

EN004337**RAPPORT D'ENQUÊTE**

**Accident ayant causé la mort [REDACTED] de l'entreprise
Les entreprises AJ Dupuis (12169223 Canada inc.) sur le chantier de
construction situé au [REDACTED] à Gracefield, le 23
juillet 2021**

**Service de prévention/inspection - Outaouais
Direction de la prévention/inspection – Nord et Ouest**

**Inspecteur/Inspectrice : _____
Martin Bergeron,
inspecteur**

**Inspecteur/Inspectrice : _____
Geneviève Cadotte,
inspectrice**

Date du rapport : 24 mai 2022

Rapport distribué à :

- Monsieur Corey Hall, représentant du maître d'oeuvre, Pro-Core (8182329 Canada inc)
- Monsieur Vincent Dambremont, employeur, Les entreprises Lemont (9143777 Canada inc.)
- Madame Annie Charron, employeur, Les entreprises AJ Dupuis (12169223 Canada inc.)
- Maître Johanne Lachapelle, coroner
- D^{re} Brigitte Pinard, directrice de la santé publique par interim
- Confédération des Syndicats Démocratiques (C.S.D. Construction)
- Fédération des Travailleurs et Travailleuses du Québec (F.T.Q. Construction)
- Confédération des Syndicats Nationaux (C.S.N. Construction)
- Syndicat Québécois de la Construction (S.Q.C.)
- Conseil Provincial du Québec des Métiers de la Construction (International) (C.P.Q.M.C.I.)

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	<u>4</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT OU DU CHANTIER	4
2.1.1	MAÎTRISE D'ŒUVRE	4
2.1.2	SOUS-TRAITANTS	4
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	5
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	5
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	5
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>6</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	6
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	8
<u>4</u>	<u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u>	<u>9</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	9
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	11
4.2.1	FORMATION ET EXPÉRIENCE	11
4.2.2	ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE	12
4.2.3	MÉTHODES DE TRAVAIL UTILISÉES	12
4.2.4	OBSERVATIONS SUR LA SCÈNE DE L'ACCIDENT	15
4.2.5	INFORMATIONS SUR LA CHARGEUSE COMPACTE CHENILLÉE JOHN DEERE 333G	19
4.2.6	INFORMATIONS SUR LA CHARGEUSE COMPACTE CHENILLÉE BOBCAT T450	19
4.2.7	INFORMATIONS SUR LA CONCEPTION DES TOURS DE CAISSONS EN PIÈCES DE BOIS	20
4.2.8	INFORMATIONS SUR LES PIÈCES DE BOIS UTILISÉES POUR L'ASSEMBLAGE DES TOURS DE CAISSONS	21
4.2.9	INFORMATIONS SUR LA CLASSIFICATION DU BOIS	21
4.2.10	ÉVALUATION DE LA RÉSISTANCE DES PIÈCES DE BOIS AUX APPUIS	22
4.2.11	INFORMATIONS SUR LE SYSTÈME HYDRAULIQUE	22
4.2.12	LOIS, ORDRE ET AUTRE DOCUMENT	24
4.2.12.1	Ordre des ingénieurs du Québec	24
4.2.12.2	<i>Loi sur la santé et la sécurité du travail</i>	25
4.2.12.3	Autre document utilisé lors de l'enquête	25
	Workers Compensation Act - Occupational Health and Safety Guidelines	25
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	27
4.3.1	AU MOMENT OÙ LES TRAVAILLEURS SE PRÉPARENT À REDESCENDRE LA MAISON, SOUS L'EFFET D'UN DÉBALANCEMENT DES CHARGES, LES APPUIS DU VÉRIN HYDRAULIQUE (A) CÈDENT, CE QUI PROVOQUE L'EFFONDREMENT DE LA TOUR DE CAISSONS EN PIÈCES	

DE BOIS (A) ET UN MOUVEMENT DES POUTRES DE LEVAGE. CELA ENTRAÎNE L'AFFAISSEMENT DE L'ARRIÈRE DU BÂTIMENT JUSQU'AU SOL. ALORS QUE LE LA TOUR DE CAISSONS EN PIÈCES DE BOIS (B) S'EFFONDRE À SON TOUR, UNE COMPOSANTE DE CE SYSTÈME DE LEVAGE HEURTE [REDACTED] À LA TÊTE. 27

4.3.2 LA MÉTHODE DE TRAVAIL UTILISÉE POUR SOULEVER ET REDESCENDRE LA MAISON EST IMPROVISÉE, NOTAMMENT PARCE QUE LES CHARGES À SOULEVER ET LA CAPACITÉ DU SYSTÈME DE LEVAGE SONT INCONNUES 27

5 CONCLUSION 30

5.1 CAUSES DE L'ACCIDENT	30
5.2 AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	30
5.3 RECOMMANDATIONS ET SUIVIS	30

ANNEXES

ANNEXE A :	Liste des accidentés / Accidenté	32
ANNEXE B :	Liste des témoins et autres personnes rencontrées	33
ANNEXE C :	Rapport d'expertise	34
ANNEXE D :	Références bibliographiques	99

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

Le 23 juillet 2021, des travailleurs sur un chantier de construction s'affairent à redescendre un bâtiment afin de le déposer sur des pieux servant de fondations. Le bâtiment, qui avait été préalablement soulevé, repose sur quatre tours de caissons en pièces de bois. Le retrait des composantes des tours de caissons se fait de haut en bas, de manière successive, deux étages de pièces de bois à la fois. Pour ce faire, quatre vérins hydrauliques, positionnés chacun à l'intérieur des tours de caissons, sont utilisés. Chacun des vérins repose sur deux pièces d'appui qui sont insérées à l'intérieur de la tour de caissons et qui sont supportées par celle-ci à leurs extrémités uniquement. Des travailleurs sont positionnés à chacune des tours de caissons afin de retirer les étages de bois au moment opportun.

Au moment de l'accident, monsieur ^A est positionné près de la tour de caissons nord-ouest et attend que le soulèvement du bâtiment soit suffisant pour permettre le retrait des pièces de bois. Soudainement, les deux pièces d'appui du vérin, situées dans la tour de caissons nord-est, cèdent, entraînant la chute du coin nord-est du bâtiment puis l'affaissement jusqu'au sol du coin nord-ouest du bâtiment. Des composantes du système de levage du coin nord-ouest sont alors projetées en direction de monsieur ^A (ci-après nommé « ^A »).

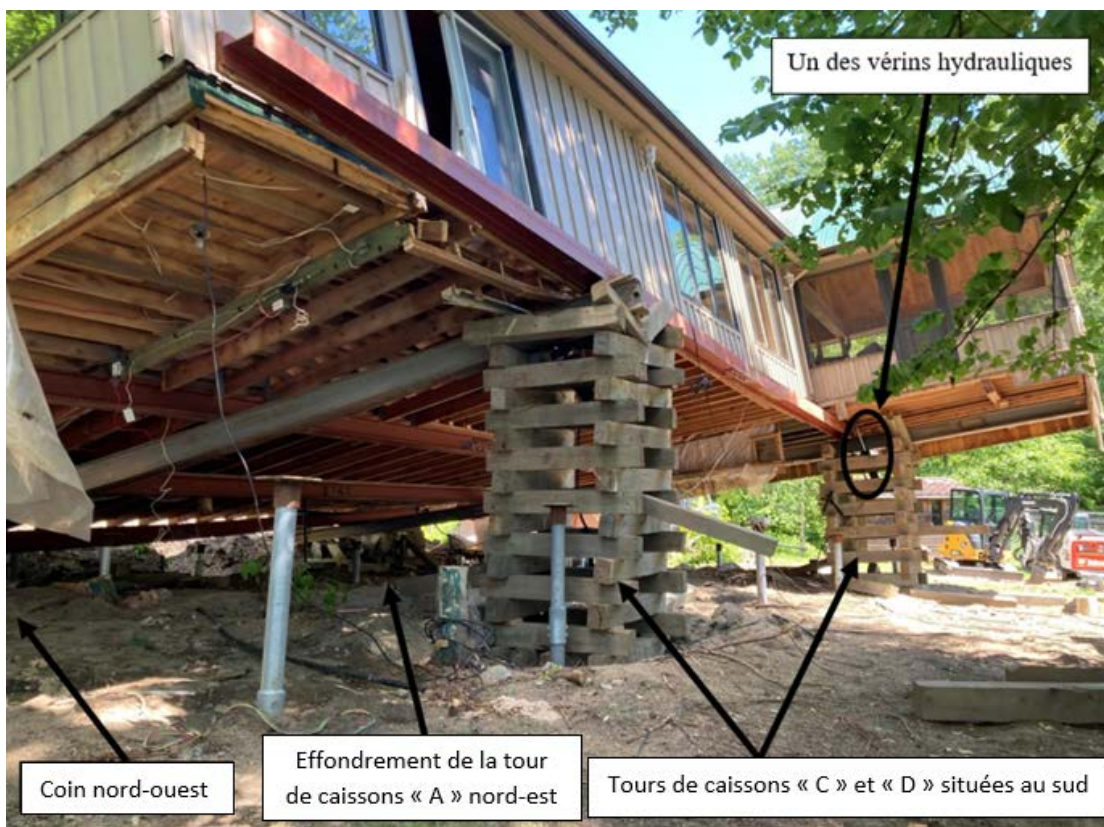


Figure #1 : Scène de l'accident à l'arrivée de la CNESST

Source : CNESST

Conséquences

A est frappé à la tête par une des composantes du système de levage du coin nord-ouest du bâtiment et décède des suites de ses blessures.

Abrégé des causes

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

- Au moment où les travailleurs se préparent à redescendre le bâtiment, sous l'effet d'un débalancement des charges, les appuis du vérin hydraulique (A) cèdent, ce qui provoque l'effondrement de la tour de caissons en pièces de bois (A) et un mouvement des poutres de levage. Cela entraîne l'affaissement de l'arrière du bâtiment jusqu'au sol. Alors que la tour de caissons en pièces de bois (B) s'effondre à son tour, une composante de ce système de levage heurte A à la tête.
- La méthode de travail utilisée pour soulever et redescendre le bâtiment est improvisée, notamment parce que les charges à soulever et la capacité du système de levage sont inconnues.

Mesures correctives

Le 23 juillet 2021, les inspecteurs de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et sécurité du travail (CNESST) se rendent au à Gracefield. Ils ordonnent l'arrêt de l'ensemble des travaux sur le chantier. L'accès à la zone des travaux est interdit.

Le maître d'œuvre et l'employeur doivent soumettre un plan de stabilisation du bâtiment ainsi qu'une méthode de travail sécuritaire signés et scellés par un ingénieur et obtenir, avant le début des travaux, une attestation de conformité signée et scellée par l'ingénieur une fois les préparatifs complétés.

Le 23 août 2021, un plan de démolition et une méthode de travail signés et scellés par un ingénieur sont soumis à la CNESST. Le 24 août 2021, la CNESST autorise la démolition du bâtiment. Les travaux et l'accès à la zone des travaux pour des raisons autres que la démolition du bâtiment demeurent interdits.

La démolition du bâtiment est effectuée les 26 et 27 octobre 2021. À la suite de la démolition complète du bâtiment, une décision autorisant la reprise de tous types de travaux ainsi que l'accès à la zone des travaux est émise le 27 octobre 2021.

Le 27 octobre 2021, toutes les composantes du système de levage hydraulique ayant servi au levage du bâtiment, situé au à Gracefield, sont saisies par les inspecteurs.

Le 27 octobre 2021, l'utilisation de toutes les composantes du système de levage hydraulique ayant servi au levage du bâtiment, situé au à Gracefield, est interdite.

Les entreprises propriétaires de l'équipement doivent faire inspecter toutes les composantes du système de levage par une personne compétente et obtenir un certificat de conformité. En cas de réparation, ces

composantes doivent faire l'objet d'un certificat signé par une personne compétente attestant que la sécurité de l'équipement est aussi grande qu'à l'état neuf.

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 ou du chantier****2.1.1 Maîtrise d'œuvre**

■■■■■ retiennent les services de l'entreprise Pro-Core (8182329 Canada Inc.) pour assurer la maîtrise d'œuvre et la réalisation des travaux sur le chantier.

Le siège social de Pro-Core est situé au 1926, route 148 à Lusville. L'entreprise est dans le secteur d'activité *Autres services commerciaux et personnels* et se spécialise dans l'imperméabilisation de fondations, les travaux structuraux résidentiels, l'installation de pieux, le paysagement et le déneigement.

Pro-Core est dans les affaires depuis 2010 et emploie environ ■■■■ travailleurs. La supervision des travaux et des travailleurs est principalement assurée par l'administrateur de l'entreprise.

Pro-Core retient les services des Entreprises Lemont (9143777 Canada Inc.) afin d'effectuer une portion des travaux dont le soulèvement du bâtiment.

Les entreprises Lemont (9143777 Canada Inc.) engagent la compagnie Les entreprises AJ Dupuis (12169223 Canada Inc.) afin de l'assister dans une portion des travaux dont le soulèvement du bâtiment.

Le 23 juillet 2021, Pro-Core, Les entreprises Lemont et Les entreprises AJ Dupuis sont présentes sur le chantier.

2.1.2 Sous-traitants

Les entreprises Lemont sont dans le secteur d'activité *Bâtiment et travaux publics* et se spécialisent dans l'imperméabilisation de fondations, l'excavation ainsi que dans la démolition et le soulèvement de bâtiments. L'entreprise, située au 661 Montée Dambremont à Lochaber, emploie ■■■■ travailleurs.

Les entreprises AJ Dupuis sont dans le secteur d'activité *Bâtiment et travaux publics* et se spécialisent dans la construction résidentielle, plus spécifiquement au niveau des travaux de charpente. L'entreprise, située au 152 rue Henri-Bourassa à Papineauville, emploie [REDACTED] travailleurs.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Pour un chantier de cette envergure, le Code de sécurité pour les travaux de construction n'exige pas la constitution d'un comité de chantier ni la présence d'un agent de sécurité. L'entreprise Pro-Core, maître d'œuvre, [REDACTED].

Des discussions avec les différents sous-traitants et les travailleurs ont lieu au début de la journée de travail afin de coordonner les travaux lorsque de nouvelles tâches doivent être effectuées. Lors de ces discussions, les risques inhérents au travail et les mesures de sécurité à prendre sont abordés. Les travailleurs sont invités à signaler toute situation qu'ils jugent à risque.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Aucun programme de prévention spécifique au chantier n'a été élaboré par le maître d'œuvre.

Aucune des entreprises présentes sur le chantier le jour de l'accident, soit Pro-Core, Les entreprises Lemont et Les entreprises AJ Dupuis, ne met en application un programme de prévention spécifique à leurs activités, contrairement à l'article 58 de *la Loi sur la santé et la sécurité du travail*, puisqu'un tel programme n'a pas été élaboré au sein de ces entreprises.

Aucun des travailleurs présents sur le chantier le jour de l'accident n'a suivi le cours *Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction*, contrairement à l'article 2.4.2(i) du *Code de sécurité pour les travaux de construction*.

La formation des travailleurs se résume aux directives verbales données par les employeurs et le maître d'œuvre avant d'effectuer une tâche.

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

Le chantier de construction se situe sur un terrain résidentiel situé au [REDACTED] à Gracefield.

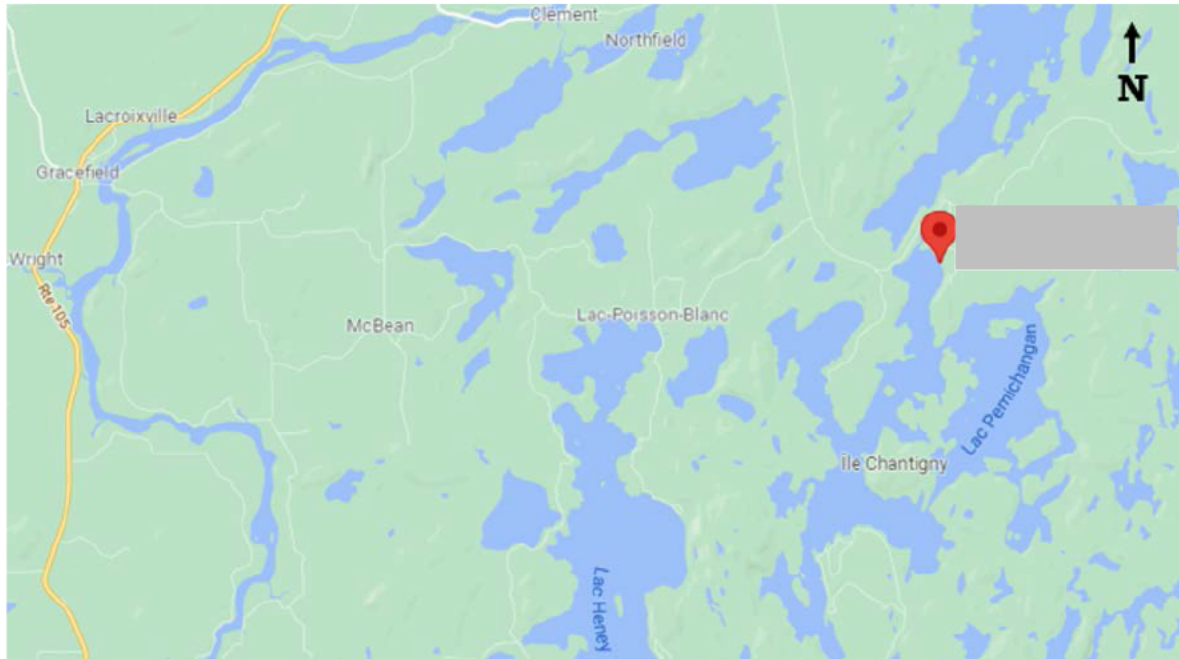


Fig. #2 : *Vue aérienne du lieu de l'accident*
Source : Google Maps, modifiée par la CNESST

Le terrain est d'une superficie de 5 591m² et se situe en bordure du lac Pemichangan.

Le bâtiment d'un étage ayant superficie de 184,4 m² est orienté en longueur dans un axe est-ouest faisant face au sud. Le bâtiment présente deux rallonges : une rallonge latérale située sur la façade est à l'arrière du bâtiment et une rallonge frontale située sur la façade sud du bâtiment dans le coin est. Cette dernière rallonge fait office de véranda.



Fig. #3: Plan du site (non à l'échelle)
Source : CNESST

Le tableau 1 résume les dimensions approximatives des différentes sections du bâtiment.

Tableau 1 : Dimensions approximatives du bâtiment (m)

Sections du bâtiment	Largeur	Profondeur
Bâtiment principal	16,3 m	10,5 m
Rallonge latérale	3,0 m	4,9 m
Rallonge frontale	4,0 m	4,1 m

Fig. #4: Dimensions approximatives
Source : CNESST

Lors de l'accident, le bâtiment est surélevé à l'aide de quatre tours de caissons en pièces de bois et se situe au-dessus des pieux qui serviront de fondations.

3.2 Description du travail à effectuer

Les travaux à effectuer sur le chantier, situé au [REDACTED] à Gracefield, consistent à remplacer les assises d'origine par des pieux installés sous le bâtiment qui serviront de fondations. Pour ce faire, le bâtiment est soulevé afin de permettre leur installation. Le jour de l'accident, l'installation des pieux est complétée et les travailleurs s'affairent à redescendre le bâtiment afin de le déposer sur les pieux.

SECTION 4**4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE****4.1 Chronologie de l'accident**

Les travaux d'installation de trois poutres d'acier sur la structure sous le bâtiment ont débuté en juin 2020. Puis, les travaux ont été reportés à l'été 2021. Vers la fin juin / début juillet 2021, la quatrième poutre permanente a été installée sous le bâtiment. Ces poutres étaient présentes avant de débiter le levage du bâtiment.

Dans les jours précédant l'accident, les préparatifs permettant de déposer le bâtiment sur des pieux vissés sont effectués. Lors de ces préparatifs, six excavations sont creusées afin de permettre la mise en place de six tours de caissons de levage. Le jour du soulèvement, à la suite d'une discussion entre les différents entrepreneurs, il est décidé que quatre tours de caissons en pièces de bois et quatre vérins hydrauliques seraient installés au lieu des six initialement prévus. Le levage du bâtiment s'est effectué le lundi 19 juillet 2021. La consigne était donnée aux travailleurs que lorsqu'ils entendaient un craquement au niveau des pièces d'appui, ils devaient les remplacer. À quelques reprises, les travailleurs ont remplacé des pièces d'appui lors du soulèvement.

Le matin du 23 juillet 2021, l'équipe de l'entreprise Pro-Core arrive aux alentours de 8h00 sur le chantier. Monsieur Corey Hall et ses travailleurs s'affairent au nettoyage autour et sous le bâtiment afin de ne pas nuire lors de l'étape de la descente. D'autres tâches sont effectuées également avant le début de la descente.

Les entreprises Lemont ainsi que Les entreprises AJ Dupuis arrivent vers 8h45 sur le chantier. Les travailleurs raccordent les boyaux hydrauliques des vérins au panneau de contrôle.

Avant de commencer la descente du bâtiment, toutes les personnes présentes se réunissent afin de discuter des étapes à suivre lors de la descente. Durant cette réunion, le positionnement de chacun est mentionné également :

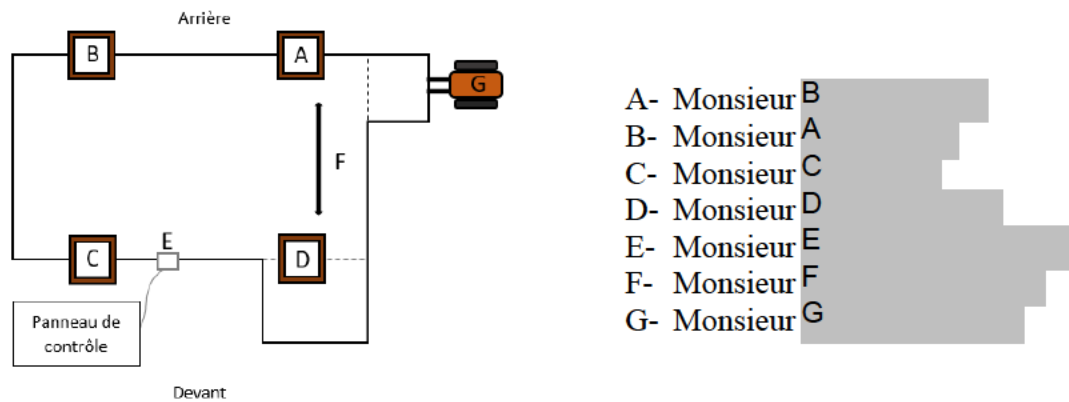


Fig. #5: Positionnement des travailleurs avant la descente
Source : CNESST

Les travaux débutent vers 8h55. Monsieur E, aux commandes du panneau de contrôle, effectue une levée de la structure avec l'aide des quatre vérins hydrauliques simultanément afin de retirer le premier étage des tours de caissons en pièces de bois, soit les quatre premières pièces de bois de 15,24 cm x 20,32 cm (6'' x 8'') sur chacune des tours de caissons.

Pendant ce temps, monsieur G, aux commandes de la chargeuse compacte chenillée munie de fourches, s'assure de retenir la rallonge latérale, tout en suivant les mouvements de la structure.

Vers 9h00, lors de la descente du bâtiment afin de le déposer sur le prochain rang de pièces en bois des quatre tours de caissons de levage, un craquement est entendu dans la tour de caissons « D », suivi par un bruit sourd venant de la tour de caissons « A ». Le bâtiment s'affaisse du côté nord-est. Les deux poutres en acier de levage se déplacent vers le nord-ouest. Tout l'arrière du bâtiment se retrouve au sol. Monsieur A, se trouvant près de la tour de caissons « B », est frappé à la tête par un objet faisant partie du système de levage.

L'appel au 911 est fait à 9h05. Les services d'urgence arrivent sur le chantier. Monsieur A est transporté au centre hospitalier où son décès est constaté.

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Formation et expérience

Monsieur ^A est de l'entreprise en construction . La compagnie se nomme Les entreprises AJ Dupuis (12169223 Canada inc.) depuis 2020. Plusieurs cours ont été suivis par monsieur ^A dont santé et sécurité générale sur les chantiers de construction (ASP construction), sécurité lors de travaux d'enlèvement de l'amiante, travaux en hauteur, utilisation d'une plate-forme élévatrice et secourisme en milieu de travail.

Monsieur ^A possède plusieurs expériences de travail . Il possède également le certificat de compétence compagnon du métier de charpentier-menuisier.

Monsieur Vincent Dambremont est propriétaire des Entreprises Lemont (9143777 Canada Inc.) depuis 2015.

Monsieur ^E possède plusieurs expériences de travail .

Monsieur Corey Hall est le propriétaire de Pro-Core (8182329 Canada Inc.) depuis environ 10 ans.

Monsieur ^C possède plusieurs expériences de travail .

Selon les informations obtenues, monsieur ^A et monsieur ^E en étaient à leur troisième soulèvement d'un bâtiment. Lors de l'achat commun du système hydraulique à un particulier, ce dernier les aurait informés verbalement de la procédure à suivre pour le soulèvement d'un bâtiment. L'apprentissage aurait été effectué également sur Internet par l'entremise de vidéos sur YouTube.

Monsieur ^C, quant à lui, participait à son troisième ou quatrième soulèvement de bâtiment. Monsieur ^C n'a jamais procédé lui-même au soulèvement d'un bâtiment. Lorsque les travaux sur ses chantiers le requièrent, il engage des compagnies en soulèvement d'un bâtiment pour le faire.

4.2.2 Équipements de protection individuelle

Le *Code de sécurité pour les travaux de construction* spécifie les exigences réglementaires en matière d'équipements de protection individuelle (ÉPI). Minimalement, les ÉPI requis sur un chantier de construction sont les chaussures de sécurité et le casque de sécurité. D'autres ÉPI sont requis selon les risques présents.

Les personnes qui exécutent le travail sur le chantier portent des chaussures de sécurité. Aucun individu présent sur le chantier ne porte le casque de sécurité.

4.2.3 Méthodes de travail utilisées

Une estimation approximative du poids du bâtiment, faite par les employeurs à partir des mesures du bâtiment qu'ils ont prises, leur permet de déterminer les équipements requis pour le levage. Initialement, leur évaluation demandait d'utiliser six tours de caissons en pièces de bois pour effectuer le levage et stabiliser le bâtiment en position surélevée. Finalement, il est décidé que quatre tours de caissons seront utilisées.

Un système de vérins hydrauliques pour effectuer le levage est utilisé. Le levage de la rallonge latérale est effectué à l'aide d'une chargeuse compacte chenillée munie de fourches.

Selon l'expertise, sept tours de caissons auraient dû être utilisées pour le système de levage. La septième tour de caisson devait se retrouver sous la rallonge latérale. Ceci aurait permis que le levage du bâtiment soit contrôlé simultanément et uniformément par le système de vérins.

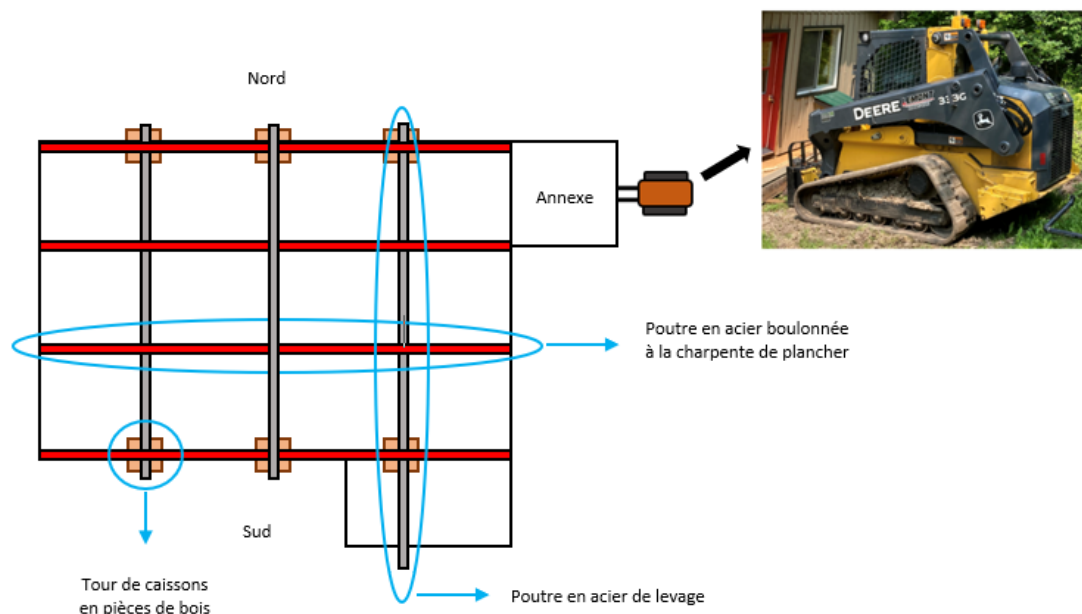


Fig. #6: Ce qui avait été prévu au départ (non à l'échelle)
Source : CNESST

Chaque vérin repose sur deux pièces d'appui de bois de 15,24 cm x 20,32 cm (6'' x 8'') posées à plat (6'' debout) qui sont insérées à l'intérieur de la tour de caisson. Ces deux pièces d'appui sont supportées par la tour de caissons à leur extrémité uniquement. La portion de ces pièces d'appui, supportant les plaques d'épaulement des vérins, est située approximativement au centre de la tour de caissons.

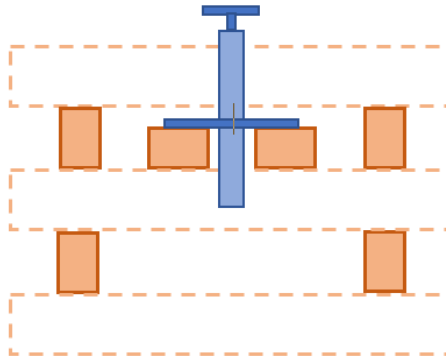


Fig. #7: *Vue de côté (non à l'échelle)*
Source : CNESST

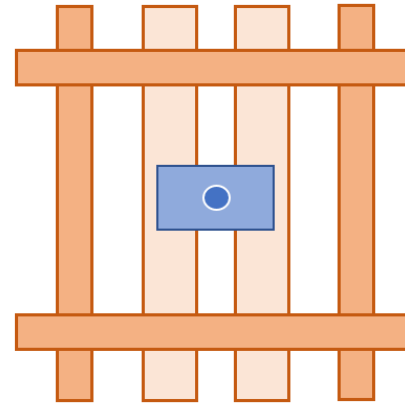


Fig. #8: *Vue en plan (non à l'échelle)*
Source : CNESST

Une manette de contrôle est utilisée afin de s'assurer de la montée ou de la descente des vérins de façon simultanée.

Afin de permettre l'utilisation du système hydraulique, des poutres de levage en acier doivent être installées sous le bâtiment. Ces poutres de levage viennent s'adosser perpendiculairement aux quatre poutres en acier, préalablement installées, boulonnées à la charpente du plancher.

Au fur et à mesure que le bâtiment est soulevé à l'aide des vérins hydrauliques, les travailleurs érigent les tours de caissons en bois et ce, jusqu'à ce que la base du bâtiment atteigne une hauteur suffisante permettant l'exécution des travaux. Le bâtiment est alors déposé sur les tours de caissons. Une pièce de bois de 15,24 cm x 15,24 cm (6'' x 6'') est installée verticalement entre le sol et le plancher de la rallonge latérale du bâtiment afin de la soutenir.

Lors de l'installation des pieux à l'aide d'une chargeuse compacte avec extension télescopique pour forer et visser les pieux, les travailleurs s'affairent sous le bâtiment.

Avant d'effectuer les travaux de descente, le bâtiment repose sur les tours de caissons en bois.

La descente du bâtiment nécessite le retrait des composantes des tours de caissons en bois. Le retrait se fait de haut en bas, de manière successive, deux étages de pièces de bois à la fois.

La séquence des manœuvres requises pour effectuer la descente du bâtiment et le retrait des composantes des tours de caissons est la suivante :

1. Le bâtiment repose sur les tours de caissons en bois;

2. Activation du système hydraulique afin de soulever le bâtiment à une hauteur permettant le dégagement des pièces de bois situées sur le dessus des tours de caissons en bois. Les vérins sont activés simultanément;
3. Maintien des vérins en position soulevée afin de soutenir le bâtiment qui ne repose plus sur les tours de caissons en bois;
4. Retrait des deux étages supérieurs de pièces de bois de chacune des tours de caissons, soit quatre pièces de bois par tour de caissons. Le retrait des pièces de bois sur les tours de caissons est effectué simultanément. Au moins un travailleur est assigné à chacune des tours de caissons et procède au retrait des pièces de bois manuellement. Pour ce faire, les travailleurs sont montés sur des équerres en métal ou des morceaux de bois insérés dans la tour de caissons leur permettant d'atteindre le haut des tours de caissons;
5. Activation du système hydraulique afin de redescendre le bâtiment jusqu'à ce qu'il soit supporté par les tours de caissons en bois. Les vérins sont activés simultanément;
6. Déplacement des pièces d'appui afin de permettre le positionnement du vérin à un niveau inférieur de la tour de caissons. Les pièces d'appui sont retirées de la tour de caissons et déplacées manuellement à un niveau inférieur par les travailleurs;
7. Positionnement des vérins sur les pièces d'appui;
8. Reprise des étapes 2 à 7 jusqu'à ce que les poutres en acier boulonnées à la charpente du plancher présentes sous le bâtiment reposent sur les pieux.

Pendant les travaux de descente du bâtiment, la rallonge située du côté est du bâtiment est soutenue par les fourches de la chargeuse compacte chenillée. **G** suit les mouvements ascendants et descendants de la rallonge afin de la supporter en tout temps.

4.2.4 Observations sur la scène de l'accident

À notre arrivée, le bâtiment est soulevé sur le devant et est soutenu par les deux tours de caissons du côté sud. Du côté nord, il est affaissé au sol et est soutenu par les deux poutres en acier de levage.



Fig. #9: Avant du bâtiment
Source : CNESST



Fig. #10: Arrière du bâtiment
Source : CNESST

Les tours de caissons côté sud sont relativement intactes. Par contre, du côté nord, la tour de caissons « A » est partiellement démantelée. L'extrémité de la poutre de levage a été déplacée d'environ 2,44 m vers l'ouest.



Fig. #11: Déplacement de la poutre de levage
Source : CNESST

La tour de caissons « B » est celle qui est le plus démantelée. Plusieurs pièces de bois se retrouvent autour de la tour de caissons. À l'intérieur de la tour de caissons, des pièces de bois sont fracassées. L'extrémité de la poutre de levage a été déplacée d'environ 2,44 m vers l'ouest également. De plus, le vérin se retrouve à l'extérieur de la tour de caissons, à environ 3 m de celui-ci, le long du bâtiment côté nord-ouest.



Fig. #12: *Tour de caissons « B »* et vérin
Source : CNESST

Une chargeuse compacte chenillée de marque John Deere est présente près de la rallonge du côté est du bâtiment. Ses fourches sont situées sous le plancher de l'annexe latérale qui est appuyée contre le sol.

Sous le bâtiment, nous constatons l'installation de quatre poutres en acier, deux poutres en acier de levage et quatre tours de caissons en pièces de bois afin d'effectuer les travaux de soulèvement. Dans chacune des tours de caissons, un vérin hydraulique est présent.

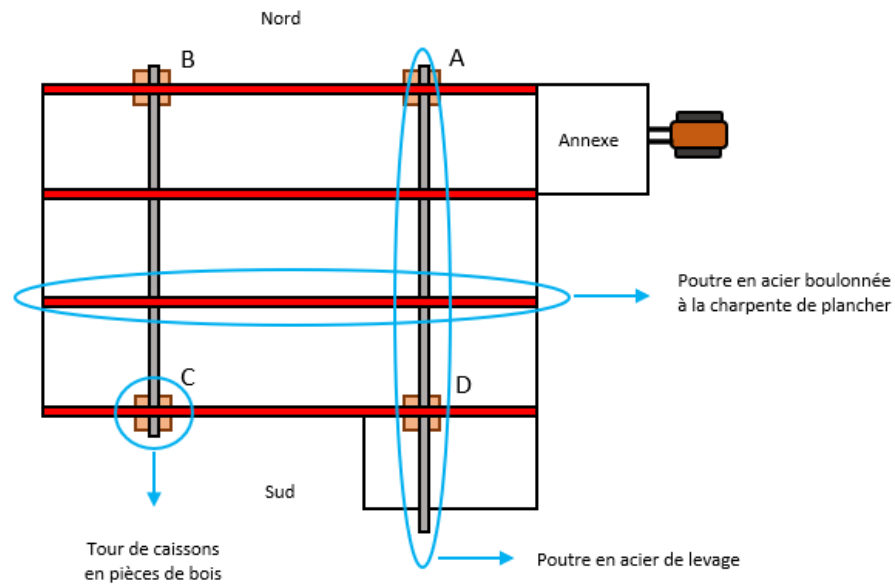


Fig. #13: *Installation constatée sous le bâtiment (non à l'échelle)*
Source : CNESST

Les poutres en acier comportaient une jonction simple presque au milieu de leur longueur. À différents endroits, les poutres en acier n'étaient pas boulonnées à la charpente de bois du plancher. L'expertise confirme que cette situation ne permettait pas le transfert adéquat des efforts de flexion dans toute la poutre lors du soulèvement de la structure.



Fig. #14: *Jonction simple sur poutre d'acier*
Source : CNESST



Fig. #15: *Poutre d'acier non fixée à la charpente*

Source : CNESST

Un espace avait été excavé à l'arrière du bâtiment et au centre de celui-ci afin d'y installer une tour de caissons supplémentaire.



Fig. #16: *Excavation située au centre à l'arrière du bâtiment afin d'y accueillir une tour de caissons*

Source : CNESST

Nous constatons la présence de plusieurs pieux vissés, qui ont été installés dans le sol, sous le bâtiment, dans les jours précédant l'accident afin d'y déposer le bâtiment lors de la descente.



Fig. #17: Une partie des pieux vissés

Source : CNESST

Un conteneur en métal est installé au sud du bâtiment. Celui-ci est utilisé afin d'entreposer tout le système hydraulique (vérins, pompe hydraulique à essence, tuyaux, boîtier de contrôle, etc.).

4.2.5 Informations sur la chargeuse compacte chenillée John Deere 333G

La chargeuse compacte chenillée utilisée lors des travaux de soulèvement et de descente du bâtiment est de marque John Deere, modèle 4TNV94FHT. Elle appartient aux Entreprises Lemont. Elle était utilisée afin de soutenir l'annexe lors du soulèvement et de la descente du bâtiment.



Caractéristiques de la chargeuse compacte chenillée	
Marque	John Deere
Modèle	4TNV94FHT
Numéro d'identification du produit	
Poids	6 356 kg
Fourches	
Marque	HLA Horst Welding
Modèle	HD100B0500
Capacité	4 536 kg

Fig. #18: Caractéristiques de la chargeuse compacte chenillée de marque John Deere

Source : <https://www.deere.ca/fr/chargeurs/chargeuses-compactes-chenille%C3%A9es/chargeuse-compacte-chenille%C3%A9e-333g/>

4.2.6 Informations sur la chargeuse compacte chenillée Bobcat T450

La chargeuse compacte chenillée utilisée pour forer et visser les pieux sous le bâtiment est de marque Bobcat modèle T450. Elle appartient à l'entreprise Pro-Core.



Caractéristiques de la chargeuse compacte chenillée	
Marque	Bobcat
Modèle	T450
Numéro d'identification du produit	
Poids	2 961 kg
Extension télescopique	
Marque	Digga

Fig. #19: Caractéristiques de la chargeuse compacte chenillée de marque Bobcat

Source : <https://www.bobcat.com/eu/fr/chargeuses/chargeuses-compactes-sur-chenilles/models/t450/features>

4.2.7 Informations sur la conception des tours de caissons en pièces de bois

L'assemblage d'une tour de caissons consiste à placer les pièces de bois les unes sur les autres en croisant chaque rangée pour créer une structure de soutien. Un vérin hydraulique est déposé sur des pièces d'appui dans la tour et utilisé dans une opération de levage. Deux pièces de bois, déposées sur leur côté le plus large, servent d'appuis au vérin.



Fig. #20: Tour de caissons avec pièces d'appui

Source : CNESST

4.2.8 Informations sur les pièces de bois utilisées pour l'assemblage des tours de caissons

Les pièces de bois utilisées pour l'assemblage des tours de caissons sont des pièces de 15,24 cm x 20,32 cm (6'' x 8'') et sont d'une longueur de 152,4 cm (5'). L'essence de bois utilisée est de la pruche et elle est traitée. Les employeurs ont décidé d'utiliser cette essence car, selon les informations qu'ils avaient obtenues, elle va craquer avant de se fracturer. En entendant ce craquement, cela donnait l'avertissement aux travailleurs de remplacer cette pièce de bois.



Fig. #21: Pièce de bois utilisée pour l'assemblage des tours de caissons
Source : CNESST

4.2.9 Informations sur la classification du bois

L'agence canadienne *National Lumber Grades Authority* (NLGA) est responsable de rédiger et d'appliquer les règles de classification du bois d'œuvre canadien qui sont basées sur les exigences de la norme CSA O141 – Bois débité de résineux. Ces règles de classification ont été établies en collaboration avec l'*American Lumber Standard* (ALS) : elles permettent donc l'utilisation des mêmes sciages dans les codes de construction des deux pays. Cette entente nord-américaine commune établit les critères uniformes de classification et de marquage pour les sciages, permettant ainsi aux utilisateurs de retrouver une performance uniforme pour toutes les dimensions de bois de sciage commercialisées au Canada et aux États-Unis.

Les valeurs de calcul du bois d'œuvre sont publiées dans la norme CSA O86 – Règles de calcul des charpentes en bois. Ces valeurs varient selon l'essence, le taux d'humidité, la classification visuelle et la classification par contrainte mécanique.

La classification visuelle permet de trier le bois d'œuvre selon ses défauts visuels, permettant ainsi de le classer dans des groupes ayant des propriétés mécaniques semblables. Les principaux grades de bois utilisés sont le *Select Structural*, le n° 1, le n° 2, le n° 3 et le *Stud*. Les principaux critères de classification pris en compte sont :

- Les flaches;
- La taille et l'emplacement des nœuds/trous;
- La taille et l'emplacement des fentes/gerces;

- La déviation du fil du bois;
- Le gauchissement;
- Les colorations et autres défauts visuels;
- Les vices de fabrication.

En fonction de l'expertise, les pièces de bois servant d'appui aux vérins doivent être de grade n°1. Un bois de grade n°2 possède plusieurs défauts pouvant affecter sa résistance.

4.2.10 Évaluation de la résistance des pièces de bois aux appuis

Les informations suivantes proviennent du « *Rapport d'expertise* » produit par la compagnie *Pyrotech BEI*, dossier numéro : 21H270964. Le rapport d'expertise est présenté en annexe C.

Des pièces de bois utilisées pour le système de levage ont été récupérées afin d'être examinées par un inspecteur du *Conseil de l'industrie forestière du Québec (CIFQ)*. Cet examen a déterminé le type de bois et le grade de qualité pour chacune des pièces.

Les pièces récupérées correspondaient aux deux pièces d'appui qui se sont rompues dans la tour de caissons « A » et une pièce de bois intacte qui se trouvait sur le chantier.

Les experts ont calculé la résistance à la flexion des pièces d'appui qui étaient installées à plat dans la tour de caissons « A » pour supporter la charge transmise par le vérin hydraulique.

Il a été déterminé que l'une des pièces d'appui était de grade n°1 et que l'autre pièce était de grade n°2. De plus, selon les marques laissées par le vérin, celui-ci n'était pas centré sur les appuis.

L'analyse des experts a comparé l'enveloppe des charges appliquées avec celle des résistances sur chacun des vérins. Il a été déterminé qu'une première rupture d'une pièce d'appui serait survenue dans la tour de caissons « D ». Cette rupture aurait concordé avec le mouvement du bâtiment et une surcharge sur les pièces d'appui dans la tour de caissons « A », causant, du même coup, une rupture franche des appuis qui supportaient le vérin.

4.2.11 Informations sur le système hydraulique

Le système hydraulique utilisé pour le levage du bâtiment est composé des éléments suivants :

- Quatre vérins hydrauliques;
- Un bloc de valves directionnelles;
- Une pompe hydraulique à essence;
- Des tuyaux hydrauliques avec raccords rapides;
- Un boîtier de contrôle central avec une manette de contrôle;



Fig. #22 & #23: *Vérins et tuyaux hydrauliques retrouvés dans le conteneur*
Source : CNESST

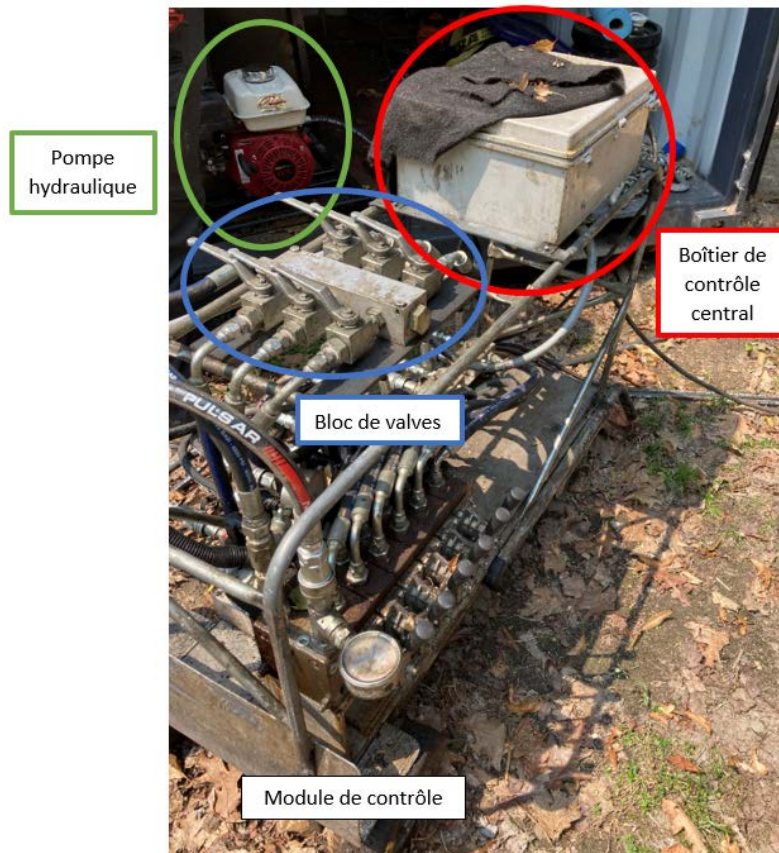


Fig. #24: *Pompe hydraulique et module de contrôle*
Source : CNESST



Fig. #25 : Manette de contrôle
Source : CNESST

La pompe hydraulique à essence servait à assurer une pression nécessaire au fonctionnement du système hydraulique. Il était branché au bloc de valves directionnelles. Chaque vérin était branché à l'une de ces valves grâce à des tuyaux hydrauliques. Chacune des valves avait un levier qui permettait de faire monter ou descendre le vérin correspondant. Une manette de contrôle actionnait les valves afin que les vérins montent ou descendent simultanément.

Le système hydraulique utilisé pendant le levage du bâtiment a été récupéré par la compagnie *Pyrotech BEI* lors de la démolition de la maison afin d'effectuer des essais pour déterminer si une défaillance du système hydraulique aurait pu causer l'accident.

Les différents essais ont démontré que le système hydraulique répondait adéquatement aux commandes. Aucune défaillance du système n'a été détectée.

4.2.12 Lois, ordre et autre document

4.2.12.1 Ordre des ingénieurs du Québec

L'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ) prescrit que les travaux de soulèvement et de déplacement de maisons, doivent être réalisés suivant l'avis d'un ingénieur étant donné que cela fait partie de son champ de pratique. La méthode pour soulever ou déplacer une maison est un acte réservé à l'ingénieur. Selon l'OIQ, chaque cas de soulèvement ou déplacement est unique et nécessite qu'un ingénieur soit impliqué.

Dans la *Loi sur les ingénieurs*, on y retrouve notamment ceci :

Article 2. Dans le cadre de l'exercice de l'ingénierie, sont réservées à l'ingénieur, lorsqu'elles se rapportent à un ouvrage visé à l'article 3, les activités professionnelles suivantes:

1° déterminer les concepts, les paramètres, les équations ou les modèles qui, à partir de modèles issus de principes d'ingénierie, permettent d'anticiper le comportement des structures, des matériaux, des procédés ou des systèmes;

- 2° effectuer des essais ou des calculs nécessitant le recours à des modèles issus de principes d'ingénierie;
- 3° surveiller des travaux, notamment aux fins de produire une attestation de conformité exigée en vertu d'une loi;
- 4° inspecter un ouvrage;
- 5° préparer, modifier, signer et sceller un plan, un devis, un rapport, un calcul, une étude, un dessin, un manuel d'opération ou d'entretien, un plan de déclassement ou un cahier des charges;
- 6° donner un avis ainsi que signer et sceller un avis écrit relatifs à une activité professionnelle

4.2.12.2 Loi sur la santé et la sécurité du travail

La *Loi sur la santé et sécurité du travail* (LSST) spécifie à l'article 51.3 qu'un employeur a l'obligation de *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*. La même loi spécifie à l'article 51.5 qu'un employeur a l'obligation *d'utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur*.

4.2.12.3 Autre document utilisé lors de l'enquête

Workers Compensation Act - Occupational Health and Safety Guidelines

L'Occupational Health and Safety regulation (OHS), qui fait partie intégrante du *Workers Compensation Act*, contient les exigences légales en matière de santé et de sécurité du travail qui doivent être respectées par tous les lieux de travail sous la juridiction de WorkSafeBC en Colombie-Britannique. Afin d'aider à l'application et à l'interprétation des différentes sections du OHS, WorkSafeBC publie des guides contenant les lignes directrices à respecter en matière de santé et de sécurité au travail.

Le guide *G20.14 Temporary cribbing support in house lifting operations* dicte les lignes directrices à suivre lors des travaux de soulèvement de maison. Les éléments suivants se retrouvent, entre autres choses, dans ce guide :

- Afin de s'assurer que le système de tours de caissons soit capable de résister aux charges auxquelles il est soumis, la planification d'une opération de levage de bâtiment devrait généralement inclure un plan de levage préparé par un ingénieur agréé en Colombie-Britannique;
- S'assurer que le bâtiment ne contient pas d'ajouts structurels non conventionnels, ou des patrons de charge inhabituels. Si de telles conditions existent, l'employeur devra chercher l'aide d'un ingénieur;
- S'assurer que tous les éléments de support temporaires sont constitués du bon grade de matériaux conformément au plan de levage du bâtiment;

- S'assurer que toutes les pièces de bois d'œuvre servant au levage sont de pleine dimension et exemptes de fentes, de marques, d'encoches ou de nœuds directement au-dessous du point de levage.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Au moment où les travailleurs se préparent à redescendre la maison, sous l'effet d'un débalancement des charges, les appuis du vérin hydraulique (A) cèdent, ce qui provoque l'effondrement de la tour de caissons en pièces de bois (A) et un mouvement des poutres de levage. Cela entraîne l'affaissement de l'arrière du bâtiment jusqu'au sol. Alors que le la tour de caissons en pièces de bois (B) s'effondre à son tour, une composante de ce système de levage heurte ^A à la tête.

Dans les jours précédant l'accident, le soulèvement du bâtiment et les préparatifs permettant de déposer celui-ci sur des pieux vissés sont effectués. Le levage du bâtiment s'effectue en utilisant la technique des tours de caissons en pièces de bois et des vérins. Des pièces d'appui ont été remplacées lorsque celles-ci craquaient.

Au début des travaux concernant la descente du bâtiment, monsieur ^A est positionné à la tour de caissons « B ». Au moment de soulever la structure afin de retirer une rangée de pièces en bois à l'aide des quatre vérins hydrauliques, un craquement est entendu venant de la tour de caissons « D », puis un craquement et un effondrement du côté de la tour de caissons « A » surviennent.

Lors de l'incident, la première rupture serait survenue à l'une des pièces de l'appui « D ». À la suite de ce premier bris, le mouvement de la structure et le débalancement des charges pourraient avoir entraîné une surcharge de l'appui « A » et causer la rupture franche des pièces de transfert supportant le vérin de cet appui.

L'affaissement de la tour de caissons en pièces de bois « A », provoqué par la rupture de l'appui « A », concorde avec le glissement vers l'ouest de l'extrémité des poutres de levage qui aurait causé l'effondrement latéral de la tour de caissons en pièces de bois « B » où se trouvait monsieur ^A.

Lors de cet effondrement latéral de la tour de caissons, monsieur ^A est happé à la tête par un élément de la tour de caissons « B ».

Cette cause est retenue.

4.3.2 La méthode de travail utilisée pour soulever et redescendre la maison est improvisée, notamment parce que les charges à soulever et la capacité du système de levage sont inconnues

Le danger le plus important lors d'un soulèvement ou d'une descente d'un bâtiment est créé par son propre poids. Dans ce type d'opération, l'identification des dangers doit débiter par l'évaluation du poids du bâtiment. Monsieur ^A et monsieur ^E ont soulevé ce bâtiment en estimant approximativement son poids sans calculs précis. De plus, avec les deux rallonges, la répartition du poids du bâtiment n'était pas uniforme. Ce poids est très important afin de s'assurer du bon choix des équipements qui doivent être utilisés lors d'un soulèvement.

Plusieurs non-conformités pour ce type d'ouvrage ont été également notées :

Premièrement, il était prévu, au départ, qu'il y aurait quatre poutres en acier boulonnées à la charpente du plancher, trois poutres en acier de levage et six tours de caissons en pièces de bois afin d'effectuer les travaux de soulèvement. À la suite d'une discussion entre eux, les employeurs ont décidé d'utiliser deux poutres de levage et quatre tours de caissons. Des poutres de levage supplémentaires ainsi que deux vérins hydrauliques étaient présents sur le site et un espace avait été excavé à l'arrière, au centre du bâtiment, afin d'y installer une tour de caissons supplémentaire. L'autre tour de caissons devait se trouver à l'avant. Selon l'expertise, sept tours de caissons auraient dû être utilisées pour le système de levage. La septième tour de caissons devait se retrouver sous la rallonge latérale. Cela aurait permis que le levage du bâtiment soit contrôlé simultanément et uniformément par le système de vérins.

Deuxièmement, les quatre nouvelles poutres d'acier supportant le plancher comportaient une jonction simple presque au milieu de leur longueur. L'expertise confirme que cette situation ne permettait pas le transfert adéquat des efforts de flexion dans toute la poutre lors du soulèvement de la structure. Également, à différents endroits, les poutres n'étaient pas boulonnées à la charpente de bois du plancher. Cependant, bien qu'ayant pu entraîner un autre type d'accident, ces éléments n'ont pas eu d'incidence sur la défaillance survenue lors de l'accident.

Troisièmement, les employeurs ne connaissaient pas la capacité de charge des pièces de bois constituant les tours de caissons et les appuis. Les pièces de bois de pruche ont été choisies par les employeurs, car ils avaient comme information que la pruche craque avant de casser. Les informations obtenues par le CIFQ ainsi que la firme nous indiquent que la déficience, au départ, de l'une des deux pièces de l'appui « A » posée à plat, qui correspondait à un grade de qualité n°2 au lieu d'un grade n°1, a probablement favorisé la rupture franche des pièces de transfert de cet appui.



Fig. #26: Pièces d'appui « A »
Source : CNESST

Quatrièmement, l'utilisation de la chargeuse compacte chenillée munie de fourches de levage afin de supporter l'annexe latérale, en coordination avec l'opération du système central des vérins, demeure risquée au niveau de la coordination entre les deux opérateurs. Cependant, cet élément n'a pas eu d'incidence sur la défaillance survenue lors de l'accident.

Cinquièmement, les employeurs ne connaissaient pas la capacité de levage des vérins hydrauliques utilisés dans chacune des tours de caissons en pièces de bois. Selon l'expertise, les vérins ne présentaient aucune défektivité lors des tests effectués par la firme. Ils n'ont donc pas eu d'incidence sur la défaillance survenue lors de l'accident. Cependant, le fait de pas connaître la capacité des vérins hydrauliques aurait pu entraîner un autre type d'accident.

Il apparaît clair que le manque de connaissances des intervenants dans le soulèvement de bâtiment a entraîné l'improvisation de l'ensemble de la méthode et des techniques de travail que nous avons été en mesure de constater. Dans un tel contexte, tel que conçu et construit par l'entrepreneur, la probabilité que les charges du bâtiment les plus minimalement envisageables, réparties dans la structure du système de levage, outrepassent la résistance en flexion des pièces de transfert en bois utilisées à plat était très élevée.

L'ensemble des manquements observés lors de l'analyse de l'accident démontre la complexité reliée à ce type d'intervention et l'importance que ces interventions soient effectuées conformément aux directives d'un ingénieur qui est, selon l'Ordre des ingénieurs du Québec, le professionnel reconnu lors de travaux de soulèvement de bâtiments.

L'employeur a l'obligation de 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. Également, l'employeur a l'obligation d'utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur.

Dans le cas qui nous concerne, l'ensemble de la méthode de travail a été improvisé à partir d'une estimation inadéquate du poids du bâtiment et de connaissances insuffisantes.

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 :

- Au moment où les travailleurs se préparent à redescendre le bâtiment, sous l'effet d'un débalancement des charges, les appuis du vérin hydraulique (A) cèdent, ce qui provoque l'effondrement de la tour de caissons en pièces de bois (A) et un mouvement des poutres de levage. Cela entraîne l'affaissement de l'arrière du bâtiment jusqu'au sol. Alors que la tour de caissons en pièces de bois (B) s'effondre à son tour, une composante de ce système de levage heurte ^A [REDACTED] à la tête.
- La méthode de travail utilisée pour soulever et redescendre la maison est improvisée, notamment parce que les charges à soulever et la capacité du système de levage sont inconnues.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

À la suite de l'accident, une décision est émise par la CNESST au maître d'œuvre de l'employeur, dans le but d'assurer la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs qui effectuent des travaux sur le chantier au [REDACTED] à Gracefield. La décision, émise verbalement le 23 juillet 2021 et consignée au rapport d'intervention RAP1355762, interdit l'accès à la zone de travail ainsi que l'exécution de tous types de travaux sur le chantier.

À la suite de l'intervention de la CNESST, l'employeur nous transmet par courriel un plan de démolition du bâtiment signé et scellé par un ingénieur.

Dans le rapport d'intervention RAP1362827, la CNESST autorise la démolition du bâtiment, mais l'accès à la zone de travail demeure toujours interdit jusqu'au moment de la démolition.

Dans le rapport d'intervention RAP1366300, à la suite de la démolition du bâtiment les 26 et 27 octobre 2021, la CNESST autorise l'accès à la zone de travail ainsi que tous types de travaux sur le chantier. Également, toutes les composantes du système de levage hydraulique ayant servi au levage du bâtiment-sont récupérées par la CNESST pour expertise.

5.3 Recommandations et suivis

La CNESST transmettra son rapport d'enquête à l'Association des déménageurs de bâtiments du Québec (ADBQ), à l'Association des entrepreneurs en coffrage structural du Québec (AECSQ), à l'Association des entrepreneurs en construction du Québec (AECQ), à l'Association patronale des entreprises en construction du Québec (APECQ), à l'Association québécoise des entrepreneurs en infrastructure (AQEI), à l'Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ) et à l'Association de la construction du Québec (ACQ) afin de les informer des

conclusions du rapport, notamment sur le fait que, selon l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ), les travaux de soulèvement et de déplacement de bâtiments représentent un acte réservé à l'ingénieur et, qu'à cet effet, ceux-ci doivent être réalisés suivant l'avis d'un ingénieur.

ANNEXE A**Accidenté**

Nom, prénom : A [REDACTED]

Sexe : [REDACTED]

Âge : [REDACTED]

Fonction habituelle : [REDACTED]

Fonction lors de l'accident : [REDACTED]

Expérience dans cette fonction : [REDACTED]

ANNEXE B**Liste des témoins et autres personnes rencontrées**

- Monsieur Corey Hall, employeur et propriétaire de Pro-Core (8182329 Canada inc)
- Monsieur Vincent Dambremont, employeur et propriétaire des Entreprises Lemont (9143777 Canada inc.)
- Madame Annie Charron, [REDACTED] et co-propriétaire des Entreprises AJ Dupuis (12169223 Canada inc.)
- Monsieur B [REDACTED] pour Pro-Core (8182329 Canada inc)
- Monsieur D [REDACTED] pour Pro-Core (8182329 Canada inc)
- Monsieur F [REDACTED] pour Pro-Core (8182329 Canada inc)
- Monsieur G [REDACTED] pour Entreprises Lemont (9143777 Canada inc.)
- Monsieur H [REDACTED]
- Monsieur I [REDACTED]
- Madame J [REDACTED]
- Sergent-détective François Harvey, Sûreté du Québec
- Agente Dorothée Labrie, Sûreté du Québec
- Agent Perrier, Sûreté du Québec
- Cadet Coursol, Sûreté du Québec
- Maître Johanne Lachapelle, coroner
- Monsieur Simon Blais, ingénieur, Pyrotech BEI
- Monsieur Mathieu Bellavance, ingénieur, Pyrotech BEI
- Monsieur Paul O'Dowd, ingénieur, Conseil de l'industrie forestière du Québec

ANNEXE C

Rapport d'expertise

**RAPPORT D'EXPERTISE**produit à Laval (Québec)
le 18 février 2022

Monsieur Steve McCann
CNESST
Service de la prévention-inspection de l'Outaouais
15, rue Gamelin
2e étage
Gatineau (Québec)
J8Y 6N5

Référence : **CNESST - Effondrement d'un levage de maison
Incident du 23 juillet 2021**

Adresse : [REDACTED]
Gracefield (Québec)

Votre dossier : **0000631**

Notre dossier : **21H270964**

- 2 -

21H270964

1- Introduction et mandat

Pour faire suite au mandat que vous nous avez confié le 2 août 2021, nous vous soumettons notre rapport d'expertise au sujet d'un incident de chantier survenu le 23 juillet 2021 sur la propriété située au [REDACTED] à Gracefield (Québec). Notre mandat était de déterminer la capacité structurale du système de levage utilisé sur le chantier.

Nous avons inspecté les lieux le 5 août 2021 en compagnie de M. Martin Bergeron, inspecteur de la CNESST. Sur place, nous avons prélevé certaines pièces de bois pour y effectuer un examen plus spécifique par un inspecteur du *Conseil de l'industrie forestière du Québec (CIFQ)*. Cet examen des pièces de bois prélevées a été fait le 1^{er} septembre 2021. Les pièces prélevées correspondaient aux quatre morceaux qui formaient les deux pièces de transfert rompues à l'appui du vérin de la cage A, de même qu'une autre pièce de bois intacte qui a été prélevée au hasard parmi celles en réserve sur le site à titre d'échantillon témoin. Le rapport du *CIFQ* est joint à l'Annexe A et une sélection de photographies est jointe à l'Annexe B.

Les 26 et 27 octobre 2021, lors de la démolition du bâtiment, nous avons récupéré l'ensemble du système hydraulique utilisé pour le levage afin d'y effectuer un examen et des essais d'opération (vérins, tuyaux, pompe hydraulique, génératrices, module de contrôle, etc.). Ces essais ont été menés dans notre atelier à Laval le 21 décembre 2021 en présence des ingénieures K [REDACTED] *Technorm*, mandatée par l'assureur de l'un des entrepreneurs impliqués dans les travaux) et L [REDACTED] (*DFA Engineering Services*, mandatée pour [REDACTED]).

Afin d'illustrer notre propos, les documents suivants sont joints en annexes :

- A) Rapport du *CIFQ*;
- B) Sélection de photographies prises le 5 août et le 1^{er} septembre 2021;
- C) Sélection de photographies prises les 26 et 27 octobre 2021;
- D) Protocole des essais d'opération du 21 décembre 2021;
- E) Sélection de photographies prises les 15, 20 et 21 décembre 2021.

- 3 -

21H270964

2- Circonstances sommaires de l'incident

Le chantier sur cette propriété consistait au levage de la maison afin de remplacer ses assises d'origine par des pieux vissés dans le sol (photographie B-1). Des plans de structure pour le remplacement des fondations, préparés par M [REDACTED] avaient été émis « pour permis » le 25 mars 2020.

Lors du levage, le bâtiment était supporté par deux poutres d'acier reposant sur quatre cages de bois, alors qu'une chargeuse munie de fourches de levage supportait l'annexe latérale (photographie B-2). Au moment de l'incident, les opérations de levage et l'installation des pieux vissés avaient été complétés et nous comprenons que l'entrepreneur était en train de redescendre le bâtiment afin de le déposer sur ses nouvelles fondations.

Lors de l'incident, nous comprenons que des craquements auraient été entendus par les ouvriers, suivis de la rupture des cages de bois situées à l'arrière du bâtiment.

- 4 -

21H270964

3- Observations et description du site

Le bâtiment en question est une maison de plain-pied mesurant approximativement 53,5 pieds de largeur sur 34,5 pieds de profondeur. Aux fins de référence, nous considérons que la façade avant de la maison, donnant vers le lac, est orientée vers le *sud* (Croquis 1). Une annexe latérale d'environ 10 pieds de largeur sur 16 pieds de profondeur est située du côté droit, au coin arrière (*nord-est*). Une autre annexe est située à l'avant, au coin droit, et mesure environ 13 pieds de largeur sur 13,5 pieds de profondeur (*sud-est*).

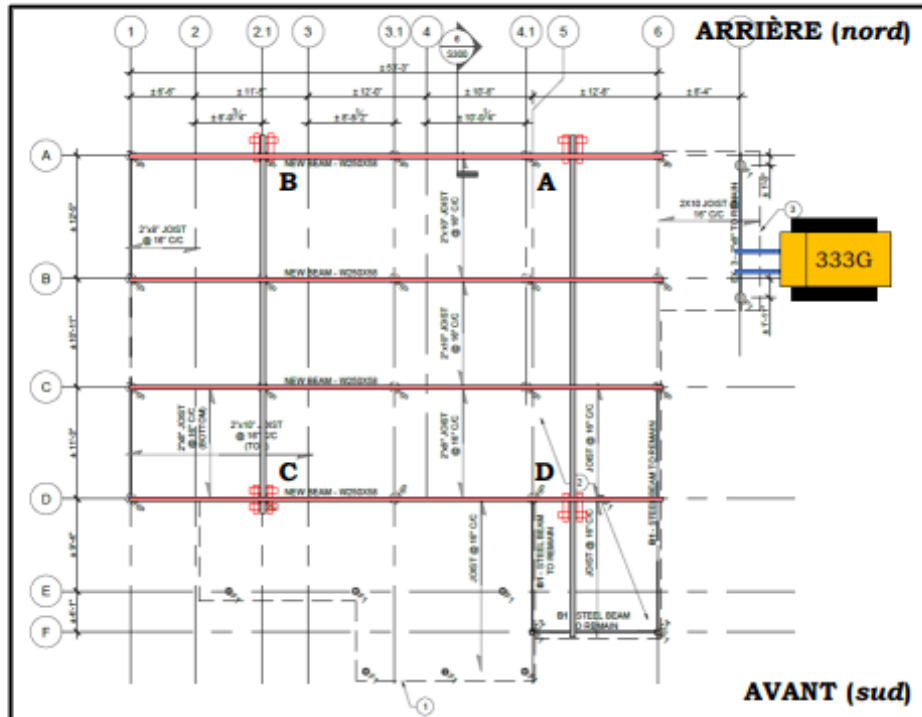


Croquis 1 : Localisation de la propriété et orientation de la maison

Selon les plans de remplacement des fondations, la structure de bois existante qui supportait la charpente de plancher devait être remplacée par des poutres en acier boulonnées à la charpente du plancher. Cette nouvelle structure d'acier correspondait aux poutres rouges observées sous la charpente du bâtiment (photographie B-3). Par contre, selon nos observations, le boulonnage des poutres d'acier à la charpente de bois du plancher ne correspondait pas aux indications sur les plans; certains tronçons de poutre étaient simplement déposés sans aucun boulon (photographies B-4 à B-6).

Les plans de remplacement des fondations ne comportaient aucune instruction d'ingénierie pour le levage du bâtiment, laissant explicitement toute la responsabilité de l'opération à l'entrepreneur spécialisé sans qu'aucune approbation par un ingénieur ne soit requise.

Le système de levage du bâtiment était constitué de deux poutres d'acier (poutres grises) chacune supportée par deux cages de bois munies de vérins hydrauliques et assemblés sur place au fur et à mesure du levage (photographie B-7). La disposition du système de levage correspond approximativement au Croquis 2. Selon les plans de remplacement des fondations, l'annexe latérale est attachée au mur droit de la maison et supportée par une poutre transversale sur pieux à son extrémité latérale. Le levage de cette annexe latérale se faisait donc de façon indépendante avec la chargeuse (333G) munie de fourches (photographie B-8), tandis que le reste de la maison était soulevée par quatre vérins hydrauliques reliés à un contrôle central pour les opérer simultanément.

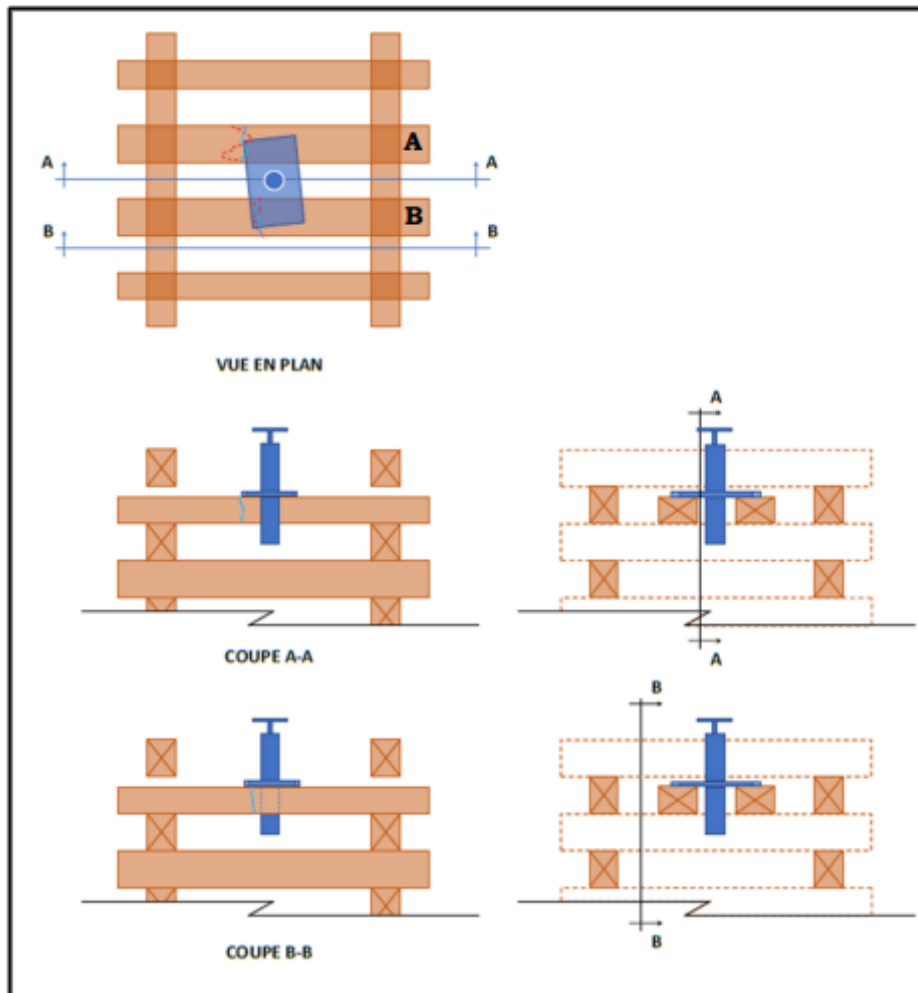


Croquis 2 : Système de levage (tel que construit)

- 6 -

21H270964

Les pièces de bois utilisées pour l'assemblage des cages de levage étaient des pièces de 6X8 (dimensions réelles) de 60 pouces de longueur disposées en quinconce sur le sens de la hauteur (8 pouces debout). Les vérins hydrauliques munis de plaques d'épaulement étaient déposés sur deux pièces de 6X8 posées à plat (6 pouces debout) insérées entre les pièces et approximativement au centre de la cage de levage, tel que montré au Croquis 3.



Croquis 3 : Cage de bois A, avec le vérin et les pièces de transfert à plat

- 7 -

21H270964

Lors de l'opération du système de levage, toutes les charges du bâtiment étaient supportées par les quatre vérins hydrauliques alors que chaque vérin transférait sa charge au centre de deux pièces de transfert en bois de 6X8 déposées sur leur axe faible en flexion. Nous comprenons que des craquements étaient perçus par les ouvriers durant l'opération du système et ceux-ci remplaçaient alors les pièces de transfert estimées défailtantes lors de l'opération suivante.

Des poutres de levage supplémentaires étaient présentes sur le site et des travaux préparatoires avaient été faits pour la mise en place d'une troisième poutre de levage approximativement au centre, entre les deux autres, selon notre compréhension (photographies B-9 à B-11). L'installation de cette troisième poutre, qui aurait été initialement prévue par l'entrepreneur, aurait finalement été écartée par ce dernier au moment de débiter ses travaux.

L'examen du site révèle les éléments suivants quant à la défaillance du système de levage :

- Les cages de levage à l'avant de la maison (*sud-est* et *sud-ouest*) sont demeurées relativement intactes (photographies B-12 et B-13).
- La cage D (*sud-est*) présentait une rupture de l'une des pièces de transfert du vérin mais celui-ci tenait toujours en place, bien qu'il ne supportait plus la poutre de levage (photographies B-14 à B-16).
- La cage C (*sud-ouest*) était désaxée vers la gauche. Ce vérin ne supportait plus la poutre mais aucun bris n'était apparent sur les pièces de transfert qui supportaient le vérin (photographies B-17 à B-19).
- La nouvelle poutre structurale longeant la façade avant de la maison était déversée. Toute la portion de cette poutre passant sous l'annexe avant ne présentait aucun boulonnage afin de la solidariser à la charpente de bois du plancher (photographie B-5).
- La cage B (*nord-ouest*) était sévèrement démantelée par un effondrement latéral vers l'*ouest* (photographie 20). L'extrémité de la poutre de levage s'était déplacée d'environ 8 pieds vers l'*ouest* lors de l'incident et le vérin se trouvait un peu plus loin, à environ 10 pieds de la cage de levage démantelée (photographies B-21 et B-22). Il n'était pas possible d'identifier les pièces de transfert qui supportaient le vérin au travers des pièces de bois amassées autour des restes de la cage B.

- 8 -

21H270964

- La cage A (*nord-est*) était moins démantelée que la cage B. L'extrémité de la poutre de levage avait aussi subi un déplacement d'environ 8 pieds vers l'*ouest* par rapport à la cage (photographie B-23). Cependant, le vérin était demeuré présent dans la cage, de même que les morceaux des pièces de transfert qui s'étaient rompues lors de l'incident (photographies B-24 à B-27).
- L'annexe latérale s'était décrochée du bâtiment principal et tenait partiellement en l'air de façon précaire (photographies B-28 et B-29).

4- Analyse structurale du système de levage

Notre analyse, basée sur les informations fournies et nos observations sur le site, est d'abord orientée vers la capacité des pièces de bois transférant des charges du bâtiment supportées par les vérins vers les cages de bois. En effet, l'hypothèse la plus probable de la défaillance du système serait à priori la rupture de ces pièces de transfert à l'un ou à plusieurs des appuis.

4.1 Évaluation des efforts sur les appuis

Sur la base des plans du bâtiment pour le remplacement de ces fondations et de nos observations et mesures prises sur place, nous avons évalué les charges mortes (matériaux constitutifs) de la charpente et des finitions du bâtiment. Nous avons également modélisé la structure de support sur le logiciel d'analyse *SAFI* afin de déterminer la répartition des charges du bâtiment sur le système de levage mis en place par l'entrepreneur (Croquis 2).

Selon nos estimations, la charge morte du bâtiment correspondrait à au moins 1,25 kPa et pourrait aller jusqu'à 1,75 kPa.

En considérant que le bâtiment n'est pas utilisé durant l'usage des structures temporaires, nous estimons qu'une charge vive pouvant varier entre 0,5 kPa et 1 kPa serait raisonnable pour le contenu du bâtiment relié à son utilisation comme habitation.

Le Tableau 1 résume la répartition des charges minimales sur chacun des vérins du système de levage.

Tableau 1 : Efforts sur chaque vérin (kN)

Charges appliquées	A	B	C	D
Morte (D) 1,25 kPa	46,0	57,7	57,7	94,4
Vive (L) 0,5 kPa	20,0	23,5	23,5	29,3
Totales non-pondérées	66,0	81,2	81,2	123,7
Totales pondérées (1,25*D + 1,5*L)	87,5	107,4	107,4	161,9

4.2 Évaluation de la résistance des pièces de bois aux appuis

Afin d'évaluer correctement la résistance des pièces de bois utilisées pour le système de levage, nous avons fait examiner les pièces prélevées sur le site par un inspecteur du CIFIQ (Annexe A). Cet examen a révélé que l'essence de bois de ces pièces est de la pruche et qu'il s'agit de bois traité. La pièce intacte (pièce C) est de grade de qualité no 1 (photographies 30 et 31). L'une des pièces rompues (pièce B) ne présente pas de déficience notable et correspond aussi à un grade de qualité no 1 (photographies 32 à 34). Par contre, l'autre pièce rompue (pièce A) présente des déficiences préexistantes au bris et correspond donc à un grade de qualité no 2 (photographies 32 et 35 à 39). L'oxydation du bois à l'endroit de certaines déficiences comparativement au reste du faciès de rupture suggère que ces déficiences seraient préexistantes à l'utilisation de la pièce sur ce chantier (photographie 40).

Considérant l'essence et le grade de qualité du bois, nous avons calculé la résistance à la flexion des pièces de transfert installées sur leur axe faible (à plat) pour supporter la charge transmise par le vérin hydraulique (Croquis 2). Sur place, nous avons constaté la rupture complète et franche des pièces de transfert de l'appui A (*nord-est*) ainsi que la rupture de l'une des pièces de transfert de l'appui D (*sud-est*).

Pour l'appui A (*nord-est*), nos calculs considèrent que l'une des pièces de transfert est de grade no 1 (pièce A) et l'autre de grade no 2 (pièce B) et que le vérin était légèrement excentré sur les pièces de transfert en flexion (selon les marques notées sur ces pièces). Pour l'appui D (*sud-est*), nous avons estimé qu'il s'agissait de pièces de grade no 1 et que le vérin était centré dans la cage de support. Vu la précarité du système partiellement effondré, il n'était pas sécuritaire d'aller prendre des mesures précises à l'appui D (*sud-est*) situé sur la portion avant du bâtiment. La résistance des appuis B (*nord-ouest*) et C (*sud-ouest*) sont considérées équivalentes à celle de l'appui D (*sud-est*).

Le Tableau 2 résume la résistance en flexion des pièces de transfert en bois calculé selon la norme CSA 086 et la charge de rupture aux appuis du système de levage.

Tableau 2 : Résistance en flexion (kN*m) et charge de rupture (kN)

Résistance et charge de rupture	Pruche #1 Cages B-C-D	Pruche #2 Cage A
Résistance pondérée en flexion (kN*m)	7,6	4,4
Charge de rupture pondérée (kN)	92,2	44,8
Résistance maximale ¹ en flexion (kN*m)	12,6	7,2
Charge de rupture maximale ¹ (kN)	127,9	73,2

4.3 Conformité du système de levage tel que construit

En comparant les résistances pondérées des pièces de transfert supportant les vérins hydrauliques et les charges pondérées sur chacun des vérins, nos analyses révèlent que la capacité structurale du système de levage tel que construit était non-conforme aux règles de l'art pour ce type d'ouvrage de soutènement temporaire. En effet, la résistance pondérée des pièces de transfert de grade de qualité no 1 (92,2 kN, Tableau 2) était nettement inférieure aux charges pondérées appliquées aux appuis B, C et D (107,4 kN à 161,9 kN, Tableau 1), ce qui correspond à une sollicitation de 116 % à 175 %. Une conception conforme exige qu'en toute situation, la résistance pondérée de la structure soit toujours au moins égale aux charges pondérées appliquées (sollicitation inférieure à 100 %). Une telle non-conformité n'aurait probablement pas existé si ce système de levage avait été conçu par un professionnel compétent en structure.

L'analyse sommaire de l'ensemble de la structure d'acier supportant la charpente du plancher et du système de levage révèle également d'autres déficiences qui contribuaient à la non-conformité des travaux menés par l'entrepreneur pour ce projet. Notamment, les nouvelles poutres d'acier supportant le plancher du bâtiment comportaient une jonction simple approximativement au milieu de leur longueur. Cette jonction simple joignait uniquement l'âme des profils de poutre et ne permettait pas le transfert adéquat des efforts de flexion dans toute la poutre. Cette situation est particulièrement préjudiciable pour le bon comportement de la structure lors de l'opération de levage où cette jonction se retrouve sur la portée en flexion des poutres entre les deux axes d'appui du système

¹ Résistance/charge maximale estimée en excluant les facteurs de pondération réducteurs définies par la norme CSA O86

- 12 -

21H270964

de levage. Bien que cette situation n'ait pas nécessairement eu d'incidence sur la défaillance survenue lors de cet incident, ceci demeure tout de même une non-conformité structurale qui n'aurait probablement pas existé si ce système de levage avait été conçu par un professionnel.

De plus, l'utilisation d'une chargeuse munie de fourches de levage pour supporter l'annexe latérale (coin *nord-est*) dont l'opération manuelle devait être coordonnée avec l'opération du système central des vérins demeure à haut risque d'erreur de coordination entre les deux opérateurs.

Globalement, si un professionnel avait fait la conception de ce système de levage, un axe de levage supplémentaire aurait sans aucun doute été ajouté dans la portion centrale du bâtiment (entre les deux axes installés et tel qu'il était initialement envisagé par l'entrepreneur) de même qu'un autre axe de levage pour l'annexe latérale. L'ajout de ces axes de levage aurait favorisé une répartition des charges du bâtiment conforme à la résistance des pièces de bois de grade no 1 utilisées pour supporter les vérins lors du levage et de la descente du bâtiment. L'axe de levage supplémentaire pour l'annexe latérale aurait aussi permis que le levage de tout le bâtiment soit contrôlé simultanément et uniformément par le système de vérins.

4.4 Analyse de la défaillance lors de cet incident

Pour l'analyse de la défaillance, nous estimons que l'hypothèse la plus réaliste à considérer demeure de comparer l'enveloppe des charges minimalement probables non-pondérées (charges mortes seulement et charges totales) avec l'enveloppe des résistances pondérées et maximales¹ pour les pièces critiques qui ont défailli. Dans ce cas-ci, le Tableau 3 résume les valeurs pertinentes à comparer :

Tableau 3 : Enveloppes des charges appliquées et des résistances (kN)

Enveloppes	A	B	C	D
Charges mortes (D) 1,25 kPa	46,0	57,7	57,7	94,4
Charges totales non-pondérées	66,0	81,2	81,2	123,7
Résistances pondérées	44,8	92,2	92,2	92,2
Résistances maximales	73,2	127,9	127,9	127,9

- 13 -

21H270964

L'analyse de cette hypothèse révèle qu'en fait, ce serait l'appui D (*sud-est*), qui inclut l'annexe avant, qui est la plus critique et la plus susceptible d'atteindre la rupture, et ce malgré les pièces de transfert de grade de qualité no 1 supportant le vérin. En effet, même en considérant les charges minimales, l'enveloppe des efforts appliqués (94,4-123,7 kN) est toujours susceptible d'outrepasser l'enveloppe des résistances des pièces de transfert (92,2-127,9 kN), les deux enveloppes étant pratiquement superposées.

D'un autre côté, pour l'appui A (*nord-est*), malgré que l'une des pièces de transfert correspondait à un grade de qualité no 2 et que le vérin était légèrement excentré sur les pièces de transfert, l'enveloppe des résistances (44,8-73,2 kN) demeure légèrement plus étendue que l'enveloppe des charges appliquées (46,0-66,0 kN) par rapport à l'appui D. Ainsi, pour l'appui A, il demeurerait un peu plus probable que la résistance soit supérieure à la charge appliquée, comparativement à l'appui D.

Ces résultats suggèrent donc que lors de l'incident, la première rupture serait possiblement survenue à l'une des pièces de transfert de l'appui D (*sud-est*) (observée rompue). Le mouvement de la structure et le débalancement des charges occasionnés par ce premier bris pourraient alors avoir occasionné une surcharge accrue de l'appui A (*nord-est*) supportant la même poutre de levage et causer la rupture franche des pièces de transfert supportant le vérin de cet appui.

Alternativement, sur la base des résultats comparatifs du Tableau 3, il est également possible que la première rupture soit survenue à l'appui A (*nord-est*). Par contre, dans ce cas, la rupture observée à l'appui D (*sud-est*) serait plus difficilement explicable.

Nos analyses ne permettent pas pour le moment de dégager une distinction claire entre les deux précédentes hypothèses quant à la localisation de la première rupture, entre l'appui A (*nord-est*) et l'appui D (*sud-est*)

- 14 -

21H270964

Compte tenu de l'opération de levage et de descente du bâtiment qui nécessitait une parfaite coordination entre l'opérateur des vérins et celui de la chargeuse qui supportait l'annexe latérale, il demeurerait également possible qu'une erreur de coordination ait causé un mouvement et une surcharge sur les appuis A (*nord-est*) et D (*sud-est*) à proximité. Notons cependant que, selon les informations fournies par M. **E** [redacted] (*Entreprises Lemont*) lors d'une discussion sur place le 27 octobre 2021, au moment de l'incident, le système n'était pas en opération active. La structure reposait sur les vérins alors que les ouvriers préparaient une phase de descente. Ceci invaliderait donc l'hypothèse d'une mauvaise coordination dans l'opération des vérins hydrauliques et de la chargeuse qui supportait l'annexe latérale.

Dans tous les cas, l'affaissement de la structure de soutènement suivant la rupture franche de l'appui A au coin arrière droit (*nord-est*) concorde avec le glissement vers l'ouest de l'extrémité des poutres de levage qui s'en serait suivi et qui aurait causé l'effondrement latéral de la cage de bois de l'appui B au coin arrière gauche (*nord-ouest*).

5- Examen et essais du système hydraulique

Le système hydraulique qui servait au levage de la maison a été récupéré sur le site de l'incident lors de la démolition de la maison, les 26 et 27 octobre 2021. Notons que lors de la récupération du système hydraulique (Annexe C), durant la démolition de la maison, les vérins et tuyaux, de même que la manette de contrôle, ont été retirés des débris à l'aide de la pelle mécanique. Ainsi, plusieurs raccords des tuyaux aux vérins ont été endommagés, occasionnant une giclée d'huile hydraulique lorsque les raccords cédaient, ce qui suggère que le système était demeuré pressurisé.

Le système hydraulique récupéré sur place et transporté à nos bureaux était donc composé des éléments suivants :

- Quatre vérins hydrauliques, identifiés *Nord-Est (N-E)*, *Sud-Est (S-E)*, *Sud-Ouest (S-O)*, *Nord-Ouest (N-O)*;
- Un bloc de valves directionnelles;
- Une pompe hydraulique à essence;
- Des tuyaux hydrauliques avec des raccords rapides;
- Un boîtier de contrôle central avec une manette de contrôle;
- Un conteneur d'acier qui servait à transporter ces équipements.

Lors de l'examen et des essais de ce système hydraulique, nous avons pris une série de photographies, dont certaines sont présentées à l'Annexe E.

Avant de procéder aux essais, le système a été examiné afin que certaines pièces du système hydraulique, qui avaient été endommagées lors de la démolition de la maison, soient remplacées par des pièces neuves ou provenant des équipements supplémentaires présents dans le conteneur de transport :

- Les raccords mâles inférieurs des quatre vérins ont été remplacés par des raccords neufs (photographies E-1 et E-2);
- Le raccord mâle supérieur du vérin N-E a été remplacé par celui appartenant à un vérin supplémentaire (photographie E-3);
- Les plaques d'appui des vérins N-O et S-O ont été remplacées par celles des vérins supplémentaires (photographie E-4);

- 16 -

21H270964

- Les tuyaux hydrauliques qui reliaient les raccords inférieurs des vérins N-E et S-O et le raccord supérieur du vérin S-E ont été remplacés par des tuyaux supplémentaires;
- Un relai et un fusible du boîtier de contrôle central ont été remplacés afin de faire fonctionner la manette de contrôle (photographie E-5).

La pompe hydraulique servait à bâtir la pression nécessaire au fonctionnement du système et était branchée au bloc de valves directionnelles. Avec les tuyaux hydrauliques, chaque vérin était branché à une valve directionnelle. Ces valves avaient un levier pour faire monter ou descendre son vérin correspondant. Ces valves pouvaient également être actionnées avec la manette de contrôle, qui permettait d'actionner plusieurs vérins simultanément.

Ce système hydraulique a été mis à l'essai dans notre atelier à Laval le 21 décembre 2021, afin de déterminer si une défaillance du système hydraulique aurait pu causer l'incident. Les essais ont été réalisés en présence des ingénieurs K [REDACTED] (Technorm) et L [REDACTED] (DFA), et a reflété le protocole d'essais (Annexe D) préalablement soumis aux différentes parties ayant accepté l'invitation à y assister. Lors des essais, nous avons fait les observations et les constatations suivantes :

- Les quatre vérins, qui étaient demeurés dans la même position que lors de leur récupération sur le site, étaient similairement déployés, ce qui suggère qu'aucun bris ou aucune fuite du système n'aurait permis à un vérin de se rétracter et d'occasionner une différence trop importante des hauteurs entre les vérins (photographies E-6 et E-7);
- Le conteneur a été déposé sur les vérins. Les vérins ont adéquatement gardé leur position, ce qui indique qu'aucune fuite n'était présente sur le système lors des essais;
- Les vérins ont été déployés et rétractés, de façon simultanée et individuelle, dans le but de monter et descendre le conteneur. Le système hydraulique répondait adéquatement aux commandes, tant avec les leviers des valves qu'avec la manette de contrôle (photographies E-8 à E-10);

- 17 -

21H270964

- Après avoir remarqué une différence de vitesse entre les vérins, nous avons effectué différents essais pour conclure que le diamètre des tuyaux hydrauliques impactait la vitesse d'opération en raison de leur différence de débit. Ce phénomène n'est pas en lien avec l'incident, mais l'utilisation de tuyaux de diamètres variés nécessitait invariablement davantage de minutie et de dextérité de la part de l'opérateur afin de lever ou descendre les vérins de façon simultanée et d'éviter les déséquilibres dans la structure du bâtiment durant toute opération du système;
- Le boîtier de contrôle avait des connecteurs permettant d'installer un système de niveau laser. Ces derniers n'ont pas été utilisés lors des essais car ils n'étaient pas en utilisation non plus lors de l'incident durant les travaux.

Les différents essais ont donc démontré que le système hydraulique répondait adéquatement aux commandes et qu'aucune défaillance du système hydraulique n'a été détectée. Selon nos observations sur place lors de la récupération du système hydraulique, nos examens et nos essais, nous pouvons écarter l'hypothèse d'une défaillance du système hydraulique comme étant la cause ou un facteur contributif à l'incident survenu au chantier.

6- Conclusion et recommandations

Sur la base des informations obtenues, de nos observations et de nos analyses, nous concluons que la défaillance du système de levage construit pour ce projet a été causée par une combinaison d'une conception déficiente de l'ensemble du système par l'entrepreneur et de l'utilisation de pièces de bois dont le grade de qualité pouvait être variable.

En effet, tel que conçu et construit par l'entrepreneur, la probabilité que les charges du bâtiment les plus minimalement envisageables réparties dans la structure du système de levage outrepassaient la résistance en flexion des pièces de transfert en bois utilisées à plat était très élevée. D'ailleurs, nos analyses confirment que la conception et la construction de ce système de levage étaient non-conformes aux règles de l'art de ce type d'ouvrage structural. L'entrepreneur qui menait ces travaux n'avait manifestement pas consulté un professionnel pour la conception de ce système et n'avait manifestement pas les connaissances requises pour évaluer adéquatement les charges du bâtiment et la résistance des matériaux utilisés.

Nos observations et analyses révèlent que la première rupture est probablement survenue à l'appui A (*nord-est*) ou à l'appui D (*sud-est*). Dans les deux cas, la déficience préalable de l'une des pièces de transfert de l'appui A (*nord-est*), qui correspondait à un grade de qualité no 2 au lieu d'un grade no 1, a probablement favorisé la rupture franche des pièces de transfert de cet appui.

Selon les informations recueillies, une erreur potentielle de coordination entre l'opérateur des vérins et l'opérateur de la chargeuse qui supportait l'annexe latérale ne serait pas un facteur ayant causé ou contribué à cet incident puisque le système n'était pas en opération active lorsque l'incident est survenu.

Nos observations faites sur place, lors de la démolition de la maison et de la récupération du système hydraulique, ainsi que lors de l'examen et des essais d'opération de ce dernier à notre atelier, n'ont révélé aucune anomalie dans son fonctionnement. Nous pouvons donc écarter l'hypothèse d'une défaillance du système hydraulique comme étant la cause probable ou un facteur contributif à l'incident survenu au chantier.

- 19 -

21H270964

À titre indicatif, nous proposerions les recommandations suivantes pour réduire les risques de défaillance lors de ce type de travaux de levage de bâtiment :

1. L'ingénieur qui produit des plans de remplacement de fondation qui nécessite le levage d'un bâtiment devrait minimalement exiger que l'entrepreneur spécialisé lui présente un plan de levage et de soutènement temporaire signé par un professionnel compétent en structure.
2. L'autorisation de tels travaux de levage de structure par les autorités compétentes devrait être conditionnelle à une conception complète signée par un professionnel compétent en structure.
3. L'exécution de ce type de travaux de levage nécessite l'utilisation de pièces de transfert posées à plat pour qu'elles soient amovibles lors de la descente afin de pouvoir abaisser progressivement la position du vérin dans la cage de bois. Ainsi, au lieu d'utiliser des pièces de transfert en bois, l'utilisation de profilés en acier ou de pièces de bois renforcées d'acier permettrait une géométrie adéquate pour être amovibles au travers de la cage de bois tout en ayant une résistance et une durabilité accrue et adéquate.

PYROTECH BEI

Simon Blais, ing., M.Sc.
OIQ #127313

SB/MB/sr

P.J.



Mathieu Bellavance, ing.
OIQ #139665

Annexe A
Rapport du CIFQ



CERTIFICAT D'INSPECTION



INSPECTION CERTIFICATE

CONSEIL DE L'INDUSTRIE FORESTIÈRE DU QUÉBEC (CIFQ) / QUEBEC FOREST INDUSTRY COUNCIL (QFIC)
1175, avenue Lavigerie, bureau 200, Québec (Québec) G1V 4P1 - Tél. / Tel.: (418) 657-7916

# de location CIFQ	20-40		
Requested by (Payer) Demandeur (payeur):	Pyrotech BEI		
Client	Fabio R. Melo, ing., M.Sc.		
Project			
Location of inspection Endroit de l'inspection:	3300 boulevard le Corbusier, Laval	Date of inspection Date de l'inspection:	01-09-2021
Order number Commande numéro:	Grading rule Règle de classe: NLGA parag 130	Mark Inscription:	

I (we), the undersigned, director or inspector(s) for the Québec Forest Industry Council declare that I (we) have personally inspected and/or tallied the material described, at the place and date here above indicated according to the procedure adopted by this council and in force at the date of the inspection.

Note : NLGA stipulates that for dimension lumber and timbers graded for strength, characteristics on all four(4) sides and both(2) ends are considered in relation to their effect on the strength of the piece.

I (we) do hereby certify that the material consist of:

Je (nous), soussigné(s), directeur ou inspecteur(s) au Conseil de l'industrie forestière du Québec, déclare (déclarons) par la présente que j'ai (nous avons) personnellement inspecté et/ou mesuré le matériel décrit à l'endroit et à la date indiquée ci-dessus, en conformité avec la procédure adoptée par ce conseil et en vigueur à la date de l'inspection.

Note : En classification, NLGA stipule qu'on doit tenir compte des quatre (4) faces et des deux (2) bouts pour évaluer la résistance d'une pièce. Je (nous) certifie (certifions) que ce matériel consiste en :

Je suis allé faire l'évaluation de trois pièces de bois traité incisé 8" X 6". Il y en avait une intacte et les deux autres étaient cassées après avoir été utilisées pour lever une structure. La pièce intacte était de très bonne qualité #1 et elle aussi avait été utilisée pour soulever la structure. Pour les deux autres pièces, elles sont cassées toutes les deux sensiblement à la même distance. La pièce B 2/2 est une pièce sans défaut majeur et était de grade #1 avant d'être cassé. Pour la pièce A 1/2 est une pièce avec flache, gerce, roulure et traie de scie de #2 et est une des causes du bris des deux pièces. La cause principale est que les pièces qui ont cassés ont été placées sur le 6" et la pièce avec la roulure était la plus faible des deux. C'est la première qui a cédé et l'autre ne pouvant supporter la charge à elle seule a suivi. Pour l'utilisation de ces pièces dans un ouvrage de levage, elles devraient toujours être utilisées sur la partie du 8" et qu'elles soient toujours de grade structure choisie ou #1.

At
À: **Québec**

Province
Province: **Québec**

Date
Date: **07 septembre 2021**

SIGNATURE
Paul O'Dowd, ing. f.
Directeur - Qualité des produits - CIFQ

Sylvain Tousignant insp

Quality Control Supervisor / Inspecteur - qualité #

Ce certificat n'implique l'association que s'il porte la signature de son représentant autorisé dans le sceau de l'association, autrement, seul l'expéditeur est responsable.
Le CIFQ se dégage de toutes responsabilités découlant du travail exécuté ou des dommages pouvant en résulter.

This certificate will involve the Association only if countersigned by his authorized representative in the seal of the Association, otherwise, only the shipper is responsible.
QFIC cannot be held responsible for any work or damage resulting of this inspection.

Annexe B

**Sélection de photographies prises le 5 août
et le 1^{er} septembre 2021**



21H270964



Photo 1 : Vue générale du chantier



Photo 2 : Système de levage composé de poutres (grises) sur cages de bois et d'une chargeuse

21H270964



Photo 3 : Nouvelles poutres (rouges) supportant la charpente de bois du plancher



Photo 4 : Poutre boulonnée le long du mur arrière (axe A)

21H270964



Photo 5 : Poutre déversée le long du mur avant (axe D), boulonnée à gauche de la jonction et non-boulonnée à droite



Photo 6 : Poutre déversée le long du mur avant (axe D) non-boulonnée sous l'annexe avant

21H270964



Photo 7 : Poutre de levage (grise) supportée par des cages de bois construites au fur et à mesure du levage



Photo 8 : Chargeuse (333G) munie de fourches de levage pour soulever et redescendre l'annexe latérale en même temps que le reste du bâtiment

21H270964



Photo 9 : Espace excavé pour une cage de levage additionnelle approximativement à mi-chemin entre les deux cages arrière (A et B)



Photo 10 : Espace excavé pour une cage de levage additionnelle approximativement à mi-chemin entre les deux cages arrière (A et B)

21H270964



Photo 11 : Poutres de levage additionnelles laissées au bord du chemin privé menant au site



Photo 12 : Cage D demeurée relativement intacte (à l'exception de la rupture de quelques pièces au sommet)

21H270964



Photo 13 : Cage C demeurée relativement intacte (à l'exception de la rupture de quelques pièces au sommet)

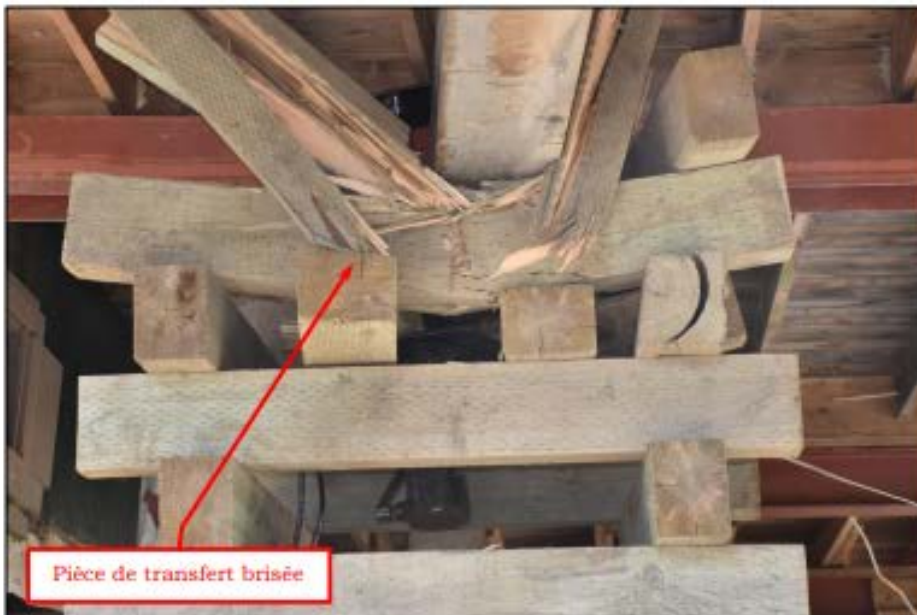


Photo 14 : Cage D dont l'une des pièces de transfert supportant le vérin est brisée

21H270964



Photo 15 : Rupture d'une pièce de transfert de la cage D et vérin désaxé ne supportant plus la poutre de levage



Photo 16 : Vue rapprochée de la photo 15

21H270964



Photo 17 : Cage C désaxée suite à l'incident

21H270964



Photo 18 : Vérin désaxé ne supportant plus la poutre de levage dans la cage C



Photo 19 : Aucune rupture apparente aux pièces de transfert supportant le vérin de la cage C

21H270964



Photo 20 : Effondrement latéral de la cage B



Photo 21 : Extrémité de la poutre de levage déplacé latéralement par rapport à la cage B

21H270964



Photo 22 : Vérin plus loin que la poutre par rapport à la cage B



Photo 23 : Effondrement latéral de la cage A et déplacement de l'extrémité de la poutre de levage

21H270964



Photo 24 : Vérin et pièces de transfert rompues à l'intérieur de la cage A



Photo 25 : Vérin et pièces de transfert rompues à l'intérieur de la cage A

21H270964



Photo 26 : Vérin de la cage A



Photo 27 : Pièces de transfert rompues de la cage A et prélevées pour examen

21H270964



Photo 28 : Annexe latérale partiellement décrochée du bâtiment principal



Photo 29 : Annexe latérale partiellement décrochée du bâtiment principal

21H270964



Photo 30 : Pièce C intacte, pruche traitée de grade no 1



Photo 31 : Pièce C intacte, pruche traitée de grade no 1

21H270964



Photo 32 : Pièces de transfert du vérin de la cage A



Photo 33 : Rupture de la pièce B ne présentant pas de défaut préexistant

21H270964



Photo 34 : Rupture de la pièce B ne présentant pas de défaut préexistant



Photo 35 : Rupture de la pièce A révélant des défauts préexistants

21H270964



Photo 36 : Rupture de la pièce A révélant des défauts préexistants



Photo 37 : Rupture de la pièce A révélant des défauts préexistants

21H270964



Photo 38 : Rupture de la pièce A révélant des défauts préexistants



Photo 39 : Gerce préexistante reliant deux faces de la pièce A

21H270964



Photo 40 : Oxydation dans le faciès de rupture suggérant une déficience antérieure à l'incident

Annexe C

**Sélection de photographies prises
les 26 et 27 octobre 2021**



21H270964



Photo 1 : Conteneur de transport pour le système hydraulique de levage



Photo 2 : Module de contrôle

21H270964



Photo 3 : Manette de contrôle déposée sur l'un des pieux sous la maison levée



Photo 4 : Module de contrôle du système rangé dans le contenu avant le début de la démolition

21H270964



Photo 5 : Chargeuse munie de fourches de levage, pleinement opérationnelle



Photo 6 : Fiche signalétique des fourches de levage

21H270964



Photo 7 : Fiche signalétique de la chargeuse



Photo 8 : Identifications de la chargeuse

21H270964



Photo 9 : Vérin de l'appui D (*sud-est*) récupéré par la pelle mécanique



Photo 10 : Vérin de l'appui D (*sud-est*)

21H270964



Photo 11 : Vérin de l'appui D (sud-est), connecteur femelle brisé au tuyau et l'autre simplement désaccouplé



Photo 12 : Manette de contrôle récupérée sous les décombres

21H270964



Photo 13 : Vérin de l'appui C (*sud-ouest*) récupéré par la pelle mécanique, tuyau encore branché



Photo 14 : Vérin de l'appui C (*sud-ouest*), connecteurs simplement désaccouplés des tuyaux

21H270964



Photo 15 : Vérin de l'appui B (*nord-ouest*) récupéré sous les décombres par la pelle mécanique



Photo 16 : Vérin de l'appui B (*nord-ouest*), l'un des connecteurs est simplement désaccouplé

21H270964



Photo 17 : Vérin de l'appui B (*nord-ouest*), l'autre connecteur mâle est brisé



Photo 18 : Vérin de l'appui A (*nord-est*) récupéré sous les décombres par la pelle mécanique

21H270964



Photo 19 : Vérin de l'appui A (*nord-est*), les deux connecteurs mâles sont brisés

Annexe D

**Protocole des essais d'opération
du 21 décembre 2021**





Laval, le 20 décembre 2021

Référence : CNESST – Effondrement d'un levage de maison – Incident du 23 juillet 2021

Adresse : A [REDACTED]
Gracefield (Québec)

Votre dossier : 0000631
Notre dossier : 21H270964

Objet : Protocole de tests pour le système de vérins hydrauliques

Voici le protocole de tests du système de vérins hydrauliques utilisé lors du levage de la maison. Le test vise à appliquer une charge sur les vérins pour simuler un poids. Le poids appliqué n'est pas comparable à celui de la maison, mais assez représentatif pour détecter une défaillance quelconque sur le système hydraulique, le cas échéant.

La charge utilisée sera le conteneur d'acier utilisé pour le transport des équipements hydrauliques (pompe, bloc des valves, tuyaux, vérins, outils variés). Ce conteneur, d'une dimension d'environ 8 pieds par 8 pieds, a un poids estimé de 4500 lb.

Certaines composantes du système hydraulique (tuyaux et raccords) ont été endommagées lors des procédures de démolition de la maison, et seront préalablement remplacées pour ces tests. Une liste exhaustive des pièces réparées ou remplacées au préalable, avec la description des dommages qui les affectaient à la suite de la récupération du système dans les décombres du bâtiment, sera disponible dans notre rapport d'expertise.

Les tests seront effectués en présence des experts des parties impliqués dans ce dossier.

- 2 -

21H270964

Les suggestions sur ces tests et d'autres tests complémentaires sont les bienvenus.

But :

- Appliquer une charge sur les vérins hydrauliques.
- Tester le fonctionnement de la manette de contrôle ainsi que ses différentes fonctions disponibles.
- Valider si les vérins hydrauliques se comportent normalement avec les commandes de la manette de contrôle.

Étapes :

1. Mettre le conteneur sur le pont élévateur pour automobile. Certains des équipements seront à l'intérieur du conteneur (tuyaux et vérins supplémentaires, outils variés);
2. Lever le conteneur suffisamment pour pouvoir y insérer les quatre vérins hydrauliques utilisés lors du levage de la maison;
3. Avec des blocs de béton, soutenir les vérins hydrauliques sous les quatre coins du conteneur;
4. Descendre le conteneur pour le déposer sur les quatre vérins;
5. Avec la manette de contrôle ou avec les valves manuelles, procéder avec les tests suivants :
 - a. Lever le conteneur avec les quatre vérins simultanément, à la hauteur maximale;
 - b. Redescendre le conteneur à la hauteur minimale;
 - c. Faire lever et redescendre un vérin à la fois de quelques pouces (pour ne pas faire basculer le conteneur);
 - d. Lever le conteneur avec les quatre vérins simultanément, à la hauteur maximale;
 - e. Faire descendre et relever un vérin à la fois de quelques pouces (pour ne pas faire basculer le conteneur);
 - f. Redescendre le conteneur à la hauteur minimale;
 - g. Valider si d'autres options de contrôle sont disponibles avec la manette;

- 3 -

21H270964

6. Remettre les bras du pont élévateur sous le conteneur pour le supporter, et le relever pour libérer les vérins;
7. Retirer le vérin et les blocs de béton;
8. Redéposer le conteneur sur le sol.

Note : Entre chaque manœuvre de l'étape 5, déplacer les bras du pont élévateur près du conteneur pour le supporter en cas de chute.

Mathieu Bellavance, Ing.

Division mécanique

PYROTECH  BEI

3300, boul. Le Corbusier

Laval (Québec) H7L 4S8

Bureau : 450 967-1515 post^A

Cell : ^A

www.pyrotechbei.com

Annexe E

**Sélection de photographies prises les
15, 20 et 21 décembre 2021**



21H270964



Photo 1 : Raccord inférieur endommagé



Photo 2 : Raccord inférieur neuf

21H270964



Photo 3 : Remplacement du raccord supérieur du vérin N-E



Photo 4 : Remplacement de la plaque d'appui du vérin N-O

21H270964



Photo 5 : Relai et fusible remplacés dans le boîtier de contrôle



Photo 6 : Installation initiale du conteneur sur les vérins

21H270964



Photo 7 : Installation initiale du conteneur sur les vérins



Photo 8 : Conteneur en position basse lors des essais

21H270964



Photo 9 : Leviers des valves de contrôle des vérins



Photo 10 : Manette de contrôle des vérins

ANNEXE D**Références bibliographiques**

QUÉBEC. *Loi sur les ingénieurs*, à jour au 1^{er} novembre 2021, « En ligne », 2021, <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/I-9%20/>

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail : RLRQ*, à jour au 1^{er} novembre 2021, « En ligne », 2021, <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/S-2.1>

QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction*, à jour au 15 septembre 2021, « En ligne », 2021, <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/S-2.1,%20r.%204>

COLOMBIE-BRITANNIQUE. *OHS Guidelines Part 20: Construction, Excavation and Demolition*, « En ligne », <https://www.worksafebc.com/en/law-policy/occupational-health-safety/searchable-ohs-regulation/ohs-guidelines/guidelines-part-20#SectionNumber:G20.14>

CSA 086 :19 : *Règles de calcul des charpentes en bois*, à jour en juin 2020, « En ligne », 2020, <https://view.csagroup.org/b6JhAf>