

DEPARTEMENT DE LA REUNION COMMUNE DE SAINT-PIERRE

PROJET RSMA SAINT PIERRE – QUARTIER SUACOT BAT 71 & 72



BUREAU D'ETUDE STRUCTURE



ETHIC INGENIERIE

2 Ruelle Moulin à Maïs, Apt. N°2
97438 Sainte-Marie
Tél. / Fax : 0262 199361
Courriel : contact@ethic.re

DIAG

N°2024-19-DI1
Ind 0 – 18/07/24

DIAGNOSTIC STRUCTURE

SOMMAIRE

1	GENERALITES	3
1.1	REGLEMENTS ET NORMES	3
1.2	LOCALISATION ET DESCRIPTION	4
2	DEFINITION DES HYPOTHESES DE CALCUL	5
2.1.1	<i>Séisme</i>	5
2.1.2	<i>Hypothèses de vent - contreventement</i>	5
2.1.3	<i>Autres</i>	5
3	ELEMENTS CONSTATES SUR SITE	6
3.1	LA STRUCTURE PRINCIPALE	6
3.1.1	<i>Les poteaux</i>	6
3.1.2	<i>Les arbalétriers</i>	7
3.1.3	<i>Le contreventement</i>	8
3.1.4	<i>Les pannes</i>	8
3.2	LA COUVERTURE	9
3.3	LES VENTELLES	12
3.3.1	<i>Les ventelles</i>	12
3.3.2	<i>Les lisses - éléments structurels secondaires du bardage</i>	13
3.4	PLOTS ET RELEVES BETON	14
3.5	AUTRES CONSTATATIONS	15
4	BILAN	17
5	ANNEXES	17

1 GENERALITES

Le présent DIAGNOSTIC est réalisé sur commande du RSMA de Saint Pierre suite à l'apparition de divers problèmes sur les toitures et les ventelles en façade des surtoitures des bâtiments 71 & 72.

Documents fournis :

- Plan de la zone couverte par les surtoitures
- Coupes sur la charpente

Notre étude consistera à établir un diagnostic sur la charpente, la couverture, les ventelles, sur la base des éléments fournis et les observations sur site.

1.1 REGLEMENTS ET NORMES

Règles de calcul :

- Eurocode 1 – Actions sur les structures
- Eurocode 2 – Calcul des structures en béton armé
- Eurocode 3 – Calcul des structures en acier
- Eurocode 6 – Calcul des structures en maçonnerie

Normes et DTU :

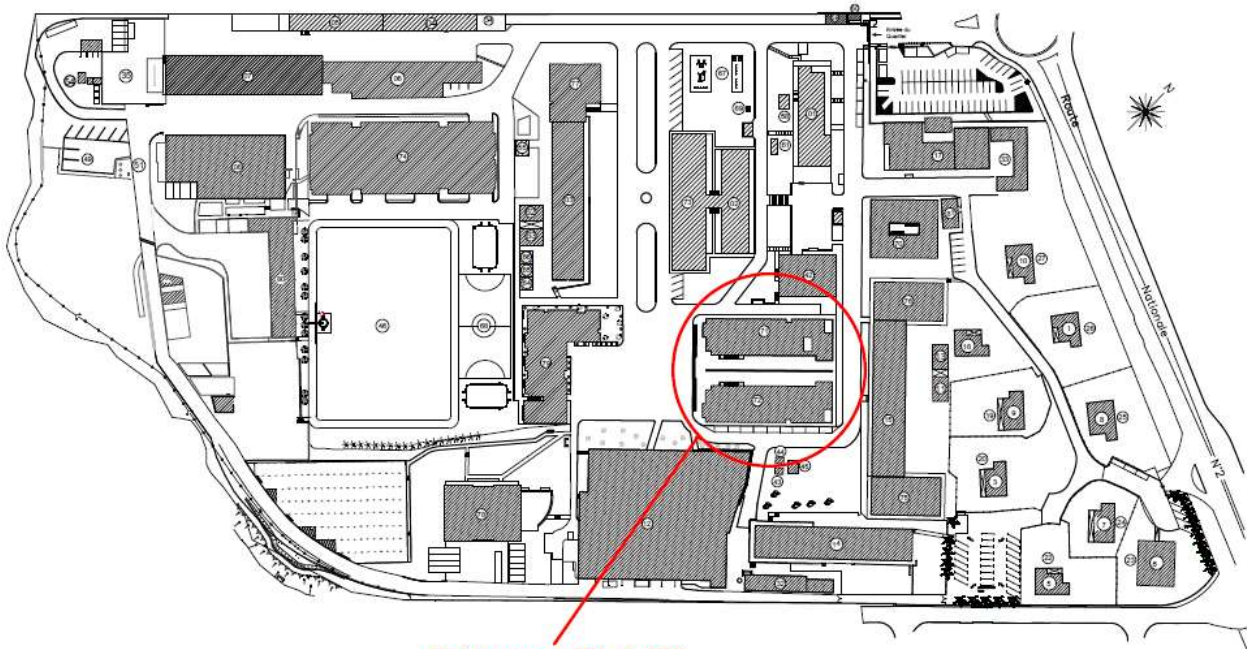
- Toutes les normes et DTU (hormis les DTU de calcul) en vigueur avec leur additif et mise à jour au moment de la remise des offres, avec en particulier:
- DTU 32.1 Construction métallique : charpente en acier.
- NF P22-101-2/CN (juillet 2009) : Exécutions des structures en acier et des structures en aluminium - Partie 2 : Exigences techniques pour les structures en acier – Complément national à la NF EN 1090-2 : 2009
- NFA 35.503 Sur la galvanisation à chaud.
- NFP 22-430 Pour les assemblages à boulons non précontraints.
- NFP 22-460 Pour les assemblages par boulons à serrage contrôlé.
- NFP 22-470/250 à 258 Pour les assemblages soudés.
- NF EN 10 025 Acier d'usage général.
- NF EN 10 088 Pour les aciers inoxydables.
- NF EN 20 898-1/2 Pour les vis et écrous normaux.
- NF E 27-701/702/711 Pour les boulons à serrage contrôlé.
- NF 27-815 et NF 27-816 Règles et essais pour l'utilisation des chevilles métalliques.
- NF E 25 100 partie 1 : Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation : boulons, vis et goujons.

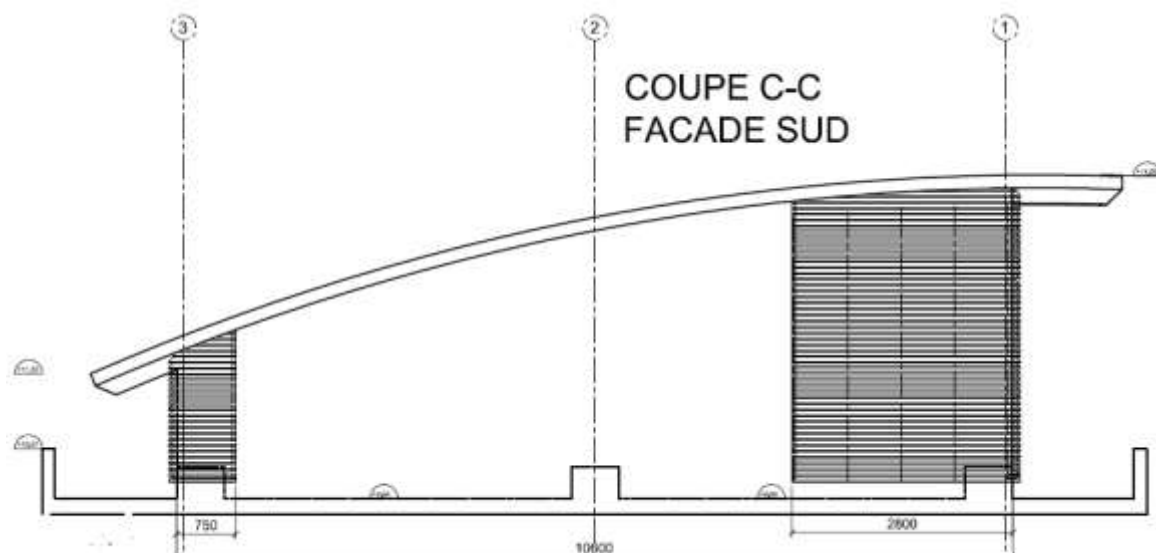
Les règles professionnelles :

- Au cas où seraient rencontrées certaines natures d'ouvrage n'ayant pas fait l'objet de publication de l'AFNOR ou des avis techniques du C.S.T.B, il sera fait usage après avis du maître d'œuvre des textes édités soit par des organismes publics, soit par des organismes professionnels (chambre syndicale, offices divers...).

A défaut, on tiendra compte des recommandations éditées par le fabricant, sous réserve de l'acceptation du CTPIB

1.2 LOCALISATION ET DESCRIPTION





2 DEFINITION DES HYPOTHESES DE CALCUL

2.1.1 Séisme

Aucune exigence pour le projet.

2.1.2 Hypothèses de vent - contreventement

Le bâtiment est contreventé par les façades et refends et dalle terrasse en béton.

Les murs sous tôle sont contreventés par la charpente et la charpente ramené les efforts sur les plots béton prévus au niveau de la dalle terrasse. Le contreventement de la charpente est assuré horizontalement et verticalement dans les 2 sens par des croix de contreventement.

2.1.3 Autres

Nous reprendrons les hypothèses définies dans les plans d'exécution du bâtiment 78 qui ont été fournis. Le bâtiment est situé juste à côté.

HYPOTHESES DES CALCULS		
SOLLICITATIONS		
VENT	région 5	Rapport de sol établi par : GEISER
	qn = 120 daN/m ²	Dossier n° : GE 093720 Date : 17/12/2009
	qe = 210 daN/m ²	Taux de travail de sol : 1.5 bars
	ks = 1.2 (site exposé)	BETON
Charges d'exploitation (NF P 06-001)		X0 : béton de propreté/béton de remplissage/béton de blocage
		XC2 : C25/30 fondations, longrines, radiers, massifs, fûts enterrés
		XS3-XC4 : C35/C45 dallages, radiers, massifs, éléments structuraux extérieurs
		XC1 : C25/30 dallages, éléments structuraux intérieurs
		ACIERS
		Haute adhérence : HA - fe = 500 MPa
		Treillis soudé : TS - fe = 500 MPa
		Doux : Adx - fe = 215 MPa
		Charpente - fe = E24 MPa
		Boulons: classe 6.8
		Enrobage : fondations 5cm
		extérieur 4cm
		intérieur 3cm

3 ELEMENTS CONSTATES SUR SITE

3.1 LA STRUCTURE PRINCIPALE

3.1.1 Les poteaux

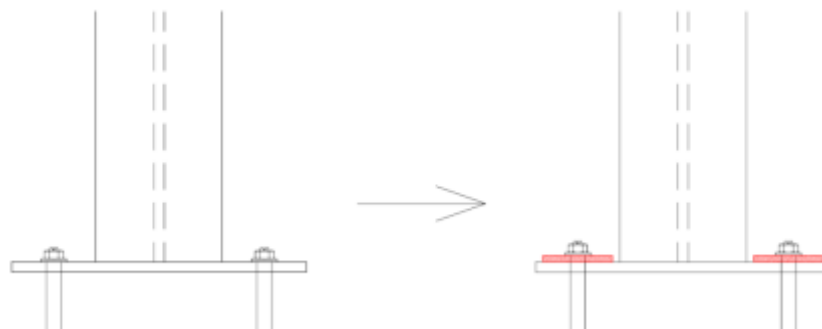
Les ventelles sont présents sur les deux longs pans et partiellement sur les pignons. La structure est donc abritée avec des façades ouvertes.



La structure principale est assez préservée dans l'ensemble. Les pieds de poteaux au niveau des façades hautes présentent des gros points de corrosion, surtout au niveau des platines. Nous avons constaté des grosses pertes de matière au niveau des ancrages rendant la fixation inefficace.



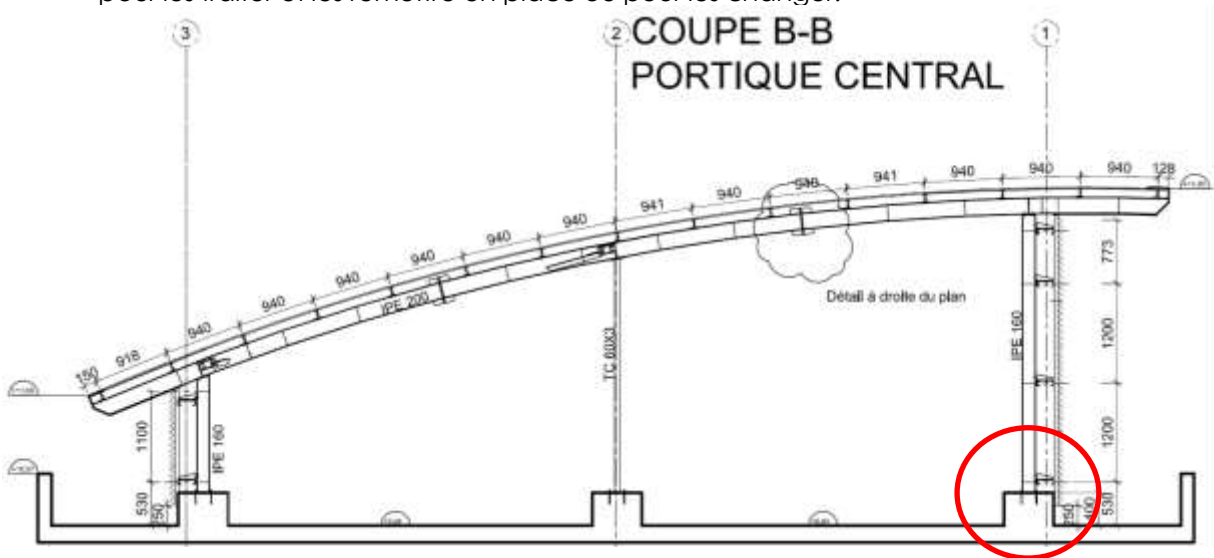
Toutes les platines sont touchées par la corrosion mais certaines moins que les autres. Dans le cas des platines peu corrodées, il serait possible de déposer le poteau et d'éliminer la corrosion mécaniquement par bossage avant de les traiter contre la corrosion. Il serait souhaitable également de rajouter une plaque métallique supplémentaire pour bien assurer l'appui de la fixation et combler les éventuelles imperfections de surface causées par la corrosion.



Globalement, nous évaluons à :

- Bât 71 : 3 platines à remplacer complètement sur les façades hautes et 4 platines à déposer et susceptible d'être traités et réutilisés. Dans tous les cas il sera nécessaire de déposer les poteaux pour les traiter et les remettre en place ou pour les changer.
- Bât 72 : 3 platines à remplacer complètement sur les façades hautes et 4 platines à déposer et susceptible d'être traités et réutilisés. Dans tous les cas il sera nécessaire de déposer les poteaux pour les traiter et les remettre en place ou pour les changer.

- Bât 72 : 3 platines à remplacer complètement sur les façades hautes et 4 platines à déposer et susceptible d'être traités et réutilisés. Dans tous les cas il sera nécessaire de déposer les poteaux pour les traiter et les remettre en place ou pour les changer.



Deux solutions ont donc à retenir :

- Plus économique : Changer les poteaux dont les platines sont très corrodées et traiter ceux qui le sont beaucoup moins
- Plus durable et plus simple : changer l'ensemble des poteaux avec les platines corrodées

- Plus durable et plus simple : changer l'ensemble des poteaux avec les platines corrodées

Dans la mesure où la structure est dans une zone ouverte, nous recommandons la réalisation d'une peinture anticorrosion sur l'ensemble des éléments de structure, contreventement, comprenant arbalétriers, les poteaux, les butons et les cornières des croix de contreventement. Il sera nécessaire de faire une préparation de support avec par endroit de procéder à un grattage pour éliminer les traces de corrosion.

3.1.2 Les arbalétriers

Les arbalétriers sont relativement protégés, nous n'avons pas observé de détériorations significatives sur ces éléments de structure. Ils pourront rester en l'état.



3.1.3 Le contreventement

Le contreventement est en bon état globalement. Certains éléments situés en façade sont plus touchés que les autres du fait de la présence des ventelles qui par définition ne présentent pas une étanchéité. Ces éléments sont donc soumis plus soumis aux intempéries et embruns marins, les bâtiments étant proches de la mer. Nous avons constaté un début de corrosion sans perte de matière ne nécessitant pas de remplacement. Nous recommandons de procéder à un grattage pour éliminer les traces de corrosion et l'application d'une peinture anticorrosion sur l'ensemble des éléments de contreventement comprenant les butons et les cornières des croix de contreventement.



3.1.4 Les pannes

Globalement les pannes sont en bon état. Toutefois, nous avons observé des détériorations au droit des anciennes fixations des panneaux solaires.

En effet, nous avons constaté des percements de la couverture et la corrosion des pannes à ces endroits. Il semblerait que ces fixations étaient en acier ce qui a créé une réaction chimique avec la toiture aluminium. Cette réaction chimique a eu pour conséquence de ronger la toiture tôle créant des trous plus large au droit des fixations.

L'association de l'acier et l'aluminium en contact direct est à éviter pour ne pas avoir de réaction chimique entre les 2 métaux. Ce type de réaction chimique appelé corrosion galvanique a pour conséquence la détérioration des matériaux et la perforation. La proximité avec la mer créant un environnement agressif accentue le problème.



Les pannes pourront être conservées en l'état mais il est probable qu'un traitement ponctuel de la corrosion au droit des anciennes fixations évoquées soit nécessaire. Nous n'avons pas eu un accès direct à ces zones en sous-face de toiture pour pouvoir en définir une localisation précise.

Sur le bâtiment 72, une des platines sur mur pour la fixation d'une panne est à changer car elle est corrodée. Elle se situe au droit d'un des trous laissé par la structure photovoltaïque.



3.2 LA COUVERTURE

Bâtiment 71 :

Nous avons constaté de nombreuses perforations dans la toiture aluminium notamment au droit des fixations des panneaux solaires qui ont été enlevées sans mise en œuvre d'une étanchéité. Les trous ont juste été laissés en l'état.

Certaines fixations de couverture ont été traitées par la mise en œuvre d'une étanchéité sur chaque tête de fixation sur le bâtiment 71. Les fixations n'ont pas été remplacées.



Nous avons pu voir que la corrosion a continué et que certaines fixations ont été sectionnées. La présence de l'étanchéité ne permet pas de voir si la couverture a subi une détérioration au droit de la fixation.



Toutefois, en sous-face, nous pouvons voir que des fixations ont été remplacées et que les anciennes avaient totalement perforées la tôle à cause de la corrosion galvanique.



Il y a donc de fortes chances que la couverture soit dans le même état au droit des fixations.

Le mieux pour les travaux serait de prévoir le remplacement total en « base » de toutes les fixations par des fixations en inox, avec une « option » remplacement de la couverture si elle est constatée en mauvais état au démarrage des travaux.

Bâtiment 72 :

Comme pour le bâtiment 71, nous avons constaté de nombreuses perforations dans la toiture aluminium (partie haute de la toiture) au droit des fixations des panneaux solaires qui ont été enlevées sans mise en œuvre d'une étanchéité. Les trous ont juste été laissés en l'état. A en juger par les traces de corrosion laissées sur la tôle, les fixations devaient être en acier et il y a potentiellement un élargissement des trous dans la tôle à cause du phénomène de corrosion galvanique entre l'acier et l'aluminium.



Trois solutions sont envisageables :

- Intervenir uniquement au droit des trous constatés et mettre en œuvre une étanchéité ponctuelle comme ce qui a été fait sur le bâtiment 71.
- Remplacer les tôles trouées uniquement
- Remplacer l'ensemble de la couverture

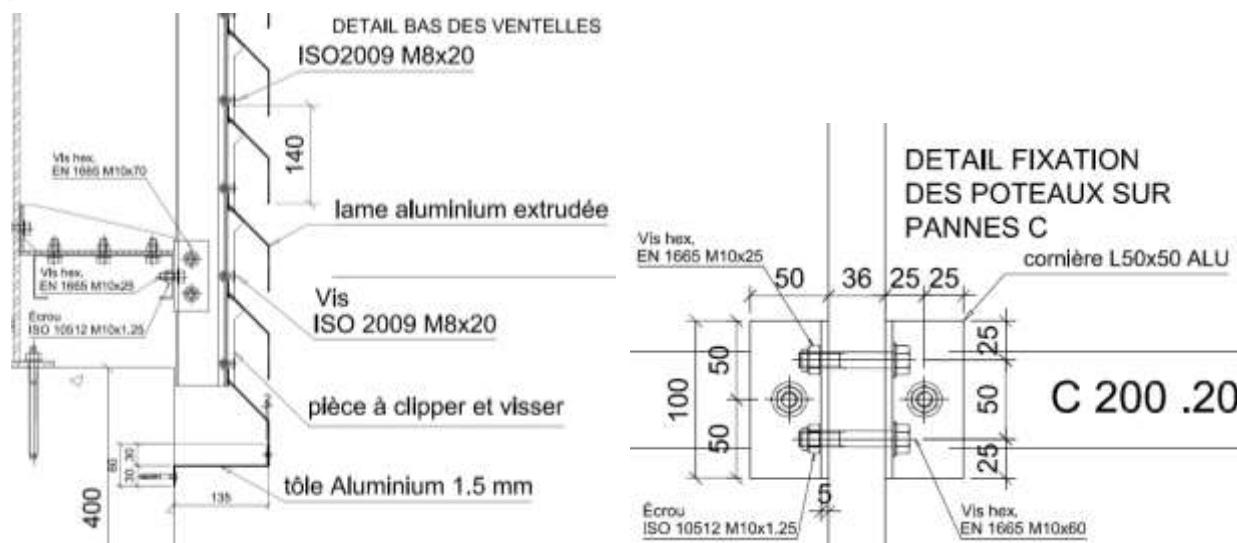
Contrairement au bâtiment 71, les fixations de couverture en zone courante ne présentent pas les mêmes problèmes. En effet, sur le bâtiment 72 elles ne sont pas corrodées et la tôle semble être en bon état. Soit ce ne sont pas les mêmes fixations que le 71, soit elles ont été remplacées. Les zones courantes (non concernées par les panneaux photovoltaïques) ne présentent pas de particularités visibles.



3.3 LES VENTELLES

3.3.1 Les ventelles

Les ventelles sont des éléments décoratifs verticaux positionnés en façades pour remplacer le bardage mais qui ne sont pas étanches. La façade laisse donc passer le vent et la pluie en cas de cyclone.



Les lames en aluminium (horizontales) sont fixées sur des montants rectangulaires également en aluminium et fixés eux même sur les lisses (pannes Cé positionnées horizontalement et servant de support pour les ventelles) par le biais de cornières en aluminium.

Nous avons constaté de gros problèmes de fixation sur ces éléments :



Les éléments en aluminium ont été fixés directement en contact avec la lisse en acier sans mise en œuvre d'un élément de désolidarisation. Cette configuration doit normalement être évitée pour ne pas créer de réaction chimique entre l'aluminium et l'acier. La corrosion galvanique a eu pour effet de ronger totalement la cornière en aluminium et partiellement le montant.

Nous pouvons constater que la réalisation ne correspond pas tout à fait aux plans d'exécution.

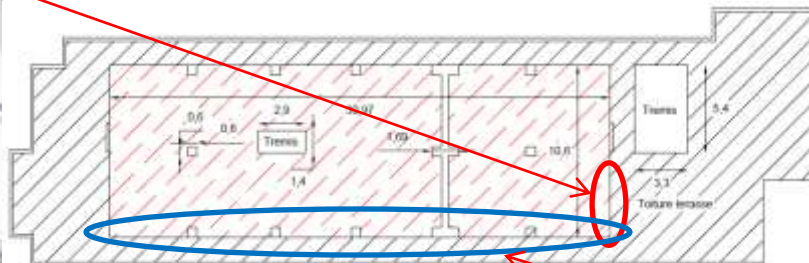
Tout le système de fixation des ventelles doit être modifié. Les montants de la structure des ventelles étant rongés et troués ils doivent être également remplacés, ce qui nécessiterait de déposer toutes les lames des ventelles. Une autre solution serait de rajouter un montant neuf à côté de l'ancien et de les fixer ensemble. Le nouveau système de fixation (cornière sur lisse) serait mis en œuvre sur le nouveau montant. Les éléments porteurs étant positionnés côté intérieur, la modification ne serait pas visible en façade.

Sur le bâtiment 72, des madriers bois ont été rajoutés et vissés sur la structure métallique pour refixer les montants des ventelles à la structure. A ceux-ci, ont été rajoutées des équerres en acier pour visser les montants.



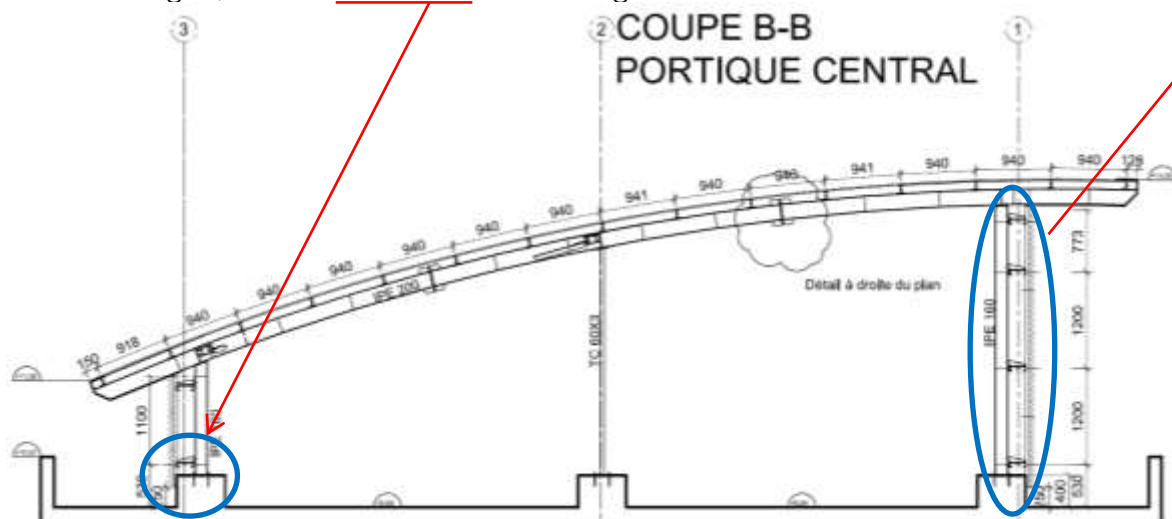
Dans la mesure où là encore il n'y a un contact direct de l'acier sur l'aluminium, le phénomène de corrosion galvanique va se produire relativement rapidement et ronger les métaux.

A noter qu'une portion des ventelles a disparu en façade du bâtiment 72, probablement lors d'un cyclone. Il ne reste que les traces de la fixation sur les murs.



3.3.2 Les lisses - éléments structuraux secondaires du bardage

Toutes les lisses côté mer doivent être remplacées pour les 2 bâtiments. Ces éléments sont soumis aux intempéries et aux embruns marins surtout sur la partie la plus haute orientée vers la mer. Côté montagne, seule la lisse basse est à changer



La corrosion est avancée avec perte de matière.



3.4 PLOTS ET RELEVES BETON

La structure de la couverture est fixée sur des plots béton de dimensions 60x60cm.

Bâtiment 71 :

Nous avons constaté des fissures et des éclatements de béton sur certains de ces éléments. 3 des plots côté mer sont concernés. Il sera nécessaire :

- de casser le béton pour dégager les aciers corrodés et supprimer les zones de béton non adhérentes
- traiter les aciers corrodés ou les remplacer s'ils ont trop perdu de matière
- faire la reprise de bétonnage avec un mortier de réparation à retrait compensé.



Bâtiment 72 :

Les plots de ce bâtiment présentent des aciers corrodés affleurant le nu du béton en partie basse mais il s'agit très probablement d'aciers mis en œuvre juste pour le calage du coffrage. Il n'y a pas d'incidence particulière sur la structure.

Par contre, dans le relevé béton périphérique, Nous avons constaté des fissures et des éclatements de béton sur une zone localisée d'environ 1m linéaire. Il sera nécessaire :

- de casser le béton pour dégager les aciers corrodés et supprimer les zones de béton non adhérentes
- traiter les aciers corrodés ou les remplacer s'ils ont trop perdu de matière
- faire la reprise de bétonnage avec un mortier de réparation à retrait compensé.

3.5 AUTRES CONSTATATIONS

Nous avons relevé au moment du passage sur site des éléments sur lesquels nous souhaitons attirer votre attention.

* Absence d'étanchéité sur la dalle basse de la zone technique :



Il est assez étonnant que la zone technique ne dispose pas d'une étanchéité au sol dans la mesure où les façades ne sont pas étanches du fait de la présence des ventelles. L'eau peut donc arriver sur la dalle, s'infiltrer et créer des désordres dans les locaux situés en dessous.

Il serait compliqué de faire une étanchéité aujourd'hui du fait de la présence de tous les équipements techniques qu'il faudrait déposer pour pouvoir réaliser l'étanchéité.

* Défauts d'enrobage des aciers de la dalle basse de la zone technique :



Les aciers sont apparents en surface de la dalle il n'y a pas d'enrobage. La corrosion des aciers est inévitable et les éclatements de béton ont commencé. Le fait qu'il n'y a pas d'étanchéité pour les protéger aggrave la situation.

* Eclatement de béton sur les acrotères de la toiture terrasse :



* Défauts de liaisonnement des acrotères entre eux :

Nous avons constaté des défauts de liaisonnement des acrotères entre eux créant inévitablement une fissure où l'eau va forcément s'infiltrer pour aller dans les locaux en dessous



* Vieillesse de l'étanchéité de la toiture terrasse :

Lors de la visite nous avons constaté un vieillissement avancé de l'étanchéité de la toiture terrasse. La face supérieure de l'étanchéité est craquelée et des zones décollées ont été observées avec des poches sous lesquelles il est probable qu'il y ait de l'eau. A voir si des infiltrations ne sont pas constatées en sous-face.



Une intervention à moyen ou court terme sera à prévoir.

Des entreprises spécialisées dans la détection de fuites au moyen de test de fumée à l'intérieur de l'étanchéité peuvent intervenir pour mettre en évidence les points de défaut d'étanchéité. La fumée permet de voir en direct les points non étanche de l'étanchéité et de faire des reprises ponctuelles si besoin.

4 Bilan

Bâtiment 71 :

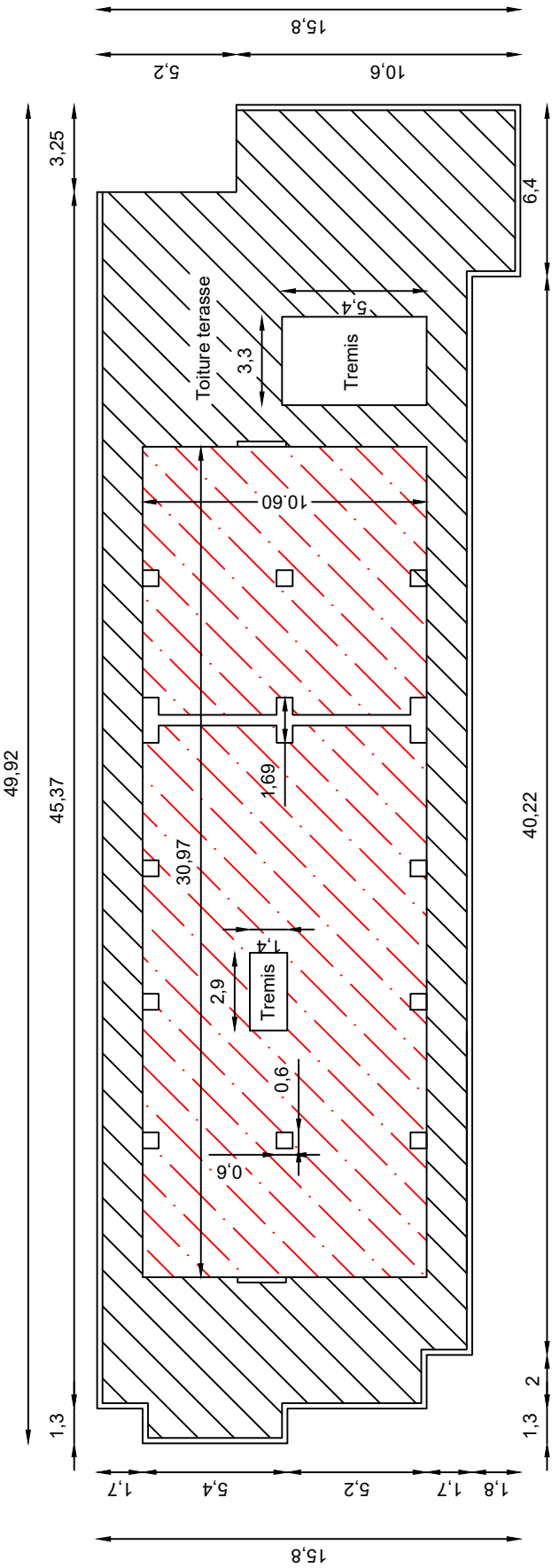
- Toutes les fixations de la couverture doivent être changées. En fonction des observations de l'état de la tôle sous les fixations existantes (et l'étanchéité) il faudra envisager le remplacement complet de la couverture ou non.
- Une partie de la couverture doit être remplacée au droit des emplacements des anciens panneaux photovoltaïques.
- Les ventelles doivent être déposées en façade pour pouvoir remplacer toutes les lisses côté mer et la lisse basse uniquement côté montagne.
- Le système de fixation des ventelles est totalement défectueux et doit être revu complètement. Les montants doivent être remplacés ou renforcés pour pouvoir les remettre en place sur les nouvelles lisses.
- Un des panneaux des ventelles a disparu en façade du bâtiment 72.
- Globalement pour les platines des poteaux : Bât 71 - 3 platines à remplacer complètement sur les façades hautes et 4 platines à déposer et susceptible d'être traités et réutilisés. Bât 72 - 3 platines à remplacer complètement sur les façades hautes et 4 platines à déposer et susceptible d'être traités et réutilisés. Dans tous les cas il sera nécessaire de déposer les poteaux pour les traiter et les remettre en place ou pour les changer. Deux solutions ont donc à retenir :
 - Plus économique : Changer les poteaux dont les platines sont très corrodées et traiter ceux qui le sont beaucoup moins
 - Plus durable et plus simple : changer l'ensemble des poteaux avec les platines corrodées
- Les arbalétriers et contreventement ne sont pas de détérioration. Toutefois, étant donné la configuration du projet, nous conseillons de faire appliquer une peinture anticorrosion sur l'ensemble de la structure pour assurer une meilleure protection et une longévité plus importante.
- Les pannes pourront être conservées en l'état mais il est probable qu'un traitement ponctuel de la corrosion au droit des anciennes fixations des panneaux photovoltaïques soit nécessaire. Une platine de fixation d'une panne est à remplacer sur le bâtiment 72.
- Des éclatements de béton ont été constatés sur les plots béton du fait de la corrosion des aciers. Il sera nécessaire de traiter les aciers et de reprendre les plots concernés. Même chose sur une zone du relevé béton en périphérie de la façade.
- Des éléments ne faisant pas partie de notre mission ont été signalé dans le rapport : éclatement de béton sur les acrotères de la toiture terrasse, vieillissement de l'étanchéité, défaut d'enrobage des aciers dans la dalle basse de la zone technique...etc.

5 ANNEXES

Voir les annexes en pages suivantes.

Réf, CCTP	DESIGNATION	U	QTE-MOE	PRIX UNITAIRE	SOMME TOTALE
	<u>Cas 1 : Travaux minimum</u>				
	Installation de chantier	ens	1.00	8 000.00 €	8 000.00
	Dépose et remise en œuvre des ventelles	ens	1.00	8 000.00 €	8 000.00
	Renforcement des ventelles par des nouveaux montants + système de fixation	ens	1.00	5 000.00 €	5 000.00
	Remplacement du panneau de ventelle disparu	ens	1.00	6 630.00 €	6 630.00
	Dépose et évacuation des lisses à changer	ens	1.00	4 000.00 €	4 000.00
	Réalisation des lisses	ml	310.00	38.00 €	11 780.00
	Dépose et évacuation de la couverture à changer sur les bâtiments 71 & 72	m²	318.00	25.00 €	7 950.00
	Remplacement des fixations de la couverture conservée	m²	589.00	15.00 €	8 835.00
	Réalisation d'une couverture nervurée aluminium cintrée	m²	318.00	80.00 €	25 440.00
	Intervention sur les poteaux et platines	ens	1.00	12 000.00 €	12 000.00
	Traitement des plots béton et relevé	ens	1.00	4 000.00 €	4 000.00
	Remplacement des bandes de rives à changer	ens	1.00	7 000.00 €	7 000.00
	Gestion des équipements présent en toiture	ens	1.00	4 000.00 €	4 000.00
	Crochet de sécurité	ens	1.00	6 000.00 €	6 000.00
	Sécurité temporaire	ens	1.00	2 500.00 €	2 500.00
Montant Hors Taxes - Divers					121 135.00
	<u>Cas 2 : solution optimum</u>				
	Installation de chantier	ens	1.00	9 000.00 €	9 000.00
	Dépose et remise en œuvre des ventelles	ens	1.00	8 000.00 €	8 000.00
	Renforcement des ventelles par des nouveaux montants + système de fixation	ens	1.00	5 000.00 €	5 000.00
	Remplacement du panneau de ventelle disparu	ens	1.00	6 630.00 €	6 630.00
	Dépose et évacuation des lisses à changer	ens	1.00	4 000.00 €	4 000.00
	Réalisation des lisses	ml	310.00	38.00 €	11 780.00
	Dépose et évacuation de la couverture à changer sur le bâtiment 72	m²	159.00	25.00 €	3 975.00
	Dépose et évacuation de la couverture de l'ensemble du bâtiment 71	m²	453.00	25.00 €	11 325.00
	Remplacement des fixations de la couverture conservée	m²	295.00	15.00 €	4 425.00
	Réalisation d'une couverture nervurée aluminium cintrée	m²	612.00	80.00 €	48 960.00
	Intervention sur les poteaux et platines	ens	1.00	12 000.00 €	12 000.00
	Traitement des plots béton et relevé	ens	1.00	4 000.00 €	4 000.00
	Remplacement des bandes de rives à changer	ens	1.00	7 000.00 €	7 000.00
	Gestion des équipements présent en toiture	ens	1.00	4 000.00 €	4 000.00
	Crochet de sécurité	ens	1.00	6 000.00 €	6 000.00
	Sécurité temporaire	ens	1.00	3 500.00 €	3 500.00
Montant Hors Taxes - Divers					149 595.00

BATIMENT 71

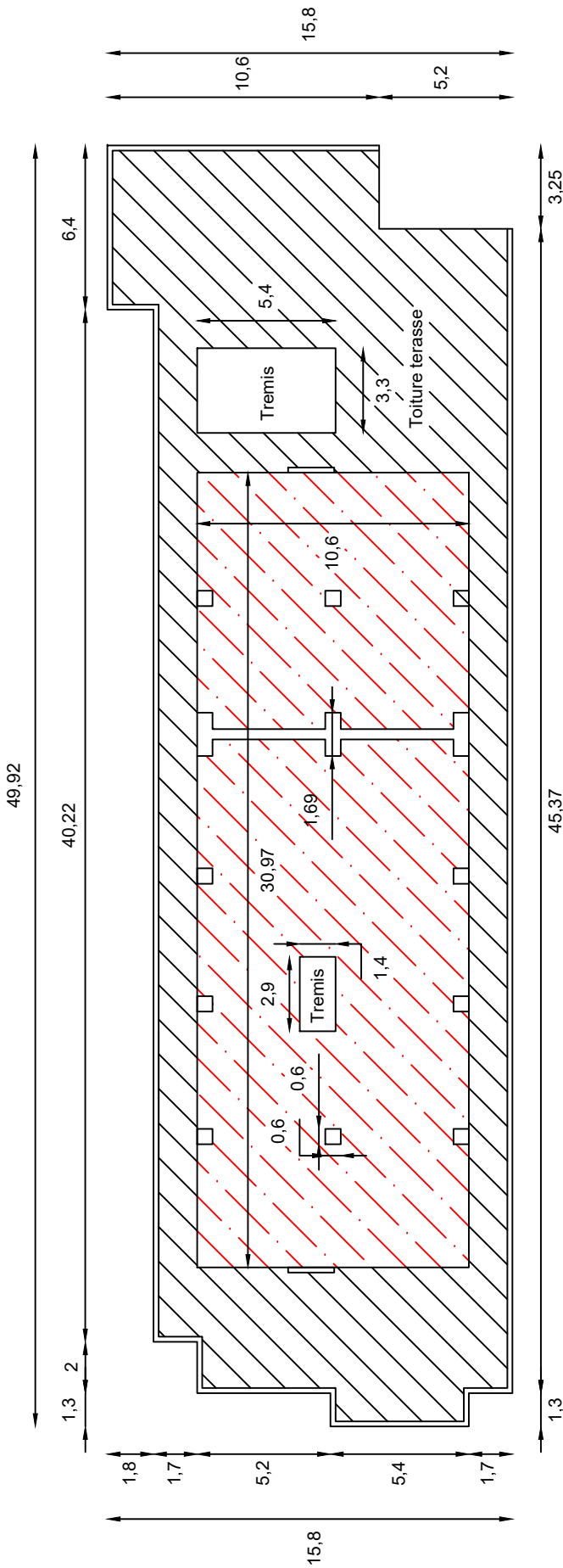


Légende

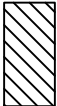
: Toiture terrasse


: Toiture métallique

BATIMENT 72



Légende

 : Toiture terrasse

 : Toiture métallique