

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident survenu à deux poseurs de systèmes intérieurs
le 2 octobre 2013 sur le chantier d'agrandissement et de rénovation d'un
entrepôt frigorifique de Saputo situé
au 2365, chemin de la Côte-de-Liesse à Montréal.**

Direction régionale de Montréal-1

Inspectrices :

Mireille Brodeur

Julie Casaubon, ing.

Date du rapport : 27 mai 2015

Rapport distribué à :

- Monsieur « A », Construction Broccolini Inc.
- Monsieur « B », Les Revêtements Muraux Ben & Rey Inc.
- Monsieur « C », Systèmes intérieurs Steeve Bisson Inc.
- Monsieur « D », Syndicat Québécois de la Construction
- Monsieur « E », Fédération des travailleurs et travailleuses du Québec - Construction
- Monsieur « F », Conseil provincial du Québec des métiers de la construction
- Monsieur « G », Confédération des syndicats nationaux - Construction
- Monsieur « H », Centrale des syndicats démocratiques - Construction
- Monsieur Richard Massé, directeur, Direction de la santé publique, Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	<u>3</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DU CHANTIER	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
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>5</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	5
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	5
<u>4</u>	<u>ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE</u>	<u>7</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	7
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	9
4.2.1	DESCRIPTION DE LA PLATE-FORME	9
4.2.2	HISTORIQUE D'UTILISATION	9
4.2.3	CHARGE DANS LA PLATE-FORME	9
4.2.4	INSPECTIONS	10
4.2.4.1	Inspections réalisées sur la plate-forme élévatrice	10
4.2.4.2	Méthodologie utilisée par le Laboratoire d'essai Mequaltec Inc. lors de l'inspection structurale	11
4.2.4.3	Méthodologie et limite de l'inspection par magnétoscopie	12
4.2.5	EXPERTISE	12
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	16
4.3.1	UNE MEMBRURE DE LA PLATE-FORME ÉLÉVATRICE CÈDE SOUS SA CHARGE EN RAISON DE LA PRÉSENCE D'UNE FISSURE EN PROGRESSION.	16
4.3.2	LA PRÉSENCE DE FISSURES PASSE INAPERÇUE COMPTE TENU DE LA MÉTHODE APPLIQUÉE POUR L'INSPECTION STRUCTURALE DES SOUDURES.	17
<u>5</u>	<u>CONCLUSION</u>	<u>19</u>
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	19
	<ul style="list-style-type: none"> • UNE MEMBRURE DE LA PLATE-FORME ÉLÉVATRICE CÈDE SOUS SA CHARGE EN RAISON DE LA PRÉSENCE D'UNE FISSURE EN PROGRESSION; • LA PRÉSENCE DE FISSURES PASSE INAPERÇUE COMPTE TENU DE LA MÉTHODE APPLIQUÉE POUR L'INSPECTION STRUCTURALE DES SOUDURES. 	19
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	19
5.3	SUIVI DE L'ENQUÊTE	19

ANNEXES

ANNEXE A :	Liste des accidentés	20
ANNEXE B :	Liste des témoins et personnes rencontrées	20
ANNEXE C :	Références bibliographiques	22
ANNEXE D :	Rapport d'expertise	23

SECTION 1

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT

Description de l'accident

Lors de l'abaissement d'une plate-forme élévatrice, un bris survient aux membrures du troisième niveau, entraînant le renversement de cette dernière. Les deux poseurs de systèmes intérieurs présents sur la plate-forme sont projetés au sol et subissent des blessures à diverses parties du corps.



Photo 1 : Bris des membrures du troisième niveau (source : CSST)

Conséquence

Deux poseurs de systèmes intérieurs subissent des blessures à diverses parties du corps.

Abrégé des causes

L'enquête a permis de retenir les causes suivantes :

- Une membrure de la plate-forme élévatrice cède sous sa charge en raison de la présence d'une fissure en progression;
- La présence de fissures passe inaperçue compte tenu de la méthode appliquée pour l'inspection structurale des soudures.

Mesures correctives

Le 2 octobre 2013, la CSST interdit l'utilisation de la plate-forme élévatrice de marque Skyjack, modèle SJ7135-2003, numéro de série (.....), sur les lieux de l'accident et y appose le scellé numéro E23408. Le rapport RAP9111940 est émis le même jour.

Le 9 octobre 2013, à la suite de la réception d'une procédure de travail sécuritaire, la CSST autorise le déplacement de la plate-forme élévatrice chez Équipements Moore Ltée afin de pouvoir faire l'expertise sur celle-ci. Le rapport RAP0869825 est émis le même jour.

Le présent résumé n'a pas comme tel 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 ne remplace aucunement les diverses sections du rapport d'enquête qui devrait être lu en entier. 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

Construction Broccolini Inc. est une entreprise œuvrant comme entrepreneur général en construction dans les secteurs résidentiels, commerciaux et industriels depuis 1949. Construction Broccolini Inc. a obtenu un contrat de Saputo Produits Laitiers pour l'agrandissement et la rénovation d'un entrepôt frigorifique à Montréal. Le projet est évalué à 21 millions de dollars. Construction Broccolini Inc. est le maître d'œuvre du chantier (rapport RAP0869839 émis le 15 novembre 2013). Sur le chantier, le maître d'œuvre est représenté par M. « I ».

Le maître d'œuvre confie en sous-traitance les travaux de systèmes intérieurs à Les Revêtements Muraux Ben et Rey Inc. Le contrat comprend, entre autres, la fourniture et la pose des panneaux de gypse sur les murs extérieurs. Les Revêtements Muraux Ben et Rey Inc. est une entreprise fondée en 1984 et spécialisée dans la construction de cloisons métalliques, la pose de plafonds suspendus, de gypse et d'isolants ainsi que dans l'application d'enduit acrylique.

Pour effectuer la pose des panneaux de gypse, Les Revêtements Muraux Ben et Rey Inc. signe un contrat avec l'entreprise Systèmes Intérieurs Steeve Bisson Inc. Celle-ci a été fondée en 2012. Selon le contrat, elle fournit la main-d'œuvre seulement.

Une entente de prêt de personnel existe entre Systèmes Intérieurs Steeve Bisson Inc. et Systèmes Intérieurs Faber Inc. Ainsi, pour le chantier en cours, M. « J », de Systèmes Intérieurs Faber Inc., fournit un travailleur à M. « C », il s'agit de M. « k ».

Pour les travaux de pose de panneaux de gypse en hauteur, Les Revêtements Muraux Ben et Rey Inc. loue une plate-forme de travail élévatrice automotrice (ci-après nommée plate-forme élévatrice) chez Équipements Moore Ltée.

Au moment de l'accident, il y a environ 30 travailleurs sur le chantier.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Le chantier est sous la responsabilité du maître d'œuvre, Construction Broccolini Inc. qui engage un agent de sécurité à temps plein pour veiller exclusivement à la santé-sécurité sur le chantier.

L'agent de sécurité fait un accueil des nouveaux travailleurs sur le chantier. Il leur présente le programme de prévention du maître d'œuvre et discute des dangers présents sur le chantier. Les travailleurs signent un document pour indiquer qu'ils ont suivi la session d'accueil. L'agent de sécurité organise également les réunions du

comité de chantier qui se déroulent toutes les deux semaines. Des représentants des travailleurs et des employeurs sur le chantier sont présents aux réunions. Les comptes rendus du comité de chantier sont disponibles sur le chantier.

Construction Broccolini Inc. (.....)

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Le maître d'œuvre dispose d'un programme de prévention spécifique au chantier. Ce programme définit, à la section 3, les responsabilités des intervenants sur le chantier ainsi que celles du comité de chantier. Le maître d'œuvre indique que son rôle est de :

- *garantir un environnement de travail sécuritaire;*
- *proposer une politique générale en matière de sécurité sur le chantier et préparer un programme de prévention;*
- *s'assurer que les employeurs qui œuvrent sur le chantier s'engagent à respecter son programme de prévention;*
- *s'efforcer d'assurer par chacun l'application des clauses contractuelles du cahier des charges en matière de sécurité.*

La section 4 du programme de prévention indique les mesures générales de sécurité à mettre en place sur le chantier. On y retrouve, entre autres, les instructions relatives à l'utilisation d'une plate-forme élévatrice ainsi que la fiche d'inspection quotidienne des plates-formes élévatrices.

Les Revêtements Muraux Ben et Rey Inc. possède un programme de prévention. Ce programme définit les responsabilités de la direction, des surintendants, des contremaîtres et des travailleurs. Le programme de prévention de l'entreprise ne fait pas mention de travaux effectués à l'aide d'une plate-forme élévatrice.

Systèmes Intérieurs Steeve Bisson Inc. possède un programme de prévention. M. « C » donne les instructions aux travailleurs sur le chantier. En moyenne et selon la période de l'année, il y a entre deux et huit travailleurs dans son entreprise. Le programme de prévention de l'entreprise ne fait pas mention de travaux effectués à l'aide d'une plate-forme élévatrice.

Systèmes Intérieurs Faber Inc. possède un programme de prévention. Sur le chantier, le travailleur prêté à l'entreprise Systèmes intérieurs Steeve Bisson Inc. est sous l'autorité de M. « C » puisque M. « J » n'est pas présent au chantier.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

Le chantier consiste en l'agrandissement et la rénovation d'un entrepôt frigorifique d'environ 11 800 m² pour Saputo Produits Laitiers situé au 2365, chemin de la Côte-de-Liesse à Montréal, arrondissement de Saint-Laurent. L'entrée du site est au 120, rue Gagnon. Cet entrepôt comporte entre autres une mezzanine.

3.2 Description du travail à effectuer

Les travaux consistent à installer des panneaux de gypse sur les murs extérieurs du nouveau bâtiment. Pour faciliter l'accès aux sections en hauteur des murs, une plate-forme élévatrice est utilisée.

Afin de faciliter la manipulation des panneaux de gypse en hauteur, ceux-ci sont entreposés sur la structure de plancher de la mezzanine de l'entrepôt frigorifique. Le plancher de la mezzanine se situe à environ 3,91 mètres de hauteur. MM. « C » et « K » se positionnent sur la plate-forme élévatrice à partir du sol et actionnent la commande afin de lever la plate-forme élévatrice jusqu'au plancher de la mezzanine. Un travailleur présent sur la mezzanine leur remet directement les panneaux de gypse. Pour permettre le libre passage des panneaux, une section du mur extérieur est laissée ouverte au-dessus de la structure de plancher de la mezzanine. Une fois les travaux d'installation des panneaux en hauteur complétés, les travailleurs peuvent fermer l'ouverture laissée libre dans le mur.



Photo 2 : Zone approximative des travaux réalisés le matin de l'accident (source : CSST)

SECTION 4

4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 1^{er} octobre 2013 en fin de journée, les travailleurs de Systèmes Intérieurs Steeve Bisson Inc. positionnent la plate-forme élévatrice à l'extérieur du bâtiment en prévision des travaux à effectuer le lendemain. La plate-forme est alors descendue au niveau du sol. Elle est positionnée contre la façade, en contrebas d'une ouverture dans le mur au-dessus du plancher de la mezzanine. Cette ouverture a été laissée afin de permettre le libre passage des panneaux de gypse.

Le mercredi 2 octobre 2013, vers 6 heures, M. « K » et M. « C » prennent place dans la plate-forme élévatrice à partir du sol. M. « C » actionne la commande pour élever la plate-forme élévatrice. La plate-forme monte jusqu'à la structure de plancher de la mezzanine. De cet endroit, un travailleur remet douze feuilles de gypse à M. « C » et à M « K » et ceux-ci positionnent les panneaux dans la plate-forme élévatrice. M. « C » et M. « K » procèdent à l'installation de quatre feuilles de gypse.

Par la suite, M. « C » prévoit quitter le chantier. Avant de quitter les lieux, M. « C » souhaite donner des instructions particulières d'installation à M. « K ». M. « C » actionne le bouton-poussoir d'abaissement afin de descendre la plate-forme élévatrice jusqu'à une hauteur d'environ 2,44 mètres. De cet endroit, M. « C » émet des directives à M. « K » concernant la finition d'une pièce de structure du plancher de la mezzanine. Une fois les directives émises, M. « C » actionne à nouveau la commande de descente de la plate-forme élévatrice. MM. « C » et « K » entendent un bruit et ils sentent le plancher glisser sous leurs pieds. La plate-forme bascule et les deux poseurs de systèmes intérieurs sont expulsés hors de cette dernière et se retrouvent au sol. Des panneaux de gypse tombent sur M. « C ».



Photo 3 : Renversement de la plate-forme élévatrice (source : CSST)

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Description de la plate-forme

- La plate-forme élévatrice est de modèle SJ7135 et porte le numéro de série (.....). Elle appartient à Équipements Moore Ltée. La plate-forme élévatrice est mise en service en septembre 2003. Elle est livrée au chantier le lundi 30 septembre 2013 par Équipements Moore Ltée. Au moment de l'accident, la rallonge en porte-à-faux de la plate-forme élévatrice est déployée.
- Selon la norme CSA B354.2-01 *Plates-formes de travail élévatrices automotrices*, une plate-forme de travail élévatrice automotrice (plate-forme élévatrice) est définie comme étant un engin comprenant une plate-forme à position réglable, monté sur une structure et actionné par moteur avec commande des fonctions principales, dont le déplacement, à partir de la plate-forme.
- Extrait tiré du manuel d'utilisation de Skyjack : *Le mécanisme de levage de la plate-forme est composé de profilés en tôle pliée ou de tubes en acier assemblés de façon à produire une sorte de ciseaux. Les manœuvres de relevage et d'abaissement sont effectuées par l'action de vérins hydrauliques à simple effet avec vannes de maintien. Une pompe motorisée à deux étages fournit la puissance hydraulique aux vérins de relevage.*

4.2.2 Historique d'utilisation

- Selon les données de location fournies par Équipements Moore Ltée, la plate-forme a été utilisée à différentes fins au cours des dernières années. Selon le registre de location pour l'année 2013, la plate-forme a notamment été utilisée pour effectuer des travaux de systèmes intérieurs, de soudage, d'installation de portes et fenêtres et de construction générale. Il est impossible de connaître les différentes charges appliquées sur la plate-forme élévatrice lors des utilisations antérieures.
- Sur le chantier, la plate-forme élévatrice est utilisée principalement pour le levage de personne, d'outils et de matériel afin de permettre l'installation en hauteur de panneaux de gypse extérieur de marque Glasroc.

4.2.3 Charge dans la plate-forme

- Selon les données du fabricant, les caractéristiques des panneaux sont :
 - épaisseur: 12,7 mm
 - largeur: 1219 mm
 - longueur: 2438 mm
 - poids: 9,3 kg/m² donc 27,62 kg/panneau.

• Poids estimé sur la plate-forme avant l'accident :	
2 personnes (incluant le poids des outils)	environ 163,6 kg
12 panneaux de gypse extérieur	environ 331,4 kg
Retailles de panneau de gypse extérieur	environ 14,1 kg
<u>Pièces métalliques</u>	<u>environ 2,3 kg</u>
Total estimé	environ 511,4 kg

La capacité totale de la plate-forme, incluant la partie en porte-à-faux, est de 454 kg.

- La plate-forme n'est pas munie d'un système de détection de la charge. Il n'y a pas de système anti-surcharge sur ce modèle. La plate-forme peut fonctionner même si sa capacité nominale est dépassée, excepté au départ lorsque la plate-forme est entièrement repliée.

Extrait tiré du manuel d'utilisation de Skyjack : *NE PAS surcharger la plate-forme; la vanne de sûreté du système de relevage n'assure aucune protection contre un chargement excessif lorsque la plate-forme est élevée.*

4.2.4 Inspections

4.2.4.1 Inspections réalisées sur la plate-forme élévatrice

La section 5.3 de la norme CSA B354.2-01 *Plates-formes de travail élévatrices automotrices* spécifie les inspections requises pour la plate-forme élévatrice impliquée dans l'accident :

- Inspection quotidienne : L'opérateur doit faire une inspection visuelle quotidienne de tous les composants qui peuvent influencer sur la sécurité de fonctionnement de la plate-forme élévatrice. Des inspections journalières ont été effectuées par M. « C » le 30 septembre et les 1^{er} et 2 octobre 2013.
- Inspection périodique : Cette inspection doit être réalisée par une personne qualifiée après 200 heures d'utilisation. Elle a été effectuée sur la plate-forme élévatrice le 4 septembre 2013 par Équipements Moore Ltée.
- Inspection annuelle : Une inspection complète de la plate-forme doit être effectuée annuellement par une personne qualifiée. La dernière inspection annuelle de la plate-forme élévatrice a été effectuée le 15 novembre 2012 par Équipements Moore Ltée.
- Inspection structurale : Elle doit être effectuée dix ans après la date de construction de la plate-forme élévatrice et doit se faire sous la surveillance d'un ingénieur. Le manuel d'utilisation du fabricant ne mentionne pas la méthodologie à suivre pour ce type d'inspection. Une inspection structurale de la plate-forme élévatrice a été effectuée le 25 septembre 2013 par un

technicien du Laboratoire d'essai Mequaltec Inc. Un certificat d'inspection attesté par un ingénieur a été produit suite à cette inspection.

4.2.4.2 Méthodologie utilisée par le Laboratoire d'essai Mequaltec Inc. lors de l'inspection structurale

Le Laboratoire d'essai Mequaltec Inc. a été mandaté par le client, Équipements Moore Ltée, pour effectuer l'inspection structurale sur la plate-forme élévatrice.

Des inspections non destructives visuelles, magnétoscopiques (poudre sèche) et ultrasoniques ont été effectuées sur les soudures ainsi que sur les composants critiques de la plate-forme élévatrice. Selon les informations contenues dans le certificat d'inspection, ces inspections ont été effectuées conformément à la norme CSA B354.2-01.

Le Laboratoire d'essai Mequaltec Inc. demande au client de préparer la plate-forme élévatrice avant l'inspection; les soudures de la plate-forme élévatrice doivent être nettoyées et dégraissées. Le client Équipements Moore Ltée nettoie sommairement les soudures de surface de la plate-forme à l'aide d'un linge, mais ne procède pas à un nettoyage et un dégraissage complet tel que demandé par le Laboratoire d'essai Mequaltec Inc. Le 25 septembre 2013, le technicien de Mequaltec Inc. se rend chez le client et effectue les inspections non destructives visuelles et magnétoscopiques (poudre sèche) sur les soudures malgré qu'elles soient recouvertes de graisse et de saleté.

Il effectue une inspection visuelle et magnétoscopique des soudures structurales accessibles seulement (soudures sur la surface extérieure) de la plate-forme élévatrice (plate-forme, garde-corps, bras des ciseaux, châssis et pattes stabilisatrices) ainsi qu'une inspection ultrasonique des axes accessibles (20 axes d'extrémité des ciseaux, 8 axes centraux des ciseaux et 4 axes des vérins de levage).

L'ingénieur qui atteste le certificat d'inspection n'est pas présent lors de l'inspection. Il vérifie les informations contenues dans les rapports d'essai puis il produit son attestation selon les résultats obtenus par le technicien.

Lors de cette inspection structurale, aucun défaut ou fissure n'est décelé par le technicien.

4.2.4.3 Méthodologie et limite de l'inspection par magnétoscopie

La norme ASTM E709-08 *Standard Guide for Magnetic Particle Testing* décrit la méthodologie utilisée pour cette inspection non destructive. L'inspection par magnétoscopie consiste à induire un champ magnétique intense sur la pièce à inspecter. Elle peut être effectuée sur toute pièce ferromagnétique. Les défauts produisent une distorsion de ce champ magnétique. Des particules de fer (poudre sèche) déposées sur cette zone sont attirées et concentrées au niveau de cette distorsion, produisant ainsi des indications visibles de défauts à la surface du matériau. Cette norme prévoit à la section 9 que la pièce à inspecter soit propre, sèche et exempte de contaminants (huile, graisse, sable, saleté, etc.). Il est spécifié que la présence d'un revêtement mince non-conducteur (0,02 à 0,05 mm) tel que la peinture, n'affecte généralement pas les résultats de l'inspection.

La principale limitation de cette méthode d'inspection est qu'elle offre une faible sensibilité aux défauts situés sous la surface inspectée. Elle permet la détection des défauts de surface ou se trouvant près de la surface seulement.

4.2.5 Expertise

Suite à l'accident, la CSST mandate le Centre de métallurgie du Québec (CMQ) afin d'identifier la cause du bris ayant provoqué le renversement de la plate-forme élévatrice.

Le 9 octobre 2013, à la demande de la CSST, M. Luc Lafrenière, ingénieur au CMQ, effectue une visite des lieux de l'accident afin d'identifier les composants à expertiser sur la plate-forme élévatrice et établir les étapes d'expertise en laboratoire. M. Lafrenière émet des directives pour le déplacement de la plate-forme et la coupe de sections de membrures à expertiser. Le 9 octobre 2013, la CSST autorise le déplacement de la plate-forme élévatrice jusque dans les locaux d'Équipements Moore Ltée (rapport d'intervention RAP0869825 émis le 9 octobre 2013) suite à l'élaboration d'une procédure de travail. Les membrures sont démontées et coupées chez Équipements Moore Ltée et sont ensuite envoyées au CMQ pour analyses.

Le sommaire du rapport d'expertise (voir annexe D) indique que :

- *les cordons de soudure des manchons¹ (voir photos 4 et 5) des niveaux 1 et 2 de la plate-forme accidentée étaient majoritairement fissurés, soit 8 cordons sur 11 examinés;*
- *plusieurs fissures étaient détectables par un examen visuel des soudures circulaires situées au centre des membrures après nettoyage;*

- *le manque de pénétration au niveau des soudures circulaires des manchons a favorisé l'amorce de fissures à partir de la racine des cordons où le profil actuel favorise la concentration de contrainte à l'intersection membrure/manchon inadéquatement soudée;*
- *la technique d'inspection par magnétoscopie ne permet pas de détecter la présence de fissures internes au niveau de la racine des soudures des manchons.*

¹ Le manchon est un cylindre métallique servant à réunir le centre des membrures.



Photo 4 : Manchon (source : CSST)



Photo 5 : Position d'un manchon sur la plate-forme élévatrice (source : CSST)

À partir de l'examen des pièces de la plate-forme élévatrice et des examens en laboratoire au CMQ, le rapport d'expertise de l'ingénieur Luc Lafrenière, conclut que :

Les examens et analyses effectués en laboratoire ont permis d'identifier plusieurs facteurs qui sont à l'origine du bris des membrures du troisième niveau et de l'effondrement de la plateforme Skyjack, dont :

- il y avait une fissure présente depuis longtemps au niveau de la membrure 3GEE au moment de l'accident;*
- des fissures étaient visibles à l'œil nu sur plusieurs des cordons de soudure des manchons des niveaux 1 et 2 de la plateforme;*
- les fissures débutent à la racine des cordons parce que les joints manchons/membrures n'ont pas été soudés avec une pénétration suffisante pour en assurer la solidité;*
- comme les fissures débutent à l'intérieur des membrures, leur détection est impossible par magnétoscopie, sauf si les fissures débouchent à la surface des cordons de soudure.*

Le rapport mentionne, à la section 4.2, qu'il y avait une fissure en progression depuis longtemps sur une membrure du troisième niveau, celle qui a cédé lors de l'accident. Cette fissure débouchait en surface du cordon de soudure sur la surface extérieure de la membrure.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Une membrure de la plate-forme élévatrice cède sous sa charge en raison de la présence d'une fissure en progression.

Le modèle de plate-forme élévatrice impliqué dans l'accident n'est pas muni d'un système de détection de la charge ni de système anti-surcharge. Le manufacturier mentionne, dans son manuel d'utilisation, que la vanne de sûreté du système de relevage n'assure aucune protection contre un chargement excessif lorsque la plate-forme est élevée. La plate-forme peut fonctionner même si sa capacité nominale est dépassée, excepté lorsque la plate-forme est entièrement repliée. Or, le jour de l'accident, le chargement s'effectue avec la plate-forme déployée au niveau de la mezzanine. Sa charge est d'environ 511 kg malgré que le fabricant indique une capacité maximale de 454 kg.

Le rapport d'expertise produit par M. Luc Lafrenière, ing., mentionne que le manque de pénétration au niveau des soudures circulaires des manchons est favorable à l'amorce de fissure à partir de la racine des cordons puisqu'il favorise la concentration de contraintes à cet endroit.

Ce rapport révèle que le bris des membrures s'est produit au niveau des cordons de soudure reliant les manchons aux membrures du troisième niveau. Le rapport indique qu'une fissure était présente depuis longtemps sur une membrure du troisième niveau de la plate-forme élévatrice qui a cédé au moment de l'accident.

Au moment de l'accident, la force appliquée sur un cordon de soudure manchon/membrure du troisième niveau de la plate-forme élévatrice dépasse la capacité résiduelle de cette soudure. La soudure se brise et l'acier des membrures du troisième niveau se déchire.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La présence de fissures passe inaperçue compte tenu de la méthode appliquée pour l'inspection structurale des soudures.

La plate-forme élévatrice impliquée dans l'accident a été fabriquée en 2003. La norme CSA B354.2-01 *Plates-formes de travail élévatrices automotrices* spécifie, à la section 5.3.4, qu'une inspection structurale doit être effectuée dix ans après la date de construction de la plate-forme élévatrice. Cette inspection vise à s'assurer que l'intégrité structurale des composants critiques et la stabilité de la plate-forme élévatrice sont toujours conformes à la norme en vigueur au moment de la construction. Une inspection structurale a été réalisée sur la plate-forme élévatrice impliquée dans l'accident le 25 septembre 2013 par un technicien du Laboratoire d'essai Mequaltec Inc.

La section 5.3.4.4 de la norme CSA B354.2-01 *Plates-formes de travail élévatrices automotrices* mentionne que l'inspection peut comprendre : une inspection visuelle des soudures de construction, un essai non destructif des composants critiques et des essais de stabilité. Le certificat d'inspection produit le 25 septembre 2013 par le Laboratoire d'essai Mequaltec Inc. indique que la plate-forme élévatrice a subi des inspections visuelles et non destructives (magnétoscopiques et ultrasoniques) sur les soudures de construction et les composants critiques conformément à cette norme. Les soudures structurales accessibles ont été inspectées visuellement et par magnétoscopie par le technicien du Laboratoire d'essai Mequaltec Inc. Lors de ces inspections, aucun défaut n'a été décelé sur les soudures de construction. Or, l'expertise réalisée par M. Luc Lafrenière, ing., démontre que la membrure 3GEE accessible et visible comporte une fissure présente depuis longtemps.

La section 9 de la norme ASTM E709-08 *Standard Guide for Magnetic Particle Testing* exige que la pièce à inspecter par magnétoscopie soit propre, sèche et exempte de contaminants (huile, graisse, sable, saleté, etc.). Lors de l'inspection structurale, les inspections magnétoscopiques des soudures sont réalisées par le technicien sur les soudures accessibles sans qu'elles aient été nettoyées et dégraissées.

Le rapport d'expertise produit par M. Luc Lafrenière, ing., mentionne que *les fissures débutent à la racine des cordons parce que les joints manchons/membrures n'ont pas été soudés avec une pénétration suffisante pour en assurer la solidité*. Les inspections visuelles et magnétoscopiques effectuées sur les soudures manchon/membrure de la plate-forme élévatrice permettent de détecter les défauts de surface seulement. M. Luc Lafrenière, ing., indique dans la conclusion de son rapport d'expertise que *comme les fissures débutent à l'intérieur des membrures, leur détection est impossible par magnétoscopie, sauf si les fissures débouchent à la surface des cordons de soudure*.

La norme CSA B354.2-01 *Plates-formes de travail élévatrices automotrices* spécifie, à la section 5.3.4.2, que l'inspection structurale doit être effectuée sous la surveillance d'un ingénieur. Le 25 septembre 2013, l'ingénieur ayant attesté le certificat d'inspection de la plate-forme élévatrice n'est pas présent lorsque l'inspection structurale est réalisée.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

L'enquête a permis de retenir les causes suivantes :

- Une membrure de la plate-forme élévatrice cède sous sa charge en raison de la présence d'une fissure en progression;
- La présence de fissures passe inaperçue compte tenu de la méthode appliquée pour l'inspection structurale des soudures.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 2 octobre 2013, la CSST interdit l'utilisation de la plate-forme élévatrice de marque Skyjack, modèle SJ7135-2003, numéro de série (.....), sur les lieux de l'accident et y appose le scellé numéro E23408. Le rapport RAP9111940 est émis le même jour.

Le 9 octobre 2013, à la suite de la réception d'une procédure de travail sécuritaire, la CSST autorise le déplacement de la plate-forme élévatrice chez Équipements Moore Ltée afin de pouvoir faire l'expertise sur celle-ci. Le rapport RAP0869825 est émis le même jour.

5.3 Suivi de l'enquête

La CSST informera le comité de normalisation B354 de l'Association canadienne de normalisation (CSA) des conclusions de son enquête. Une attention particulière sera portée sur l'adéquation entre les caractéristiques d'assemblage et le choix de méthode d'inspection structurale.

Constatant que les choix de conception et de méthode d'assemblage ont un impact sur la sélection de la méthode d'inspection structurale et de la validité des résultats, la CSST informera les fournisseurs et l'Ordre des ingénieurs du Québec des conclusions de cette enquête. Elle informera également les fabricants afin de les sensibiliser à l'importance de déterminer les méthodes d'inspection permettant d'assurer l'intégrité structurale de leurs plates-formes élévatoires.

ANNEXE A

Liste des accidentés

ACCIDENTÉ

Nom, prénom : M. « C »
Fonction habituelle : (.....)
Fonction lors de l'accident : Poseur de systèmes intérieurs

ACCIDENTÉ

Nom, prénom : M. « K »
Fonction habituelle : (.....)
Fonction lors de l'accident : Poseur de systèmes intérieurs

ANNEXE B

Liste des témoins et personnes rencontrées

ANNEXE C

Références bibliographiques

AMECIAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard guide for magnetic particle testing*, West Conshohocken, Penns., ASTM, 2008, 41 p. (ASTM: E709-08).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Plates-formes de travail élévatrices automotrices*, 2e édition, Toronto, Ont., CSA, 2002, viii, 29 p. (CSA: B354.2-01).

ASSOCIATION DES ENTREPRENEURS DE SYSTÈMES D'INTÉRIEURS DU QUÉBEC. *Définition des travaux de systèmes intérieurs*, [En ligne]. [<http://www.aesiq.org/definition-de-nos-travaux/>] (Consulté le 11 février 2015).

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES. *Conversion des unités de mesure de longueur et de superficie*, [En ligne], 2003. [<https://foncier.mern.gouv.qc.ca/conversion/>] (Consulté le 11 février 2015).

ANNEXE D

Rapport d'expertise

Renversement d'une plateforme élévatrice Skyjack de modèle SJ7135 à Montréal

Rapport rédigé pour

M. Jean-François Beaudry, Chef d'équipe
M. Paul Létourneau, inspecteur
Mme. Mireille Brodeur, inspectrice

CSST
1, Complexe Desjardins
Tour Sud, 33^{ème} étage
Case postale 3
Montréal, Qc
H5B 1H1

No de contrat CSST : 672449
No projet CMQ : 721-13-101

Préparé par

Luc Lafrenière, ing. sr.

Le 23 janvier 2014

Sommaire

Le 2 octobre 2013, une plateforme élévatrice Skyjack de modèle SJ7135 s'est renversée sur le chantier de l'agrandissement et de rénovation d'un entrepôt frigorifique pour Saputo, situé au 120 rue Gagnon à Montréal.

À partir de l'examen des pièces de la plateforme et des examens en laboratoire au CMQ, nous avons déterminé que :

- les cordons de soudures des manchons des niveaux 1 et 2 de la plateforme accidentée étaient majoritairement fissurés, dans le cas présent soit 8 cordons sur 11 examinés;
- plusieurs fissures étaient détectables par un examen visuel des soudures circulaires situées au centre des membrures après nettoyage;
- le manque de pénétration au niveau des soudures circulaires des manchons a favorisé l'amorce de fissures à partir de la racine des cordons où le profil actuel favorise la concentration de contraintes à l'intersection membrure/manchon inadéquatement soudés;
- la technique d'inspection par magnétoscopie ne permet pas de détecter la présence de fissures internes au niveau de la racine des soudures des manchons.

Table des matières

1. Mise en situation	1
2. Mandat.....	1
3. Méthodologie	2
4. Résultats	4
4.1 L'examen visuel de la plateforme élévatrice	4
4.2 Les analyses chimiques des aciers de la structure	11
4.3 Les examens métallographiques des soudures	12
4.4 Les essais de dureté des cordons de soudure	14
5. Conclusion.....	15

1. Mise en situation

La CSST est chargée de l'enquête d'accident de travail survenu sur un chantier de construction à Montréal le 2 octobre 2013. Alors qu'une plateforme élévatrice Skyjack de modèle SJ7135 était montée, les soudures des manchons du troisième niveau se sont brisées et l'acier des membrures s'est déchiré (photo 1), causant le renversement de la plateforme (photo 2) fabriquée en 2003.



Photo 1. Déchirement de l'acier des membrures lors du bris des soudures situées entre les manchons et les membrures du niveau 3.

2. Mandat

La CSST désire identifier la cause du bris ayant causé la chute de la plateforme élévatrice en ciseaux de marque Skyjack modèle SJ7135 numéro de série 340467, le 2 octobre 2013, sur le chantier situé au 120 Gagnon à Montréal. Ce contrat inclus, sans s'y limiter, à l'examen complet, à la réalisation des tests et analyses en laboratoire des douze membrures métalliques de la plateforme.



Photo 2. Rversement de la plateforme Skyjack modèle SJ7135 identifiée # 37558 sur un chantier de construction à Montréal. Identification des niveaux sur les membrures et emplacement du bris indiqué par les cercles jaunes.

3. Méthodologie

Pour réaliser le présent mandat, quatre différentes techniques d'analyse en laboratoire furent utilisées : un examen visuel des composantes de la plateforme, des analyses chimiques des aciers de la structure, des examens métallographiques des soudures, et des mesures de microdureté des joints soudés. La présente étude vise les zones brisées et les membrures des niveaux inférieurs 1 et 2 (photo 2) afin d'évaluer la qualité des soudures des manchons centraux et vérifier si des fissures existent à ces niveaux.

La nomenclature utilisée pour identifier les pièces brisées fut (photo 3):

- un chiffre de 1 à 4 qui le niveau des membrures à partir du sol;
- les lettres G ou D qui identifient les membrures de gauche ou de droite lorsqu'on se place face aux commandes de la plateforme;
- les lettres E ou I qui identifient les membrures placées à l'extérieur ou à l'intérieur de la plateforme;
- une troisième lettre aurait pu identifier la surface de la membrure faisant face à l'extérieur ou à l'intérieur de la plateforme, mais pour faciliter la compréhension du lecteur, nous identifierons la surface par du texte.

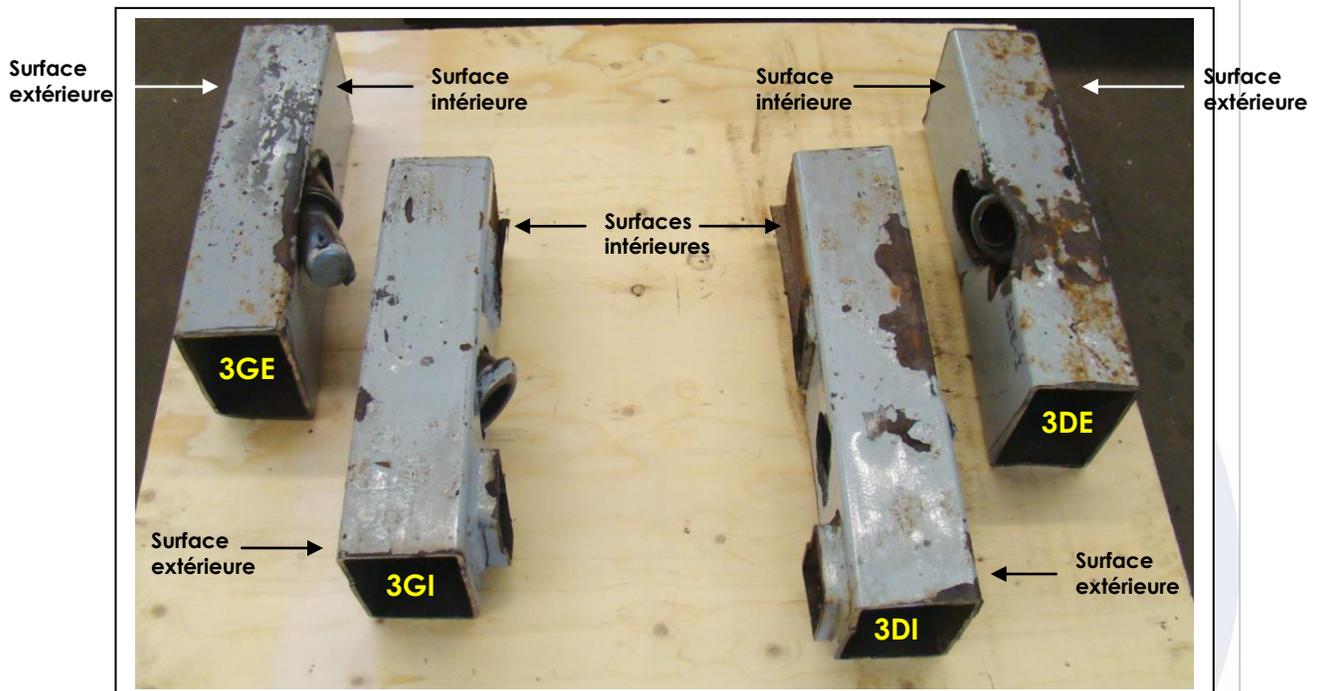


Photo 3. Nomenclature d'identification des membrures qui se sont brisées lors de l'accident (en jaune). L'angle des manchons et les déchirures de l'acier sont orientés en fonction de l'orientation de poussée du cylindre hydraulique.

4. Résultats

4.1 L'examen visuel de la plateforme élévatrice

L'examen visuel des composantes de la plateforme a permis d'effectuer quatre observations importantes, soient :

- 1) Le bris des membrures s'est produit au niveau des cordons de soudure reliant les manchons aux membrures du troisième niveau (photo 4).



Photo 4. Bris des soudures des manchons de membrures du niveau 3. Emplacements des bris indiqués par les cercles jaunes.

2) Les bris sont tous survenus dans la ZAT des cordons de soudure (zone affectée thermiquement) reliant les manchons aux membrures du niveau 3 (photos 5 à 8), soit dans la zone la plus faible de toute soudure.



Photos 5a. Bris dans la ZAT des soudures du manchon 3DE.
Surface interne de membrure.



Photo 5b. Bris dans la ZAT des soudures du manchon 3DE.
Surface externe de membrure.



Photos 6a. Bris dans la ZAT des soudures du manchon 3DI.
Surface interne de membrure.



Photo 6b. Bris dans la ZAT des soudures du manchon 3DI.
Surface externe de membrure.



Photos 7a. Bris dans la ZAT des soudures du manchon 3GE.
Surface interne de membrure.



Photo 7b. Bris dans la ZAT des soudures du manchon 3GE.
Surface externe de membrure.



Photos 8a. Bris dans la ZAT des soudures du manchon 3GI.
Surface interne de membrure.

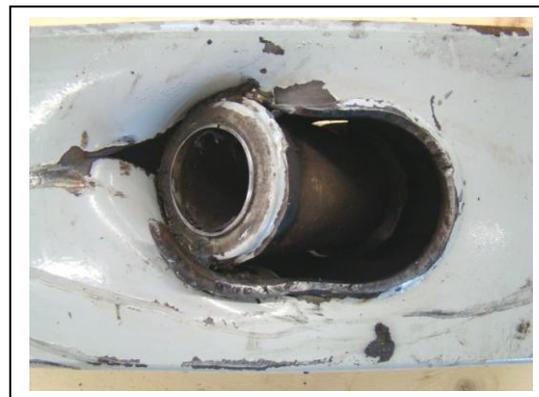


Photo 8b. Bris dans la ZAT des soudures du manchon 3GI.
Surface externe de membrure.

- 3) L'examen visuel des manchons brisés du niveau 3 de la plateforme accidentée a permis de constater qu'il y avait une fissure en progression depuis longtemps sur la membrure 3GE (surface extérieure) et qui débouchait en surface du cordon de soudure. La surface de rupture du manchon 3GE (surface extérieure) possède une surface fraîchement brisée et une surface brisée adjacente corrodée depuis longtemps (photo 9).

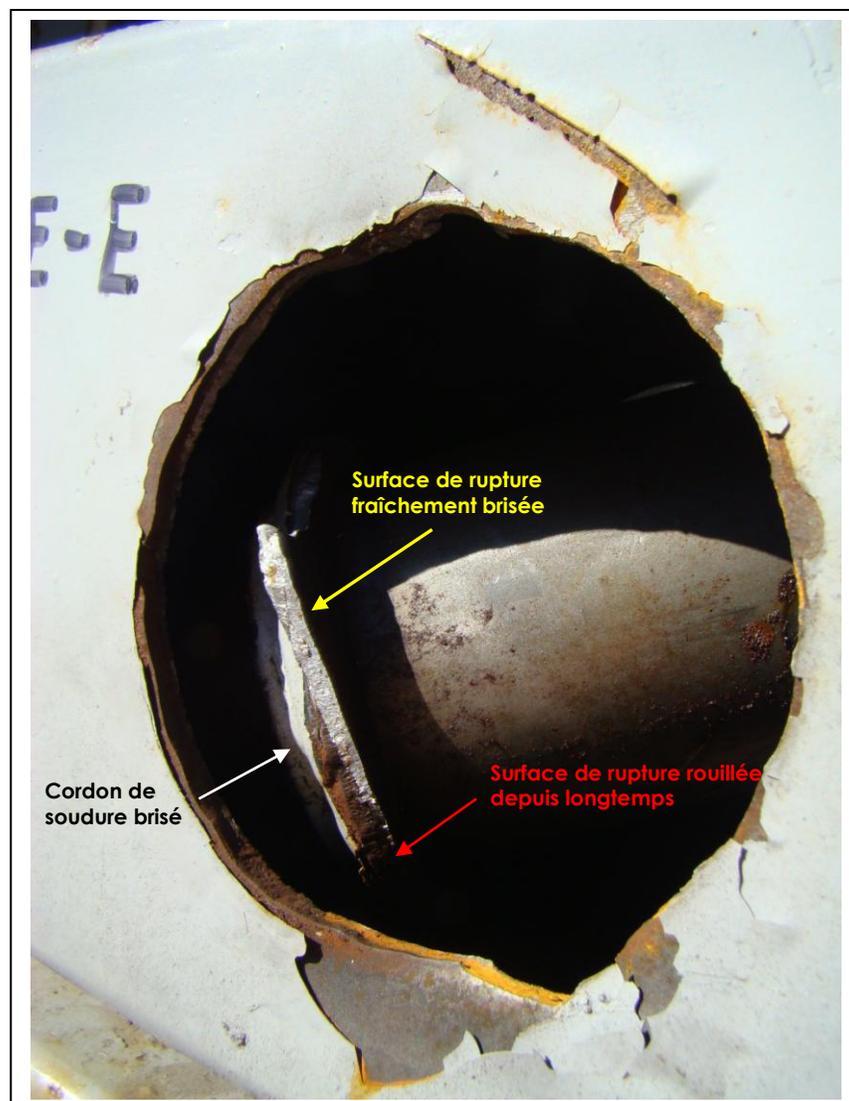


Photo 9. Cordon de soudure brisé de la membrure 3GE-ext. La surface de rupture indique qu'il y avait déjà une fissure au moment du bris.

4) Afin de savoir s'il s'agit d'un problème localisé ou généralisé, d'autres membrures de la plateforme ont été vérifiées. Pour se faire, nous avons choisi de vérifier les membrures des niveaux 1 et 2 de la plateforme accidentée (photo 2). Notre examen a permis de constater que des fissures étaient même visible à l'œil nu sur plusieurs d'entre elles (photos 10 à 14).

Par ailleurs, afin de nous assurer qu'il s'agit bien de fissures, et aussi afin de pouvoir en évaluer la profondeur et l'origine, des examens métallographiques de plusieurs soudures manchons/membrures ont été effectués et les résultats sont présentés à la section 4.3 du présent rapport.



Photo 10. Peinture craquée au cordon de soudure de la membrure 1DE – surface intérieure.



Photo 11. Peinture craquée au cordon de soudure de la membrure 1DI – surface extérieure.

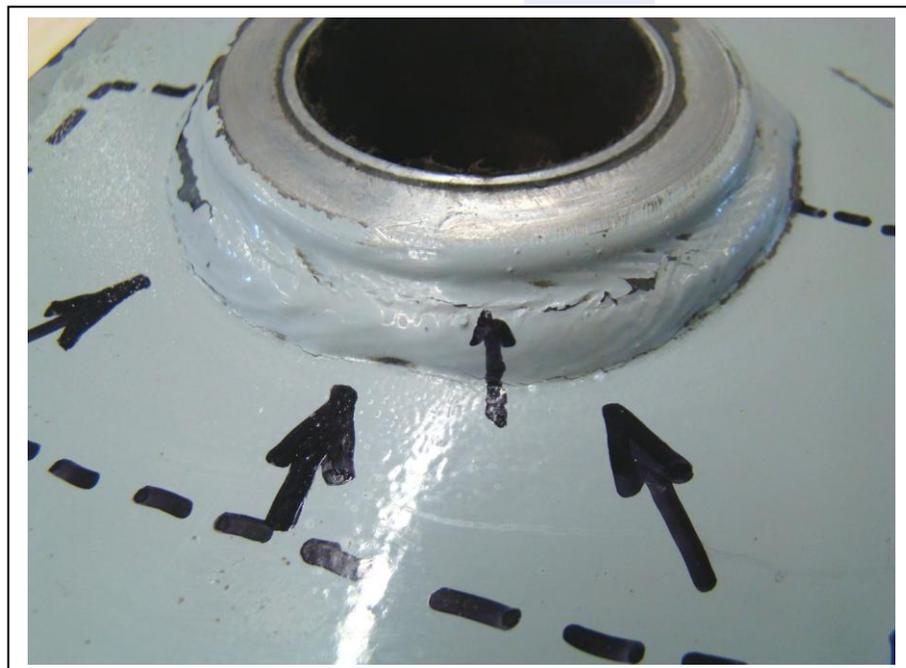


Photo 12. Peinture craquée au cordon de soudure de la membrure 2DI – surface extérieure.



Photo 13. Fissure au cordon de soudure de la membrure 2GE-
surface intérieure.



Photo 14. Peinture craquée au cordon de soudure de la membrure
2GI – surface extérieure.

4.2 Les analyses chimiques des aciers de la structure

Deux analyses chimiques furent effectuées : la première sur une membrure de la plateforme, et une autre sur un manchon. Les manchons sont soudés au centre de chaque membrure et contiennent les goupilles. Les résultats ont démontré qu'il s'agit d'aciers pratiquement identiques, soit d'acier bas carbone qui respectent les spécifications du fabricant, et qui sont considérés comme faciles à souder.

Éléments	Membrure (%)	Grade 50W (%)	Manchon (%)	Grade 1020 (%)
Carbone	0,17	0,23 max	0,22	0,18 – 0,23
Manganèse	0,78	0,50 – 1,50	0,68	0,30 – 0,60
Silicium	0,01	0,40 max	0,02	0,30 max
Chrome	0,03	-	0,05	-
Nickel	0,01	-	0,04	-
Molybdène	-	-	0,01	-
Cuivre	0,02	-	0,07	-
Phosphore	0,011	0,040 max	0,010	0,040 max
Soufre	0,008	0,050 max	0,004	0,050 max
Fer	Balance	Balance	Balance	Balance

Tableau 1. Compositions chimiques de l'acier de la structure et d'un des manchons servant à l'insertion des goupilles.

Selon les informations retrouvées sur les dessins techniques de la compagnie Skyjack, les grades d'acier des matériaux des composantes de la plateforme élévatrice étaient :

Membrures	acier CSA 50W ou ASTM A500 grade C
Manchons	acier AISI 1020 ou ASTM A513

4.3 Les examens métallographiques des soudures

Pour avoir une bonne idée de l'état de l'ensemble des soudures manchons/membrures, nous avons choisis onze des seize cordons de soudures, soit : 1DE - 1DI - 1GE - 2DE - 2DI - 2GE - 2GI avec leurs surfaces intérieures et/ou extérieures sur la plateforme (réf. photo 3).

- 1) Toutes les métallographies démontrent que les fissures ont débuté à la racine des cordons de soudure, c'est-à-dire de l'intérieur vers l'extérieur. Le fait qu'il ne s'agit pas de soudures « pleine pénétration » crée un profil à la racine favorable à l'amorce de fissures (flèche jaune sur photos 15 à 25 en annexe 1). La raison, pour laquelle les soudures n'atteignent pas une pleine pénétration, est que le soudage fut effectué sur des composantes sans chanfrein, ce qui entraîne que la surface de contact entre les membrures et les manchons n'est pas soudée (flèches rouges sur photos 15 à 25 en annexe 1).

- 2) Le fait, que les fissures débutent à l'intérieur des membrures, les rend indétectables par la technique d'inspection par magnétoscopie. Des essais avec des membrures fissurées, effectués au Cégep de Trois-Rivières, ont permis de vérifier et de confirmer ce fait. Par ailleurs, des essais par ultrasons ont permis de les détecter.

- 3) Une difficulté majeure accompagne la technique d'inspection par ultrasons sur les membrures des plateformes : actuellement, comme toutes les soudures des manchons ne sont pas pleine pénétration, les ultrasons sont incapables de faire une distinction entre une fissure et le joint non soudé à l'intersection manchons/membrures. En résumé, l'inspection par ultrasons sera efficace sur des plateformes neuves ayant des soudures pleine pénétration, mais peu efficace sur les cordons des plateformes Skyjack actuellement en service n'ayant pas une pleine pénétration.

4.4 Les essais de dureté des composantes

Les mesures de microdureté, obtenues sur l'échantillon 1DIE, ont démontré qu'il n'y avait pas de zone fragile dans la soudure et la ZAT de l'échantillon, les duretés variant de 84 à 98 HRB (Tableau 3).

Emplacement	Dureté Vickers	Équivalence Rockwell B
Membrure	163	84
Manchon	228	98
ZAT	187	90
Soudure	197	92

Tableau 3. Mesures de microdureté de l'échantillon 1DIE.

5. Conclusion

Les examens et analyses effectués en laboratoire ont permis d'identifier plusieurs facteurs qui sont à l'origine du bris des membrures du troisième niveau et de l'effondrement de la plateforme Skyjack, dont :

- il y avait une fissure présente depuis longtemps au niveau de la membrure 3GEE au moment de l'accident;
- des fissures étaient visibles à l'œil nu sur plusieurs des cordons de soudure des manchons des niveaux 1 et 2 de la plateforme;
- les fissures débutent à la racine des cordons parce que les joints manchons/membrures n'ont pas été soudés avec une pénétration suffisante pour en assurer la solidité;
- comme les fissures débutent à l'intérieur des membrures, leur détection est impossible par magnétoscopie, sauf si les fissures débouchent à la surface des cordons de soudure.



Luc Lafrenière, ing.

Processus d'amélioration continue

Nous souhaitons ardemment avoir répondu à l'ensemble de vos besoins. Ainsi, dans le cadre de notre processus d'amélioration continue ISO 9001 : 2008, nous sommes disposés à recevoir vos commentaires de manière à améliorer nos prochaines interventions.

Merci de participer à notre processus d'amélioration continue.



Annexe 1

Fissures à la racine de soudures – photos 15 à 25

Note 1 : les hauteurs et largeurs de soudures sont d'environ 1 cm x 1 cm

Note 2 : les soudures devraient dépasser l'intersection des lignes jaunes pour être acceptables, sinon il y a manque de pénétration.

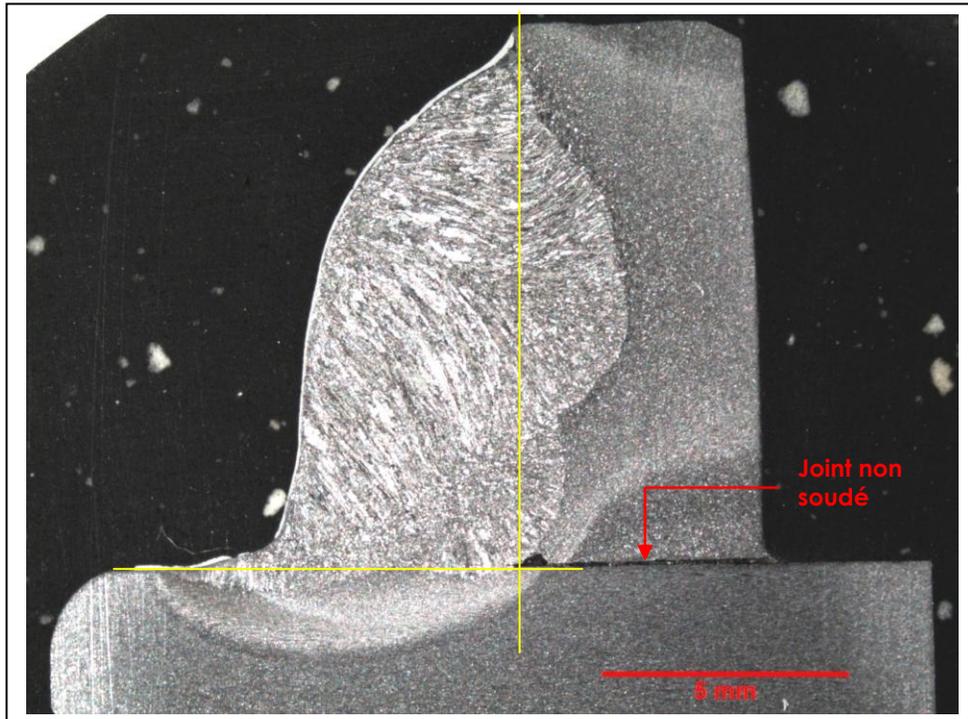


Photo 15. Absence de fissure du cordon de soudure 1DE – surface int.
Manque de pénétration à la racine.

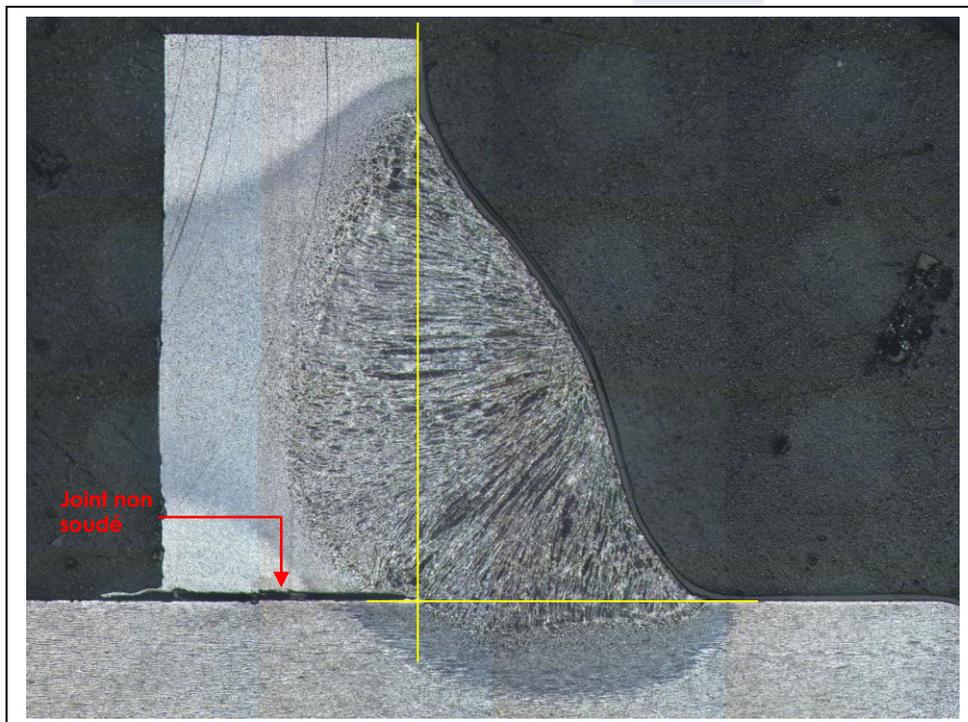


Photo 16. Absence de fissure du cordon de soudure 1DE - surface ext.
Très faible pénétration à la racine.

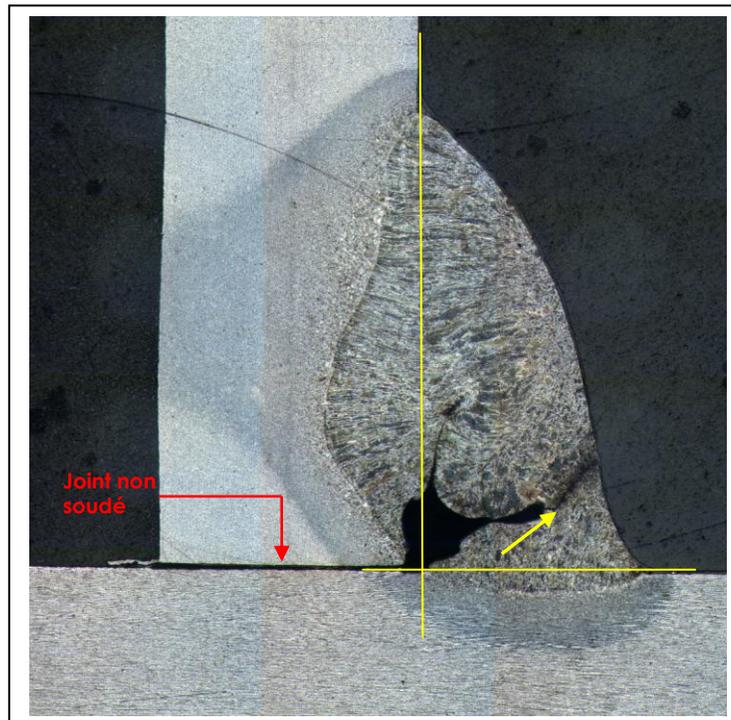


Photo 17. Fissure à la racine du cordon de soudure 1DI - surface ext.
Manque de pénétration à la racine et porosité.

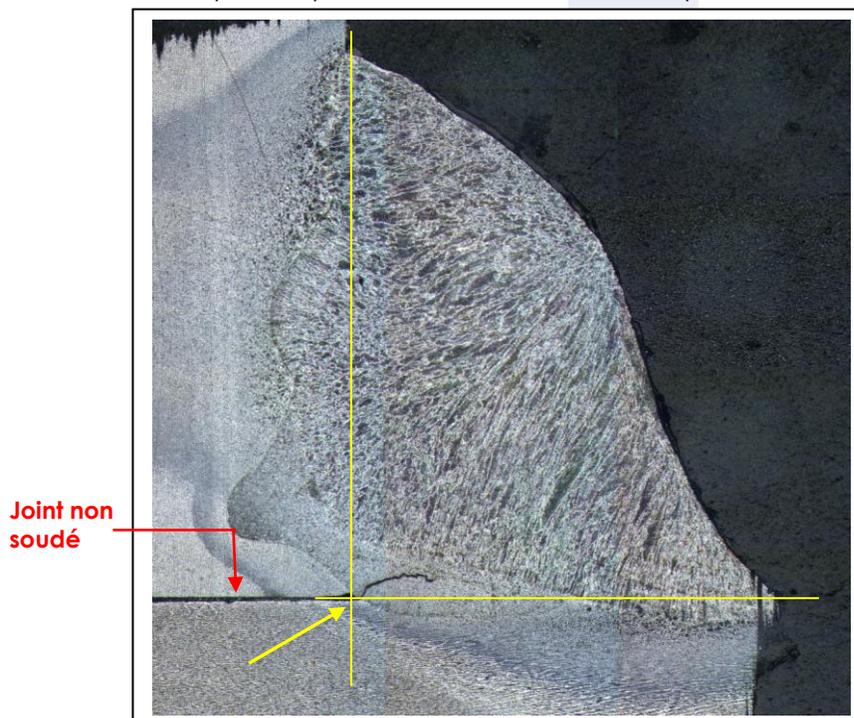


Photo 18. Fissure à la racine du cordon de soudure 1GE - surface ext.
Manque de pénétration à la racine.

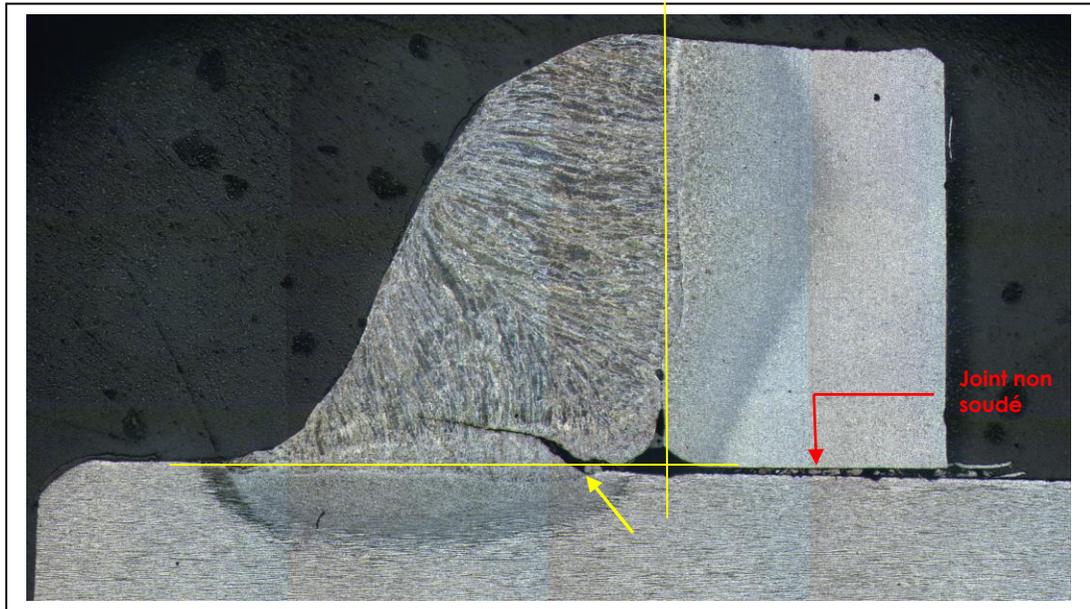


Photo 19. Fissure à la racine du cordon de soudure 1GE - surface int.
Manque de pénétration à la racine.

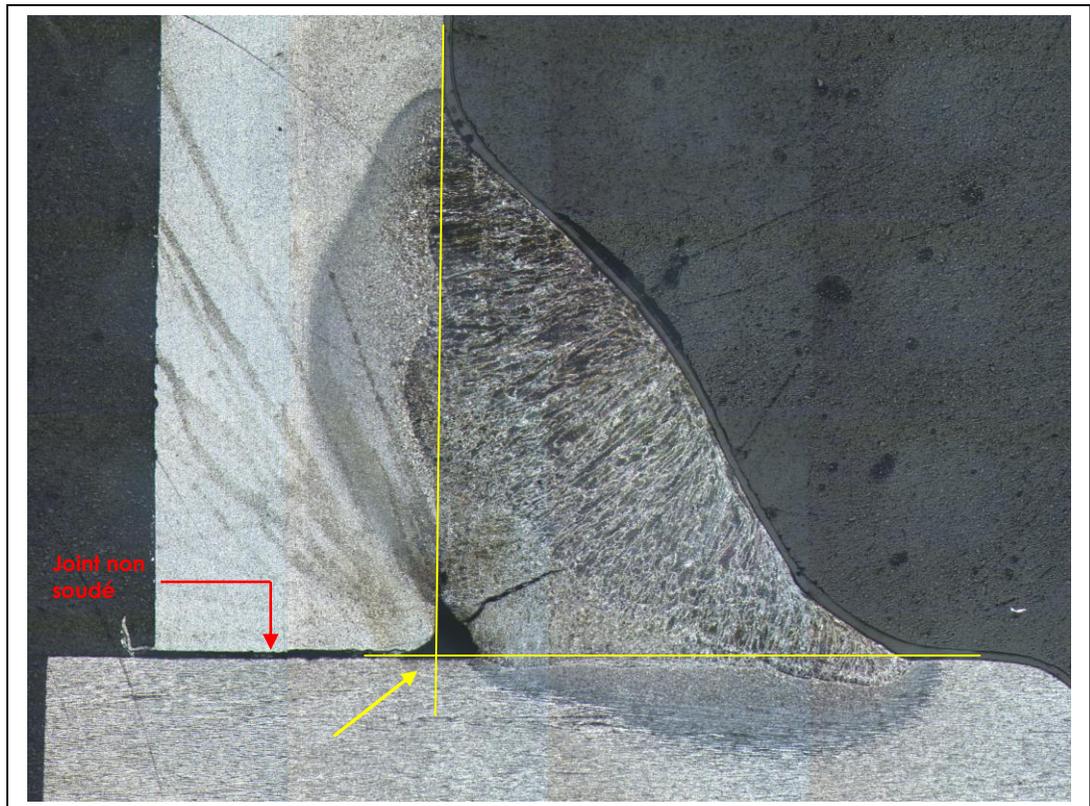


Photo 20. Fissure à la racine du cordon de soudure 2DE - surface ext.
Manque de pénétration à la racine.

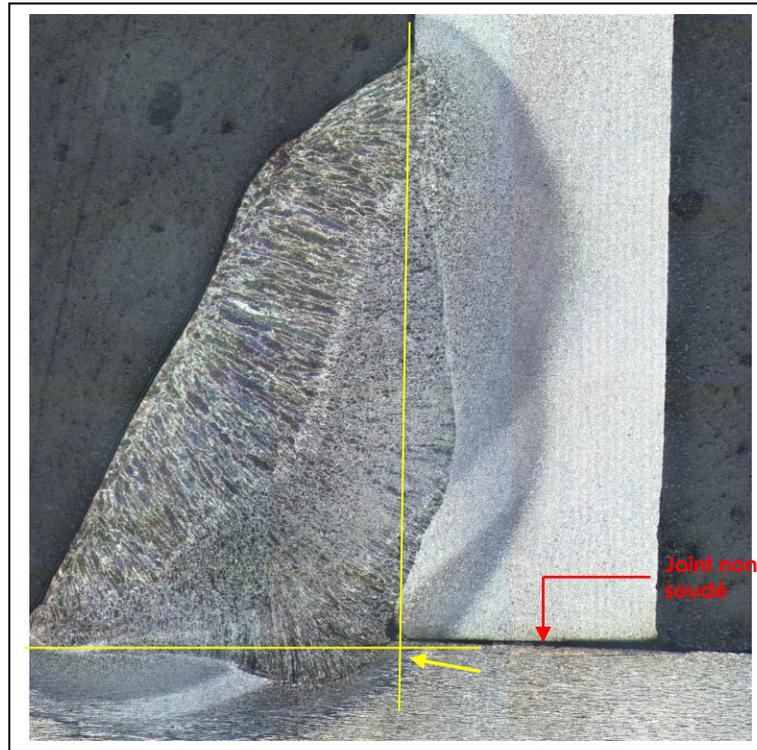


Photo 21. Fissure à la racine du cordon de soudure 2DE - surface int.
Manque de pénétration à la racine.

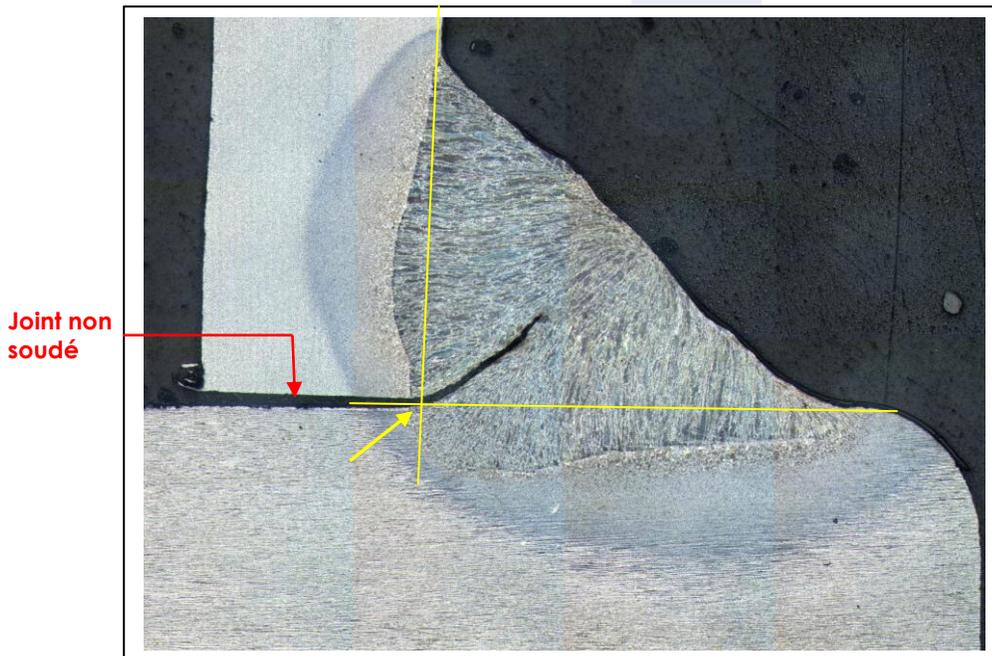


Photo 22. Fissure à la racine du cordon de soudure 2DI - surface ext.
Manque de pénétration à la racine.

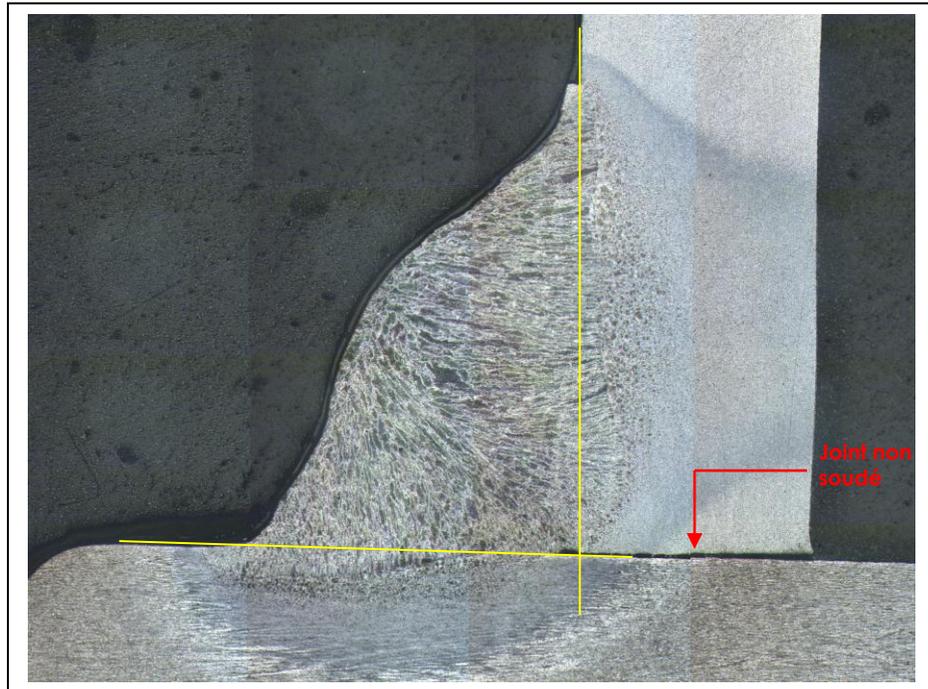


Photo 23. Absence de fissure du cordon de soudure 2GE - surface ext.
Manque de pénétration.

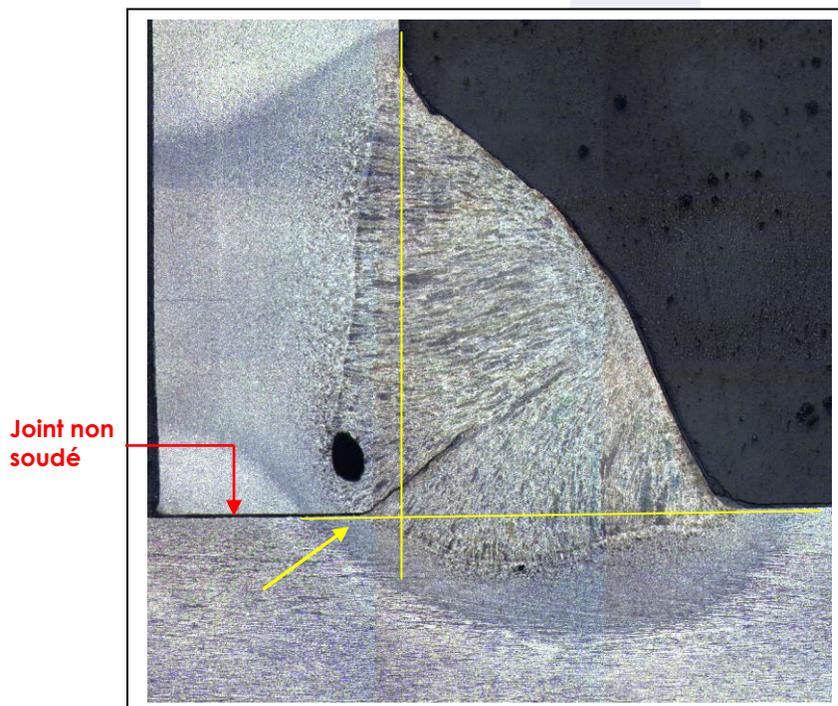


Photo 24. Fissure à la racine du cordon de soudure 2G1 - surface ext.
Très faible pénétration.

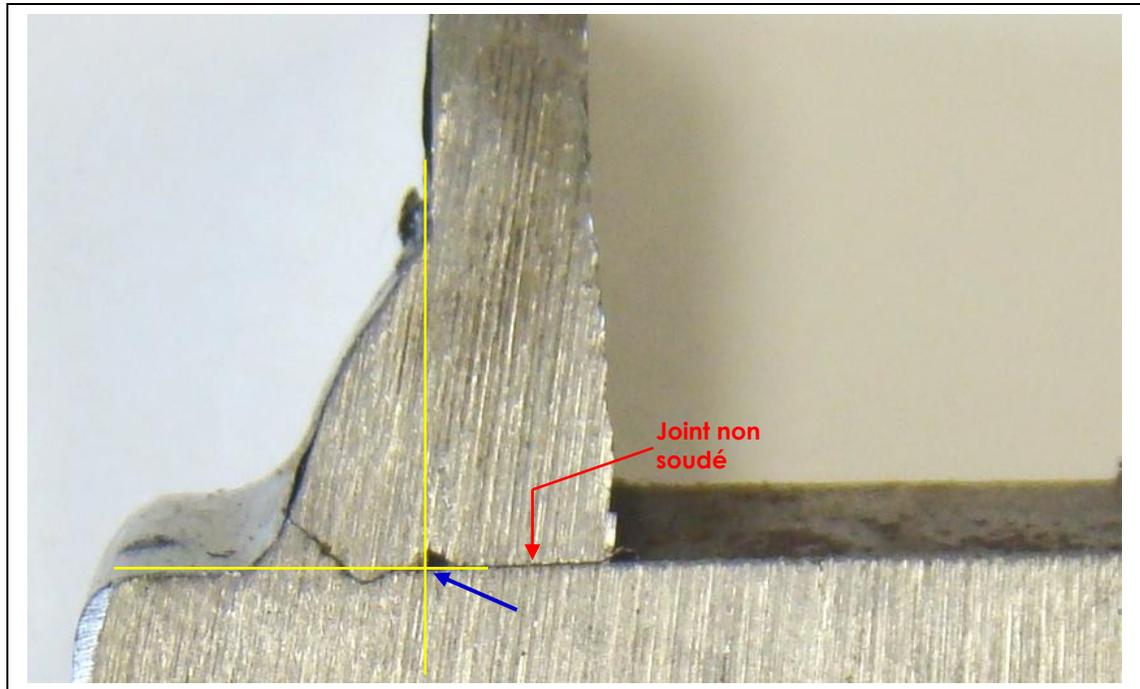


Photo 25. Fissure à la racine du cordon de soudure 2GE - surface int.
Manque de pénétration.