

Maître de l'Ouvrage :

Université Toulouse Jean Jaurès

RAPPORT DE DIAGNOSTIC

Opération :

**Centre universitaire de l'Ariège
Foix (09)**



B.E.T.E.P.

Bureau d'Etudes Techniques des Pyrénées

13, rue Gaston Manent

65000 TARBES

Tél. : 05 62 93 14 70

Fax : 05 62 51 15 98

Courriel : betep@betep.fr

Affaire BETEP n°22/03021

Date création initiale : 10/03/2022

Indice	Date	Contenu

Sommaire

1.	Constatations relevées	3
2.	Analyse interprétative des observations relevées	8
3.	Préconisations et conclusions du diagnostic visuel :	8
4.	Examen des plans DOE de structure :	9
4.1	Hypothèses des matériaux :	9
4.2	Hypothèses de calculs	9
4.3	Règlementation sismique :	10
4.4	Vérification du palier d'escalier par calculs :	13
4.5	Vérification de la poutre L34 par calculs :	15
4.6	Bilan structurel :	16
5.	Analyse des fondations :	17
6.	Préconisations :	18
7.	Conclusions :	20

A la suite de notre rapport de visite en date du 10/03/2022, nous avons demandé de récupérer les plans structure DOE et qu'une campagne de sondages de sol soit faite afin de déterminer les causes des sinistres énoncés dans notre 1^{er} rapport.

Dans ce nouveau rapport, nous rappelons dans un premier temps nos constatations visuelles énoncées dans le 1^{er} rapport puis nous analyserons les données qui nous sont parvenues suite à nos demandes ; à savoir les plans de structure DOE et les sondages géotechniques réalisés.

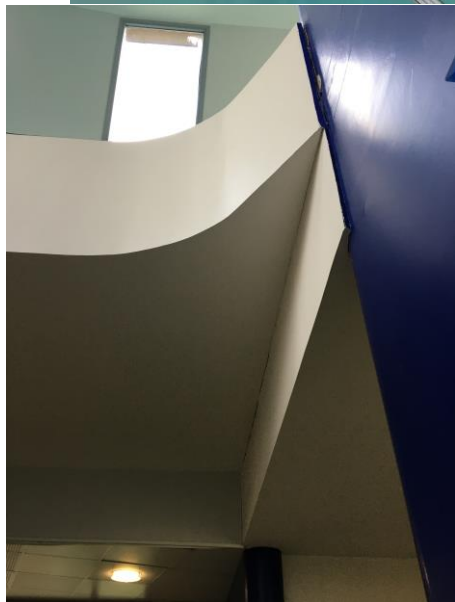
Rappel du rapport de visite daté du 10/03/2023 :

Pour rappel, ce rapport de visite a été réalisé uniquement sur la base de nos observations visuelles. Aucun calcul n'a été réalisé dans cette phase.

1. Constatations relevées

Intérieurs du bâtiment :

Les plans architectes ne correspondent pas à la réalité. Nous notons à l'intérieur du bâtiment l'absence d'une double structure au niveau du joint de dilatation. Le joint de dilatation est présent sur le palier escalier de l'étage, repéré grâce au couvre joint sur le plancher. Au niveau du garde-corps, ce joint semble avoir forcé ou travaillé avec apparition de fissure. On peut se demander s'il était présent à l'origine ou s'il est apparu avec le temps suite à des mouvements du bâtiment.



On observe une fissure en sous face du plancher le long du joint de dilatation.

Sans plan de structure et en présence du faux plafond, il nous est difficile de savoir comment le plancher haut RDC porte sur la structure. L'absence d'une double structure nous pose des problèmes de réflexion sur la structure du bâtiment.

A l'intérieur du bâtiment, nous notons aussi l'apparition de fissure dans le doublage et faux plafond au droit d'un poteau rond. Cela semble montrer que le bâtiment travaille et présente des déplacements anormaux.



Façade Est :

En façade Est, nous avons pu observer la présence du joint de dilatation.

L'appui du linteau pose question. A ce stade nous ne savons pas comment il tient. Le travail en console avec la présence du pan coupé semble difficilement réalisable. Ce linteau doit certainement s'appuyer sur l'autre bloc ce qui expliquerait la présence de fissure, peut être par goujonnage (interdit en sismique). Autre possibilité, le joint n'existait pas à l'origine et une fissure s'est créée au fil du temps...

Sur l'allège, nous pouvons constater que le béton éclate au niveau du joint. Nous apercevons du polystyrène dans le joint (c'est peut-être l'isolant intégré à l'allège). En sismique il est interdit d'obstruer les joints de dilatation.





Photo du linteau à l'intérieur du bâtiment



Autre remarque, nous notons un tassement du trottoir piétonnier.



Tassement du trottoir



Ce tassement montre que le terrain travaille, au droit du mur de soutènement du sous-sol. Une marche s'est créée entre le trottoir et la dalle portée de la coursive.

Les mouvements du bâtiment peuvent provenir d'un possible tassement différentiel sous les fondations.

Sous-sol :

Dans le sous-sol, nous notons la présence d'une fissure traversante dans le mur banché qui ferme le vide sanitaire. Cette fissure, de l'ordre du millimètre est en diagonale.

Les fissures en diagonales sont souvent induites par des tassements différentiels au niveau du sol d'assise des fondations.





Fissure dans banché

Dans le vide sanitaire, nous avons pu également constater une flexion du plancher hourdis. Ce plancher présente une portée assez grande, la flexion vient peut-être d'un sous dimensionnement à l'origine. Cette flexion pourrait expliquer la fissure qui s'est créée le long d'un poteau rond du RDC.



2. Analyse interprétative des observations relevées

D'après nos observations sur site, les désordres peuvent provenir des phénomènes suivants :

- Un tassement différentiel du sol entre les différents blocs. Ces 2 blocs ne sont pas fondés à la même altimétrie de part la configuration du terrain en pente. Il est possible qu'un tassement différentiel entraîne le bloc de droite, ce qui a certainement une influence sur les fissures ou éclatement de béton proche du JD. On a l'impression que ce joint de dilatation n'a pas été correctement conçu.
- D'un défaut de conception. En zone sismique, il faut une double structure au droit des joints de dilatation. Elle est présente sur le plan architecte mais pas sur site. De plus, les joints ne doivent pas être obstrués, ce qui ne semble pas être le cas ici. La largeur du joint semble faible. Nous ne savons pas comment porte le linteau de façade, ni le palier arrondi de l'escalier. Si ces éléments étaient accrochés à l'autre bloc, les désordres observés viendraient forcément de là.

Le bloc de droite est plus flexible que le bloc de gauche par la présence d'un plancher champignon sur des poteaux béton. Cette différence de rigidité entre les blocs entraîne une oscillation différente entre les blocs lors de séisme, ajouté à cela une conception du joint parasismique pas correcte, il est possible, lors d'un séisme même de faible magnitude, que les 2 blocs s'entrechoquent entraînant ainsi des dégradations au niveau du joint.

3. Préconisations et conclusions du diagnostic visuel :

Dans un 1er temps nous préconisons de mettre ces fissures en observations en surveillant leur évolution à l'aide de jauges (voir le site de Saugnac jauges spécialiste dans le domaine).

Il s'agit de poser une jauge sur la fissure observée sur le mur banché du sous-sol afin de vérifier si elle évolue ou pas.

Nous préconisons également la pose d'un étaie au niveau du linteau de la façade EST. Cet étaie peut-être posé à l'intérieur du bâtiment en attendant de savoir comment a été conçu le bâtiment.

Pour pouvoir continuer notre investigation et ainsi trouver le phénomène à l'origine des désordres, nous vous demandons de mener les investigations suivantes :

- Demander les plans DOE :
 - o Plan de structure gros œuvre
 - o Plans architectes complets avec les coupes
- Faire intervenir un géotechnicien afin de vérifier les éléments suivants :
 - o Vérifier s'il y a un tassement différentiel sous les fondations et sous le trottoir façade Est
 - o Définir le type de fondation
 - o Définir la contrainte de sol
 - o Vérifier la provenance de la fissuration du sol du vide sanitaire
- Déposer le faux plafond pour voir l'état de la structure du plancher haut rdc

Une fois tous ces éléments regroupés, nous pourrons alors analyser réellement s'il faut prévoir de renforcer ou pas le bâtiment.

Rapport de diagnostic – 2eme partie :

Après notre premier rapport basé sur nos observations visuelles sur sites, nous avons reçu les DOE structure et la société Fondasol a été missionnée pour réaliser les sondages de sol.

4. Examen des plans DOE de structure :

4.1 Hypothèses des matériaux :

- Béton : C25/30
- Armatures longitudinales et transversales : Fe E 500 MPa

4.2 Hypothèses de calculs

➤ **Règlements utilisés :**

La construction du bâtiment datant de 1998, les règlements utilisés pour les vérifications structurelles seront :

- BAEL 91
- Règlements NV65
- Règlement sismique : PS92

➤ **Chargements :**

- *Densité des matériaux :*
 - ✓ Béton : 2500 daN/m³
 - ✓ Maçonnerie agglos creux : 1350 daN/m³
 - ✓ Aciers : 7850 daN/m³
- *Actions permanentes indiquées sur plan :*
 - ✓ Revêtement de sol : 25 daN/m²
 - ✓ Cloisons : 25 daN/m²
- *Surcharges d'exploitation indiquées sur plan :*
 - ✓ Circulations : 400 Kg/m²

➤ **Actions climatiques**

- Neige :
 - ✓ Foix :
 - Altitude 400m
 - Zone 2A (règlement NV65)
 - Charges : 65 daN/m²
- Vent : zone 2

- Séisme :

- ✓ Zone sismique 3 suivant carte de 2011, zone 1a suivant PS92
- ✓ $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$
- ✓ Catégorie de bâtiment : III
- ✓ Classe de site C
- ✓ Coef d'importance : 1.2
- ✓ Paramètre de sol : 1.5

➤ **Déformation limite :**

- *Structure béton :*
 - ✓ Pour des portées inférieures à 5m : valeur limite $L/500$
 - ✓ Pour les portées $> 5\text{m}$: $0.5\text{cm} + L/1000$

4.3 **Règlementation sismique :**

Sur les plans DOE, nous avons observé de nombreuses défaillances vis-à-vis de la réglementation sismique.

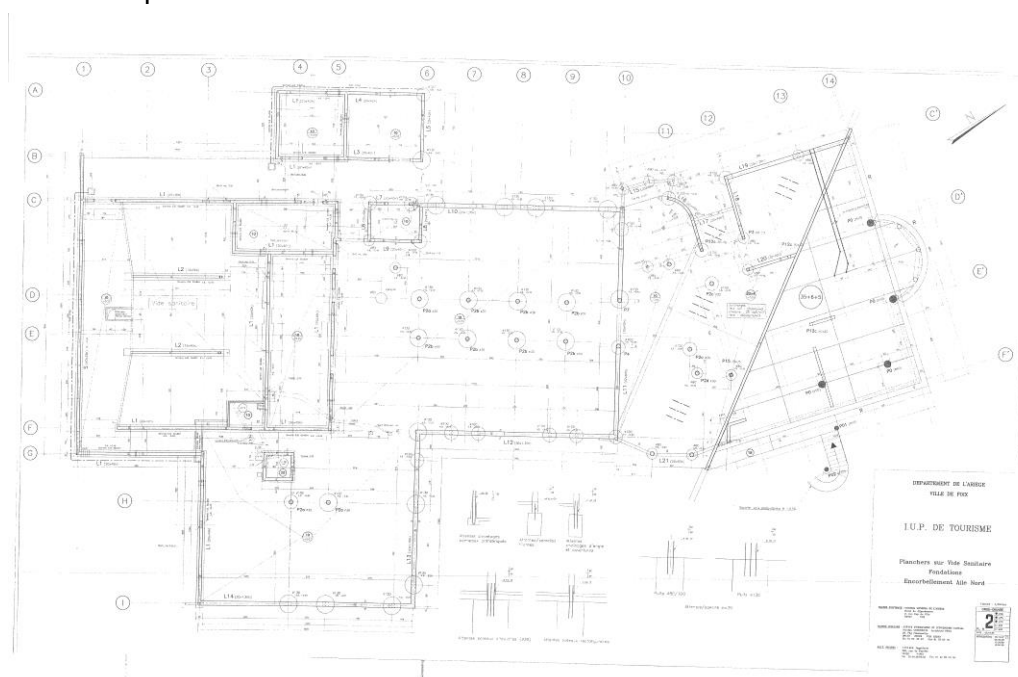
Il semble que les règlements sismiques n'aient pas été pris en compte dans la conception et la réalisation du projet à l'époque de la construction malgré les règles PS92 qui existaient déjà.

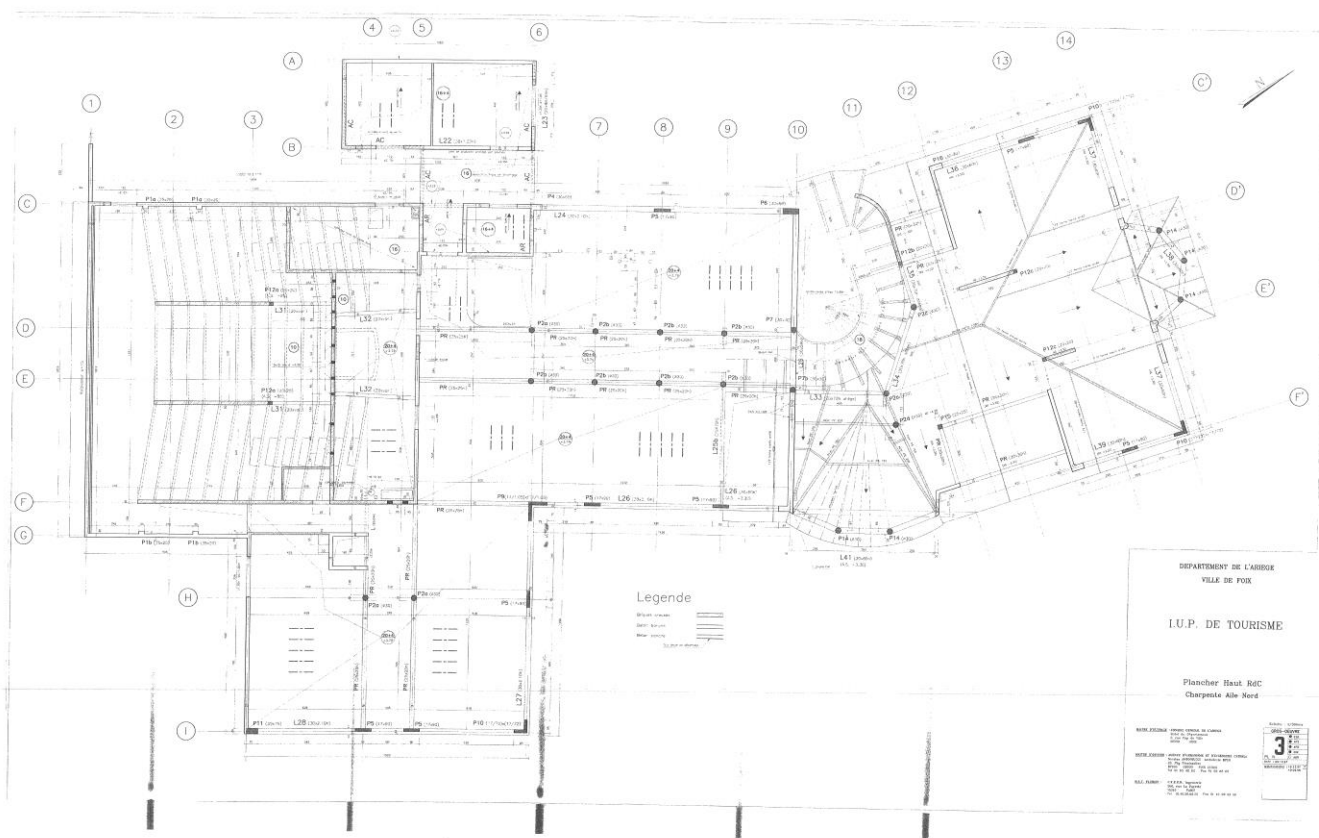
➤ **Conception :**

Concernant la conception, nous notons que les règlements sismiques n'ont pas été respectés.

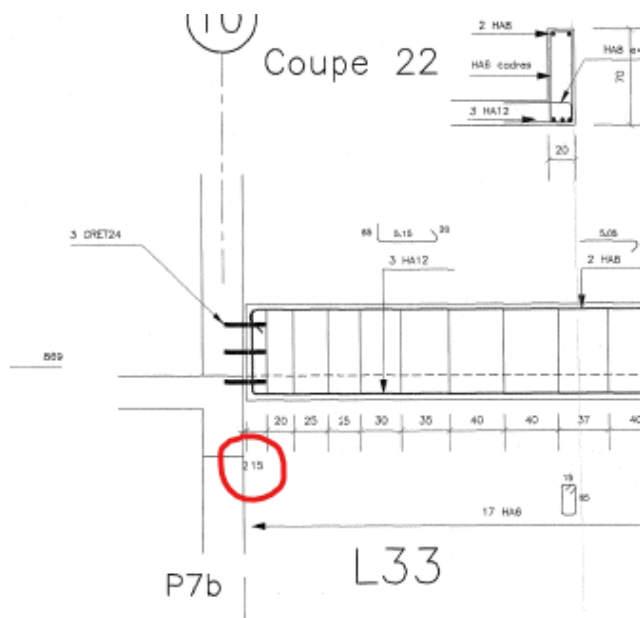
La forme du bâtiment est complexe et irrégulière d'un point de vue sismique avec une partie en RDC composée de murs béton en façade qui reposent sur un plancher champignon. Celui-ci est repris par des poteaux en sous-sol. Le niveau du sous-sol est dit « vide ». Il manque des murs de contreventements dans les 2 directions. La forme du bâtiment ne peut qu'induire des effets de torsion lors d'un séisme, néfaste à la résistance du bâtiment.

De plus, en règle sismique, il est obligatoire d'avoir une double structure au niveau des joints de dilatation afin de ne pas faire transiter d'efforts d'un bloc à l'autre. Cette double structure est absente des plans.





La largeur du joint de dilatation n'est pas indiquée sur la vue en plan. Nous l'avons trouvée dans les DOE, sur le plan de ferrailage n°22. Elle est seulement de 2cm.



En zone sismique 1a, les joints de dilatation devraient être au minimum de **4cm au lieu de 2cm indiqué sur le plan**. La faible largeur du joint de dilatation ne permet pas d'éviter l'entrechoquement des 2 blocs lors d'un séisme.

De plus, nous avons constaté sur place la présence d'un polystyrène dans le joint. Les joints doivent restés vides en zone sismique.

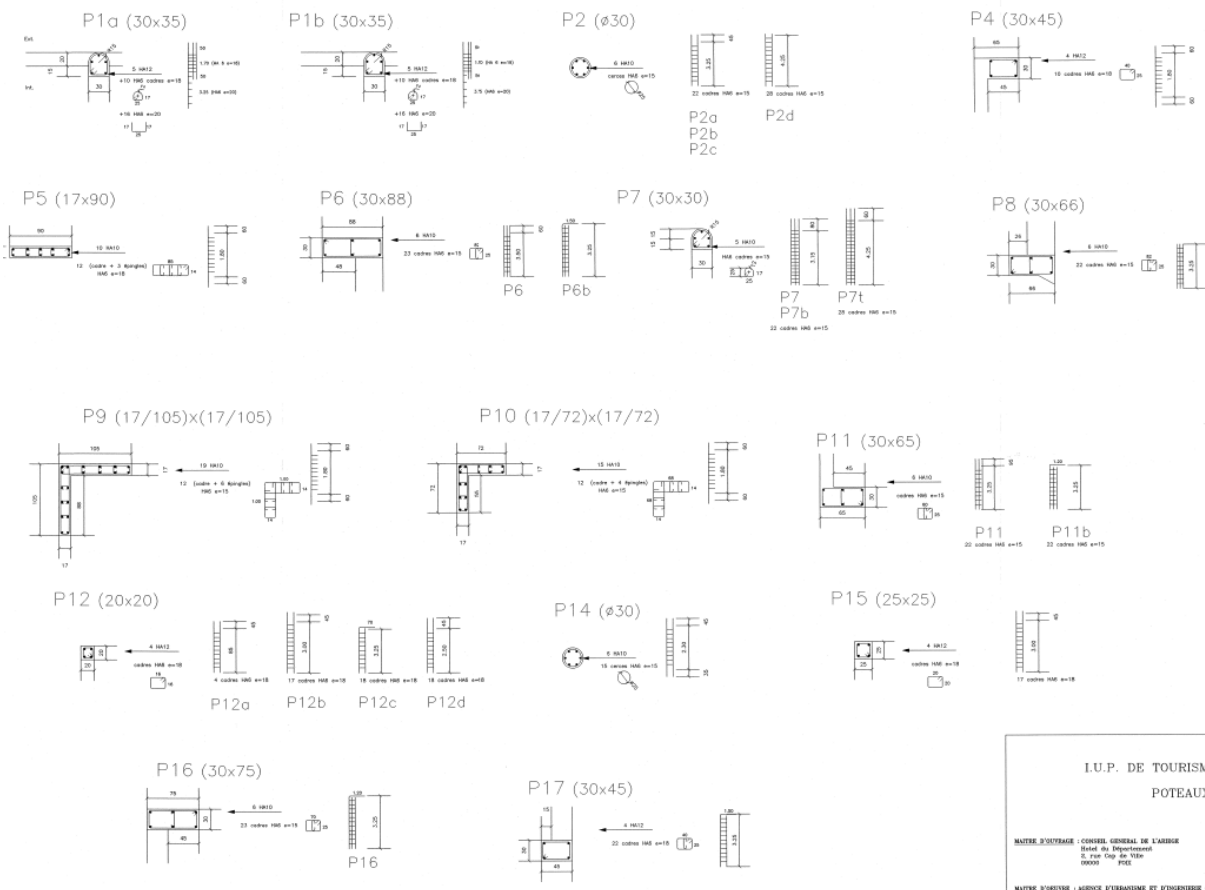
Nous notons l'utilisation de goujons CRET pour reprendre l'appui des poutres, linteaux, palier escalier et volée d'escalier. La transmission de charge au moyen de goujons est strictement interdite par les règlements sismiques. L'absence de la double structure est préjudiciable et est une faute de conception.

Nous notons également que les fondations isolées ne sont pas liaisonnées entre elles comme le stipule les normes sismiques. Elles doivent être liaisonnées dans les 2 directions par un réseau de butons.

➤ Ferrailage :

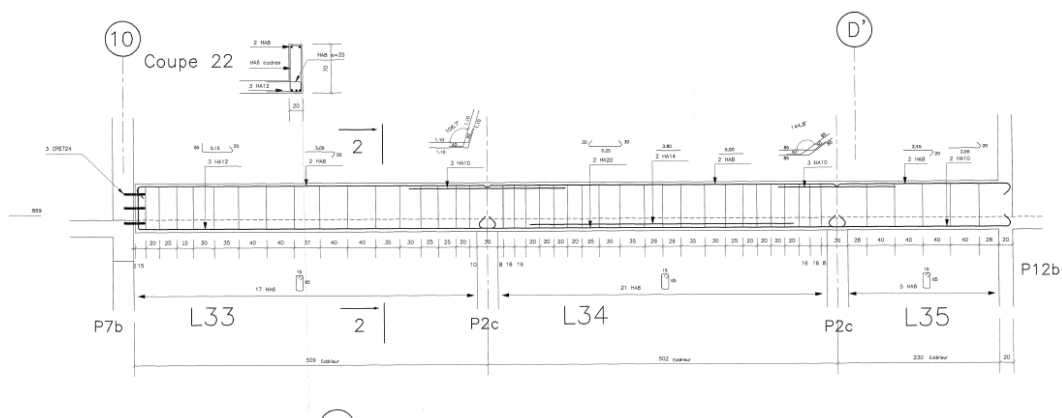
Concernant les ferrailages, nous avons aussi remarqué le non-respect des règlements sismiques.

Dans les poteaux, l'espacement des cadres n'est pas resserré dans les zones critiques. Nous notons un espacement de cadres constant sur toute la hauteur du poteau (voir plan n°14), non conforme au règlement.



Concernant les poutres (plan DOE n°22), nous constatons les mêmes observations, à savoir un problème sur l'espacement des cadres :

- Cadres non resserrés en zone critique (non conforme)
- Espacements trop importants, en zone courante il ne faut pas dépasser 0.5d, soit pour une poutre de 70cm de haut, un espacement maxi d'environ 32cm. Sur la poutre, on note des espacements de 37 et 40cm ; donc non conforme

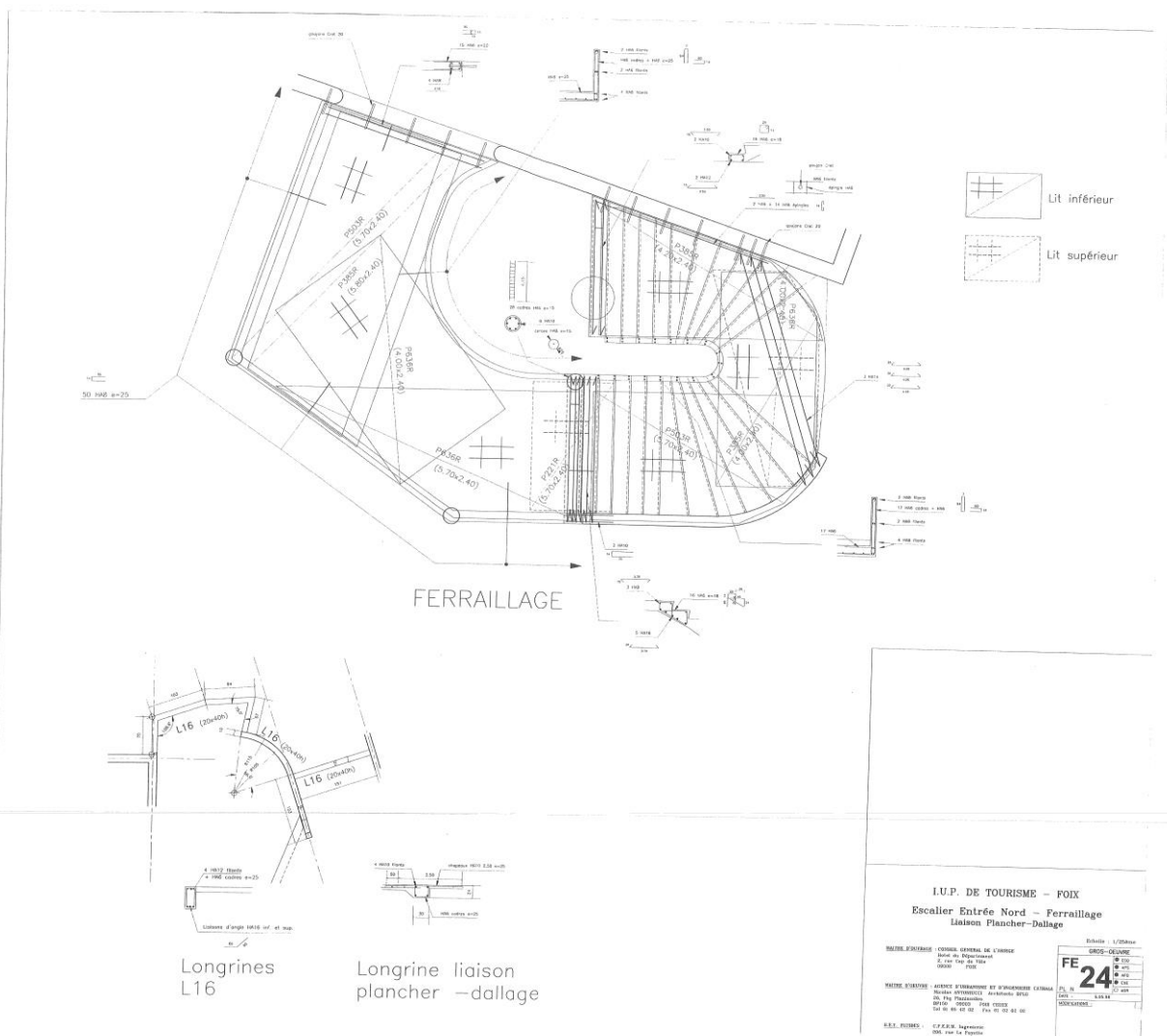


Cette conception est fortement déconseillée car en cas de tassement de sol, la flexion entraînée peut engendrer des fissures dans les éléments de second œuvre. Il est possible que cette réalisation soit à l'origine des désordres observés à l'intérieur du bâtiment.



Nous proposons de vérifier le ferrailage du palier par calculs.

13



Nous remarquons que le palier d'escalier est repris sur le mur de l'autre bloc par l'intermédiaire de goudjons CRET, strictement interdit en sismique.

Hypothèses de charges :

- CP = 50 Kg/m²
- Q = 400 Kg/m²

La portée approximative du palier d'escalier varie de 4.93m à environ 5.80m.
L'épaisseur de la dalle est de 18cm.

Par un calcul au BAEL (règlement de l'époque de la construction), on obtient :

- Armatures inf = 9.31 cm²/ml
- Flèche f = 1.76 cm > flèche limite = 1.08cm

Le ferrailage réel compris dans la dalle est une superposition de 2 treillis soudés : P503R + P385R ; soit une section d'aciers de : 8.88 cm²/ml.

Le ferrailage réel est inférieur au ferrailage théorique ; il manque 5% d'armatures.
De plus, la vérification de la flèche montre qu'on dépasse la flèche admissible limite.
Le palier de l'escalier est donc sous dimensionné.

Cela peut expliquer que le garde-corps s'écarte du poteau, la flexion doit être un peu trop importante et la finition entre le poteau et le garde-corps craque.

4.5 Vérification de la poutre L34 par calculs :

Nous proposons de vérifier la poutre L34 qui reprend une grosse partie du palier d'escalier.

On sait déjà que les armatures transversales sont insuffisantes, espacements non resserrés dans les zones critiques et espacements trop grands en zone courante.

Ceci dit, nous allons vérifier les armatures longitudinales.

Dimensions de la poutre :

- Portée : $L=5.02\text{m}$ à l'axe des poteaux, soit $L=4.72\text{m}$
- Section : 20×70 en allège

Chargement calculé :

La descente de charges effectuée donne :

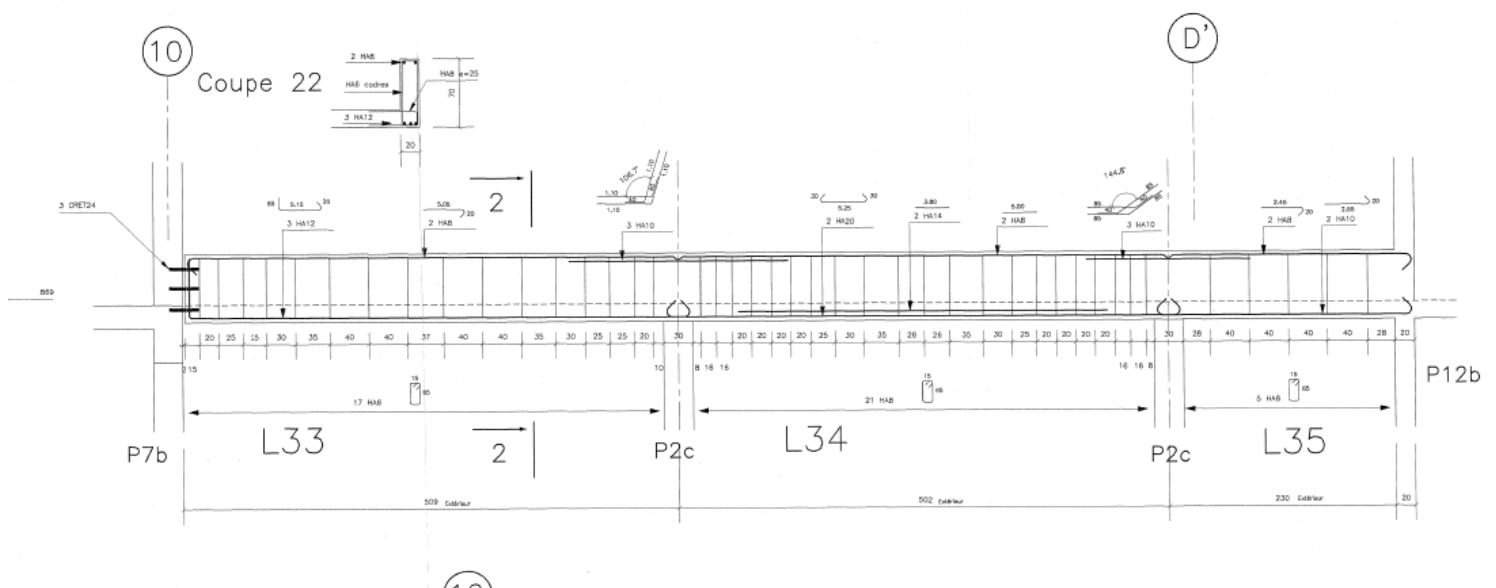
- CP = 2.87 T/ml
- Q = 2.12 T/ml
- N = 0.13 T/ml

+ une charge ponctuelle à mi travée emmenée par la charpente :

- CP = 0.68T
- Q = 1.35 T
- N = 0.88T

Le ferrailage retrouvé dans les DOE est le suivant :

- Armatures inf : 2HA14 + 2HA20, soit 9.36cm²



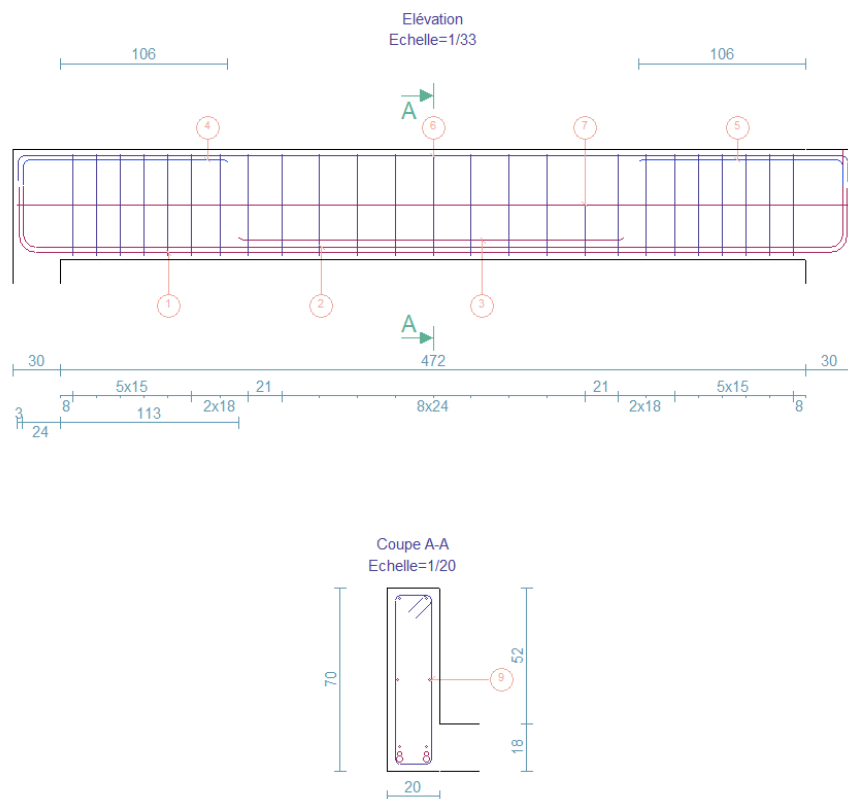
Nous vérifions la poutre avec le logiciel GRAITEC, au BAEL avec le règlement PS92 activé. Nous obtenons :










- Armatures inf = 10.56cm², soit 11.3 % d'armatures en plus.

La poutre existante est donc sous ferrailée, il manquerait 2HA10 en partie basse.

Ci-après le ferrailage sorti du logiciel GRAITEC :

L.34	Béton=0.65 m3	Eb=2.5 cm	1
Plancher haut rdc	Acier=82.5 kg d=127.1 kg/m3 Fi=11.1 mm Cof=4.2 m²	Eh=2.5 cm El=2.5 cm	
- 1 étages -			
Dispositions constructives PS92: poutre secondaire			
Fc28= 25 MPa Fe= 500 MPa Fissuration peu préjudiciable Coupe feu 30 mn			



Barre		Lg	Forme
1	2HA20	597	
2	2HA14	858	
3	2HA10	245	
4	2HA8	143	
5	2HA8	143	
6	2HA8	553	
7	2HA8	527	
8	10HA8	32	
9	25HA8	175	
Barre		Lg/Poids	
HA8		74 2/29.3	
HA10		4 9/3.0	
HA14		17 2/20.7	
HA20		11 9/25.5	

4.6 Bilan structurel :

D'un point de vue structurel, suite à l'observations des plans DOE et vérifications par calculs nous pouvons affirmer qu'il y a de nombreux problèmes dus à :

- Mauvaise conception :
 - Manque de murs de contreventements sismiques
 - Forme de bâtiment irrégulière d'un point de vue sismique
 - Absence de double structure au niveau du JD
 - Utilisation de goujons interdite en zone sismique
 - Absence de butonnage des fondations isolées
 - Plancher hourdis bas du hall d'entrée posé d'un côté sur un mur, de l'autre sur du tout venant en tête de talus ??
- Erreurs de calculs :
 - Flèche non vérifiée sur le calcul du palier...
 - Absence de resserrement de cadres dans les zones critiques pour les poteaux et les poutres
 - Espacements de cadres trop importants en zone courante des poutres
 - Ferrailage un peu sous dimensionné pour la poutre vérifiée

Les fissures et désordres observés sur les faux plafonds, cloisons...sont en grande partie due aux problèmes et manquements structurels énumérés ci-dessus. L'absence de double structure au niveau du joint de dilatation est pour nous préjudiciable pour le bon comportement du bâtiment lors d'un séisme.

5. Analyse des fondations :

La société Fondasol a réalisé des sondages de reconnaissances de fondations sur site. Leur rapport n°PR.31GT.22.075 daté du 01/03/2023 donne des indications pour vérifier les fondations. Les contraintes de sol calculées au niveau des reconnaissances de fondations notées RF1 et RF2 dans leur rapport sont de :

- Contrainte ELS : 0.15 MPa
- Contrainte ELU : 0.24 MPa

Nous avons décidé de vérifier un échantillonnage de 2 poteaux pour voir si les fondations sont vérifiées en statique (pas de séisme).

Hypothèses de charges :

- Charges permanentes :
 - Toiture (bac + structure) : 55 Kg/m²
 - Palier d'escalier : revêtement de sol, faux plafond... : 50 Kg/m²
 - Poids propre du plancher, épaisseur 18cm, donc 450 Kg/m²
- Surcharges d'exploitations :
 - Palier escalier : 400 Kg/m²
 - Entretien toiture : 100 Kg/m²
 - Neige : 65 Kg/m²

Poteau P2C :

Ce poteau reprend les poutres L33 et L34 et ainsi une partie du palier de l'escalier et de la charpente. La descente de charges obtenue donne :

- CP = 12.59 T
- Q = 8.22T
- N = 1.25T

Soit une charge à l'ELS de : 22.06 T.

On sait que $\sigma = N/S$ avec :

- σ : contrainte de sol à l'ELS
- N : charges verticales à l'ELS
- S : section de la fondation

Donc $S = N/\sigma$; soit $22.06/15 = 1.47\text{m}^2$, soit un massif de diamètre 140 > au diamètre 100 indiqué sur le plan de fondations.

La fondation sous le P2C est sous dimensionnée ce qui pourrait expliquer des tassements trop importants entraînant la fissuration que l'on observe sur les éléments de second œuvre à l'intérieur du bâtiment.

Poteau P15

Ce poteau reprend la toiture + les linteaux des menuiseries du SAS.

La descente de charges obtenue est de :

- CP = 2.61 T
- Q = 1.47 T
- N = 0.75 T

Soit une charge à l'ELS de : 4.83 T.

On sait que $\sigma = N/S$ avec :

- σ : contrainte de sol à l'ELS
- N : charges verticales à l'ELS

- S : section de la fondation

Donc $S = N/\sigma$; soit $4.83/15 = 0.32 \text{ m}^2$, soit un massif de diamètre 70 < au diamètre 80 sur le plan de fondations. Cette fondation est vérifiée.

Il faudrait faire une modélisation du bâtiment pour faire le pointage de toutes les fondations ce qui entraîne un travail conséquent et qui ne pourrait pas être complet à cause de l'absence dans les DOE du plan n°1 qui doit correspondre aux fondations des poteaux du sous-sol de la zone sous le plancher champignon.

Comme indiquée dans le rapport du géotechnicien les contraintes de la capacité portante du sol sont faibles.

L'hétérogénéité des fondations et les niveaux différents sont certainement à l'origine de tassement différentiel et participent également aux désordres observés.

6. Préconisations :

Ce bâtiment a besoin d'être réhabilité pour stopper la fissuration qui dans le temps risque d'évoluer.

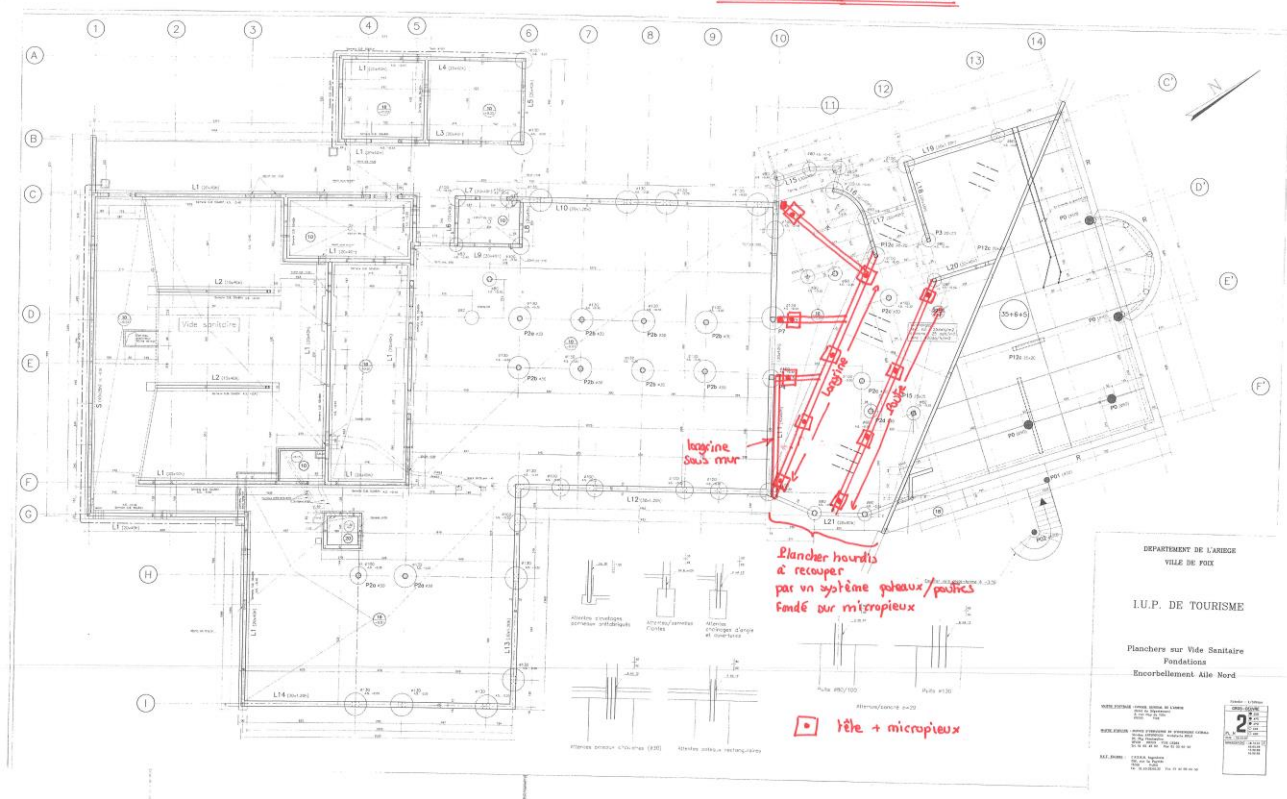
L'objectif ne sera pas de le remettre complètement aux normes (sous réserve d'accord de la maîtrise d'ouvrage et d'un bureau de contrôle), cela entraînerait un coup trop important et une réalisation trop compliquée, mais d'assurer la pérennité du bâtiment dans le temps en ciblant les réparations qui nous semblent essentielles :

- Réalisation d'une double structure au niveau du joint de dilatation qu'il faudra fonder
- Fondation de cette structure par micropieux (à voir avec géotechnicien)
- Renforcement de fondations existantes par micropieux pour arrêter les tassements différentiels
- Réalisation de butons entre fondations
- Ajouter un système de longrines et micropieux pour supporter le plancher hourdis du hall. On peut pour cela scier la zone en dallage sur terre-plein (épaisseur 10cm sur plan) pour pouvoir réaliser cette structure
- Recouper la portée du plancher hourdis en 2 par un système de poteaux/poutres + fondations par micropieux dans le vide sanitaire
- Renforcement de la poutre L34 soit par des plats carbone, soit par un profilé métallique en sous face
- Renforcement du palier d'escalier, soit par plats carbone, soit avec des profilés métalliques en sous face.

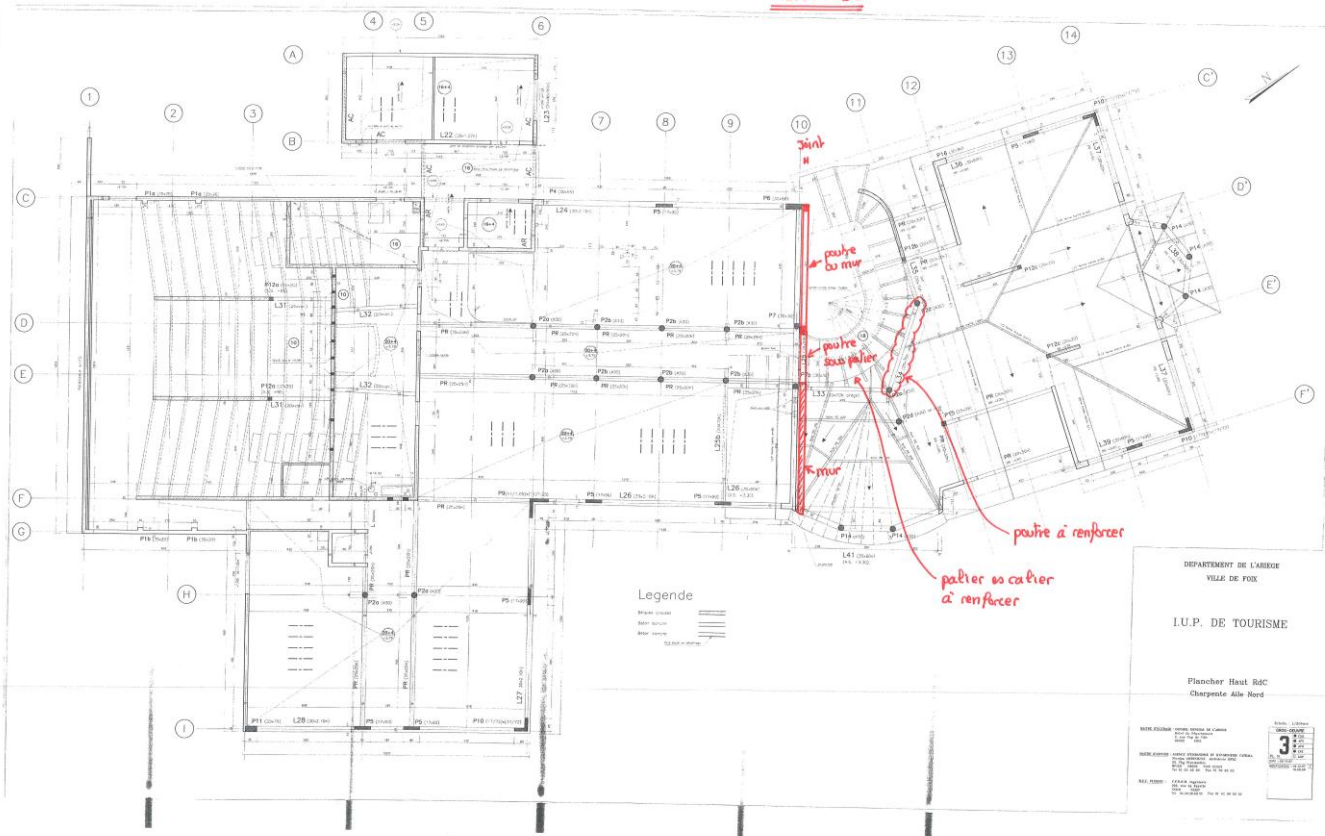
S'il faut mettre le bâtiment entièrement aux normes sismiques, cela va demander un gros travail avec notamment la réalisation de moisage de tous les poteaux et poutres pour assurer un resserrement de cadres dans les zones critiques. A ce compte-là, il vaut mieux démolir et reconstruire à neuf.

Ci-dessous des schémas de principe des renforcements nécessaires à mettre en œuvre :

FONDACTIONS + HT sous-sol



HAUT RDC



7. Conclusions :

Nous proposons de renforcer le bâtiment.

Notre diagnostic s'est essentiellement concentré sur la zone en vide sanitaire, entre file 10 et 14 à gauche du mur oblique que l'on voit en sous-sol, zone où nous avons observé la plupart des fissures, tassements, flexion...

Cette zone a besoin d'être réparée afin de stopper le phénomène de tassement et de fissuration. C'est ce que nous proposons à minima.

Avant la réparation, nous préconisons la modélisation de l'ensemble du bâtiment pour vérifier toutes les fondations, y compris à gauche de la file 10. Il faudra également après modélisation vérifier si le plancher champignon a bien été dimensionné.

Il faudrait aussi pouvoir récupérer le plan de fondations sous les poteaux du plancher champignon pour pouvoir les vérifier également.

Vu les surprises qu'il y a sur la structure et les fondations, nous recommandons cette vérification complète avant travaux. Ainsi, on pourra donner une descente de charges complètes au géotechnicien pour qu'il puisse réaliser ses missions complémentaires.