

Référence : 14-000561-OZB
Affaire : SA-14-001795

Avis sur étude d'ingénierie du comportement au feu du parc de stationnement du nouvel hôtel de police de Fort de France

Martinique (972)

Client demandeur SATPN 972

Référence et date de commande Bon de commande n° 1504585526 du 29/07/2013

Projet Parc de stationnement du nouvel hôtel de police de Fort de France

Date : 26 08 2014
Indice de révision : A
Nombre de pages : 13

Auteur(s) :
Othmane ZOUHAIRI BERNOUSSI

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	26/08/2014	Version initiale

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	4
2.	DOCUMENTS DE REFERENCE	4
2.1	Fournis par le client	4
2.1.1	Notes techniques.....	4
2.1.2	Plans et esquisses	4
2.2	Règlementaires	4
2.3	Autres	5
3.	DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	6
4.	VERIFICATION DES CONDITIONS D'APPLICATION DES SCENARIOS D'INCENDIE DE REFERENCE	7
5.	VERIFICATION DU CLASSEMENT DU PARKING EN PSLV	8
6.	VERIFICATION DES JUSTIFICATIONS SUR LE COMPORTEMENT AU FEU DE LA STRUCTURE DU PARKING.....	8
6.1	Vérification des hypothèses de charge et coefficient de pondération	9
6.1.1	Charges	9
6.1.2	Combinaisons de charge	9
6.1.3	Coefficient partiel de sécurité a chaud.....	9
6.2	Vérification des justifications sur les éléments de structure	9
6.2.1	Vérification du plancher	9
6.2.2	Vérification des solives et des poutres.....	9
6.2.3	Vérification des poteaux.....	10
6.3	Synthèse	10
7.	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	11
8.	CONCLUSIONS.....	13

1. INTRODUCTION

L'objectif de cet avis est de donner une appréciation concernant l'étude d'ingénierie du comportement au feu transmise par la SATPN 972 sur la stabilité au feu du parc de stationnement du nouvel hôtel de police de Fort de France (972).

Comme toute étude d'ingénierie du comportement au feu, lorsque la stabilité au feu d'un ouvrage ou d'un bâtiment est justifiée par une approche d'ingénierie, l'étude doit faire l'objet d'un avis sur étude par laboratoire agréé au sens de l'article 15 de l'arrêté du 22 mars 2004.

Cette étude d'ingénierie incendie a été réalisée par le CTICM selon les modèles de calculs avancés des Eurocodes Partie feu avec notamment l'utilisation du logiciel de calcul par éléments finis ANSYS. Cet avis sur étude vise ainsi à s'assurer que les justifications apportées dans cette étude sont conformes.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1 FOURNIS PAR LE CLIENT

2.1.1 NOTES TECHNIQUES

- [1] SRI 13-169_SATPN972_rapport_scénarios.pdf
- [2] SRI 14-018b_SATPN972_rapport d'étude.pdf

2.1.2 PLANS ET ESQUISSES

- [3] 408-HPDF-P1-P2.dwg
- [4] 409-HPDF-P3-P4.dwg
- [5] 410-HPDF-P5-PTOIT.dwg
- [6] HPFDF-FAC-CP-1-2-3-EBOUE.dwg
- [7] HPFDF-FAC-CP-3-4-5-EBOUE.dwg
- [8] HPFDF-PRO-R1.dwg
- [9] HPFDF-PRO-R2.dwg
- [10] HPFDF-PRO-R3.dwg
- [11] HPFDF-PRO-R4.dwg
- [12] HPFDF-PRO-RDC.dwg
- [13] HPFDF-PRO-TOIT.dwg
- [14] 7092_STR_COUPE-TN COUPE 1-1.pdf
- [15] 7092_STR_COUPE-TN COUPE 2-2.pdf
- [16] 7092_STR_COUPE-TN COUPE 3-3.pdf
- [17] 7092_STR_COUPE-TN.dwg
- [18] 7092_STR_PRO_PH-RDC.dwg
- [19] 7092_STR_PRO_PH-1^{er}.dwg
- [20] 7092_STR_PRO_PH-2^{ème} & demi niv.dwg
- [21] 7092_STR_PRO_PH-3^{ème}.dwg
- [22] 7092_STR_PRO_PH-4_toiture.dwg

2.2 REGLEMENTAIRES

- [23] Eurocode 0 : Eurocode 0 : Bases de calcul des structures, Mars 2003
- [24] Eurocode 1 Partie 1-1 : Actions sur les structures - Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments, Mars 2003
- [25] Eurocode 1 Partie 1-2 : Actions sur les structures - Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu, Juillet 2003
- [26] Eurocode 3 Partie 1-2 : Calcul de structures en acier - Règles générales - Calcul du comportement au feu, Novembre 2005
- [27] Eurocode 4 Partie 1-1 : Calcul des structures mixtes acier-béton - Règles générales et règles pour les bâtiments, Juin 2005

- [28] Eurocode 4 Partie 1-2 : Calcul de structures mixtes acier-béton - Règles générales - Calcul du comportement au feu, Février 2006 + AN, Octobre 2007

2.3 AUTRES

- [29] Rapport CTICM : « Guide pour la vérification du comportement au feu de parcs de stationnement largement ventilés en superstructure métallique », Christophe FRAUD et Bin ZHAO, référence INSI-03/233d-BZ/PB, Janvier 2004
- [30] Rapport CTICM : « Guide pour la vérification du comportement au feu de parcs de stationnement largement ventilés en superstructure métallique », Mohsen ROOSEFID, référence SRI-11/110h-MR-BZ/NB, Mars 2014
- [31] Rapport INERIS « Parcs de stationnement en superstructure largement ventilés, Avis d'expert sur les scénarios d'incendie », octobre 2001.

3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

L'ouvrage étudié est un parc de stationnement largement ventilé R+5 de 55,05 m de longueur et de 23,40 m de largeur pour le plancher haut du rez-de-chaussée. Au niveau du plancher haut du quatrième étage, la longueur est de 58,45 m pour la même largeur de 23,40 m. La hauteur libre sous plafond est de 2,55 m au minimum et la hauteur minimale sous poutre est 1,98 m. Une rampe d'accès permet aux usagers en véhicule d'accéder aux différents niveaux à partir de la cour de service. La cage d'escalier desservant les niveaux de l'ouvrage se situe du côté de la rue Jacques Cazotte. Une toiture recouvre partiellement le niveau R+5 du parking, mais celle-ci ne fait pas partie de l'étude de la stabilité au feu réalisée par le CTICM.

La structure est en ossature métallique avec trois types de trames sur la largeur du parking. Les poutres principales sont orientées dans le sens de la longueur du parking tandis que les solives sont orientées dans le sens de la largeur du parking. Les trames sont décrites dans le tableau suivant et illustrées dans la Figure 3-2 :

	Portée des poutres principales	Portée des solives
Trame type 1	Entre 7,5 m et 10 m	4,8 m
Trame type 2		11,55 m
Trame type 3		7,35 m

Figure 3-1 : Dimensions des trames courantes

L'entraxe des solives est égal à 2,5 m dans la majorité des cas à part pour certains cas il est égal à 1,95 m.

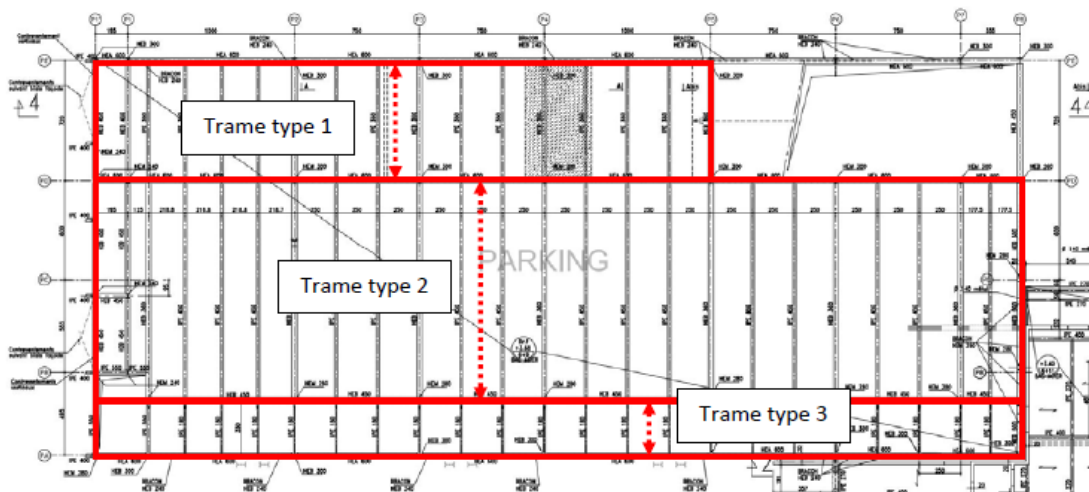


Figure 3-2 : Plan de l'ossature du niveau RDC du parc de stationnement en superstructure

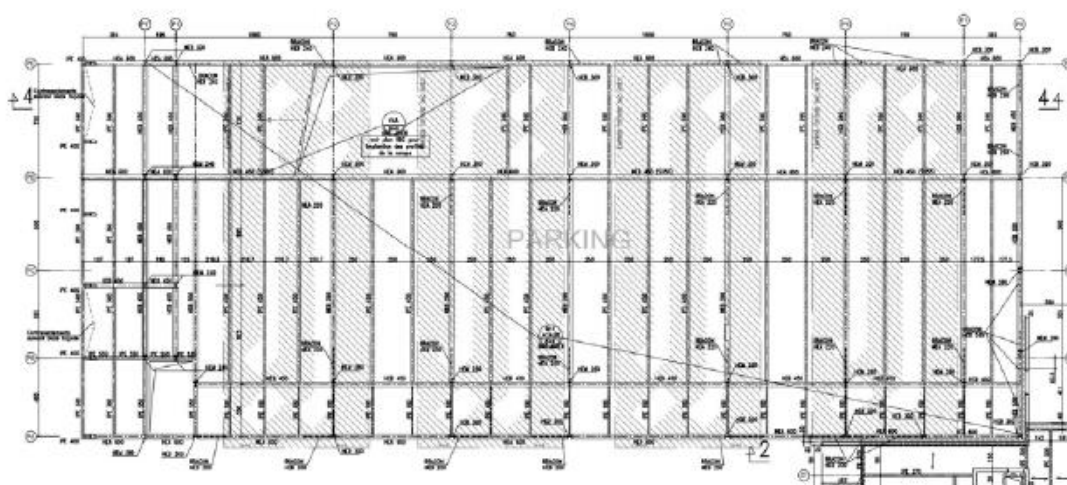


Figure 3-3 : Plan de l'ossature du niveau R+4 du parc de stationnement en superstructure

L'ouvrage est destiné à accueillir les véhicules des fonctionnaires de police et autres personnes travaillant dans l'hôtel de police. Ce sont exclusivement des véhicules légers tels que des voitures, des camionnettes ou des véhicules deux

roues qui stationneront sur ce parking. Toutefois, la hauteur des véhicules sera limitée à la hauteur minimale sous poutre, soit environ 2 m.

La capacité totale d'accueil est de 258 véhicules étalés sur 6 niveaux (RDC jusqu'à R+5).

Les poutrelles métalliques (solives et poutres) sont connectées à la dalle constituant ainsi des poutres mixtes acier-béton. La nuance d'acier pour l'ensemble des poutres et solives est S235 et la nuance des poteaux est S275.

La plupart des poutres principales sont en HEA600 et certaines poutres sont en HEB500, HEA500, IPE500 et IPE550 dans la zone escalier.

Les solives courantes sont en IPE180, IP270 et IPE360 alors que les solives de rive sont en HEB400 et HEA600

Le dalle de plancher est composée d'un bac acier nervuré de type Cofraplus 60-75/100, d'une nappe de treillis soudé de type ST25C avec une nuance S500, le tout pour une épaisseur totale de dalle de 150 mm avec un béton C30/37.

La connexion de la dalle est assurée par des goujons de type NELSON de $\phi 16$ mm, de 105 mm de haut et d'entraxe 207 mm pour les solives et de 210 mm pour les poutres. La résistance à la rupture des connecteurs est $f_u = 450$ MPa.

Les poteaux sont des profilés de type HEA, HEB partiellement enrobés de béton entre les semelles à l'exception des poteaux de rive dans la hauteur du 4^{ème} étage sont des poteaux métalliques inclinés de type IPE400.

4. VERIFICATION DES CONDITIONS D'APPLICATION DES SCENARIOS D'INCENDIE DE REFERENCE

Les scénarios d'incendie retenus impliquent un, quatre et sept véhicules. Pour chacun des scénarios, un véhicule de type utilitaire de forte charge calorifique est directement intégré de manière sécuritaire, les autres véhicules sont de classe 3.

La vérification de la résistance au feu se base donc sur quatre scénarios :

- Sept véhicules alignés, dont un utilitaire à forte charge calorifique, avec pour initiateur le véhicule central, le feu se propageant de part et d'autre aux véhicules voisins,
- Quatre véhicules autour d'un poteau, dont un utilitaire à forte charge calorifique, le feu se propageant aux véhicules voisins du véhicule initiateur,
- Quatre véhicules alignés, dont un utilitaire à forte charge calorifique, avec pour initiateur un des deux véhicules centraux, le feu se propageant de part et d'autres aux véhicules voisins,
- Un seul véhicule de type utilitaire.

Les scénarios d'incendie retenus pour ce parc de stationnement sont déterminés en positionnant les véhicules définis dans les scénarios de référence de manière à obtenir les actions thermiques les plus défavorables envers les éléments de structure.

Dans les scénarii proposés, la propagation de l'incendie au véhicule suivant se fait de proche en proche au bout de 12 min en conformité avec les guides [29] [30] .

Au total sept scénarios d'incendie ont été retenus pour l'étude du parc de stationnement à savoir :

- Scénario S1 : impliquant trois véhicules, dont deux véhicules de classe 3 et un véhicule de type utilitaire autour d'un poteau interne supportant une surface de plancher importante,
- Scénario S2 : impliquant un véhicule de type utilitaire à mi portée d'une solive de type IPE360,
- Scénario S3 : impliquant un véhicule de type utilitaire au niveau de la rampe d'accès à mi portée d'une solive de type HEA240,
- Scénario S4 : impliquant sept véhicules dont six véhicules de classe 3 et un véhicule de type utilitaire perpendiculaire aux solives et proches des poteaux inclinés du 1^{er} étage,
- Scénario S5 : impliquant sept véhicules dont six véhicules de classe 3 et un véhicule de type utilitaire perpendiculaire aux solives de rive et proches des poteaux inclinés au quatrième étage,
- Scénario S6 : impliquant cinq véhicules dont quatre véhicules de classe 3 et un véhicule de type utilitaire perpendiculaire aux solives sur la façade nord du parking,
- Scénario S7 : impliquant sept véhicules le long de la façade est du parking. Ce scénario sollicite fortement les poutres de rive le long du parking.

Ces scénarios sont jugés conformes et sécuritaires.

Remarque : Cette définition de scénarios d'incendie se base sur des travaux de recherches et d'analyses réalisés par le CTICM/ EFECTIS France sur les feux de véhicules dans le contexte des parkings, et ce en termes de débit calorifique et de mode de propagation. Ces différents travaux ont fait l'objet :

- d'un avis favorable du CECMI sur la méthode de calcul développée et faisant suite à une analyse du CSTB
- d'un avis de la CCS sur les scénarios proposés, précisant en particulier la non-propagation du feu au-delà d'une voie de roulement
- d'une tierce expertise de la part de l'INERIS en 2001 conduisant à définir des scénarios enveloppe.

On rappellera que les scénarios devront avoir un avis favorable de la commission de sécurité.

5. VERIFICATION DU CLASSEMENT DU PARKING EN PSLV

Le classement du parking en PSLV, au sens de l'arrêté du 9 Mai 2006 type PS [19] publié au JO du 8 juillet 2006, est validé en termes de ventilation lorsque :

- à chaque niveau, les surfaces de ventilation dans les parois sont placées au moins dans deux faces opposées ;
- la distance maximale entre les façades opposées et ouvertes à l'air libre est inférieure à 75 m ;
- les surfaces de ventilation sont au moins égales à 50% de la surface totale de ces façades et correspondent au moins à 5% de la surface du plancher ;

Aucune indication n'étant communiquée quant au degré d'ouverture des façades, EFECTIS France considère sans vérification complémentaire que le présent parc de stationnement répond aux exigences précitées. Il est donc considéré comme Parc de Stationnement Largement Ventilé (PSLV) conformément à l'arrêté du ministère de l'intérieur du 9 mai 2006 relatif aux parcs de stationnement.

6. VERIFICATION DES JUSTIFICATIONS SUR LE COMPORTEMENT AU FEU DE LA STRUCTURE DU PARKING

Comme indiqué au § 1, l'étude fournie par SATPN 972 est menée selon les modèles de calculs avancés des Eurocodes Partie feu, et s'est également appuyé sur le « guide pour la vérification du comportement au feu de parcs de stationnement largement ventilés en superstructure métallique » du CTICM [29] [30] .

Cette étude détermine le comportement au feu de la structure porteuse du parking sous incendie réel selon les modèles de calcul avancés des Eurocodes Partie feu, à l'aide de simulations numériques basées sur la méthode des éléments finis. Le code de calcul par éléments finis utilisé est ANSYS.

Ce logiciel a été déjà validé pour ce type de modélisation, par le CTICM et EFECTIS France, notamment pour les projets de recherche européens sur le comportement au feu des systèmes de planchers mixtes, tels que le projet Cardington, le projet d'essais de démonstration en parking ouvert et très récemment le projet FRACOF.

Ce type de modélisation a notamment permis la mise en place du Guide du CTICM.

Les critères de sécurité en termes de stabilité au feu considérés dans l'étude sont issus du Guide CTICM, à savoir :

- La flèche globale du plancher à l'incendie doit être inférieure à 1/30ème de la somme des portées de la poutre principale et de la solive,
- Le déplacement vertical relatif des poutres ou solives par rapport à la flèche à froid doit être inférieure au 1/20ème de la portée de l'élément,
- Déformation mécanique totale des armatures selon les deux axes principaux du plancher doit être inférieure à 5%

Ainsi, l'ensemble de la démarche mise en œuvre par SATPN 972 pour justifier la stabilité au feu de la structure du parking est conforme.

On effectue dans les paragraphes suivants une analyse détaillée de la démarche.

6.1 VERIFICATION DES HYPOTHESES DE CHARGE ET COEFFICIENT DE PONDERATION

6.1.1 CHARGES

Charge permanentes :

Les charges permanentes considérées hors poids propre des profilés métalliques sont égales à : 287 daN/m²

Charge d'exploitation :

$$Q = 250 \text{ daN/m}^2$$

6.1.2 COMBINAISONS DE CHARGE

La combinaison de charge considérée en situation d'incendie est la combinaison : $G + 0,7 Q$, elle est conforme à l'Eurocode 0 + AN [23] .

6.1.3 COEFFICIENT PARTIEL DE SECURITE A CHAUD

Les coefficients partiels de sécurité à chaud pris en compte sous le cas accidentel d'incendie sont :

- $\gamma_{m,fi,a} = 1,0$ acier de construction,
- $\gamma_{m,fi,c} = 1,0$ béton plus,
- $\gamma_{m,fi,s} = 1,0$ armatures,
- $\gamma_{m,fi,v} = 1,0$ connecteurs,
- $\gamma_{m,fi,ap} = 1,0$ bac acier.

Ces valeurs sont conformes à celles préconisées dans les Eurocodes 0 [23] .

6.2 VERIFICATION DES JUSTIFICATIONS SUR LES ELEMENTS DE STRUCTURE

6.2.1 VERIFICATION DU PLANCHER

Dans la note, la justification du plancher s'appuie sur le « guide » et sur les calculs avancés ANSYS avec la présence de treillis soudés ST25 C et de nuance S 500. De plus, les dispositions constructives du guide doivent être reprises pour l'attache de continuité du treillis sur les têtes de poteaux courants.

La justification est donc cohérente.

6.2.2 VERIFICATION DES SOLIVES ET DES POUTRES

Les poutres mixtes sont connectées à la dalle par l'intermédiaire de goujons Nelson de diamètre 16 mm. Les calculs avancés menés par SATPN (ANSYS) prennent en compte le mode et les caractéristiques de la connexion des éléments (en connexion totale ou partielle). Les calculs avancés permettent de s'affranchir de la connexion totale, cependant il est nécessaire de respecter le degré de connexion minimal défini dans l'Eurocode 4 partie 1-1[27] .

SATPN justifie ensuite la stabilité au feu de l'ensemble des poutres mixtes par l'intermédiaire de calculs avancés pour chacun des scénarios, en vérifiant que :

- la flèche globale du plancher est inférieure à 1/30^{ème} de la somme des portées de la poutre principale et de la solive selon le projet de recherche européen FRACOF,
- le déplacement vertical relatif des poutres ou solives par rapport à la flèche à froid est inférieur au 1/20^{ème} de la portée de l'élément selon le cas.

À noter que, ces scénarios couvrent l'ensemble des trames du parc de stationnement. Le critère relatif à la déformation des armatures est également vérifié.

EFFECTIS France juge cette méthode cohérente et valide les résultats ainsi obtenus.

6.2.3 VERIFICATION DES POTEAUX

Selon les documents fournis par SATPN 972, la justification des poteaux de type HEA et HEB est faite par calculs avancés à l'aide du scénario 1 qui couvre le cas le plus enveloppe des poteaux de ce type. Le scénario concerné compte 3 véhicules, dont deux véhicules de classe 3 et un véhicule de type utilitaire autour d'un poteau interne supportant une surface de plancher importante. Cette situation est critique pour le poteau concerné, étant donné que d'une part, celui-ci sera sollicité thermiquement tout au long de l'incendie et sur toutes ses faces successivement et que d'autre part, il est en même temps le plus chargé mécaniquement.

La justification des poteaux de rive de type IPE400 est faite à l'aide du scénario 5 impliquant 7 véhicules dont 6 véhicules de classe 3 et un véhicule utilitaire perpendiculaire aux solives de rive et proches des poteaux inclinés au quatrième étage.

La méthode de justification de la stabilité au feu des poteaux utilisés par SATPN 972 est jugée cohérente par EFACTIS France.

6.3 SYNTHESE

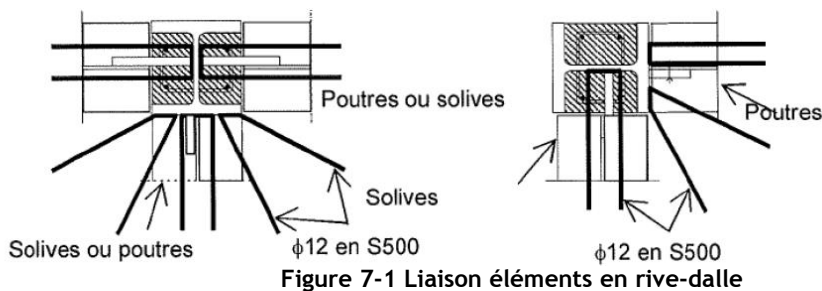
Le tableau suivant synthétise les analyses faites pour chaque élément de structure du PSLV :

	Eléments	Justification « SATPN 972 »	Justification valide ?
DALLE	Cofraplus 60 avec treillis soudés ST25C Béton de classe C30/37 Epaisseur 150 mm	calculs avancés	OUI
POUTRES	Poutres de rive type HEA600 justifiées à l'aide du scénario S7 Poutres de type HEA500 justifiées à l'aide du scénario S5 Poutres en console de type HEA600, IPE400 justifiées à l'aide du scénario S4	calculs avancés	OUI
SOLIVES	Solives de type IPE360 justifiées à l'aide du scénario S2 Solives de la rampe d'accès de type HEA240 justifiées à l'aide du scénario S3 Solives de rive de la façade Sud de type HEA600 et HEA450 justifiées à l'aide du scénario S4 Solives de rive de la façade Nord de type HEB400 et IPE270 justifiées à l'aide du scénario S6 Solives de rive de la façade Est de type IPE180 justifiées à l'aide du scénario S7	calculs avancés	OUI
POTEAUX	Poteaux de type HEA, HEB partiellement enrobés de béton entre les semelles justifiés à l'aide du scénario S1 Poteaux de rive métalliques de type IPE400 justifiés à l'aide du scénario S5	calculs avancés sous scénario de feu réel	OUI

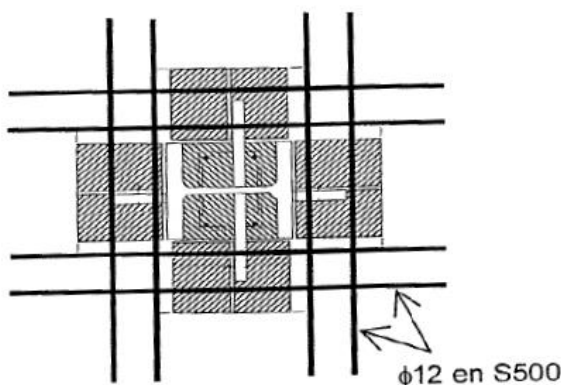
7. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Afin de satisfaire aux exigences de stabilité et d'assurer une connexion totale entre les éléments de structure et le plancher mixte, la conception et la mise en œuvre des parcs de stationnement doit suivre des dispositions constructives données des guides rappelées ci-après.

- (1) Le remplissage du béton entrant les semelles des poteaux doit être réalisé sur toute la hauteur.
- (2) La liaison entre les poteaux de rive et la dalle de béton est nécessaire et doit être assurée par des armatures de diamètre minimum de 12 mm ancrés sur les poteaux en acier.



- (3) Les assemblages poutre-poteau et poutre-poutre peuvent être réalisés en assemblage articulé mais la semelle inférieure des poutres doit respecter un jeu de 15 mm afin d'assurer une résistance en moment négatif en cas d'incendie, pour les éléments dont la portée est supérieure à 10m. Tout assemblage de conception différente assurant au moins une résistance identique en moment négatif peut être utilisé (par exemple des platines d'about).
- (4) Pour des poteaux centraux, la continuité des armatures dans la dalle de béton doit être assurée par des armatures additionnelles.



- (5) La nappe de treillis soudé doit avoir une liaison suffisante, à l'aide des connecteurs en goujon à tête, avec toutes les poutres de rive (solives et poutres principales), ceci peut être réalisé avec des armatures additionnelles,

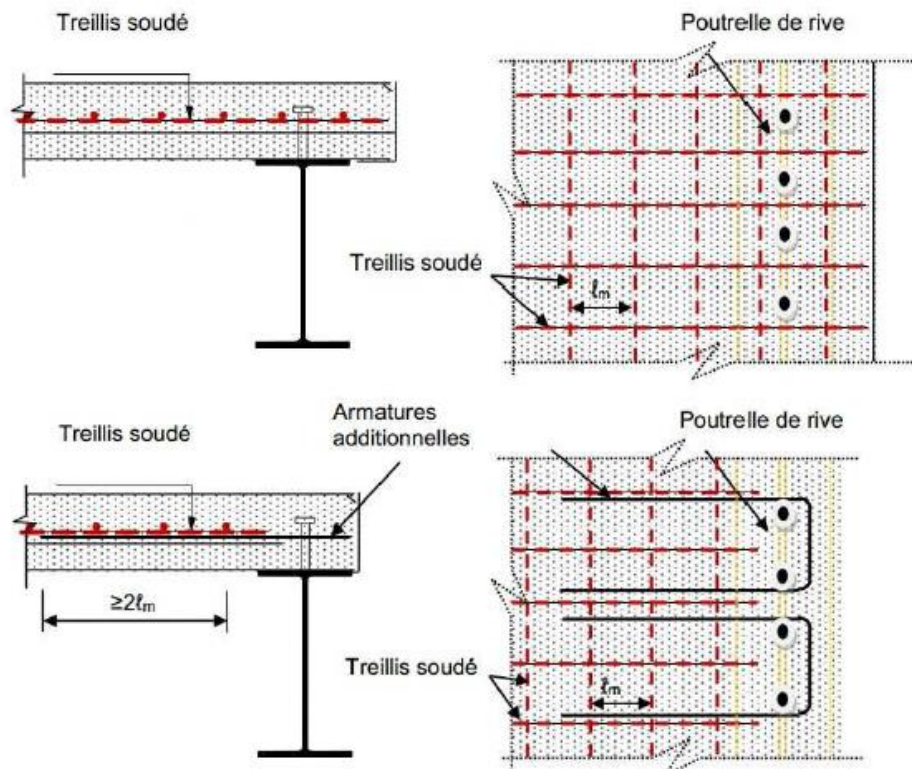


Figure 7-3: Disposition des armatures additionnelles pour assurer la connexion entre les goujons des poutres et le treillis de la dalle

- (6) Toutes les armatures additionnelles doivent avoir une longueur d'ancrage suffisante permettant d'obtenir un ancrage solide de celles-ci dans la dalle,
- (7) Les connecteurs doivent être uniformément répartis le long des poutres en acier.

8. CONCLUSIONS

Sur la base de l'analyse de l'étude d'ingénierie au feu fournie par la SATPN 972, des plans en notre possession, EFECTIS France émet un avis favorable, selon l'article 15 de l'arrêté du 22 mars 2004, à l'étude d'ingénierie du comportement au feu du parc de stationnement du nouvel hôtel de police de Fort de France (972), sous hypothèse d'une part de la validation des scénarios d'incendie par les autorités locales compétentes et d'autre part du classement en PSLV du parc de stationnement.

Cet avis donne une appréciation, conformément à l'article 15 de l'arrêté du 22 mars 2004, sur l'étude d'ingénierie du comportement au feu transmis par la SATPN 972. Cet avis est donc basé sur le référentiel qu'est l'Eurocode 4 partie 1.2 « comportement au feu des structures mixtes » et ne permet en aucun cas de s'affranchir des vérifications du comportement de la structure dans les situations autres que la situation accidentelle « incendie », en particulier la conformité aux dispositions de l'Eurocode 4 partie 1.1.

Par ailleurs, il conviendra de s'assurer que les dispositions constructives évoquées au § 7 soient bien respectées lors de la mise en œuvre sur chantier.

Cet avis ne vaut que pour le chantier étudié du parking du nouvel hôtel de police de Fort de France et dans le strict respect des documents en possession d'EFECTIS France ainsi que des informations qui lui ont été communiquées. Par ailleurs, aucun contrôle sur site n'a été effectué dans le cadre de cet avis sur étude.

Cette étude a été réalisé dans le respect des données qui ont été communiquées à EFECTIS France répertoriées dans le §2 du présent document.