

L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DES TRAVAILLEURS EN PONTS, EN FER STRUCTURAL D'ORNEMENTAL ET D'ARMATURE, LOCAL 711

CET-003M
C.P. PL 51
Loi modernisant l'industrie
de la construction

5 MARS 2024

PROJET DE LOI N 51

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À LA COMMISSION DE L'ÉCONOMIE ET DU TRAVAIL.

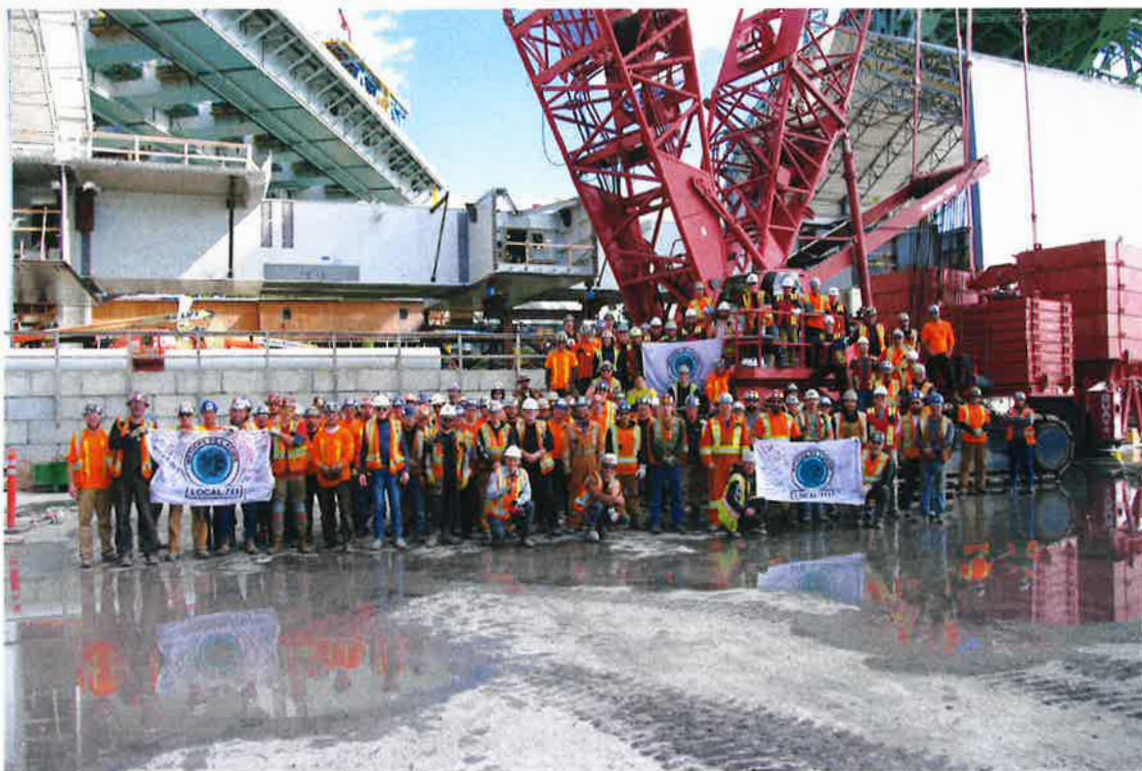


TABLE DES MATIÈRES

Projet de loi n 51.....	1
mémoire présenté à la commission de l'économie et du travail.	1
I.....	<i>l'introduction</i>
.....	3
II.....	<i>l'association internationale des travailleurs en pont, en fer structural, ornemental et d'armature, local 711</i>
.....	3
III.	<i>Le contexte historique</i>
.....	4
IV.	<i>Nos recommandations</i>
.....	5
V.....	Annexe 1
.....	12
VI.....	Annexe 2
.....	97

I. L'INTRODUCTION

Le Local 711 de l'Association internationale des travailleurs en pont, en fer structural, ornemental et d'armature trouve important de présenter son mémoire à la Commission de l'économie et du travail concernant le Projet de loi 51, la loi modernisant l'industrie de la construction.

Le Local 711 désire sensibiliser le gouvernement du Québec dans ses nouvelles approches face à l'industrie de la construction. La protection de l'employabilité régionale, la polyvalence, la négociation et le contrôle du respect des conditions de travail prévues aux conventions collectives sont au centre de nos préoccupations. Nous souhaitons ainsi atteindre l'objectif réel du ministre du Travail et de son projet de loi : celui de moderniser et améliorer l'industrie de construction au Québec pour ses usagers et ses ouvriers.

II. L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DES TRAVAILLEURS EN PONT, EN FER STRUCTURAL, ORNEMENTAL ET D'ARMATURE, LOCAL 711

L'Association internationale des travailleurs en pont, en fer structural, ornemental et d'armature (L'AITPFSOA) a été fondée le 4 février 1896 et a pour mandat de défendre les intérêts sociaux et économiques de ses membres. L'AITPFOA est composée de 142 sections locales qui ont pour mission de représenter 120 000 membres à travers les États-Unis et le Canada. Nos membres œuvrent principalement comme monteur de structure d'acier, d'acier ornemental et d'acier d'armature.

Le Local 711 s'est vu octroyer sa charte provenant de L'AITPFOA en novembre 1947. Depuis nous sommes reconnus comme une association en vertu de l'article 1 a) de *la Loi sur les relations du travail, la formation professionnelle et la gestion de la main-d'œuvre dans l'industrie de la construction (Loi R-20)*. Le Local 711 a le mandat de représenter l'ensemble des monteurs-assembleurs ainsi que les poseurs d'acier d'armature sur le territoire du Québec. Nous représentons plus de 5000 travailleurs, dont la grande majorité sont des salariés au sens de la Loi R-20.

III. LE CONTEXTE HISTORIQUE

Au Québec, les relations de travail dans l'industrie de la construction sont un sujet bien connu. Lors des débuts du Local 711, les ententes étaient négociées entre le Local 711 et les entrepreneurs.

En 1968, le gouvernement du Québec introduit la législation 290 afin de réguler les relations de travail entre les syndicats et entrepreneurs. À travers les décennies, le bill 290, devenu la Loi R-20, se forge à raison de multiples décisions des tribunaux et d'enquêtes publiques. La Commission de la construction du Québec est d'ailleurs le résultat de tous ces événements.

Vis-à-vis la législation des diverses provinces canadiennes, nous remarquons que la Loi R-20 impose aux intervenants de l'industrie de la construction un cadre législatif strict et formel. En ce sens, il permet difficilement aux associations syndicales de répondre aux besoins des membres en matière de représentations tels : qu'en matière de recouvrement de sommes impayées et de contrôle d'application de certaines conditions de travail portant sur des matières différentes que celles prévues à l'article 62 de la loi R.20.

Certains points négatifs et d'autres positifs, le Local 711 a toujours été d'avis qu'une modernisation ne serait pas néfaste pour notre industrie. Un changement de la loi était même nécessaire, cependant, le souhait du Local 711 est que la modernisation de la Loi R-20 se fasse en prenant le temps nécessaire pour ce faire. Nous croyons à une modernisation réfléchie et non précipitée. C'est pourquoi nous vous présentons dans ce mémoire nos recommandations comprenant nos points d'accord et de désaccord quant au Projet de Loi 51, ainsi que les améliorations requises pour redorer le blason de l'industrie.

IV. NOS RECOMMANDATIONS

A. Les griefs et Le Comité des relations du travail

Nous recommandons :

- De modifier l'article 62 de la loi R-20 par :

« tout grief portant sur un article de convention collective, ou sur l'ancienneté, la mobilité de main-d'œuvre, les mouvements de main-d'œuvre, le tableau d'affichage ou le harcèlement psychologique, selon les articles 81.18 à 81.20 de la Loi sur les normes du travail (chapitre N-1.1), doit être déféré à un arbitre unique. Cet arbitre est choisi par les parties au moment des négociations ; à défaut d'entente, il est nommé par la Commission parmi les personnes dont les noms apparaissent sur la liste dressée annuellement en vertu du deuxième alinéa de l'article 77 du Code du travail (chapitre C- 27). ».

- De modifier l'article 5 du projet de loi 51 :

Modifier l'article 18.14.13 par :

« Le Comité a pour fonctions :

1° d'étudier toute question ayant trait aux relations du travail dans l'industrie de la construction à l'exception de celles relevant du Comité sur la formation professionnelle dans l'industrie de la construction ou du Comité sur les avantages sociaux de l'industrie de la construction;

2° d'échanger sur toute situation problématique vécue dans le cadre des relations du travail dans l'industrie de la construction ou sur toute mécontente portant sur l'un des sujets prévus à un règlement de la loi R-20.

3° de donner son avis au ministre sur toute question soumise par ce dernier;

Le Comité peut en outre, de sa propre initiative, se saisir de toute question en lien avec son mandat. ».

Le fondement des griefs vise à assurer que les plaintes des salariés soient **prises en considération et traitées de façon intègre**. Ce processus offre une voie formelle pour adresser les problèmes au sein d'une entreprise, tout en fournissant une structure pour résoudre les litiges de façon efficace. En fin de compte, le principe des griefs tend à favoriser un environnement de travail juste et équitable pour tous. De plus, il aide à contrôler de manière quasi judiciaire, le cas échéant, le respect des différentes conditions de cet environnement de travail.

Quant au Comité des relations du travail prévu au Projet de loi 51, nous ne croyons pas qu'un tel comité devrait avoir le mandat d'appliquer des conditions de travail. L'application des conditions de travail doit se faire entre les employeurs et les syndicats concernés : il s'agit en effet d'un rapport privé. Il est primordial qu'un arbitre se doit d'être d'une totale impartialité lors de règlement de grief. Un comité composé de membres syndicale et patronale, n'ayant pas un statut impartial face à une situation problématique, n'est pas efficient pour régler des problèmes d'application de conditions de travail découlant des conventions collectives. De plus, chaque corps de métier et chaque entrepreneur spécialisé ont des besoins différents et particuliers qui ne peuvent se trancher avec un comité composé de 10 personnes qui n'ont que des connaissances limitées auprès de problèmes, enjeux ou sujets particuliers à un métier. Nous pouvons questionner la pertinence de faire siéger, au sein du Comité, des individus qui pourraient ne pas avoir d'expérience relative à un domaine spécialisé, autant en tant qu'employeur que salarié, considérant que ces derniers seront appelés à traiter d'enjeux pouvant toucher l'ensemble de l'industrie (ex : un entrepreneur électricien, de tuyauterie ou d'érection de structure d'acier qui se retrouve avec un problème spécifique en chantier ne devrait pas se voir imposer une mesure par des gens qui ne connaissent pas les réalités d'un métier en question). Il en irait de même de l'impartialité de ses membres.

La création du Comité complique le processus de résolution de problème et nous donne un accès très restrictif à l'outil qui a déjà fait ses preuves et qui a garanti la paix industrielle à travers les décennies de relations de travail, soit le grief. N'oublions pas que chaque association représentative a **fait l'objet d'un choix d'allégeance syndicale par un salarié** de l'industrie et que de ce choix découle une obligation de juste représentation. Le grief est un acte de nature privée entre un employeur et le syndicat représentant un travailleur. L'ajout d'une tierce partie dans la résolution du grief vient brimer cette désignation. Il laisse la chance à d'autres associations, auxquelles ce même travailleur a refusé d'adhérer, de prendre position sur un conflit entre lui et son employeur.

À notre avis, le Comité des relations du travail prend tout son sens, lorsqu'il vient le temps de travailler et d'appliquer les règlements de la Loi R-20.

B. Efficience de chantier et la polyvalence

Recommandation :

- De modifier l'article 72 du Projet de loi 51, modifiant le *Règlement sur la formation professionnelle de la main-d'œuvre de l'industrie de la construction* soit modifié par :

« 4.0.1. malgré l'article 4, un compagnon peut exercer une tâche non comprise dans la définition de l'annexe A qui s'applique à son métier lorsque cette tâche s'inscrit dans le respect du principe de polyvalence dans l'organisation du travail.

Constitue de la polyvalence le fait d'exercer des tâches qui satisfont à l'ensemble des conditions suivantes :

1° ces tâches sont reliées à celles prévues à la définition du métier de ce compagnon ;

2° elles s'inscrivent dans une même séquence de travail et permettent l'avancement ainsi que la continuité des travaux, incluant ceux de préparation et de finition ;

3° elles sont, à la fois, de courte durée et effectuée lors d'une même journée de travail.

Le principe de polyvalence n'est pas applicable aux travaux de structure et ses accès permanents (tel que les escaliers, les monte-charges, les passerelles et les échelles), aux travaux ayant comme utilité la protection du grand public (tel que des garde-corps, des mains courantes, des trappes d'accès, etc.) ou à l'opération de grues de tout genre. Il ne s'applique pas non plus aux tâches relevant des métiers d'électricien, de tuyauteur, de mécanicien en protection-incendie, de frigoriste ou de mécanicien d'ascenseur. ».

Il est crucial que les tâches qui s'inscrivent dans le principe de la polyvalence soient faites dans le plus grand intérêt de la protection du public, des salariés et de la qualité des ouvrages, et ce, tout en respectant les normes, les règles, les codes qui s'y attachent et les principes d'ingénierie.

Considérant que le principe de polyvalence n'est pas applicable aux travaux de structures, il est important pour nous de souligner qu'une portion majeure des travaux exécutés par nos métiers, tels que les travaux susmentionnés, ont un impact direct sur la sécurité du public et des travailleurs. Comme société moderne, nous devons mettre en avant-plan l'intégrité des travaux de structures, de ses accès ainsi que la protection du public et nous assurer d'atteindre des standards d'excellence.

Nous désirons porter à votre attention que les **3 derniers décès** que le local 711 a dû intervenir dans nos métiers sont survenus lors de l'installation d'un escalier. L'installation des accès en acier est majoritairement vue comme des tâches ou activités simples et peu dangereuses. Or, l'installation des accès permanents de nos structures est généralement dangereuse dû au manque d'espace, aux travaux superposés et à la pesanteur des morceaux (qui sont majoritairement installés à la main). Également, l'expertise requise pour l'installation des accès en acier est extrêmement importante, il est question notamment des connaissances reliées à l'installation d'une structure. Dans le rapport d'enquête de la CNESST # RAP1348593 concernant le décès d'un de nos membres prévus en annexe 1 du présent mémoire, il est mentionné au paragraphe 12 de l'article 4.2.1 :

Également, la Régie du Bâtiment du Québec (RBQ) confirme qu'un tel escalier (permanent et en acier) doit être conçu en respectant les exigences de la partie 4 de la division B du CNB comme s'il s'agissait d'éléments structuraux. En Effet, puisqu'un escalier est un élément qui permet la liaison intermédiaire entre deux planchers, il doit supporter les mêmes charges de service que ceux-ci.

En conclusion, la partie 4 du CNB s'applique pour la conception et le montage de l'escalier métallique No 1 impliqué dans l'accident.

Il est important de vous soulever que l'assemblage et l'installation inadéquate des accès permanents et des éléments de protection pour les usagers des bâtiments et du grand public sont des enjeux primordiaux que nous devons adresser. Si l'installation des garde-corps n'est pas faite selon les règles d'art, cela pourrait entraîner des conséquences catastrophiques en cas de défaillances, par exemple : une chute d'une personne suite à la rupture des ancrages de ce garde-corps.

C. La mobilité de main-d'œuvre

Nos recommandations :

- Nous recommandons l'abolition des articles 69 et 70 du Projet de loi 51.

Le *Règlement sur l'embauche et la mobilité des salariés dans l'industrie de la construction* conjointement au texte des conventions collectives ont été le fruit des efforts des parties négociatrices durant les 25 dernières années. Ces efforts ont instauré une **paix industrielle**. Rappelons-nous que le règlement et les conventions collectives n'ont pas empêché la mobilité des salariés de l'industrie, mais bien encouragé le recrutement de travailleurs et travailleuses locaux. Malgré les clauses actuelles, des milliers d'ouvriers ont réussi à œuvrer à l'extérieur de leur région année après année. Ainsi, lorsque nous sommes en période de plein emploi et de pénurie de main-d'œuvre, il n'est pas vrai que les dispositions en place sont un frein à la mobilité provinciale. Cependant, lors de ralentissements économiques, ces clauses servent à encourager l'emploi local et ce tel qu'il est possible de le constater du tableau prévu en annexe 2.

Pour le Local 711, l'ajout des articles 69 et 70 du PL-51 est un recul certain dans notre industrie. Ces dispositions auront une répercussion négative pour l'ensemble des salariées de l'industrie de la construction au Québec.

Avantager l'embauche de la main-d'œuvre locale dans l'industrie de la construction a plusieurs impacts positifs. Tout d'abord, cela contribue à renforcer l'économie régionale en offrant des opportunités d'emplois aux travailleurs locaux. Cela réduit parallèlement le taux de chômage dans la région, ce qui est bénéfique à la fois pour les individus et pour la communauté dans son ensemble.

En favorisant l'embauche locale, les entreprises de construction peuvent également aider à accroître le sentiment d'appartenance et de fierté au sein de la communauté. Les travailleurs

locaux peuvent se sentir plus investis dans les projets de construction de leur propre région, ce qui peut entraîner une meilleure qualité de travail et un plus grand respect pour les normes et réglementations en vigueur.

En outre, l'embauche de main-d'œuvre régionale peut réduire les coûts liés au logement, au transport et à d'autres aspects de la vie professionnelle pour les travailleurs. Cela peut contribuer à une meilleure qualité de vie, ce qui peut à son tour favoriser la stabilité et la productivité des travailleurs.

Enfin, encourager l'embauche locale peut également contribuer à réduire l'empreinte carbone en limitant les déplacements des travailleurs et en favorisant un modèle de développement plus durable.

En somme, encourager l'embauche de la main-d'œuvre régionale dans l'industrie de la construction peut apporter une série d'impacts positifs, tant sur le plan économique que social et environnemental.

D. Les Négociations

Nous accueillons favorablement les modifications apportées au régime de négociation et à la période prévue pour le maraude, lesquelles permettent des négociations structurées qui débutent au moment prévu par la loi, ce qui devrait permettre d'arriver à une entente négociée avant l'échéance des conventions collectives en vigueur.

Nous saluons aussi la volonté du gouvernement de rétablir les rapports en donnant la possibilité d'exercer des moyens de pression dès l'échéance des conventions collectives.

Toutefois, nous avons des propositions afin de rendre les négociations encore plus efficaces et ordonnées.

- 1- Le gouvernement propose une entrée en vigueur des nouvelles dispositions portant sur la négociation le 1^{er} septembre 2025.
Nous proposons une entrée en vigueur le plus rapidement possible de certaines dispositions afin que nous puissions en bénéficier pour le renouvellement des conventions collectives qui arrivent à échéance au mois d'avril 2025.

Ces nouvelles dispositions favorisent le début des négociations rapidement, car historiquement les parties entament les négociations par le dépôt des demandes à la mi-janvier. Cette ancienne façon de faire laisse peu de temps pour conclure une entente.

Ces nouvelles dispositions favorisent la négociation en laissant plus de temps d'accompagnement par les médiateurs et rétablissent les rapports en donnant la possibilité d'exercer les moyens de pression dès la fin de la convention collective en vigueur.

Les dispositions du projet de loi qui devraient entrer en vigueur pour les négociations 2024-2025 sont les suivantes :

- Nouvel article 42.2. :
L'obligation aux associations de soumettre leurs demandes le 1^{er} novembre 2024.
 - Modifications des articles 43.4. et 43.5. :
La médiation de 90 jours avant l'échéance des conventions collectives et le retrait de la période de 21 jours avant de pouvoir exercer une grève.
- 2- Le gouvernement propose, par l'insertion du nouvel article 42.2, l'obligation de *« transmettre par écrit aux autres parties leurs demandes, leurs offres ainsi que des propositions sur l'ensemble des matières pouvant faire l'objet des négociations »*.

Bien que nous soyons en accord avec le principe de remettre nos demandes 6 mois avant l'échéance des conventions collectives, nous trouvons difficiles pour une partie de transmettre ses offres et propositions avant même de prendre connaissance de l'ensemble des demandes de l'autre partie. Cette dernière partie relève du processus de négociation qui suit le dépôt des demandes et ne peut être effectuée simultanément.

- 3- Conséquemment à notre proposition au point précédent, nous proposons de rendre obligatoire l'établissement d'une structure et de modalités de négociation qui est prévue dans le nouvel article 42.3. proposé par le gouvernement.

En rendant obligatoire le protocole de négociation patronal-syndical, nous nous donnons les outils afin de prévoir le bon déroulement des négociations et encadrer les sujets qui sont souvent litigieux dont : la rédaction et clarification de textes, l'amendement des demandes, la négociation des tables particulières de métiers, la présence d'observateurs ou d'intervenants, le partage des frais liés à la négociation, etc.

- 4- Nous proposons d'obtenir le droit de grève sur les matières visées par l'article 61.1 de la loi.

Dans sa forme actuelle l'article 45.4. de la loi nous interdit de grever à l'égard de ces matières dont entre autres le régime d'avantages sociaux.

Il est inconcevable que pour une matière aussi importante que les avantages sociaux, les salariés ne disposent d'aucun rapport de force. Pendant 8 ans aucune modification n'a été apportée aux différents régimes, ce qui a placé le régime d'assurances médic dans une situation précaire.

- 5- Nous proposons la création obligatoire d'associations d'entrepreneurs spécialisés pour chaque métier ou famille de métiers. Pour les associations spécialisées déjà existantes, nous proposons leur reconnaissance dans la loi. Cette proposition vise uniquement le régime de négociation. Nous croyons qu'en créant ces associations d'entrepreneurs spécialisés et en leur donnant la place aux tables de négociations particulières de métiers, nous arriverons à faire des échanges qui sont avantageux tant pour les salariés d'un métier visés que pour les entrepreneurs spécialisés dans ce métier.
- 6- Nous proposons d'inclure les dispositions du code du travail concernant l'utilisation de briseur de grève.

Les travailleurs de l'industrie de la construction ne devraient pas être dans une classe à part lorsqu'il est question de respecter leur recours ultime en cas d'échec des négociations.

Le seul moyen de pression disponible est la grève générale illimitée dans un secteur donné et lorsqu'elle doit être exercée et que les employeurs continuent d'effectuer des travaux, il en résulte des situations conflictuelles et potentiellement dangereuses.

En appliquant les dispositions anti-briseur de grève, les tensions entre employeurs et employés seraient grandement diminuées. Lorsqu'une négociation de convention collective se dirige vers une grève, les tensions entre les salariées en chantier s'élèvent au maximum. Or, la voix d'un syndiqué pour un droit de grève se doit d'être entendue dans une assemblée spéciale et non sur un chantier. Le débat d'aller en grève ou non devrait se faire en assemblée spéciale où les dispositions sont mises en place pour être accordées par un vote majoritaire. Lorsque cette voix est cédée au choix des travailleurs de briser une ligne de piquetage ou non, nous exposons nos salariés à des conflits potentiellement violents.

Rappelons que l'effet de ces tensions laisse des traces pendant plusieurs années. Ceci dans le passé a d'ailleurs créé plusieurs situations indésirables, telles que des sac-cages.

ANNEXE 1

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident ayant causé la mort d'un travailleur de
l'entreprise Métal Méroc inc. sur un chantier de
construction situé au 987, route de l'Église
à Québec le 16 novembre 2020**

**Service de la prévention-inspection Capitale-Nationale
Direction de la prévention-inspection Capitale-Nationale et Centre-Nord**

Version dépersonnalisée

Inspecteurs :

Joël Ménard, ing.

Étienne Girardin, CRIA

Date du rapport : 9 juin 2021

Rapport distribué à :

- Monsieur A [REDACTED], Métal Méroc inc.
- Monsieur B [REDACTED],
9188-3322 Québec inc. (Immofab Construction)
- Maître Donald Nicole, coroner
- Docteur André Dontigny, directeur de santé publique, CIUSSS de la Capitale-Nationale
- Monsieur Michel Trépanier, président, Conseil provincial du Québec des métiers de la construction (International)
- Monsieur C [REDACTED], CSN-Construction
- Monsieur D [REDACTED], CSD-Construction
- Monsieur E [REDACTED], Syndicat québécois de la construction (SQC)
- Monsieur F [REDACTED], FTQ-Construction

TABLE DES MATIÈRES

1	RÉSUMÉ DU RAPPORT	1
2	ORGANISATION DU TRAVAIL	3
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DU CHANTIER	3
2.1.1	MAÎTRE D'ŒUVRE	3
2.1.2	MÉTAL MÉROC INC.	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	3
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	3
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	4
3	DESCRIPTION DU TRAVAIL	6
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	6
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	6
3.3	DESCRIPTION DES PIÈCES DE L'ESCALIER	12
4	ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE	13
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	13
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	14
4.2.1	PLANS ET DESSINS D'ATELIER	14
4.2.2	PLAN ET MÉTHODE DE MONTAGE	17
4.2.3	FORMATION ET EXPÉRIENCE DU TRAVAILLEUR	18
4.2.4	PROCÉDÉ DE SOUDAGE À ARC À L'ÉLECTRODE ENROBÉE (SAEE)	19
4.2.5	QUALIFICATION DE MÉTAL MÉROC INC.	19
4.2.6	CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES	20
4.2.7	DESCRIPTION DES PIÈCES SOUDÉES	20
4.2.8	EXPERTISE SUR LA SOUDURE	21
4.2.8.1	DESCRIPTION	21
4.2.8.2	PÉNÉTRATION	23
4.2.8.3	CONTRAINTES	23
4.2.9	ÉLECTRODES	25
4.2.9.1	UTILISATION	25
4.2.9.2	ENTREPOSAGE	27
4.2.10	SOUDEUSE	29
4.2.10.1	ESAB - MINIARC ROGUE ES180i	29
4.2.11	SPÉCIFICATIONS DE MODE OPÉRATOIRE DE SOUDAGE (SMOS)	29
4.2.11.1	PRÉCHAUFFAGE ET MAINTIEN DE LA TEMPÉRATURE MINIMALE	30
4.2.11.2	PRÉPARATION DES MATÉRIAUX DE BASE	31
4.2.12	FEUILLES DE DONNÉES DE MODE OPÉRATOIRE DE SOUDAGE (FDMOS)	32
4.2.13	INSPECTION DES SOUDURES	33

4.2.14	PROTECTION CONTRE LES CHUTES	34
4.2.15	LOIS, RÉGLEMENTATIONS ET NORMES APPLICABLES	34
4.2.15.1	LOI SUR LE BÂTIMENT (CHAPITRE B-1.1)	34
4.2.15.2	CODE DE CONSTRUCTION DU QUÉBEC, CHAPITRE I -- BÂTIMENT ET CODE NATIONAL DU BÂTIMENT -- CANADA 2010 (MODIFIÉ).	34
4.2.15.3	NORME CSA S16-09 -- RÈGLES DE CALCUL DES CHARPENTES EN ACIER	36
4.2.15.4	NORME CSA W59-03 -- CONSTRUCTION SOUDÉE EN ACIER (SOUDAGE À L'ARC)	37
4.2.15.5	CSA W47.1-09 - CERTIFICATIONS DES COMPAGNIES DE SOUDAGE PAR FUSION DE L'ACIER	39
4.2.15.6	CODE DE SÉCURITÉ POUR LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION (CSTC) (S-2.1, R.4)	40
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	42
4.3.1	AU MOMENT OÙ LE TRAVAILLEUR SE DÉPLACE SUR LA VOLÉE D'ESCALIER INFÉRIEURE, LA SOUDURE QUI SUPPORTE TEMPORAIREMENT UN DES COINS DU PALIER INTERMÉDIAIRE CÈDE, PROVOQUANT LA CHUTE DE LA VOLÉE D'ESCALIER ET DU TRAVAILLEUR D'UNE HAUTEUR DE 2,9 MÈTRES.	42
4.3.2	LA MÉTHODE DE TRAVAIL UTILISÉE POUR LE MONTAGE DE L'ESCALIER MÉTALLIQUE EST INADÉQUATE EN CE QU'ELLE N'ASSURE PAS LA STABILITÉ DES PIÈCES DE L'ESCALIER PENDANT SON MONTAGE.	43
5	CONCLUSION	46
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	46
5.2	SUIVI À L'ENQUÊTE	46
 ANNEXES		
ANNEXE A :	Accidenté	47
ANNEXE B :	Liste des témoins et des autres personnes rencontrées	48
ANNEXE C :	Rapport d'expertise	49
ANNEXE D :	Dessins d'atelier de l'escalier métallique n° 1	70
ANNEXE E :	Feuilles de données de mode opératoire de soudage E7018	72
ANNEXE F :	Feuilles de données de mode opératoire de soudage E6011	75
ANNEXE G :	Relevé météorologique	78
ANNEXE H :	Références bibliographiques	79

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

Le 16 novembre 2020, un monteur-assembleur s'affaire au montage d'un escalier métallique entre le 7^e et le 8^e étage d'un immeuble résidentiel en construction. Le palier intermédiaire et les deux volées de l'escalier sont déposés à leur endroit respectif et soudés temporairement, le temps de procéder à l'équerrage des pièces. Alors que le travailleur se déplace sur la volée d'escalier inférieure, la soudure de la cornière d'acier, communément appelée « fer angle », qui supporte temporairement le coin du palier cède, ce qui provoque l'affaissement partiel du palier et l'effondrement de la volée d'escalier inférieure. Le travailleur est entraîné avec la volée d'escalier et fait une chute de 2,9 mètres.

Conséquences

Le travailleur décède des suites de ses blessures.

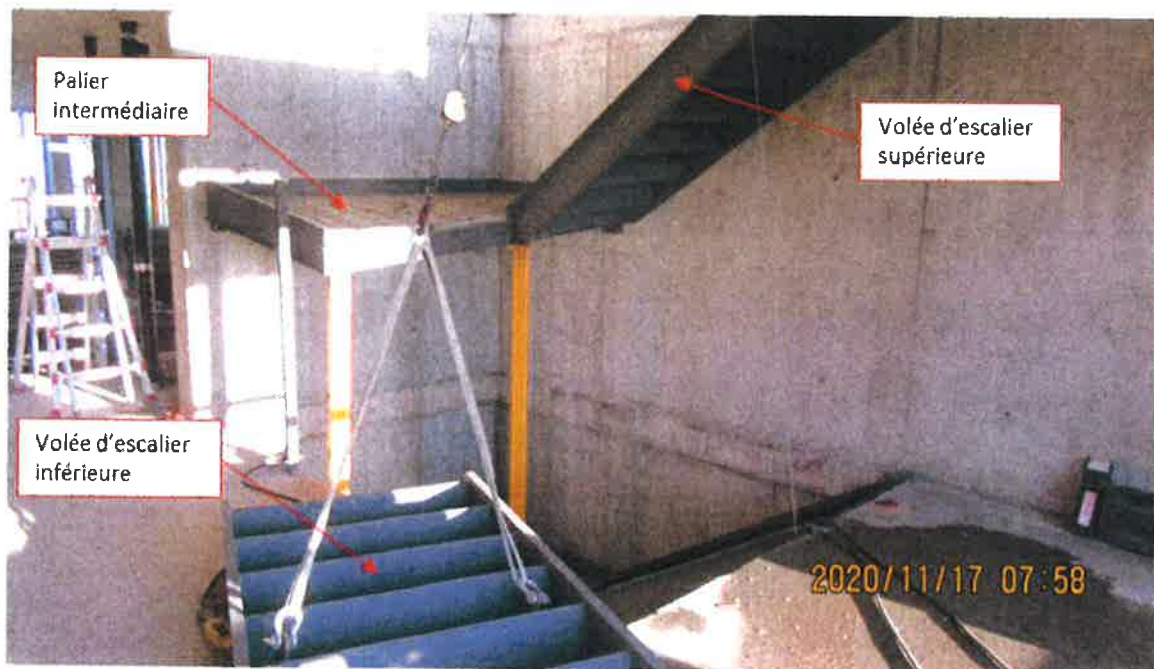


Figure 1 — Photo du lieu de l'accident¹

Source : CNESST

¹ À noter que sur cette photo, la volée d'escalier inférieure a été déplacée de sa position après l'effondrement afin de porter assistance au travailleur. Les vérins d'étaisements jaunes ont été installés après l'évènement pour sécuriser les lieux.

Abrégé des causes

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

- Au moment où le travailleur se déplace sur la volée d'escalier inférieure, la soudure qui supporte temporairement un des coins du palier intermédiaire cède, provoquant la chute de la volée d'escalier et du travailleur d'une hauteur de 2,9 mètres.
- La méthode de travail utilisée pour le montage de l'escalier métallique est inadéquate en ce qu'elle n'assure pas la stabilité des pièces de l'escalier pendant son montage.

Mesures correctives

Le 16 novembre 2020, dans le rapport d'intervention RAP1326625, la CNESST ordonne la suspension des travaux de montage de l'escalier métallique n° 1. La CNESST exige de l'employeur qu'une méthode de travail sécuritaire, signée et scellée par un ingénieur, soit établie pour le montage des escaliers métalliques constitués de paliers intermédiaires.

Le 3 décembre 2020, dans le rapport d'intervention RAP1329084, la CNESST interdit l'accès aux escaliers métalliques n° 1 et n° 5 ainsi que tous les travaux restreignant l'accès aux soudures de ces escaliers. Cette ordonnance fait suite à la visite d'un expert ingénieur qui a inspecté les soudures de l'escalier et observé des anomalies compromettant l'intégrité de l'escalier. La CNESST exige de l'employeur une attestation, signée et scellée par un ingénieur, certifiant que toutes les soudures permanentes des escaliers n° 1 et n° 5 répondent aux exigences des normes en vigueur et que la structure est solide et peut résister aux charges auxquelles elle pourra être soumise.

Le 17 décembre 2020, dans le rapport d'intervention RAP1331467, la CNESST autorise les travaux de montage de l'escalier métallique n° 1 à la suite de la réception d'une méthode de travail sécuritaire, signée et scellée par un ingénieur. Celle-ci contient un plan de montage, une procédure de montage et une procédure de levage des pièces. Une séance d'information sur cette méthode de travail a également été donnée aux travailleurs.

Le 26 janvier 2021, dans le rapport d'intervention RAP1335517, la CNESST autorise l'accès aux escaliers métalliques n° 1 et n° 5 et la reprise des travaux restreignant l'accès aux soudures de ces escaliers à la suite de la réception d'un rapport provenant d'un inspecteur certifié niveau II par le Bureau canadien de soudage, ou en anglais *Canadian Welding Bureau (CWB)*, qui a inspecté et jugé conforme l'ensemble des soudures.

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

SECTION 2**2 ORGANISATION DU TRAVAIL****2.1 Structure générale du chantier****2.1.1 Maître d'œuvre**

Le propriétaire de l'immeuble, GCS Développement Immobilier, a octroyé un contrat à l'entreprise 9188-3322 Québec inc. (Immofab Construction) pour la construction du bâtiment Ilôt GCS. Immofab Construction est maître d'œuvre du chantier puisqu'elle est responsable de l'exécution de l'ensemble des travaux de construction et de l'octroi des contrats de travail aux employeurs sous-traitants du chantier de construction.

Immofab Construction, qui œuvre dans le secteur d'activité économique *Bâtiment et travaux publics*, se spécialise dans les travaux de construction résidentielle. Située à Québec, elle emploie une quinzaine de travailleurs. On y retrouve notamment [redacted] chargés de projet, [redacted] comptables, G [redacted] H [redacted], des journaliers et des charpentiers-menuisiers.

Au chantier, la supervision des travaux est assurée par I [redacted], G [redacted] et H [redacted] qui sont présents en permanence sur les lieux.

2.1.2 Métal Méroc inc.

Immofab Construction a octroyé un contrat de travail à l'entreprise Métal Méroc inc. (ci-après appelée Métal Méroc) pour des travaux de métaux ouvrés, notamment pour la fourniture et le montage des six escaliers métalliques du bâtiment.

L'entreprise Métal Méroc, qui œuvre dans le secteur d'activité économique *Bâtiment et travaux publics*, se spécialise dans la fabrication et l'installation de métaux ouvrés (escaliers, garde-corps, mains courantes, etc.) et de structures d'acier. L'entreprise emploie une dizaine de travailleurs à son usine de Lévis (Saint-Jean-Chrysostome), notamment des chargés de projet, des estimateurs, J [redacted] et des soudeurs en atelier. Elle engage également [redacted] monteurs-assembleurs [redacted] (équipes de [redacted]) pour faire les installations en chantier. Un chargé de projet est assigné à chacun des chantiers. Celui-ci se déplace selon les besoins et lors des réunions de chantier.

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

Sur le chantier de construction, un comité est en place et se rencontre chaque semaine (rencontre effectuée en même temps que la rencontre de coordination). Toutefois, les comptes rendus transmis à la CNESST permettent de constater qu'il n'y a pas eu de comité entre le 27 octobre et le 16 novembre 2020 (jour de l'accident).

Le comité de chantier est constitué d'un représentant du maître d'œuvre et de représentants de chaque employeur sous-traitant présent sur le chantier. Le comité est sous la responsabilité du maître d'œuvre et animé par ^I [REDACTÉ] d'Immofab, sauf la section santé et sécurité, qui est animée par ^K [REDACTÉ] du chantier. Des procès-verbaux sont rédigés pour chaque réunion.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Immofab Construction

Un programme de prévention a été produit par le maître d'œuvre. Il concerne les travaux de construction d'ordre général de l'entreprise. Il contient notamment les politiques de l'entreprise en santé et sécurité, les rôles et responsabilités des différents intervenants, les règles générales de sécurité, les équipements de protection individuelle ainsi que des mesures de premiers secours et de premiers soins. Le programme de prévention n'est pas spécifique au chantier Îlot GCS.

Pour un chantier de cette envergure, la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) oblige la présence d'un agent de sécurité. À cet effet, Immofab Construction a retenu les services à temps plein d'un ^K [REDACTÉ]. Son rôle est de gérer la santé et la sécurité sur le chantier, notamment de s'assurer du respect du programme de prévention. Il est également responsable d'accueillir les nouveaux travailleurs lors de leur arrivée sur le chantier et de leur présenter les règles de santé et de sécurité qui s'y appliquent. Aucun agent de sécurité n'est en poste au chantier depuis le 4 novembre 2020.

Immofab Construction [REDACTÉ].

Métal Méroc inc.

Métal Méroc [REDACTÉ] et possède un programme de prévention général propre à ses activités en chantier.

Le programme de prévention prévoit des mesures de sécurité (dans la section « Planification sécuritaire du travail »), notamment pour les travaux de serrurier du bâtiment (travaux en cours lors de l'accident). Voici des extraits :

- [...]
- *Étape 2. Manutention du matériel et de l'équipement*
 - *Prévoir un signaleur lors de manœuvres dangereuses. L'opérateur et le signaleur doivent connaître et respecter les signaux manuels de communication.*
 - *Vérifier si des accessoires auxiliaires de manutention sont disponibles et bien adaptés.*
 - *Se rapprocher de la charge à soulever, encadrer la charge, utiliser la force des jambes, éviter les torsions du tronc et tourner tout le corps par un mouvement des pieds.*
- [...]
- *Étape 5. Soudage/découpage :*
 - *Manipuler avec soin les bouteilles ;*

- Extincteur portatif d'incendie ;
 - Aucun travail à flamme nue sur récipient, réservoir, tuyau ou autre pouvant contenir une substance inflammable ou explosive ;
 - Munir tout dispositif de soudage ou découpage utilisant l'oxygène de clapets de retenue ;
 - Porter un casque de soudeur ;
 - Porter l'équipement de protection individuel ;
 - Porter un appareil de protection des voies respiratoires
- *Étape 6. Travaux dans des puits d'escaliers :*
 - Renvoi à la planification sécuritaire sur les chutes de hauteur
 - *Étape 1. Choix de la méthode*
 - [...]]
 - Les travailleurs exposés à une chute de hauteur doivent être protégés par une des méthodes suivantes :
 - Installer un garde-corps ou un système limitant la portée de travail ;
 - Installer une ligne d'avertissement ;
 - Utiliser un autre moyen de protection collectif tel un filet de sécurité ;
 - Utiliser un harnais, une liaison antichute et un système d'ancrage.

Les travailleurs signent annuellement un document d'engagement quant au respect du programme de prévention de l'entreprise.

Un registre des formations des travailleurs est conservé par l'employeur. **A** de l'entreprise s'occupe des inscriptions aux formations, du suivi des formations avec le Bureau canadien de soudage et du suivi annuel avec **L**. Les travailleurs du chantier de l'employeur n'ont pas suivi de formation sur la protection contre les chutes de hauteur.

Des rencontres informelles sont aussi tenues chaque semaine (lundi matin avec **A**) et au chantier avec **L**. Lors de ces rencontres, les travailleurs sont invités à soumettre à l'employeur les situations jugées dangereuses.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

Le lieu de travail est un chantier de construction situé au 987, route de l'Église à Québec. Il s'agit du complexe immobilier Îlot GCS, soit un immeuble de 121 unités réparties sur 14 étages en hauteur et 4 étages souterrains. La structure du bâtiment est en béton. Les travaux de construction ont débuté à l'automne 2019 pour une durée d'environ 2 ans. Le coût des travaux est estimé à 18 000 000 \$.



Figure 2 — Localisation du chantier

Source : Plan d'architecture de GCS Immobilier

Le 16 novembre 2020, les travaux de coffrage et d'armature de la dalle de béton du niveau 11 sont en cours. Des travaux de ventilation, de systèmes intérieurs, d'électricité et de métaux ouvrés sont également en cours. Au total, une soixantaine de travailleurs œuvrent sur le chantier de construction.

3.2 Description du travail à effectuer

Métal Méroc a reçu un contrat pour effectuer les travaux de métaux ouvrés sur le chantier, notamment pour la fourniture et l'installation des escaliers métalliques n° 1 à n° 6 (voir Figure 3).

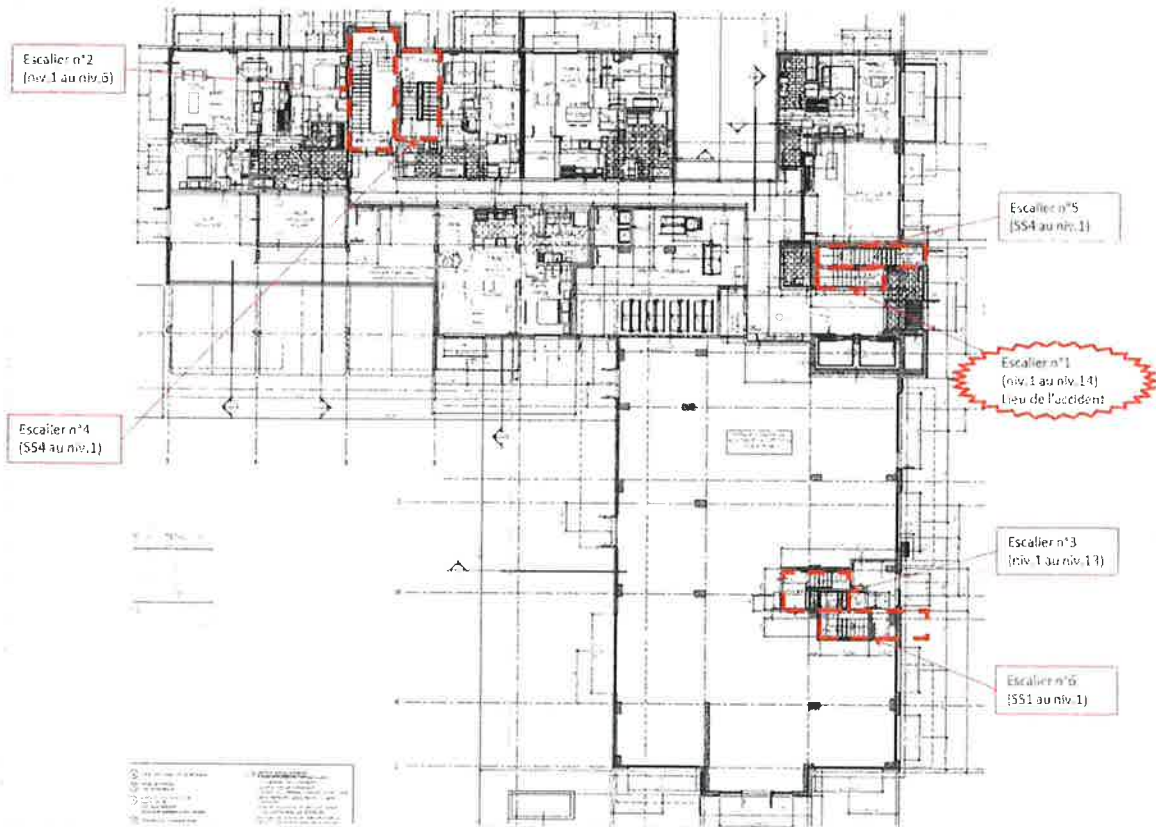


Figure 3 — Localisation des escaliers sur le plan d'architecture Niveau 1 (RDC)
Source : Plan d'architecture GCS Immobilier, modifiée par la CNESST

Le jour de l'accident, l'activité principale de Métal Méroc consiste à installer l'escalier métallique n° 1 entre les niveaux 7 et 8 (voir Figure 4).

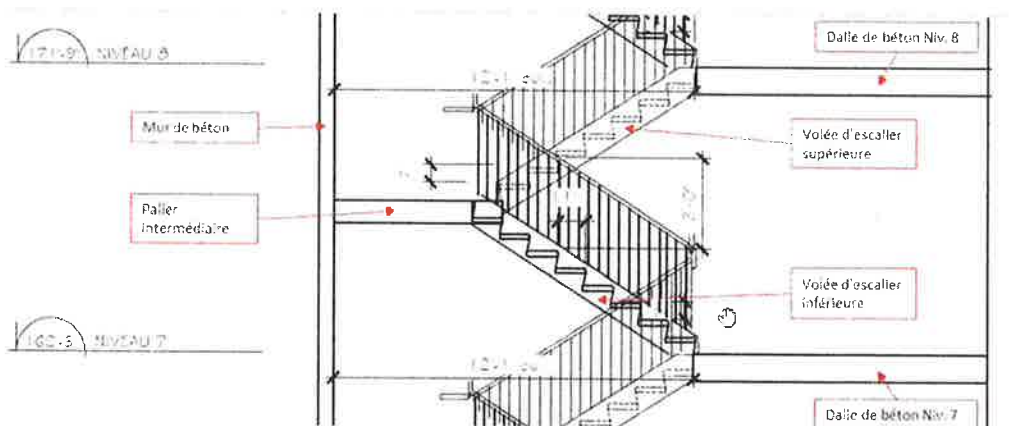


Figure 4 — Coupe type de l'escalier n° 1 entre les niveaux 7 et 8
Source : Plan d'architecture GCS Immobilier, modifiée par la CNESST

L'escalier métallique est fabriqué à l'usine de Métal Méroc à Lévis, sur la Rive-Sud de Québec, et est livré au chantier en pièces détachées (volée inférieure, volée supérieure, palier intermédiaire, garde-corps, etc.). Les pièces sont ensuite déplacées à l'aide d'une grue mobile et entreposées sur un étage du chantier. Le jour de l'accident, les pièces de l'escalier n° 1 sont entreposées au niveau 7.

Chez Métal Méroc, le montage d'un escalier métallique comme celui-ci se fait selon la séquence ci-dessous. Il n'y a aucun document écrit qui présente cette méthode de travail.

- À l'aide d'un niveau laser, déterminer la hauteur du palier intermédiaire dans le puits d'escalier selon le dessin d'atelier ;
- Percer des trous dans les murs de béton pour les trois coins du palier intermédiaire qui sont situés le long des murs de béton de la cage d'escalier ;
- Fixer trois cornières d'acier (ci-après appelée(s) angle(s) de soutien) en utilisant deux vis d'ancrages Cobratorck de 12,7 mm (0,5 po) de diamètre et de 76,2 mm (3 po) de longueur par support. Les angles de soutien ont une dimension de 76 mm x 76 mm x 6 mm x 200 mm (3 po x 3 po x 1/4 po x 12 po) ;

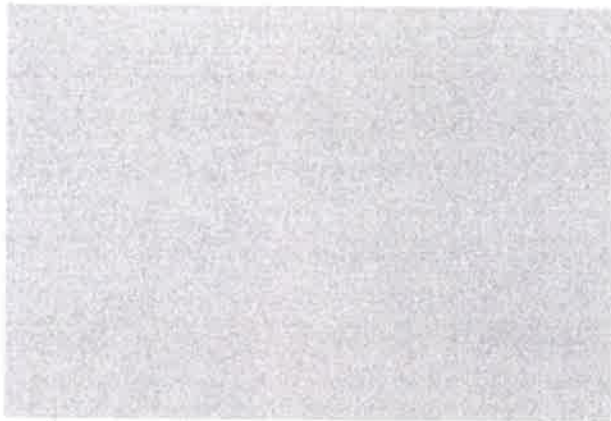


Figure 5 — Localisation des trois angles de soutien ancrés au mur de béton sous le palier intermédiaire

Source : Métal Méroc, modifiée par la CNESST



Figure 6 — Exemple d'un angle de soutien installé sous le palier intermédiaire

Source : CNESST

- Percer des trous dans la dalle de béton pour y fixer la colonne de soutien (colonne qui servira à soutenir le quatrième coin du palier qui ne longe pas un mur en béton du puits d'escalier) ;

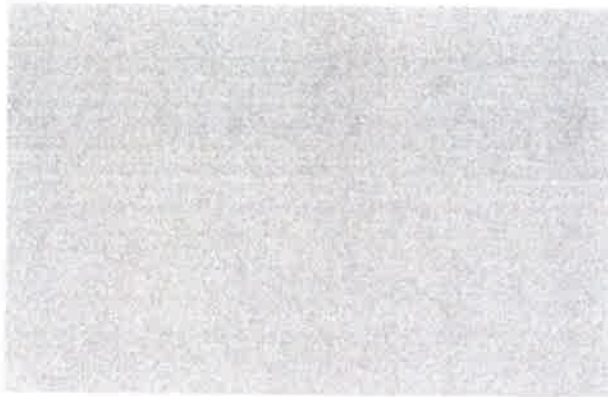


Figure 7 — Localisation de la colonne de soutien

Source : Métal Méroc, modifiée par la CNESST

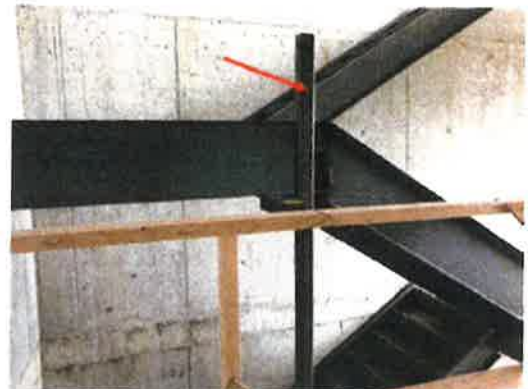


Figure 8 — Photo d'une colonne de soutien

Source : CNESST

- Déterminer l'emplacement du quatrième angle de soutien sur la colonne à l'aide d'un niveau laser. L'installation d'un angle de soutien sur la colonne est temporaire et permet de conserver la mobilité des pièces de l'escalier afin de procéder à leur équerrage (étape subséquente). L'angle de soutien a une dimension de 76 mm x 76 mm x 6 mm x 200 mm (3 po x 3 po x 1/4 po x 12 po) et sera par la suite remplacé par une plaque d'acier soudée de façon permanente ;



Figure 9 — Localisation de l'angle de soutien temporaire

Source : Métal Méroc, modifiée par la CNESST



Figure 10 — Exemple d'un angle de soutien temporaire installé sur une colonne de soutien

Source : CNESST

- Souder l'angle de soutien temporaire sur la colonne de soutien ;
- Déposer le palier intermédiaire sur les quatre angles de soutien ;

Pour le levage des pièces, un treuil électrique boulonné sur une des dalles de béton (niveau 6 dans ce cas-ci) jumelé à une poulie installée sur une poutre de levage au-dessus du niveau de travail dans le puits d'escalier est utilisé ;



Figure 11 — *Treuil électrique installé sur la dalle de béton du niveau 6 et utilisé pour le levage des pièces lors du montage de l'escalier n° 1*

Source : CNESST

- Mettre en place la volée d'escalier supérieure à l'aide du treuil électrique ;
- Faire un point de soudure (*tack*) entre le palier intermédiaire et la volée d'escalier, vers l'extérieur (voir Figure 12) ;
- Mettre en place la volée d'escalier inférieure à l'aide du treuil électrique ;
- Faire un point de soudure (*tack*) entre le palier intermédiaire et la volée d'escalier, vers l'extérieur ;



Figure 12 — *Localisation des points de soudure entre le palier intermédiaire et les volées d'escalier*

Source : Métal Méroc, modifiée par la CNESST



Figure 13 — *Exemple d'un point de soudure entre le palier intermédiaire et la volée d'escalier inférieure*

Source : CNESST

- Ajuster la position des volées d'escalier et du palier intermédiaire par rapport aux murs du puits d'escalier (équerrage) ;
- Souder le support permanent entre la colonne de soutien et le palier intermédiaire. Le support permanent consiste en une plaque d'acier de 200 mm x 102 mm x 10 mm (8 po x 4 po x 3/8 po) ;

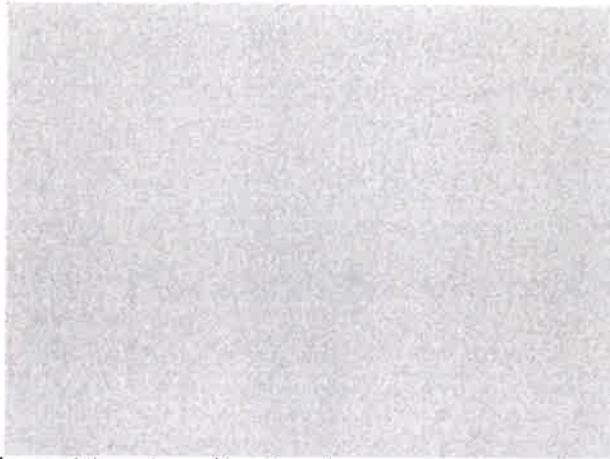


Figure 14 — Localisation du support permanent entre la colonne de soutien et le palier intermédiaire

Source : Métal Méroc, modifiée par la CNESST



Figure 15 — Exemple d'un support permanent (plaque) soudé entre la colonne de soutien et le palier intermédiaire

Source : CNESST

- Souder les volées d'escalier et les angles de soutien au palier intermédiaire de façon permanente ;
- Percer des trous et fixer l'extrémité des volées d'escalier aux dalles de béton en utilisant une vis d'ancrage Cobratork de 12,7 mm (0,5 po) de diamètre et 76,2 mm (3 po) de longueur ;



Figure 16 — Exemple d'un ancrage installé à l'extrémité d'une volée d'escalier inférieure

Source : CNESST

- Retirer l'angle de soutien temporaire installé sur la colonne de soutien ;
- Installer les garde-corps sur les limons d'escalier.

3.3 Description des pièces de l'escalier

L'escalier métallique n° 1 est constitué de trois pièces principales : une volée inférieure, une volée supérieure et un palier intermédiaire. Une description sommaire de ces pièces est présentée dans le tableau ci-dessous. Les détails sont présentés dans les dessins d'atelier de Métal Méroc disponibles à l'Annexe D.

	Volée inférieure	Volée supérieure	Palier intermédiaire
Élévation (mm) :	1533	1362	-
Nombre de marches :	8	7	-
Nombre de contre marches :	9	8	-
Course (mm) :	2240	2240	-
Largeur (mm) :	1120	1120	2390
Profondeur (mm) :	-	-	1430
Masse (kg) :	205	205	244
Matériau :	Acier au carbone		
Enduit :	Apprêt alkyde à séchage rapide gris (3138)		

Figure 17 — Tableau descriptif des pièces de l'escalier

Source : CNESST

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

Le 16 novembre 2020, vers 7 h, [REDACTED] de Métal Méroc, M. M [REDACTED] (ci-après appelé le « soudeur ») et M. N [REDACTED], entreprennent le montage de l'escalier métallique n° 1 entre les niveaux 7 et 8 du bâtiment.

Les travailleurs commencent par retirer le garde-corps en bois installé en bordure du vide du puits d'escalier au niveau 7. Les garde-corps du niveau 6 et 8 sont conservés en place.

Les travailleurs déterminent ensuite la hauteur du palier intermédiaire dans le puits d'escalier à l'aide du dessin d'atelier et d'un niveau laser. À l'aide d'une échelle-escabeau, ils percent les trous et fixent les trois angles de soutien du palier intermédiaire sur les murs de béton du puits d'escalier.

Ils procèdent également à l'installation de la colonne de soutien sur la dalle de béton en perceant des trous et en y fixant les ancrages.

À l'aide du niveau laser, les travailleurs identifient la hauteur de l'angle de soutien temporaire qui sera soudé sur la colonne de soutien. Le soudeur procède à la soudure.

Les travailleurs effectuent alors la mise en place du palier intermédiaire sur les quatre angles de soutien à l'aide du treuil électrique installé au niveau 6 et de la poulie installée dans le puits d'escalier sur les étalements des échafaudages volants (*flying forms*) présents au niveau 10.

Les travailleurs déposent ensuite la volée d'escalier supérieure à l'aide du treuil électrique. Le soudeur effectue un point de soudure entre la volée d'escalier et le palier, sur la partie extérieure. Les travailleurs effectuent cette même étape pour la volée d'escalier inférieure.

Vers 11 h 30, la mise en place des pièces de l'escalier est complétée. Les travailleurs entreprennent l'équerrage de l'escalier en commençant par la volée supérieure, puisqu'ils peuvent profiter de la flexibilité du palier intermédiaire pour l'ajuster.

Les travailleurs montent sur la dalle de béton du niveau 8 pour ajuster le haut de la volée supérieure. À ce moment, les travailleurs constatent qu'ils ont oublié d'installer le niveau laser sur la dalle du niveau 7. Le soudeur redescend les escaliers pour installer le niveau laser.

Au moment où le soudeur se retrouve sur la volée d'escalier inférieure, la soudure entre l'angle de soutien temporaire et la colonne de soutien cède. Le coin du palier supporté par cet assemblage s'affaisse partiellement et provoque l'effondrement de la volée d'escalier inférieure. Le soudeur, situé sur la volée d'escalier, est entraîné avec elle dans une chute de 2,9 mètres jusque sur la volée d'escalier inférieure de l'étage situé en dessous.

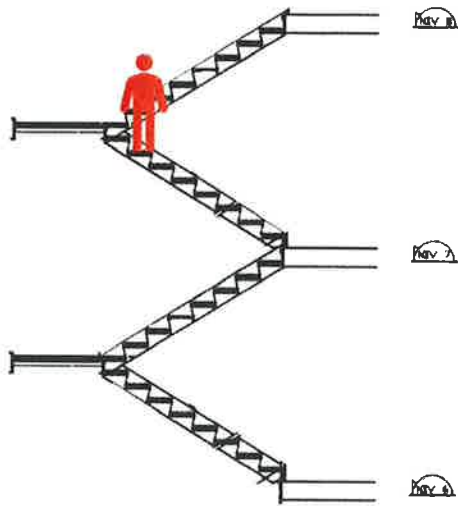


Figure 18 — Position approximative du travailleur avant sa chute
Source : CNESST

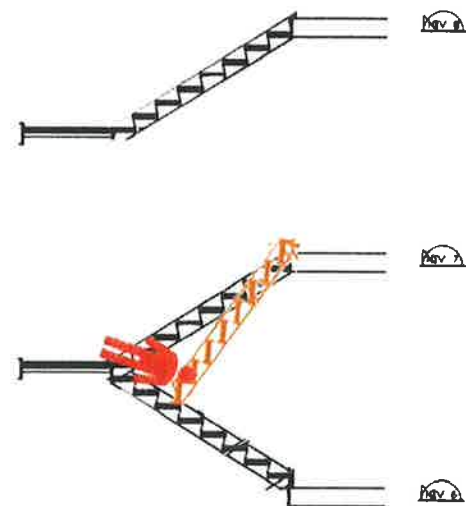


Figure 19 — Position approximative du travailleur après sa chute
Source : CNESST

N [redacted] et d'autres travailleurs à proximité viennent en aide au soudeur, mais ce dernier a le bras coincé sous l'escalier effondré, et il n'est pas possible de lui prodiguer les premiers soins. Le service de police arrive ensuite sur les lieux. Les travailleurs réussissent à soulever la volée d'escalier à l'aide du treuil électrique, dégageant le bras du soudeur. Les services ambulanciers arrivent sur les lieux afin de prendre en charge les premiers secours et les premiers soins. Le soudeur est transporté par ambulance à l'hôpital, où son décès est constaté.

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Plans et dessins d'atelier

Plans du bâtiment

En vertu de l'article 14 de la Loi sur le bâtiment (chapitre B-1.1), un entrepreneur doit se conformer au Code de construction (chapitre B-1.1, r. 2) pour les travaux de construction sous sa responsabilité.

Les travaux en cours sur le chantier de construction de l'Îlot GCS visent la construction d'un bâtiment résidentiel. Le Code de construction du Québec, chapitre I — Bâtiment, et le Code national du bâtiment — Canada 2010 (modifié) (ci-après appelé CNB), s'appliquent donc à ces travaux.

Dans le CNB, les bâtiments sont classés selon leur usage principal. Le présent bâtiment en construction fait partie du groupe *C – Habitations*.

L'article 1.3.3.2 de la Division A du CNB stipule que les parties 3, 4, 5 et 6 de la division B s'appliquent à tous les bâtiments mentionnés à l'article 1.1.1.1 ayant une aire de bâtiment supérieure à 600 m² ou dont la hauteur du bâtiment dépasse 3 étages et qui abritent un usage principal du groupe *C – Habitations*. Étant donné que le présent bâtiment en construction est un immeuble de 14 étages avec une aire supérieure à 600 m², les parties 3, 4, 5 et 6 de la division B du CNB s'appliquent.

La *Partie 4 – Règles de calculs* comprend les exigences structurales visant la solidité du bâtiment et de ses éléments structuraux.

L'article 2.2.1.2. de la Division C du CNB (Dispositions administratives) mentionne que « pour ce qui est des calculs visés par la partie 4 de la division B, le concepteur doit être un ingénieur ou un architecte spécialisé dans le travail à accomplir ». De plus, l'article 2.2.4.2. stipule que « Les dessins de la structure et les documents connexes doivent être datés et porter le sceau professionnel autorisé et la signature du concepteur tel qu'il est défini au paragraphe 2.2.1.2. 1). »

Le projet de l'immeuble en construction fait en effet l'objet de plans d'architecture et de plans de structure. Les plans d'architecture ont été réalisés par la firme Gilles L. Tremblay Architecte inc. et signés par l'architecte M. O [REDACTED], membre de l'Ordre des architectes du Québec. Les plans de structure du bâtiment ont été conçus par le Groupe Conseil SID inc. et signés par l'ingénieur M. P [REDACTED], membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ). Les plans de structure ne présentent aucun détail en ce qui concerne les escaliers métalliques alors que les plans d'architecture présentent une conception architecturale générale. Les plans d'architecture mentionnent ce qui suit dans la section *Notes générales*, en ce qui concerne les dessins d'atelier :

10-MATÉRIAUX ET DESSIN D'ATELIER
TOUTS LES MATÉRIAUX ET TOUTS LES ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX
NÉCESSAIRES À L'OUVRAGE DOIVENT PRÉALABLEMENT ÊTRE ACCEPTÉS PAR
L'ARCHITECTE. L'ENTREPRENEUR DEVRA SOUMETTRE À L'ARCHITECTE TOUTS LES
DESSINS, LES FICHES TECHNIQUES OU ÉCHANTILLONS DES PRODUITS, FINIS
ET COULEURS POUR EXAMEN ET COMMENTAIRES AVANT DE PROCÉDER AUX
TRAVAUX.
TOUTS LES MATÉRIAUX UTILISÉS DOIVENT ÊTRE NEUFS, SECS ET EXEMPTS DE
DÉFAUTS, SAUF SI AUTREMENT INDIQUÉ.

Figure 20 — *Extrait des Notes générales du plan d'architecture en ce qui concerne les dessins d'atelier*

Source : Plan d'architecture de GCS Immobilier

Dessins d'atelier de l'escalier métallique n° 1

Comme mentionné, l'entreprise Métal Méroc a reçu le contrat du maître d'œuvre pour les travaux de métaux ouvrés, notamment pour la fourniture et l'installation des escaliers métalliques n° 1 à n° 6 du chantier.

Des dessins d'atelier ont été produits pour l'escalier métallique n° 1 par Q de l'entreprise (voir Annexe D). Un plan de fabrication type pour les paliers intermédiaires est également utilisé en usine.

Les dessins d'ateliers font l'objet d'un avis de conformité émis par l'architecte, M. R, de Gilles L. Tremblay Architecte inc. le 27 août 2020.

Cependant, ces dessins d'atelier ne sont pas signés et scellés par un ingénieur. Selon l'Ordre des ingénieurs du Québec, une des fonctions des dessins d'atelier est de compléter la conception indiquée aux plans et devis fournis par le donneur d'ordres ou de leur apporter un supplément d'information. Le *Guide de pratique professionnelle de l'ingénieur*² mentionne que les dessins d'atelier doivent être faits et authentifiés (signés et scellés) par un ingénieur, car ils expriment un travail de conception d'ingénierie : calculs, dimensionnements, choix des matériaux, etc. En effet, dès que le fournisseur modifie les plans et devis du donneur d'ordres ou précise des éléments de conception, il doit faire appel à un ingénieur qui, une fois son travail terminé, prend soin d'authentifier le dessin d'atelier.

L'OIQ confirme aussi que des travaux tels que la conception et le montage de l'escalier métallique n° 1 relèvent de l'article 2(e) de l'ancienne Loi sur les ingénieurs (loi qui a été actualisée le 24 septembre 2020, soit après le début des travaux sur le chantier) puisque les éléments qui composent l'escalier se fixent à la charpente de l'édifice et sont donc considérés comme des éléments structuraux.

2. Les travaux de la nature de ceux ci-après décrits constituent le champ de la pratique de l'ingénieur :

(...)

e) les fondations, la charpente et les systèmes électriques ou mécaniques des édifices dont le coût excède 100 000 \$ et des édifices publics au sens de la Loi sur la sécurité dans les édifices publics (chapitre S-3) ;

(...)

Également, la Régie du bâtiment du Québec (RBQ) confirme qu'un tel escalier (permanent et en acier) doit être conçu en respectant les exigences de la partie 4 de la division B du CNB comme s'il s'agissait d'éléments structuraux. En effet, puisqu'un escalier est un élément qui permet la liaison intermédiaire entre deux planchers, il doit supporter les mêmes charges de service que ceux-ci.

En conclusion, la partie 4 du CNB s'applique pour la conception et le montage de l'escalier métallique n° 1 impliqué dans l'accident.

L'article 4.3.4.1. du CNB mentionne que les « *bâtiments et leurs éléments structuraux en acier doivent être conformes à la norme CSA S16* » (Règles de calcul des charpentes en acier, édition 2009).

L'article 4.3.2. de la norme CSA S16-09, qui concerne les dessins d'atelier, stipule plusieurs exigences pour ces dessins, notamment qu'ils doivent « *comporter toutes les indications nécessaires à la fabrication des différents éléments et composants de la charpente, et indiquer :*

² Voir gpp.oiq.qc.ca > Documents d'ingénierie > Authentification des documents d'ingénierie (6.10).

- *Les matériaux requis et les normes de produits utilisés ;*
- *L'emplacement, le type et les dimensions de toutes les pièces d'assemblage ;*
 - i) Les règles d'installation des boulons ;*
 - ii) Les soudures ;*
 - iii) Les règles d'installation des boulons ;*
 - iv) Les soudures ; [...] ».*

L'article 24.1 de la norme CSA S16-09 mentionne également qu'on doit se conformer à la norme CSA W59-03 (réaffirmée en 2008) en ce qui a trait aux aspects du soudage. À cet effet, l'article 4.1.1.2.1 de cette norme qui traite des dessins de détails, d'exécution et de montage stipule que les dessins doivent comporter des renseignements complets relatifs à l'emplacement, au type, aux dimensions et à la longueur des soudures. On doit également spécifier s'il s'agit de soudures exécutées en atelier ou en chantier.

Or, les dessins d'atelier conçus par Métal Méroc ne comportent pas toutes les indications relatives aux matériaux requis, aux normes utilisées et aux spécifications des soudures en chantier (type, dimensions et longueur). Les dessins d'atelier sont disponibles à l'Annexe D.

4.2.2 **Plan et méthode de montage**

Plan de montage

Pour les travaux d'installation de l'escalier n° 1 en chantier, les [REDACTED] ne disposaient pas de plan de montage. Ceux-ci utilisaient les dessins d'atelier produits par Métal Méroc comme seul document à pied d'œuvre pour effectuer leur travail le 16 novembre 2020.

Selon l'article 4.3.3 de la norme CSA S16-09, des plans de montage doivent être soumis au concepteur pour approbation. Ces plans sont des dessins de montage général qui doivent indiquer plusieurs informations essentielles au montage comme les principales dimensions, la marque d'identification des pièces, les dimensions des différents éléments et les soudures en chantier.

Méthode de montage

La norme CSA S16-09 exige également, à l'article 4.3.4, que des méthodes de montage soient utilisées. Ces méthodes doivent décrire :

- les méthodes de construction ;
- l'ordre de montage ;
- les éléments de contreventement provisoire et les autres exigences techniques nécessaires à l'expédition, au montage et au maintien de la stabilité de la charpente d'acier ;

- l'emplacement des éléments porteurs temporaires et permanents qui sont essentiels à l'intégrité de la charpente partiellement terminée (sous forme de dessins et de croquis).

Les méthodes de montage doivent, le cas échéant, être approuvées.

Or, lors de l'accident, il n'y a pas de méthode de montage pour l'escalier n° 1. Le dessin d'atelier constitue le seul document disponible pour effectuer le montage. Les [redacted] doivent donc réaliser ces travaux selon leurs connaissances et leurs expériences.

4.2.3 Formation et expérience du travailleur

M. **M** [redacted] est un monteur-assembleur compagnon qui œuvre pour l'entreprise Métal Méroc [redacted]

En 2013, un changement réglementaire touche les métiers de serrurier de bâtiment et de monteur d'acier de structure. Les travailleurs de ces deux métiers sont dorénavant des monteurs-assembleurs.

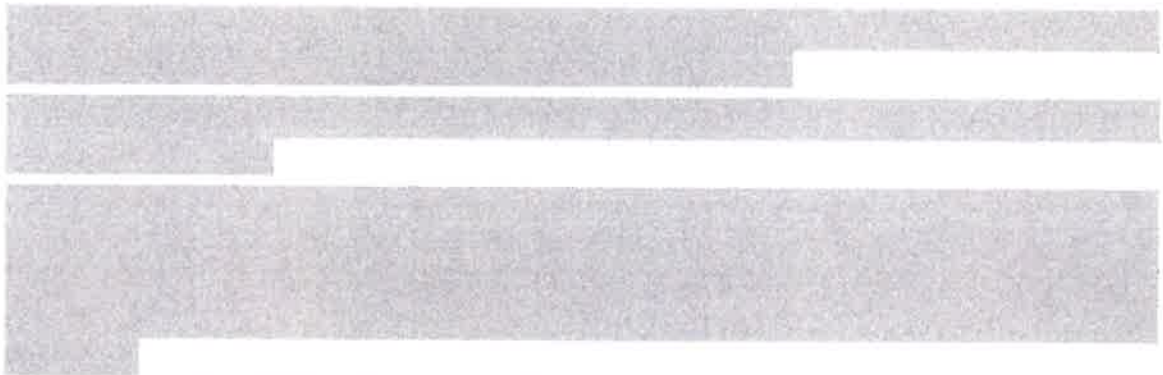


Figure 21 — Qualifications de soudeur de M. **M** [redacted] certifiées par le [redacted]

Source : Métal Méroc

4.2.4 Procédé de soudage à arc à l'électrode enrobée (SAEE)

Les soudures réalisées en chantier pour le montage de l'escalier métallique n° 1 sont réalisées selon le procédé de soudage à arc à l'électrode enrobée (SAEE). Ce procédé, couramment appelé soudage à la baguette, ou en anglais *shielded metal arc welding (SMAW)*, est un procédé de soudage qui utilise un courant électrique pour faire fusionner le métal d'apport aux pièces à souder. La fusion est protégée par l'enrobage de la baguette qui remonte à la surface de la soudure pendant l'opération. Selon la composition de l'enrobage, le soudeur peut souder dans diverses positions. Ce procédé de soudage est le plus couramment utilisé sur les chantiers de construction, car il est peu affecté par les courants d'air.

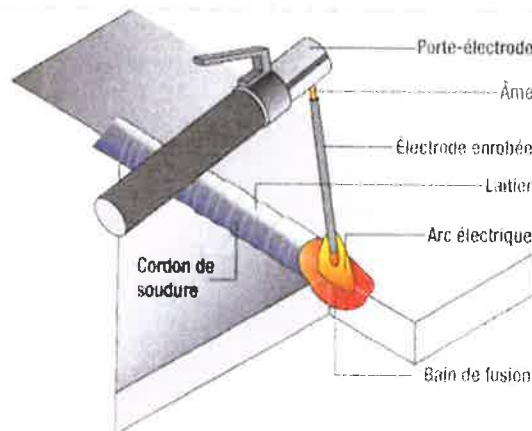


Figure 22 — Schéma représentant le procédé de soudage à arc à l'électrode enrobée (SAEE)
Source : Système D

4.2.5 Qualification de Métal Méroc inc.

Selon l'article 24.3 de la norme CSA S16-09, « les fabricants et les monteurs responsables du soudage entrant dans la fabrication et le montage des charpentes conformément à cette norme doivent être certifiés par le Bureau canadien de soudage selon la CSA W47.1-09, (division 1 ou 2) [...] ».

L'entreprise Métal Méroc est une compagnie de soudage certifiée par le Bureau canadien de soudage pour des travaux de structure d'acier et de métaux ouvrés. Elle possède une certification en vertu de la norme CSA W47.1 — Certifications des compagnies de soudage par fusion de l'acier dans la division 2. Cette certification est valide pour la période du 2 novembre 2020 au 1 décembre 2021.

La division 2 signifie que l'entreprise doit retenir les services d'un ingénieur en soudage à temps partiel. À cet effet, Métal Méroc retient les services de l'ingénieur M. S [REDACTÉ] en ce qui concerne le soutien technique en soudage et l'établissement des spécifications des modes opératoires de soudage (procédures) et ceux de l'ingénieur M. T [REDACTÉ], de la

firme Géni-Métal, en ce qui concerne l'approbation des plans de fabrication (dessins d'atelier).

Les travaux effectués lors de l'accident, soit le montage d'un escalier métallique, font partie des travaux autorisés par la certification octroyée à Métal Méroc.

4.2.6 Conditions environnementales

Selon Environnement Canada, à Québec, le 16 novembre 2020, la température varie entre 0,4 et 6 °C. La météo indique la présence générale de nuages et d'averses de pluie (voir Annexe G).

À ce stade des travaux, les étages 7 et 8 ne sont pas à l'abri des intempéries. On y retrouve donc des conditions environnementales comparables à celles de l'extérieur. On observe en effet, à plusieurs endroits, des planchers mouillés, de l'eau dans les marches de l'escalier et de l'eau qui coule le long des murs de la cage d'escalier n° 1.



Figure 23 — Photo de l'escalier n° 1 au niveau 6 qui montre les conditions environnementales présentes le jour de l'accident

Source : CNESST

4.2.7 Description des pièces soudées

La soudure impliquée dans l'accident a pour but de fusionner temporairement un angle de soutien à la colonne de soutien. Elle fait partie de la méthode préconisée par Métal Méroc pour le montage de l'escalier. Elle a été réalisée en chantier le matin même de l'accident.

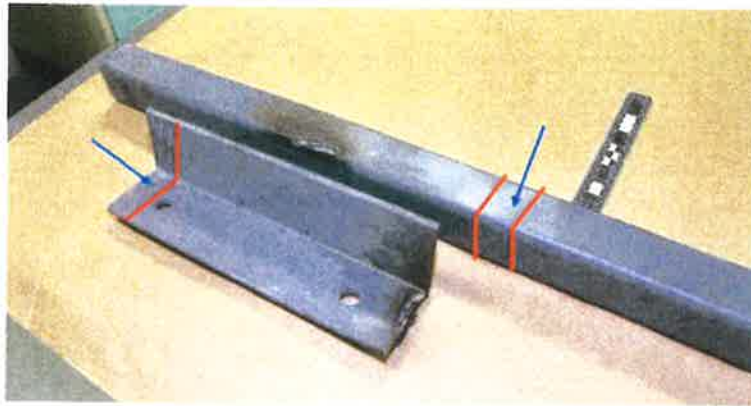


Figure 24 — Photo de l'angle de soutien temporaire et de la colonne de soutien impliqués dans l'accident

Source : Rapport d'expertise, CEP forensique

Une description détaillée de ces deux pièces est présentée dans le tableau ci-dessous :

	Angle de soutien temporaire	Colonne de soutien
Forme :	Cornière	Profilé d'acier HSS (<i>hollow structural section</i>)
Dimensions :	76 mm x 76 mm x 6 mm x 200 mm (3 po x 3 po x 1/4 po x 12 po)	50,8 mm x 50,8 mm x 4,8 mm (2 po x 2 po x 3/16 po)
Matériau :	Acier au carbone	Acier au carbone
Grade	CSA G40.21 Grade 44W/50W	ASTM A500 Grade B/C
Enduit :	Apprêt alkyde à séchage rapide de couleur gris (3138)	Apprêt alkyde à séchage rapide de couleur gris (3138)

Figure 25 — Tableau descriptif des pièces soudées par la soudure en cause lors de l'accident

Source : Rapport d'expertise, CEP forensique

4.2.8 Expertise sur la soudure

Afin d'analyser la soudure en cause lors de l'accident, la CNESST a mandaté un expert, M. Hugo Julien, ingénieur et inspecteur certifié CSA W178.2 niveau 2, de la firme CEP Forensique. Le rapport complet de M. Julien est disponible à l'Annexe C.

4.2.8.1 Description

La soudure a été réalisée en position verticale montant en une seule passe et par le procédé de soudage manuel à arc à l'électrode enrobée. La configuration de la soudure est de type soudure d'angle sur préparation en demi-V à bord tombé dans un assemblage en T (assemblage d'une surface présentant un rayon et une surface plane).

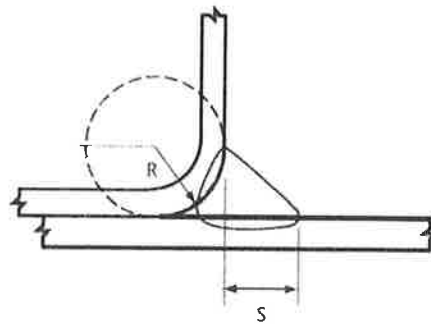


Figure 26 — Exemple d'une soudure d'angle sur préparation en demi-V à bord tombé dans un assemblage en T

Source : CSA W59-03 — Construction soudée en acier (soudage à l'arc), modifiée par la CNESST

La longueur de la soudure est de 40 mm (1 po 9/16), le faciès de rupture (gorge efficace) a une largeur moyenne d'environ 5 mm (3/16 po) et la soudure n'a aucune pénétration à l'intérieur du demi-V à bord tombé.



Figure 27 — Photos de la soudure impliquée dans l'accident

Source : Rapport d'expertise, C'EP forensique

La soudure présente des porosités (soufflures) et un faciès de rupture typique d'un profil d'arrachement lamellaire (aspect d'une fissure en marche d'escalier). Un arrachement lamellaire est possible lorsque la zone de fusion au métal de base est fragile et peu ductile, signe que les propriétés de la zone thermiquement affectée ne sont pas adéquates. L'expert mentionne qu'une soudure de bonne qualité sera ductile et qu'il y aura présence d'une elongation significative avant sa rupture, ce qui n'a pas été observé dans ce cas-ci.



Figure 28 — Microscopie du faciès de rupture de la soudure de la colonne de soutien qui présente un profil d'arrachement lamellaire

Source : Rapport d'expertise, CEP forensique

4.2.8.2 Pénétration

Selon les observations de l'expert, la soudure n'a pas pénétré dans le joint en demi-V à bord tombé ce qui entraîne l'apparition d'arêtes sous celle-ci. La présence d'arêtes augmente localement les contraintes (concentrateur de contraintes), ce qui peut amorcer une fissure.



Figure 29 — Photo des arêtes présentes sur la soudure

Source : Rapport d'expertise, CEP forensique

4.2.8.3 Contraintes

Une contrainte est une force qui agit sur une unité de surface d'un matériau. Elle s'exprime en Pa (N/m^2) ou en PSI (lb_f/po^2). La contrainte dépend de la valeur de la force appliquée (charge) et de la surface concernée du matériau (aire). Pour une même charge, la contrainte sera d'autant plus grande que l'aire est petite, et

inversement. La rupture d'un matériau se produit lorsque les contraintes dépassent la limite élastique du matériau.

Afin de calculer les contraintes en tension dans la portion supérieure de la soudure, l'expert a utilisé la formule n° 3 de la page 213 du *Machinery Handbook*, 28th édition. Pour ces calculs, l'expert a utilisé les données ci-dessous, qui sont basées sur les caractéristiques de la soudure impliquée dans l'accident :

Largeur de la gorge efficace de la soudure :	5 mm (3/16 po)
Longueur de la soudure :	40 mm (1 po 9/16)
Longueur du bras de levier entre le point de contact du palier et la soudure :	150 mm (6 po)
Masse du palier intermédiaire :	244 kg (540 lb)
Masse d'une volée d'escalier :	205 kg (450 lb)
Masse du travailleur :	85 kg (187 lb)

Dans ces conditions, la contrainte dynamique calculée sur la soudure est de **44 000 PSI** au moment où le travailleur s'engage sur la volée inférieure. Dans ce calcul, la masse du palier intermédiaire et des volées d'escalier génèrent, à elles seules, une contrainte statique de 28 300 PSI.

Pour évaluer la résistance de l'assemblage mécanosoudé³ en cause lors de l'accident, l'expert indique qu'il faut calculer la limite élastique de l'élément le plus faible qui le compose. L'acier A500 Grade B/C (colonne de soutien) a une limite élastique de 46 000 PSI, l'acier CSA G40.21 Grade 44W/50W (angle de soutien) a une limite élastique de 50 000 PSI et une électrode E7018 a une limite élastique minimum de 71 000 PSI. La limite élastique la plus faible est donc celle de l'acier A500 Grade B/C (colonne de soutien), soit **46 000 PSI**. Les observations démontrent effectivement que la rupture a eu lieu dans la zone thermiquement affectée entre la soudure et la colonne de soutien (voir Figure 27).

En comparant la contrainte dynamique exercée par rapport à la limite élastique de l'assemblage, un ratio de 96 % est observé. Cela signifie que lorsque le travailleur est présent sur la volée de marche inférieure, une contrainte additionnelle de 4 % (facteur de sécurité) suffit à provoquer une rupture de l'assemblage. La présence de défauts dans la soudure, comme les arêtes et les porosités, a pour effet de concentrer et d'augmenter davantage les contraintes. Celles-ci ont augmenté au point d'excéder le facteur de sécurité de 4 % donc au-delà de la limite élastique de l'acier A500 Grade B/C, causant une amorce de fissure et la rupture complète de l'assemblage.

À titre de comparaison, la contrainte exercée sur la soudure aurait été de 13 400 PSI si cette dernière avait eu 50 mm (2 po) de long, soit le minimum exigé par la norme CSA W47.1, et si elle avait complètement pénétré dans le demi-V à

³ Correspond à l'assemblage « colonne de soutien — soudure — angle de soutien ».

bord tombé. Dans ces conditions, la soudure aurait offert un facteur de sécurité de 70 %.

4.2.9 Électrodes

4.2.9.1 Utilisation

Sur les lieux de l'accident, deux types d'électrodes enrobées sont retrouvés, soit la E7018 (E4918) et la E6011 (E4311). Les tableaux suivants présentent les caractéristiques principales de ces électrodes :

1 — E7018-1 H4

Classification CSA/CWB :	E4918-1.H4
Classification AWS :	E7018-1 H4 ⁴
Enrobage :	Basique à faible teneur en hydrogène
Diamètre :	3.2 mm (1/8 po.)
Longueur :	300 mm (12 po.)
Marque :	Hobart Filler Metals ;
Certification :	AWS A5.1/ASME SFA 5.1/CSA W48
Groupe d'électrodes (CSA W47.1-09)	F4

2 — E6011

Classification CSA/CWB :	E4311
Classification AWS :	E6011 ⁵
Enrobage :	Cellulosique
Diamètre :	3.2 mm (1/8 po.)
Longueur :	300 mm (12 po.)
Marque :	Blueshield (fabriquée par Air Liquide)
Certification :	AWS A5.1/ASME SFA 5.1
Groupe d'électrodes (CSA W47.1-09)	F3

Figure 30 — Tableau présentant les caractéristiques des deux types d'électrodes enrobées retrouvés sur les lieux de l'accident.

Source : CSA W59-03

⁴ La désignation E7018-1 H4 signifie :

- « E » pour électrode ;
- « 70 » pour la résistance minimale à la traction du métal déposé (en kPSI) ;
- « 1 » pour la position de soudage de l'électrode (1 indique toutes positions) ;
- « 8 » pour le type d'enrobage de l'électrode (8 signifie un enrobage de type basique à basse teneur en hydrogène) ;
- « -1 » signifie la valeur de résilience de l'électrode ;
- « H4 » signifie 4 ml d'hydrogène diffusible par 100 g de métal déposé.

⁵ La désignation E6011 signifie :

- « E » pour électrode ;
- « 60 » pour la résistance minimale à la traction du métal déposé (en kPSI) ;
- « 1 » pour la position de soudage de l'électrode (1 indique toutes positions) ;
- « 1 » indique le type d'enrobage de l'électrode (1 signifie un enrobage cellulosique).

Selon l'information recueillie, Métal Méroc utilise quatre types d'électrodes pour le montage de ses escaliers métalliques en chantier, soient :

- E7018-1 H4, diamètre 3,2 mm (1/8 po)
- E7018-1 H4, diamètre 2,4 mm (3/32 po)
- E6011, diamètre 3,2 mm (1/8 po)
- E6011, diamètre 2,4 mm (3/32 po)

Métal Méroc indique que la E7018 est utilisée pour les soudures sur les paliers temporaires et les volées d'escalier et la E6011 pour les raccords de garde-corps (ex. : jonction entre deux garde-corps).

Afin d'assurer une bonne compatibilité mécanique entre les métaux de base et les électrodes utilisés, la norme CSA W59-03 mentionne, à l'article 11.3.3.1, que les métaux de base et les électrodes correspondantes doivent être conformes au tableau 11.1 de cette norme.

Comme mentionné plus haut, les deux pièces métalliques à souder en cause lors de l'accident sont faites d'acier au carbone de type CSA G40.21 Grade 44W/50W pour l'angle de soutien et ASTM A500-18 Grade B/C pour la colonne de soutien.

Selon le tableau 11.1 de la norme W59-03, ces deux métaux font partie du groupe d'acier n° 2 et n° 3. On constate que les électrodes correspondantes pour ce type d'acier, pour le procédé SMAW, sont celles de type E49XX et E49XX-X.

Métal de base				Norme CSA W59, classification des électrodes et des flux ^{11, 21}					
N° de groupe d'acier	Résistance à la traction minimale spécifiée du métal de base (MPa (ksi))	Norme CSA G40.21	Norme CSA G40.21	ASTM	SMAW		GMAW, MIG-AW ²²	FCAW, MC-AW	SAW
					Acier au carbone	Acier faiblement allié			
1	Jusqu'à 400 (jusqu'à 57) 250 (jusqu'à 36) (jusqu'à 36)			A 36 (t = 203 mm (8 po)) A 441 [1 normalisé -102 mm (4 po)] A 500 nuance A A 518A nuances 350 & 415 A 518M nuances 350 & 415 A 1011 nuance 30A 1011M nuance 205 A 1011 nuance 33A 1011M nuance 230	E43XX E49XX	E49XX-X	ER495-X	E43XT-X E49XT-X E43XC-X E49XC-X	F43XX-F43XX F49XX-E49XX
2	Jusqu'à 400 (jusqu'à 57) 250 (jusqu'à 36) (jusqu'à 36)	260W 260WT 500W(HSS)	38W 38WT 44W(HSS)	A 36 (t = 203 mm (8 po)) A 441 [102 mm (4) - 203 mm (8 po) ou normalisé 38 (spécial) 1/2 (po) t = 102 mm (4 po)] A 500 nuance A A 501 A 572 nuance 47 A 1011 nuance 36 A 1011M nuance 250 A 1011 nuance 40 A 1011M nuance 275	E49XX	E49XX-X	ER495-X	E49XT-X E43XT-X E49XC-X E43XC-X	F49XX-E49XX F43XX-E43XX
3	Plus de 400 à 180 (plus de 60 à 70)	200W 500WT 150W 350WT 350A ²³ 350AT ²³ 380W(HSS) 380WT(HSS)	44W 44WT 50W 50WT 50A ²³ 50AT ²³ 55W(HSS) 55WT(HSS)	A 441 ²⁴ A 441 [102 mm (4 po) ou normalisé - 18 mm (1 1/2 po)] A 500 nuance C A 518M nuances 450 & 485 A 572 nuance 50 A 568 ²⁵ A 618 A 710 nuance A, Classe 2 - 50 mm A 913 nuance 50 A 992A 992A A 1011 nuance 45 A 1011M nuance 310 A 1011 nuance 50 A 1011M nuance 340 A 1011 nuance 55 A 1011M nuance 380	E49XX	E49XX-X	ER495-X	E49XT-X E49XC-X	F49XX-E49XX

Figure 31 — Extrait du tableau 11.1 de la norme CSA W59-03 qui présente la classification des métaux de base et des électrodes correspondantes pour les structures sous charge statique

Source : CSA W59-03

Selon ce tableau, on constate que seulement l'électrode E7018 (E4918) est autorisée pour effectuer la soudure temporaire entre la colonne de soutien et l'angle de soutien, mais pas la E6011 (E4311).

Selon N [REDACTED] et différents intervenants rencontrés, il arrive fréquemment (pratique courante dans l'industrie) que des électrodes E6011 soient utilisées pour réaliser des soudures temporaires sur les paliers et volées d'escalier, puisque l'arc électrique est plus facile à amorcer et la soudure est plus facile à nettoyer par la suite (finition plus facile).

Étant donné l'impossibilité de confirmer le type d'électrode utilisée sur la base d'un examen visuel seulement, l'expert a réalisé des essais de dureté en laboratoire sur le matériel de base, la zone thermiquement affectée et le cordon de soudure pour tenter de déterminer le type d'électrode utilisée sur la soudure en cause.

Les résultats indiquent une dureté d'environ 197 HV pour la soudure, ce qui correspond approximativement à une résistance mécanique ultime de 92 000 PSI selon la table 3 de la norme ASTM A370-20.

La résistance mécanique ultime pour un joint soudé réalisé à l'aide d'une électrode de type E7018 est de 87 000 PSI alors que pour une électrode de type E6011, cette valeur est beaucoup plus basse, soit environ 74 000 PSI.

L'expert conclut donc qu'il est beaucoup plus probable, sur la base des résultats de dureté, que l'électrode utilisée pour la soudure en cause soit une E7018.

À noter que Métal Méroc inc. possède la certification, comme l'exige la norme W47.1 — 09, pour utiliser ces deux types d'électrodes et que le soudeur possède également la qualification requise [REDACTED]

4.2.9.2 Entreposage

Sur les lieux de l'accident, on constate que les électrodes E6011 (cellulosiques) sont exposées à l'air ambiant sans protection. En effet, elles sont entreposées au sol dans une boîte en carton déchirée.



Figure 32 — Photo des électrodes E6011 retrouvées au chantier
Source : CNESST

Selon l'article 5.2.2.4.7 de la norme W59-03, « les électrodes autres que les électrodes à bas hydrogène doivent être entreposées dans des endroits chauds et secs et doivent être protégées de l'huile, de la graisse et de toute autre matière nuisible lorsqu'elles sont retirées des contenants et des emballages. »

Quant aux électrodes E7018-1 H4 (basiques à basse teneur en hydrogène), celles-ci étaient entreposées au chantier dans un contenant en plastique. Selon l'article 5.2.2.4 de la norme W59 — 03, « les électrodes à bas hydrogène doivent être livrées dans des contenants scellés ou faire l'objet d'un nouveau conditionnement [...]. Si les contenants scellés sont endommagés, les électrodes doivent faire l'objet d'un nouveau conditionnement [...]. Les électrodes mouillées doivent être jetées. »

L'article 5.2.2.4.2 stipule même qu'« immédiatement après avoir ouvert les contenants scellés ou retiré les électrodes des fours qui ont servi au conditionnement [...], les électrodes doivent être entreposées dans des fours dont la température est maintenue à au moins 120 °C (250 °F). »

Finalement, l'article 5.2.2.4.3 mentionne que « sous réserve de l'article 5.2.2.4.4, les électrodes à bas hydrogène de type E49 qui ne sont pas utilisées dans les 4 heures qui suivent leur retrait des fours doivent être soumises à un nouveau conditionnement conformément à l'article 5.2.2.4.1. »

Or, aucun four n'est présent sur le chantier le jour de l'accident pour entreposer les électrodes. Il n'est pas possible de savoir exactement depuis combien de temps les électrodes présentes au chantier étaient sorties de leur emballage. Selon N lorsqu'un paquet d'électrodes est ouvert et qu'il n'est pas terminé, les électrodes sont remises dans le contenant et entreposées dans la camionnette afin d'être réutilisées plus tard sur un autre chantier ou ailleurs.

Selon l'expert, ces exigences de la norme sont en place pour réduire le risque que l'humidité s'introduise dans l'enrobage basique de l'électrode et forme de l'hydrogène dans la microstructure de la soudure. L'hydrogène emprisonné contribue au processus d'arrachement lamellaire, phénomène qui a été observé sur le faciès de rupture de la soudure (voir section 4.2.8.1).

Selon l'information recueillie, l'entreprise Métal Méroc achète les électrodes nécessaires pour les travaux. Celles-ci sont entreposées à leur usine dans des armoires. Normalement, les travailleurs de chantier doivent prendre ce qui est nécessaire le matin même pour leurs besoins journaliers en chantier.

4.2.10 Soudeuse

4.2.10.1 ESAB — Miniarc Rogue ES180i

Pour effectuer les soudures en chantier, le soudeur utilise une soudeuse à électrodes ESAB modèle Miniarc Rogue ES180i. La soudeuse a été achetée neuve dans la dernière année par l'employeur. Son apparence est celle d'un objet en bon état. Les travailleurs utilisent couramment cet équipement pour les soudures réalisées lors du montage d'escaliers métalliques.

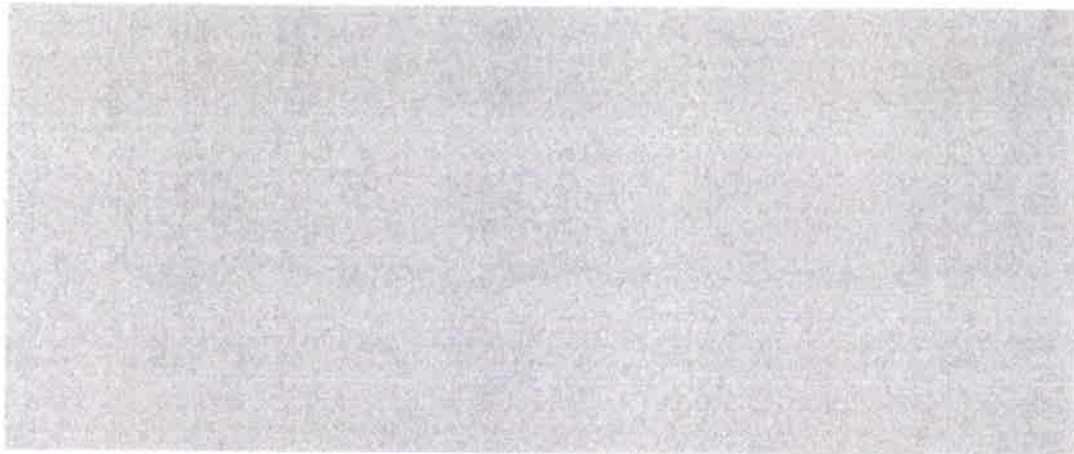


Figure 33 — *Soudeuse utilisée pour effectuer les soudures à pied d'œuvre lors du montage de l'escalier métallique n° 1*

Source : ESAB

Afin de s'assurer du bon fonctionnement de cet équipement, la CNESST a mandaté une entreprise, Beauce Technologie inc., pour l'expertiser. Cette entreprise est spécialisée dans la réparation et la vente d'équipement de soudure et de coupe. Elle effectue la réparation, l'entretien préventif, la calibration, le reconditionnement de régulateurs et de chalumeaux en plus d'effectuer la vente d'équipement usagé.

L'expertise effectuée vise à mettre la soudeuse sur un banc d'essai de résistance pour vérifier ses sorties de voltage et d'ampérage afin de s'assurer qu'elles sont conformes aux spécifications du fabricant.

À la suite de cette expertise, il est confirmé que cet équipement est fonctionnel et conforme. Un certificat est délivré à cet effet par Beauce Technologie inc.

4.2.11 Spécifications de mode opératoire de soudage (SMOS)

Une compagnie certifiée par le Bureau canadien de soudage en vertu de la norme CSA W47.1 doit, selon l'article 10, posséder des spécifications de mode opératoire

de soudage pour chaque procédé de soudage qu'elle utilise. Ce document général décrit dans les grandes lignes les pratiques et les restrictions concernant un procédé de soudage en atelier ou en chantier. Les paramètres et les gammes de soudage sont spécifiés et utilisés pour préparer les feuilles de données de mode opératoire de soudage (FDMOS). Toutes les SMOS doivent être soumises au Bureau canadien de soudage pour approbation.

Métal Méroc possède une spécification de mode opératoire de soudage pour le procédé de soudage à arc à l'électrode enrobée. Celle-ci a été préparée par M. S., le 4 novembre 2019 et approuvée par le Bureau canadien de soudage le 11 décembre 2019.

4.2.11.1 Préchauffage et maintien de la température minimale

Dans cette SMOS, on retrouve une section dans laquelle il est mentionné que le préchauffage et le maintien de la température minimale doivent être conformes au tableau 5.3 de la norme CSA W59.

À cet effet, la norme CSA W59-03 stipule, à l'article 5.7.1, que « les températures de préchauffe et entre passes doivent être suffisamment élevées pour empêcher la fissuration. Les températures de préchauffe et entre passes doivent être conformes aux valeurs du tableau 5.3, sauf lorsqu'on se conforme à l'article 5.7.2. »

Épaisseur de la partie la plus épaisse au point de soudage (mm (po))	Procédé de soudage			
	SMAW avec électrodes de type autre qu'à bas hydrogène	SMAW électrodes à bas hydrogène	FCAW et MCAW sans désignation représentant l'hydrogène diffusible	SMAW électrodes à bas hydrogène
1	FCAW et MCAW avec désignation représentant l'hydrogène diffusible	FCAW et MCAW avec désignation représentant l'hydrogène diffusible	GMAW et SAW	FCAW et MCAW avec désignation représentant l'hydrogène diffusible GMAW et SAW électrodes en acier doux ou faiblement allié
2	Norme CSA G40 21-M 260W (38WT), 260WT (38WT) 300W (44W), 300WT (44WT)	Norme CSA G40 21-M 260W (38WT), 260WT (38WT) 300W (44W), 300WT (44WT) 350W (50W), 350WT (50WT) 380W (60W), 380WT (60WT)	Norme CSA G40 21 400A (60A), 400AT (60AT)	Norme CSA G40 21 700Q (100Q), 700QT (100QT)
	ASTM A 36 A 53 nuance B A 106 nuance B A 500 nuance B A 501 A 516M nuances 380, 415	ASTM A 36 A 53 nuance B A 106 nuance B A 242 A 441 A 500 nuances A, B, C A 501 A 515M jusqu'à nuance 415 A 516M toutes nuances	ASTM A 515M nuances 415, 450	ASTM A 514 A 517M

1	2	3	4	5
	ASTM A 529 A 570 toutes nuances A 572 nuances 42, 50 A 607* nuances 43, 50	ASTM A 529 A 570 toutes nuances A 572 nuances 42, 50 A 588 A 606 A 607 toutes nuances A 618 A 613 nuances A, C, D A 710 nuance A Classe 2 - 50 mm A 913 nuance 50 A 992-A 992M	ASTM A 572 nuances 60, 65 A 633 nuance E A 710 nuance A Classe 2 - 50 mm A 710 nuance A Classe 3 - 50 mm A 913 nuances 60, 65	ASTM
mm jusqu'à 20 plus de 20 à 40 plus de 40 à 60 plus de 60	(no) jusqu'à 3/4 plus de 3/4 à 1 1, 2 plus de 1 1/2 à 2 1, 2 plus de 2 1/2	aucune 65 °C (150 °F) 107 °C (225 °F) 150 °C (300 °F)	aucune 10 °C (50 °F) 60 °C (150 °F) 170 °C (325 °F) 150 °C (300 °F)	10 °C (50 °F) 30 °C (125 °F) 80 °C (175 °F) 110 °C (225 °F)

Figure 34 – Extrait du Tableau 5.3 de la norme CSA W59-03 qui présente les températures minimales de préchauffe et entre passes

Source : CSA W59-03

On constate donc, selon le tableau, qu'il n'y a aucune température de préchauffe exigée pour les conditions présentes au chantier même en considérant la note † qui indique que lorsque la température du métal de base est inférieure à 0 °C (32 °F), celui-ci doit être préchauffé à au moins 10 °C (50 °F) pendant toute la durée du soudage.

Or, le jour de l'accident, il fait entre 0,4 et 6 °C (voir section « Conditions environnementales »). Les pièces de l'escalier sont entreposées au 7^e étage et exposées aux conditions extérieures. Ces conditions respectent les exigences de température minimale de la norme W59-03.

Toutefois, selon l'expert, les exigences de température minimale existent dans le but de réduire la vitesse de refroidissement de la soudure pour éviter d'emprisonner de l'hydrogène à l'intérieur de sa microstructure. L'hydrogène emprisonné provenant d'un refroidissement rapide contribue au processus d'arrachement lamellaire, phénomène qui a été observé sur le faciès de rupture de la soudure.

4.2.11.2 Préparation des matériaux de base

La spécification de mode opératoire de soudage de Métal Méroc pour le procédé de soudage à arc à l'électrode enrobée contient également une section sur la préparation du matériau de base. Il est notamment inscrit que les surfaces à souder doivent être exemptes, dans un rayon de 50 mm (2 po) d'une soudure, de calamine non adhérente à la surface, de laitier, de rouille écaillée, de peinture, de graisse, d'humidité et autres corps étrangers qui rendraient impossible le soudage selon les critères d'acceptation de cette norme ou dégageraient des vapeurs dangereuses. C'est d'ailleurs exactement ce qui est mentionné à l'article 5.3.1 de la norme CSA W59-03.

Or, l'apprêt appliqué en usine sur les deux pièces métalliques impliquées dans l'accident n'a pas été retiré avant de procéder à la soudure temporaire. Également, la présence d'eau sur les pièces de l'escalier et les conditions atmosphériques

humides (pluie à l'extérieur) n'ont pas été contrôlées avant de procéder aux soudures.

L'expert affirme que lorsque de l'eau et de la peinture se retrouvent dans le passage de l'arc électrique d'un procédé de soudage, des gaz sont générés. Lors de la solidification du métal d'apport, des soufflures (porosités) peuvent être emprisonnées ou se frayer un chemin jusqu'en surface, affaiblissant du même coup la soudure. Plus précisément, ces poches de gaz emprisonnées à l'intérieur du métal solidifié ou pouvant déboucher en surface de ce dernier peuvent affecter les propriétés mécaniques de la soudure en créant des concentrations de contraintes et des amorces de fissures. De telles soufflures ont en effet été observées sur la soudure en cause (voir section 4.2.8.1).

De plus, de l'hydrogène, provenant de la décomposition de l'eau, peut également être emprisonné à l'intérieur de la microstructure de la soudure, contribuant au processus d'arrachement lamellaire, phénomène qui a également été observé sur le faciès de rupture de la soudure (voir section 4.2.8.1).

À cet égard, la norme CSA W59-03 stipule, à l'article 5.1.1, que « *le soudeur, la pièce et les produits d'apport de soudage doivent être adéquatement protégés des effets directs du vent, de la pluie et de la neige et il faut prendre tous les moyens nécessaires pour que le soudeur puisse exécuter son travail dans un confort raisonnable.* »

4.2.12 Feuilles de données de mode opératoire de soudage (FDMOS)

Selon l'article 11.1.1 de la norme CSA W47.1, une compagnie certifiée doit également préparer des feuilles de données de mode opératoire de soudage pour les assemblages soudés réalisés par la compagnie, conformément à cette norme. Une FDMOS est un document, utilisé avec une SMOS, qui spécifie en détail les paramètres de soudage et les gammes de valeurs applicables au soudage d'un assemblage donné, pour toute une gamme d'épaisseurs et de dimensions de soudures. Ce document devrait comprendre au moins les points suivants :

- a) La spécification du matériau de base ;
- b) La nature du courant de soudage (continu, alternatif, polarité) ;
- c) Les valeurs de courant ;
- d) La caractéristique externe statique de la source de courant (plate ou plongeante) ;
- e) Les valeurs de tension (le cas échéant) ;
- f) La vitesse de soudage (dans le cas de procédés automatiques) ;
- g) Le type de matériaux d'apport et (ou) de gaz de protection, ainsi que le débit de gaz de protection ;
- h) Un croquis de la configuration du joint concerné, montrant la répartition des premières passes et couches, et en rapport avec les alinéas c), e), f) et g). Les autres

passes et couches peuvent être indiquées comme des passes de remplissage si l'on utilise les mêmes paramètres ;

- i) La position de soudage et le sens de soudage en position verticale ;
- j) Le nombre d'arcs, la distance entre eux et leur position angulaire ;
- k) La méthode de préparation du côté envers après le soudage du côté endroit ;
- l) Les températures de préchauffe et entre passes ;
- m) Le numéro de chaque spécification de mode opératoire de soudage (SMOS) ;
- n) Le numéro de révision de chaque feuille de données de mode opératoire de soudage (FDMOS).

Les FDMOS doivent être soumises au Bureau canadien de soudage pour revue et approbation. Les renseignements figurant sur les SMOS et les FDMOS doivent être mis à la disposition, sous une forme pratique, des superviseurs en soudage, en atelier et sur chantier, et de toute autre personne autorisée responsable de l'exécution des travaux de soudage.

Métal Méroc possède des FDMOS approuvées par le Bureau canadien de soudage pour le procédé de soudage SMAW (procédé utilisé par le soudeur lors de l'accident) pour les électrodes E7018-1 H4 et E6011 (voir Annexes E et F). Elles sont mises à la disposition des travailleurs à l'usine de Métal Méroc et dans chaque camionnette de chantier.

Cependant, l'entreprise ne possède pas de FDMOS pour des soudures réalisées sur des demi-V à rebord tombé (type de joint impliqué dans l'accident). À noter que même si la soudure est de type temporaire, celle-ci doit toujours être conforme aux modes opératoires de soudage approuvés selon l'article 5.4.8 de la norme CSA W59-03.

4.2.13 Inspection des soudures

L'article 7.1.2.1 de la norme CSA W59-03 stipule que si le contrat l'exige, l'inspection visuelle du soudage doit être réalisée par un inspecteur en soudage certifié selon la norme CSA W178.2 ou un organisme d'inspection en soudage certifié selon la norme CSA W178.1.

Or, le contrat entre Métal Méroc et le maître d'œuvre du chantier (Immofab Construction) ne spécifie aucune clause en ce qui concerne l'inspection des soudures. Ainsi, aucune inspection visuelle des soudures de l'escalier métallique n° 1 n'est obligatoire et n'a été effectuée.

À noter que la version 2018 de la norme W59 stipule maintenant à l'article 7.1.1 que l'entrepreneur a la responsabilité de l'inspection visuelle de toutes les soudures, quelles que soient les inspections supplémentaires requise dans les documents du contrat. Cette inspection doit être réalisée par le personnel d'inspection de l'entrepreneur. Le personnel d'inspection de l'entrepreneur peut être une ou des personnes que l'entrepreneur considère comme étant compétentes ou un inspecteur en soudage qualifié conformément à la norme CSA W178.2.

La norme CSA W47.1-09 prévoit la présence de superviseurs en soudage au sein d'une compagnie certifiée. C'est notamment le cas de Métal Méroc, qui possède [REDACTED], soit MM. A [REDACTED] et U [REDACTED].

Une des responsabilités du superviseur en soudage est de s'assurer que le personnel de la compagnie qui exécute des soudures est bien qualifié et qu'il travaille, en atelier, en usine ou sur un chantier, en respectant les modes opératoires de soudage approuvés. Selon l'information recueillie auprès de l'employeur, il y a peu d'inspections des soudures effectuées sur les chantiers et elles ne sont pas documentées, sauf lorsque des défauts sont observés.

Le 26 novembre 2020, une visite des lieux de l'accident est réalisée par la CNESST et par M. Hugo Julien, ingénieur et inspecteur en soudage certifié selon la norme CSA W178. À cette occasion, plusieurs soudures de mauvaise qualité visuelle et qui ne respectent pas les exigences de la norme CSA W59 sont observées. En effet, il y a présence de soufflures, de caniveaux et de renforcements excessifs. Il est également constaté que la conception varie d'une soudure à l'autre (position, longueur, etc.).

4.2.14 Protection contre les chutes

La hauteur entre la dalle de béton du niveau 7 et celle du niveau 8 est de 2,9 mètres. Le jour de l'accident, les travailleurs retirent le garde-corps en bois installé en bordure du vide du puits d'escalier au niveau 7 puisqu'il empêche l'installation des escaliers permanents. Les garde-corps du niveau 6 et 8 sont conservés en place. Les travailleurs n'utilisent pas de protection contre les chutes.

4.2.15 Lois, réglementations et normes applicables

4.2.15.1 Loi sur le bâtiment (chapitre B-1.1)

14. L'entrepreneur doit se conformer au Code de construction (chapitre B-1.1, r. 2) pour les travaux de construction sous sa responsabilité.

4.2.15.2 Code de construction du Québec, Chapitre I — Bâtiment et Code national du bâtiment — Canada 2010 (modifié).

DIVISION A

1.1.1.1. Domaine d'application du CNB

1) Le CNB vise les travaux de construction de tout bâtiment et de tout équipement destiné à l'usage du public tel que le prévoit l'article 1.02 du chapitre I du Code de construction (chapitre B-1.1, r. 2) pris en application de la Loi sur le bâtiment (chapitre

B-1.1) (voir l'annexe A).

[...]

1.4.1.2. Termes définis

[...]

Usage principal (major occupancy) : usage dominant, réel ou prévu d'un bâtiment, ou d'une partie de bâtiment, et qui comprend tout usage secondaire qui en fait intégralement partie. Dans le CNB, les bâtiments sont classés comme suit selon leur usage principal :

[...]

C — Habitations

DIVISION B

1.3.3. Domaine d'application de la division B

[...]

1.3.3.2. Domaine d'application des parties 3, 4, 5 et 6

1) Les parties 3, 4, 5 et 6 de la division B visent tous les bâtiments mentionnés à l'article 1.1.1.1. :

[...]

c) ayant une aire de bâtiment supérieure à 600 m² ou dont la hauteur de bâtiment dépasse 3 étages et qui abritent des usages principaux :

i) du groupe C, habitations :

[...]

Partie 4 — Règles de calcul

Section 4.1. Charges et méthodes de calcul

4.1.1.3. Exigences de calcul

1) Les bâtiments, leurs éléments structuraux et leurs liaisons, ainsi que les coffrages et les ouvrages provisoires, doivent être calculés de manière à avoir une résistance et une intégrité structurales suffisantes pour supporter effectivement et en toute sécurité les charges, effets des charges et autres sollicitations pouvant être raisonnablement prévus, compte tenu de la durée utile de ces bâtiments, et doivent dans tous les cas satisfaire aux exigences de la présente section (voir l'annexe A).

2) Les bâtiments et leurs éléments structuraux doivent être calculés en fonction de leur tenue en service, conformément aux articles 4.1.3.4., 4.1.3.5. et 4.1.3.6. (voir l'annexe A).

[...]

4.1.1.5. Base de la conception

1) Sous réserve du paragraphe 2), les bâtiments et leurs éléments structuraux doivent être calculés conformément aux procédés et aux méthodes de la présente partie.

[...]

4.3.4. Acier

4.3.4.1. Norme

1) Les bâtiments et leurs éléments structuraux en acier doivent être conformes à la norme CSA S16, « Règles de calcul des charpentes en acier » (voir l'annexe A).

Division C

Partie 2 — Dispositions administratives

Section 2.2. Administration

2.2.1.2. Calcul des structures

1) Pour ce qui est des calculs visés par la partie 4 de la division B, le concepteur doit être un ingénieur ou un architecte spécialisé dans le travail à accomplir (voir l'annexe A).

[...]

2.2.4.2. Sceau professionnel et signature du concepteur

1) Les dessins de la structure et les documents connexes doivent être datés et porter le sceau professionnel autorisé et la signature du concepteur tel qu'il est défini au paragraphe 2.2.1.2. 1).

[...]

2.2.4.4. Dessins des pièces et composants

1) Les dessins des pièces et composants structuraux, y compris les garde-corps, calculés par une autre personne que le concepteur du bâtiment, doivent être datés et porter la signature et le sceau professionnel autorisé du concepteur de ces pièces et composants.

4.2.15.3 Norme CSA S16-09 — Règles de calcul des charpentes en acier

4.3.2. Dessins d'atelier

Les dessins d'atelier doivent

2. Être préparés avant la fabrication et être soumis au concepteur pour approbation ;
3. Comporter toutes les indications nécessaires à la fabrication des différents éléments et composants de la charpente, et indiquer
 - i) Les matériaux requis et les normes de produits utilisés ;
 - ii) L'emplacement, le type et les dimensions de toutes les pièces d'assemblage ;
 - iii) Les règles d'installation des boulons ;
 - iv) Les soudures ; et
4. Indiquer les emplacements et les dimensions des zones protégées et présenter une description détaillée des opérations de fabrication interdites dans les zones protégées.

4.3.3. Plans de montage

Les plans de montage doivent être soumis au concepteur pour approbation. Il s'agit de dessins de montage général qui devraient indiquer les principales dimensions de la charpente, la marque d'identification des pièces et les dimensions des différents éléments, les éléments en acier résistants aux charges et essentiels à l'intégrité de la charpente finie, le diamètre, le type et le montage des boulons, les soudures en chantier, l'élévation de la plaque d'assise des poteaux, toutes les dimensions et tous les détails nécessaires à la fixation des tiges d'ancrage, ainsi que tout autre renseignement indispensable au montage de la charpente. Les plans de montage doivent indiquer les emplacements et les dimensions des zones protégées et présenter une description détaillée des opérations de montage interdite dans les zones protégées.

4.3.4. Méthode de montage

Les méthodes de montage doivent décrire les méthodes de construction, l'ordre de montage, les éléments de contreventement provisoire et les autres exigences techniques nécessaires à l'expédition, au montage et au maintien de la stabilité de la charpente d'acier. Elles doivent être accompagnées de dessins et de croquis permettant de déterminer l'emplacement des éléments porteurs temporaires et permanents qui sont

essentiels à l'intégrité de la charpente partiellement terminée. Les méthodes de montage doivent, le cas échéant, être approuvées.

[...]

24 Soudage

24.1. Soudage à l'arc

Les joints soudés doivent être calculés conformément :

a) À l'article 13.13 en ce qui a trait à la résistance pondérée aux charges statiques ;
et

b) Au chapitre 26 en ce qui a trait à la résistance aux charges de fatigue.

Pour tous les autres aspects du soudage, on doit se conformer à la CSA W59.

[...]

24.3. Qualification du fabricant et du monteur

Les fabricants et les monteurs responsables du soudage entrant dans la fabrication et le montage des charpentes conformément à cette norme doivent être certifiés par le Bureau canadien de soudage selon la CSA W47.1, (division 1 ou 2) ou la CSA W55.3, ou ces deux normes, le cas échéant. Une partie du travail peut être sous-traitée à un fabricant ou un monteur de division 3 ; la responsabilité demeure toutefois entièrement celle du fabricant ou du monteur de division 1 ou 2.

4.2.15.4 Norme CSA W59-03 — Construction soudée en acier (soudage à l'arc)

4.1.1.2 Dessins de détails, d'exécution et de montage

4.1.1.2.1

Les dessins doivent comporter des renseignements complets relatifs à l'emplacement, au type, aux dimensions et à la longueur des soudures. On doit également spécifier s'il s'agit de soudures exécutées en atelier ou en chantier. Se reporter à l'article D pour les symboles de soudage.

5.1.1

Le soudeur ou l'opérateur, la pièce et les produits d'apport de soudage doivent être adéquatement protégés des effets directs du vent, de la pluie et de la neige et il faut prendre tous les moyens nécessaires pour que le soudeur ou l'opérateur puisse exécuter son travail dans un confort raisonnable.

[...]

5.2.2.4 Entreposage et conditionnement des électrodes

5.2.2.4.1 Électrodes à bas hydrogène

Les électrodes à bas hydrogène doivent être livrées dans des contenants scellés ou faire l'objet d'un nouveau conditionnement conformément à l'alinéa a), b) ou c) de cet article. Si les contenants scellés sont endommagés, les électrodes doivent faire l'objet d'un nouveau conditionnement conformément à l'alinéa a), b) ou c). Les électrodes mouillées doivent être jetées.

a) Les électrodes en acier au carbone conformes à la norme CSA W48 doivent être cuites pendant au moins 2 heures à une température entre 230 °C (450 °F) et 260 °C (500 °F) avant de les utiliser.

b) Les électrodes en acier faiblement allié conformes à la norme CSA W48 doivent être cuites pendant au moins 1 heure à une température entre 370 °C (700 °F) et 430 °C (800 °F).

c) On peut utiliser d'autres températures de cuisson pour les électrodes à bas hydrogène si de telles méthodes ont été mises au point et sont recommandées par le fabricant ; l'utilisation des ces autres méthodes doit être approuvée par l'ingénieur.

5.2.2.4.2

Immédiatement après avoir ouvert les contenants scellés ou retiré les électrodes des fours qui ont servi au conditionnement conformément à l'article 5.2.2.4.1, les électrodes doivent être entreposées dans des fours dont la température est maintenue à au moins 120 °C (250 °F).

5.2.2.4.3

Sous réserve de l'article 5.2.2.4.4, les électrodes à bas hydrogène de type E49 qui ne sont pas utilisées dans les 4 heures qui suivent leur retrait des fours doivent être soumises à un nouveau conditionnement conformément à l'article 5.2.2.4.1.

[...]

5.2.2.4.7 Électrodes autres qu'à bas hydrogène

Les électrodes autres que les électrodes à bas hydrogène doivent être entreposées dans des endroits chauds et secs et doivent être protégées de l'huile, de la graisse et de toute autre matière nuisible lorsqu'elles sont retirées des contenants et des emballages.

5.3 Préparation du matériau

5.3.1

Les surfaces et les bords à souder doivent être lisses, uniformes et exempts d'arêtes, de fissures ou autres défauts susceptibles de nuire à la qualité ou à la résistance de la soudure. Les surfaces à souder doivent également être exemptes, dans un rayon de 50 mm (2 po) d'une soudure, de calamine non adhérente à la surface (exception faite de la calamine qui adhère fortement à la surface) de laitier, de rouille écaillée, de peinture, de graisse, d'humidité et autre corps étranger qui rendraient impossible le soudage selon les critères d'acceptation de cette norme.

[...]

5.4.8 Soudures temporaires

Les soudures temporaires doivent être conformes aux modes opératoires de soudage approuvés. Elles doivent être enlevées lorsque l'ingénieur l'exige. Dans ce cas, la surface de la pièce doit être de niveau avec la surface initiale. Pour des restrictions supplémentaires, quant à l'emplacement des soudures temporaires dans des structures sous charge cyclique, se reporter à l'article 12.5.5. si les soudures temporaires ne sont pas enlevées, elles doivent être conformes à l'article 4.3.4.2.1.

5.7 Contrôle de la température de préchauffage, de la température entre passes et de l'apport de chaleur

5.7.1

Les températures de préchauffage et entre passes doivent être suffisamment élevées pour empêcher la fissuration. Les températures de préchauffage et entre passes doivent être conformes aux valeurs du tableau 5.3, sauf lorsqu'on se conforme à l'article 5.7.2.

Des températures de préchauffage et entre passes supérieures aux valeurs minimales du tableau 5.3 peuvent être exigées :

- a) pour des soudures sur des éléments fortement immobilisées ;*
- b) pour certaines combinaisons d'épaisseurs d'acier et d'apport de chaleur, lorsque l'acier contient du carbone, du manganèse, du chrome et du nickel en quantité maximale selon les spécifications de l'acier ;*
- c) pour le métal fondu à haute résistance ;*
- d) pour les joints dans lesquels le transfert de l'effort de traction se produit dans le sens du travers court.*

7. Inspection du soudage

7.1 Généralités

[...]

7.1.2.1

Si le contrat l'exige, l'inspection visuelle du soudage doit être réalisée par un inspecteur en soudage ou un organisme d'inspection en soudage.

[...]

11.3.3 Métaux de base et électrodes correspondantes

11.3.3.1

Les métaux de base et les électrodes correspondantes doivent être conformes au tableau 11.1. Pour les exceptions, se reporter à la colonne 6 du tableau 11.2 a) pour la méthode de calcul de la contrainte admissible ou à la colonne 5 du tableau 11.2 b) pour la méthode de calcul aux états limites. Voir également la note 1 du tableau 11.2 a) ou 11.2 b), selon le cas.

4.2.15.5 CSA W47.1-09 — Certifications des compagnies de soudage par fusion de l'acier

10 Spécifications de mode opératoire de soudage (SMOS)

La compagnie doit posséder des spécifications de mode opératoire de soudage pour chaque procédé de soudage qu'elle utilise. Ces spécifications doivent décrire le mode opératoire général de soudage à respecter lors de la fabrication d'ensembles soudés, conformément à la norme régissant la conception, la fabrication ou les deux. Chaque spécification de mode opératoire de soudage doit comprendre les variables essentielles applicables. Toutes les spécifications de mode opératoire de soudage doivent être soumises au Bu pour approbation et, après avoir reçu le cachet d'approbation du bureau, elles doivent être considérées comme étant enregistrées auprès de celui-ci.

Note : L'annexe D fournit des modèles de spécifications de mode opératoire de soudage pour les procédés SMAW, FCAW, GMAW et SAW.

11 Feuilles de données de mode opératoire de soudage (FDMOS)

11.1 Généralités

11.1.1

La compagnie doit préparer des feuilles de données de mode opératoire de soudage pour les assemblages soudés réalisés par la compagnie, conformément à cette norme. Le personnel de la compagnie doit préparer des FDMOS concernant les assemblages préqualifiés et les soumettre au Bureau pour revue et approbation. Ou bien, au lieu de préparer une FDMOS pour chaque assemblage préqualifié, la compagnie peut

soumettre une spécification de mode opératoire de soudage (SMOS) comprenant les assemblages préqualifiés basés sur le code les concernant. Il doit y avoir une SMOS pour chaque procédé et celle-ci doit comprendre tous les détails de géométrie et les paramètres spécifiés dans ce code. Si le Bureau approuve ces SMOS, il n'est pas nécessaire de préparer une FDMOS pour chaque assemblage préqualifié. Le personnel de la compagnie doit préparer des FDMOS concernant les assemblages non préqualifiés et les soumettre au Bureau pour revue et approbation (voir l'article 11.2.2). Les renseignements figurant sur les SMOS et les FDMOS doivent être mis à la disposition, sous une forme pratique, des superviseurs en soudage, en atelier et sur chantier, et de toute autre personne autorisée responsable de l'exécution des travaux de soudage.

4.2.15.6 Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC) (S-2.1, r.4)

§ 3.3. — Ouvrages temporaires

3.3.1. Les rampes, les plates-formes, les voies de roulement, les échafaudages et autres ouvrages temporaires doivent être conçus et construits selon des méthodes éprouvées, de façon à éviter tout risque d'effondrement ou tout autre danger d'accident.

[...]

3.3.3. Tout ouvrage temporaire réalisé aux fins d'appuyer une partie d'une construction permanente jusqu'à ce que cette dernière suffise à s'appuyer d'elle-même doit être conçu, construit, appuyé et contreventé afin de résister à toutes les charges qui pourraient y être appliquées.

§ 3.24. — Travaux de montage ou de démontage d'une charpente métallique

[...]

3.24.9. Plan de montage : Les travaux doivent être effectués selon le plan du fabricant de la charpente métallique. Ce plan doit contenir notamment les indications suivantes :

1° l'emplacement des différents éléments de la charpente et leurs marques de montage ;

2° les principales cotes et leurs niveaux respectifs ;

3° le type de boulons utilisés et leur diamètre ;

4° les soudures qui seront effectuées à pied d'œuvre ;

5° les éléments structuraux temporaires ;

6° le nombre de rangs d'entretoises et leur position, le cas échéant.

[...]

3.24.10. Procédure de montage : En plus d'être effectués conformément au plan de montage prévu à l'article 3.24.9, les travaux doivent être exécutés selon une procédure élaborée par l'employeur. Cette procédure doit contenir notamment les renseignements suivants :

1° la méthode d'installation et les étapes du montage de la charpente ;

2° les mesures à prendre pour assurer la stabilité des éléments de la charpente ;

3° les mesures de protection des travailleurs contre les chutes.

Outre les exigences prévues au premier alinéa, la procédure de montage doit contenir la procédure de levage prévue à l'article 3.24.15.

[...]

3.24.15. Procédure de levage : Une procédure de levage doit être élaborée lorsque la manutention d'une charge est effectuée de l'une des façons suivantes :

1° par plus d'un appareil de levage ;

2° par un appareil de levage autre qu'une grue ;

3° sur palette par un appareil de levage autre qu'un chariot élévateur à fourche.

Lorsqu'un appareil de levage est ancré à une structure existante, le point d'ancrage et sa charge d'utilisation doivent être indiqués à la procédure de levage.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Au moment où le travailleur se déplace sur la volée d'escalier inférieure, la soudure qui supporte temporairement un des coins du palier intermédiaire cède, provoquant la chute de la volée d'escalier et du travailleur d'une hauteur de 2,9 mètres.

Le 16 novembre 2020, jour de l'accident, [REDACTED] de Métal Méroc entreprennent le montage de l'escalier métallique n° 1 entre les étages 7 et 8. L'escalier est constitué de trois pièces principales, soient la volée d'escalier supérieure, la volée d'escalier inférieure et le palier intermédiaire.

Afin de supporter le palier intermédiaire, les travailleurs installent trois supports sur les murs de béton de la cage d'escalier et un support temporaire sur la colonne de soutien située sous le quatrième coin du palier. Le support temporaire est une cornière d'acier soudée sur la colonne de soutien par le soudeur. Contrairement au support permanent qui est soudé au palier intermédiaire, la cornière permet de conserver la mobilité du palier intermédiaire nécessaire à l'équerrage de l'escalier. La résistance de cet assemblage mécanosoudé correspond à la limite élastique de l'élément de l'assemblage le plus faible. Dans ce cas-ci, il s'agit de la colonne de soutien qui est fabriquée avec de l'acier A500 Grade B/C. La limite élastique de cet acier est de **46 000 PSI**.

Les travailleurs déposent ensuite le palier intermédiaire sur les quatre supports. Les volées d'escalier supérieures et inférieures sont également déposées à leur endroit respectif puis soudées temporairement au palier intermédiaire par un point de soudure (*tack*), toujours dans l'objectif de conserver la mobilité des pièces afin de procéder à leur équerrage final.

Une fois installés, le palier intermédiaire et les volées d'escalier génèrent une contrainte statique de 28 300 PSI sur la soudure.

Les travailleurs procèdent à l'équerrage des pièces de l'escalier en débutant par la volée d'escalier supérieure. Pour ce faire, ils montent sur la dalle de béton du niveau 8 pour ajuster le haut de la volée supérieure. À ce moment, les travailleurs constatent qu'ils ont oublié d'installer le niveau laser sur la dalle du niveau 7. Le soudeur redescend les escaliers pour procéder à son installation. Au moment où il se retrouve sur la volée d'escalier inférieure, son propre poids fait augmenter la contrainte exercée sur la soudure à **44 000 PSI** de façon dynamique, offrant alors une marge de sécurité de seulement 4 %. Si la soudure avait été réalisée selon les règles de l'art, la contrainte exercée aurait été de 13 400 PSI, ce qui aurait donné un facteur de sécurité de 70 %.

Toutefois, la présence de défauts dans la soudure, comme les arêtes créées par le manque de pénétration et les porosités, a pour effet de concentrer et d'augmenter les contraintes au point de dépasser la limite élastique de 46 000 PSI, causant la rupture complète de l'assemblage. Le coin du palier intermédiaire s'affaisse, provoquant la chute de la volée d'escalier inférieure et du travailleur d'une hauteur de 2,9 mètres.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La méthode de travail utilisée pour le montage de l'escalier métallique est inadéquate en ce qu'elle n'assure pas la stabilité des pièces de l'escalier pendant son montage.

La conception et le montage d'un escalier métallique tel que celui impliqué dans l'accident font partie du champ de pratique de l'ingénieur. En effet, les éléments qui composent l'escalier sont considérés comme des éléments structuraux qui, au même titre qu'un plancher, doivent supporter des charges de service. Les règles de calcul du Code national du bâtiment (CNB) s'appliquent à cet ouvrage.

L'élaboration de dessins d'atelier pour la construction de l'escalier fait partie des exigences du CNB. Métal Méroc a produit des dessins d'atelier pour l'escalier métallique n° 1. Ceux-ci ont été élaborés par L [REDACTED] de l'entreprise. Selon le *Guide de pratique professionnelle de l'ingénieur*, des dessins d'atelier doivent être signés et scellés par un ingénieur, car ils expriment un travail de conception d'ingénierie, ce qui n'a pas été fait pour l'escalier métallique n° 1.

Selon la norme CSA S16-09, les dessins d'atelier doivent comporter toutes les indications nécessaires à la fabrication de l'escalier en indiquant notamment les soudures, les matériaux requis, les normes utilisées, l'emplacement, le type et les dimensions des pièces d'assemblage. Plus précisément, en ce qui a trait aux aspects du soudage, la norme CSA W59-03 stipule que les dessins doivent comporter des renseignements complets relatifs à l'emplacement, au type, aux dimensions et à la longueur des soudures et si les soudures doivent être exécutées en atelier ou en chantier.

La norme CSA S16-09 exige aussi que des plans de montage soient produits et approuvés pour la construction de ce type d'ouvrage. Les plans de montage sont des dessins de montage général qui doivent indiquer plusieurs informations essentielles au montage comme les soudures en chantier. La norme exige également que les plans de montage soient accompagnés d'une méthode de montage. Celle-ci doit comporter les méthodes de construction, l'ordre de montage, les éléments de contreventement provisoire nécessaires au montage et au maintien de la stabilité de l'escalier. L'emplacement des éléments porteurs temporaires et permanents qui sont essentiels à l'intégrité de l'escalier partiellement terminé doit être indiqué dans la méthode de montage. Ces indications doivent être accompagnées de dessins et de croquis.

Or, les dessins d'atelier de Métal Méroc n'ont pas été signés et scellés par un ingénieur. Ils ne comportent pas non plus toutes les indications qui concernent les matériaux requis, les normes utilisées et les spécifications des soudures en chantier (longueur, type, etc.). De plus, il n'y a pas de plan ni de méthode de montage indiquant l'utilisation du support temporaire impliqué dans l'accident pour le palier intermédiaire. Le 16 novembre 2020, lors de l'accident, les [REDACTED] qui œuvrent au montage de l'escalier ont comme seule référence les dessins d'ateliers de Métal Méroc. Ils n'ont aucune information sur les spécifications des soudures à effectuer au chantier ni sur les éléments provisoires nécessaires au montage et au maintien de la stabilité de l'escalier. Les travaux reposent essentiellement sur leurs connaissances et leur expérience, ce qui laisse place à improvisation.

Étant certifié CSA W47.1 auprès du Bureau canadien de soudage, Métal Méroc possède toutefois une spécification de mode opératoire de soudage (SMOS) pour le procédé de soudage à arc à l'électrode enrobée. Ce document décrit dans les grandes lignes les pratiques et les restrictions concernant le procédé de soudage en chantier. Dans la SMOS de Métal Méroc, on retrouve une section sur la préparation du matériau de base où il est indiqué que les surfaces à souder doivent être exemptes, dans un rayon de 50 mm (2 po) d'une soudure, de peinture et d'humidité.

Or, la SMOS n'a pas été respectée. En effet, l'apprêt appliqué en usine sur les deux pièces métalliques impliquées dans l'accident n'a pas été retiré avant de procéder à la soudure temporaire de l'angle de soutien tout comme l'eau provenant des conditions atmosphériques. Lorsque de l'eau et de la peinture se retrouvent dans le passage de l'arc électrique d'un procédé de soudage, des gaz sont générés. Lors de la solidification du métal d'apport, des soufflures (porosités) peuvent être emprisonnées ou se frayer un chemin jusqu'en surface, affaiblissant du même coup la soudure. Plus précisément, ces poches de gaz emprisonnées à l'intérieur du métal solidifié affectent les propriétés mécaniques de l'assemblage mécanosoudé en créant des concentrations de contraintes et des amorces de fissures. De telles soufflures ont été observées sur la soudure en cause. De plus, de l'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau peut également être emprisonné à l'intérieur de la microstructure de la soudure, contribuant au processus d'arrachement lamellaire, phénomène qui a également été observé sur le faciès de rupture de la soudure.

Une entreprise certifiée doit également préparer des feuilles de données de mode opératoire de soudage (FDMOS) pour les assemblages soudés réalisés par l'entreprise, conformément à la norme CSA W47.1. Une FDMOS est un document, utilisé avec une SMOS, qui spécifie en détail les paramètres de soudage et les gammes de valeurs applicables au soudage d'un assemblage donné pour toute une gamme d'épaisseurs et de dimensions de soudures. Métal Méroc possède des FDMOS approuvées, mais pas pour des soudures réalisées sur des demi-V à rebord tombé (type de soudure impliqué dans l'accident). Le soudeur ne pouvait donc pas connaître exactement les spécifications pour ce type de soudure, ce qui peut expliquer le manque de pénétration dans le joint de la soudure.

Finalement, des électrodes E7018-1 H4 (basiques à basse teneur en hydrogène) ont été utilisées pour réaliser la soudure temporaire en cause lors de l'accident. Ce type d'électrode est adéquat pour le travail à effectuer. Toutefois, celles retrouvées au chantier sont entreposées dans un contenant en plastique. La norme W59-03 stipule qu'immédiatement après avoir ouvert les contenants scellés, ces électrodes doivent être entreposées dans des fours dont la température est maintenue à au moins 120 °C (250 °F). Or, aucun four n'est présent sur le chantier et aucune information ne permet de savoir exactement depuis combien de temps elles sont sorties de leur emballage. Il est de pratique courante dans l'entreprise et dans le milieu de remettre les électrodes non utilisées dans leur contenant afin d'être réutilisées plus tard sur un autre chantier. Lorsque de l'humidité s'introduit dans l'enrobage basique de l'électrode, elle forme de l'hydrogène dans la microstructure de la soudure. Comme stipulé plus haut, l'hydrogène emprisonné contribue au processus d'arrachement lamellaire, phénomène qui a été observé sur le faciès de rupture de la soudure.

En résumé, considérant que :

- Les dessins d'atelier de l'escalier métallique n° 1 ne sont pas signés et scellés par un ingénieur, comme le requiert le *Guide de pratique professionnelle de l'ingénieur* ;
- Les dessins d'atelier de Métal Méroc ne comportent pas toutes les indications nécessaires à la fabrication et au montage des différents éléments et composants de l'escalier, comme les spécifications des soudures en chantier, comme le requiert les normes CSA S16-09 et CSA W59-03 ;
- Il n'y a pas de plan ni de méthode pour le montage pour l'escalier n° 1, comme le requiert la norme CSA S16-09 ;
- L'apprêt appliqué en usine sur les pièces métalliques impliquées dans l'accident n'a pas été retiré avant de procéder à la soudure temporaire, comme le prévoit la SMOS de Métal Méroc ;
- Les pièces métalliques de l'escalier n'ont pas été asséchées avant de procéder à la soudure temporaire, comme le prévoit la SMOS de Métal Méroc ;
- Métal Méroc ne possède pas de FDMOS pour des soudures réalisées sur des demi-V à rebord tombé (type de joint impliqué dans l'accident), comme le requiert la norme CSA W47.1 ;
- Les électrodes utilisées pour réaliser la soudure ne sont pas entreposées adéquatement, comme le requiert la norme W59-03 ;

Les [REDACTED] ont utilisé une méthode de travail pour le montage de l'escalier métallique qui n'assurait pas la stabilité des pièces durant les travaux.

Cette cause est retenue.

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

- Au moment où le travailleur se déplace sur la volée d'escalier inférieure, la soudure qui supporte temporairement un des coins du palier intermédiaire cède, provoquant la chute de la volée d'escalier et du travailleur d'une hauteur de 2,9 mètres.
- La méthode de travail utilisée pour le montage de l'escalier métallique est inadéquate en ce qu'elle n'assure pas la stabilité des pièces de l'escalier pendant son montage.

5.2 Suivi à l'enquête

La CNESST transmettra le rapport d'enquête aux associations suivantes pour qu'une sensibilisation soit faite auprès de leurs membres spécialisés dans des travaux de soudage-montage :

- Association de la construction du Québec (ACQ) ;
- Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ) ;
- Association patronale des entreprises en construction du Québec (APECQ) ;
- Association des entrepreneurs en construction du Québec (AECQ) ; et
- Association des métiers de l'acier du Québec (AMAQ).

De plus, le rapport d'enquête sera diffusé, à titre informatif et à des fins pédagogiques, dans les établissements de formation qui offrent le programme d'études professionnelles *Soudage-montage*.

ANNEXE A**Accidenté**

Nom, prénom : M [REDACTED]

Sexe : [REDACTED]

Âge : [REDACTED]

Fonction habituelle : [REDACTED]

Fonction lors de l'accident : Monteur-assembleur

Expérience dans cette fonction : [REDACTED]

Ancienneté chez l'employeur : [REDACTED]

Syndicat : [REDACTED]

ANNEXE B

Liste des témoins et des autres personnes rencontrées

Métal Méroc inc.

- Monsieur V
- Monsieur L
- Monsieur N
- Monsieur A

9188-3322 Québec inc. (Immofab Construction)

- Monsieur H
- Monsieur B
- Monsieur I

Conseil provincial du Québec des métiers de la construction (International)


- Monsieur W Local 711
- Monsieur X
- Monsieur Y Local 711
- Monsieur Z Local 711

Autres


- Monsieur A1 Association sectorielle paritaire construction (ASP Construction)
- Madame B1 Association de la construction du Québec (ACQ)
- Monsieur C1 Optima Santé globale
- Monsieur D1 , 9188-3322 Québec inc. (Immofab Construction)
- Monsieur E1 9355-5019 Québec inc. (Gestion Multi-Pro)
- Monsieur F1 , ITR Acoustique inc.

ANNEXE C



Rapport d'expertise






SOMMAIRE D'INVESTIGATION



Notre dossier : 2020-11-0383

Dossier	Métal Méroc (projet ÎLOT GCS)
Adresse de l'événement	987 Route de l'Église, Sainte-Foy (Québec)
Présenté à	Monsieur Joël Ménard, ing., CNESST 425, rue du Pont, 5 ^{ème} étage Québec (Québec) G1K 9K5
	Votre dossier : 7258522
Date du rapport	24 mars 2021
Date de l'incident	16 novembre 2020
Date du mandat	26 novembre 2020
Annexe	Photographies
Investigateur	Réviseur
	
Hugo Julien, ing., CSA W178.2 Niveau II (CSA W47.1/W59) N° membre OIQ : [REDACTED] N° membre CWB : [REDACTED]	Nicolas Geoffroy, ing., Ph.D., métallurgiste N° membre OIQ : [REDACTED]



■ Nom du dossier : Métal Méroc
■ Notre dossier : 2020-11-0383

MANDAT

Les services de *CEP Forensique* furent retenus par madame Isabelle Émond et monsieur Joël Ménard de la *CNESST*, le 26 novembre 2020, afin d'émettre une opinion technique concernant le bris d'un escalier métallique situé dans un immeuble en construction et ayant causé un décès, le 16 novembre 2020 au 987 Route de l'Église, Sainte-Foy, Québec (projet ÎLOT GCS).

INVESTIGATION

Description de l'incident

Lors de l'installation de l'escalier métallique sur le chantier de construction, un palier situé entre le 7^{ème} et le 8^{ème} étage et supporté par 4 points d'appui, dont une colonne de soutien (flèche rouge à la figure 1) et 3 supports ancrés aux murs de béton (flèches jaunes à la figure 1) de la cage d'escalier située au sud du bâtiment, a basculé emportant avec lui un travailleur vers le palier inférieur situé entre le 6^{ème} et le 7^{ème} étage.

En effet, les deux volées de marche (une volée no 1 menant vers le haut et une volée no 2 vers le bas, voir figure 1) étaient appuyées sur ce palier impliqué dans l'incident. Une soudure temporaire récemment faite pour tenter de supporter le palier sur la colonne (flèche rouge de la figure 1) a cédé, déstabilisant l'équilibre de l'assemblage métallique en enlevant soudainement ce 4^{ème} point de support relié à la colonne.

Plus précisément, par le poids du travailleur ainsi que celui du palier et de la volée no 2 appuyée sur ce dernier, un mouvement inopiné du palier a entraîné la chute de la volée no 2 (voir figure 3). Le travailleur se trouvant sur cette volée no 2 et/ou le palier a été entraîné avec celle-ci dans sa chute d'une hauteur d'environ 9 pieds. Le travailleur a malheureusement succombé à ses blessures.

■ Nom du dossier : Métal Méroc
■ Notre dossier : 2020-11-0383

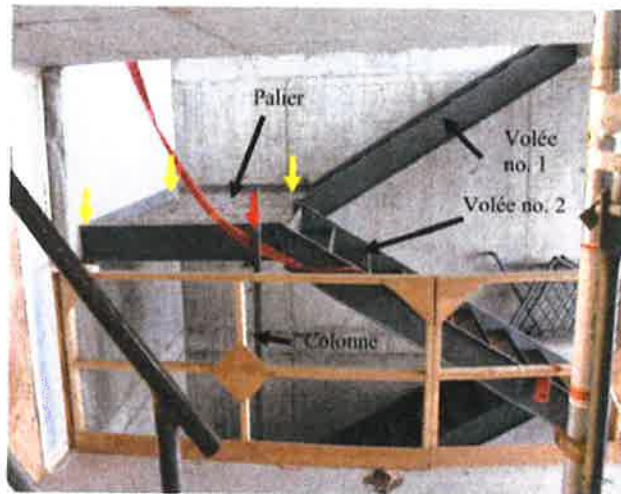


Figure 1 – Escalier métallique typique en cours de construction trouvé dans l'immeuble associé à l'incident (avec colonne temporaire comportant un fer angle)



Figure 2 – Support permanent typique (plaque) soutenant l'extrémité du palier ne pouvant pas être maintenu par les murs de béton de la cage d'escalier (la flèche rouge illustre l'orientation de la force que la colonne devait supporter)

■ Nom du dossier : Métal Méroc
■ Notre dossier : 2020-11-0383



Figure 3 -- État du palier et des volées le lendemain de l'incident, soit le 17 novembre 2020. Les colonnes orange ont été ajoutées pour sécuriser le palier et la volée no 1.

Examen du site

L'ingénieur Hugo Julien, certifié CSA W178.2 Niveau 2 (CSA W47.1/W59), a réalisé la visite des lieux de l'accident avec messieurs Joël Ménard et Étienne Girardin de la CNESST le 3 décembre 2020, afin d'examiner les soudures réalisées pour soutenir les escaliers métalliques à l'intérieur de l'immeuble associé à l'incident.

Le bâtiment était en cours de construction le 16 novembre 2020, journée de l'accident, ainsi que lors de notre visite du 3 décembre 2020. *Immofab Construction* était l'entrepreneur général et *Métal Méroc inc.* était responsable, entre autres, de la construction des cages d'escaliers métalliques du bâtiment, associées à l'accident. La figure 4 illustre la localisation du bâtiment.

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383



Figure 4 – Endroit où le bâtiment en construction était situé (flèche rouge) en novembre 2020

Faits rapportés (sur site et documentations reçues de la CNESST)

- L'escalier impliqué dans l'accident était en cours d'assemblage, le 16 novembre 2020, par deux (2) employés de la compagnie *Métal Méroc inc.*;
- *Métal Méroc* détenait une certification CSA W47.1, Division 2 en vigueur, accordée par le *Bureau Canadien de Soudage* (ci-après « *CWB* ») permettant de réaliser des travaux sur structures d'acier et métaux ouvrés, comme un escalier métallique. La certification Division 2 de la norme CSA W47.1 implique la présence à temps partiel d'un ingénieur membre de l'*Ordre des Ingénieurs du Québec* (ci-après « *OIQ* »), ce qui était le cas, selon les représentants de *Métal Méroc*;
- Les plans de construction de la cage d'escalier n'étaient pas scellés par un ingénieur membre de l'*OIQ*. Aucun symbole de soudage n'était disponible sur les dessins de fabrication. De plus, l'assemblage temporaire impliqué dans l'incident, comprenant un fer angle et une tubulure, n'était pas présent sur les plans;
- La soudure réalisée en chantier n'avait pas été inspectée par un inspecteur certifié par le *CWB* (CSA W178.2 Niveau 2) puisque le contrat entre *ImmoFab Construction* et *Métal Méroc* ne le spécifiait pas (voir la norme CSA W59-03, par. 7.1.2.1);
- Le procédé de soudage manuel de type SMAW (« *Shielded Metal Arc Welding* ») ou arc avec électrode enrobée a été utilisé pour réaliser la soudure associée à l'accident;
- Les procédures de soudage certifiées par le *Bureau Canadien de Soudage* (*CWB*) étaient facilement disponibles aux soudeurs selon les représentants de *Métal Méroc*;

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

- Deux types d'électrodes ont été trouvés sur le site de l'accident par la CNESST :
 - 1) Électrodes de type E6011 (diamètre de 1/8 pouce), fabriquées par *Air Liquide* de marque *Blueshield* et certifiées AWS A5.1/ASME SFA 5.1 ont été trouvées à proximité du site de l'accident. La désignation « E6011 » signifie « E » pour électrode, « 60 » pour la résistance mécanique ultime certifiée au minimum à 60 000 PSI, premier « 1 » pour indiquer que cette électrode peut être utilisée en toutes positions et le deuxième « 1 » signifie un enrobage cellulosique à prédominance de feldspath de potassium. La baguette E6011 fait partie de la famille F3 selon CSA W47.1 (tableau 1).
 - 2) Électrodes de type E7018-1 H4 (diamètre de 1/8 pouce), fabriquées par *Hobart Filler Metals* et certifiées AWS A5.1/ASME SFA 5.1/CSA W48 ont été trouvées à proximité également de la soudure associée à l'accident. La désignation de « E7018-1 H4 » signifie « E » pour électrode, « 70 » pour la résistance mécanique ultime certifiée au minimum à 70 000 PSI, le premier « 1 » signifie que cette électrode peut être utilisée en toutes positions, le « 8 » signifie un enrobage de type basique à basse teneur en hydrogène (H4 = 4 ml d'hydrogène diffusible par 100 g de métal déposé) et le dernier « 1 » signifie la valeur de résilience de l'électrode. La baguette E7018-1 H4 fait partie de la famille F4 selon CSA W47.1 (tableau 1).
- La longueur de la soudure associée à l'accident était d'environ 40 mm (1 9/16") de long (voir figure 5). Le faciès de rupture (gorge efficace) avait une largeur moyenne d'environ 5 mm (3/16");
- La soudure n'avait aucune pénétration à l'intérieur du demi-V à bord tombé généré par l'assemblage (figure 5);



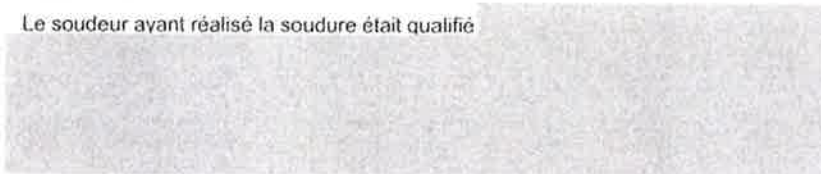
Figure 5 – Soudure associée à l'accident

- Le soudeur avait soudé avec le procédé SMAW dans les 3 derniers mois selon le registre de *Métal Méroc*;
- La peinture d'apprêt située dans la zone à souder était un apprêt alkyde à séchage rapide gris de *UCP Paint Inc.* ayant le code de produit 3138;
- Le poids d'une volée d'escalier typique était d'environ 205 kg (450 lb) et le palier d'environ 244 kg (540 lb) selon *Métal Méroc*. De plus, le travailleur avait un poids d'environ 85 kg (190 lb);

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

- Après inspection visuelle, le profil de surface de la soudure associée à l'accident suggère une soudure réalisée en verticale montant;

- Le soudeur ayant réalisé la soudure était qualifié



- Il pleuvait la journée de l'accident et il faisait une température entre 4 et 6 degrés Celsius dans la région de Sainte-Foy, Québec (voir figure 6). Étant donné que l'immeuble était en construction, l'eau et le froid étaient présents dans la cage d'escalier ainsi que sur les surfaces métalliques ayant été soudées;

November 2020 Weather in Québec – Graph

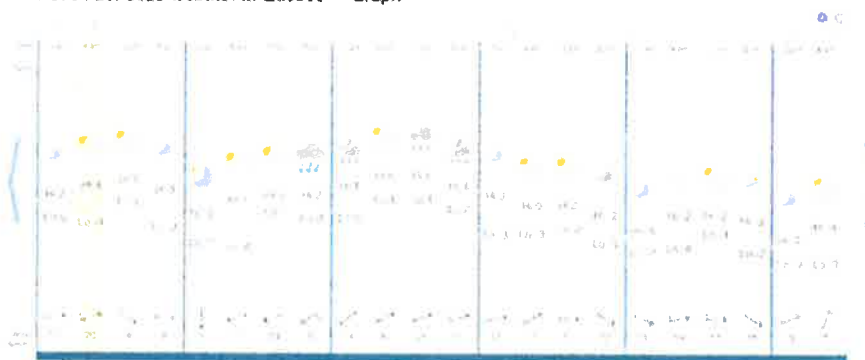


Figure 6 – Températures enregistrées le 16 novembre 2020 à Sainte-Foy

- Les soudures des autres colonnes similaires (étages 1 à 5) à celle associée à l'accident étaient visuellement de mauvaise qualité (voir figure 7) et donc, ne respectaient pas les exigences de la norme CSA W59, section 11 (structure statique). Plus précisément, des soufflures, des caniveaux et des renforcements excessifs ont été observés ne respectant pas la norme CSA W59. Autre fait important, les soudures avaient toutes une conception différente (position, longueur, etc.) confirmant que les soudeurs n'avaient accès à aucun détail de soudures sur les plans lors de l'assemblage et devaient effectuer leur propre conception;

- Nom du dossier : Métal Méroc
Notre dossier : 2020-11-0383



Figure 7 – Soudures poteaux trouvées aux étages 1 (image de gauche) et 4 (image de droite) de la même cage d'escalier associée à l'incident

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

Survol réglementaire associé à une cage d'escalier métallique

Les notes présentes sur les plans du bâtiment, réalisés par la firme *Gilles L. Tremblay Architecte*, indiquaient:

« *Note 1 : L'entrepreneur général est tenu de transmettre à tous les sous-traitants l'intégralité du cahier de plan. L'entrepreneur général et les sous-traitants doivent examiner et vérifier toutes les informations et dimensions sur ces plans et durant le chantier.*

Note 8 : Tout travail exécuté doit se conformer aux lois et règlements gouvernementaux, aux règlements municipaux ainsi qu'aux différents codes en vigueur :

- *Code de construction de Québec (CCQ), dernière édition*
- *Les codes et règlements provinciaux du ministère du travail*
- ... »

Or, selon le Code de Construction, chapitre B-1.1, r. 2 (en vigueur le 1^{er} septembre 2020), article 1.01 demandé plus haut par l'architecte, le Code National du Bâtiment édition 2010 (ci-après « CNB-2010 ») devait être utilisé pour la conception, la fabrication et la certification de l'escalier métallique impliqué dans l'accident. Puisque ce dernier est un équipement destiné à l'usage du public (voir Code de Construction article 1.02), il devait effectivement être conçu et construit en conformité au CNB-2010.

Ce document précise, au paragraphe 4.3.4.1(1), que la norme CSA S16 (édition 2009) doit être utilisée pour la conception et la fabrication de ce type d'ouvrage métallique incluant les soudures. Or, CSA S16-09 référence les normes CSA W47.1 (édition 2009) et la CSA W59 (édition 2003, réaffirmé en 2008) pour le volet soudage (voir CSA S16-09, 24.1 et 24.3).

Description des pièces

À la lumière des certificats de coulée reçus par *Métal Méroc* ainsi que d'une analyse chimique effectuée sur deux échantillons prélevés sur les pièces associées à l'accident (figures 9 et 10), les aciers utilisés pour la tubulure carrée (pièce no 1 à la figure 8) et le fer angle (pièce no 2 à la figure 8) rencontraient les exigences de la norme du CSA G40.21 Grade 44W/50W pour le fer angle et ASTM A500 Grade B/C pour la tubulure. Le fer angle avait les dimensions suivantes, 75 mm x 75 mm x 6 mm (3 po X 3 po X ¼ po) d'épaisseur et la tubulure avait, quant à elle, 50 mm x 50 mm x 5 mm (2 po X 2 po X 3/16 po) d'épaisseur.

La soudure impliquée dans l'accident tentait de fusionner la tubulure (pièce no 1) au fer angle (pièce no 2), tel qu'illustré à la figure 8 (la soudure pointée par la flèche rouge était l'objectif du soudeur), mais aucune pénétration n'a été observée.

■ Nom du dossier : Métal Méroc
■ Notre dossier : 2020-11-0383

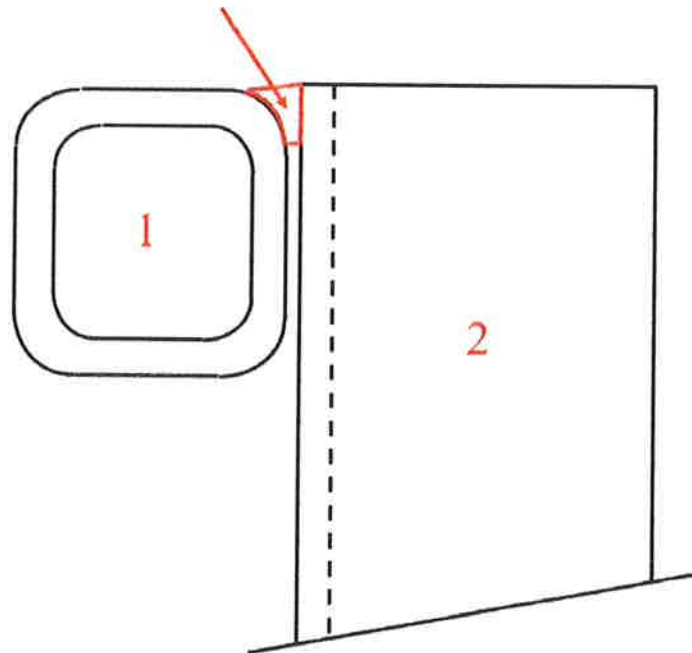


Figure 8 – Vue de plan des 2 pièces, la flèche rouge pointe la soudure en demi-V à rebord tombé à réaliser (la région rouge illustre une soudure conforme à la norme CSA)

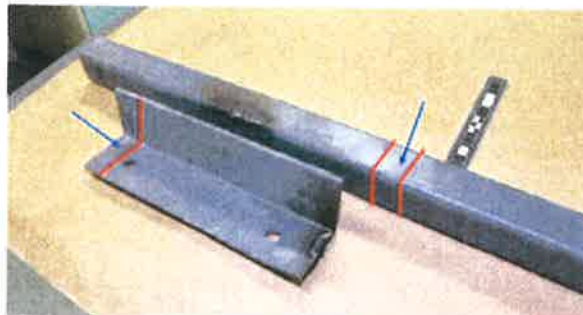


Figure 9 – Les flèches bleues pointent les échantillons prélevés sur la colonne et le fer angle pour fins d'analyse et les lignes rouges, les lignes de coupe

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

21L0008

LABORATOIRE D'ESSAI
MEQUALTECH

RAPPORT D'ANALYSE CHIMIQUE
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Client: **Nicolas Geoffroy** | Adresse: **CEP 2705, rue Michelin Laval, Québec H7L 5X6**
 Instrument: **Spectro** | Modèle: **Spectrotest EX002** | Référence: **P4b-CA-02**

IDENTIFICATION													
Échantillon	Al	Si	Fe	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	Autres
Sample #1 - Pipe 2" X 2"	0.167	0.029	0.54	0.016	0.046	<0.005	0.012	0.010	Bal.	0.045	0.007	<0.001	<0.001
Sample #2 - Ange 3" X 3"	0.136	0.161	0.02	0.172	0.253	<0.005	0.011	0.014	Bal.	0.263	0.046	<0.001	0.003

MÉTODES / METHODS													
Échantillon	Al	Si	Fe	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	Autres
Sample #1 - Pipe 2" X 2"	0.025								<0.001	<0.000			
Sample #2 - Ange 3" X 3"	<0.002								<0.001	<0.000			

MÉTODES / METHODS: Spectrochimie par émission atomique (SPECTROTEST EX002)
 CRITÈRES D'ACCEPTATION / ACCEPTANCE CRITERIA: N/A
 RÉSULTATS / RESULTS: NON CONFIRMÉ

The parts being tested are kept for a one month period after the results have been sent. Test results apply only to the parts being tested.
 This report can not be reproduced, except completely, without a written authorization from the laboratory.

2021-01-08

GRUPE MEQUALTECH

Figure 10 – Résultats d'analyse chimique des échantillons prélevés à la figure 9

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0363

Analyse technique

Pour minimiser les risques du bris soudain d'une structure portante comme celle impliquée dans cet accident, plusieurs normes et bonnes pratiques doivent être suivies.

En premier lieu, un ingénieur civil/structure membre de l'OIQ doit concevoir les plans de l'escalier métallique en y précisant le ou les types d'acier à être utilisés (exemple : ASTM A500 Grade B/C ou le CSA G40.21 Grade 44W/50W), les dimensions de tous les éléments constituant l'escalier, les détails de chaque pièce, les symboles de soudage (localisation, grosseur, longueur, etc.) ainsi que les détails reliés aux procédures de soudage et les normes (exemple : CSA W47.1, CSA W59, etc.) à respecter. En effet, selon la Loi sur les Ingénieurs (chapitre I-9, daté du 31 octobre 2020), article 3(1^o), les travaux de l'escalier métallique impliqué dans cet accident constituent le champ de la pratique de l'ingénieur.

Or, les dessins nos P1 et E102 illustrant l'escalier réalisés par *Métal Méroc*, n'étaient pas scellés par un ingénieur. À la revue des dessins des escaliers métalliques, ils mentionnaient seulement les détails de l'assemblage permanent, tel qu'illustré à la figure 2 plus haut, soit une tubulure carrée de 50 mm x 50 mm (2 po x 2 po) avec une plaque de 100 mm x 200 mm (4 po x 8 po). Or, aucun détail n'était disponible sur le dessin de construction concernant l'assemblage temporaire associé à l'incident, soit une tubulure carrée de 50 mm x 50 mm (2 po x 2 po) avec un fer angle de 75 mm x 75 mm (3 po x 3 po) soudés ensemble. Selon nous, il aurait été nécessaire d'y ajouter les détails de fabrication du support temporaire également sur les dessins. Même le volet temporaire de l'assemblage fait partie du champ de pratique de l'ingénieur et devrait être considéré au même niveau de risque que l'assemblage permanent. L'article 4.3.2 de la norme CSA S16-09 et la section 4.1.1 de la CSA W59-03 résumant bien ces dernières exigences.

Lors de notre visite des lieux, nous avons remarqué aux étages inférieurs de la même cage d'escalier, des soudures de différentes dimensions et localisations, reliant la plaque et le palier ainsi que la plaque et la tubulure. Ceci suggère que le soudeur avait la décision finale à prendre, ce qui ne rencontre pas les normes CSA S16-09 et CSA W59-03.

Autre fait important, lors de la réalisation de la soudure impliquée dans l'incident, de l'eau de pluie coulait dans la cage d'escalier et mouillait les surfaces à souder, selon les informations reçues. Aussi, une peinture d'apprêt grise recouvrait les régions à souder selon nos observations (voir figure 9). La soudure à l'étude aurait donc été réalisée dans ces mauvaises conditions. Or, selon le CSA W59, paragraphe 5.3.1 (confirmé par CSA S16-09, art. 24.4):

« ... Les surfaces à souder doivent également être exemptes, dans un rayon de 50 mm (2 po) d'une soudure, de calamine non adhérente à la surface (...) de laitier, de rouille écaillée, de peinture, de graisse, d'humidité et autres corps étrangers qui rendraient impossible le soudage selon les critères d'acceptation de cette norme. »

Plus précisément, lorsque de l'eau et de la peinture se retrouvent dans le passage de l'arc électrique d'un procédé de soudage, des gaz sont générés. Lors de la solidification du métal d'apport, des soufflures (ou porosités) peuvent être emprisonnées ou se frayer un

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

chemin jusqu'en surface, affaiblissant du même coup la soudure. Plus précisément, ces poches de gaz emprisonnées à l'intérieur du métal solidifié ou pouvant déboucher en surface de ce dernier peuvent affecter les propriétés mécaniques de la soudure, en créant des concentrations de contraintes et des amorces de fissures. De plus, de l'hydrogène peut être induit lors de la solidification du métal, réduisant les propriétés mécaniques de l'assemblage mécano-soudé. Les surfaces dans la zone de soudure doivent donc être meulées pour enlever toute trace de peinture. En ce qui concerne la soudure impliquée dans l'incident, de petites soufflures ont été observées sans trop de conséquences. Par contre, la diffusion de l'hydrogène à l'intérieur de sa microstructure métallurgique est l'enjeu principal ayant affaibli ces propriétés mécaniques.

Fait à préciser, CSA S16-09, par. 24.4, autorise le soudage sur un apprêt comme celui retrouvé sur l'assemblage associé à l'incident. Par contre, pour pouvoir le faire, une nouvelle procédure de soudage, incluant l'apprêt, doit être développée et qualifiée conformément à la norme CSA W47.1. Ces procédures de soudage doivent indiquer l'identifiant du produit de peinture, le fabricant et l'épaisseur maximale de ce dernier. Au moment d'écrire ces lignes, aucune procédure de soudage de *Métal Méroc* n'incluait cette option.

Pour les conditions de pluie mentionnées plus haut, un abri aurait dû être planifié pour éliminer cette eau sur la région à souder. Selon CSA W59, par. 5.1.1, le soudeur, la pièce et les produits d'apport de soudage doivent être adéquatement protégés des effets directs du vent, de la pluie et de la neige et il faut prendre tous les moyens nécessaires pour que le soudeur puisse exécuter son travail dans un confort raisonnable, ce qui n'était apparemment pas le cas le 16 novembre 2020.

Des électrodes E6011 (cellulosiques) et E7018-1 H4 (basiques à basse teneur en hydrogène) ont été retrouvées sur le site de l'incident. Selon nos observations, une seule passe de soudure a été réalisée et donc, l'une ou l'autre aurait été utilisée, mais aucune information précise n'était disponible à savoir laquelle. Selon le partenaire de travail du soudeur impliqué dans l'accident, les électrodes E7018 sont normalement utilisées pour réaliser ce type de soudure chez *Métal Méroc*, mais il ne pouvait pas confirmer le type d'électrode que son collègue avait employé. Le profil de surface de la soudure en cause (figure 11) pouvait suggérer qu'une baguette de type E6011 aurait pu être utilisée en vertical montant pour réaliser la soudure associée à l'accident, mais il était impossible de le confirmer sur la base d'un examen visuel seulement.

Ainsi, de nouveaux essais de dureté en laboratoire ont été réalisés sur le matériel de base, la zone thermiquement affectée et le cordon de soudure pour tenter de déterminer le type d'électrode utilisé la journée de l'incident. Les résultats sont disponibles à la figure 12, plus bas. Il est important de noter que la dureté d'un acier au carbone est directement proportionnelle à sa résistance mécanique ultime.

Les résultats indiquent une dureté d'environ 197 HV pour la soudure, ce qui correspond approximativement à une résistance mécanique ultime de 92 000 PSI selon la table 3 de la norme ASTM A370-20. Par ailleurs, la résistance mécanique ultime d'une soudure typique faite à l'aide des électrodes E6011 ou E7018 est disponible dans la table 208-3.3-1 de l'ASME PCC-2-2018. Selon celle-ci, la résistance mécanique ultime est de 87 000 PSI après soudage pour un joint soudé réalisé à l'aide d'une électrode de type E7018. La valeur similaire pour une électrode de type E6011 est beaucoup plus

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

basse, soit environ 74 000 PSI. Donc il est beaucoup plus probable, sur la base de ces résultats de dureté, que l'électrode utilisée pour la soudure à l'étude ait été une E7018 plutôt qu'une E6011.



Figure 11 – Profil de surface de la soudure

Pour conclure ce volet d'analyse, une pratique courante de l'industrie pour réaliser le type de soudure similaire à celle impliquée dans l'accident (figure 8) consiste à combiner l'utilisation d'électrodes cellulosiques et basiques. Plus précisément, immédiatement après la passe de fond (passe à la racine) réalisée avec des électrodes cellulosiques (E6011), on soude les passes subséquentes, appelées « passes chaudes » avec des électrodes basiques (E7018-1 H4), c'est-à-dire à basse teneur en hydrogène et mécaniquement plus solide. La deuxième passe réchauffe la passe de fond et favorise le dégazage de l'hydrogène qui y est emprisonné avant qu'il n'engendre de potentiels problèmes de fissuration à froid (hydrogène formé dans la microstructure de l'acier). Ce qui pourrait expliquer la présence de la baguette E6011 sur le site de l'accident. Mais dans le cas présent, seule la E7018 a été utilisée. Nous nous interrogeons sur la pertinence de la présence de la E6011 sur les lieux de l'accident en sachant que *Métal Méroc* n'avait pas de procédure de soudage combinant la E6011 à la E7018 dans un joint en demi-V à rebord tombé.

Autre fait important à ajouter, selon le CSA W59, par. 5.2.2.4 et 5.2.2.4.7, les électrodes E6011 ainsi que la E7018 doivent être entreposées dans des endroits secs lorsqu'elles sont retirées de leurs emballages. Or, elles ont été retrouvées exposées à l'humidité la journée même sur la scène de l'accident. Selon le fabricant (*Air Liquide*) de la E6011 (Blueshield LA ULTRA 11) trouvée sur place, elles doivent toujours être au sec, selon sa « *safety data sheet* » retrouvée sur le site internet du fabricant. Cette exigence s'applique également à la E7018-1 H4.

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

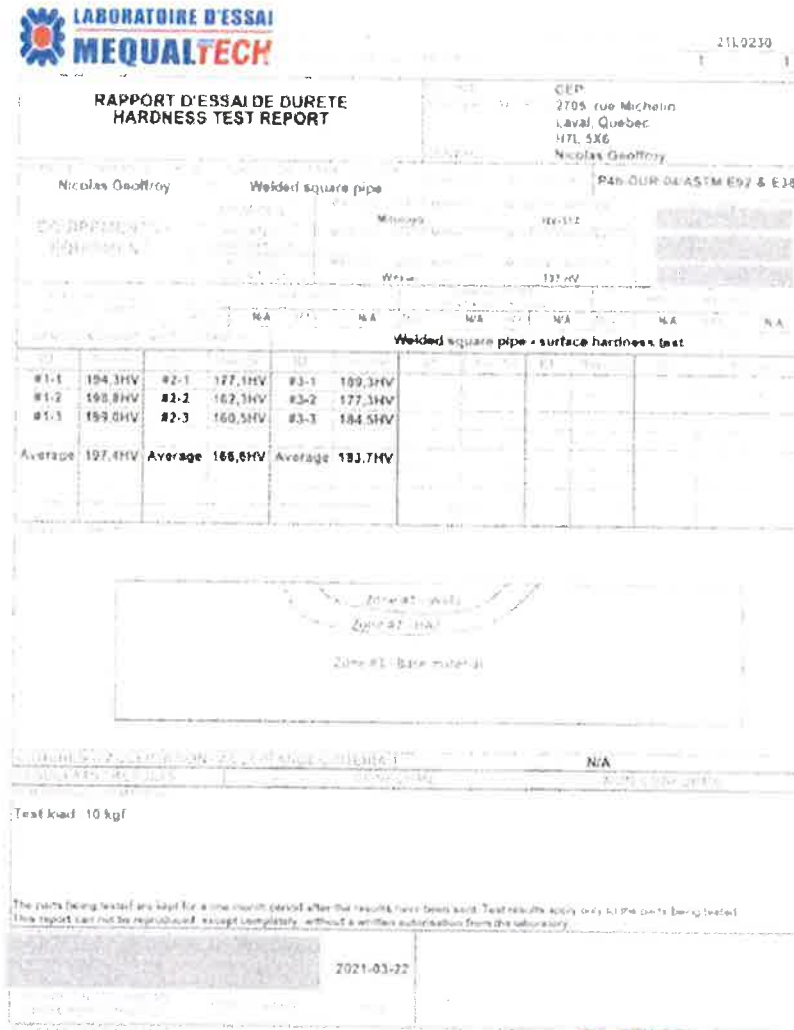


Figure 12 – Résultats d'essai de dureté

De plus, ces électrodes de type basique à basse teneur en hydrogène ne peuvent être sorties de leur boîte ou du four pendant plus de 4 heures (cette exigence ne s'applique pas pour les électrodes E6011). Cette règle existe pour réduire le risque que l'humidité s'introduise dans son enrobage basique et forme de l'hydrogène dans la microstructure

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

du soudage (voir CSA W59, par. 5.2.2.4.3), ce dernier étant nuisible à la qualité de la soudure. Aucune information n'était disponible au moment de rédiger ces lignes à savoir combien de temps ces boîtes étaient à l'extérieur de leur scellage plastifié ou combien de temps les baguettes étaient sorties de leur emballage.

À l'aide d'analyses chimiques (voir figure 10) et à la revue des certificats de coulée fournis par *Métal Méroc*, il a été établi que les aciers utilisés dans l'assemblage à l'étude étaient de grade CSA G40.21 Grade 44W/50W et ASTM A500 Grade B/C. Or, selon la norme CSA S16-09, reconnue par le CNB-2010, l'ASTM A500 Grade B/C n'est pas reconnu comme un acier de structure et ne peut donc être utilisé. Par contre, la norme CSA S16 permet à un ingénieur d'approuver l'utilisation d'un autre grade d'acier, comme ceux listés dans le standard ASTM A500. Ceci n'était par contre pas le cas dans ce dossier, les dessins n'ayant pas été scellés par un ingénieur. Fait important à préciser, la norme ASTM A500 a été ajoutée à l'édition 2014 de CSA S16 (non reconnue par le CNB-2010). Ainsi, il est clair que l'acier ASTM A500 Grade B/C a de bonnes propriétés mécaniques et de soudabilité, similaires au CSA G40.21 Grade 44W/50W. Nous sommes donc d'avis que cette non-conformité n'est pas la cause de cet accident.

Pour calculer les contraintes en tension dans la portion supérieure de la soudure, nous avons utilisé la formule no 3 de la page 213 du *Machinery Handbook, 28th Edition*. En assumant que la largeur moyenne de la gorge efficace de la soudure (mesure prise sur le faciès de rupture de la soudure) est de 5 mm (3/16") et en ayant une longueur de 40 mm (1 9/16"), ainsi que le bras de levier entre le point de contact entre le palier/fer angle et la soudure est de 150 mm (6"), nous pouvons affirmer qu'une contrainte statique d'environ 28 300 PSI était présente dans la soudure lorsque le palier ainsi que les volées d'escaliers étaient appuyés sur la colonne temporaire. Lorsque le soudeur a ajouté son propre poids corporel (85 Kg) sur le palier, la contrainte sur la soudure a augmenté à 44 000 PSI de façon dynamique.

Puisque trois éléments étaient soudés ensemble, nous devons prendre l'item le plus faible constituant la soudure pour le comparer à ce dernier résultat de contrainte (44 000 PSI). L'acier A500 Grade C/D a une limite élastique de 46 000 PSI, le CSA G40.21 Grade 44W/50W a une limite élastique de 50 000 PSI et une électrode E7018 a une limite élastique minimum de 71 000 PSI selon table 208-3.3-1 de l'ASME PCC-2-2018. Or, la limite la plus faible est celle du A500 Grade C/D, soit 46 000 PSI suggérant que si une rupture devait se produire, elle commencera probablement dans la zone thermiquement affectée entre la E7018 et la tubulure en A500 Grade B/C. En effet si la limite est de 46 000 PSI et que la vraie contrainte est de 44 000 PSI, l'assemblé mécanosoudé offrait une marge de sécurité de seulement de 4%, ce qui est largement insuffisant et ne respecte pas les exigences de la norme CSA S16.

Une contrainte de 13 400 PSI aurait été observée dans la soudure si elle avait été au moins 2 pouces de long et avait complètement pénétré dans le demi-V à bord tombé (comme illustré à la figure 8), ce qui rencontre largement les propriétés mécaniques d'un assemblage ayant pour limite 46 000 PSI, tel que décrit plus haut, en offrant une marge de manœuvre de 30%. En effet, selon CSA W47.1-03, par. 9.4.2.4, une soudure doit avoir toujours au minimum 2 pouces de long pour en assurer une fiabilité minimale.

Finalement, la soudure n'avait pas pénétré dans le demi-V à bord tombé, affectant une fois de plus ses capacités mécaniques en créant des arêtes en dessous de celle-ci (voir figures 14 et 15). En effet, en y ajoutant d'éventuels concentrateurs de contraintes comme

■ Nom du dossier : Métal Méroc
■ Notre dossier : 2020-11-0383

un manque de pénétration, les contraintes pouvaient facilement dépasser les limites mécaniques de l'assemblage (46 000 PSI).

En plus des contraintes importantes dans la soudure, nous pensons qu'un phénomène d'arrachement lamellaire aurait contribué à l'accident. La figure 13 illustre le faciès de rupture de la soudure impliquée dans l'accident, prise au microscope binoculaire. Le profil de surface est typique de l'arrachement lamellaire, car il a l'aspect d'une fissure en marche d'escalier (voir figure Q2 du CSA W59-03). Un arrachement lamellaire est possible lorsque la zone de fusion au métal de base est fragile et peu ductile, signe que les propriétés de la zone thermiquement affectée ne sont pas adéquates. En effet, une soudure de bonne qualité sera ductile et une elongation significative avant rupture sera observée, ce qui n'est pas le cas ici. La présence d'hydrogène (provenant de la décomposition de l'eau) et un refroidissement rapide (acier froid avant soudage absorbant rapidement l'énergie) ont probablement contribué au processus d'arrachement lamellaire. Ce phénomène est bien décrit à l'appendice Q de la CSA W59-03.



Figure 13 – Arrachement lamellaire

Il est aussi à noter que le joint de soudure impliqué dans l'accident est du type demi-V à bord tombé (voir figure 8). Or, à la revue des trois procédures de soudage soumises par *Métal Méroc* pour notre expertise (F2-F2, F3-F1 et F4-F1), aucune ne qualifie ce type de soudure et donc, l'entrepreneur ainsi que ses soudeurs n'avaient pas les autorisations du *Bureau Canadien de Soudage (CWB)* pour réaliser ce type de soudure. Selon nos

■ Nom du dossier : Métal Méroc
■ Notre dossier : 2020-11-0383

observations et la lecture des témoignages, cette soudure était temporaire. Nous aimerions mettre l'emphase sur le fait que la CSA W59, paragraphe 5.4.8, précise que les soudures temporaires doivent être conformes aux modes opératoires de soudage ou procédures de soudage approuvés par le CWB.



Figure 14 – Partie en tension, exemple de concentrateurs de contraintes (flèches rouges)



Figure 15 – Partie en compression, exemple de concentrateurs de contraintes (flèches rouges)

- Nom du dossier : Métal Méroc
- Notre dossier : 2020-11-0383

OPINION PRÉLIMINAIRE

En vertu des données obtenues à ce jour, nous sommes d'avis que les éléments suivants pourraient être la ou les causes principales du bris de la soudure impliquée dans cet accident:

1. Absence de plans scellés par un ingénieur membre de l'OIQ. En effet, si un ingénieur avait été mandaté par *Métal Méroc* pour préparer les plans, il aurait normalement ajouté les détails des aciers à être utilisés, les détails des supports permanents et temporaires, les symboles de soudage utiles pour assurer une répétabilité de soudage à chaque étage et s'assurer que *Métal Méroc* avait les procédures de soudage en main pour réaliser ces travaux (demi-V à bord tombé);
2. Présence d'humidité et de peinture sur les surfaces lors du soudage et utilisation d'électrodes mouillées ayant contribué au phénomène d'arrachement lamellaire (fragilité de la soudure). Les règles de l'art demandent de nettoyer 2 pouces de chaque côté de la région à souder pour éliminer toute trace de contaminant incluant peinture, humidité, etc.

En effet, ces éléments contribuent directement à réduire la qualité mécanique de la soudure en risquant d'y induire des porosités (soufflures), fissures, etc. Si le soudeur avait pris le temps de se protéger contre la pluie, de prendre des électrodes sèches (entreposées dans un four portatif ajusté autour de 120°C) et de nettoyer la peinture présente, les risques de bris auraient été grandement réduits. Ainsi, l'examen visuel a montré que la rupture s'est faite de façon fragile (arrachement lamellaire) et le cordon de soudure démontrait plusieurs défauts de soudage (manque de pénétration, petites porosités, etc.) augmentant localement les concentrateurs de contraintes pouvant amorcer une fissure potentielle;

3. *Métal Méroc* n'avait pas de procédure de soudage approuvée par le CWB pour réaliser une soudure en demi-V à bord tombé, augmentant le risque de réaliser de mauvaises soudures. Cette variable importante s'observe sur la qualité de la soudure réalisée également. La soudure n'avait pas de pénétration dans le demi-V à bord tombé, réduisant du même coup de beaucoup sa capacité mécanique;
4. Aucune supervision d'un inspecteur certifié CSA W178.2 niveau 2 (CSA W47.1/CSA W59) lors de la réalisation des soudures. En effet, un inspecteur aurait probablement constaté que *Métal Méroc* n'avait pas la qualification pour réaliser une telle soudure, aurait demandé que les électrodes soient mieux entreposées et que les surfaces à souder soient propres et exemptes de peinture et d'humidité. Sa présence aurait grandement réduit les risques de réaliser une soudure de mauvaise qualité. Il est par contre à noter que la norme CSA W59-03 oblige la présence d'un inspecteur seulement si l'entrepreneur général l'exige dans son contrat, ce qui n'était pas le cas (voir CSA W59-03, par. 7.1.2.1).



MONCTON

725, rue Champagat, Bureau 900
Moncton (Nouveau Brunswick) E1A 1K6
506 803-8883

QUÉBEC

835, rue de la Grande Vallée
Québec (Québec) G1Y 1M4
418 622-4400

MONTREAL

2105, rue Montcalm
Laval (Québec) H1W 1K6
450 686-0730

OTTAWA

2212, Galloway Drive, Ottawa, Ontario K1J 5K7
Ottawa (Ontario) K1J 5K7
613 234-1668

OSHAWA

1091, rue Westworth Ouest, Bureau 1
Oshawa (Ontario) J8P 1P7
905 484-0211

WATERLOO

110 North Street Drive West, bureau 4
Waterloo (Ontario) N1A 0E7
519 476-6192

EDMONTON

9411-98th Street, Edmonton, Alberta
Edmonton (Alberta) T6L 1W6
780 458-1551

CALGARY

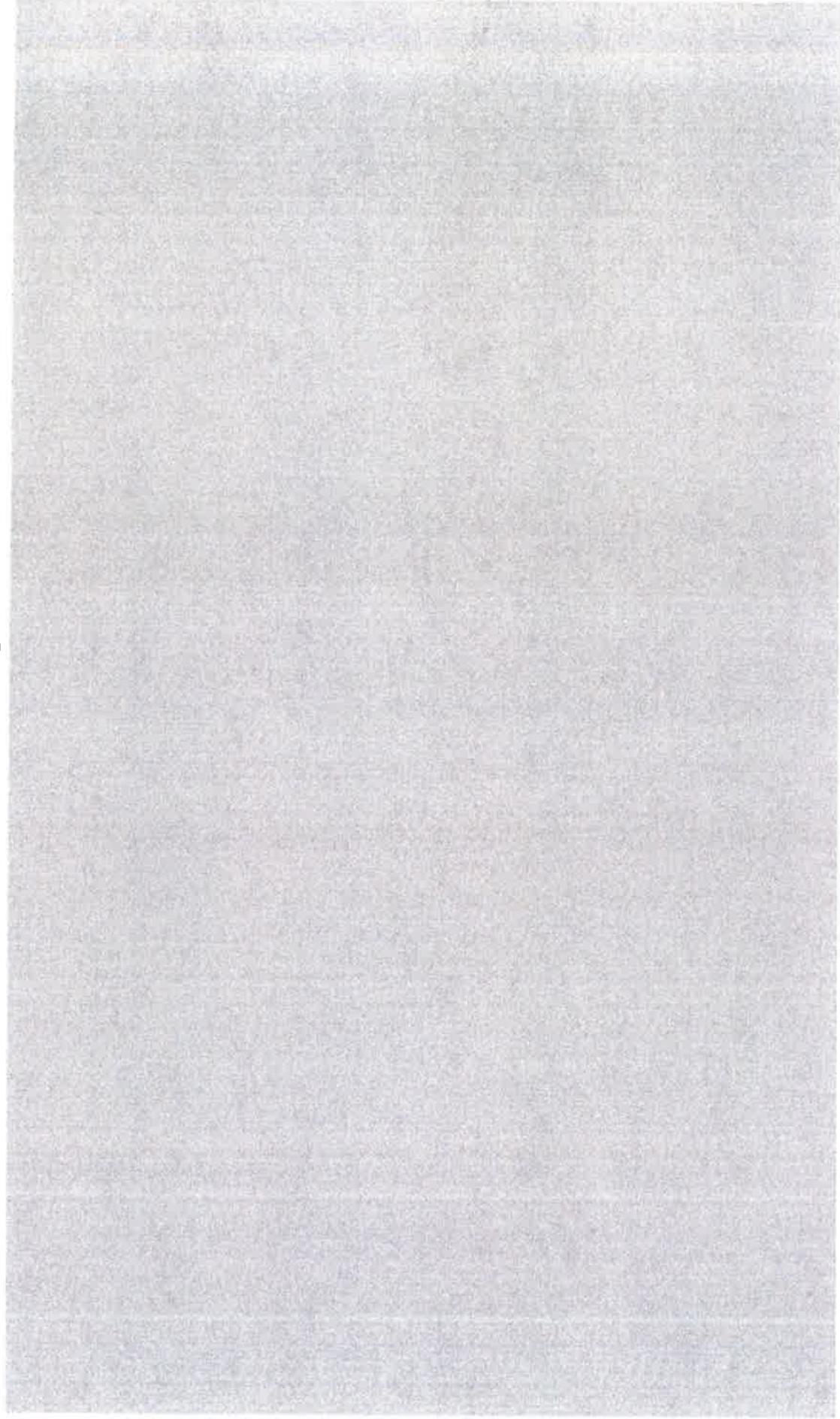
24 Ave. 47, Bureau 301
Calgary (Alberta) T2E 3K5
403 230-2344

VANCOUVER

2021, rue Montcalm
Vancouver (Colombie Britannique) V6E 3A7
604 684-8205

ANNEXE D

Dessins d'atelier de l'escalier métallique n° 1 — Métal Méroc inc





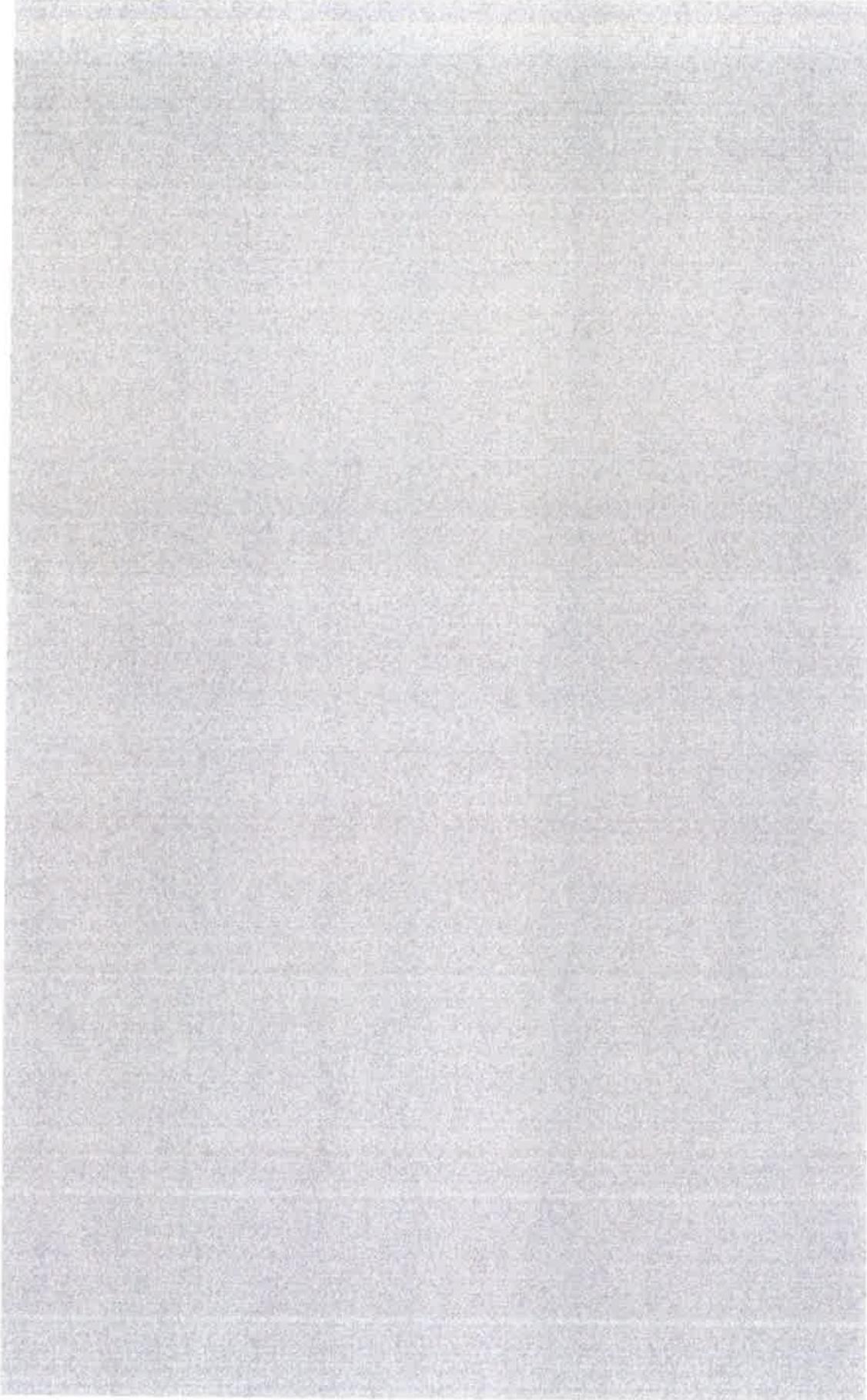
RAPPORT D'ENQUÊTE

Dossier d'intervention

DPI4320951

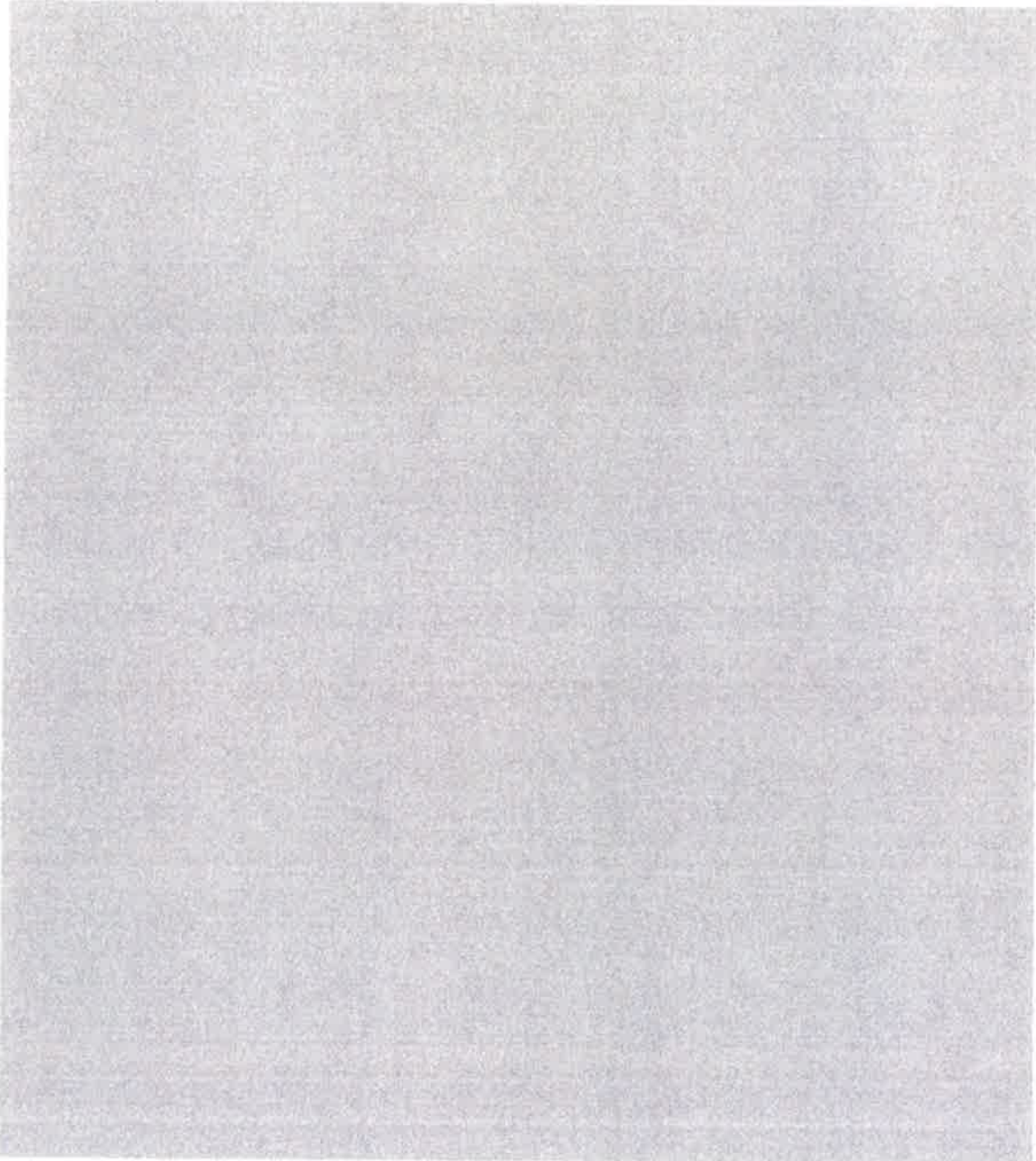
Numéro du rapport

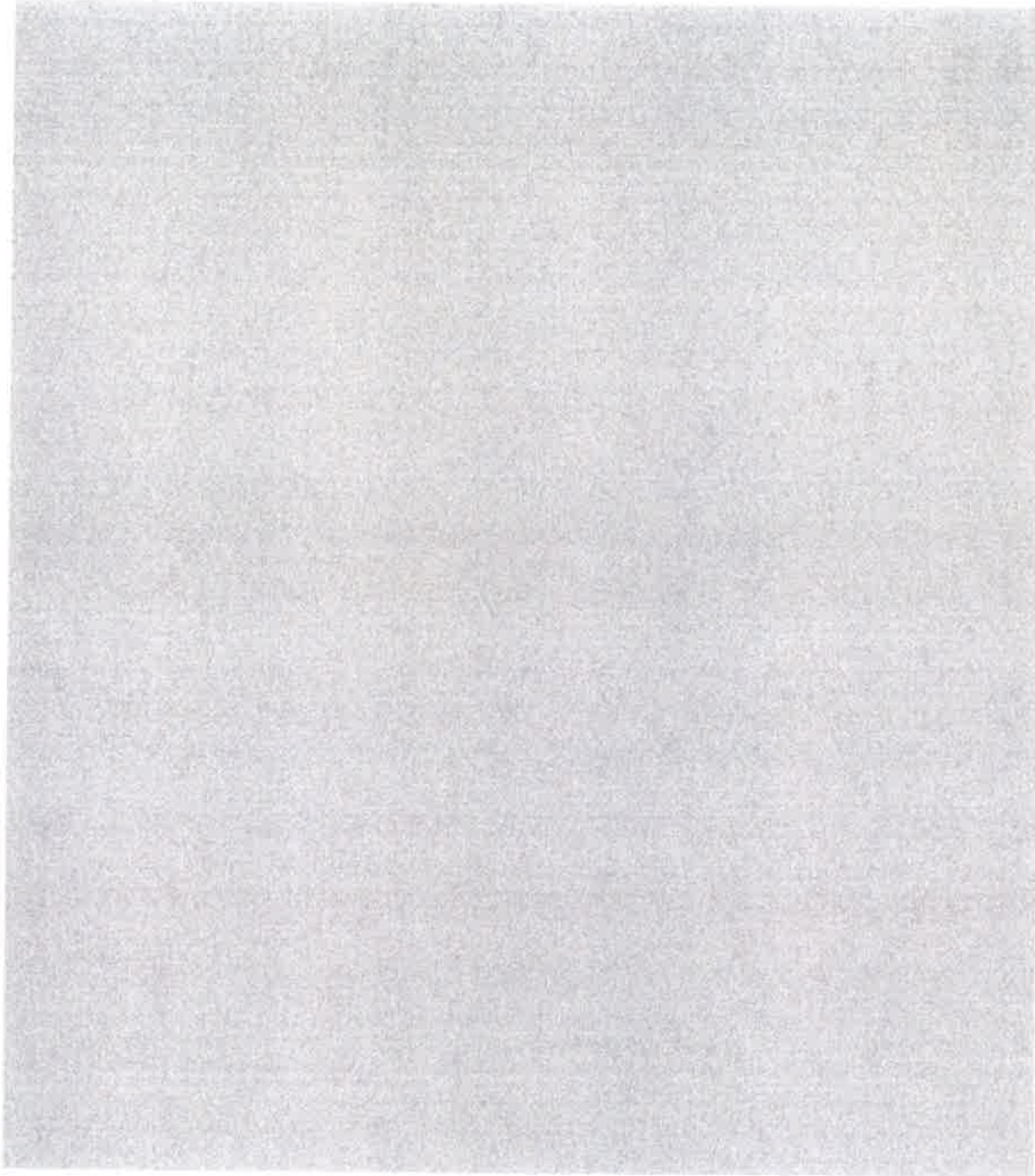
RAP1348593

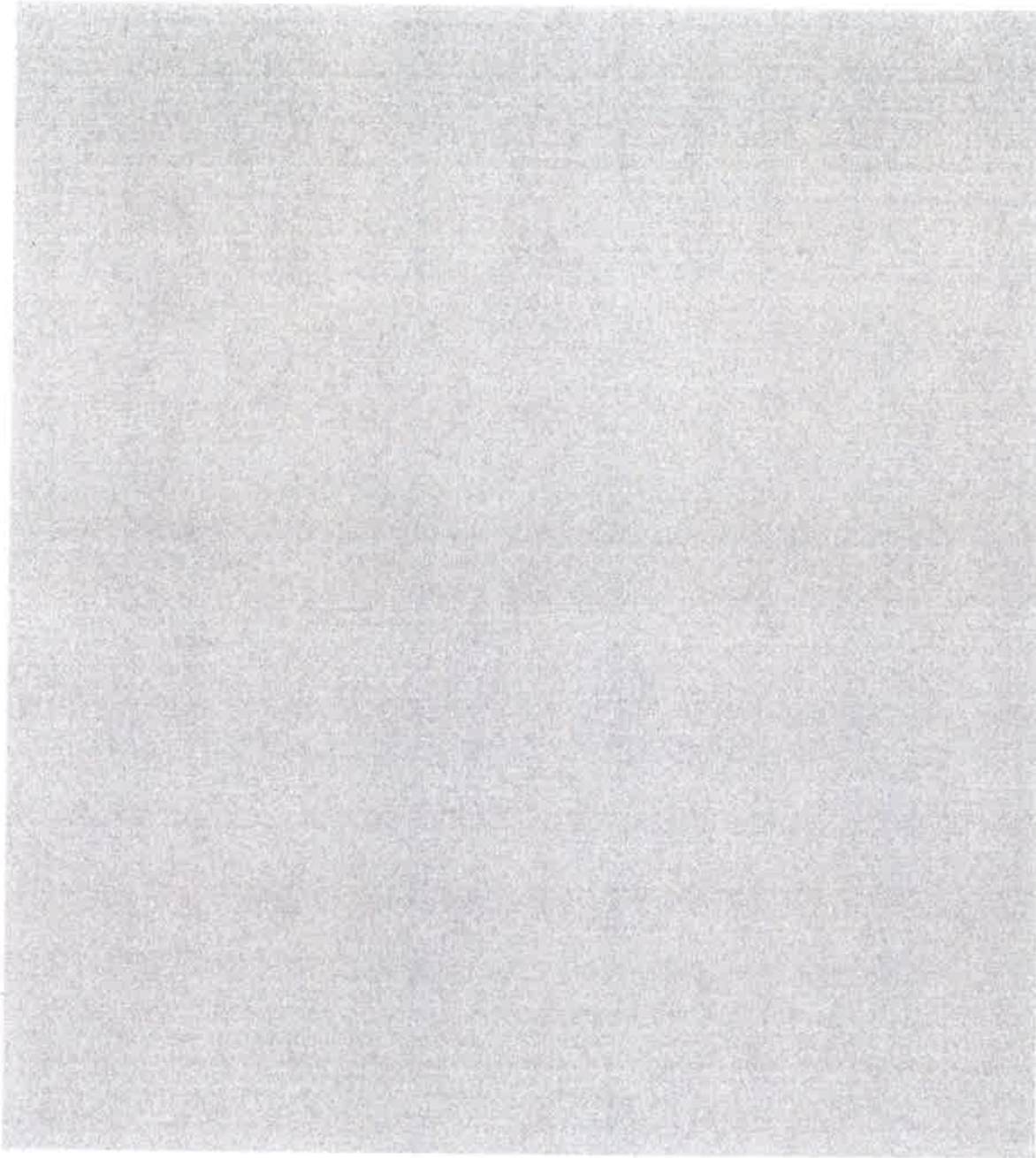


ANNEXE E

**Feuilles de données de mode opératoire de soudage
pour l'électrode E7018 (E4918) — Métal Méroc inc**

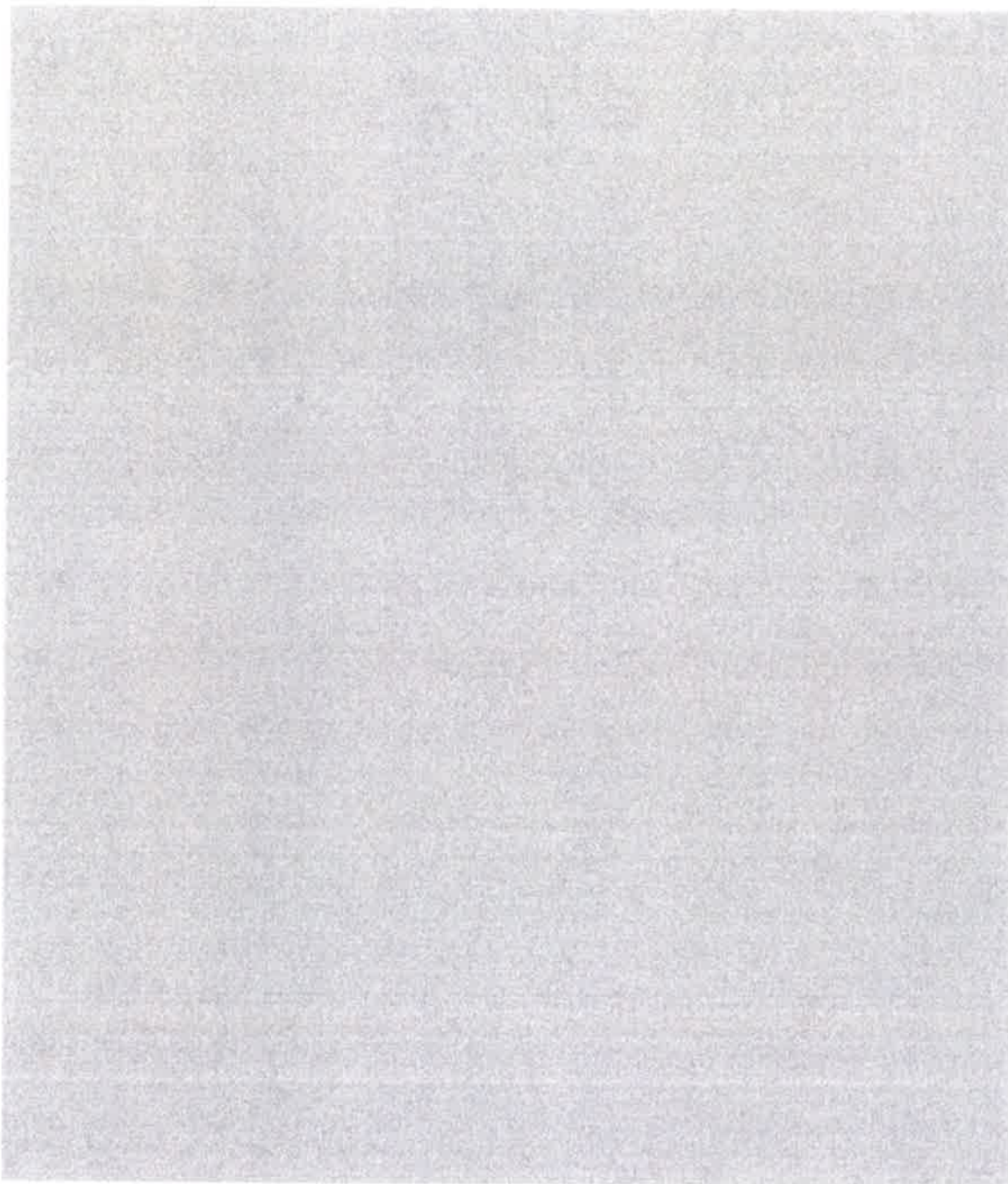


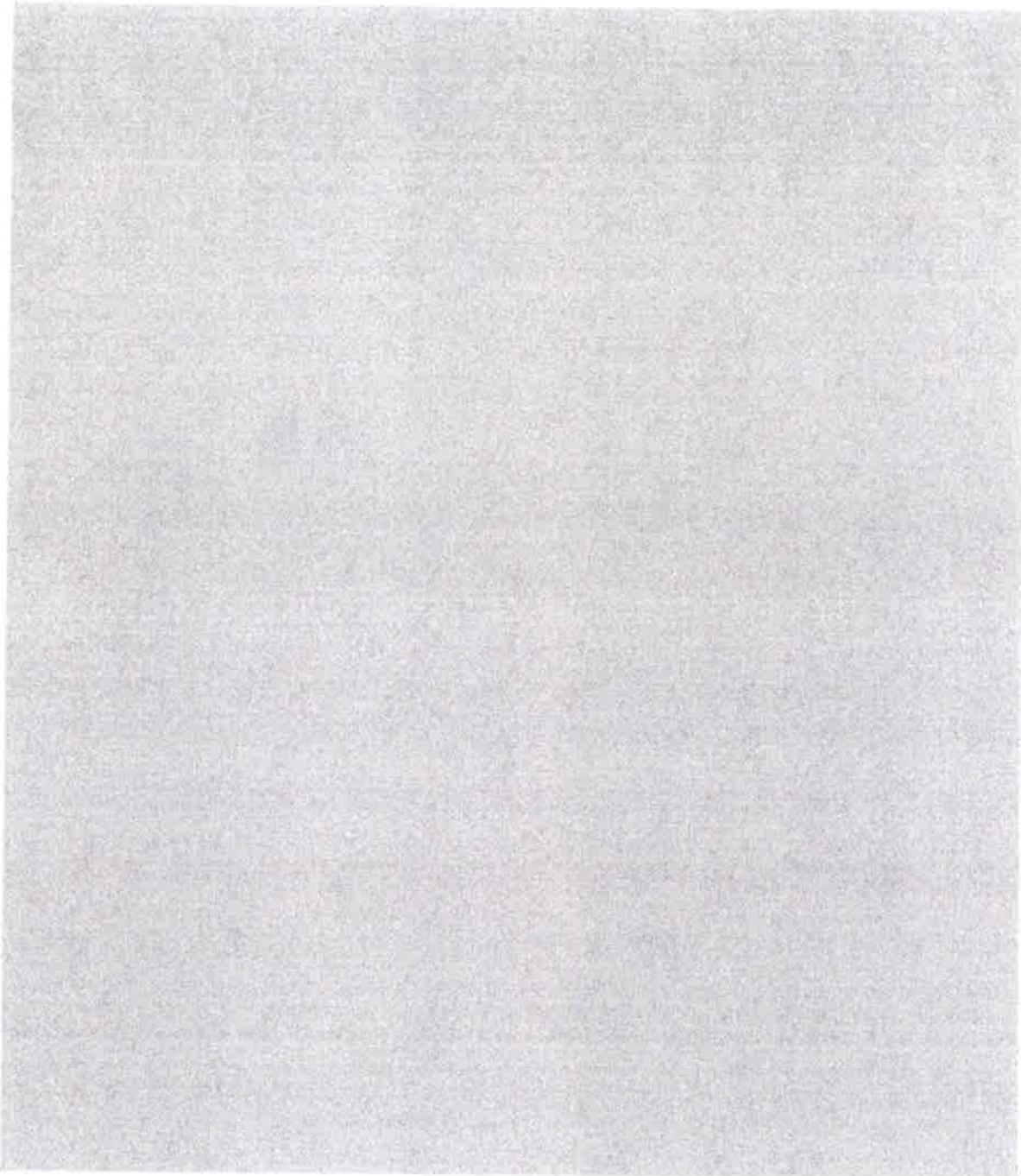


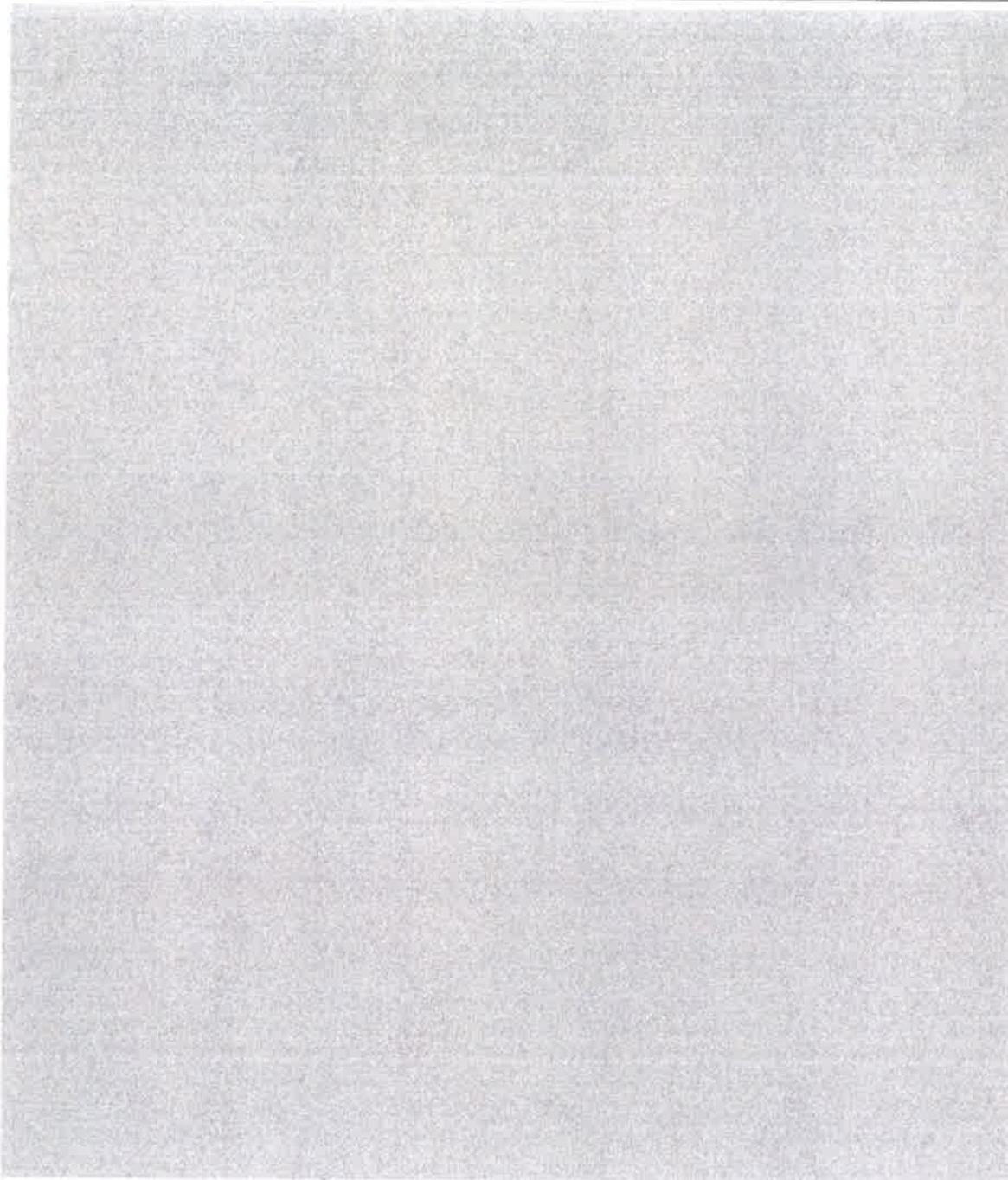


ANNEXE F

Feuilles de données de mode opératoire de soudage pour l'électrode E6011 (E4311) — Métal Méroc inc







ANNEXE G

Relevé météorologique — Environnement Canada

Rapport de données horaires pour le 16 novembre 2020

S'il y a deux sensibilités (heure normale (X ou Y, PNL), ajouter 1h pour convertir l'heure locale en heure avancée, si applicable)

**QUEBEC INTL A
QUEBEC**

Opérateur de station opérationnelle : NAVCAM

Latitude :	46_47,28,000, N	Longitude :	71_23,36,000, O	Altitude :	74,40 m
ID climatologique :	7016293	ID de l'OMM :		ID de TC :	YQB

HEURE HNA	Temp. °C °F	Point de rosée °C °F	Hum. rel. %	Hauteur de brume, mm	Dir. du vent 10% dép	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa °F	Humid.	Ref. sol/m	Météo
00:00	0,4	0,4	100		5	27	0,4	99,19			Pluie, Neige, Brouillard
01:00	0,4	0,4	100		6	18	3,2	99,15			Pluie, Brouillard
02:00	0,9	0,8	100		7	6	16,1	99,04			ND
03:00	1,5	1,5	100		5	9	16,1	98,97			Pluie
04:00	1,1	1,1	100		5	8	24,1	98,89			Généralement nuageux
05:00	4,0	2,4	89		24	25	24,1	98,87			ND
06:00	3,7	0,9	82		24	25	24,1	98,86			ND
07:00	4,2	1,7	84		23	19	40,2	98,88			Généralement nuageux
08:00	4,0	1,1	81		22	27	40,2	98,87			ND
09:00	4,8	0,6	74		24	26	40,2	98,88			ND
10:00	5,5	0,6	71		24	39	40,2	98,90			Nuageux
11:00	6,0	0,8	69		24	35	40,2	98,94			ND
12:00	5,8	1,0	71		24	39	40,2	99,04			ND
13:00	4,4	1,3	80		25	36	16,1	99,07			Averses de pluie
14:00	3,5	2,3	91		25	32	4,8	99,13			Averses de pluie, Brouillard
15:00	4,5	2,3	85		24	29	32,2	99,16			Averses de pluie
16:00	4,3	1,6	93		25	25	24,1	99,29			Nuageux
17:00	4,1	1,4	82		25	20	24,1	99,34			Averses de pluie
18:00	3,6	1,7	88		26	23	24,1	99,41			Averses de pluie
19:00	3,2	2,4	94		25	14	24,1	99,46			Averses de pluie
20:00	3,2	0,9	85		27	26	24,1	99,51			Averses de pluie
21:00	2,3	0,8	90		26	18	24,1	99,56			Averses de pluie
22:00	2,4	0,1	85		24	16	24,1	99,55			Généralement nuageux
23:00	2,4	-1,5	76		24	26	24,1	99,53			ND

Légende

- † Valeur estimée
- M Données manquantes
- ND Non disponible
- (vide) Indique une valeur non observée

ANNEXE H

Références bibliographiques

GROUPE CSA, *Règles de calcul des charpentes en acier*, 7^e éd., Mississauga, Ont., Groupe CSA, 2009, 183 p. (CSA S16-09)

GROUPE CSA, *Constructions soudées en acier (soudage à l'arc)*, 8^e éd., Mississauga, Ont., 2003, 306 p. (CSA W59-03 (Confirmée 2008))

GROUPE CSA, *Certification des compagnies de soudage par fusion de l'acier*, 1^e éd., Mississauga, Ont., 2009, 142 p. (CSA W47.1 :09 (Confirmée 2019))

HÉBERT, Jocelyne. « L'ingénieur et les dessins d'atelier », Plan, Volume LIII, Numéro 6, novembre-décembre 2016, p. 14-16.

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC. Guide de pratique professionnelle. [En ligne], 2021. [<http://gpp.oiq.qc.ca/>] (Consulté le 2021-02-01).

QUÉBEC. *Loi sur le bâtiment, chapitre B-1.1, à jour au 31 octobre 2020*, [En ligne], Québec, Éditeur officiel du Québec, 2020. [<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/B-1.1>] (Consulté le 1 mars 2021).

QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction, chapitre S-2.1, à jour au 31 octobre 2020*, [En ligne], Québec, Éditeur officiel du Québec, 2020. [<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/S-2.1,%20r.%204>] (Consulté le 1 mars 2021).

QUÉBEC. *Code de construction, chapitre B-1.1, r. 2, à jour au 31 octobre 2020*, [En ligne], Québec, Éditeur officiel du Québec, 2020. [<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/B-1.1,%20r.%202>] (Consulté le 1 mars 2021).

SYSTÈME D. Quel système de soudure à l'arc choisir? [En ligne], 2021. [<https://www.systemed.fr/materiel-d-atelier-protection/quel-systeme-soudure-a-l-arc-choisir,2845.html>] (Consulté le 2021-02-15).

ANNEXE 2

Tableau C 15

Nombre d'heures travaillées par les salariés selon la région de domicile et de travail, 2022
(en milliers)

Région de domicile	Région de travail										Total ² région de domicile	Part effectuée dans la région de domicile
	Bas-Saint- Laurent- Gaspésie	Saguenay- Lac- Saint-Jean	Québec	Mauricie- Bois- Francs	Estrie	Grand Montréal ¹	Outaouais	Abitibi- Témis- camingue	Baie- James	Côte- Nord		
Bas-Saint-Laurent-Gaspésie	5 341	96	274	32	14	392	28	44	96	532	6 945	76,9 %
Saguenay-Lac-Saint-Jean	35	6 931	151	88	14	328	26	69	256	531	8 525	81,3 %
Québec	333	396	31 962	460	239	2 204	150	123	182	842	37 250	85,8 %
Mauricie-Bois-Francs	38	77	444	9 750	237	1 851	154	66	81	299	13 174	74,0 %
Estrie	40	22	105	126	7 100	849	25	33	26	102	8 512	83,4 %
Grand Montréal ¹	92	133	542	425	676	117 959	389	258	237	601	122 177	96,5 %
Outaouais	3	10	16	19	13	515	6 508	38	40	40	7 394	88,0 %
Abitibi-Témiscamingue	2	4	12	8	6	39	10	2 939	58	33	3 160	93,0 %
Baie-James	0	0	0	0	0	0	0	1	201	1	204	98,3 %
Côte-Nord	11	50	42	12	4	76	4	4	36	2 356	2 620	89,9 %
Extérieur	2	1	4	0	0	56	195	3	0	4	270	-
Total région de travail	5 898	7 722	33 552	10 919	8 302	124 270	7 487	3 578	1 213	5 342	210 233	
Part des salariés domiciliés dans la région	90,6 %	89,8 %	95,3 %	89,3 %	85,5 %	94,9 %	86,9 %	82,1 %	16,6 %	44,1 %		

1. Inclut les régions de l'Île de Montréal, de la Montérégie et de Laval-Laurentides-Lanaudière.

2. Le total comprend les heures non identifiées à une région de travail.

Source : CCQ, avril 2023.