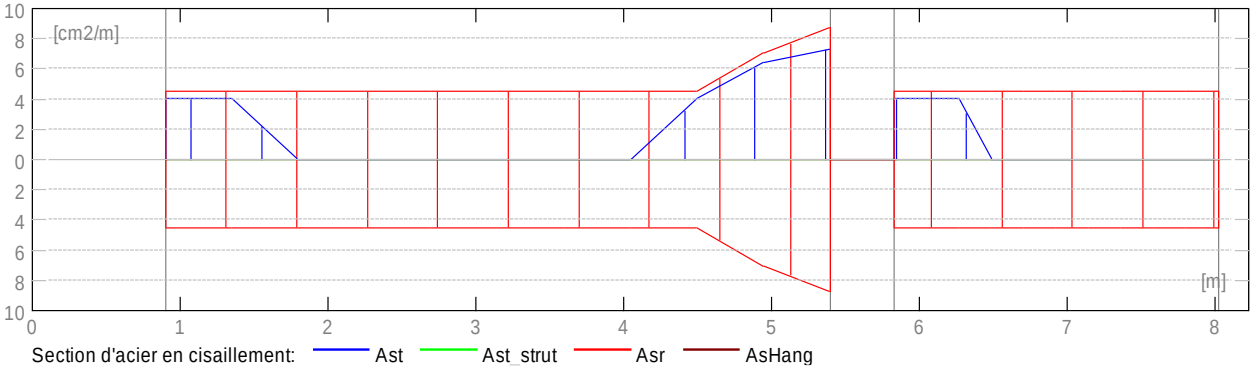
2.5.4 Sollicitations ELU - combinaison rare

Désignation	Mtmax. (kN*m)	Mtmin. (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
Travée 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Travée	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

2.5.5 Sections Théoriques d'Acier

Désignation	Travée (cm2)		Appui gauche (cm2)		Appui droit (cm2)	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
Travée 1	13,16	0,00	3,91	1,71	0,00	12,10
Travée	1,42	0,00	0,00	12,10	1,01	0,37

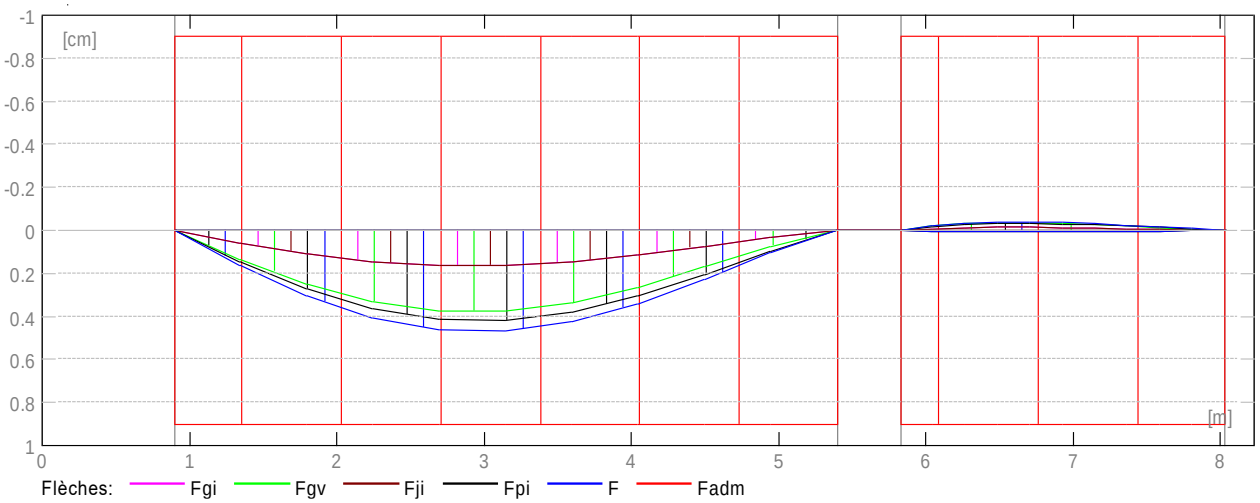




2.5.6 Flèches

Fgi - flèche due aux charges permanentes totales
Fgv - flèche de longue durée due aux charges permanentes
Fji - flèche due aux charges permanentes à la pose des cloisons
Fpi - flèche due aux charges permanentes et d'exploitation
ΔFt - part de la flèche totale comparable à la flèche admissible
Fadm - flèche admissible

Travée	Fgi (cm)	Fgv (cm)	Fji (cm)	Fpi (cm)	ΔFt (cm)	Fadm (cm)
Travée 1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	0,9
Travée	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,9



2.5.7 Contrainte dans la bielle comprimée

Valeur admissible: 16,00 (MPa)

	a/add (m)	σbc A (MPa)	Atheor (cm2)	Ar (cm2)
Travée Travée 1 Appui gauche				
Vu = 163,15(kN)				
Bielle inférieure	0,85	0,95	4,69	9,24
Travée Travée 1 Appui droit				
Vu = 236,30(kN)				
Bielle inférieure	0,39	2,99	0,00	1,50
Travée Travée Appui gauche				
Vu = 173,61(kN)				
Bielle inférieure	0,39	2,20	0,00	1,10
Travée Travée Appui droit				
Vu = 46,92(kN)				
Bielle inférieure	0,15	1,54	1,35	1,56

2.6 Résultats théoriques - détaillés:

2.6.1 Travée 1 : Travée de 0,90 à 5,40 (m)

	ELU		ELS		ELU - comb. acc.				
Abscisse	M max.	M min.	M max.	M min.	M max.	M min.	A chapeau	A travée	A compr.
(m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(cm2)	(cm2)	(cm2)
0,90	50,87	-22,56	0,00	-16,06	0,00	0,00	1,71	3,91	0,00
1,35	103,73	-17,25	47,45	0,00	0,00	0,00	1,32	8,31	0,00
1,80	138,67	-0,00	82,14	0,00	0,00	0,00	0,00	11,35	0,00
2,25	155,71	-0,00	104,06	0,00	0,00	0,00	0,00	12,88	0,00
2,70	158,73	-0,00	113,23	0,00	0,00	0,00	0,00	**13,16**	0,00
3,15	157,54	-0,00	109,63	0,00	0,00	0,00	0,00	13,05	0,00
3,60	148,23	-0,00	93,27	0,00	0,00	0,00	0,00	12,20	0,00
4,05	121,01	-0,00	64,15	0,00	0,00	0,00	0,00	9,79	0,00
4,50	75,89	-39,60	22,27	0,00	0,00	0,00	3,05	5,96	0,00
4,95	23,65	-124,65	0,00	-36,38	0,00	0,00	10,11	1,81	0,00
5,40	0,00	-147,10	0,00	-104,23	0,00	0,00	**12,10**	0,00	0,00

2.6.2 Travée : Travée de 5,83 à 8,03 (m)

	ELU		ELS		ELU - comb. acc.				
Abscisse	M max.	M min.	M max.	M min.	M max.	M min.	A chapeau	A travée	A compr.
(m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(cm2)	(cm2)	(cm2)
5,83	0,00	-147,10	0,00	-104,23	0,00	0,00	**12,10**	0,00	0,00
6,05	0,00	-147,10	0,00	-80,96	0,00	0,00	12,10	0,00	0,00
6,27	0,00	-132,84	0,00	-64,10	0,00	0,00	10,83	0,00	0,00
6,49	7,56	-104,25	0,00	-49,21	0,00	0,00	8,36	0,57	0,00
6,71	15,95	-82,08	0,00	-36,28	0,00	0,00	6,48	1,22	0,00
6,93	18,43	-62,56	0,00	-25,32	0,00	0,00	4,87	1,40	0,00
7,15	18,83	-45,70	10,14	-16,32	0,00	0,00	3,49	1,42	0,00
7,37	18,83	-31,49	12,18	-9,29	0,00	0,00	2,36	1,40	0,00
7,59	18,83	-19,93	11,17	-4,23	0,00	0,00	1,44	1,36	0,00
7,81	17,70	-11,07	7,11	-1,13	0,00	0,00	0,81	1,30	0,00
8,03	13,64	-5,01	0,00	-1,21	0,00	0,00	0,37	1,01	0,00

VI.2 Poutre zone 3 (sondages Po4 et Po6)

1 Niveau:

- Nom : Niveau standard
- Niveau de l'étage : ---
- Tenue au feu : 0 h
- Fissuration : peu préjudiciable
- Milieu : non agressif

2 Poutre: Poutre Po4 Po6 Nombre: 1

2.1 Caractéristiques des matériaux:

- Béton : fc28 = 30,00 (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m3)
- Armature longitudinale : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)
- Armature transversale : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)
- Armature additionnelle: : type HA 400 fe = 400,00 (MPa)

2.2 Géométrie:

2.2.1

Désignation	Position	APG (m)	L (m)	APD (m)
Travée 1	**Travée**	**0,20**	**2,11**	**0,29**

Section de 0,00 à 2,11 (m)
31,0 x 67,0 (cm)
Pas de plancher gauche
Pas de plancher droit
31,0 x 67,0, Excentrement (+ haut, - bas): 0,0 x +0,0 (cm)
Pas de plancher gauche
Pas de plancher droit

2.2.2

Désignation	Position	APG (m)	L (m)	APD (m)
	Travée	**0,29**	**4,70**	**0,23**

Section de 0,00 à 4,70 (m)
31,0 x 67,0, Excentrement (+ haut, - bas): 0,0 x -0,0 (cm)
Pas de plancher gauche
Pas de plancher droit

2.2.3

Désignation	Position	APG (m)	L (m)	APD (m)
	Console D	**0,23**	**0,70**	**----**

Section de 0,00 à 0,70 (m)
31,0 x 46,0, Excentrement (+ haut, - bas): 0,0 x +21,0 (cm)
Pas de plancher gauche
Pas de plancher droit
31,0 x 46,0, Excentrement (+ haut, - bas): 0,0 x -0,0 (cm)
Pas de plancher gauche
Pas de plancher droit

2.3 Hypothèses de calcul:

- Règlement de la combinaison : BAEL 91
- Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99
- Dispositions sismiques : non
- Poutres préfabriquées : non
- Enrobage : Aciers inférieurs c = 5,0 (cm)
  : latéral c1 = 3,0 (cm)
  : supérieur c2 = 3,0 (cm)
- Tenue au feu : forfaitaire
- Coefficient de redistribution des moments sur appui : 0,80
- Ancrage du ferraillage inférieur:
  - appuis de rive (gauche) : Auto
  - appuis de rive (droite) : Auto
  - appuis intermédiaires (gauche) : Auto
- appuis intermédiaires (droite) : Auto

2.4 Chargements:

2.4.1 Répartis:

Type	Nature	Pos.	Désignation	γf	X_0 (m)	P_{z0} (kN/m)	X_1 (m)	P_{z1} (kN/m)	X_2 (m)	P_{z2} (kN/m)	X_3 (m)
uniforme	permanente	(poids propre)	en haut	1-3		1,35	-	28,34	-	-	-
uniforme	d'exploitation	en haut	1-3	1,50	-	18,00	-	-	-	-	-

2.5 Résultats théoriques:

2.5.1 Réactions

Appui V1

Cas	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
G1	-	3,12	-	0,00
G2(1)	-	17,52	-	0,00
G2(2)	-	-16,26	-	0,00
G2(3)	-	0,72	-	0,00
Pondération max:	-	31,58	-	0,00
Pondération min:	-	-21,26	-	0,00

Appui V2

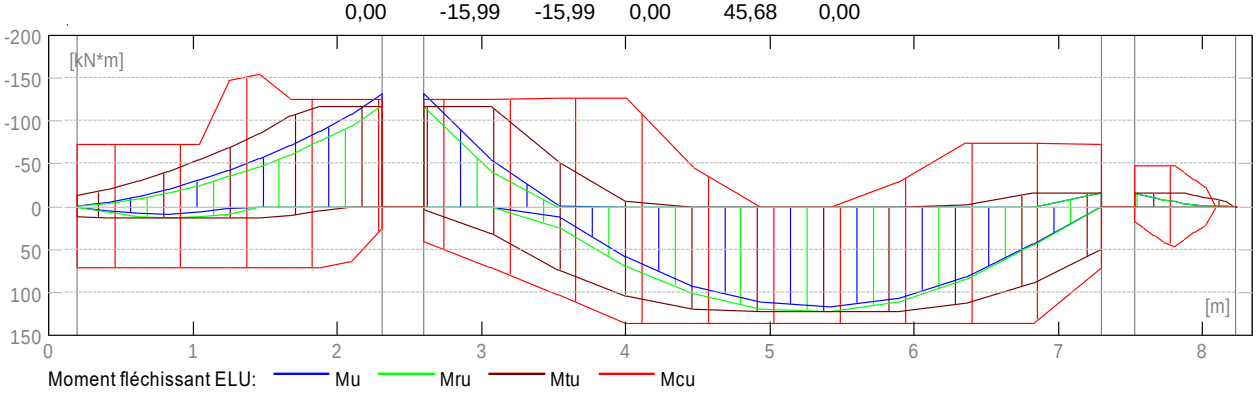
Cas	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
G1	-	133,82	-	-0,00
G2(1)	-	21,12	-	0,00
G2(2)	-	65,86	-	-0,00
G2(3)	-	-1,98	-	0,00
Pondération max:	-	311,12	-	-0,00
Pondération min:	-	130,84	-	-0,00

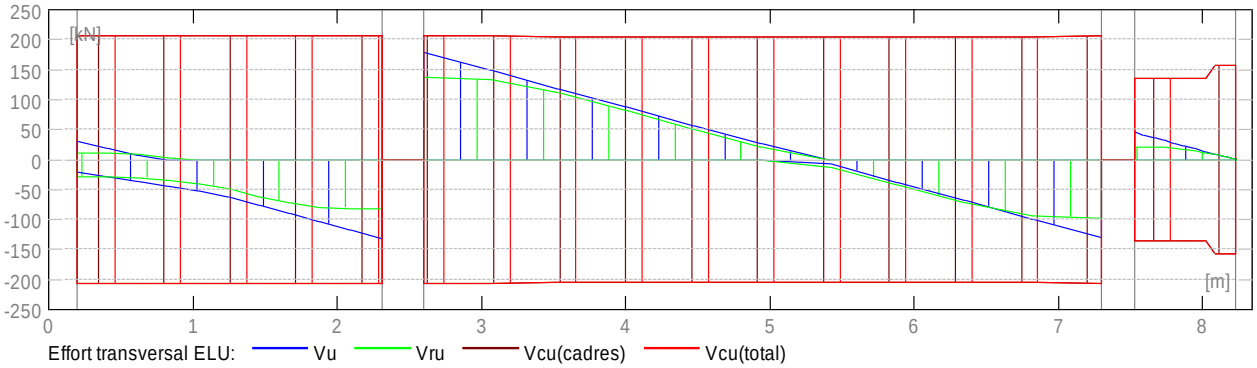
Appui

Cas	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
G1	-	75,89	-	0,00
G2(1)	-	-0,66	-	-0,00
G2(2)	-	35,00	-	0,00
G2(3)	-	13,86	-	0,00
Pondération max:	-	175,75	-	0,00
Pondération min:	-	74,90	-	0,00

2.5.2 Sollicitations ELU

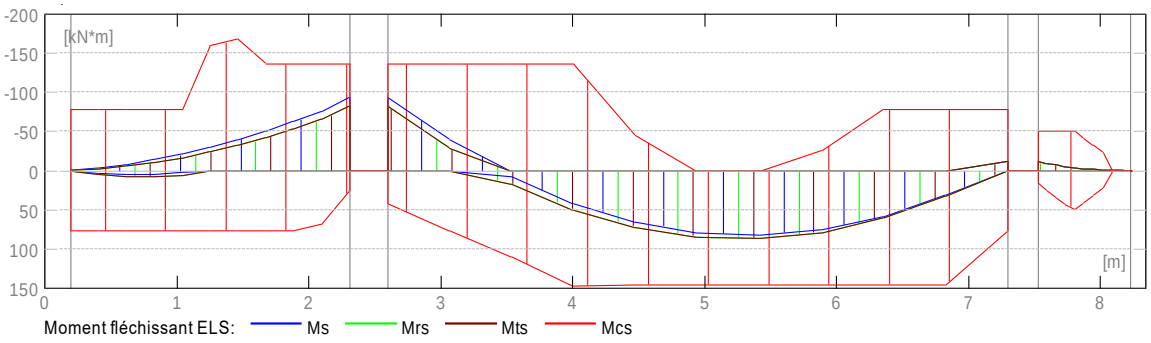
Désignation	Mtmax. (kN*m)	Mtmin. (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
Travée 1	12,78	-106,29	-12,64	-117,13	31,58	-131,59
	122,38	-5,83	-117,13	50,82	179,53	-130,07
	0,00	-15,99	-15,99	0,00	45,68	0,00

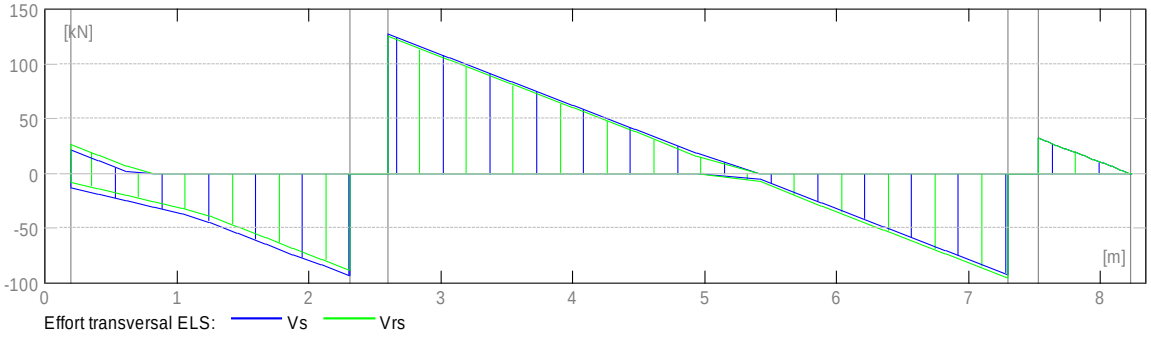


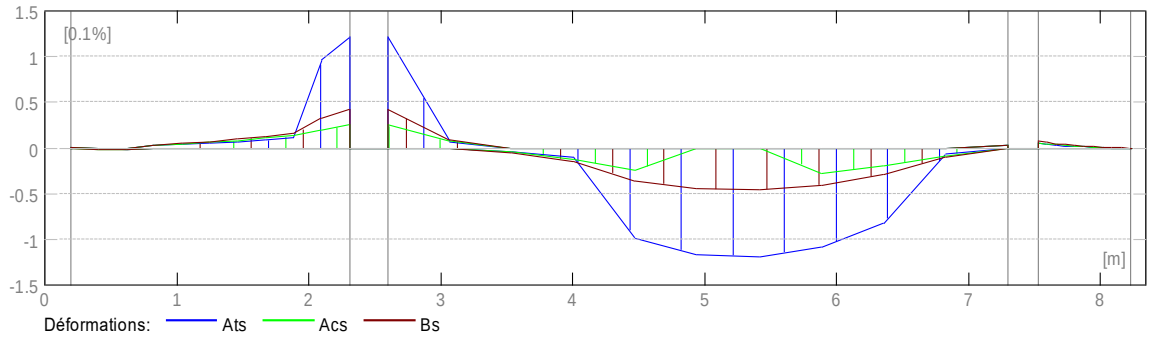


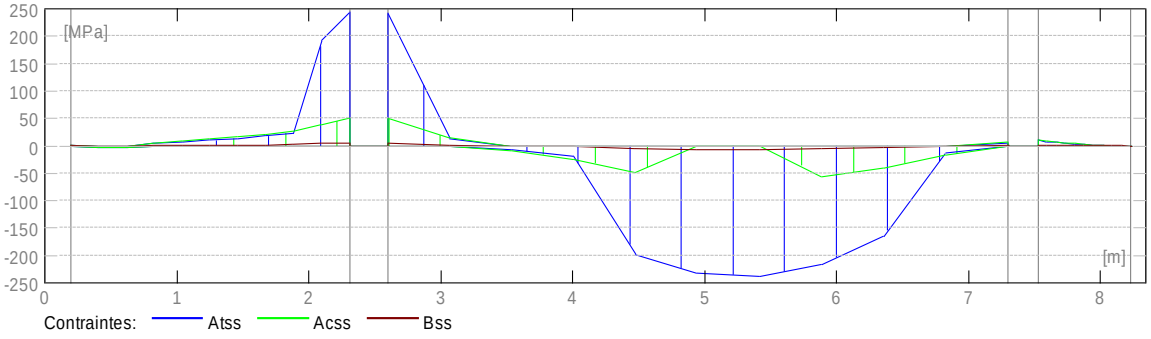
2.5.3 Sollicitations ELS

Désignation	Mtmax. (kN*m)	Mtmin. (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
Travée 1	7,63	-42,40	-0,73	-82,61	21,36	-93,39
	86,87	0,00	-82,61	-11,35	127,40	-92,32
	0,00	-5,56	-11,35	0,00	32,44	0,00







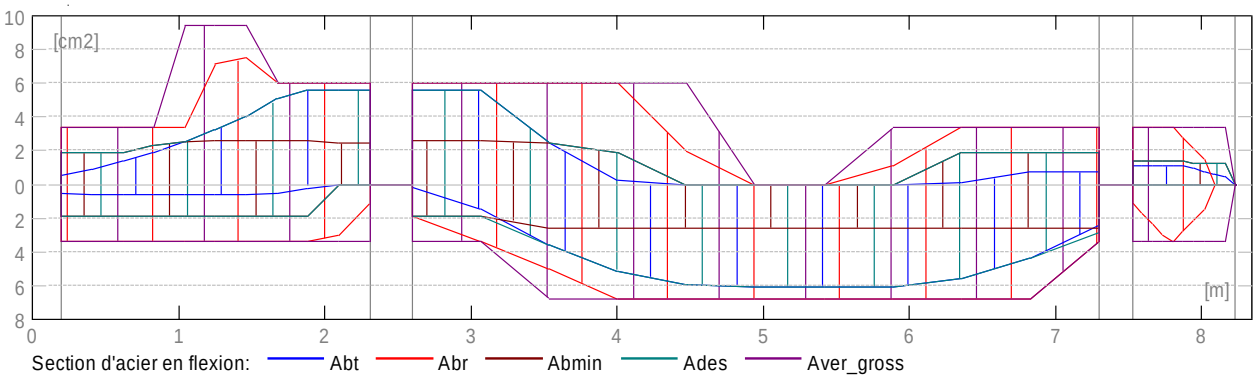


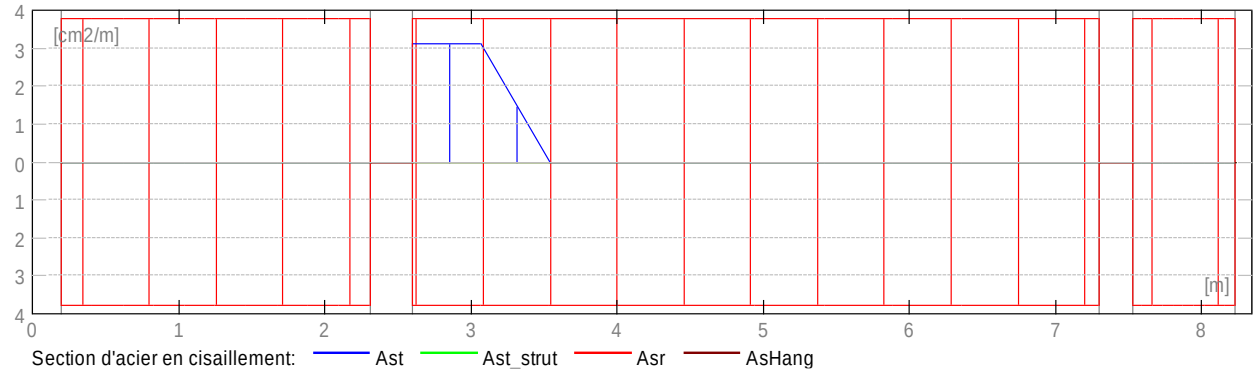
2.5.4 Sollicitations ELU - combinaison rare

Désignation	Mtmax. (kN*m)	Mtmin. (kN*m)	Mg (kN*m)	Md (kN*m)	Vg (kN)	Vd (kN)
Travée 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

2.5.5 Sections Théoriques d'Acier

Désignation	Travée (cm2)		Appui gauche (cm2)		Appui droit (cm2)	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
Travée 1	0,61	0,00	0,56	0,57	0,00	5,60
	6,07	0,00	0,16	5,60	2,46	0,74
	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00

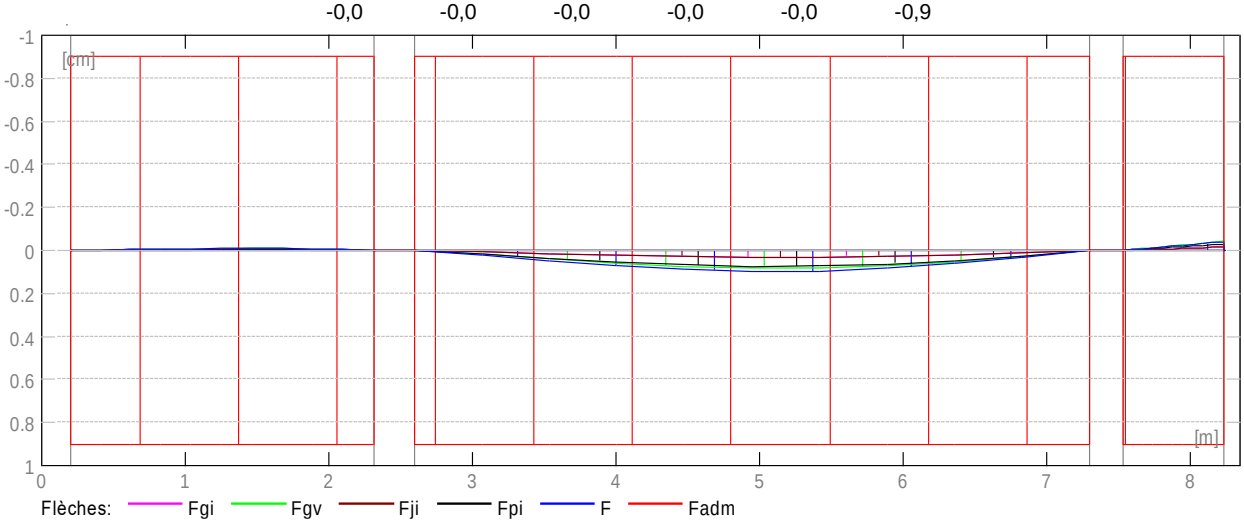




2.5.6 Flèches

Fgi - flèche due aux charges permanentes totales
Fgv - flèche de longue durée due aux charges permanentes
Fji - flèche due aux charges permanentes à la pose des cloisons
Fpi - flèche due aux charges permanentes et d'exploitation
ΔFt - part de la flèche totale comparable à la flèche admissible
Fadm - flèche admissible

Travée	Fgi (cm)	Fgv (cm)	Fji (cm)	Fpi (cm)	ΔFt (cm)	Fadm (cm)
Travée 1	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,9
	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,9
	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,9



2.5.7 Contrainte dans la bielle comprimée

Valeur admissible: 16,00 (MPa)

	a/add (m)	σbc A (MPa)	Atheor (cm2)	Ar (cm2)
Travée Travée 1 Appui gauche				
Vu = 31,58(kN)				
Bielle inférieure	0,13	1,57	0,91	3,39
Travée Travée 1 Appui droit				
Vu = 131,59(kN)				
Bielle inférieure	0,25	3,40	0,00	1,10
Travée Appui gauche				
Vu = 179,53(kN)				
Bielle inférieure	0,25	4,63	0,00	1,86
Travée Appui droit				
Vu = 130,07(kN)				
Bielle inférieure	0,19	4,42	2,90	3,39
Travée Appui gauche				
Vu = 45,68(kN)				
Bielle inférieure	0,19	1,55	0,03	1,10

2.6 Résultats théoriques - détaillés:

2.6.1 Travée 1 : Travée de 0,20 à 2,31 (m)

	ELU		ELS		ELU - comb. acc.				
Abscisse (m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	A chapeau (cm2)	A travée (cm2)	A compr. (cm2)
0,20	11,96	-12,64	0,00	-0,73	0,00	0,00	0,57	0,56	0,00
0,41	12,78	-20,55	4,61	-2,27	0,00	0,00	0,93	0,60	0,00
0,62	12,78	-30,17	7,15	-5,81	0,00	0,00	1,38	0,60	0,00
0,83	12,78	-41,48	7,63	-10,60	0,00	0,00	1,92	0,61	0,00
1,04	12,78	-54,50	6,04	-16,66	0,00	0,00	2,54	0,61	0,00
1,26	12,78	-69,22	0,00	-23,98	0,00	0,00	3,25	0,61	0,00
1,47	12,48	-85,65	0,00	-32,56	0,00	0,00	4,05	0,60	0,00
1,68	10,68	-106,29	0,00	-42,40	0,00	0,00	5,06	0,51	0,00
1,89	4,86	-117,13	0,00	-53,51	0,00	0,00	5,60	0,23	0,00
2,10	0,00	-117,13	0,00	-65,87	0,00	0,00	5,60	0,00	0,00
2,31	0,00	-117,13	0,00	-82,61	0,00	0,00	5,60	0,00	0,00

2.6.2 : Travée de 2,60 à 7,30 (m)

	ELU		ELS		ELU - comb. acc.				
Abscisse (m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	A chapeau (cm2)	A travée (cm2)	A compr. (cm2)
2,60	3,37	-117,13	0,00	-82,61	0,00	0,00	5,60	0,16	0,00
3,07	30,41	-117,13	0,00	-28,97	0,00	0,00	5,59	1,47	0,00
3,54	74,31	-52,10	17,24	0,00	0,00	0,00	2,44	3,62	0,00
4,01	104,22	-5,83	49,75	0,00	0,00	0,00	0,27	5,14	0,00
4,48	119,71	-0,00	72,36	0,00	0,00	0,00	0,00	5,93	0,00
4,95	122,38	-0,00	84,73	0,00	0,00	0,00	0,00	**6,07**	0,00
5,42	122,38	-0,00	86,87	0,00	0,00	0,00	0,00	**6,07**	0,00
5,89	122,38	-0,00	78,77	0,00	0,00	0,00	0,00	**6,07**	0,00
6,36	112,65	-2,25	60,44	0,00	0,00	0,00	0,10	5,57	0,00
6,83	88,95	-15,99	31,87	0,00	0,00	0,00	0,74	4,37	0,00
7,30	50,82	-15,99	0,00	-11,35	0,00	0,00	0,74	2,46	0,00

2.6.3 : Console D de 7,53 à 8,23 (m)

	ELU		ELS		ELU - comb. acc.				
Abscisse (m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	A chapeau (cm2)	A travée (cm2)	A compr. (cm2)
7,53	0,00	-15,99	0,00	-11,35	0,00	0,00	**1,13**	0,00	0,00
7,60	0,00	-15,99	0,00	-9,20	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00
7,67	0,00	-15,99	0,00	-7,27	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00
7,74	0,00	-15,99	0,00	-5,56	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00
7,81	0,00	-15,99	0,00	-4,09	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00
7,88	0,00	-15,99	0,00	-2,84	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00
7,95	0,00	-13,73	0,00	-1,82	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00
8,02	0,00	-10,93	0,00	-1,02	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00
8,09	0,00	-8,45	0,00	-0,45	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00
8,16	0,00	-6,29	0,00	-0,11	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00
8,23	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00