VERDI

Direction immobilière des douanes de Rouen

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

Réaménagement et rénovation thermique de l'extension de l'Hôtel des Douanes de Rouen



NOTICE STRUCTURE

FAISABILITÉ STRUCTURELLE DES TRAVAUX DE MODIFICATION DE CHARGES

MAITRISE D'OUVRAGE	**Direction immobilière des douanes de Normandie**	13 avenue du Mont Riboudet 76000 ROUEN	09 70 27 38 93
BUREAU D'ETUDE	**Verdi Normandie**	1 allée Théodore Monod 76160 Saint-Martin-Du-Vivier	Normandie@verdi.fr

FICHE D'AUTOCONTROLE

La fiche d'autocontrôle est un document utilisé dans le cadre de la démarche de certification ISO9001 du groupe VERDI.

Cette fiche a été créée dans le souci de satisfaire en permanence le Maître d'Ouvrage.

Elle constitue un gage de qualité indiquant que le document remis au Maître d'Ouvrage a été revu et approuvé et a fait l'objet d'une approbation.

A sa création, le document porte l'indice A, s'il doit faire l'objet de modifications, celles-ci seront notées dans le tableau des modifications ci-dessous avec l 'évolution de l'indice et de la date de modification.

APPROBATION DU DOCUMENT

Rédacteur		Contrôle		Approbation	
Fonction :	Chargée d'étude	Fonction :	Cheffe de projet	Fonction :	Cheffe de projet
Nom :	C FINIELS	Nom :	E.Dero	Nom :	E.Dero
Date :	18/11/2025	Date :	21/11/2025	Date :	21/11/2025
Visa :		Visa :		Visa :	

TABLEAU DES MODIFICATIONS

Indice	Date de création ou modification	Nature des modifications	Pages
A	18/11/2025	Création du document	Toutes

1 GENERALITES

Dans le cadre de l'étude de faisabilité relative au réaménagement des locaux de l'Hôtel des Douanes, plusieurs modifications structurelles sont envisagées.
Elles concernent notamment :

- L'adaptation des charges en toiture consécutive à la pose d'un isolant plus performant et à l'installation de panneaux photovoltaïques ;
- L'aménagement intérieur, avec le déplacement du local armurerie.

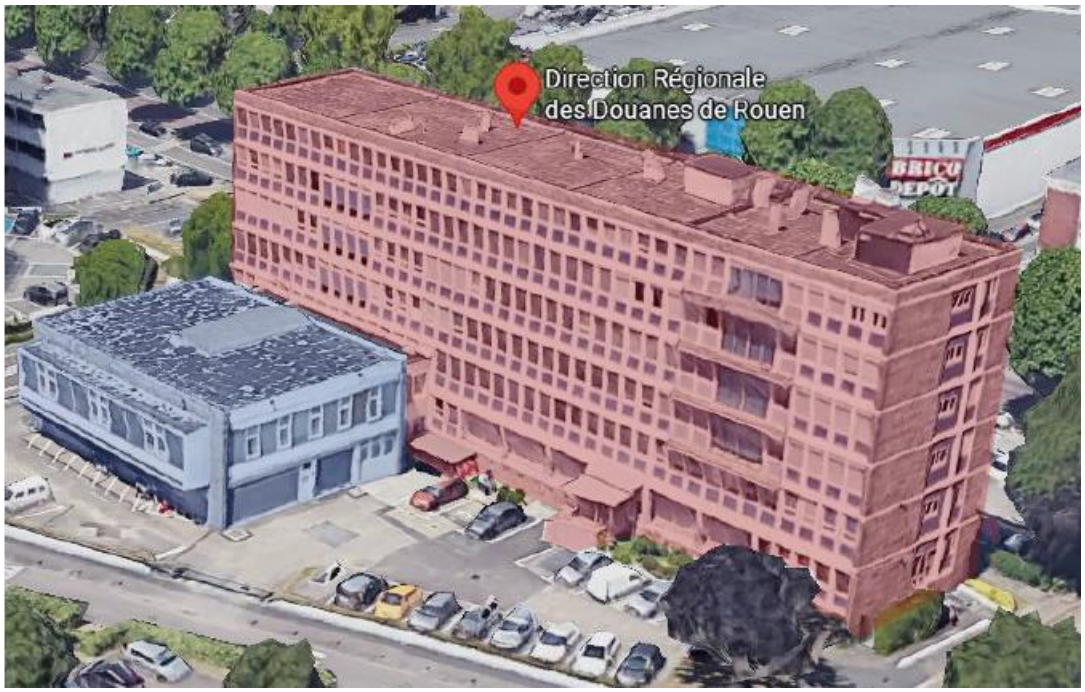
La maîtrise d'ouvrage a mandaté le bureau d'études CCI pour réaliser des sondages destructifs, déterminer la nature et le mode constructif ainsi qu'établir les calculs de capacité portante nécessaires à l'analyse au droit de ces zones.

Les caractéristiques et le poids des nouveaux complexes en toiture ont été définis par le bureau d'études VERDI, dans le cadre des études de faisabilité liées aux exigences thermiques et à l'intégration des équipements photovoltaïques.

Sur la base des études VERDI et CCI, la présente note a pour objectif d'évaluer la faisabilité technique de ces modifications :

- Justifier la possibilité d'adapter les complexes de toiture et formuler, si besoin, des préconisations de renforcement ;
- Vérifier la faisabilité du déplacement du local armurerie, en précisant les éventuels renforcements ou prescriptions à prévoir.

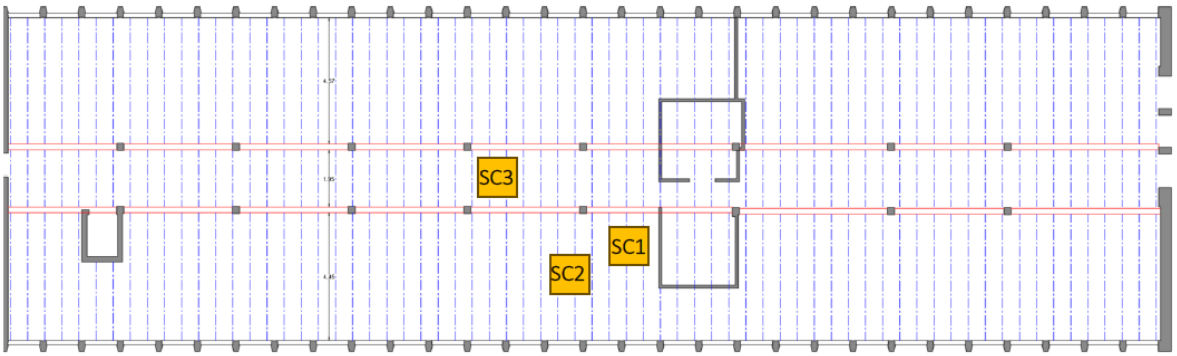
Le présent document établira les vérifications des modifications apportées à la dalle haute du R+5 du bâtiment principal (en rouge sur la vue ci-après), à la dalle haute du R+1 de l'extension (en bleu sur la vue ci-après), ainsi que la faisabilité du déplacement de l'armurerie dans l'extension.



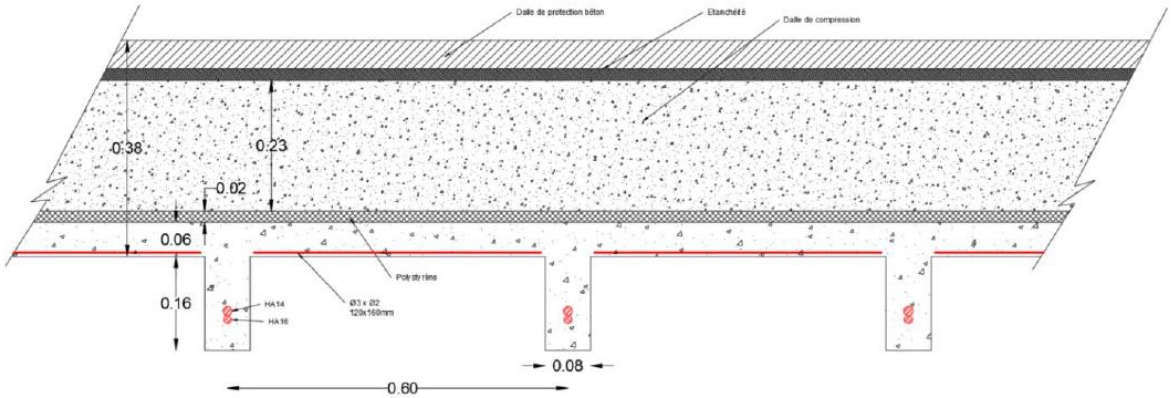
Le document du bureau d'étude CCI, ayant servi pour l'établissement de ce rapport est référencé DE2508-003/PTY Révision 1 en date du 18/11/2025.

2VERIFICATION DE LA TOITURE DU R+5

Le bureau d'étude CCI a mis en évidence le principe constructif de la toiture du R+5. Celle-ci est composée de deux files centrales de poutres appuyées sur des poteaux reprenant un plancher nervuré composé de poutrelles 16x8 cm portant de façade à poutres principales. La dalle béton de compression fait 23cm.



Le complexe de couverture est composé d'une étanchéité bitume, d'un isolant de 2 cm en polystyrène , d'une dalle de compression de 23cm et des dallettes béton de 5 cm.



Afin d'établir le poids du complexe de l'existant, nous sommes partis sur l'hypothèse d'un isolant en polystyrène à 30 kg/m³ et d'une étanchéité bitume monocouche.

Afin de pouvoir statuer sur la faisabilité du remplacement du complexe de couverture, nous avons comparé les charges existantes et les charges projetées.

Charges sur dalle à l'existant :

Étanchéité bitume (mono couche)	0,5 cm	1 500 kg/m^3	7,5 kg/m^2
Isolant (4,5 cm, polystyrène)	2 cm	45 kg/m^3	1 kg/m^2
Dalle de compression béton	23 cm	2500 kg/ m^3	575 kg/m^2
Dallettes béton (5 cm)	5 cm		24 kg/m^2

Total Poids du complexe existant : 607 kg/m²

Le projet de réhabilitation prévoit la dépose des dallettes, la réfection de l'étanchéité, la mise en œuvre d'un isolant de type polyuréthane et la pose de panneaux photovoltaïque.

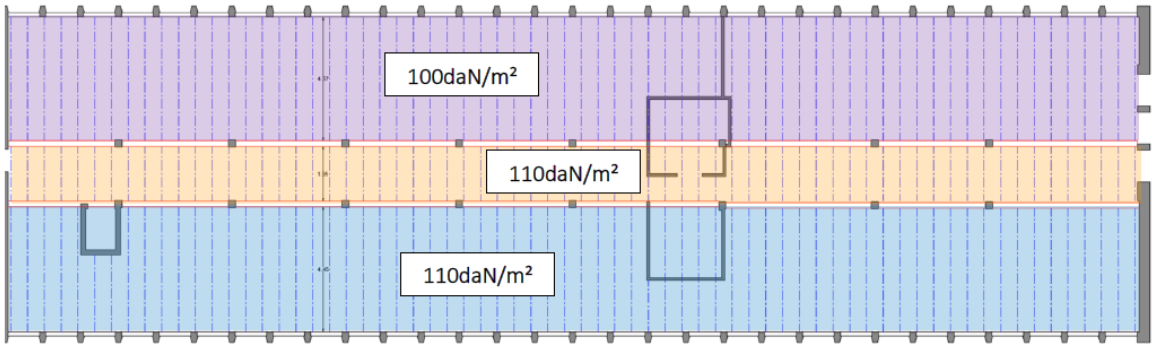
Charges sur dalle projet :

Étanchéité bitume (bicouche)	1 cm	1 500 kg/m^3	15 kg/m^2
Isolant polyuréthane de 10 cm (R=4,55 m^2.K/W	10 cm	35 kg/m^3 polyuréthane	3,5kg/m^2
Dalle de compression béton	23 cm	2500 kg/ m^3	575 kg/m^2
Panneaux photovoltaïques + support		15kg/m^2	15 kg/m^2

Total Poids du complexe futur : 608,50 kg/m²

Il n'a été constaté de désordre laissant à penser à un défaut de capacité portante (flèche, fissures). Les charges futures appliquées en couverture du R+5 du bâtiment principal sont sensiblement également au charges existantes (+2kg/m² < 10% charges existantes).

De plus, la capacité portante a été établie par le bureau d'étude CCI. A une valeur de G+Q= 206kg/m² hors dalle de compression et poutrelles/dalles.



Etanchéité + isolant + faux plafond + panneaux photovoltaïques + charge d'exploitation =145kg/m² < 206kg/m².

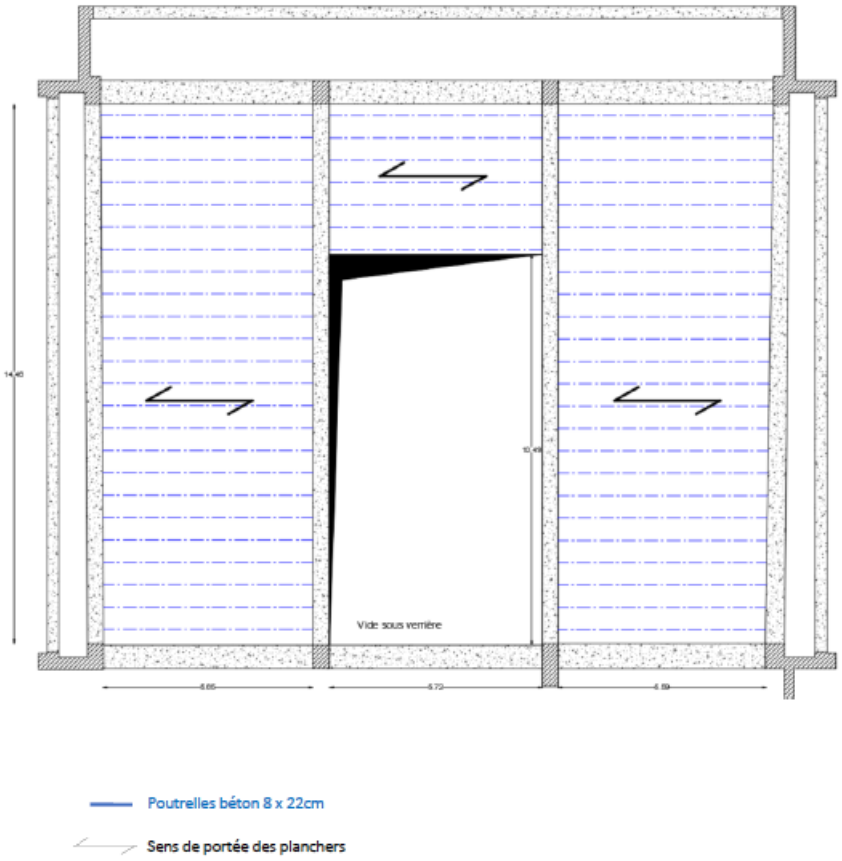
Dans ces conditions, la faisabilité de la modification du complexe de toiture est démontrée et il n'est pas nécessaire de prévoir un renforcement structurel.

Le bureau d'étude CCI a précisé avoir observé plusieurs désordres liés au vieillissement du béton. Des éclats d'enrobage sont observés, laissant apparaître des armatures corrodées, en particulier en sous-face de dalle où la corrosion est déjà avancée et provoque un éclatement du béton.

Il est préconisé de procéder à la purge des bétons altérés et non adhérents, puis au traitement des armatures apparentes par un brossage et l'application d'un produit de passivation anticorrosion. Les zones endommagées devront ensuite être reconstituées à l'aide d'un mortier de réparation adapté, garantissant une bonne adhérence et un enrobage conforme des aciers.

3VERIFICATION DE LA TOITURE DE L'EXTENSION

Le bureau d'étude CCI a mis en évidence le principe constructif de la toiture de l'extension du R+1. Celle-ci est composée d'un système poteaux poutres reprenant un plancher nervuré composé de poutrelles 22x8 cm (sous dalle). La dalle béton formant plancher est d'épaisseur 6cm.



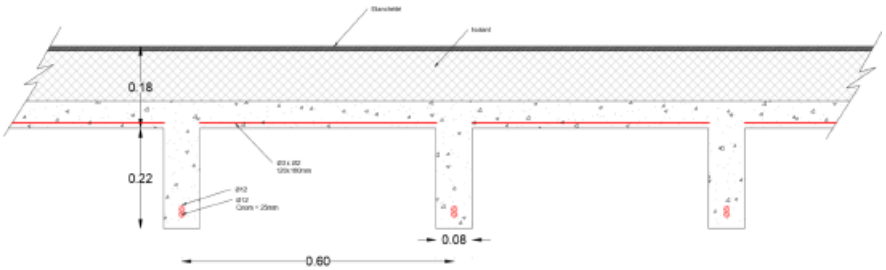
La toiture-terrasse du bâtiment est recouverte d'un complexe d'étanchéité bitumineux ancien.

Au centre de la toiture terrasse, se situe une verrière en béton et panneaux de verre. Cette dernière est prévue d'être supprimée et remplacée.



La mesure de l'épaisseur du plancher de la toiture terrasse donne une valeur comprise entre 18 et 19cm. Les sondages destructifs permettent de dresser la composition du plancher :

- Le plancher nervuré avec poutrelle (22x8cm)
- Dalle d'épaisseur 6cm ;
- Une couche d'isolant de 11cm ;
- L'étanchéité d'épaisseur 1cm ;



Le sondage a été réalisé en sous-face du plancher de la toiture terrasse, au droit du flanc de poutre et en sous-face de la dalle. Le sondage révèle :

- La poutre est armée de deux lits d'aciers longitudinaux composés d'acier HA12 soit 2,26cm²
- La dalle est composée d'un treillis de maille 160x120mm, de diamètre 2mm et 3mm. Soit 0,20cm²/m
- Enrobage des aciers de la poutre : 25mm.
- Les poutres principales n'ont pas été sondées.

Le projet de réhabilitation prévoit la démolition de la verrière centrale et la reconstruction d'une toiture en lieu et place, la dépose du complexe d'isolant et d'étanchéité afin de réaliser la réfection de l'étanchéité, la mise en œuvre d'un isolant de type polyuréthane et la pose de panneaux photovoltaïque.

Charges sur dalle à l'existant :

Étanchéité bitume (1cm)	1 cm	1 500 kg/m^3	15 kg/m^2
Isolant (11 cm, polystyrène)	11 cm	45 kg/m^3	5 kg/m^2
Faux plafond		12 kg/m^2	12 kg/m^2

Total Poids du complexe repris par la dalle 32kg/m²

Charges de la partie verrière :

20% Dalle béton 10cm / 80% verres	10 cm	20kg/cm	200 kg/m^2

Total Poids du la verrière : 200kg/m²

Charges sur dalle projet :

Étanchéité bitume (bicouche)	1 cm	1 500 kg/m^3	15 kg/m^2
Isolant polyuréthane de 10 cm (R=4,55 m^2.K/W	10 cm	35 kg/m^3 polyuréthane	3,5kg/m^2
Panneaux photovoltaïques + support		15 kg/m^2	15 kg/m^2
Faux plafond		12 kg/m^2	12kg/m^2

Total Poids du complexe futur : 45,5 kg/m²

Le bureau d'étude CCI a pris en compte les hypothèses suivantes pour le poids du complexe :

- Poids du faux plafond : 12kg/m2
- Poids de l'isolant : 15kg/m2
- Poids du complexe d'étanchéité : 40kg/m2

Le poids du complexe d'étanchéité pris en compte dans cette approche est très défavorable, poids d'une étanchéité proche de 15kg/m² et non 40kg/m².

Néanmoins les poutrelles ont été vérifiées avec cette hypothèse défavorable soit sous une charge G (hors poids de dalle et poutrelle) +Q = 64+145

Les charges permanentes prise en compte pour la vérification des poutrelles est bien supérieure aux charges projets de 64>45,5kg/m².

La dalle de 6cm peut reprendre les charges projets même en considérant une résistance fe=235Mpa

Calculs des armatures longitudinales (de flexion) à l'ELU						
Données						
Mu (ELU)	18,657	daNm				
bw	1	m	largeur			
h	0,06	m	hauteur			
d	0,054					
f_{ck}	25	MPa				
f_{yk}	235	MPa				
f_{cd}	16,67	MPa				
f_{sd}	204,35	MPa				
c_{nom}	30	mm				
Armatures longitudinales de résistance						
mu	0,00	m	OK			
z	0,05	m				
Asl	0,17	cm²				

Les dalles et poutrelles peuvent reprendre les charges projet.

Au droit de la verrière afin de ne pas augmenter les charges, nous prévoyons la réfection de celle-ci par une charpente métallique support d'un bac acier avec étanchéité et isolation. Il n'est pas prévu de pose de panneaux photovoltaïque sur cette toiture.

En prenant en compte des hypothèses de charges défavorable pour la réfection de la verrière :

Bac acier	10 kg/m^2
Etanchéité + isolant R=4,55	30 kg/m^2

Poids au m² de charpente	20 kg/m²
Faux plafond	15 kg/m²
Réseaux divers	10 kg/m²

Total Poids de la toiture en remplacement de la verrière centrale : 85 kg/m²

La charge de la toiture remplacée est inférieure à la charge de la verrière existante ainsi, les efforts apportés sur les poutres principales sont inférieurs aux efforts existants. Il n'y a pas lieu de renforcer les poutres principales de cette zone.

Il a été observé plusieurs désordres liés au vieillissement du béton. Des éclats d'enrobage sont observés, laissant apparaître des armatures corrodées, en particulier en sous-face de dalle où la corrosion est déjà avancée et provoque un éclatement du béton. La présence d'efflorescences et de traces d'humidité confirment par ailleurs la progression de la carbonatation ainsi que l'impact d'infiltrations anciennes sur les bétons, le tout accentué par un enrobage insuffisant des armatures.

Il est préconisé de procéder à la purge des bétons altérés et non adhérents, puis au traitement des armatures apparentes par un brossage et l'application d'un produit de passivation anticorrosion. Les zones endommagées devront ensuite être reconstituées à l'aide d'un mortier de réparation adapté, garantissant une bonne adhérence et un enrobage conforme des aciers.

4VERIFICATION DE L'AMENAGEMENT DE LA SALLE D'ARMEMENT

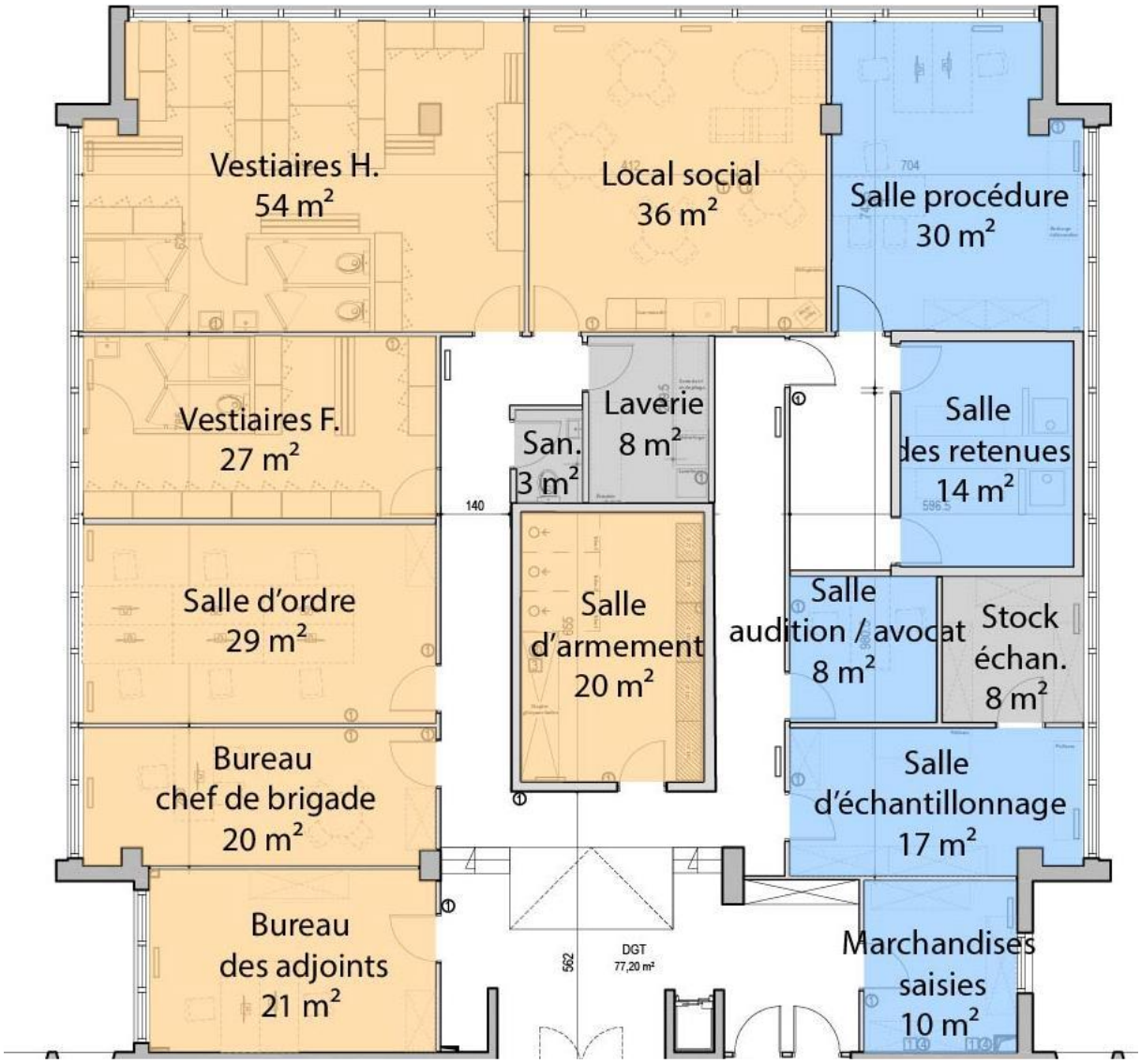
Le projet prévoit le déplacement de la salle d'armement au RdC du bâtiment de l'extension. Il n'a pas été communiqué de charge spécifique pour ce projet néanmoins cette salle recevra des armoires assimilables à des armoires fortes.

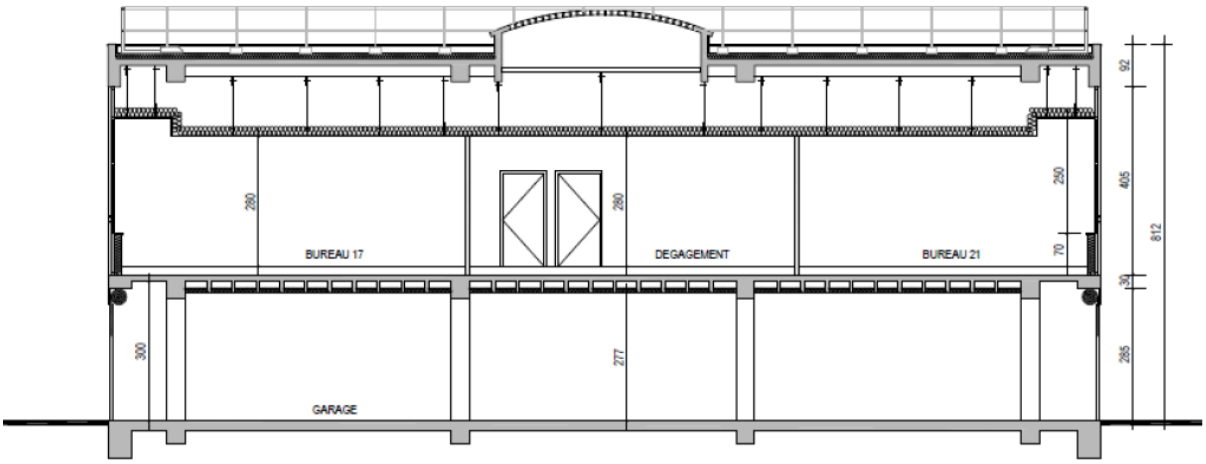
Nous prenons ainsi l'hypothèse d'une surcharge de 400kg/m² qui permet d'englober ce type d'équipements. Néanmoins, il sera nécessaire que la maitrise d'ouvrage confirme cette hypothèse.

Les autres charges d'exploitations sont également à confirmer par la MOA :

- Locaux de stockage, échantillonnage, marchandise saisie : hypothèse de 350kg/m² pour ces locaux.
- Locaux de bureau et vestiaires, une charge de 250kg/m² a été considérée.
- Local armurerie 400kg/m²

Les parois de ces locaux seront prévues en agglos plein.

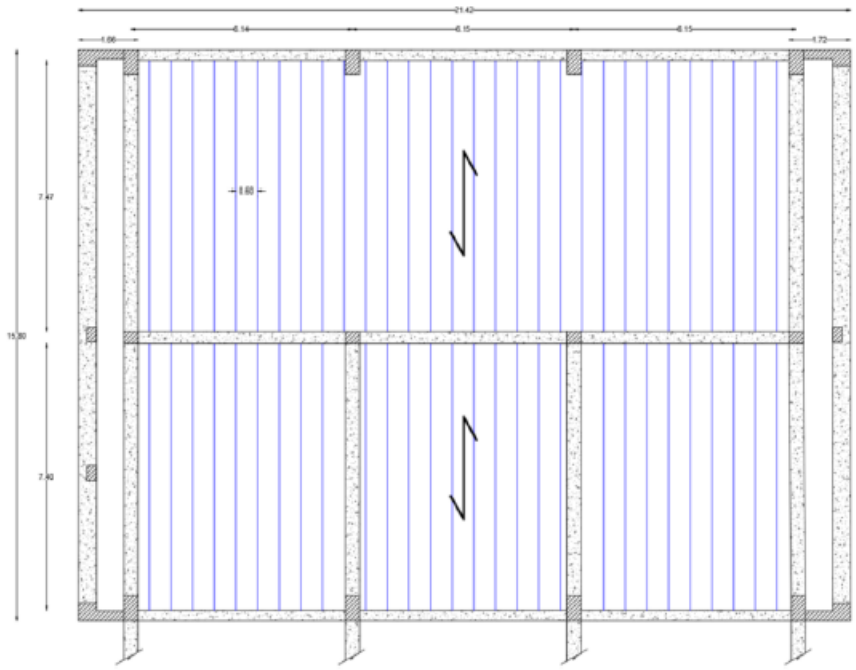




Le bureau d'étude CCI a mis en évidence le principe constructif du ph RdC.

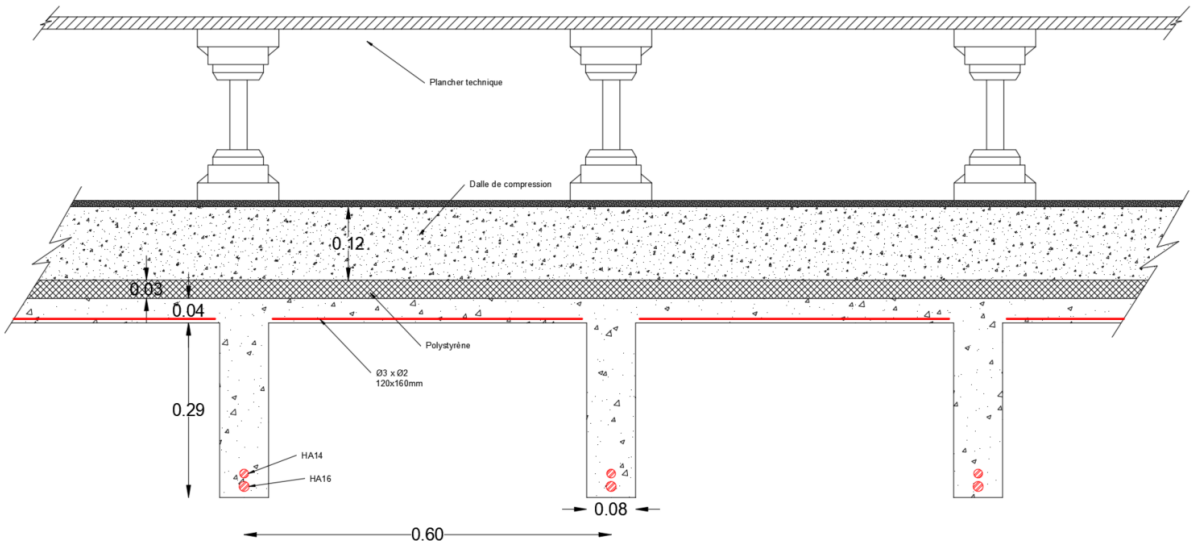
Le plancher haut RDC est composé d'une dalle nervurée en béton armé. Les observations mettent en évidence des poutrelles d'une hauteur de 28 cm pour une largeur de 8 cm, avec une portée maximale de 7,50 m. L'entraxe mesuré entre deux poutrelles est de l'ordre de 60 cm.

Ci-après le principe constructif identifié par le bureau d'étude CCI, en Bleu les poutrelles observées et en Noir le sens de portée du plancher étudié.



La mesure de l'épaisseur du plancher du RDC au transpointeur donne une valeur comprise entre 19 et 22cm. Les sondages destructifs permettent de dresser la composition du plancher :

- Le plancher nervuré avec poutrelle (28x8cm) et dalle d'épaisseur 4cm ;
- Une couche en polystyrène de 3cm ;
- Une dalle de compression en béton de 12cm ;
- Un plancher technique et revêtement de sol totalisant une épaisseur de 31cm.



Les charges existantes appliquées sont :

- Poids des panneaux isolant : 8,5 kg/m2
- Poids du polystyrène : 5kg/m2
- Poids du revêtement : 25kg/m2

- Poids du plancher technique : 50kg/m2
- Dalle béton 4cm 100kg/m²
- Dalle de compression 12cm 300kg/m²

Soit 489 kg/m² (poids propre dalle comprise)

Le bureau d'étude a vérifié les poutrelles. Celles-ci ont été justifié pour une capacité portante complémentaires de 120daN/m². Cette valeur est insuffisante au regard de son aménagement actuel et du futur aménagement de l'extension.

La maitrise d'ouvrage prévoit la dépose des complexes existant en rdc y compris de la dalle de compression.

- Poids des panneaux isolant : 8,5kg/m2
- Poids du revêtement : 25kg/m2
- dalle béton 4cm 100kg/m²

Soit 133 kg/m² (pp dalle comprise)

Charge admissible ELU : 1.35G+1.5Q= 840kg/m²

Charge projet avec salle d'armement : En considérant G=133, alors Q=440kg/m² pour 1.35*G+1.5Q<=840kg/m².

On retiendra donc une charge d'exploitation admissible sur les poutrelles de 400kg/m² après dépose du complexe existant et de la dalle de compression. Néanmoins au vu de l'épaisseur de dalle restante, 4cm de son enrobage de 15mm et de l'état de surface de la dalle, nous recommandons une reprise par le dessous afin d'augmenter l'enrobage et une reprise par le dessus permettant de garantir la reprise des efforts appliquée, le diaphragme rigide et le coupe-feu.

Mu (ELU)	35	daNm	
bw	1	m	largeur
h	0,12	m	hauteur
d	0,105		
f_{ck}	25	MPa	
f_{yk}	235	MPa	
f_{cd}	16,67	MPa	
f_{sd}	204,35	MPa	
c_{nom}	15	mm	
Armatures longitudinales de résistance			
mu	0,00	m	OK
z	0,10	m	
Asl	0,16	cm²	

En prenant en compte le surcharge de 400kg/m², Le ferraillage nécessaire pour les charges permanentes et les surcharges de 400kg/m², impliquerait un ferraillage de 0,16cm²/m. Le ferraillage en place est suffisant.

Néanmoins, en augmentant l'épaisseur du béton, on augmente le poids sur le complexe.

Charge admissible ELU : 1.35G+1.5Q= 840kg/m²

Charge projet avec salle d'armement : En considérant G=133, alors Q=440kg/m² pour 1.35*G+1.5Q<=840kg/m².

- Poids des panneaux isolant : 8,5kg/m2
- Poids du revêtement : 25kg/m2
- Dalle béton 4cm 100kg/m²
- Complément de béton sur la dalle par le dessous et le dessus 8cm 200kg/m²

Soit 333 kg/m² (pp dalle comprise)

Charge admissible ELU : 1.35G+1.5Q= 840kg/m²

Charge projet avec salle d'armement : En considérant G=333, alors Q=250kg/m² pour 1.35*G+1.5Q<=840kg/m².

Les travaux de reprise cité ci-avant permettrais d'atteindre uniquement une charge d'exploitation admissible de 250kg/m². Or cela n'est pas suffisant pour reprendre les charges projetées.

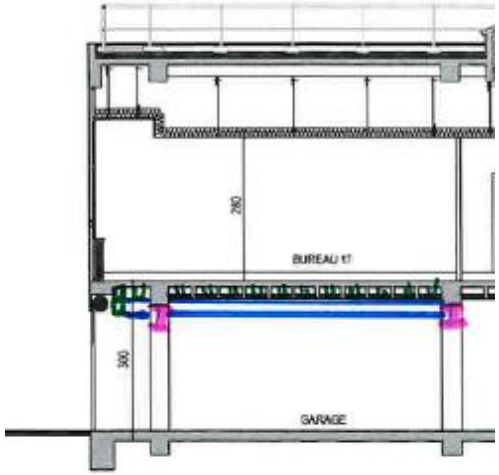
Une proposition de renforcement complémentaire est donc présentée ci-après. Il est important de souligner que l'étude réalisée par le bureau CCI n'a pas inclus de sondages sur les poutres principales. Ainsi, nous avons prévu un renfort de ces poutres dans les zones où les charges d'exploitation attendues sont supérieures aux capacités actuelles du plancher et des poutrelles.

Une solution alternative consisterait à démolir entièrement le plancher haut du sous-sol pour reconstruire un nouveau système de plancher (dalles et poutres), dimensionné pour supporter les charges futures, en tenant compte des localisations spécifiques et des charges linéaires induites par les murs non porteurs créés, notamment en façade de la salle d'armement et de la salle des retenus. Cette méthode permettrait d'optimiser le temps de chantier et de simplifier la mise en œuvre.

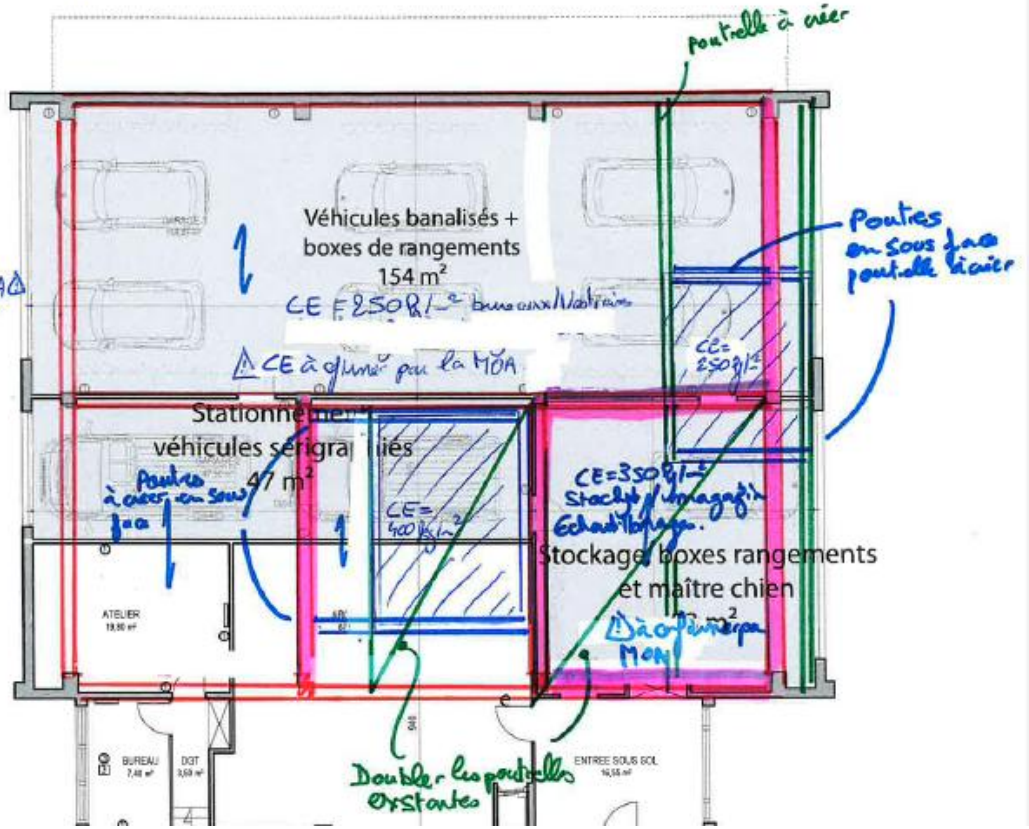
DES DOUANES DE ROUEN
et - 76000 ROUEN

	PLAN DU SOUS SOL	
	ETAT ACTUEL	
	Indice B	Dessin JB Ricci
ge.fr	A3 1/150e	Le 26 Juillet 2016

/// Impact de la salle d'entretien et de la salle de retenue sur le Ph Rd C4 CE (Charge d'exploitation) à affiner par la MOA
= Poutres existantes indiquées dans rapport CCI en Ph Sous-Sol
= impact murs créés au Rd+1 en agglos plein ep=20
Poteaux indiqués dans rapport CCI mais non représentés sur plans existants
Poutres existantes à renforcer
Poutres à créer
= Poutrelles à créer et à doubler



Principe Ph Sous-sol



5CONCLUSIONS

Suite à l'analyse des études VERDI (Thermique et Photovoltaïque) et CCI (capacité portante des toitures), des charges et des travaux projetés, le bureau d'étude Verdi a pu évaluer la faisabilité technique des travaux envisagés dans le cadre du projet de réhabilitation.

En toiture du R+5 :

Le projet prévoit la dépose des dallettes existantes ainsi que du complexe d'étanchéité et d'isolation existant. Il est prévu, en remplacement, la mise en œuvre d'une nouvelle étanchéité, d'une nouvelle isolation et de panneaux photovoltaïques.

Les travaux du R+5 n'engendrent pas de surcharge sur la toiture et ne nécessitent pas la réalisation de renforts.

Il est préconisé de procéder à la purge des bétons altérés et non adhérents, puis au traitement des armatures apparentes par un brossage et l'application d'un produit de passivation anticorrosion. Les zones endommagées devront ensuite être reconstituées à l'aide d'un mortier de réparation adapté, garantissant une bonne adhérence et un enrobage conforme des aciers.

En toiture du R+1 :

Le projet prévoit la dépose du complexe d'étanchéité et d'isolation existant ainsi que la démolition de la verrière centrale. Il est prévu, en remplacement, la mise en œuvre d'une nouvelle étanchéité, d'une nouvelle isolation et de panneaux photovoltaïques.

La verrière en béton sera démolie et remplacée par une toiture en charpente métallique. Au droit des toitures plates, les éléments porteurs de celles-ci sont justifiés aux charges projetées. Suite au remplacement de la verrière par une structure plus légère, les poutres principales reprenant les planchers sont justifiées.

Les travaux du R+1 ne nécessitent pas la réalisation de renforts.

Il est préconisé de procéder à la purge des bétons altérés et non adhérents, puis au traitement des armatures apparentes par un brossage et l'application d'un produit de passivation anticorrosion. Les zones endommagées devront ensuite être reconstituées à l'aide d'un mortier de réparation adapté, garantissant une bonne adhérence et un enrobage conforme des aciers.

Aménagement de la salle d'armement :

La dalle existante présente une capacité portante de 120 daN/m², inférieure à la charge d'exploitation réglementaire pour un usage de bureaux (250 kg/m²) et donc pour la mise en œuvre de la salle d'armement.

Le plancher ne présente toutefois pas de désordres structurels évidents — aucune flèche notable ni fissuration n'a été observée — ce qui tend à confirmer l'absence de défaut de capacité sous les charges actuellement en place. Néanmoins, en cas de modification de l'aménagement ou d'augmentation des charges, le maître d'ouvrage devra impérativement faire justifier la structure du plancher haut du sous-sol pour vérifier son adéquation avec les nouvelles charges prévues.

Pour ce faire :

- Une solution structurelle a été proposée pour atteindre 250kg/m² sur l'ensemble de la dalle (dépose du complexe existant plancher technique et dalle de compression et reprise de la dalle béton). Des renforts complémentaires seraient à prévoir localement selon les besoins au droit des zones plus chargées.

- En solution plus radicale, la démolition et reconstruction complète du plancher pour garantir la reprise des futures charges.
- Dans le cas d'une augmentation significative des charges d'exploitation sur la dalle (au-delà de 250 kg/m² généralisée à l'ensemble de la dalle), prévoir une étude spécifique des fondations pour vérifier leur capacité et, si besoin, leur renforcement.