

RAPPORT D'ENQUÊTE**EN004486**

**Accident ayant causé la mort d'un manutentionnaire
de l'entreprise Comptoir supérieur inc.,
survenu le 1^{er} juillet 2025 à Farnham**

Version dépersonnalisée

Service de la prévention-inspection – Montérégie Centre et Ouest

Inspectrices :

Marilyn Boulianne

Annie Chênevert

Date du rapport : 17/04/2026

Rapport distribué à :

- Madame Caroline Larivée, administratrice Comptoir supérieur. inc.
 - Madame M^{re} Nathalie Lefebvre, coroner
 - Docteur David-Martin Milot, directeur de la santé publique de la Montérégie
-

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	<u>3</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	3
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	3
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	3
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>4</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	4
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	4
3.3	DESCRIPTION DE LA CARGAISON ET DES ÉQUIPEMENTS UTILISÉS	5
3.3.1	DALLES DE QUARTZ	5
3.3.2	SUPPORT DE TYPE A	5
3.3.3	POSITIONNEMENT DE LA CARGAISON ET MATÉRIEL D'ASSUJETTISSEMENT UTILISÉ DANS LE CONTENEUR	6
<u>4</u>	<u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u>	<u>8</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	8
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	8
4.2.1	CONTENEUR UTILISÉ POUR LE TRANSPORT DES DALLES	8
4.2.2	RISQUE DE BASCULEMENT D'UNE DALLE DE QUARTZ	9
4.2.3	DÉFORMATION DU PLANCHER ET RUPTURE DES LISSÉS	10
4.2.4	PRATIQUES SÉCURITAIRES POUR LE CHARGEMENT DE CONTENEURS	12
4.2.5	DÉCHARGEMENT DES DALLES DE QUARTZ HORS DE LA ZONE DE CHUTE	12
4.2.6	LOI SUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (LSST)	13
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	14
4.3.1	LE MANUTENTIONNAIRE SE TROUVE DANS LA ZONE DE CHUTE DES DALLES DE QUARTZ LORSQU'IL RETIRE LES SANGLES, CE QUI DÉCLENCHE LE BASCULEMENT DES 72 DALLES QUI LE COINCENT MORTELLEMENT CONTRE LA PAROI DU CONTENEUR.	14
4.3.2	LA CONFIGURATION DU CHARGEMENT PROVOQUE UNE SURCHARGE LOCALISÉE, ENTRAÎNANT LA DÉFORMATION DU PLANCHER ET LA RUPTURE DU SUPPORT DE TYPE A, COMPROMETTANT LA STABILITÉ DES DALLES DE QUARTZ.	14
4.3.3	L'IDENTIFICATION ET LA MAÎTRISE DU RISQUE DE BASCULEMENT DES DALLES DE QUARTZ SONT DÉFICIENTES, CE QUI CONDUIT À UNE MÉTHODE DE TRAVAIL DANGEREUSE LORS DU DÉCHARGEMENT DU CONTENEUR.	15

<u>5</u>	<u>CONCLUSION</u>	16
	5.1 CAUSES DE L'ACCIDENT	16
	5.2 SUIVIS DE L'ENQUÊTE	16
<u>6</u>	<u>ANNEXES</u>	17
	ANNEXE A-ACCIDENTÉ	17
	ANNEXE B-RAPPORT D'EXPERTISE	18
	ANNEXE C-RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43

SECTION 1**1 RÉSUMÉ DU RAPPORT****Description de l'accident**

Le 1^{er} juillet 2025, vers 11 h chez Comptoir supérieur inc. située à Farnham, un manutentionnaire de l'entreprise prépare le déchargement de dalles de quartz reçues dans un conteneur intermodal. Une fois les sangles à cliquets retirées, les dalles de quartz basculent et coincent mortellement le manutentionnaire contre la paroi de droite du conteneur.

Conséquence

Le manutentionnaire décède.



Figure 1 — *Position des dalles de quartz après le sauvetage*
Source : CNESST

Libellé des causes

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

- Le manutentionnaire se trouve dans la zone de chute des dalles de quartz lorsqu'il retire les sangles, ce qui déclenche le basculement des 72 dalles qui le coincent mortellement contre la paroi du conteneur.
- La configuration du chargement provoque une surcharge localisée, entraînant la déformation du plancher et la rupture du support de type A, compromettant la stabilité des dalles de quartz.
- L'identification et la maîtrise du risque de basculement des dalles de quartz sont déficientes, ce qui conduit à une méthode de travail dangereuse lors du déchargement du conteneur.

Mesures correctives

Le 1^{er} juillet 2025, à la suite de l'accident, la CNESST interdit le déchargement du conteneur dans lequel se trouvent les dalles de quartz. Elle exige d'élaborer une procédure de travail sécuritaire, incluant la description du matériel qui sera utilisé lors du déchargement, et de fournir le matériel nécessaire et sécuritaire pour appliquer la méthode de travail produite.

De plus, des scellés sont apposés sur des supports de type A reçus avec les chargements précédents afin d'en interdire l'utilisation. La CNESST exige l'obtention d'une attestation d'ingénieur démontrant la solidité des supports de type A avant de les réutiliser. Ces décisions sont consignées au rapport RAP9119275.

Le 30 juillet 2025, le déchargement est effectué après l'obtention, par la CNESST, de la procédure de travail sécuritaire pour le déchargement du conteneur. La décision est consignée dans le rapport RAP1523610.

Le 5 août 2025, les supports de type A sont envoyés à la ferraille pour être détruits puisqu'ils ne seront pas attestés pour être réutilisés.

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 de l'établissement**

L'entreprise se spécialise dans la fabrication et l'installation de comptoirs de cuisine et de salles de bain. Elle emploie quatre travailleurs non syndiqués répartis sur un seul quart de travail.

Les travailleurs occupent principalement des fonctions de coupeur et de polisseur.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail**2.2.1 Mécanismes de participation**

Aucun mécanisme de participation des travailleurs n'est en vigueur au moment de l'accident.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Aucun programme de prévention ou plan d'action n'est rédigé et appliqué dans l'établissements.
Aucune méthode de travail sécuritaire spécifique au déchargement d'un conteneur n'est élaborée.

SECTION 3**3 DESCRIPTION DU TRAVAIL****3.1 Description du lieu de travail**

Le bâtiment, situé au 1145, boulevard Industriel à Farnham, est utilisé pour des activités de transformation de dalles de quartz. En façade, une porte de garage, donnant au niveau du sol, permet à une remorque porte-conteneur de reculer directement devant l'ouverture afin de procéder aux opérations de déchargement (voir figure 2).



Fig. 2 — *Façade du bâtiment*

Source : CNESST

3.2 Description du travail à effectuer

Les dalles de quartz, provenant directement d'un fournisseur d'outre-mer, sont transportées sur un support de type A à l'intérieur d'un conteneur intermodal. Une fois les portes du conteneur ouvertes, la remorque porte-conteneur recule et s'immobilise devant la porte de garage. Un manutentionnaire entre à l'intérieur du conteneur pour libérer les dalles. Il retire certains éléments qui maintiennent les dalles en place durant le transport, soit les structures de bois se trouvant devant le support de type A et sur le dessus des dalles. Pour terminer, il relâche les sangles à cliquets en s'introduisant entre la paroi du conteneur et les dalles de quartz.

Une fois les dalles libérées, deux travailleurs sont affectés au déchargement. Un manutentionnaire entre dans le conteneur et le second travailleur conduit le chariot élévateur. À l'intérieur du

conteneur la tâche du manutentionnaire consiste à séparer manuellement les dalles les unes des autres en insérant un séparateur de dalles entre celles-ci. Ensuite, la pince de levage suspendue à une flèche installée sur un chariot élévateur peut être introduite entre les dalles. Une fois que deux dalles sont saisies avec la pince, elles sont sorties du conteneur et déposées sur des supports d'entreposage à l'intérieur de l'établissement. Cette séquence est répétée en alternance de chaque côté du support de type A jusqu'à ce que le conteneur soit vide.

3.3 Description de la cargaison et des équipements utilisés

3.3.1 Dalles de quartz

Elles sont de forme rectangulaire d'une dimension de 3,22 m (10 pieds) de long sur 2,22 m (7 pieds) de large. Elles ont une épaisseur de 20 mm. Chacune a une masse de 344 kg (758 lb) (voir figure 3).

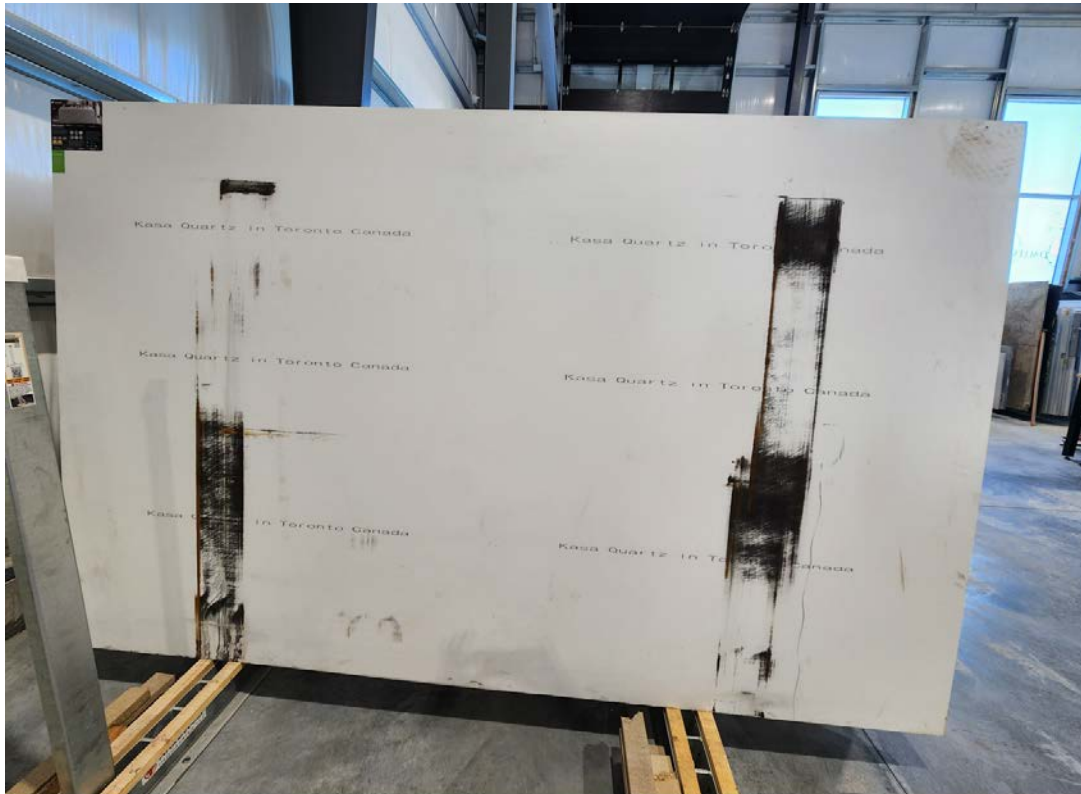


Fig.3 — *Dalle de quartz*

Source : CNESST

3.3.2 Support de type A

Les supports de type A sont utilisés pour stabiliser les dalles de quartz lors de leur transport. La capacité de charge maximale du support de type A impliqué dans l'accident est inconnue.

Il s'agit d'un support constitué de deux cadres métalliques inclinés l'un sur l'autre et soudés au sommet. Chaque cadre métallique est constitué de deux montants verticaux reliés par deux traverses (supérieure et intermédiaire). Les cadres métalliques sont soudés à la base sur deux lisses qui sont perpendiculaires à ceux-ci. Les lisses sont des profilés en acier de type C d'une longueur

de 2,25 m et d'une largeur de 100 mm. Des cales en bois sont insérées dans les lisses. Les dalles de quartz sont déposées sur les cales qui sont inclinées vers les cadres métalliques de manière à prévenir le basculement des dalles (voir figure 4).

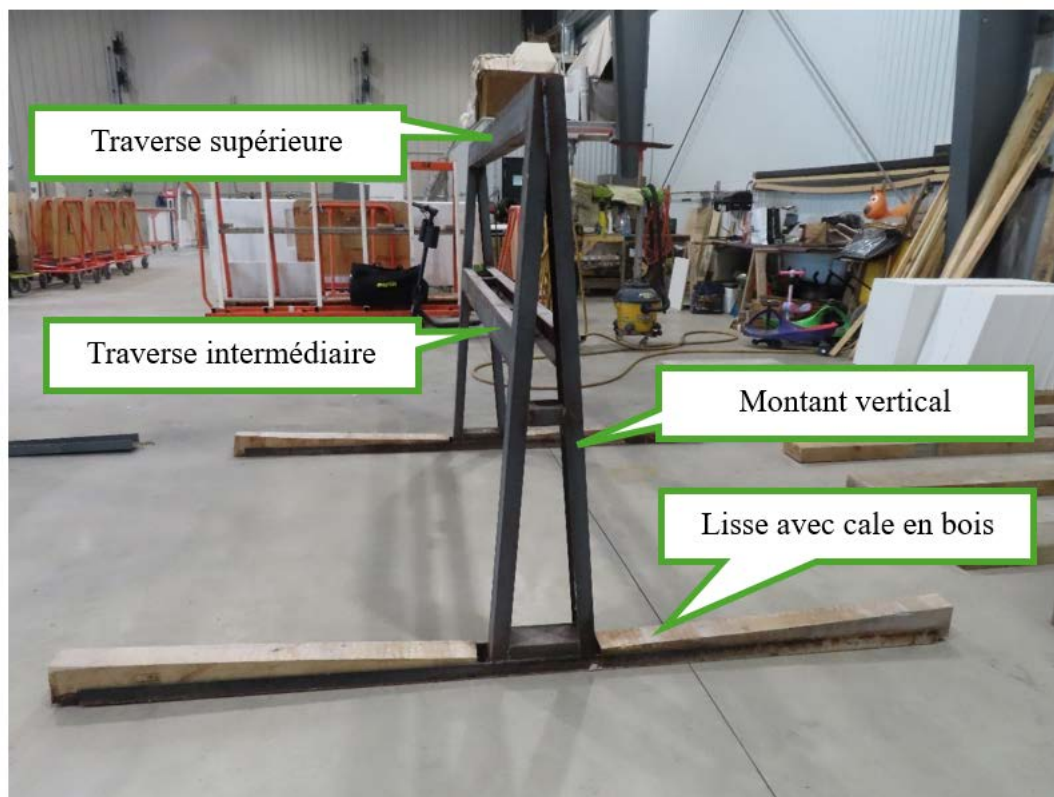


Fig. 4 — *Support de type A*
Source : CNESST

Dans le conteneur, 36 dalles de quartz sont déposées de part et d'autre du support de type A. La masse totale des 72 dalles de quartz est de 24 768 kg (54 604 lb) ce qui engendre une force de 243 kN.

3.3.3 Positionnement de la cargaison et matériel d'assujettissement utilisé dans le conteneur

Le support de type A est positionné au centre du conteneur et les lisses de celui-ci sont parallèles aux traverses du plancher. Une structure en bois est déposée sur le dessus des dalles de quartz. Elle est constituée d'un cadre rectangulaire muni d'une pièce en angle fixée à chaque coin. Cette structure remplit les espaces entre les dalles de quartz et les parois latérales du conteneur. Deux sangles à cliquet, installées de haut en bas, ceinturent les dalles de quartz (voir figure 5).

Au fond du conteneur, près du tracteur, une autre structure de bois est présente afin de limiter les déplacements de la cargaison. Une structure semblable est installée entre la porte du conteneur et le support de type A.



Fig. 5 — *Exemple d'une sangle à cliquet
qui ceinture de haut en bas les dalles de quartz*
Source : CNESST

SECTION 4

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 1^{er} juillet 2025, il est prévu que deux conteneurs intermodaux chargés de dalles de quartz soient livrés par un transporteur routier.

Vers 7 h, le premier conteneur est reçu puis déchargé.

Vers 11 h, le déchargement du second conteneur est amorcé. Le manutentionnaire entre seul dans le conteneur afin de retirer le matériel d'assujettissement (dispositif de retenu) qui sert à maintenir en place les dalles à l'intérieur du conteneur. Une fois les structures de bois retirées, le manutentionnaire se positionne entre les dalles de quartz et la paroi de droite du conteneur afin de détacher les deux sangles à cliquets qui ceinturent les dalles de quartz.

Une fois les sangles à cliquets retirées, les dalles de quartz basculent vers la droite et coincent le manutentionnaire contre la paroi du conteneur.

Une personne à proximité le retrouve dans cette position et tente de le dégager avec l'aide d'autres travailleurs. Les services d'urgence sont appelés et les pompiers complètent les manœuvres pour dégager le manutentionnaire coincé. Le décès est constaté sur place.

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Conteneur utilisé pour le transport des dalles

Il s'agit d'un conteneur intermodal, c'est-à-dire utilisable avec plusieurs modes de transports (maritime, ferroviaire, routier, etc.), identifié CEIU 73 0042. Il est d'une longueur de 6,1 m (20 pieds) et sa capacité de chargement maximale (charge utile maximale) est de 28 210 kg (62 192 lb).

La masse brute du conteneur est de 30 480 kg (67 197 lb). La masse à vide du conteneur, aussi appelée tare, est de 2 270 kg (5 004 lb).

Le plancher du conteneur est composé d'un platelage de contreplaqués d'une épaisseur de 28 mm, fixés sur des traverses en acier espacé de 280 mm centre à centre (c/c). Les dimensions intérieures du plancher sont de 5,86 m sur 2,33 m. La surface du plancher est donc de 13,65 m² (5,86 x 2,33).

Selon la norme ISO 1496 - 1 Conteneurs de la série 1 : spécifications et essais. Partie 1 : conteneurs d'usage général pour marchandises diverses, le plancher d'un conteneur doit résister à une charge uniformément répartie égale à 1,8 R-T où R représente la masse brute du conteneur (30 480 kg) et T représente la tare (2 270 kg). Donc, selon ce calcul, la résistance du plancher du conteneur pour une charge uniformément répartie est de 52 594 kg (515 kN).

Pour ce qui est de la résistance du plancher par mètre carré, elle est obtenue en divisant la résistance totale du plancher par la surface de celui-ci. Ainsi, pour chaque mètre carré le plancher peut résister à 37,73 kN/m² (515 kN ÷ 13,65 m²).

Il est également possible de déterminer la charge maximale à laquelle le plancher peut résister entre deux traverses. Cette charge est nommée charge linéaire maximale et représente la charge

appliquée sur une longueur définie. Dans le cas de ce conteneur, la charge linéaire maximale à laquelle le plancher peut résister est de 10,56 kN/m. Ce résultat s'obtient en multipliant la résistance du plancher par mètre carré par l'espacement entre les traverses du plancher (280 mm) ($37,73 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 0,280 \text{ m} = 10,56 \text{ kN/m}$).

4.2.2 Risque de basculement d'une dalle de quartz

Le site Internet de l'organisme régulateur en santé et en sécurité du travail dans l'état de Victoria en Australie (WorkSafe Victoria) décrit la zone de chute d'une dalle de quartz comme étant une zone dangereuse en raison du risque de basculement de celle-ci. Cette zone se trouve de chaque côté d'une dalle de quartz positionnée à la verticale. La superficie de cette zone est déterminée par la taille de la dalle. Selon le cas, une zone de dégagement supplémentaire peut être nécessaire pour éviter qu'une personne soit heurtée par un fragment en cas de bris. La zone de chute suit la dalle dans ses déplacements et peut être limitée par un obstacle comme la paroi d'un conteneur (voir figure 6).

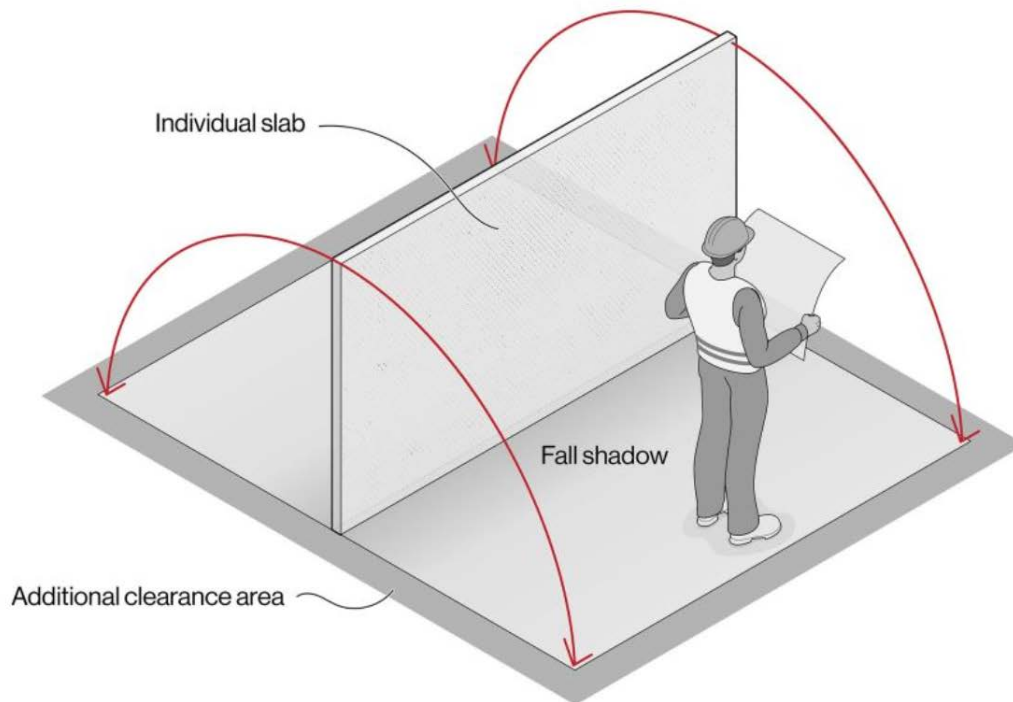


Fig. 6 – Zone de chute d'une dalle de quartz

Source : WorkSafe Victoria

Afin de maîtriser le risque de basculement des dalles et d'éviter qu'une personne soit heurtée par une dalle qui bascule, il est impératif qu'à aucun moment, aucune personne ne se trouve dans la zone de chute une fois que le matériel d'assujettissement des dalles sont retirés.

4.2.3 Déformation du plancher et rupture des lisses

À la suite de l'accident, les deux principaux éléments remarquables après le déchargement de la cargaison sont l'état des lisses du support de type A et la déflexion du plancher de 40 mm localisée sous les lisses du support de type A (voir les figures 7 et 8).



Fig. 7 – Rupture d'une des lisses du support de type A
Source : CNESST

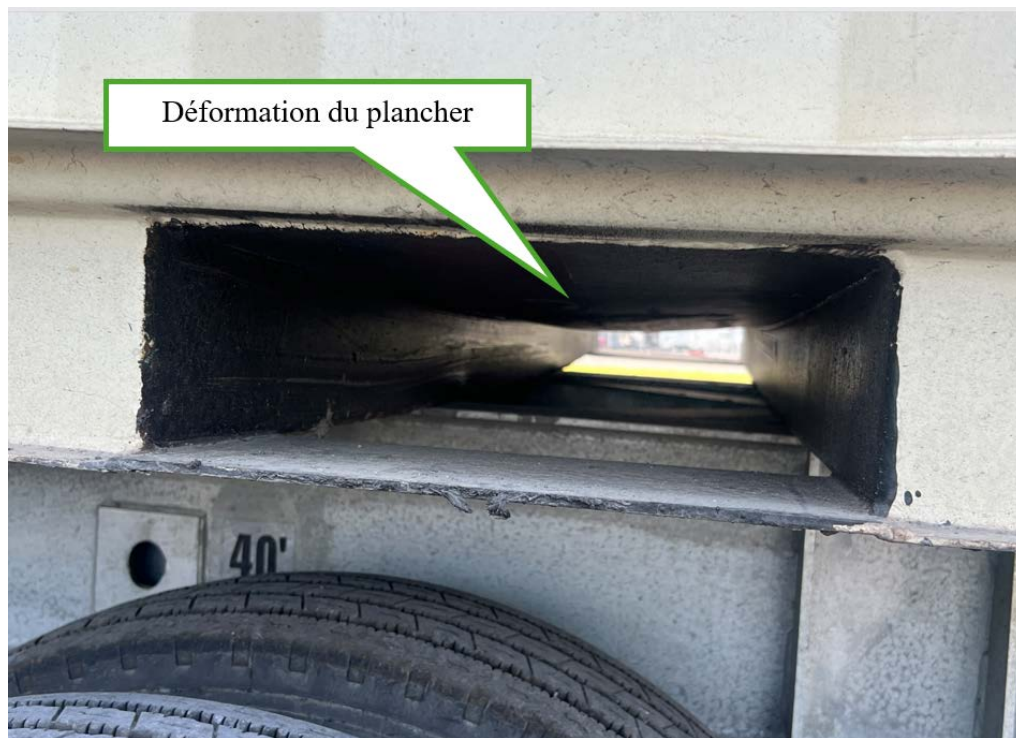


Fig. 8 – Déformation du plancher du conteneur vue de l'extérieur
Source : CNESST

À la suite de ces constatations, une expertise est réalisée afin de comprendre le rôle qu'ont pu jouer ces éléments sur le basculement des dalles de quartz.

Selon cette expertise, la séquence de basculement est initiée par la déformation du plancher. Nous pouvons établir que le plancher s'est déformé à un moment donné en raison de la charge linéaire générée par les 72 dalles de quartz sur les lisses du support de type A. Puisque les lisses du support de type A sont parallèles aux traverses du plancher, la charge n'est pas répartie uniformément sur l'ensemble du plancher.

Il est possible de connaître la charge linéaire appliquée au plancher par les 72 dalles de quartz (243 kN) via les deux lisses du support de type A dont la longueur est de 2,25 m en utilisant la formule suivante : $\frac{243 \text{ kN}}{2} \div 2,25 \text{ m} = 54 \text{ kN/m}$.

En comparant la valeur de 54 kN/m à la résistance linéaire maximale du plancher établie à 10,56 kN/m, il appert que la charge imposée au plancher sous les lisses est cinq fois supérieure à sa résistance, créant ainsi la déflexion excessive en forme de courbure remarquée lors du déchargement de la cargaison.

Cette courbure dans le plancher a généré des efforts dans les lisses provoquant leur déformation jusqu'à leur rupture complète aux jonctions avec le cadre métallique du côté gauche. Ainsi, les cadres métalliques ont fait une rotation vers la droite, modifiant l'angle d'appui des dalles du côté droit, compromettant alors leur stabilité.

Puisque les dalles sont instables, le retrait des sangles à cliquets a donc été suffisant pour déclencher le basculement des dalles du côté droit.

4.2.4 Pratiques sécuritaires pour le chargement de conteneurs

Le Code de bonnes pratiques OMI/OIT/CEE-ONU pour le chargement des cargaisons dans des engins de transport (Code CTU) est élaboré conjointement par l'Organisation maritime internationale, l'Organisation internationale du travail et la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Il a pour objet de fournir des conseils sur la sécurité aux personnes préposées au chargement et à l'assujettissement des cargaisons dans des engins de transport. Il décrit les aspects théoriques du chargement et de l'assujettissement. Il indique aussi des mesures à prendre dans la pratique pour garantir la sécurité du chargement et du personnel tout au long de la chaîne de transport.

Plus spécifiquement pour le chargement de conteneur, les éléments suivants y sont indiqués :

- À l'article 1.10 de l'annexe 7 : Si un colis lourd occupant une petite « surface » est expédié dans un engin de transport, la charge concentrée devrait être transférée vers les traverses et longerons de l'engin de transport.
- À l'article 3.1.1 de l'annexe 7: Les conteneurs conçus conformément à la norme ISO prévoit que la charge utile admissible puisse être transférée en toute sécurité aux quatre montants d'angle dans toutes les conditions de transport si la charge est répartie de façon homogène sur toute la surface de chargement. Dans le cas où elle ne peut être répartie de façon homogène, il faut tenir compte des limitations applicables aux charges concentrées. Il peut être nécessaire de transférer le poids vers les montants d'angle en utilisant des poutres résistantes pour soutenir la cargaison. Dans ce contexte, les montants d'angle sont les éléments porteurs verticaux situés aux quatre coins du conteneur.

4.2.5 Déchargement des dalles de quartz hors de la zone de chute

Il est possible d'éviter qu'un travailleur se place dans la zone de chute des dalles en procédant au déchargement sans retirer les sangles à cliquets.

Les informations recueillies indiquent qu'au moment du chargement de la cargaison, le fournisseur de dalles de quartz ajuste la tension des sangles à cliquets au minimum. De plus, les deux premières dalles sont laissées légèrement en saillie afin de les rendre accessibles à la pince de levage. Une fois ces deux premières dalles retirées, l'absence de tension dans les sangles à cliquets permet de poursuivre le déchargement sans avoir à les retirer. Donc, personne n'a à se positionner dans la zone de chute des dalles (voir figure 9).



Fig. 9 – *Positionnement des deux premières dalles en saillie*

Source : CNESST

4.2.6 Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST)

Selon l'article 51 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail (L.R.Q., c. S-2.1)*, l'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique 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.

[...]

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 **Le manutentionnaire se trouve dans la zone de chute des dalles de quartz lorsqu'il retire les sangles, ce qui déclenche le basculement des 72 dalles qui le coincent mortellement contre la paroi du conteneur.**

La cargaison à l'intérieur du conteneur est constituée de 72 dalles de quartz dont la masse totale est de 24 768 kg.

Afin d'assurer la stabilité des dalles à l'intérieur du conteneur, elles sont maintenues en place par des structures de bois et deux sangles à cliquets qui les ceinturent de haut en bas.

Pour débiter le déchargement, le manutentionnaire procède au retrait des structures de bois. Il se positionne ensuite entre les dalles de quartz et la paroi de droite du conteneur, soit dans la zone de chute des dalles, afin de détacher les deux sangles à cliquets.

À la suite du retrait du matériel d'assujettissement, les dalles ne sont plus stabilisées et basculent vers la droite. Le manutentionnaire est alors coincé mortellement contre la paroi du conteneur.

Cette cause est retenue.

4.3.2 **La configuration du chargement provoque une surcharge localisée, entraînant la déformation du plancher et la rupture du support de type A, compromettant la stabilité des dalles de quartz.**

La conception du plancher d'un conteneur vise à supporter les charges prévues sans déformation excessive, lorsque celles-ci sont réparties sur l'ensemble de la surface du plancher. En matière de chargement de conteneurs, ce principe de répartition de la charge est reconnu dans la norme ISO 1 496-1 Conteneurs de la série 1 : spécifications et essais. Partie 1 : conteneurs d'usage général pour marchandises diverses, et dans le Code de bonnes pratiques OMI/OIT/CEE-ONU pour le chargement des cargaisons dans des engins de transport (Code CTU).

Dans le cas présent, la charge appliquée sur le plancher du conteneur provient du poids combiné des dalles de quartz et du support de type A. Cette charge est appliquée sous les deux lisses du support de type A, lesquelles ont chacune une longueur de 2,25 m et une largeur de 100 mm, ce qui entraîne une concentration de la charge sur une portion limitée du plancher.

De plus, les lisses sont disposées parallèlement aux traverses du plancher du conteneur, ce qui fait qu'elles ne contribuent pas à répartir la charge uniformément. Ainsi, la charge est concentrée plutôt que répartie sur l'ensemble du plancher.

Les constatations faites lors de l'enquête montrent que le plancher du conteneur s'est déformé et que les lisses de la section gauche du support de type A se sont rompues. Les calculs effectués indiquent que la charge appliquée sous les deux lisses dépasse de cinq fois la résistance linéaire maximale du plancher.

La configuration du chargement a entraîné la déformation du plancher, puis la rupture du support de type A, ce qui a compromis la stabilité des dalles de quartz.

Cette cause est retenue.

4.3.3 L'identification et la maîtrise du risque de basculement des dalles de quartz sont déficientes, ce qui conduit à une méthode de travail dangereuse lors du déchargement du conteneur.

La manutention de dalles de quartz comporte un risque de basculement lors du déchargement d'un conteneur.

Selon l'article 51 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail (L.R.Q., c. S-2.1)*, l'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur. À cet égard, il doit notamment s'assurer que l'organisation du travail ainsi que les méthodes et techniques utilisées sont sécuritaires. Il doit utiliser des méthodes et des techniques visant à identifier, à contrôler et à éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur. Dans le cas présent, aucune mesure de prévention n'a permis d'assurer l'identification et la maîtrise du risque de basculement lors des opérations visant le déchargement du conteneur.

Les sangles à cliquets constituent une mesure de prévention visant à limiter le risque de basculement des dalles de quartz. Lorsqu'elles sont retirées, les dalles sont libres de mouvement, ce qui rend possible leur basculement.

Par ailleurs, selon les règles de l'art mentionnées au présent rapport, aucune personne ne doit se tenir dans la zone de basculement des dalles de quartz. Or, la méthode de travail appliquée positionne le manutentionnaire dans la zone dangereuse de basculement des dalles de quartz. À l'inverse, les informations recueillies indiquent qu'il n'était pas nécessaire de retirer les sangles à cliquets pour procéder au déchargement des dalles de quartz, ce qui permettait d'éviter qu'une personne se place dans la zone de chute des dalles.

Ainsi, l'identification et la maîtrise du risque de basculement des dalles de quartz sont déficientes, ce qui a conduit à une méthode de travail dangereuse lors du déchargement du conteneur.

Cette cause est retenue.

SECTION 5**5 CONCLUSION****5.1 Causes de l'accident**

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

- Le manutentionnaire se trouve dans la zone de chute des dalles de quartz lorsqu'il retire les sangles, ce qui déclenche le basculement des 72 dalles qui le coincent mortellement contre la paroi du conteneur.
- La configuration du chargement provoque une surcharge localisée, entraînant la déformation du plancher et la rupture du support de type A, compromettant la stabilité des dalles de quartz.
- L'identification et la maîtrise du risque de basculement des dalles de quartz sont déficientes, ce qui conduit à une méthode de travail dangereuse lors du déchargement du conteneur.

5.2 Suivis de l'enquête

La CNESST transmettra les conclusions de son enquête aux associations sectorielles paritaires ainsi qu'à l'ensemble des gestionnaires de mutuelles de prévention afin que leurs membres en soient informés.

Dans le même objectif d'information des milieux de travail et afin de prévenir la survenance d'un accident similaire, le rapport sera transmis à l'Association des fabricants et détaillants de l'industrie de la cuisine du Québec (AFDICQ).

De plus, la CNESST transmettra les conclusions de son enquête aux entreprises enregistrées dans l'unité de classification *Fabrication de produits en pierre de taille* et qui sont spécialisées dans l'importation, la vente, la transformation et la distribution de pierres brutes et transformées.

SECTION 6**6 ANNEXES****ANNEXE A-Accidenté**

Nom, prénom : A

Sexe : Masculin

Âge :

Fonction habituelle :

Fonction lors de l'accident : coupeur

Expérience dans cette fonction :

Ancienneté chez l'employeur :

Syndicat : non

ANNEXE B-Rapport d'expertise**RAPPORT
D'EXPERTISE**

Rapport d'expertise sur le basculement des dalles en quartz installées sur un support métallique

Rapport présenté à : Marilyn Boulianne & Annie Chênevert

Inspectrices

Direction de la prévention-inspection Centre-Sud
Point de service de la Montérégie Centre

CNESST

Préparé par

Hussein Elahmed, ing.

Direction générale de la réglementation, du soutien et de
l'expertise

CNESST

10-12-2025

Hussein Elahmed

Signé avec ConsignO Cloud (10/12/2025)
Vérifiez avec verifio.com ou Adobe Reader.



Numéro de l'OIQ : 5060399

Résumé

Ce rapport d'expertise vise à déterminer les défaillances ayant conduit au basculement de dalles en quartz sur une personne lors du déchargement d'un conteneur dans les locaux de l'entreprise *Dalles & Co inc.* à Farnham. L'analyse porte sur les défaillances observées du support métallique dit de type A et du plancher du conteneur, ainsi que sur les conditions ayant entraîné l'instabilité des dalles.

L'expertise repose sur des observations faites lors d'une visite des lieux, ainsi qu'une analyse qualitative du comportement des lisses (profilés en acier de type C) sous sollicitation en flexion. Les résultats de l'analyse ont été comparés aux déformations observées sur le support de type A et le plancher du conteneur.

À la suite de cette analyse, voici la séquence des évènements ayant mené au basculement des dalles :

- Le poids total des 72 dalles (environ 24 768 kg) a généré une charge linéaire sur les lisses du support de type A et le plancher du conteneur.
- Le plancher du conteneur a subi une déflexion excessive (≈ 40 mm), entraînant des efforts de flexion dans les lisses.
- Ces efforts ont causé la rupture des lisses aux jonctions avec les cadres verticaux, modifiant l'angle d'appui des dalles.
- La rotation des cadres verticaux a compromis la stabilité des dalles du côté droit.
- Le retrait des sangles à cliquets a déclenché le basculement des dalles sur ce côté.

Le basculement des dalles est attribuable à une combinaison de facteurs : déformation du plancher, rupture des lisses, rotation des cadres verticaux et modifications des angles d'appui. Ces éléments ont créé une situation instable, rendant le basculement des dalles inévitable en l'absence de retenue mécanique.

Table des matières

Résumé.....	2
1 Mise en contexte	4
2 Description du mandat	4
3 Méthodologie	4
4 Informations recueillies	5
4.1 Visite des lieux.....	5
4.2 Les observations	7
5 Analyse.....	13
5.1 Caractéristiques des dalles et configuration du support de type A	13
5.2 Analyse des déformations et ruptures du support de type A	15
5.3 Conséquences de la rupture des lisses sur la stabilité du support de type A 20	
6 Conclusion	23
7 Références.....	24

1 Mise en contexte

Le présent rapport d'expertise a été réalisé à la suite d'un accident de travail survenu dans les locaux de l'entreprise *Dalles & Co inc.*, située à Farnham. L'événement s'est produit lors du déchargement de dalles en quartz importées de Chine, expédiées dans un conteneur intermodal.

Alors qu'une personne procédait au retrait des sangles à cliquets maintenant les dalles en place, ces dernières ont basculé, la coinçant entre les dalles et la paroi du conteneur. La personne est décédée.

2 Description du mandat

Le présent mandat d'expertise vise à déterminer les facteurs ayant contribué au basculement des dalles en quartz lors du déchargement d'un conteneur dans les locaux de l'entreprise *Dalles & Co inc.* à Farnham.

Plus précisément, l'expertise cherche à répondre aux questions suivantes :

- La déformation du plancher du conteneur et la rupture des lisses du support de type A, telles qu'observées sur les lieux de l'accident, entraînent-elles le basculement des dalles du côté droit du conteneur?
- Est-ce qu'un basculement peut se produire même si les sangles à cliquets sont encore en place, malgré la rupture des lisses inférieures?
- Est-il possible d'élaborer une séquence d'événements permettant d'expliquer le basculement des dalles tel qu'il a été constaté sur les lieux?

Ce mandat s'inscrit dans une démarche d'analyse technique visant à éclairer les circonstances de l'accident.

3 Méthodologie

L'approche adoptée dans le cadre de cette expertise consiste à documenter et analyser les défaillances observées sur les lieux de l'accident, afin de comprendre les mécanismes ayant conduit au basculement des dalles.

Les étapes suivantes ont été réalisées :

1. **Évaluation de l'impact du poids des dalles sur le plancher du conteneur**

Une estimation des charges exercées par les dalles en quartz a été effectuée afin d'évaluer leur influence sur la structure du plancher du conteneur.

2. Analyse de la configuration des charges et des réactions sur le support de type A

Cette analyse a été réalisée en tenant compte d'une déformation du plancher du conteneur. Les résultats ont été comparés aux défaillances et ruptures observées sur le support de type A.

3. Analyse qualitative du comportement des lisses

Une étude du comportement des profilés en acier de type C sous sollicitation en flexion a été menée, afin de comprendre les mécanismes de rupture potentiels.

4. Évaluation des conséquences des défaillances sur la stabilité des dalles

Les effets des ruptures et déformations des lisses du support de type A ont été analysés pour déterminer leur impact sur la stabilité des dalles, tant du côté gauche que du côté droit du conteneur.

Cette méthodologie repose sur une approche fondée sur des principes de statique et sur l'observation des éléments défaillants.

4 Informations recueillies

4.1 Visite des lieux

Une visite des installations de l'entreprise *Dalles & Co inc.* à Farnham a été effectuée le 30 juillet 2025. Cette visite avait pour objectif d'observer les conditions de déchargement des dalles en quartz dans un contexte similaire à celui de l'accident. Avant de procéder au déchargement, les dalles étaient inclinées contre les parois internes du conteneur (voir photographie 1).

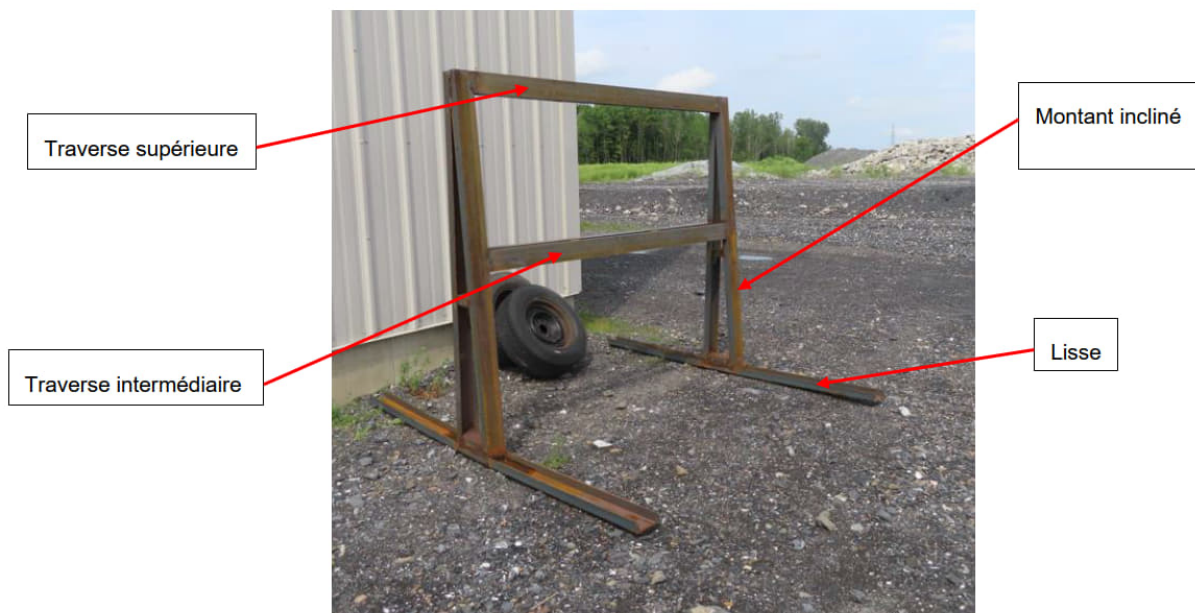


Photographie 1 : Position des dalles en quartz au début du déchargement. (Source CNESST).

Contrairement à la photographie 1, et selon les informations recueillies sur place, au moment de l'accident toutes les dalles étaient inclinées vers le côté droit¹ du conteneur. Autrement dit, les dalles du côté droit étaient inclinées contre la paroi du conteneur, conséquence directe de leur basculement. Tandis que les dalles du côté gauche étaient appuyées sur les cadres verticaux du support de type A, conformément à leur position initiale d'installation. Il faut mentionner que les supports de type A sont des structures métalliques destinées à supporter les dalles pendant l'entreposage et lors du transport. Ils sont composés par deux lisses soudées à des montants verticaux inclinés. Ces derniers sont soudés à leur tour à des traverses intermédiaires et supérieures afin de former deux cadres inclinés servant à appuyer les dalles.

¹ Dans le présent document, les côtés droit et gauche du conteneur sont définis en fonction de l'angle d'observation sur les photographies et les figures.

La photographie suivante illustre un exemple de ces supports :



Photographie 2 : Exemple du support de type A. (Source CNESST).

4.2 Les observations

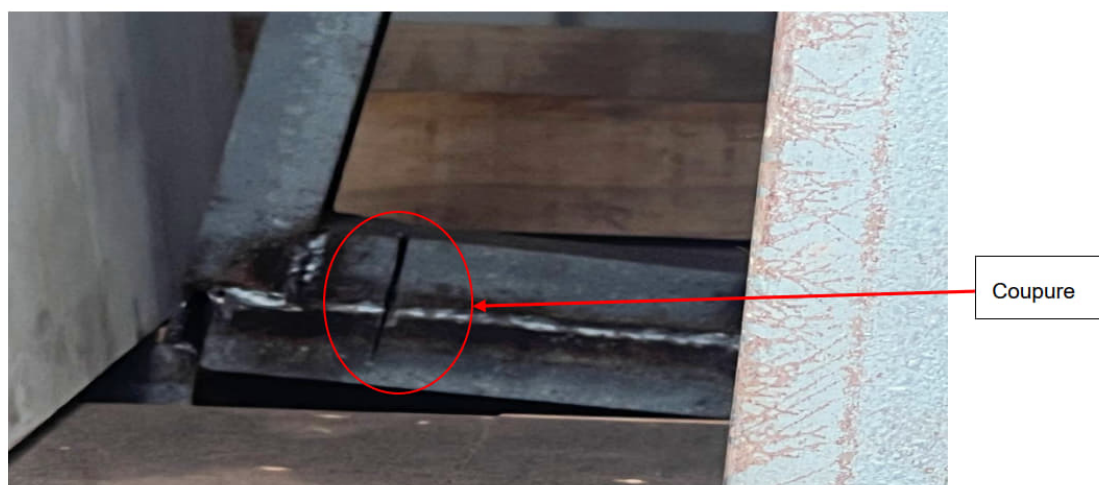
Lors de la visite des lieux effectuée le 30 juillet 2025, plusieurs éléments ont été observés concernant l'état des dalles et du support de type A :

- Les cadres verticaux du support de type A présentaient une inclinaison vers le côté droit, soit dans le même sens que le basculement des dalles. Cette inclinaison suggère une perte de stabilité du support, possiblement liée à une déformation du plancher ou à une rupture structurale du support de type A.
- Les dalles en quartz étaient posées sur des cales en bois insérées dans les lisses du support de type A. Ces cales comportaient une surface supérieure inclinée vers la partie verticale du support, configuration visant à prévenir le basculement des dalles en assurant leur appui contre le support.
- Une rupture complète de la première lisse rencontrée à partir de l'ouverture du conteneur, a été observée à l'endroit de la jonction avec les éléments verticaux du support du côté gauche (voir photographie 3). Cette rupture pourrait avoir compromis la capacité du support à maintenir les dalles en position stable.



Photographie 3 : Rupture d'une lisse sur le côté gauche du support en A (Source CNESST).

- La deuxième lisse du support de type A présentait aussi une rupture complète du côté gauche, similaire à celle observée sur la première lisse (voir photographie 4). Il est important de noter que certaines coupures visibles sur les photographies ont été réalisées lors des efforts de sauvetage à la suite de l'accident.



Photographie 4 : Rupture de la lisse 2 sur le côté gauche du support en A (Source CNESST).

- Au fur et à mesure du déchargement des dalles, l'inclinaison vers la droite des cadres verticaux du support de type A est devenue plus marquée, comme illustré à la photographie 5.

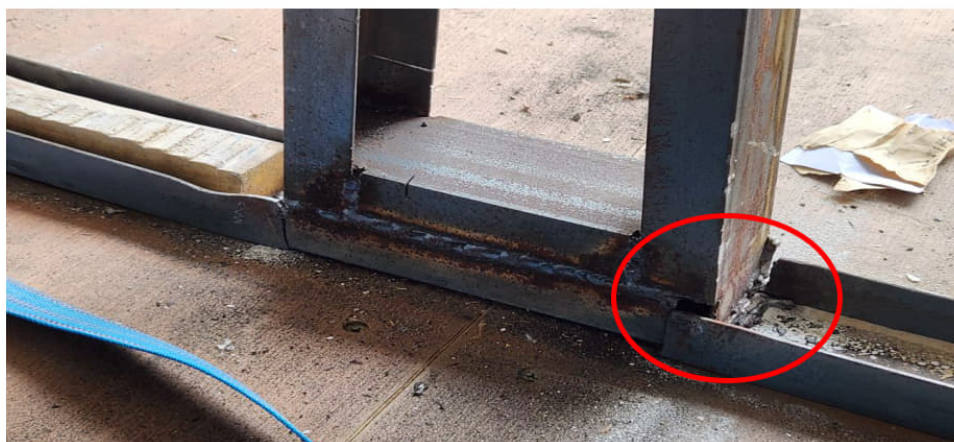


Photographie 5 : Inclinaison vers la droite des cadres verticaux du support de type A. (Source CNESST).

- Une fois le déchargement complété, l'accès à l'intérieur du conteneur a permis de constater les éléments suivants :
 - Les sections des lisses du côté gauche ont subi une rupture complète au niveau de la jonction avec les éléments verticaux du support. Cette rupture affectait l'ensemble des parois du profilé en acier de type C, soit l'âme et les ailes (voir photographies 6 et 7). Le mode de rupture était identique sur les deux sections gauches des lisses.



Photographie 6 : Rupture complète de la section de la première lisse. (Source CNESST).

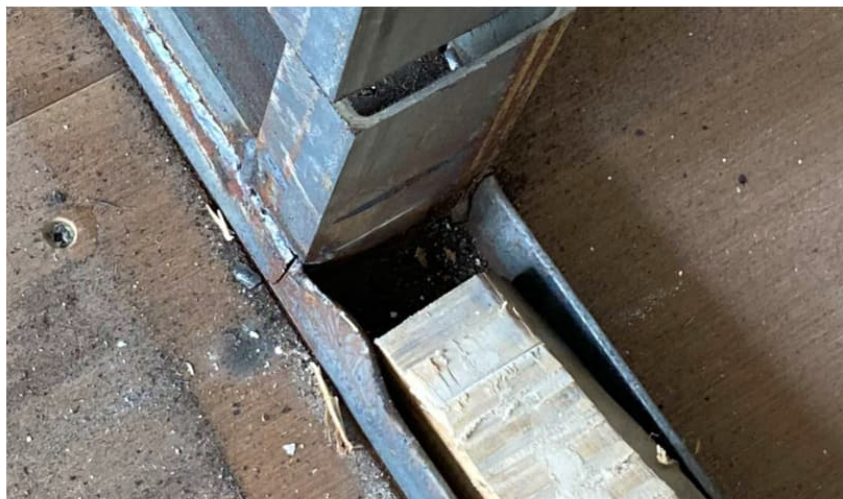


Photographie 7 : Rupture complète de la deuxième lisse (voir la partie encerclée). (Source CNESST).

- Les sections des lisses du côté droit présentait plusieurs déformations et fissures (photographies 8 et 9). Des fissures étaient visibles sur les parois verticales, et un flambage a été observé sur l'une des deux parois verticales de chaque section. Les âmes (parois inférieures) des lisses du côté droit n'ont toutefois pas subi de rupture. Encore une fois, les déformations et fissures de ce côté étaient similaires sur les deux lisses.

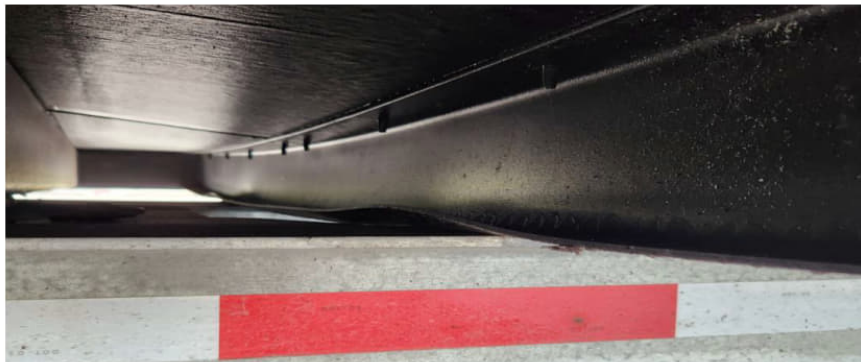


Photographie 8 : Flambage et fissuration des parois de la première lisse. (Source CNESST).



Photographie 9 : Flambage et fissuration des parois de la deuxième lisse. (Source CNESST).

- En plus des défaillances du support de type A, une déflexion excessive du plancher du conteneur a été observée à l'emplacement des lisses. Une mesure prise sur place après le déchargement des dalles indique une flèche de l'ordre de 40 mm à l'endroit des ruptures des deux sections gauches des lisses. Il est probable que la déformation réelle ait été plus importante sous l'effet des charges exercées par les dalles. Une inspection visuelle de l'extérieur du conteneur a permis de confirmer ces déformations (photographies 10 et 11).



Photographie 10 : Écrasement des ailes inférieures des traverses sous le plancher du conteneur. (Source CNESST).



Photographie 11 : Déformation excessive en flexion du plancher du conteneur sous une des deux lisses. (Source CNESST).

- En résumé, les principales défaillances observées sont les suivantes :
 - ✓ Le plancher du conteneur a subi une déflexion excessive à l'emplacement des lisses, atteignant plus de 40 mm à l'endroit des ruptures des sections gauches des lisses.
 - ✓ Les sections gauches des lisses ont subi une rupture complète du profilé en acier de type C.
 - ✓ Les sections droites des lisses ont subi une déformation excessive en compression, entraînant le flambage et des fissures des ailes du profilé en acier de type C. Les âmes n'ont pas été rompues.

- ✓ Les deux cadres verticaux du support de type A étaient inclinés vers le côté droit du conteneur, dans le même sens que le basculement des dalles.

Ces observations constituent des éléments clés pour l'analyse du basculement des dalles et seront approfondies dans la section suivante.

5 Analyse

5.1 Caractéristiques des dalles et configuration du support de type A

Les dalles impliquées dans l'accident sont des panneaux rectangulaires en quartz, dont les dimensions sont les suivantes (figure 1) :

- **Longueur** : 3220 mm
- **Largeur** : 2220 mm
- **Épaisseur** : 20 mm

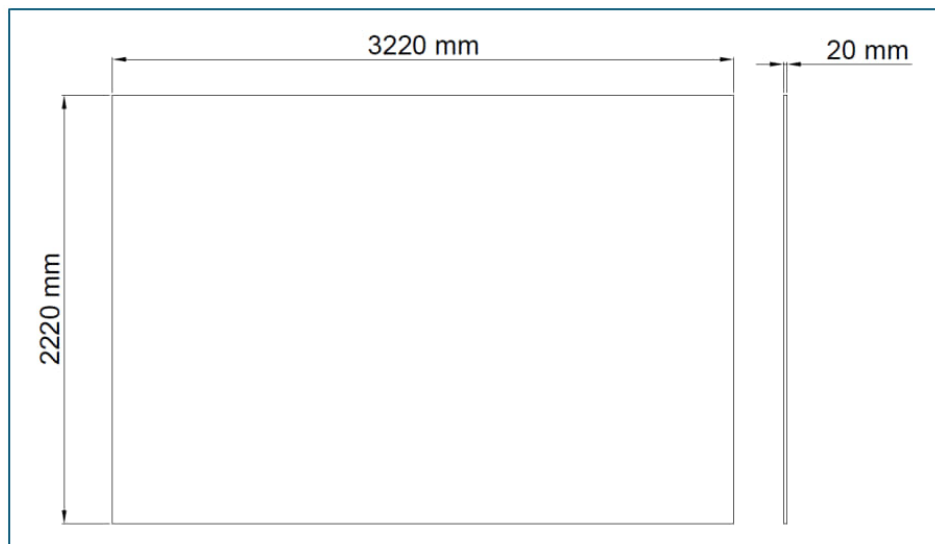


Figure 1 : Dimensions d'une dalle en quartz. (Source CNESST).

Selon les données techniques disponibles sur le site *Technical_KASA QUARTZ*, la masse volumique du quartz est de 2408 kg/m³. Le poids d'une dalle peut donc être estimé comme suit :

$$P_{\text{dalle}} = 3,22 \times 2,22 \times 0,02 \times 2408 = 344 \text{ kg} \approx 3,4 \text{ kN}$$

Au moment de l'accident, 72 dalles étaient déposées sur le support de type A, soit 36 dalles de part et d'autre des cadres verticaux. Le poids total des dalles était donc :

$$P_{\text{total}} = 72 \times 344 = 24\,768 \text{ kg} \approx 243 \text{ kN}$$

Tel que mentionné, les dalles étaient appuyées sur un support de type A, constitué de cadres verticaux en acier soudés sur deux lisses. Ces cadres servent de supports pour les dalles, et sont installés avec une inclinaison vers le côté d'appui des dalles (figure 2).

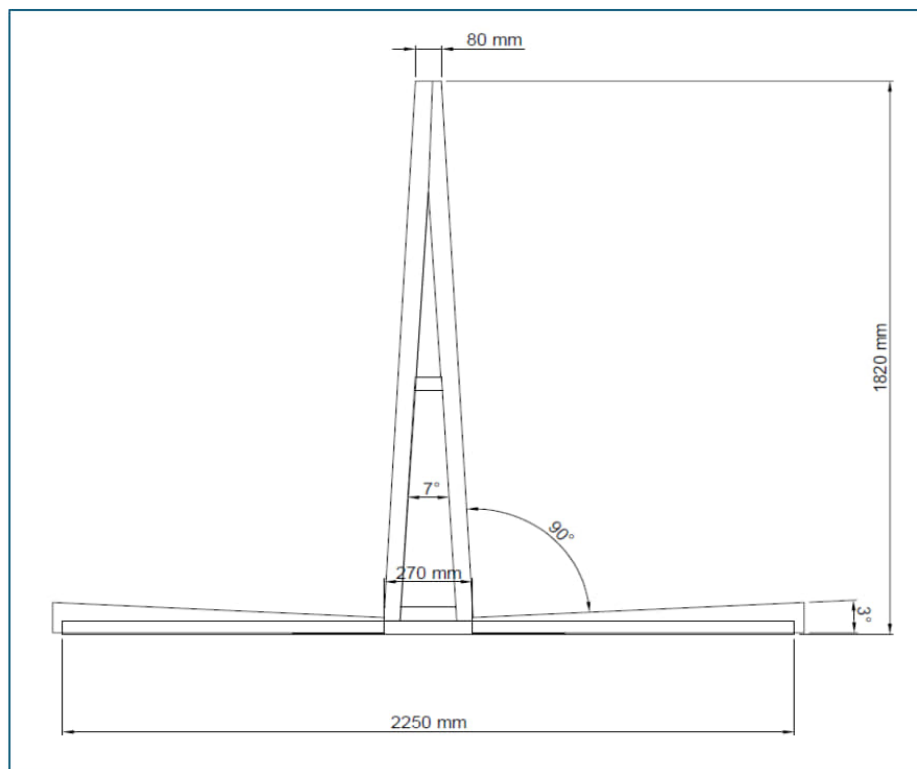


Figure 2 : Support de type A. (Source CNESST).

Les éléments du support sont fabriqués à partir de profilés en acier de type C (C channels), et sont assemblés par soudage. Des cales en bois sont insérées dans les lisses inférieures afin de créer une surface inclinée vers les cadres verticaux. La pente des cales est d'environ 3°, ce qui permet de maintenir un angle de 90° entre la surface des cales et les cadres verticaux (figure 3).

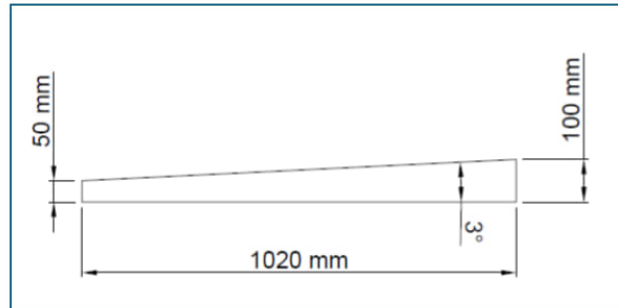


Figure 3 : Dimension d'une cale en bois. (Source CNESST).

Cette configuration vise à assurer un appui stable des dalles contre les cadres verticaux, en leur procurant une inclinaison minimale censée prévenir tout basculement.

5.2 Analyse des déformations et ruptures du support de type A

Le poids des dalles en quartz est transmis au plancher du conteneur par l'intermédiaire des lisses du support de type A. Ce transfert de charge peut être assimilé à une charge linéaire appliquée sur chaque lisse (figure 4).

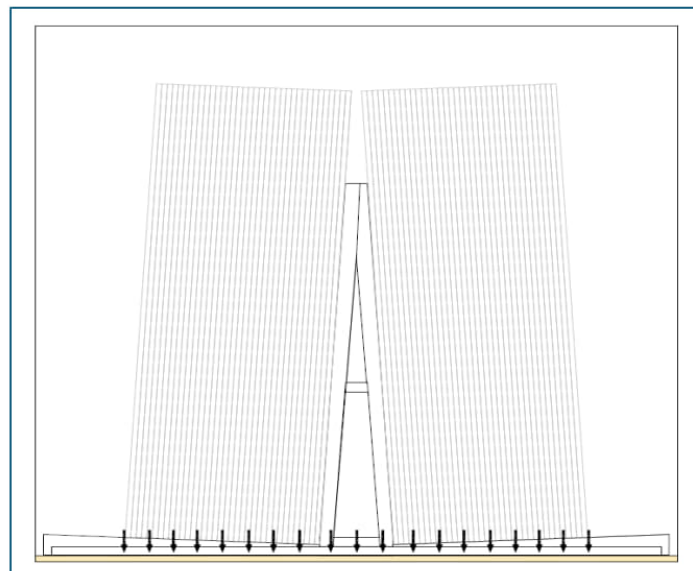


Figure 4 : charge appliquée sur le plancher du conteneur. (Source CNESST).

En considérant que le poids total des dalles est de 243 kN, et que ce poids est réparti également sur deux lisses d'une longueur de 2,25 m chacune, la charge linéaire appliquée sur chaque lisse peut être estimée comme suit :

$$\text{Charge par lisse} = \frac{243 \text{ kN}}{2} \div 2,25 \text{ m} = 54 \text{ kN/m}$$

Selon les spécifications inscrites sur le conteneur, sa charge maximale admissible (PAYLOAD) est de 28 210 kg. Bien que le poids total des dalles (24 768 kg) soit inférieur à cette limite, la répartition de cette charge sur une surface restreinte a entraîné une déflexion excessive du plancher, particulièrement sous les lisses du support de type A.

Il est à noter que le plancher du conteneur est constitué de feuilles de contreplaqué d'une épaisseur de 28 mm (photographie 12). Ce type de matériau, bien que résistant dans certaines conditions, présente une sensibilité à la flexion lorsqu'il est soumis à des charges plus concentrées et prolongées.



Photographie 12 : Épaisseur du contreplaqué du plancher du conteneur. (Source CNESST).

La déformation du plancher du conteneur sous l'effet de la charge linéaire exercée par les dalles se manifeste par une courbure (figure 5). Cette flexion modifie la répartition des réactions sous les lisses du support de type A (figure 6), ce qui n'aurait pas été observé si le plancher avait été rigide et horizontal, comme une dalle de béton.

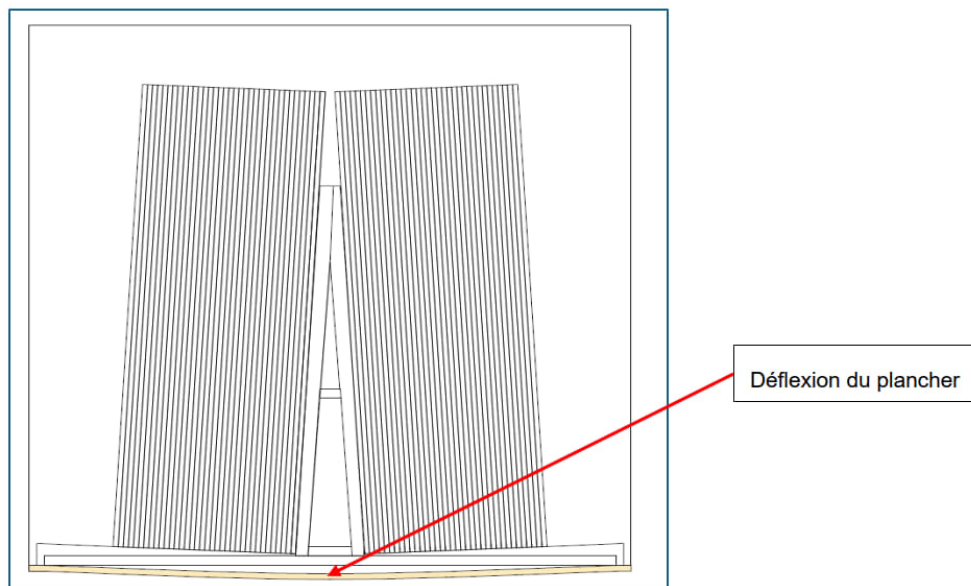


Figure 5 : Déformation du plancher du conteneur sous le poids des dalles. (Source CNESST).

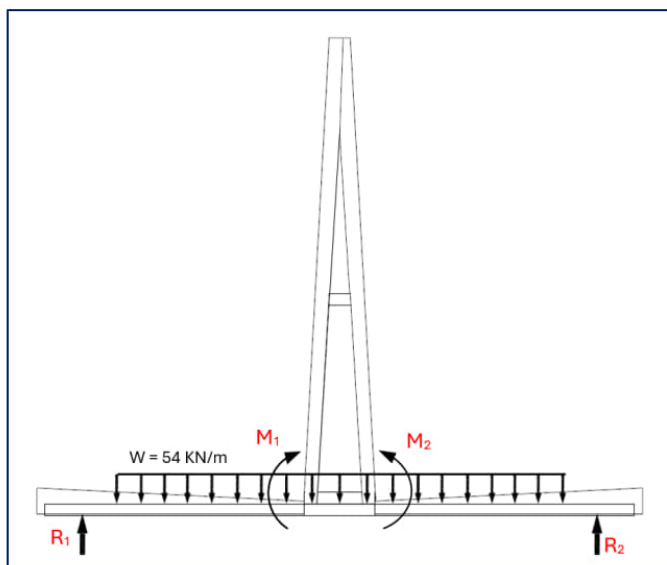


Figure 6 : Répartition modifiée des réactions sous les lisses du support métallique. (Source CNESST).

Dans des conditions normales, les lisses d'un support de type A reposant sur une surface rigide sont principalement soumises à des efforts de compression, ce qui

est généralement bien toléré par des profilés en acier de type C. Toutefois, la déformation du plancher entraîne une redistribution des charges, générant des efforts de flexion dans les lisses. Chaque lisse se comporte alors comme une poutre soumise à une charge uniformément répartie, avec un moment de flexion maximal au centre. Dans le cas présent, les montants des cadres verticaux soudés au centre des lisses (voir photographie 2) agissent comme un renforcement local, empêchant la flexion dans une zone d'environ 270 mm. Par conséquent, les zones critiques pour les efforts de flexion se situent à la jonction entre les lisses et les cadres verticaux, soit précisément là où les ruptures ont été observées.

Mécanisme de rupture :

Sous l'effet de la flexion, les fibres supérieures (les points situant au-dessus de l'axe neutre d'une poutre) des lisses sont soumises à la compression, tandis que les fibres inférieures subissent une traction (figure 7).

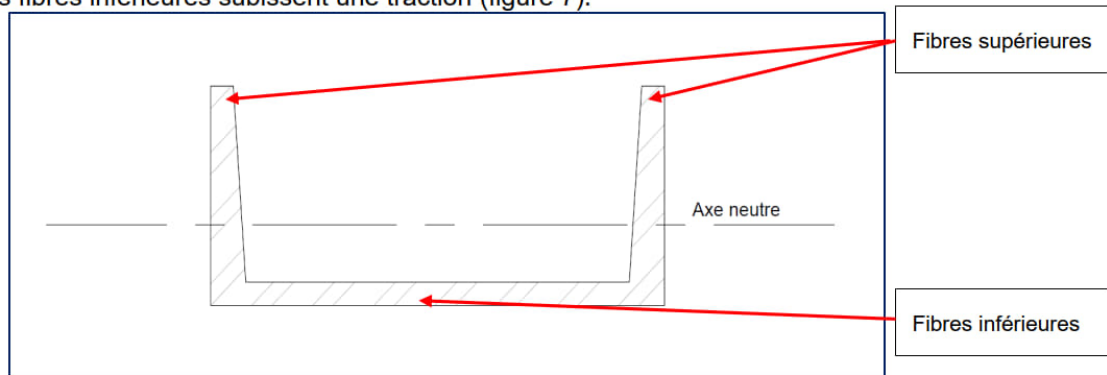


Figure 7 : Fibres inférieures et supérieures d'une section transversale d'une lisse. (Source CNESST).

Deux modes de rupture peuvent alors survenir :

1. Flambage des ailes :
L'effort de compression dans les fibres supérieures, peut entraîner un flambage si la contrainte dépasse leur capacité de résistance.
2. Rupture par traction de l'âme :
Les fibres inférieures peuvent se fracturer sous l'effet de la traction. Cette rupture peut ensuite se propager aux ailes, comme cela a été observé sur les lieux.

Deux facteurs ont probablement favorisé la rupture complète par traction :

- Absence de flambage des ailes du côté gauche des lisses, permettant à la section de développer un moment résistant plus élevé, et donc une force de traction plus importante dans l'âme.
- Déflexion du plancher mesurée à 40 mm, soit une valeur proche de la hauteur des ailes des lisses (45 mm). Cette déformation aurait pu amplifier la propagation de la rupture dans les ailes des lisses.

Il est également important de noter que le flambage et la rupture par traction ne peuvent survenir simultanément au même endroit. Le flambage empêche le développement des efforts de traction nécessaires à la rupture de l'âme.

En résumé, la déflexion excessive du plancher du conteneur a généré des efforts de flexion excessifs dans les lisses du support de type A, entraînant leur rupture aux jonctions avec les cadres verticaux. La figure 8 illustre schématiquement cette déformation.

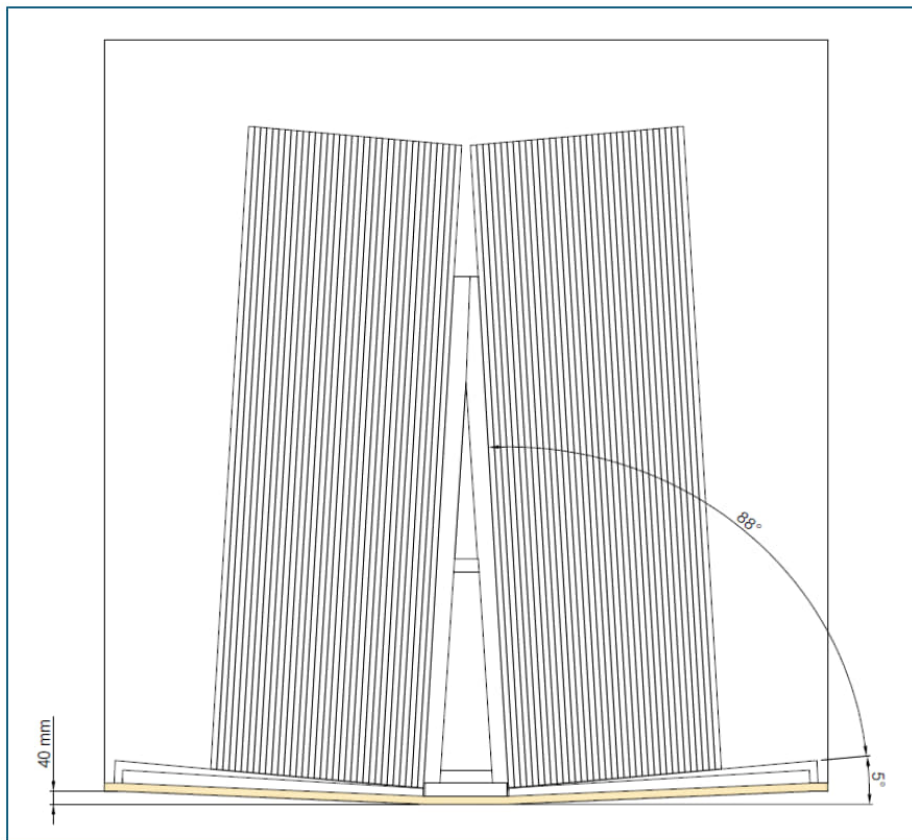


Figure 8 : Déformation d'une lisse du support de type A à la suite de sa rupture. (Source CNESST).

5.3 Conséquences de la rupture des lisses sur la stabilité du support de type A

La déformation et la rupture des lisses ont eu un impact direct sur la stabilité du support de type A, compromettant par le fait même la stabilité des dalles. Il faut mentionner que la rupture des lisses a été causée par la déformation du plancher sous l'effet de la charge, indépendamment de la présence ou non des sangles à cliquets. Ainsi, il est possible de présumer que la rupture des lisses s'est produite avant le retrait des sangles à cliquets.

Modification de l'inclinaison des surfaces d'appui(cales) :

À la suite de la déformation du plancher et des lisses, l'inclinaison des cales en bois servant d'appui aux dalles est passée de 3° à 5° par rapport à l'horizontale (figure 9). Cette modification a réduit l'angle entre les cadres verticaux et les surfaces d'appui à 88°, alors qu'il était initialement de 90°. Ce changement a entraîné une augmentation des forces de réaction aux points de contact entre les dalles et les cadres verticaux.

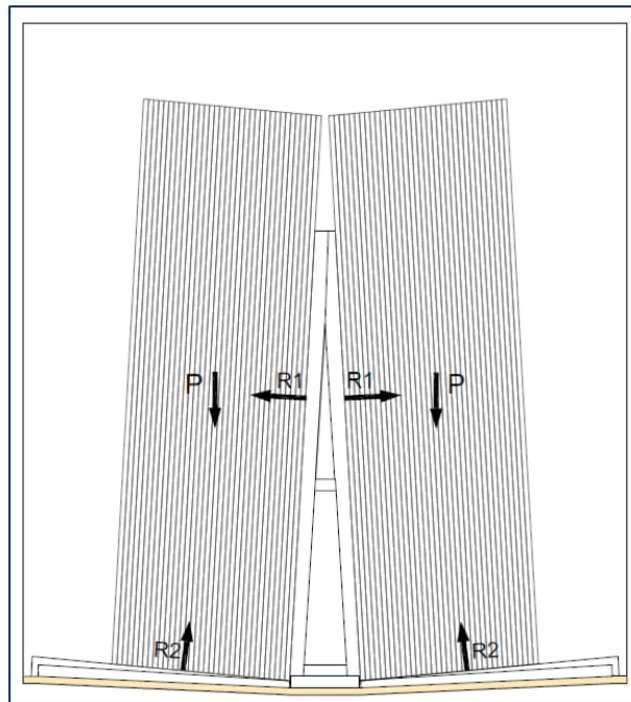


Figure 9 : Réactions sur les surfaces d'appui des dalles. (Source CNESST).

Les calculs suivants illustrent cette variation :

- Avant la déformation (inclinaison de 3°) :

$$\bullet R_1 = P \cdot \sin(3^\circ) = 36 \cdot 344 \cdot 9,8 \cdot 0,0523 \approx 6,3 \text{ kN}$$

$$\bullet R_2 = P \cdot \cos(3^\circ) = 36 \cdot 344 \cdot 9,8 \cdot 0,9986 \approx 121,2 \text{ kN}$$

- Après la déformation (inclinaison de 5°) :

$$\bullet R_1 = P \cdot \sin(5^\circ) = 36 \cdot 344 \cdot 9,8 \cdot 0,0872 \approx 10,5 \text{ kN}$$

$$\bullet R_2 = P \cdot \cos(5^\circ) = 36 \cdot 344 \cdot 9,8 \cdot 0,9962 \approx 120,9 \text{ kN}$$

La différence de 4,2 kN dans la force de réaction R1 représente une poussée supplémentaire sur les dalles de chaque côté, augmentant le risque de basculement, particulièrement pour celles situées aux extrémités de chaque côté du support en A.

Rôle des sangles à cliquets

Dans le cas présent, deux sangles à cliquets avaient été installées à la verticale pour retenir les dalles. Cette poussée accrue sur les dalles a augmenté la tension dans les sangles à cliquets. En cas de relâchement (rupture ou retrait volontaire des sangles à cliquets), les dalles pouvaient basculer de chaque côté du support. En revanche, aucun basculement des dalles ne peut survenir lorsque les sangles à cliquets sont en place, même en cas de déformation ou rupture des lisses.

Effet de la rupture des lisses sur la rotation des cadres

La rupture complète des lisses du côté gauche a permis une rotation des cadres verticaux sous l'effet des forces exercées par les dalles.

La comparaison des moments autour du point de rupture (point A sur la figure 10) donne :

- Moment causé par les dalles à gauche au point A est égale à $F \cdot D$
- Moment causé par les dalles à droite au point A: $F \cdot d = F \cdot D \cdot \cos(6^\circ)$.

Puisque le moment de force causé par les dalles de droite est inférieur à celui causé par les dalles de gauche ($F \cdot D \cdot \cos(6^\circ) < F \cdot D$), une rotation vers la droite des cadres verticaux s'est produite.

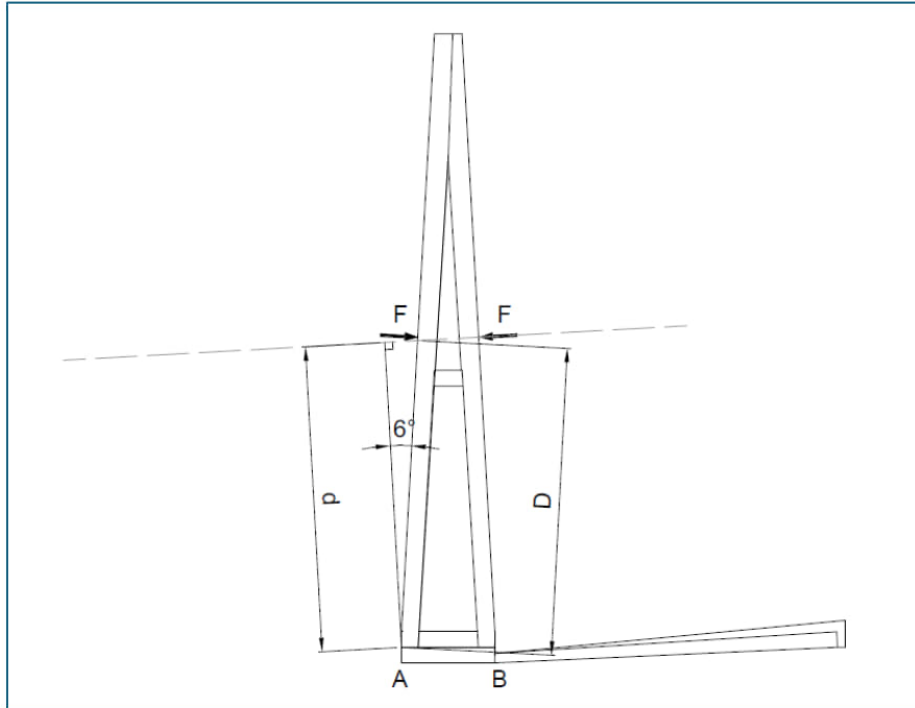


Figure 10 : Bras de levier des moments de chaque côté des cadres verticaux après la rupture au point A. (Source CNESST).

Déséquilibre des efforts internes

Un autre facteur ayant contribué à cette rotation est le déséquilibre des efforts internes dans les lisses aux points A et B. Le moment au point A, ayant causé une rupture en traction, était plus élevé que celui au point B, où un flambage des parois latérales a limité le développement de tel moment. Ce déséquilibre a favorisé une rupture complète au point A, accentuant la rotation.

Conséquences sur la stabilité des dalles

La rotation des cadres verticaux a modifié l'angle entre ceux-ci et les cales (figure 11), entraînant deux effets :

1. Côté droit : L'angle est devenu inférieur à 90° , rendant les dalles instables. Il faut mentionner que la condition nécessaire pour maintenir les dalles appuyées sur les cadres verticaux, est que l'angle entre ces derniers et la surface des cales doit être supérieur ou égale à 90° . Au moment de

l'accident, cette condition n'était pas assurée, par conséquent le basculement des dalles était inévitable.

2. Côté gauche : L'angle a augmenté, ce qui permet d'empêcher le basculement des dalles. Et ce, malgré la rupture des lisses sur ce côté. Ainsi, les dalles demeurent appuyées sur les cadres verticaux.

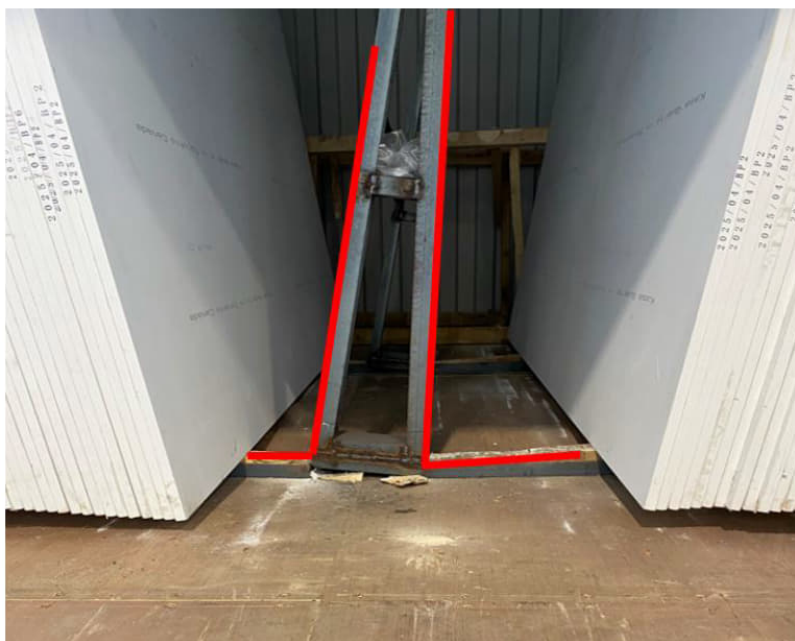


Figure 11 : Angles entre les cadres verticaux et les surfaces des cales. (Source CNESST).

Déclenchement du basculement

La retrait des sangles à cliquets a été suffisant pour déclencher le basculement des dalles du côté droit, tel qu'observé lors de l'accident.

6 Conclusion

L'analyse des déformations et ruptures observées sur le support de type A et sur le plancher du conteneur, permet de conclure que le basculement des dalles sur le côté droit du conteneur résulte de la combinaison de plusieurs facteurs :

- La déflexion excessive du plancher du conteneur a généré des efforts de flexion dans les lisses du support de type A, dépassant leur capacité de résistance.

- Ces efforts ont conduit à la déformation des lisses modifiant les forces de réaction au niveau des cadres verticaux. En l'absence ou lors du retrait des sangles à cliquets, cette situation aurait pu entraîner le basculement des dalles de chaque côté du support de type A.
- Toutefois, la rupture des lisses du côté gauche a permis une rotation des cadres verticaux vers la droite.
- Cette rotation a modifié l'angle entre les cadres verticaux et les surfaces des cales en bois :
 - Du côté droit, l'angle est devenu inférieur à 90°, compromettant la stabilité des dalles et rendant leur basculement inévitable.
 - Du côté gauche, l'angle est devenu supérieur à 90°, ce qui permet d'empêcher le basculement des dalles, malgré la rupture des lisses. Ainsi, les dalles demeurent appuyées sur les cadres verticaux.

En somme, le retrait des sangles à cliquets, combiné à la déformation du plancher, et la rupture des lisses ainsi qu'à la rotation des cadres verticaux, a créé les conditions propices au basculement des dalles sur le côté droit du conteneur.

7 Références

- ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. Règles de calcul et construction des charpentes en acier, (CSA S16:24).
- ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. Règles de calcul des charpentes en bois, (CSA O86:24).
- G.L. KULAK, GRONDIN G.Y., Limit States Design in Structural Steel, ICCA Institut Canadien de la Construction en Acier. 11^{ème} Édition, 440 p.
- Norme Internationale ISO 1496-1 : Conteneurs de la série 1 – Spécifications et essais – Partie 1 : Conteneurs d'usage général pour marchandises diverses

Liste des photographies :

Photographie 1 : Position des dalles en quartz au début du déchargement. (Source CNESST).	6
Photographie 2 : Exemple du support de type A. (Source CNESST).	7
Photographie 3 : Rupture d'une lisse sur le côté gauche du support en A (Source CNESST).	8
Photographie 4 : Rupture de la lisse 2 sur le côté gauche du support en A (Source CNESST).	8
Photographie 5 : Inclinaison vers la droite des cadres verticaux du support de type A. (Source CNESST).	9
Photographie 6 : Rupture complète de la section de la première lisse. (Source CNESST).	10
Photographie 7 : Rupture complète de la deuxième lisse (voir la partie encerclée). (Source CNESST).	10
Photographie 8 : Flambage et fissuration des parois de la première lisse. (Source CNESST).	11
Photographie 9 : Flambage et fissuration des parois de la deuxième lisse. (Source CNESST).	11
Photographie 10 : Écrasement des ailes inférieures des traverses sous le plancher du conteneur. (Source CNESST).	12
Photographie 11 : Déformation excessive en flexion du plancher du conteneur sous une des deux lisses. (Source CNESST).	12
Photographie 12 : Épaisseur du contreplaqué du plancher du conteneur. (Source CNESST).	16

Liste des figures :

Figure 1 : Dimensions d'une dalle en quartz. (Source CNESST).	13
Figure 2 : Support de type A. (Source CNESST).	14
Figure 3 : Dimension d'une cale en bois. (Source CNESST).	15
Figure 4 : charge appliquée sur le plancher du conteneur. (Source CNESST).	15
Figure 5 : Déformation du plancher du conteneur sous le poids des dalles. (Source CNESST).	17
Figure 6 : Répartition modifiée des réactions sous les lisses du support métallique. (Source CNESST).	17
Figure 7 : Fibres inférieures et supérieures d'une section transversale d'une lisse. (Source CNESST).	18
Figure 8 : Déformation d'une lisse du support de type A à la suite de sa rupture. (Source CNESST).	19
Figure 9 : Réactions sur les surfaces d'appui des dalles. (Source CNESST).	20
Figure 10 : Bras de levier des moments de chaque côté des cadres verticaux après la rupture au point A. (Source CNESST).	22
Figure 11 : Angles entre les cadres verticaux et les surfaces des cales. (Source CNESST).	23

ANNEXE C-Références bibliographiques

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 1^{er} septembre 2025, [En ligne], 2025. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/s-2.1>] (Consulté le 17 novembre 2025).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Conteneurs de la série 1 : spécifications et essais. Partie 1, conteneurs d'usage général pour marchandises diverses*, Genève, ISO, 2013, 31 pages. (ISO :1 496-1).

ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL ET NATIONS UNIES. *Code de bonnes pratiques OMI/OIT/CEE-ONU pour le chargement des cargaisons dans des engins de transports (Code CTU)*, Genève, Organisation maritime internationale, Organisation internationale du travail et Nations Unies, 2016, 154 p. [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_dialogue/%40sector/documents/publication/wcms_507116.pdf].

WORKSAFE VICTORIA. « Safely unloading stone slabs and other large heavy items from A-Frames », [En ligne], 13 mai 2025. [<https://www.worksafe.vic.gov.au/safely-unloading-stone-slabs-and-other-large-heavy-items-frames>] (8 janvier 2026).