

EN004470**RAPPORT D'ENQUÊTE**

Accident ayant causé la mort d'un travailleur et des blessures à deux travailleurs sous l'autorité de monsieur A , survenu le 23 septembre 2023, sur le chantier situé au 12013, boulevard Rolland, dans l'arrondissement Montréal-Nord, à Montréal

Version dépersonnalisée

Service de la prévention-inspection de Montréal – Construction

Inspecteur : _____
Carlos Lara

Inspectrice : _____
Edith Plante

Date du rapport : 11 juin 2025

Rapport distribué à :

- Monsieur [REDACTED] B de 9387-1853 Québec inc. (Chola Empire)
- Monsieur [REDACTED] A, employeur
- Monsieur [REDACTED] C, 9292-2988 Québec inc. (STS Construction & Rénovation)
- Monsieur Steve Prescott, Syndicat québécois de la construction (SQC)
- Monsieur Simon Lévesque, FTQ-Construction
- Monsieur Éric Nantel, Conseil provincial du Québec des métiers de la construction –International (CPQMCI)
- Monsieur Félix Ferland, CSN-Construction
- Monsieur Jean-Michel Houdet, CSD-Construction
- Maître Julie-Kim Godin, coroner
- Docteure Mylène Drouin, directrice régionale de la santé publique, Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux (CIUSSS) du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal

TABLE DES MATIÈRES

1	RÉSUMÉ DU RAPPORT	1
2	ORGANISATION DU TRAVAIL	3
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DU CHANTIER	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	4
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	4
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	4
3	DESCRIPTION DU TRAVAIL	5
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	5
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	7
4	ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE	8
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	8
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	10
4.2.1	ÉLÉMENTS RELATIFS AUX TRAVAILLEURS	10
4.2.2	ÉLÉMENTS RELATIFS À LA GESTION DES TRAVAUX RÉALISÉS PAR L'ÉQUIPE DE MONSIEUR A SUR LE CHANTIER	11
4.2.3	ÉLÉMENTS RELATIFS AUX AUTRES TRAVAUX DANS LE BÂTIMENT	12
4.2.4	ÉLÉMENTS RELATIFS À LA STRUCTURE DU BÂTIMENT	13
4.2.5	ÉTAT DE LA STRUCTURE AU MOMENT DE L'ACCIDENT	14
4.2.6	EXPERTISE	15
4.2.7	LOI, RÉGLEMENTATION, NORMES ET MESURES DE PRÉVENTION	16
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	19
4.3.1	LA DÉMOLITION DE DEUX MURS PORTEURS EN BLOCS DE BÉTON A ENTRAÎNÉ L'EFFONDREMENT DES DALLES DE BÉTON ALVÉOLÉES PRÉFABRIQUÉES.	19
4.3.2	LA PLANIFICATION DES TRAVAUX DE DÉMOLITION AU SOUS-SOL ÉTAIT DÉFICIENTE ET A EXPOSÉ LES TRAVAILLEURS À UN DANGER D'ÉCRASEMENT.	20
5	CONCLUSION	22
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	22
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	22
5.3	SUIVIS DE L'ENQUÊTE	23

ANNEXES

ANNEXE A :	Liste des accidentés	24
ANNEXE B :	Liste des personnes interrogées	27
ANNEXE C :	Rapport d'expertise	28
ANNEXE D :	Références bibliographiques	39

SECTION 1

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT

Description de l'accident

Le 23 septembre 2023, vers 15 h 15, lors de travaux de démolition de deux murs porteurs en blocs de béton au sous-sol du bâtiment en rénovation situé au 12013, boulevard Rolland à Montréal-Nord, trois travailleurs sous l'autorité de monsieur A se font écraser par l'effondrement d'une partie du plancher du rez-de-chaussée.

Conséquences

Un travailleur est écrasé mortellement tandis que deux autres travailleurs subissent respectivement des blessures au bas du corps et au bras.

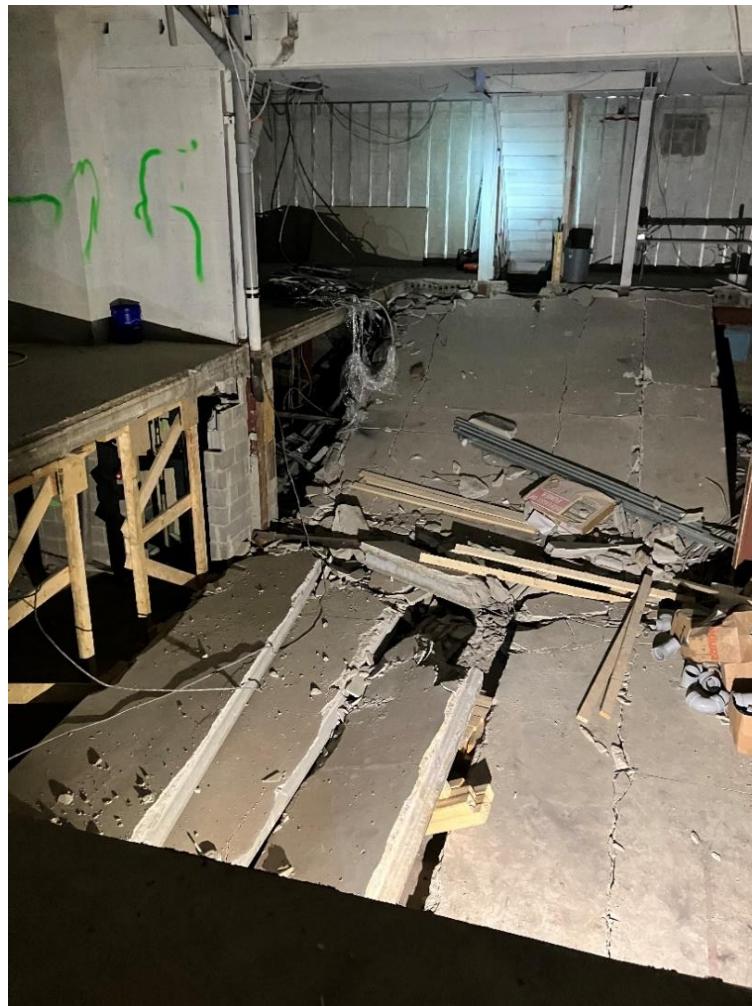


Figure 1 – Photographie du lieu de l'accident

Source : CNESST

Abrégé des causes

L'enquête a permis de retenir les causes suivantes pour expliquer cet accident :

- La démolition de deux murs porteurs en blocs de béton a entraîné l'effondrement des dalles de béton alvéolées préfabriquées.
- La planification des travaux de démolition au sous-sol était déficiente et a exposé les travailleurs à un danger d'écrasement.

Mesures correctives

Le 23 septembre 2023, dans son rapport d'intervention (RAP1441264), la CNESST :

- Ordonne la suspension de la totalité des travaux dans le bâtiment et interdit l'accès à l'intérieur du bâtiment;
- Exige une attestation de solidité du bâtiment par un ingénieur;
- Exige une procédure de travail pour sécuriser les lieux.

Le 14 novembre 2023, dans son rapport d'intervention (RAP1452863), la CNESST :

- Autorise la reprise des travaux de démolition de morceaux de dalles;
- Autorise l'ajout d'étalements temporaires à la suite de l'élaboration de plans par un ingénieur et après avoir tenu des discussions sur les méthodes de travail pour la mise en place de ces étalements;
- Autorise l'accès au rez-de-chaussée et au sous-sol à la suite de la réception d'une attestation de conformité de l'étalement temporaire, signée par l'ingénieur ayant élaboré les plans;
- Autorise des travaux de reconstruction au rez-de-chaussée et au sous-sol;
- Maintient l'interdiction de travaux aux étages supérieurs du bâtiment.

Le présent résumé n'a pas de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête, ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de l'accident. Il peut également servir d'outil de diffusion dans votre milieu de travail.

SECTION 2

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Structure générale du chantier

Le propriétaire du bâtiment est l'entreprise 9387-1853 Québec inc., ci-après nommée Chola Empire. Elle est représentée par monsieur [REDACTED] de Chola Empire.

À la suite d'un incendie survenu en 2022, monsieur [REDACTED] octroie un contrat de reconstruction des 2^e et 3^e étages du bâtiment situé au 12013, boulevard Rolland à Montréal-Nord à l'entreprise 9292-2988 Québec inc. (ci-après nommée STS Construction & Rénovation), représentée par monsieur [REDACTED]. Ces travaux impliquent des raccords de plomberie et d'électricité au sous-sol du bâtiment. STS Construction & Rénovation entrepose également du matériel au rez-de-chaussée et accède au sous-sol pour y utiliser la toilette.

Alors que les travaux de reconstruction des 2^e et 3^e étages du bâtiment sont en cours, monsieur [REDACTED] donne le mandat à monsieur [REDACTED] d'effectuer des travaux de retrait de conduits de mécanique du bâtiment au plafond du sous-sol et de démantèlement de cloisons et de rangements de bois. Il est également demandé d'évacuer différents déchets présents au sous-sol.

Monsieur [REDACTED] recrute cinq travailleurs afin de l'assister pour la réalisation de son mandat. En matinée, monsieur [REDACTED] et/ou monsieur [REDACTED]¹ demande(nt) également à monsieur [REDACTED] de démolir des murs en blocs de béton au sous-sol.

Les travaux sur le site, notamment ceux de démolition, font en sorte que la nature de ces travaux rencontre la définition d'un chantier de construction au sens de la loi.

Chola Empire, propriétaire de l'immeuble, est le maître d'œuvre du chantier étant donné qu'il a octroyé plus d'un contrat à des sous-traitants ou employeurs différents et qu'aucune autre personne n'a la responsabilité de l'exécution de l'ensemble des travaux² (rapport d'intervention RAP1452546).

Chola Empire est une entreprise dont le secteur d'activité est l'exploitation d'immeubles résidentiels et commerciaux. Elle compte deux administrateurs et aucun travailleur.

STS Construction & Rénovation est une entreprise dont les secteurs d'activités sont la rénovation de bâtiments résidentiels et de bâtiments commerciaux. Elle ne compte aucun travailleur.

Monsieur [REDACTED] est une personne qui offre différents services, notamment de récupération d'éléments de métal et de nettoyage pour des clients, moyennant rémunération. Il n'est pas enregistré au Registraire des entreprises du Québec (REQ), sous aucune forme juridique.

¹ Il n'a pas été possible de déterminer la provenance exacte de la demande. Toutefois, dans l'éventualité où M. [REDACTED] aurait fait celle-ci, les obligations prévues dans la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSSST) qui concernent le travailleur (art. 49) ou l'employeur (art. 51) pourraient lui être applicables.

² « Sur un chantier de construction, la loi prévoit qu'une personne doit être désignée pour assumer la responsabilité de coordonner les mesures à prendre en vue de protéger la santé et d'assurer la sécurité et l'intégrité physique et psychique des travailleurs. Cette personne c'est le maître d'œuvre. » Source : [Délimitation d'un chantier de construction et identification du maître d'œuvre](#), CNESST, 2017, ISBN 978-2-550-80182-5.

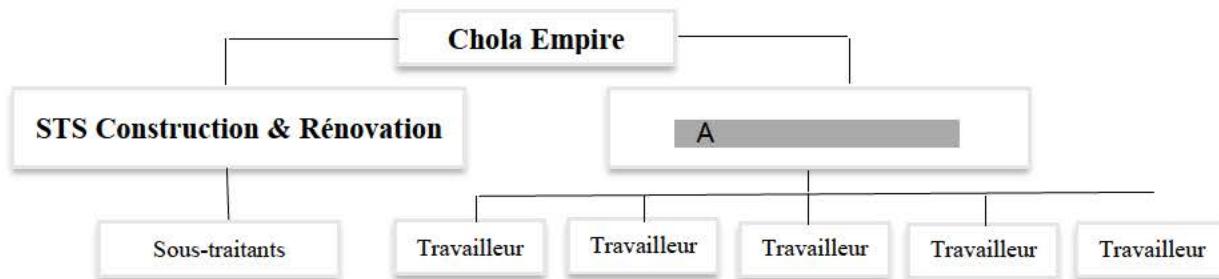


Fig. 2 – Organigramme de la structure du chantier

Source : CNESST

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Il n'y a aucun mécanisme de participation en place sur le chantier de construction.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Monsieur [B] et monsieur [A] ne connaissent pas leurs statuts, respectivement de maître d'œuvre et d'employeur, pour les travaux en cours ni leurs obligations découlant de la Loi sur la santé et sécurité du travail (LSST) et des règlements applicables notamment ceux prévus au Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC).

Aucune démarche de prévention visant à identifier, corriger et contrôler les risques à la santé et à la sécurité du travail n'est effectuée pour les travaux réalisés sur le site. Aucune procédure ou méthode de travail sécuritaire n'est élaborée ou appliquée et aucune activité de gestion de la santé et de la sécurité n'est réalisée sur le chantier.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail



Fig. 3 – Vue de la façade nord-ouest de l'immeuble, à partir du boulevard Rolland

Source : Google

Le bâtiment, d'une hauteur de trois étages, est à usage mixte, soit commercial et résidentiel. Selon le rôle d'évaluation foncière, la date de construction du bâtiment est 1972. Le bâtiment comprend deux propriétés divisées par un mur mitoyen. La partie du bâtiment la plus à l'ouest, où survient l'accident, est la propriété du maître d'œuvre Chola Empire.

Les locaux commerciaux sont accessibles par la façade du bâtiment située sur le côté nord (rue Pascal) et par des portes de service, du côté sud du bâtiment (ruelle).

Les logements appartenant à Chola Empire sont accessibles par une porte extérieure donnant sur la façade ouest du bâtiment (boulevard Rolland). Par cette entrée, un escalier dessert uniquement les deux étages supérieurs. Les logements sont également accessibles par un escalier présent du côté est (mur mitoyen), à partir d'une porte extérieure donnant sur la ruelle, côté sud.

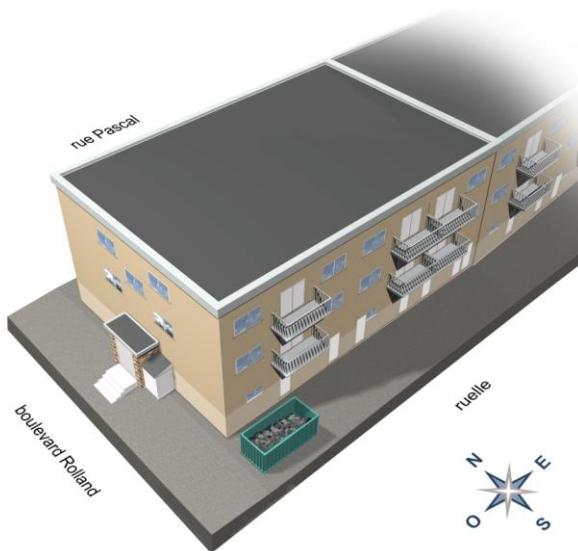


Fig. 4 – Vue du bâtiment, à vol d'oiseau (sud-ouest)

Source : CNESST

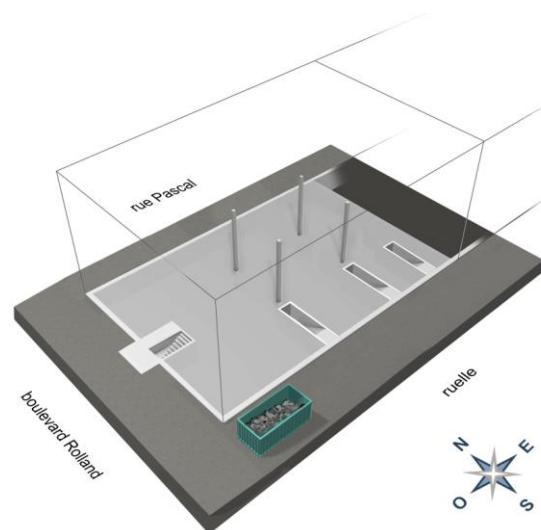


Fig. 5 – Intérieur du bâtiment.
Rez-de-chaussée avant l'effondrement de la dalle (sud-ouest)

Source : CNESST

Le sous-sol est accessible par quatre différents escaliers à l'intérieur du bâtiment :

- 1- L'escalier situé sous l'escalier donnant sur le boulevard Rolland (façade ouest). L'accès se fait par le rez-de-chaussée commercial uniquement.
- 2- Deux escaliers situés au centre du local commercial près du mur donnant dans la ruelle à l'arrière du bâtiment (façade sud). L'accès se fait par le rez-de-chaussée commercial uniquement.
- 3- L'escalier situé près du mur mitoyen. L'accès se fait au niveau du rez-de-chaussée, par une porte extérieure donnant dans la ruelle (sud).

L'espace commercial du rez-de-chaussée est entièrement décloisonné à l'exception des quatre cages d'escaliers dont les murs sont parfois dégarnis ou incomplets. Le sous-sol est divisé en trois sections (d'ouest en est) par deux murs en blocs de béton qui débutent de l'avant du bâtiment (nord) vers l'arrière (sud). Les deux murs aboutissent chacun sur une cage d'escalier (escaliers donnant dans la ruelle au sud). Des murs en blocs de béton sont également présents sous la cage d'escalier près du mur mitoyen. D'autres cloisons et rangements en bois sont présents dans des parties du sous-sol.

3.2 Description du travail à effectuer

Le jour de l'accident, monsieur A se présente sur place avec une équipe de cinq travailleurs afin d'effectuer les tâches demandées :

- Retrait de conduits de mécanique du bâtiment au plafond du sous-sol;
- Démantèlement de cloisons et de rangements de bois;
- Évacuation de différents déchets présents au sous-sol.

Les divers déchets sont évacués dans un conteneur situé dans la ruelle à l'arrière du bâtiment (sud), à l'exception des rebuts de maçonnerie et de métal qui sont déposés à côté du conteneur afin d'en disposer séparément.

Une demande supplémentaire est faite le jour même à monsieur A afin que son équipe et lui-même effectuent la démolition des murs en blocs de béton au sous-sol.

SECTION 4

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Durant la semaine précédant le 23 septembre 2023, monsieur [A] rencontre monsieur [B] sur place afin de visiter les lieux et convenir des tâches à effectuer.

Le 23 septembre 2023, vers 8 h, monsieur [A] et deux de ses travailleurs se rendent au chantier à bord du véhicule de monsieur [A]. Ils rencontrent monsieur [B] et celui-ci leur donne accès au bâtiment. Les trois individus commencent les tâches convenues entre messieurs [B] et [A]. Dans un intervalle d'environ 30 minutes, trois autres travailleurs arrivent sur le chantier par leurs propres moyens et se joignent aux travailleurs présents.

Entre 8 h 30 et 9 h 15, une vidéo démontre que M. [B] et M. [C] sont présents au site. Ils ont des discussions à l'extérieur du bâtiment. Par la suite, M. [C] entre dans le bâtiment et en ressort environ 45 minutes plus tard.

En matinée, des murs en blocs de béton sont marqués au sous-sol par monsieur [B] et/ou monsieur [C]³ avec de la peinture. Il est demandé à monsieur [A] de démolir ces murs. Suivant cette nouvelle requête, monsieur [A] quitte le chantier afin d'aller louer un marteau piqueur.

Les travaux de démolition des murs débutent avant la pause du dîner. Monsieur [A] utilise le marteau piqueur et s'adjoint un travailleur pour démolir les deux murs en blocs de béton qui séparent le sous-sol en trois sections de superficie similaire. Les autres travailleurs forment une chaîne humaine afin d'évacuer les rebuts de démolition ou autres déchets à l'extérieur.

³ Il n'a pas été possible de déterminer la provenance exacte de la demande. Toutefois, dans l'éventualité où M. [C] aurait fait celle-ci, les obligations prévues dans la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) qui concernent le travailleur (art. 49) ou l'employeur (art. 51) pourraient lui être applicables.

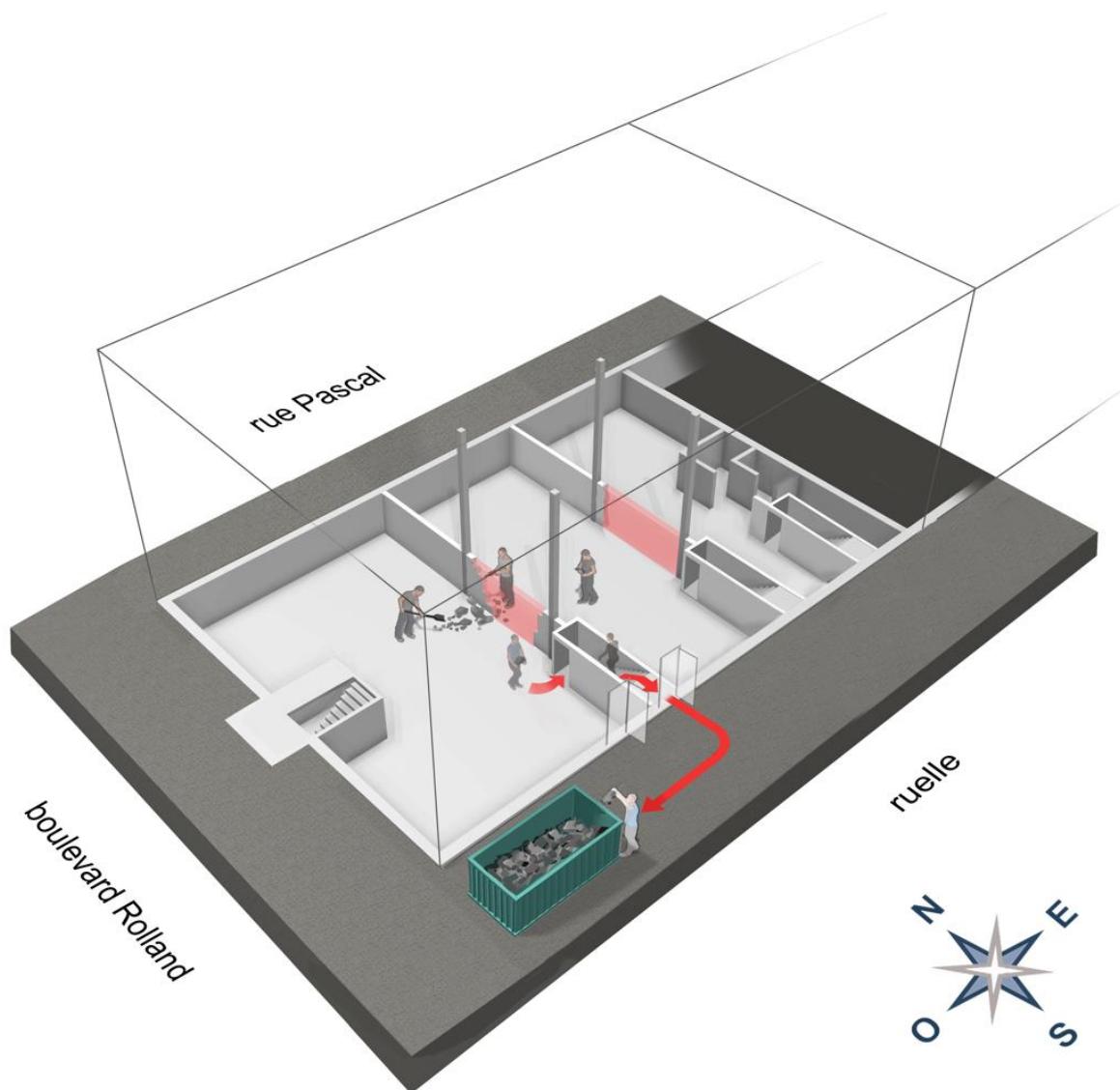


Fig. 6 – Modélisation du sous-sol du bâtiment, des murs en cours de démolition et de la méthode d'évacuation des rebuts, au début de l'après-midi.

Source : CNESST

Une pause-repas d'environ 45 minutes est prise vers 12 h. Les travailleurs se rassemblent dans la ruelle à l'arrière du bâtiment (au sud) pour y prendre leur dîner. Par la suite, tous reprennent les mêmes tâches jusqu'à la pause de l'après-midi, vers 15 h, où les travailleurs mangent une pizza au centre du sous-sol.

Vers 15 h 45, alors que la démolition de mur en blocs de béton est en cours et que les travailleurs procèdent à l'évacuation des rebuts, une partie du plancher du rez-de-chaussée constituée de dalles de béton alvéolées s'effondre sur trois travailleurs. Un travailleur est écrasé mortellement tandis que deux autres travailleurs subissent des blessures.

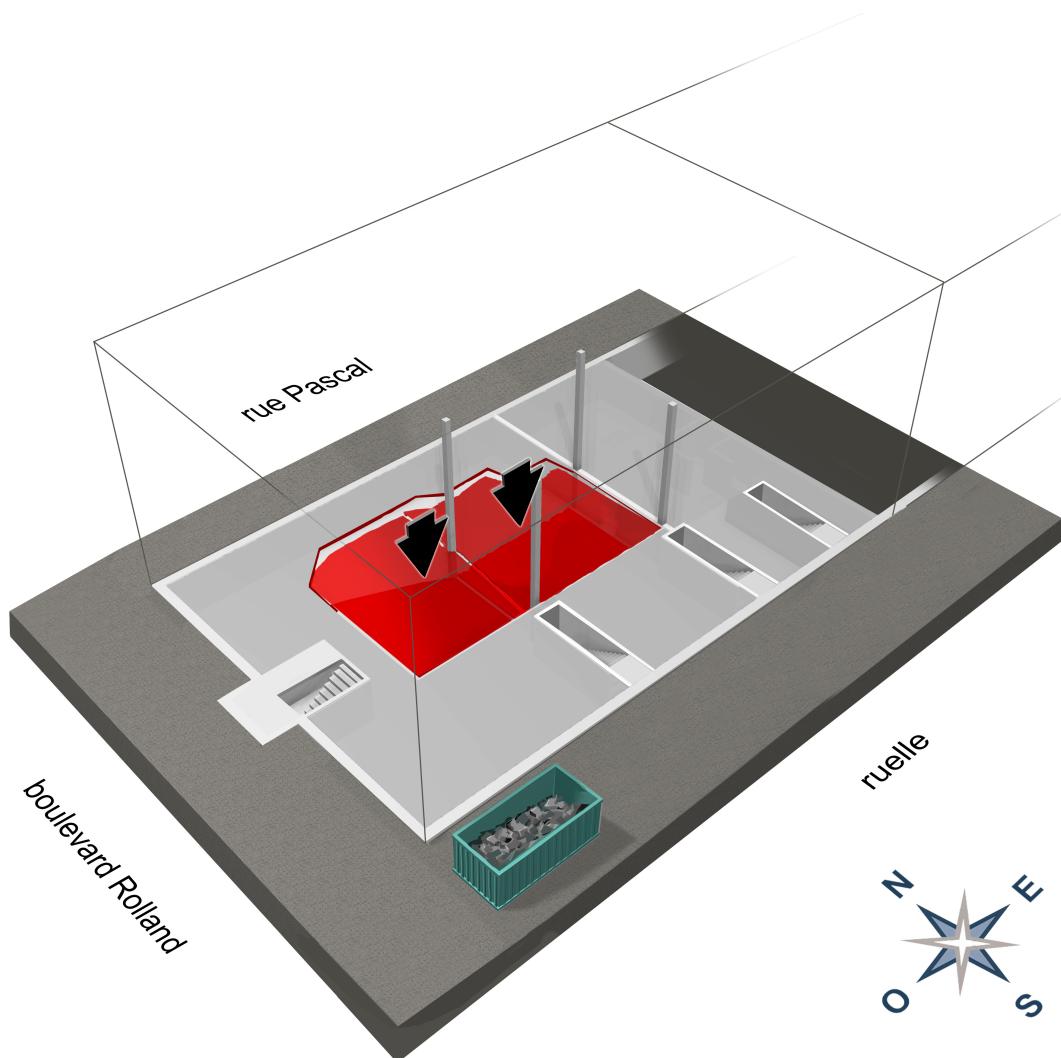


Fig. 7 – Partie du planche qui s'effondre
Source : CNEST

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Éléments relatifs aux travailleurs

- Ils en sont à leur premier jour de travail dans ce bâtiment pour monsieur [A].
- Les cinq travailleurs présents lors de l'accident n'ont pas de carte de compétence et de formation spécifique dans le domaine de la construction. Ils ne connaissent pas le type de construction de la structure du plancher du rez-de-chaussée.
- Afin de réaliser les travaux, monsieur [A] recrute [] [] [] []. Cette personne recrute elle-même deux autres personnes pour ces mêmes travaux. []. Ce travailleur est blessé au bras lors de l'accident. L'autre [].

travailleur, blessé au bas du corps, est un travailleur étranger temporaire avec un permis de travail fermé [REDACTED]. Selon ce permis, son employeur exclusif n'est pas monsieur A [REDACTED], et ses activités ne sont pas dans le domaine de la construction.

- Le travailleur décédé et un autre travailleur sont issus de l'immigration. [REDACTED] [REDACTED], alors qu'ils viennent d'obtenir leur permis de travail au Canada, une personne connaissant monsieur A [REDACTED] leur donne son numéro de téléphone, indiquant aux deux travailleurs que celui-ci peut avoir des travaux en construction à leur offrir. Les deux travailleurs communiquent ensuite avec monsieur A [REDACTED] par messages texte. Celui-ci leur donne rendez-vous au site le 23 septembre à 8 h.
- Monsieur A [REDACTED] communique avec tous les travailleurs pour effectuer les travaux avec la seule consigne de se présenter sur place afin de procéder au nettoyage du sous-sol avec d'autres travailleurs. Messieurs B [REDACTED] et A [REDACTED] ne donnent aucune directive ou méthode de travail précise. Ils ne fournissent aucun équipement de protection individuel aux travailleurs.
- Les travailleurs manipulent les débris de toute sorte à mains nues. Aucun travailleur ne porte de gants, de lunettes ou de casque de sécurité. La majorité des travailleurs ne portent pas de bottes de sécurité.
- Aucun des travailleurs n'a le cours de Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction, prévu au Code de sécurité pour les travaux de construction.
- Les travailleurs présents n'ont pas de formation ni d'expérience sur les travaux de démolition.
- Le travailleur décédé et celui blessé au bas du corps ne parlent ni anglais ni français. Tous deux parlent [REDACTED] alors que monsieur B [REDACTED] parle le français et l'anglais et que monsieur C [REDACTED] ne parle pratiquement que l'anglais.

4.2.2 Éléments relatifs à la gestion des travaux réalisés par l'équipe de monsieur A [REDACTED] sur le chantier

- Monsieur B [REDACTED] octroie un contrat à STS Construction & Rénovation pour faire la reconstruction des 2^e et 3^e étages du bâtiment. Lors de l'accident, les travaux aux étages sont à l'arrêt pour la fin de semaine.
- Monsieur B [REDACTED] engage monsieur A [REDACTED], agissant à titre de personne responsable des travaux de retrait des conduits de mécanique du bâtiment au plafond du sous-sol, de démantèlement de cloisons et de rangements de bois ainsi que pour l'évacuation de différents déchets présents au sous-sol. Monsieur B [REDACTED] ne donne aucune méthode de travail ni consigne de sécurité à monsieur A [REDACTED] en lien avec les travaux à exécuter au sous-sol du bâtiment.
- Monsieur B [REDACTED] ne connaît pas le type de construction de la structure du plancher du rez-de-chaussée du bâtiment. Il n'effectue aucune supervision de l'ensemble des travaux réalisés sur le chantier le jour de l'accident.

- Monsieur [A] recrute une équipe de travail constituée de cinq travailleurs et il les affecte à différentes tâches sur le chantier, sous promesse de rémunération. De fait, il est considéré comme l'employeur des cinq travailleurs. Il ne fournit pas d'équipements de sécurité tels que bottes, casques, gants et lunettes de sécurité. Il ne connaît pas le type de construction de la structure de la dalle du rez-de-chaussée et ne donne aucune méthode de travail concernant la démolition.
- Messieurs [B] et [A] ne font aucune vérification des qualifications des travailleurs recrutés par monsieur [A].
- Monsieur [A] ne possède aucune licence d'entrepreneur en construction délivrée par la Régie du bâtiment du Québec (RBQ), lui permettant d'effectuer des travaux de construction sur un chantier. Selon son témoignage, [] et n'accomplit pas de mandat de démolition habituellement. Il ne possède aucune connaissance en construction ou en démolition de bâtiment.
- Monsieur [A] reçoit ses instructions de monsieur [B] pour les travaux de retrait des conduits de mécanique du bâtiment au plafond du sous-sol, de démantèlement de cloisons et de rangements de bois ainsi que pour l'évacuation de différents déchets présents au sous-sol. Le jour de l'accident, il reçoit des instructions supplémentaires de monsieur [B] et/ou de monsieur [C]⁴ afin de démolir des murs au sous-sol. Il met les travaux à exécution.
- Il n'est pas possible de déterminer la raison pour laquelle une demande de démolition des murs en blocs de béton est faite le matin de l'accident.
- Monsieur [A] fournit différents outils aux travailleurs tels que masses et scie va-et-vient.

4.2.3 Éléments relatifs aux autres travaux dans le bâtiment

- En mai 2022, un incendie se produit au rez-de-chaussée du 12013, boulevard Rolland à Montréal-Nord. L'incendie n'affecte pas la structure du bâtiment de façon significative, mais engendre des dommages qui nécessitent des travaux de nettoyage/démolition après-sinistre et de reconstruction. L'assureur de Chola Empire s'assure de coordonner les travaux urgents suivant l'incendie. Ceux-ci se terminent au mois de juin 2023. L'assureur remet ensuite un montant au propriétaire pour les autres travaux.
- Monsieur [B] octroie un contrat de reconstruction des logements à l'entrepreneur général STS Construction & Rénovation.
- En juillet 2023, la Ville de Montréal octroie un permis à Chola Empire pour des travaux au 12013, boulevard Rolland comprenant notamment :
 - Remplacement des portes, fenêtres, balcons et garde-corps des trois façades;
 - Remplacement des éléments intérieurs endommagés au rez-de-chaussée et aux deux étages supérieurs;

⁴ Il n'a pas été possible de déterminer la provenance exacte de la demande. Toutefois, dans l'éventualité où M. [C] aurait fait celle-ci, les obligations prévues dans la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) qui concernent le travailleur (art. 49) ou l'employeur (art. 51) pourraient lui être applicables.

- Demande d'annulation des numéros d'immeubles 6262, 6264, 6266, 6288 et 6270, rue Pascal.
- D'après le permis émis par la Ville de Montréal, aucun travaux ne sont prévus dans le sous-sol.
- En cours de travaux aux étages, l'assurance de Chola Empire recommande un nettoyage complet du sous-sol afin d'enrayer tout risque d'incendie.

4.2.4 Éléments relatifs à la structure du bâtiment

- Le bâtiment est en structure d'acier dont les planchers sont constitués de dalles précontraintes alvéolées d'une épaisseur de 203 mm (8 po) et d'une largeur de 1016 mm (40 po). Une couche de compression et un recouvrement de plancher en béton recouvrent les dalles précontraintes alvéolées.



Fig. 8 – Recouvrement du plancher et couche de compression en béton
Source : CNESST

- Les sections de dalles alvéolées sont reliées entre elles par deux types de joints, soit les joints longitudinaux entre les dalles adjacentes et les joints latéraux au niveau des appuis sur les murs porteurs (appelés aussi joints de coulis).

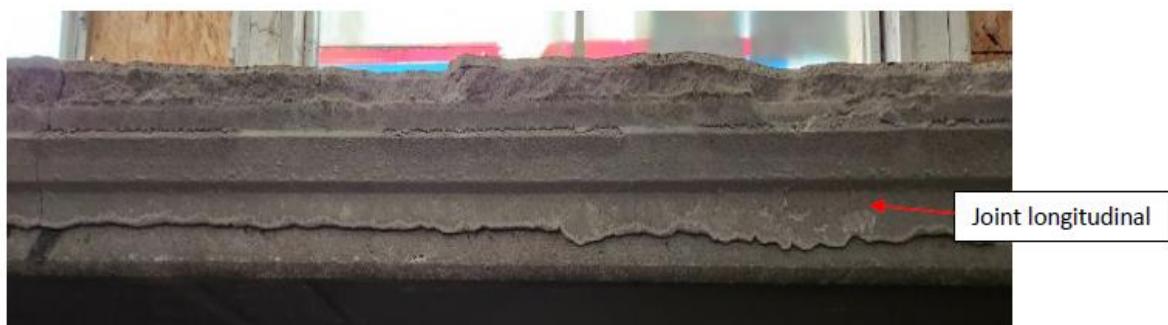


Fig. 9 – Joint longitudinal
Source : CNESST



Joint de coulis

Fig. 10 – Joint de coulis

Source : CNESST

- Au niveau du sous-sol, les deux murs en blocs de béton, de même que les fondations du périmètre, assurent le support des dalles. Aux étages, le support des dalles est composé d'une structure d'acier et de murs en blocs de béton.

4.2.5 État de la structure au moment de l'accident

Lors de l'accident, les deux murs en blocs de béton situés au sous-sol, qui partent de l'avant du bâtiment (au nord) vers l'arrière (au sud) et qui aboutissent chacun sur une cage d'escalier, sont partiellement démolis. Le mur situé du côté ouest est démolи presque dans son entièreté alors que le mur situé du côté est est démolи à environ 50 %.



Fig. 11 – *État des murs porteurs démolis suivant l'effondrement*

Source : CNESST

Aucun étalement temporaire n'est installé sous le plancher du rez-de-chaussée afin de supporter les dalles lors du retrait des murs porteurs.

4.2.6 Expertise

Une expertise a été confiée à monsieur Hussein Elahmed, ingénieur à la CNESST afin de :

- Décrire la nature et le rôle des joints entre les sections des dalles alvéolées;
- Évaluer le comportement de ces joints en absence d'un mur porteur.

À cet effet, le rapport d'expertise, présenté à l'**ANNEXE C**, rapporte les éléments suivants :

« *Au fur et à mesure que la démolition des murs porteurs progresse, un mécanisme de rupture se forme à l'intérieur du plancher* ».

« ... *En l'absence d'un étalement temporaire des dalles, les efforts induits par le poids de ces éléments⁵ sont transmis inévitablement aux joints, une situation pour laquelle ces joints ne sont pas conçus...* »

⁵ Le poids des dalles en béton.

Monsieur Elahmed conclut dans son rapport :

« Au fur et à mesure de l'avancement de la démolition des murs porteurs, le poids des dalles non supportées, est transféré principalement par cisaillement aux joints longitudinaux, et partiellement en flexion aux joints de coulis, et ce, jusqu'à l'atteinte de la limite de la résistance en cisaillement de ces joints. Ceci cause une sollicitation par flexion au niveau des emplacements des murs qui ont été démolis, alors que l'armature des joints de coulis n'est pas conçue pour supporter une telle flexion. À cette étape, un processus de rupture au niveau de ces joints a été initié, aboutissant à un effondrement généralisé du plancher. »

4.2.7 Loi, réglementation, normes et mesures de prévention

Loi sur la santé et la sécurité du travail

La *Loi sur la sécurité et la santé du travail* (S-2.1) (LSST) prévoit :

Article I :

Dans la présente loi et les règlements, à moins que le contexte n'indique un sens différent, on entend par :

[...]

« chantier de construction » : un lieu où s'effectuent des travaux de fondation, d'érection, d'entretien, de rénovation, de réparation, de modification ou de démolition de bâtiments ou d'ouvrages de génie civil exécutés sur les lieux mêmes du chantier et à pied d'œuvre, y compris les travaux préalables d'aménagement du sol, les autres travaux déterminés par règlement et les locaux mis par l'employeur à la disposition des travailleurs de la construction à des fins d'hébergement, d'alimentation ou de loisirs;

[...]

« employeur » : une personne qui, en vertu d'un contrat de travail ou d'un contrat d'apprentissage, même sans rémunération, utilise les services d'un travailleur; un établissement d'enseignement est réputé être l'employeur d'un étudiant qui effectue, sous sa responsabilité, un stage d'observation ou de travail;

[...]

« maître d'œuvre » : le propriétaire ou la personne qui, sur un chantier de construction, a la responsabilité de l'exécution de l'ensemble des travaux;

[...]

« « travailleur » : une personne qui exécute, en vertu d'un contrat de travail ou d'un contrat d'apprentissage, même sans rémunération, un travail pour un employeur,

[...]

Article 7 :

Une personne physique faisant affaires pour son propre compte, qui exécute, pour autrui et sans l'aide de travailleurs, des travaux sur un lieu de travail où se trouvent des travailleurs, est tenue aux obligations imposées à un travailleur en vertu de la présente loi et des règlements.

De plus, elle doit alors se conformer aux obligations que cette loi ou les règlements imposent à un employeur en ce qui concerne les produits, procédés, équipements, matériels, contaminants ou matières dangereuses.

Article 8 :

Le premier alinéa de l'article 7 s'applique également à l'employeur et aux personnes visées dans les paragraphes 1° et 2° de la définition du mot « travailleur » à l'article 1 qui exécutent un travail sur un lieu de travail.

Article 49 :

Le travailleur doit:

1° prendre connaissance du programme de prévention qui lui est applicable;

2° prendre les mesures nécessaires pour protéger sa santé, sa sécurité ou son intégrité physique ou psychique;

3° veiller à ne pas mettre en danger la santé, la sécurité ou l'intégrité physique ou psychique des autres personnes qui se trouvent sur les lieux de travail ou à proximité des lieux de travail;

[...]

5° participer à l'identification et à l'élimination des risques d'accidents du travail et de maladies professionnelles sur le lieu de travail;

[...]

Article 51 :

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique et psychique du travailleur. Il doit notamment :

[...]

3° s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur;

[...]

5° utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur;

[...]

9° informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié;

[...]

Article 58 :

L'employeur dont un établissement appartient à une catégorie identifiée à cette fin par règlement doit faire en sorte qu'un programme de prévention propre à cet établissement soit mis en application, compte tenu des responsabilités du comité de santé et de sécurité, s'il y en a un.

Article 196 :

Le maître d'œuvre doit respecter au même titre que l'employeur les obligations imposées à l'employeur par la présente loi et les règlements notamment prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique et psychique du travailleur de la construction.

Code de sécurité pour les travaux de construction

Le *Code de sécurité pour les travaux de construction* (S-2.1, r. 4) (CSTC) prévoit :

Article 2.4.2 :

L'employeur doit s'assurer que :

a) *toutes les mesures nécessaires sont prises pour assurer la sécurité du public et des travailleurs;*

[...]

f) *tout travailleur connaît :*

i. *le présent Code;*

[...]

iii. *les mesures d'urgence à prendre en cas d'incendie, d'explosion ou d'autres accidents;*

[...]

i) *le personnel de la direction et de la surveillance travaillant principalement et habituellement sur un chantier de construction ainsi que les travailleurs œuvrant sur un chantier de construction qui, le 18 juillet 2019, ne détiennent pas une attestation décernée par la Commission ou par un organisme reconnu par elle, aient réussi le cours Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction.*

[...]

Article 2.12.1 :

Toute charpente doit être calculée, construite, placée, appuyée, contreventée et haubanée afin de résister à toute charge qui pourrait y être imposée pendant la construction ou la démolition.

Article 2.12.2 :

Il est interdit de laisser sans protection un mur, une cheminée ou une charpente susceptible de s'écrouler pendant la construction ou la démolition.

Article 3.3.4

On ne doit entreprendre aucun réaménagement qui pourrait affecter la structure d'un bâtiment, sans s'être assuré que les éléments constituants ne seront pas soumis à des efforts supérieurs à ceux qui étaient prévus.

Article 3.18.1 :

[...]

La démolition d'une dalle ou d'une charpente en béton précontraint ou postcontraint doit être faite selon un procédé établi par un ingénieur qualifié dans ce domaine.

[...]

4. Tout bâtiment ou partie de bâtiment en démolition doit être solidement étayé ou soutenu afin d'éviter tout danger d'écroulement.

[...]

11. Tous les travaux de démolition doivent être sous la surveillance continue d'un contremaître compétent.

[...]

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 La démolition de deux murs porteurs en blocs de béton a entraîné l'effondrement des dalles de béton alvéolées préfabriquées.

Le 23 septembre 2023 en après-midi, des travaux de démolition de deux murs porteurs en blocs de béton sont en cours dans le sous-sol de l'immeuble.

Malgré l'absence de support sous certaines dalles, le plancher demeure en place une partie de l'après-midi. Le poids des dalles non supportées engendre un processus de rupture au niveau des joints longitudinaux et de coulis qui font partie de la construction structurale du plancher.

Vers 15 h 45, le plancher s'effondre sur trois travailleurs. Un travailleur est écrasé mortellement tandis que deux autres travailleurs subissent des blessures au bas du corps pour l'un et au bras pour l'autre.

Selon le rapport d'expertise de monsieur Elahmed, ingénieur à la CNESST, un mécanisme de rupture se forme à l'intérieur du plancher lors de la démolition des deux murs porteurs. En l'absence d'étalement temporaire supportant les dalles du plancher du rez-de-chaussée, les efforts induits par le poids des dalles sont transmis aux joints de coulis et longitudinaux. Étant donné que ces joints ne sont pas conçus pour supporter tout ce poids, la sollicitation par flexion au niveau des emplacements des murs porteurs engendre l'effondrement du plancher.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La planification des travaux de démolition au sous-sol était déficiente et a exposé les travailleurs à un danger d'écrasement.

La Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) précise que le maître d'œuvre doit respecter les mêmes obligations que l'employeur sur un chantier. La loi mentionne donc que l'employeur et le maître d'œuvre ont notamment l'obligation d'organiser le travail et de mettre en place des méthodes sécuritaires pour l'accomplir. De plus, ils doivent identifier, éliminer et contrôler les risques pour les travailleurs, les former sur ces risques et leur assurer la supervision requise. Le programme de prévention est un moyen prévu par la LSST pour arriver à cette fin. Sur un chantier de construction, il est obligatoire.

Le Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC) prévoit que l'employeur doit s'assurer que toutes les mesures nécessaires sont prises pour assurer la sécurité des travailleurs. Le maître d'œuvre et l'employeur doivent notamment s'assurer que toute charpente susceptible de s'écrouler pendant la démolition ne soit laissée sans protection et que tout réaménagement pouvant affecter la structure d'un bâtiment ne soit entrepris avant de s'assurer que les éléments constituants ne seront pas soumis à des efforts supérieurs à ceux qui étaient prévus. Toute démolition d'une dalle en béton précontraint doit être faite selon un procédé établi par un ingénieur qualifié dans ce domaine. De plus, tous les travaux de démolition doivent être réalisés sous la surveillance continue d'un contremaître compétent.

Le 23 septembre 2023, monsieur A [REDACTED], qui avait initialement été mandaté pour effectuer le retrait de différents éléments au sous-sol ainsi que l'évacuation de déchets, accepte d'exécuter des travaux de démolition des murs porteurs, bien qu'il ne possède aucune connaissance en construction ni en démolition de bâtiment. Il s'ensuit la location d'un marteau piqueur de démolition et la réaffectation des travailleurs à la démolition et à l'évacuation des rebuts de démolition. Monsieur A [REDACTED] n'a pas donné de consignes de sécurité et de méthodes de travail claires aux travailleurs sous son autorité.

Par ailleurs, le maître d'œuvre ne s'est pas assuré de la qualification de monsieur A et des travailleurs recrutés entre autres pour les travaux de démolition. Aucune consigne de sécurité n'est donnée par le maître d'œuvre à monsieur A quant à la structure du bâtiment.

La méthode de travail utilisée pour la démolition des murs porteurs était inadéquate en ce qu'elle n'assurait pas la stabilité du plancher du rez-de-chaussée lors du démantèlement des blocs de béton constituant les murs porteurs. La survenance de l'accident démontre que ni le maître d'œuvre, ni monsieur A, ni les travailleurs ne se doutaient que les murs qu'ils étaient en train de démolir au sous-sol étaient des murs porteurs qui supportaient le plancher du rez-de-chaussée. Ils ne connaissaient pas ce type de construction.

Aucun travailleur ne possédait les qualifications requises afin d'effectuer des travaux sur un chantier de construction. Ils n'avaient pas non plus leur formation Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction alors que cette formation est obligatoire pour toute personne travaillant sur un chantier de construction. De plus, la majorité des travailleurs n'avaient pas accès à des bottes de sécurité et à d'autres équipements de protection individuelle de base sur un chantier puisque ces équipements n'étaient pas fournis par monsieur A.

L'absence d'organisation du travail et de planification de méthodes sécuritaires, en plus du manque d'information, de formation et de supervision adéquates des travailleurs présents sur le chantier lors de l'accident ont exposé les travailleurs à des dangers lors des travaux de démolition de la structure du bâtiment.

En somme, la planification des travaux de démolition de murs au sous-sol était déficiente et a exposé les travailleurs à un danger d'écrasement par l'effondrement de la dalle de béton du plancher du rez-de-chaussée située au-dessus de la zone de travaux.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

- La démolition de deux murs porteurs en blocs de béton a entraîné l'effondrement des dalles de béton alvéolées préfabriquées.
- La planification des travaux de démolition au sous-sol était déficiente et a exposé les travailleurs à un danger d'écrasement.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 23 septembre 2023, dans son rapport d'intervention RAP1441264, la CNESST :

- Ordonne la suspension de la totalité des travaux dans le bâtiment et interdit l'accès à l'intérieur du bâtiment.
- Exige une attestation de solidité du bâtiment par un ingénieur.
- Exige une procédure de travail pour sécuriser les lieux.

Le 17 octobre 2023, dans son rapport d'intervention RAP1452546, la CNESST :

- Identifie le maître d'œuvre du chantier.

Le 14 novembre 2023, dans son rapport d'intervention (RAP1452863), la CNESST :

- Autorise partiellement la reprise des travaux de démolition de morceaux de dalles.
- Autorise l'ajout d'étalements temporaires à la suite de l'élaboration de plans par un ingénieur et suivant des discussions sur les méthodes de travail pour la mise en place de ces étalements.
- Autorise l'accès au rez-de-chaussée et au sous-sol à la suite de la réception d'une attestation de conformité de l'étalement temporaire, signée de l'ingénieur ayant élaboré les plans.
- Autorise des travaux de reconstruction au rez-de-chaussée et au sous-sol.
- Maintient l'interdiction de travaux aux étages supérieurs du bâtiment.

5.3 Suivis de l'enquête

Pour éviter la répétition d'un accident similaire, la CNESST informera des conclusions de l'enquête l'Association de la construction du Québec, l'Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec, l'Association patronale des entreprises en construction du Québec et l'Association des entrepreneurs en construction du Québec, afin qu'ils diffusent, auprès de leurs membres, les conclusions de cette enquête.

La CNESST informera des conclusions de l'enquête différents organismes impliqués avec les travailleurs étrangers et les personnes issues de l'immigration, soit le ministère de l'Immigration, de la Francisation et de l'Intégration (MIFI), la Table de concertation des organismes au service des personnes réfugiées et immigrantes (TCRI), les consulats du Mexique, du Guatemala et du Honduras, la Fondation des entreprises en recrutement de main-d'œuvre agricole (FERME), la Commission de la construction du Québec (CCQ) et le Centre d'appui aux communautés immigrantes (CACI).

La CNESST informera des conclusions de l'enquête l'Association des Propriétaires du Québec (APQ), la Corporation des propriétaires immobiliers du Québec (CORPIQ) ainsi que le Regroupement des Gestionnaires et Copropriétaires du Québec (RGCQ).

De plus, le rapport d'enquête sera distribué aux associations sectorielles paritaires de même qu'aux gestionnaires de mutuelles de prévention.

ANNEXE A**Accidentés**

Nom, prénom : D [redacted]

Sexe : Masculin

Âge : [redacted] ans

Fonction lors de l'accident : Manoeuvre

Expérience dans cette fonction : Aucune

Ancienneté chez l'employeur : Aucune

Syndicat : Aucun

Nom, prénom : E

Sexe : Masculin

Âge : [REDACTED] ans

Fonction lors de l'accident : Manoeuvre

Expérience dans cette fonction : Aucune

Ancienneté chez l'employeur : Aucune

Syndicat : Aucun

Nom, prénom : F [REDACTED]

Sexe : Masculin

Âge : [REDACTED] ans

Fonction lors de l'accident : Manoeuvre

Expérience dans cette fonction : Aucune

Ancienneté chez l'employeur : Aucune

Syndicat : Aucun

ANNEXE B**Liste des personnes interrogées**

Monsieur [B] de 9387-1853 Québec inc. (Chola Empire)

Monsieur [C], 9292-2988 Québec inc. (STS Construction & Rénovation)

Monsieur [A], employeur

Monsieur [F], travailleur, pour monsieur [A]

Monsieur [E], travailleur pour monsieur [A]

Monsieur [G], travailleur pour monsieur [A]

Monsieur [H], travailleur pour monsieur [A]

ANNEXE C**Rapport d'expertise****RAPPORT
D'EXPERTISE**

Rapport sur la cause et les mécanismes de rupture d'une dalle alvéolée dans un bâtiment situé au 12013 bld Rolland, Montréal Nord.

Rapport présenté à

Édith PLANTE et Carlos LARA
Inspecteurs
Direction générale des opérations en prévention-inspection
Montréal et Rive-Nord
CNESST

Préparé par :

Hussein ELAHMED, ing.
Hussein ELAHMED, ing.
No. Membre OIQ : 5060399

Direction du génie-conseil secteur construction
CNESST

2024-02-21

Table des matières

1. Mise en contexte.....	4
2. Description du mandat.....	4
3. Méthodologie.....	4
4. Informations recueillies.....	5
4.1 Description du plancher	5
5. Analyse.....	7
5.1 Résistance des joints	7
5.2 Situation en cas de démolition d'un mur porteur.....	8
6. Conclusion	10
7. Références.....	10
8. Annexe	11

Tables des photos :

Photo 1 : recouvrement du plancher et couche de compression en béton sur une dalle alvéolée (Source : CNESST)	5
Photo 2: joint longitudinal rempli de béton et trace du profil latéral de la dalle (Source : CNESST)	6
Photo 3; barre de 10M dans un joint sur un mur porteur (Source : CNESST)	6
Photo 4: barre de 10M dans un joint sur une poutre d'acier (Source : CNESST).....	7

Table des figures :

Figure 1: Dessin technique d'un appui mitoyen sur maçonnerie pour deux dalles précontrainte alvéolée (image tirée du site SARASCHOK.COM)	11
Figure 2: détails techniques d'une dalle précontrainte alvéolée 1220 x 203 (image tirée du Manuel de conception du béton préfabriqué, CPCI, 5e édition)	12

1. Mise en contexte

Un accident de travail est survenu le 23 septembre 2023 dans un bâtiment situé au 12013 boulevard Rolland à Montréal-Nord. Une partie de plancher du rez-de-chaussée, composé de sections de dalles alvéolées, s'est effondrée lors des travaux de démolition de deux murs porteurs intérieurs. Ces deux murs supportaient les dalles. Les travaux de démolition se faisaient de façon progressive à l'aide d'un marteau piqueur à la main et à l'aide d'une masse. Aucun système d'étalement provisoire du plancher n'avait été installé avant ces travaux de démolition.

2. Description du mandat

La démolition des murs porteurs des dalles, sans étalement provisoire des dalles, a entraîné sans aucun doute l'effondrement du plancher. Au fur et à mesure que la démolition des murs porteurs progresse, un mécanisme de rupture se forme à l'intérieur du plancher.

Étant donné le caractère manuel et progressif de cette opération, il est fort possible que la rupture du plancher ou au moins des signes de cette rupture n'aient pas été perçus au début des travaux. Toutefois, un transfert d'une partie du poids de la dalle, ayant perdu son support, s'effectue à travers les joints des dalles adjacentes. Ce transfert de charge amorce un mécanisme de rupture lorsque la capacité des joints est dépassée. Cette hypothèse est appuyée par les observations sur les lieux de l'accident. En effet, les lignes de rupture sont situées dans les joints des dalles.

À la lumière de ce qui précède, le but de ce mandat est :

- Décrire la nature et le rôle des joints entre les sections des dalles alvéolées,
- Évaluer le comportement de ces joints en l'absence d'un mur porteur.

3. Méthodologie

Les joints qui ont subi une rupture sont divisés en deux types :

- Des joints longitudinaux entre les dalles adjacentes.

En fait, ces joints représentent des plans de cisaillement entre les dalles, dont la résistance sera évaluée selon l'article 11.5 - Face de contact en cisaillement de la norme CSA-A23.3 Calcul des ouvrages en béton.

- Des joints latéraux au niveau des appuis sur les murs porteurs, appelés aussi des joints de coulis.

Ces joints se caractérisent par la présence de barres d'armature, aussi appelé bâmes de traction. Le rôle de cette armature ainsi que la quantité requise de celle-ci seront déterminés selon les exigences de la stabilité structurale de l'article 16 sur le béton préfabriqué de la norme CSA-A23.3.

Ensuite, la résistance des joints sera comparée aux efforts induits par la démolition d'un mur porteur. En l'absence d'un étalement temporaire des dalles, les efforts induits par le poids de ces éléments sont transmis inévitablement aux joints, une situation pour laquelle ces joints ne sont pas conçus, comme il sera démontré à la fin de ce rapport.

Au moment de l'accident, des colombages métalliques et des boîtes de fournitures de plomberie étaient présents sur les dalles. Cependant, comme leur poids n'est pas significatif, cette charge ne sera pas prise en considération dans les calculs. Seul le poids des dalles sera pris en considération dans le calcul des efforts. Ce poids ainsi que les autres informations techniques concernant les dalles sont tirés du *Manuel de conception du béton préfabriqué de l'Institut canadien du béton préfabriqué et précontraint CPCI, 5e édition*.

4. Informations recueillies

4.1 Description du plancher

Le plancher effondré est constitué d'un système de dalles précontraintes creuses (ou alvéolées), d'une couche de béton appelée couche de compression sur lequel repose un revêtement du plancher.

- Couche de compression et revêtement du sol :

Une couche de béton d'environ 32 mm (1 - ¼ po) est coulée sur les dalles alvéolées. Le rôle principal de cette couche est de solidariser l'ensemble et d'améliorer la capacité de charge du plancher. Bien que le revêtement du plancher soit pour la finition, il peut également contribuer à la solidification du plancher, tout comme la couche de béton. L'épaisseur du revêtement est d'environ 18 mm (3/4 po).



Photo 1 : Recouvrement du plancher et couche de compression en béton sur une dalle alvéolée
(Source : CNESST)

- Les sections des dalles alvéolées.

Les sections alvéolées sont fabriquées en béton précontraint dont les dimensions de chacune des sections sont :

- L'épaisseur est de 203 mm (8 po),
- La largeur est 1016 mm (40 po),

- La portée libre entre les deux murs démolis est d'environ 6705 mm (22 pi).

Les faces latérales des dalles sont profilées et les joints longitudinaux entre les dalles juxtaposées sont injectés de béton.

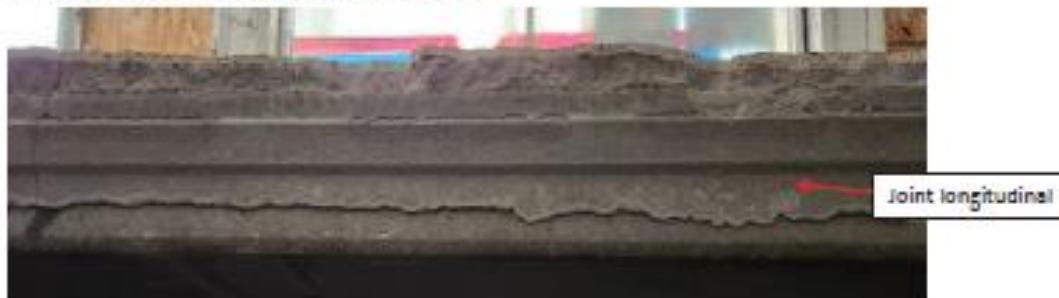


Photo 2 : Joint longitudinal rempli de béton et trace du profil latéral de la dalle (Source : CNESST)

Au niveau des appuis intermédiaires sur les murs porteurs et sur les poutres d'acier, des barres d'armature en acier de 10M (barres dont le diamètre nominal est 10 mm, et l'aire de section est 100 mm²), et d'une longueur d'environ 1220 mm sont mises en place à l'intérieur des joints de coulis. L'espace entre les barres d'armature correspond à la largeur des dalles soit 1016 mm (40 po).



Photo 3 : Barre de 10M dans un joint sur un mur porteur (Source : CNESST)



Photo 4 : Barre de 10M dans un joint sur une poutre d'acier (Source : CNESST)

5. Analyse

5.1 Résistance des joints

Étant donné que le plancher est constitué de dalles préfabriquées, tout comme la couche de béton, les joints de coulis assurent l'intégrité structurale de la dalle. De plus, cet ensemble, constitué par les dalles préfabriquées, la couche de béton et les joints de coulis, doit former un diaphragme¹. À cet effet, l'article 16.5.2.3 de la norme CSA - A23.3 Calcul des ouvrages en béton exige que les assemblages aient une résistance minimale en traction de 5 kN par mètre de longueur.

Afin d'avoir une résistance minimale de 5 kN par mètre de longueur, la quantité d'armatures nécessaire dans les joints est de :

$$As = \frac{5 \text{ kN}}{0,85 \times 400 \text{ MPa}} = 15 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

- 0,85 : représente le coefficient de résistance des barres d'armatures 10M
- 400 MPa : la limite d'élasticité dans les barres d'armatures

¹ Un diaphragme est un système structural qui transmet les forces horizontales ou latérales aux éléments verticaux (CSA-A23.3).

Les barres d'armatures 10M qui ont une aire de section de 100 mm² et qui sont disposées à chaque 1016 mm sont adéquates pour une armature de joints située sur un appui intermédiaire, car elles offrent une résistance supérieure à 5 KN par mètre de longueur. D'ailleurs, on peut constater sur des dessins techniques des entreprises spécialisées dans le domaine du béton préfabriqué, que la pratique courante est d'installer des barres d'armature de 10 M au niveau des joints de coulis, dont leur longueur correspond à la distance d'ancrage des barres en traction (voir la figure 1 en annexe).

Concernant la résistance au cisaillement des joints longitudinaux, l'article 11.5.1 de la norme CSA - A23.3, propose l'équation suivante :

$$v_r = \lambda \varphi_c (c + \mu \sigma) + \varphi_s \rho_v f_y \cos \alpha_f$$

Cette valeur représente la contrainte de cisaillement dans un plan du joint. Le premier terme dans cette équation, $\lambda \varphi_c (c + \mu \sigma)$ représente la contribution de béton, et le deuxième terme, $\varphi_s \rho_v f_y \cos \alpha_f$, représente la contribution de l'acier, cette dernière est nulle puisqu'il n'y a pas d'acier dans ce joint.

En prenant en considération les paramètres applicables aux joints :

- $\lambda = 1$ pour le béton à densité normale, (article 8.6.5 de la norme CSA-A23.3)
- σ = contrainte normale efficace = 0
- $\mu = 0,6$, (article 11.5.2 de la norme CSA-A23.3)
- $c = 0,25$ MPa , (article 11.5.2 de la norme CSA-A23.3)

Cette équation donne alors : $V_r = 1'0,65'0,25 = 0,1625$ MPa.

Afin de calculer la force de cisaillement, il faut calculer la profondeur nette du joint, cette dernière est évaluée à 40 % de l'épaisseur de la dalle, soit :

$203'0,04 = 81$ mm. Ce qui donne finalement une résistance de cisaillement de :

$$V_r = 0,1625'81'1000 = 6,6 \text{ kN/m}.$$

Cette valeur est suffisante pour transférer une partie ou même la totalité du poids d'une dalle (le poids d'une dalle est égal à : $W = 3,9 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,016 \text{ m} = 3,9 \text{ kN/m}$).

5.2 Situation en cas de démolition d'un mur porteur

Selon les informations recueillies, la démolition des murs porteurs se faisait de façon progressive à l'aide d'un marteau piqueur à la main et à l'aide d'une masse. Au fur et à mesure de la démolition, deux mécanismes de transfert de charge se sont créés :

- une grande partie du poids de la dalle qui perd son appui est transmise aux joints longitudinaux par un effort de cisaillement.
- une petite partie est transmise au joint de coulis par un effort de flexion.

Cependant, le cumul des efforts transmis aux joints longitudinaux pendant la progression de la démolition des murs porteurs cause une rupture au niveau des joints si ce cumul dépasse la valeur de 6,6 kN/m. Selon nos observations sur les lieux de l'accident, le nombre de dalles n'étant plus supportées en raison de la démolition des murs porteurs est largement suffisant pour entraîner la rupture par cisaillement de leurs joints longitudinaux.

Parallèlement à la sollicitation des joints longitudinaux en cisaillement, les joints de coulis (ou joints transversaux) sont sollicités en flexion. Un cumul de charges est appliqué sur ces joints, malgré le fait que la principale partie du poids des dalles est reprise par les joints longitudinaux. En cas de rupture de ces derniers, la sollicitation en flexion s'amplifie au niveau des joints de coulis et leur rupture est alors inévitable.

Rappelons que ces joints ne sont pas conçus pour reprendre une sollicitation en flexion. Comme mentionné précédemment, afin d'assurer l'intégrité structurale de l'ensemble du plancher et de créer un diaphragme, l'armature des joints de coulis est calculée pour résister à un effort de traction de 5 kN /m. Cette armature n'est pas calculée ni installée pour résister à un effort de flexion ou une force hors du plan du plancher. Par ailleurs, une armature de flexion doit minimalement satisfaire aux exigences suivantes de la norme CSA-A23.3 :

- L'aire minimale des sections des barres d'acier $A_{s\ min}$ ne doit pas être inférieure à $0,002Ag$ (Article 7.8.1). Ag est l'aire de la section brute de la dalle. $Ag = 1 \text{ m} \times \text{épaisseur de la dalle}$ (égale à $203+50 = 253 \text{ mm}$). Ce qui donne une aire d'armature minimale de $0,002Ag = 506 \text{ mm}^2$. Cette valeur correspond à 5 barres d'acier 10M par mètre du plancher.
- L'espacement maximal des barres ne doit pas excéder 500 mm (article 7.8.3)
- Au moins un tiers des barres requises pour résister au moment positif dans les pièces simplement supportées, doit se prolonger jusqu'aux appuis (article 12.11.1).

Il est à noter que l'armature des joints ne satisfait à aucun de ces critères.

À des fins de comparaison, l'armature minimale théorique pour résister à l'effort de flexion causé par le poids propre du plancher sera calculée. Le but de cet exercice est de comparer l'armature requise pour résister à la flexion causée par le poids d'une dalle sans appui intermédiaire avec l'armature des joints de coulis.

Selon le DESIGN MANUAL de l'Institut Canadien du béton préfabriqué et précontraint, la contrainte causée par le poids de la dalle et la couche de béton est égale à $3,9 \text{ kN/m}^2$.

L'effort de flexion qui est appliqué à l'emplacement de l'appui intermédiaire correspond à :

$$M_f = \frac{w \cdot L^2}{8}$$

- $W = 3,9 \text{ kN/m}^2 * 1,016 \text{ m} = 3,9 \text{ kN/m}$.
- $L = 13,335 \text{ m}$ (43 pi 9 po), cette distance est mesurée sur place entre le mur porteur et la poutre d'acier.

Donc : $M_f = 86,6 \text{ kN.m}$

La quantité d'armatures minimale pour résister à ce moment est :

$$A_s = \frac{86,6 \text{ kN} \cdot 10^6}{0,85 \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 0,9 \cdot 253} = 1118 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Bien évidemment, cette quantité d'armatures dépasse largement l'armature des joints (environ 100 mm²/m).

6. Conclusion

Au fur et à mesure de l'avancement de la démolition des murs porteurs, le poids des dalles non supportées, est transféré principalement par cisaillement aux joints longitudinaux, et partiellement en flexion aux joints de coulis, et ce, jusqu'à l'atteinte de la limite de la résistance en cisaillement de ces joints. Ceci cause une sollicitation par flexion au niveau des emplacements des murs qui ont été démolis, alors que l'armature des joints de coulis n'est pas conçue pour supporter une telle flexion. À cette étape, un processus de rupture au niveau de ces joints a été initié, aboutissant à un effondrement généralisé du plancher.

7. Références

- CSA - A23.3:19, Calcul des ouvrages en béton.
- Manuel de conception du béton préfabriqué du Institut canadien du béton préfabriqué et précontraint CPCI, 5e édition.
- Total precast concrete high-rise building, Design Example (2021), CPCI.
- Planchers Préfabriqués, FEBE FLOOR.
- Dalles Alvéolées, FEBE FLOOR.
- Dessin technique M-02, Appui mitoyen sur maçonnerie. SARASCHOK.COM

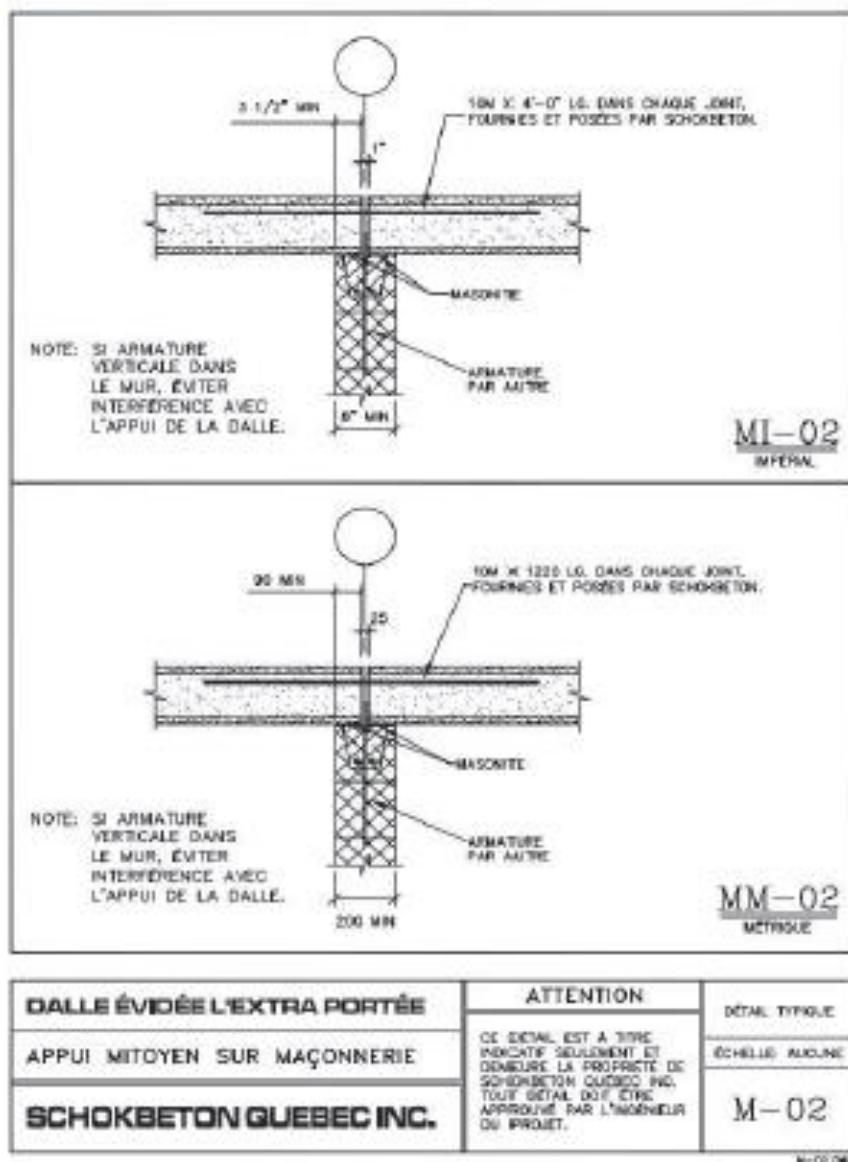
Annexe

Figure 1 : Dessin technique d'un appui mitoyen sur maçonnerie pour deux dalles précontraintes avivées (image tirée du site SARASCHOK.COM)

7.4 FLAT DECK ELEMENTS

Hollowcore Load Tables

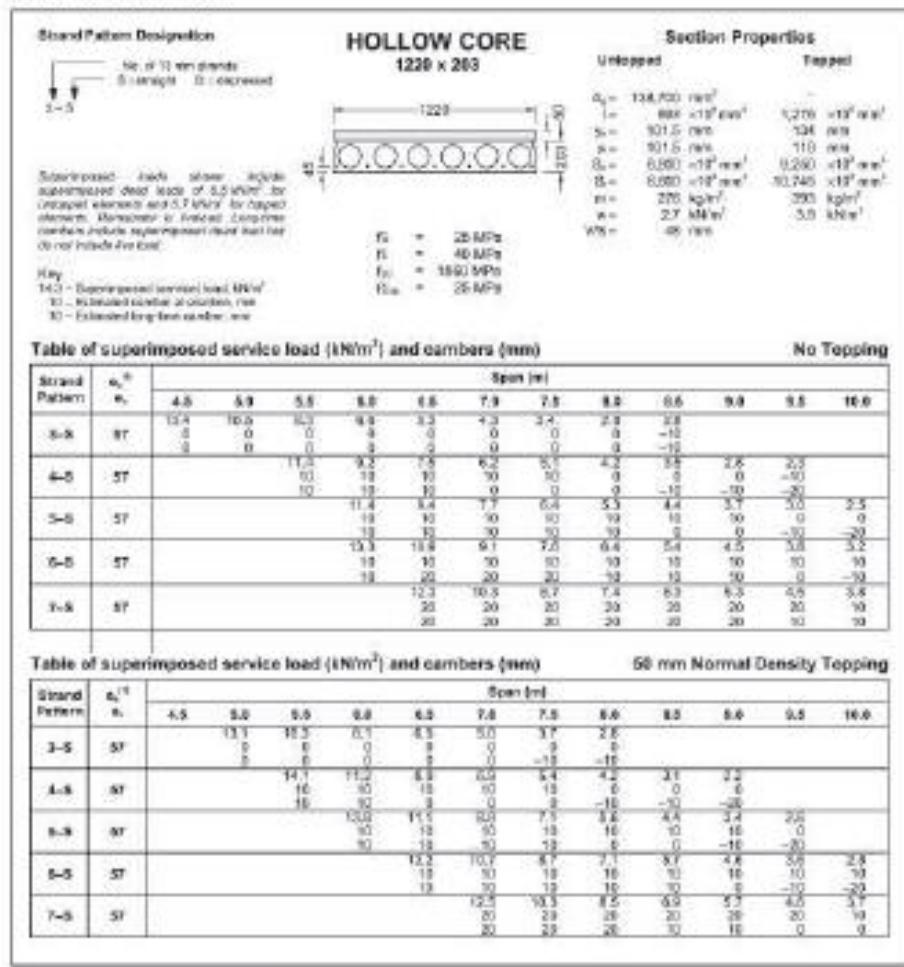


Figure 2.16 : Détails techniques d'une dalle précontrainte alvéolée 1220 x 203 (image tirée du Manuel de conception du béton préfabriqué, CPCI, 5e édition)

ANNEXE D**Références bibliographiques**

COMMISSION DES NORMES, DE L'ÉQUITÉ, DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC. *Délimitation d'un chantier de construction et identification du maître d'œuvre*, [En ligne], [Québec], CNESST, 2017, [<https://www.cnesst.gouv.qc.ca/sites/default/files/publications/delimiter-chantier-construction-identifier-maitre-doeuvre.pdf>] (Consulté en février 2024).

QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction : RLRQ, chapitre S-2.1, r.4, à jour au 12 décembre 2023*, [En ligne], Québec, Éditeur officiel du Québec, 2023, [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/rc/S-2.1.%20R.%204.pdf>] (Consulté en 2023-2024).

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail : RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 31 décembre 2023*, [En ligne], [Québec], Éditeur officiel du Québec, 2023, [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/lc/S-2.1.pdf>] (Consulté en 2023-2024).

QUÉBEC. *Site de la Régie du bâtiment du Québec*, [En ligne], [<https://www.r bq.gouv.qc.ca/licence/savoir-si-une-licence-est-requise/travaux-necessitant-une-licence>] (Consulté en mars 2024)

QUÉBEC. *Loi sur le bâtiment : RLRQ, chapitre B-1.1, à jour au 31 décembre 2023*, [En ligne], [Québec], Éditeur officiel du Québec, 2023, [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/lc/B-1.1%20.pdf>] (Consulté en février 2024)