

EN004463**RAPPORT D'ENQUÊTE**

**Accident ayant causé la mort d'un travailleur de
l'entreprise GLR inc., survenu le 5 décembre 2024,
au pylône n° 121 à Sainte-Praxède
(secteur nord du chantier QPL2W Appalaches-Maine).**

Version dépersonnalisée

Service de la prévention-inspection – Chaudière-Appalaches

Inspecteurs :

Date du rapport : 12 novembre 2025

Rapport distribué à :

- Monsieur Pierre-Luc Gauvin, chef des travaux, chantiers et constructions, Direction principale – Projets de transport et construction, Hydro-Québec
- Monsieur Jimmi Fortin-Bouchard, responsable chantier, Gestion des chantiers – Projets de transport et construction, Hydro-Québec
- Monsieur Alexandre Lusigan, responsable chantier, chantier et construction, Direction principale – Projet de transport et construction, Hydro-Québec
- Monsieur Gratien Roussel, chef prévention, Pôle Saguenay–Lac-Saint-Jean/Montmorency, Direction soutien opérationnel SST Construction (DSOSSTC), Groupe exploitation et infrastructure, Hydro-Québec
- Monsieur Robert Perron, conseiller sécurité – Ligne Appalaches-Maine NECEC, Pôle Saguenay-Lac-Saint-Jean/Montmorency, Direction soutien opérationnel SST Construction DSOSSTC, Groupe exploitation – expérience client, Hydro-Québec
- Madame Stéphanie Beaudry, conseillère santé et sécurité – équipe spécialisée en enquête accident, Hydro-Québec
- Monsieur Pierre-Olivier Roux, gérant de projet, GLR inc.
- Monsieur Hugo Bertrand, conseiller santé et sécurité du travail, GLR inc.
- Monsieur Christian Lapointe, représentant santé et sécurité (RSS) – Fédération des travailleurs et travailleuses du Québec (FTQ)
- Monsieur Stéphane Audet, représentant syndical, FIPOE - FTQ
- Madame Julie-Kim Godin, coroner
- Madame Liliana Romero, MD, MSc., FRCPC, directrice de la santé publique, Chaudière-Appalaches
- Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la construction (ASP-Construction)
- Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ)
- Association de la construction du Québec (ACQ)
- Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec (ACRGTQ)
- Association patronale des entreprises en construction du Québec (APECQ)
- Association des entrepreneurs en construction du Québec (AECQ)
- Fédération des travailleurs et travailleuses du Québec (FTQ-Construction)
- Confédération des syndicats nationaux (CSN-Construction)
- Centrale des syndicats démocratiques (CSD-Construction)
- Syndicat québécois de la construction (SQC)
- Conseil provincial du Québec des métiers de la construction (International)

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	<u>4</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DU CHANTIER	4
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	6
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	6
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	6
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>8</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	8
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	9
<u>4</u>	<u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u>	<u>10</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	10
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	16
4.2.1	CARACTÉRISTIQUES DU PYLÔNE N° 121 ET SERVITUDE DES CIRCUITS	16
4.2.2	AIRE DE TRAVAIL À LA BASE DE PYLÔNE N° 121	18
4.2.3	CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA CHAÎNE D'ISOLATEURS ET DES COMPOSANTES	19
4.2.4	ASSEMBLAGE DE LA CHAÎNE D'ISOLATEURS ET MÉTHODE DE TRAVAIL	27
4.2.5	ÉRAFLURES, ÉCAILLES DE PEINTURE ET FROTTEMENT	29
4.2.6	CONSTATATIONS PAR RAPPORT À LA GOUPILLE DU CINQUIÈME ISOLATEUR	31
4.2.7	DIRECTIVES D'ASSEMBLAGE	32
4.2.8	TEST FEU VERT/FEU ROUGE (GO/NO GO) NORME CSA C411, 1 :16 AC SUSPENSION INSULATORS	35
4.2.9	EXPÉRIMENTATION AU CENTRE DE FORMATION PROFESSIONNELLE EN MONTAGE DE LIGNES DE SAINT-HENRI	36
4.2.10	ENCADREMENT LÉGISLATIF	38
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	39
4.3.1	L'INSERTION INCOMPLÈTE DE LA GOUPILLE DE VERROUILLAGE DANS LA GENOUILLÈRE DU CINQUIÈME ISOLATEUR A PERMIS LE DÉCOUPLAGE DE LA CHAÎNE D'ISOLATEURS, ENTRE LE QUATRIÈME ET LE CINQUIÈME ISOLATEUR.	39
4.3.2	UNE PARTIE DE LA CHAÎNE D'ISOLATEURS BOULONNÉE À LA PREMIÈRE CONSOLE DU PYLÔNE CHUTE SUR LE TRAVAILLEUR, QUELQUES MINUTES APRÈS AVOIR ÉTÉ FIXÉE ET AU MOMENT OÙ IL EST PRÉSENT DANS LA ZONE D'IMPACT À LA BASE DE LA STRUCTURE D'ACIER.	40

<u>5</u>	<u>CONCLUSION</u>	<u>41</u>
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	41
5.2	SUIVIS DE L'ENQUÊTE	41
	ANNEXE A - ACCIDENTÉ	42
	ANNEXE B - RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43

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

Le 5 décembre 2024, vers 9 h 30, monsieur A (ci-après nommé travailleur 1) se dirige avec l'équipe de travail au pylône n° 121 afin de débiter leurs tâches. Une fois le matériel nécessaire réuni, l'assemblage des chaînes d'isolateurs s'entame au sol. Pour chacune des chaînes, une poulie de déroulage est boulonnée à sa base. Par la suite, l'une d'entre elles est levée pour être fixée à la première console du pylône. Alors qu'elle est en place de façon permanente, l'équipe positionne la seconde chaîne sous la première console et procède au second levage. En compagnie d'un collègue, le travailleur 1 exécute une tâche sous la poulie de déroulage. Au même moment, une partie de la chaîne d'isolateurs fixée à la première console chute sur le travailleur 1.

Conséquence

Le travailleur décède sur les lieux, aux environs de 11 h 35.



Figure 1 – Pylône n° 121
Secteur nord du chantier
QPL2W Appalaches-Maine – Sainte-Praxède
Source : CNESST

Libellé des causes

- L'insertion incomplète de la goupille de verrouillage dans la genouillère du cinquième isolateur a permis le découplage de la chaîne d'isolateurs, entre le quatrième et le cinquième isolateur.
- Une partie de la chaîne d'isolateurs boulonnée à la première console du pylône chute sur le travailleur, quelques minutes après avoir été fixée et au moment où il est présent dans la zone d'impact à la base de la structure d'acier.

Mesures correctives

Les interventions se sont déroulées sur plusieurs visites afin de recueillir et de valider de l'information auprès de l'employeur et du maître d'œuvre.

- Intervention du 5 décembre 2024 (RAP1493190 et RAP1494098)

Trois décisions ont été rendues :

1. Une interdiction d'accès au pylône n° 121 afin de préserver les lieux pour fin d'enquête.
2. Une interdiction d'utilisation de la corde de marque *Samson Super Strong* [REDACTED], des accessoires de gréage et levage en cause dans l'accident, de même que le treuil de marque *Braden Gearmatic* installé sur le chenillard de marque *Prinoth Panther T8*.
3. Une interdiction concernant l'assemblage des chaînes d'isolateurs au sol et de leur levage, de même que l'installation des câbles sur les poulies de déroulage.

Un avis de correction est également émis concernant le positionnement de la poulie de déroulage directement sur un sol gelé.

- Intervention du 9 décembre 2024 (RAP1494818)

La décision interdisant l'accès au pylône n° 121 est levée.

- Intervention du 19 décembre 2024 (RAP1494867)

1. La décision concernant l'interdiction d'utilisation de la corde de marque *Samson Super Strong* [REDACTED] est émise.
2. Un avis de correction est émis concernant la méthode d'assemblage des chaînes d'isolateurs au sol et de l'outillage utilisé au moment de l'accident puisqu'il n'est pas approprié pour insérer des goupilles dans les capots ayant des isolateurs en verre trempé et munis d'un antipollution.

- Intervention du 6 janvier 2025 (RAP1495822)

1. La décision concernant les travaux d'assemblage au sol des chaînes d'isolateurs et de leur levage, de même que l'installation des câbles sur les poulies de déroulage est levée.
2. L'avis de correction concernant le positionnement de la poulie de déroulage sur un sol gelé est effectué.
3. L'avis de correction du 19 décembre 2024 concernant la méthode d'assemblage des chaînes d'isolateurs au sol et de leur validation est effectué.

- Intervention du 22 janvier 2025 (RAP1497314)

Visite à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ). Test d'homologation sur des isolateurs selon la norme CSA C411.1.

➤ Intervention du 27 janvier 2025 (RAP1498431)

Première cueillette d'informations et observations lors de l'assemblage d'une chaîne d'isolateurs au sol et de son levage au sommet des consoles des pylônes à l'aide de l'assiette de levage impliquée dans l'accident.

➤ Intervention du 26 février 2025 (RAP1502443)

1. Deuxième cueillette d'informations et observations lors de l'assemblage d'une chaîne d'isolateurs au sol et de son levage au sommet des consoles des pylônes à l'aide de l'assiette de levage impliquée dans l'accident.
2. Levée de la décision concernant l'utilisation d'accessoires de levage, notamment le treuil de marque *Braden Gearmatic* installé sur le chenillard de marque *Prinoth Panther T8*, à la suite de l'inspection mécanique.
3. La décision concernant l'interdiction d'utilisation de la corde de marque *Samson Super Strong* [REDACTED] est désormais permanente (RAP1502443)

➤ Intervention du 13 mars 2025 (RAP1503890)

Troisième cueillette d'informations et observations lors de l'assemblage d'une chaîne d'isolateurs au sol et de son levage au sommet des consoles des pylônes à l'aide de l'assiette de levage impliquée dans l'accident.

SECTION 2

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Structure générale du chantier

Le Groupe Hydro-Québec GISE (ci-après nommé Hydro-Québec), à titre de propriétaire et maître d'œuvre, mandate le Groupe infrastructure et système énergétique pour agir à titre de représentant du maître d'œuvre et de réaliser les travaux qui lui sont confiés. Au chantier de construction QPL2W Appalaches-Maine, le responsable chantier 1 (figure 2) de la Direction principale – Projets de transport, de construction et distribution (DPPTCD) a la responsabilité de l'organisation des travaux et de la prévention. La durée de ceux-ci doit s'échelonner sur une période de deux ans.

Il s'agit d'un chantier de construction d'une ligne à courant continu de 320 kilovolts (kV) (circuit 432) d'une longueur approximative de 100 km. Le projet compte 322 pylônes en structure d'acier ayant une portée moyenne de 325 m. Le présent chantier est séparé en deux contrats, soit un pour le secteur nord et un pour le secteur sud. Le secteur nord couvre Saint-Adrien-d'Irlande (pylône n° 1) jusqu'à Stratford (pylône n° 152). Le secteur sud englobe Stratford (pylône n° 152) et se termine près de Keene Siding, à la frontière des États-Unis (pylône n° 322). L'entrepreneur GLR inc. réalise l'ensemble des travaux.

Hydro-Québec est propriétaire des équipements permanents, notamment les structures d'acier (pylônes), les isolateurs, les câbles de transport d'énergie, la quincaillerie, etc., servant à l'assemblage des éléments. L'entreprise GLR inc. est propriétaire des équipements temporaires nécessaires à la réalisation des travaux, notamment les poulies de déroulage des câbles de transport d'énergie, les engins de chantier, etc. GLR inc. est également responsable de l'ouverture des voies d'accès aux sites, ainsi qu'à leur entretien. Ci-dessous sont présentés l'organigramme du maître d'œuvre du chantier de construction (figure 2) et celui de GLR inc. (figure 3).



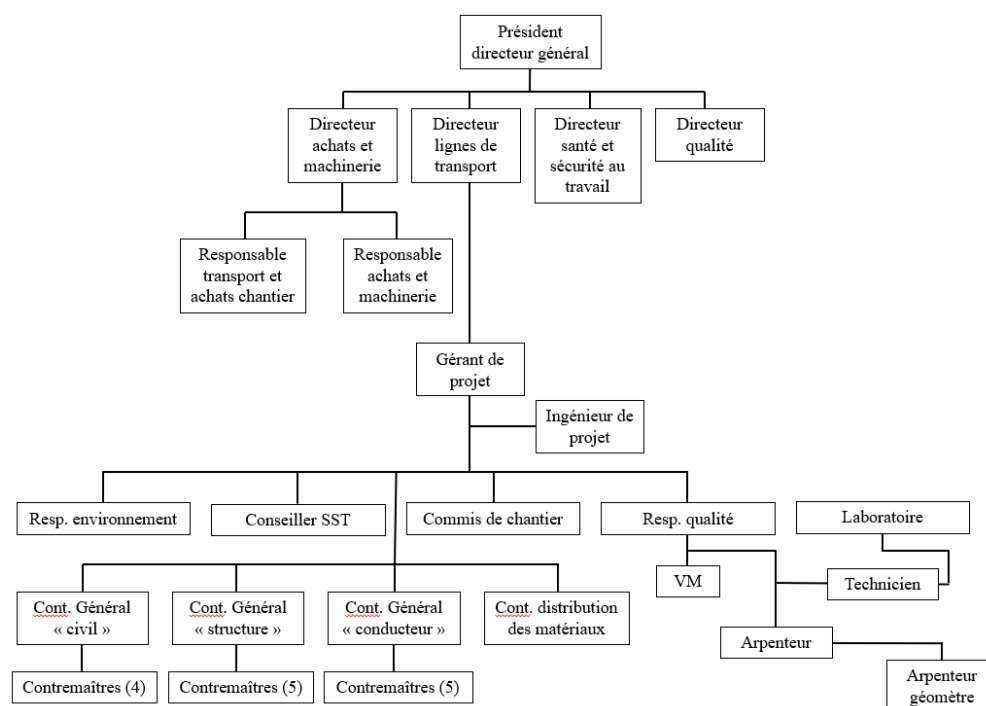


Fig. 3 – Organigramme de GLR inc.
Chantier QPL2W Appalaches-Maine
Source : GLR inc., modifiée par la CNESST

Hydro-Québec fait partie du cinquième groupe prioritaire et dont le secteur d'activité économique est *Communications, transport d'énergie et autres services publics*. La société d'État ne compte aucun travailleur de la construction.

L'entrepreneur GLR inc. fait partie du premier groupe prioritaire dont le secteur d'activité économique est *Bâtiment et travaux publics*. Les travailleurs proviennent du secteur de la construction et ils sont syndiqués.

Selon l'échéancier prévu par Hydro-Québec, la courbe de prévision d'effectifs en période de pointe va atteindre un maximum de près de 360 travailleurs, selon la nature et de la planification des travaux. Le 5 décembre 2024, le chantier compte 115 travailleurs, soit [] pour le secteur sud et [] pour le secteur nord.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Un représentant en santé et sécurité (RSS) à temps plein, ainsi qu'un comité de chantier sont présents. Les participants se rencontrent aux deux semaines lorsque moins de 100 travailleurs sont présents. Au-delà de 100 travailleurs, le comité se réunit hebdomadairement. Il est paritaire, et produit et affiche un compte rendu pour les travailleurs. Les sections trois et quatre du chapitre 11 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) [L.R.Q., c. S-2.1] s'appliquant au chantier de construction sont ainsi respectées. Il en est de même pour le *Règlement sur les mécanismes de prévention propres à un chantier de construction* (RMPPCC) [chapitre S-2.1, r. 8.2]. Une pause santé et sécurité du travail est également prévue avec les travailleurs. Celle-ci est animée par le conseiller SST de GLR inc. Le RSS et un coordonnateur en santé et sécurité (CoSS) y sont également présents.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Le chef de projet ou le chef des travaux est le principal responsable du chantier. Ce dernier, avec la participation de son équipe de gestion, s'assurent de l'application du programme de prévention-cadre du maître d'œuvre (PPMO). Le représentant chantier 1 (figure 2) de la DPPTCD a la responsabilité de la mise en œuvre de l'organisation et de la prévention prévues au PPMO. Le conseiller sécurité d'Hydro-Québec agit à titre de CoSS. Les sections 2 et 4.1 du chapitre 11 de la LSST sont ainsi respectées.

Comme fournisseur de service, l'entrepreneur GLR inc. s'engage par écrit à respecter le PPMO. De plus, il doit présenter au maître d'œuvre un programme de prévention spécifique aux travaux à effectuer. Au besoin, l'entreprise doit apporter les modifications demandées par le maître d'œuvre à son programme de prévention et ce, dans les délais prescrits. Pour ce faire, le CoSS et le responsable chantier 1 (figure 2) complète une *fiche d'analyse – programme de prévention entrepreneur* à laquelle 40 points doivent être validés. Le fournisseur de service a, sur les lieux, un conseiller en santé et sécurité du travail. Ce dernier travaille en tandem avec le ou les CoSS.

La gestion de la santé et sécurité du travail au chantier s'exécute selon les points suivants :

1. Rencontres de début de quart (RDQ)

Ces rencontres quotidiennes ont lieu avant le début du travail et consistent à faire une rétroaction sur la journée précédente (événements santé et sécurité survenus, problèmes rencontrés, etc.) et discuter des activités de la journée à venir.

2. Analyses sécuritaires de tâches (AST)

Toute personne sur le chantier de construction est tenue de procéder à une AST quotidiennement, à pied d'œuvre et ce, avant de débiter chaque quart de travail, de même qu'à la suite d'une modification des tâches à effectuer, de l'environnement de travail, des conditions météorologiques et des équipements utilisés.

3. Déclaration des événements accidentels et situations dangereuses

Il s'agit de déclarer au maître d'œuvre tout événement accidentel et toute situation dangereuse ainsi que les mesures correctives mises en place afin d'éviter qu'un événement ou une situation dangereuse ne survienne ou qu'il se répète.

4. Accueils SST généraux et spécifiques

Tout travailleur, contremaître, visiteur et camionneur/livreur devant accéder au chantier de construction doit suivre les séances d'accueils SST qui lui sont applicables.

5. Pause santé et sécurité

Le fournisseur GLR inc. doit convoquer une pause santé et sécurité à l'intention de ses travailleurs et ce, à chaque deux semaines. Celle-ci se veut un lien entre le comité et les travailleurs.

Dans le PPMO, des audits de gestion de la santé et sécurité du travail peuvent être effectués. Le maître d'œuvre peut également mettre en application des plans d'action visant à réduire les événements accidentels. À cet effet, des mesures de surveillance sont mises en place, telles que l'inspection des lieux de travail et des équipements de contrôle (détecteur de gaz, sonomètre et autres équipements spécifiés au PPMO).

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

Le pylône n° 121 est situé sur le corridor énergétique préexistant de la ligne électrique n° 1474 de 120 kV, qui se trouve à l'est de celle-ci. Pour se diriger sur le site, l'équipe de travail doit emprunter, avec leurs véhicules, un chemin de service de ce corridor. Il y a deux points d'accès possibles, soit par le 11^e rang (accès chantier HQ BA 117) ou par la route du 3^e rang (accès chantier HQ BA 127). Ce dernier constitue l'accès principal pour se rendre au pylône n° 121. La distance à parcourir entre les deux points est d'environ deux kilomètres. Les coordonnées géographiques du lieu de l'accident sont : latitude 46° 52'28.8''N, longitude 71° 18'16.6''O (figure 4).

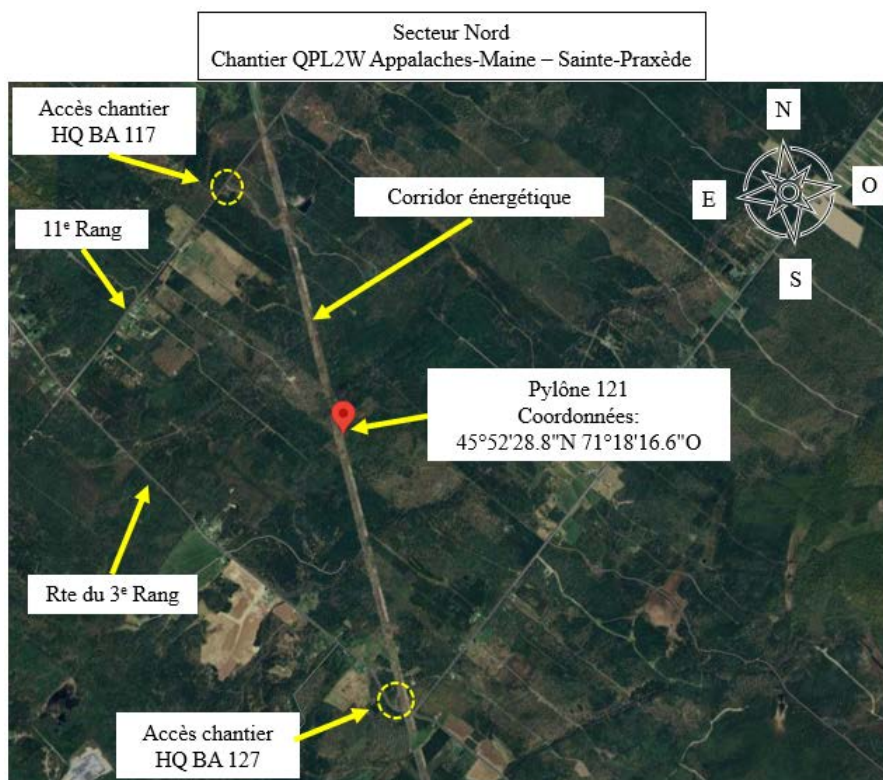


Fig. 4 – Localisation du pylône n° 121
Secteur nord du chantier QPL2W Appalaches-Maine – Sainte-Praxède
Source : Google Maps, modifié par la CNESST

Le matin du 5 décembre 2024 entre 10 h et 11 h, la station météorologique d'Environnement et ressources naturelles Canada située à Thetford Mines, indique que la température oscille entre - 3 °C et -2 °C. Il s'agit d'une journée ennuagée. Le vent souffle en direction ouest-nord-ouest, entre trois et cinq km/h. Selon l'échelle de Beaufort du même ministère fédéral, le vent est catégorisé entre petite brise à bonne brise durant cette heure. Le refroidissement éolien est de - 4 °C. Localement, aucun événement météo (vent fort, bourrasque de neige, rafale de vent, averse de neige, etc.) n'est signalé sur le site. La vitesse du vent, au sommet du pylône n° 121 est inconnue au moment de l'accident.

3.2 Description du travail à effectuer

La journée de l'accident, la tâche de l'équipe de travail consiste à assembler, au sol, des chaînes d'isolateurs en « I ». Par la suite, les poulies de déroulage sont fixées à leur base. Préalablement au levage définitif de l'ensemble, deux travailleurs entrent dans la zone d'impact. Ils doivent positionner une câblette jaune dans une rainure en « V », au pourtour et au centre de la poulie de déroulage. À la base de cette dernière, une jonction est réalisée avec du ruban adhésif noir (figure 5). Les équipements hissés aux consoles des pylônes n° 123 à n° 120 sont boulonnés aux structures et ce, de façon permanente.

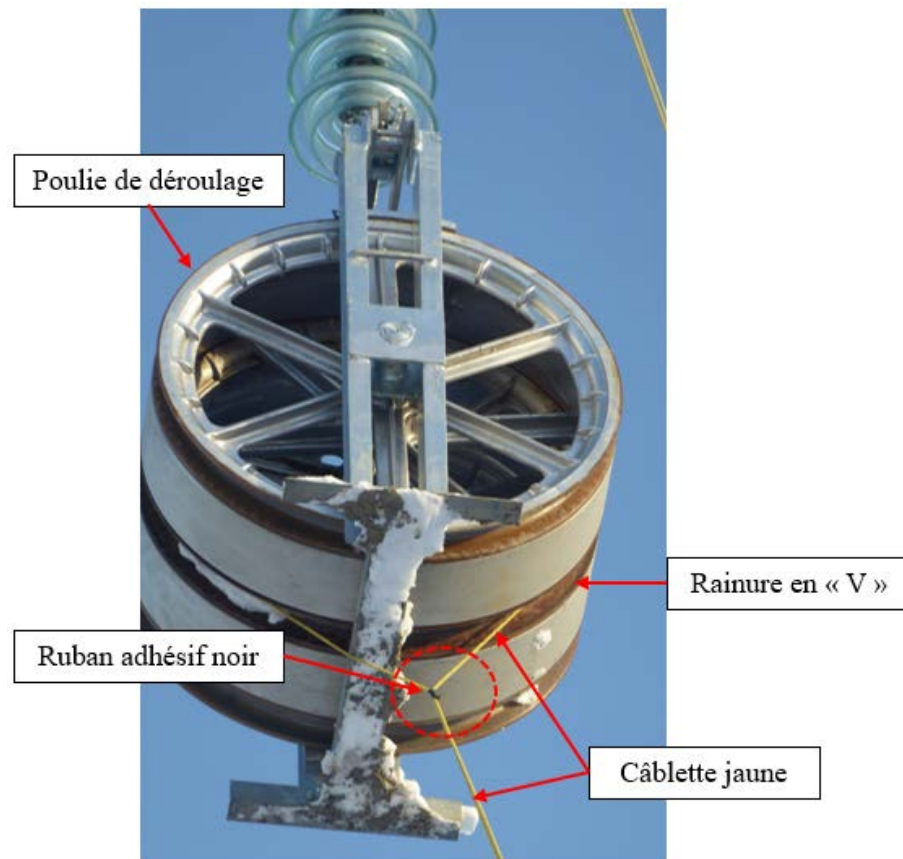


Fig. 5 – Installation de la câblette jaune sous la poulie de déroulage

Source : CNESST

SECTION 4

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Vers 6 h 00, le 5 décembre 2024, à la suite de la rencontre quotidienne tenue avec les [REDACTED] aux installations de GLR inc. situées à Disraeli, l'équipe de travail se dirige avec leurs véhicules de service au pylône n° 123. Pour y accéder, ils empruntent l'entrée HQ BA 127 (figure 4) de la route du 3^e rang. À leur arrivée sur les lieux, vers 7 h, monsieur B [REDACTED] (ci-après nommé la personne en autorité 1) réunit son équipe de travail qui est composée des personnes suivantes : le travailleur 1, messieurs C [REDACTED] (ci-après nommé travailleur 2), D [REDACTED] (ci-après nommé travailleur 3) et E [REDACTED] (ci-après nommé travailleur 4) afin d'effectuer l'AST. Entre 7 h et 9 h environ, les chaînes d'isolateurs en « I » ainsi que leur poulie de déroulage sont boulonnées aux consoles des pylônes n° 122 et n° 123.

Vers 9 h 15, après avoir pris une pause d'une durée approximative de 15 minutes au pylône n° 122, l'équipe se déplace avec leurs véhicules en direction du pylône n° 121. Vers 9 h 30, ils arrivent sur les lieux. Selon la personne en autorité 1, l'aire de travail est mise en place; le cartable de l'AST est accessible à tous et le panneau d'affichage des dangers critiques est installé. Par la suite, la personne en autorité 1 délimite la zone d'impact au pourtour de la structure d'acier (figure 6) et les travaux débutent approximativement au même moment. Le matériel nécessaire à la tâche est sorti des véhicules par les travailleurs. Le travailleur 4 se prépare à l'ascension du pylône et revêt ses équipements de protection individuels (ÉPI). Le travailleur 3 conduit le chenillard et va chercher les boîtes d'isolateurs entreposées du côté sud-est du pylône n° 121, tout au fond de l'aire de travail (figure 6). Il est accompagné du travailleur 1. Une fois que le matériel est dans le véhicule, ils se dirigent vers la base sud-ouest de la structure. Sur place, les travailleurs 1, 2 et 3 déposent les caisses d'isolateurs à proximité des poulies de déroulage où l'axe nord-sud, au centre de la tour du côté ouest (figure 6).

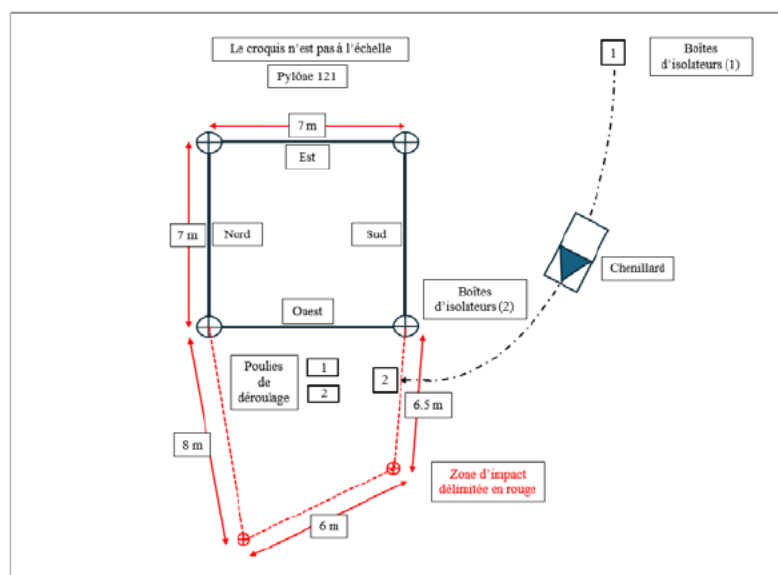


Fig. 6 – Aire de travail pylône n° 121
Source : CNESST

Vers 9 h 45, les travailleurs 1 et 2 déposent une partie des boîtes d'isolateurs vers la base sud-ouest du pylône (figure 7, chaîne d'isolateurs 1) et l'autre partie, du côté ouest des poulies de déroulage (figure 7, chaîne d'isolateurs 2). Le travailleur 4 fait l'ascension du pylône n° 121 jusqu'à la deuxième console pour y fixer les équipements servant au levage (figure 11). Le travailleur 3 opère le chenillard qui est positionné du côté sud du pylône et aligné vers sa base sud-ouest. La personne en autorité 1 les assiste. Les travailleurs 1, 2 et 3 assemblent les chaînes d'isolateurs au sol. Au préalable, ils utilisent des boîtes de bois démontées et s'en servent comme tapis de montage. Les travailleurs 1 et 3 assemblent la chaîne d'isolateurs à proximité de la base sud-ouest de la structure, tandis que le travailleur 2 assemble celle qui se situe près de la poulie de déroulage 2, vers le centre ouest de cette même structure (figure 7). L'assemblage de la première chaîne étant terminé, le travailleur 3 se dirige vers le travailleur 2 pour l'aider, tandis que le travailleur 1 exécute d'autres tâches. Pour que le montage soit solidaire dans son ensemble, une goupille, préinstallée en usine dans chaque genouillère d'isolateur (figure 8, image C) est enfoncée par les travailleurs à l'aide d'outils qui sont à leur disposition.

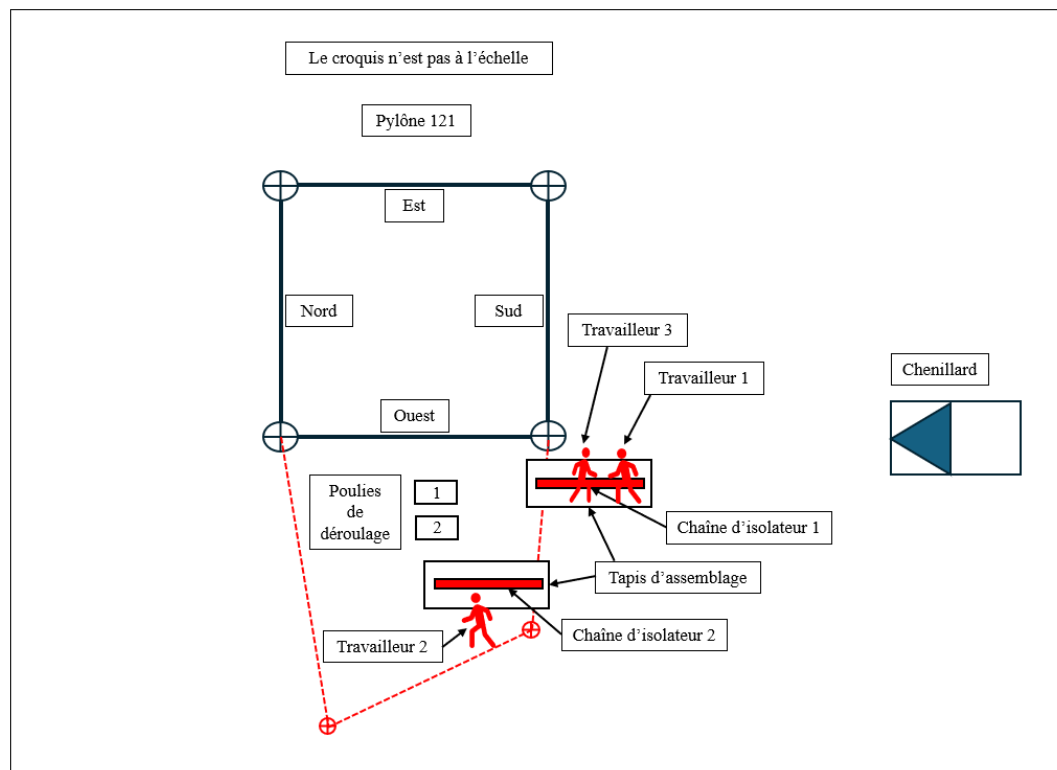


Fig. 7 – Assemblage des chaînes d'isolateurs au sol
Source : CNESST

Lorsque la chaîne d'isolateurs est assemblée, les travailleurs installent la quincaillerie servant à relier sa base et sa partie supérieure aux poulies de déroulage, pour ensuite fixer le tout aux consoles du pylône n° 121. Selon la personne en autorité 1 et le travailleur 2, le levage de la chaîne d'isolateurs ainsi que la poulie de déroulage les plus près de la structure sont priorisées. Ainsi, selon ce scénario, la base de la chaîne d'isolateurs 1 est boulonnée à la poulie de déroulage 1 (figure 7). Pour exécuter cette tâche, la personne en autorité 1 installe l'assiette de levage vis-à-vis le cinquième isolateur en verre trempé de la chaîne d'isolateurs au sol (figure 8, image B). Les têtes des goupilles et le dossierer de l'assiette de levage pointent vers le haut. La corde *Samson* servant au levage de l'ensemble est attachée à une manille qui est boulonnée à la partie supérieure du dossierer de l'assiette de levage (figure 8, image B). Une corde de guidage est reliée à un mousqueton qui est positionné au même niveau que la manille (figure 8, image B). La corde *Samson* passe par une poulie fixée à la pointe de la deuxième console du pylône. Cette dernière est reliée au treuil fixé à l'avant du chenillard.

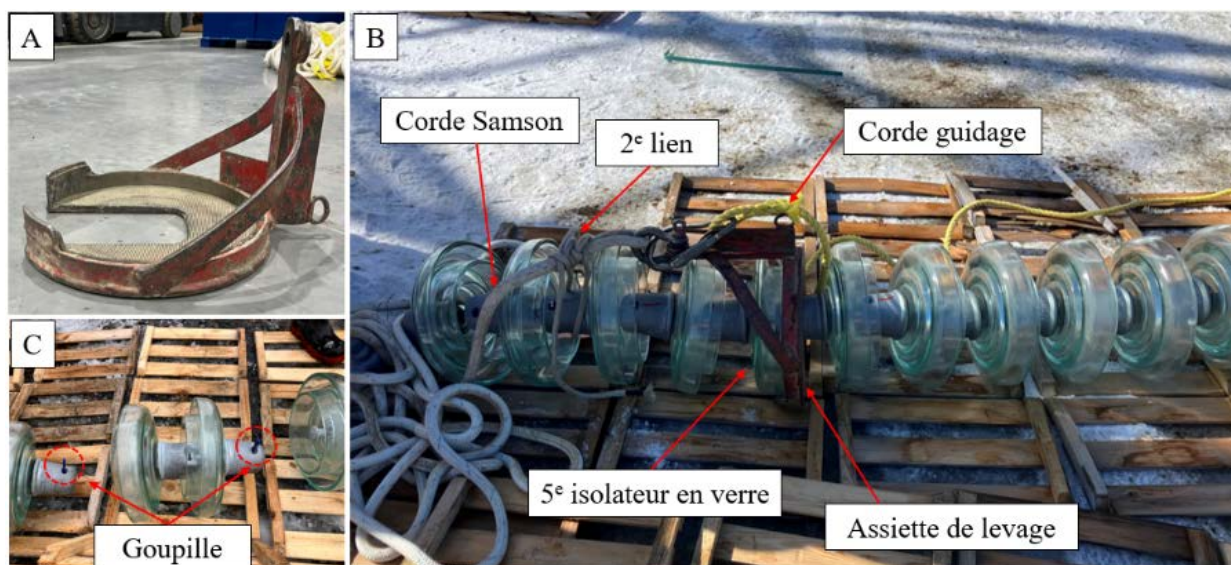


Fig. 8 – Assemblage de la chaîne d'isolateurs et composantes

Source : CNESST

À cette étape-ci, la chaîne d'isolateurs est levée pour être fixée à la poulie de déroulage. Les travailleurs 1 et 2 exécutent ces tâches (figure 9). Le travailleur 3 opère le chenillard et suit les directives de levage de ses collègues. La personne en autorité 1 oriente la chaîne d'isolateurs 1 avec la corde de guidage jusqu'à son emplacement, au-dessus de la poulie de déroulage 1. Pendant ce temps, le travailleur 4 se positionne sur la première console de la structure.

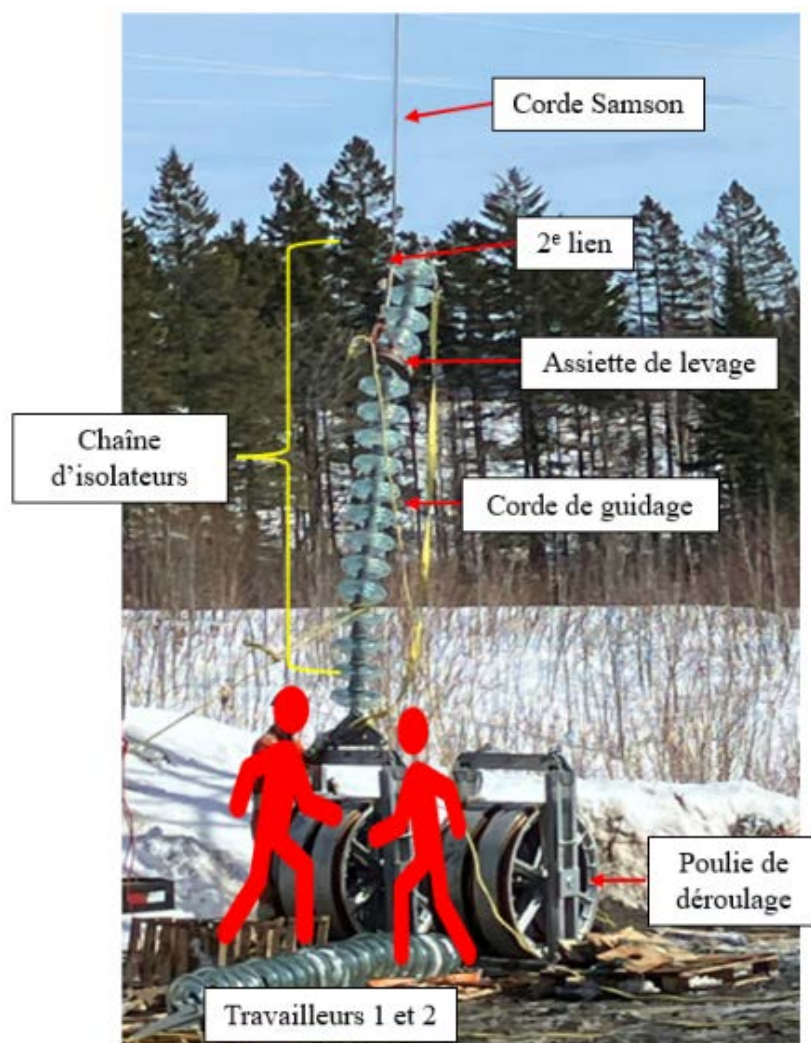


Fig. 9 – Boulonnage de la chaîne d'isolateurs
à la poulie de déroulage
Source : CNESST

Lorsque la base de la chaîne d'isolateurs 1 est boulonnée à la poulie de déroulage 1, cette dernière est levée à une hauteur permettant aux travailleurs de réaliser la jonction de la câblette jaune sous celle-ci (figure 10), soit à environ 1,5 m par rapport au sol. Pendant ce temps, pour finaliser le levage, la personne en autorité 1 oriente la corde de guidage afin de faire un nœud de freinage à la manille qui est fixée sur le pare-chocs du chenillard.

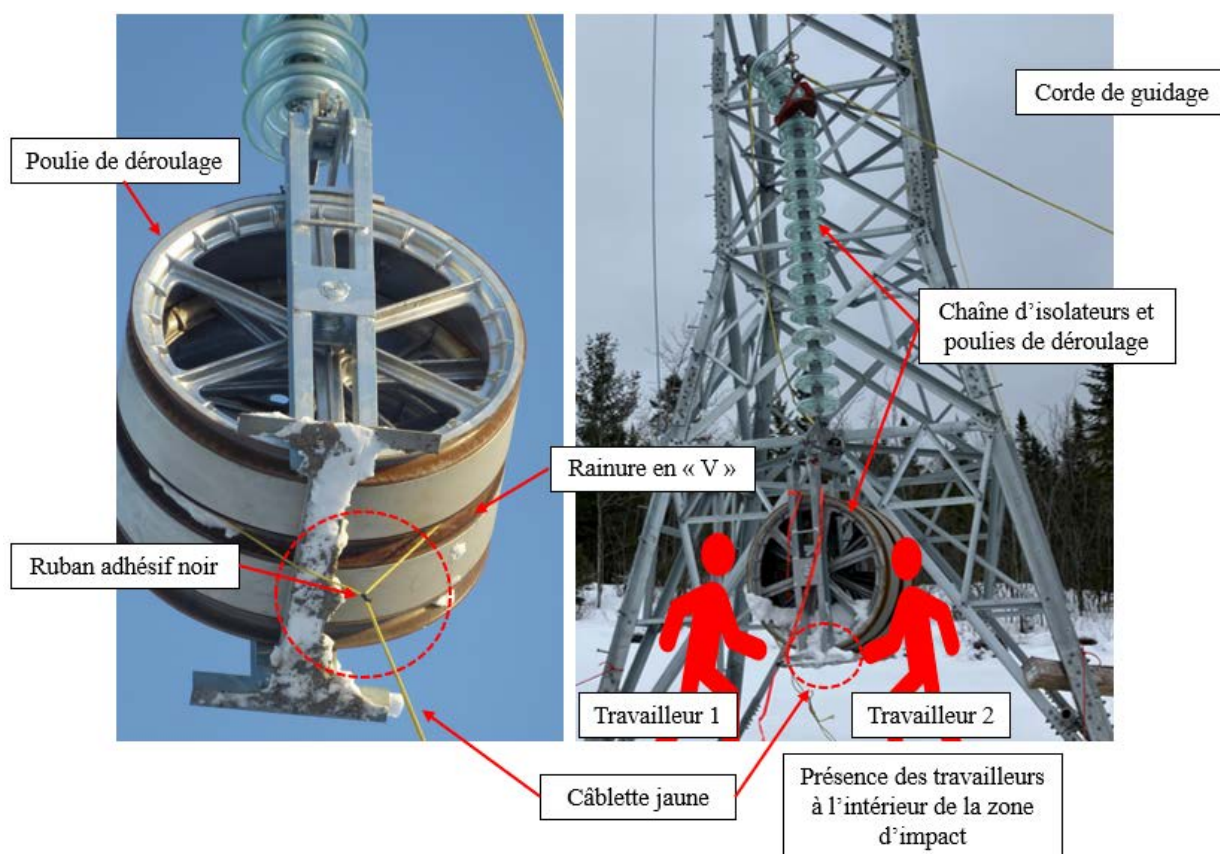


Fig. 10 – Jonction de la câblette jaune sous la poulie de déroulage
Source : CNESST

Lorsque cette tâche est accomplie, la chaîne d'isolateurs 1 est hissée jusqu'à la première console du pylône pour y être boulonnée par le travailleur 4 (figures 11 et 12, image A). Pendant ce temps, les travailleurs sont absents de la zone d'impact. Une fois le boulonnage terminé, le travailleur 4 indique au travailleur 3, qui se trouve dans le chenillard, de réduire la tension de la chaîne d'isolateurs 1 afin de relâcher l'assiette de levage du cinquième isolateur (figure 12, image B). Cela permet à la personne en autorité 1 de retirer d'un coup l'assiette de levage pour la ramener au sol (figure 12, image C). La figure 12, image D présente l'ensemble dans sa position finale.

Cette étape, soit l'installation de la chaîne d'isolateurs à l'extrémité de la première console du pylône, ainsi que son boulonnage, est maintenant complétée et considérée, par GLR inc. et Hydro-Québec, comme faisant partie intégrante de la structure. La finalité d'une chaîne d'isolateurs est de soutenir les conducteurs destinés au transport de l'énergie pendant toute la durée de sa vie utile.

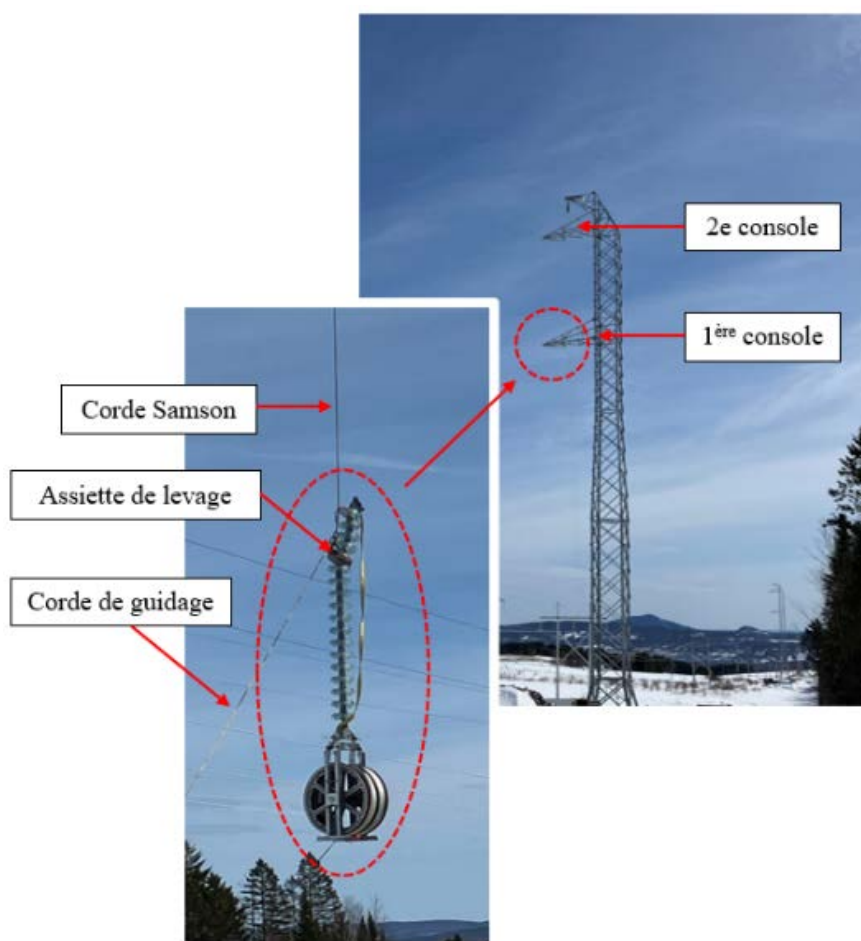


Fig. 11 – Levage de la chaîne d'isolateurs et de la poulie de déroulage

Source : CNESST



Fig. 12 – Boulonnage de l'ensemble à la 1^{ère} console d'un pylône du même type que le n° 121

Source : CNESST

Ensuite, la deuxième chaîne d'isolateurs est hissée afin de boulonner sa base à la poulie de déroulage 2. Cette tâche est réalisée par les travailleurs 1 et 2, dans la zone d'impact, sous la première console. Lorsqu'ils ont terminé, les travailleurs se positionnent afin de passer la câblette jaune dans la rainure en « V » et réaliser la jonction avec le ruban adhésif noir sous la poulie de

déroutage (figure 13, image A). La base de la poulie de déroulage 2 est à une hauteur approximative de 1,5 m du sol. Le travailleur 1 réalise la jonction avec le ruban noir, tandis que le travailleur 2 maintient les bouts de la câblette ensemble. Pendant ce temps, les autres travailleurs, ainsi que la personne en autorité 1, exécutent d'autres tâches.

Environ cinq minutes plus tard, la chaîne d'isolateurs 1 se désolidarise à la hauteur du quatrième isolateur de la première console (figure 13, image B) et un bruit se fait entendre par le travailleur 2. Ce dernier pousse un cri et fuit aussitôt vers l'intérieur du pylône. L'ensemble chute, accroche au passage les deux premiers isolateurs en verre trempé de la chaîne d'isolateurs 2 et frappe simultanément le dessus de la poulie de déroulage 2, ainsi que le travailleur 1 (figure 13, image C). Un appel au 911 est logé à 10 h 38, ce qui laisse présumer que l'événement s'est produit vers 10 h 30.

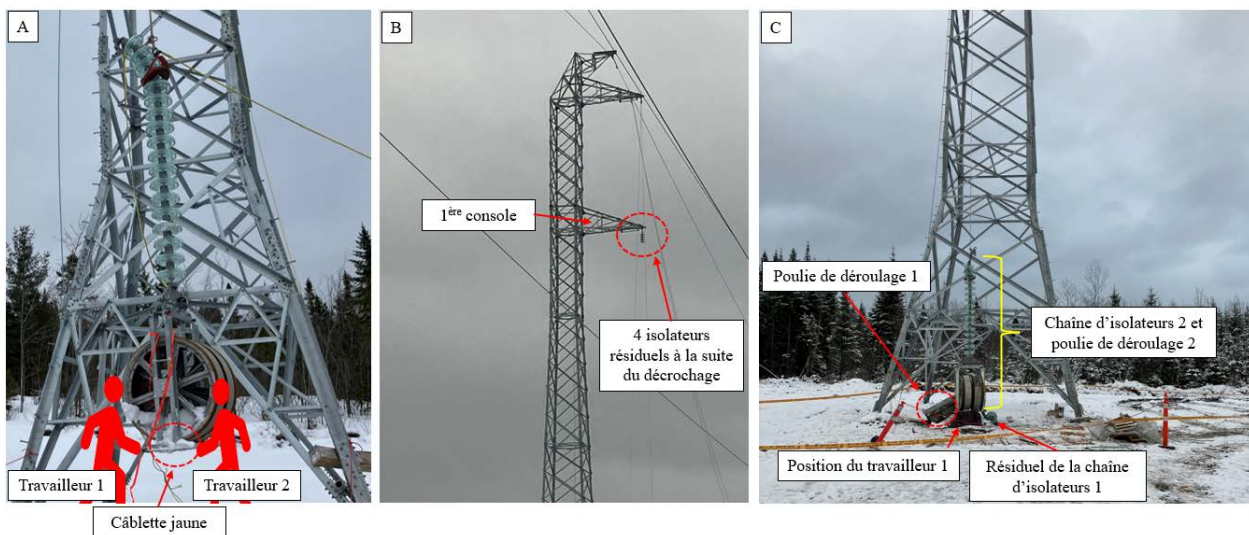


Fig. 13 – Séquence de l'accident
Source : CNESST

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Caractéristiques du pylône n° 121 et servitude des circuits

Il s'agit d'une nouvelle famille de pylônes à armement vertical conçue spécifiquement pour ce projet¹. Les conducteurs sont situés d'un seul côté afin de réduire la largeur d'emprise à déboiser (figure 15). Les pylônes sont constitués de treillis en acier autoportants dont la hauteur peut varier entre 29,7 m et 49,7 m. Le pylône n° 121 a une hauteur approximative de 50 m. La première console se situe à environ 37 m du sol, tandis que la deuxième console est à environ à 47 m du sol. L'empattement de la structure mesure approximativement 6 m (figure 14, image A).

¹ Demande relative à la construction d'une ligne à 320 kV et à l'installation d'un équipement au poste des Appalaches – R-4112-2019, 25 pages, Hydro-Québec TransÉnergie, page 11

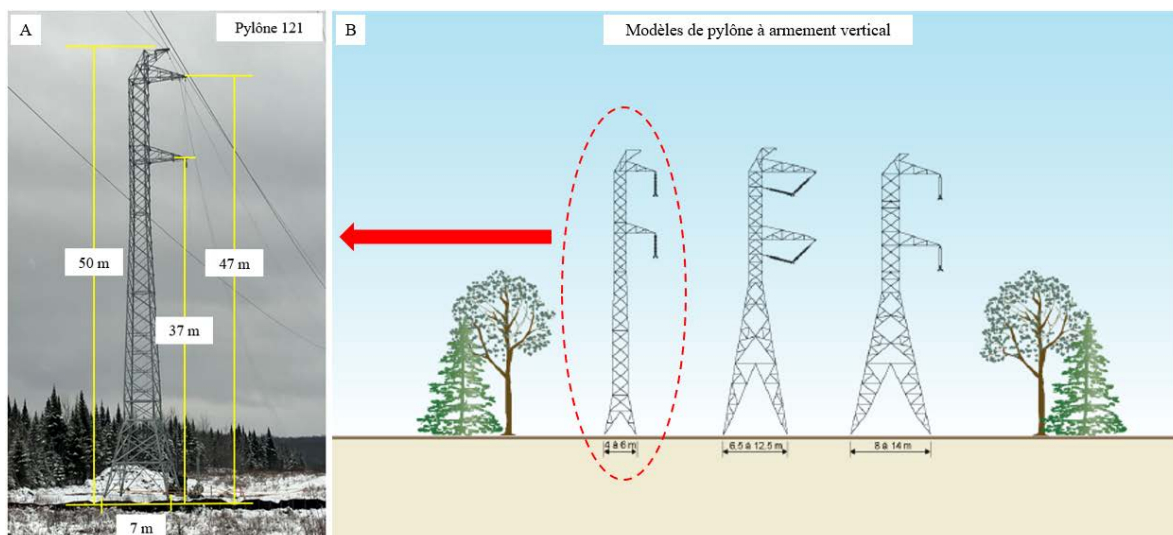


Fig. 14 – Pylône n° 121
Source : CNESST, Hydro-Québec, modifiée par la CNESST

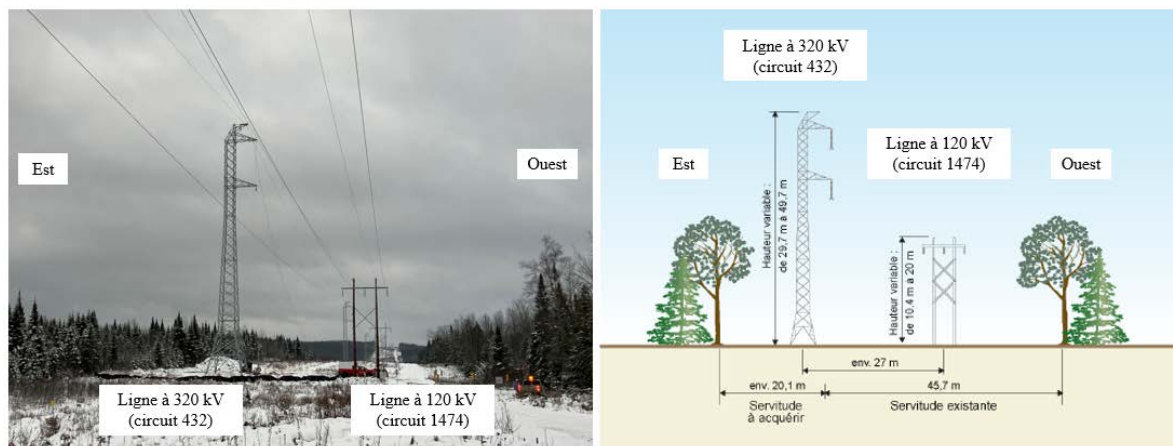


Fig. 15 – Servitude : circuits n° 432 et n° 1474
Source : CNESST, Hydro-Québec, modifiée par la CNESST

4.2.2 Aire de travail à la base de pylône n° 121

La configuration de l'aire de travail au pylône n° 121, la journée de l'accident, est schématisée selon ce qui a été constaté. À noter que dans la figure 16, le positionnement du matériel et des véhicules n'est pas à l'échelle, mais les mesures sont exactes. La zone d'impact présente une forme irrégulière (8 m X 6 m X 6,5 m). La poulie de déroulage 1 est située à 3,5 m de l'axe nord-sud de la base du pylône, puis à 2,7 m de sa patte sud-ouest. Le tapis d'assemblage de la première chaîne d'isolateurs est positionné à 25 cm de la patte sud-ouest du pylône, tandis que celui de la deuxième chaîne se situe à 5 m de l'axe nord-sud de la base du pylône. La camionnette de service de l'entreprise GLR inc. est stationnée sous le circuit n° 1474 du côté nord-ouest du pylône (figure 16). Le chenillard est positionné du côté sud-ouest de la structure (figure 16). L'autre camionnette de service est absente de la figure 16.

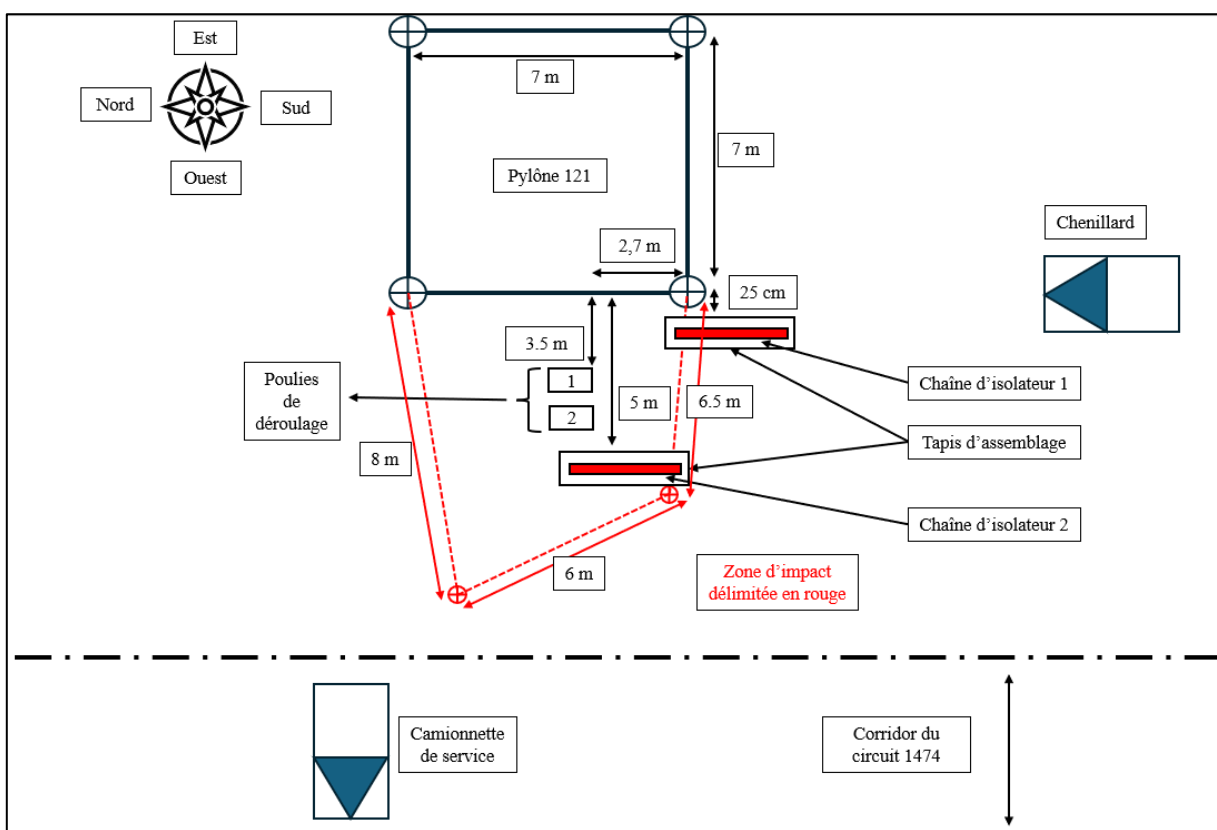


Fig. 16 – Aire de travail au pylône n° 121

Source : CNESST

4.2.3 Caractéristiques techniques de la chaîne d'isolateurs et des composantes

4.2.3.1 Quincaillerie

Les éléments pour assembler une chaîne d'isolateurs à la poulie de déroulage, puis à la pointe de la console du pylône sont présentés à la figure 17. Lors du montage de la chaîne d'isolateurs sur le tapis de montage, les travailleurs installent ces composantes aux extrémités de la chaîne d'isolateurs. D'abord, la genouillère à chape est fixée à la rotule du dernier isolateur de la chaîne (figure 17, image B et G). Ensuite, le palonnier triangulaire est boulonné à la genouillère à chape (figure 17, images A, B et G). Au sommet de la chaîne d'isolateurs, la rotule à œil est insérée dans le logement de rotule du premier isolateur, puis la manille en « U » s'insère dans l'œil. Le tenon à œil est ensuite jumelé à la manille (figure 17, images D, E, F et H). L'œillet du tenon à œil (figure 17, image F) est boulonné par le travailleur, à l'espace prévu qui se trouve à la pointe de la console du pylône (figure 18).

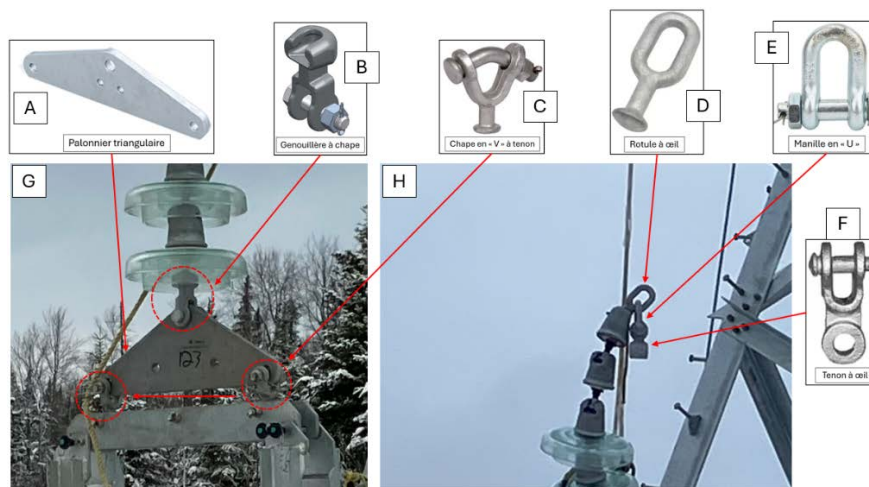


Fig. 17 – Quincaillerie utilisée
Source : CNESST

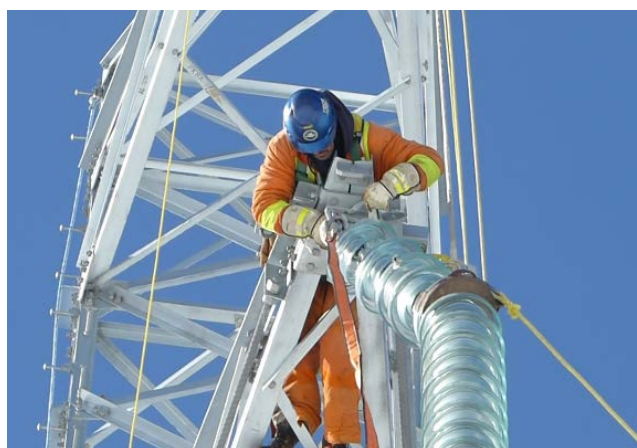


Fig. 18 – Boulonnage de la chaîne d'isolateurs
à la pointe de la console d'un pylône
Source : CNESST

4.2.3.2 Isolateur en verre trempé muni d'un antipollution

Le nombre d'isolateurs en verre trempé du fabricant Sediver pour le chantier de construction QPL2W Appalaches-Maine totalise 13 896 unités. Selon F [REDACTED], ils sont répartis selon les types de chaînes et ce, de la façon suivante :

- 466 chaînes en suspension simple;
- 72 chaînes en suspension double;
- 234 chaînes de bretelles de continuité.

Monsieur G [REDACTED], [REDACTED], Sediver (ci-après nommée personne en autorité du fabricant) mentionne que l'utilisation d'isolateurs en verre trempé munis d'un profil antipollution sont utilisés en tenant compte de deux critères. D'une part, ils doivent être utilisés dans des environnements où la contamination atmosphérique peut compromettre la performance et la fiabilité du réseau électrique, notamment à proximité des villes ou des routes. D'autre part, la norme CSA C1325 impose l'utilisation exclusive d'isolateurs ayant ce profil, car leur champ magnétique attire la contamination atmosphérique vers les isolateurs, ce qui nécessite ce type de conception pour limiter l'impact de l'accumulation de contaminants. Ces informations sont confirmées par F [REDACTED]. De plus, la ligne de transport d'énergie est à courant continu.

Le modèle d'isolateur utilisé est SEDIVER N 220 P/C 171 DR 220 kN à courant continu. Son diamètre extérieur est de 330 mm, sa hauteur est de 220 mm et son poids est estimé à 10,5 kg. Les éléments constituant cet isolateur sont présentés aux figures 19 et 20.

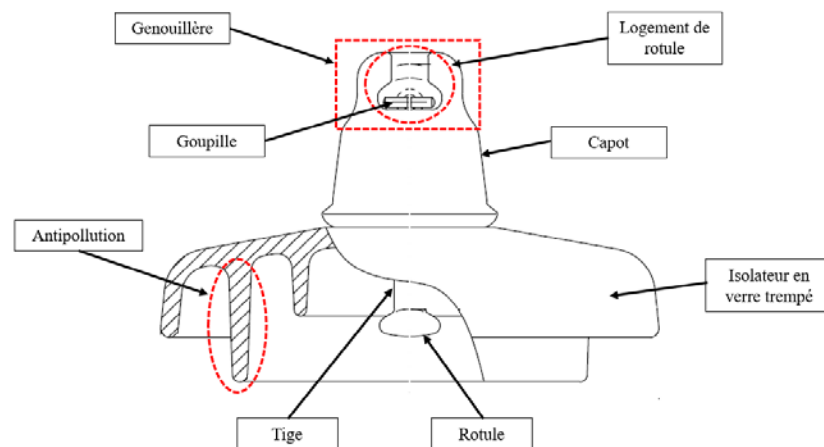


Fig. 19 – Composantes d'un isolateur à courant continu
Source : Sediver, modifié par la CNESST

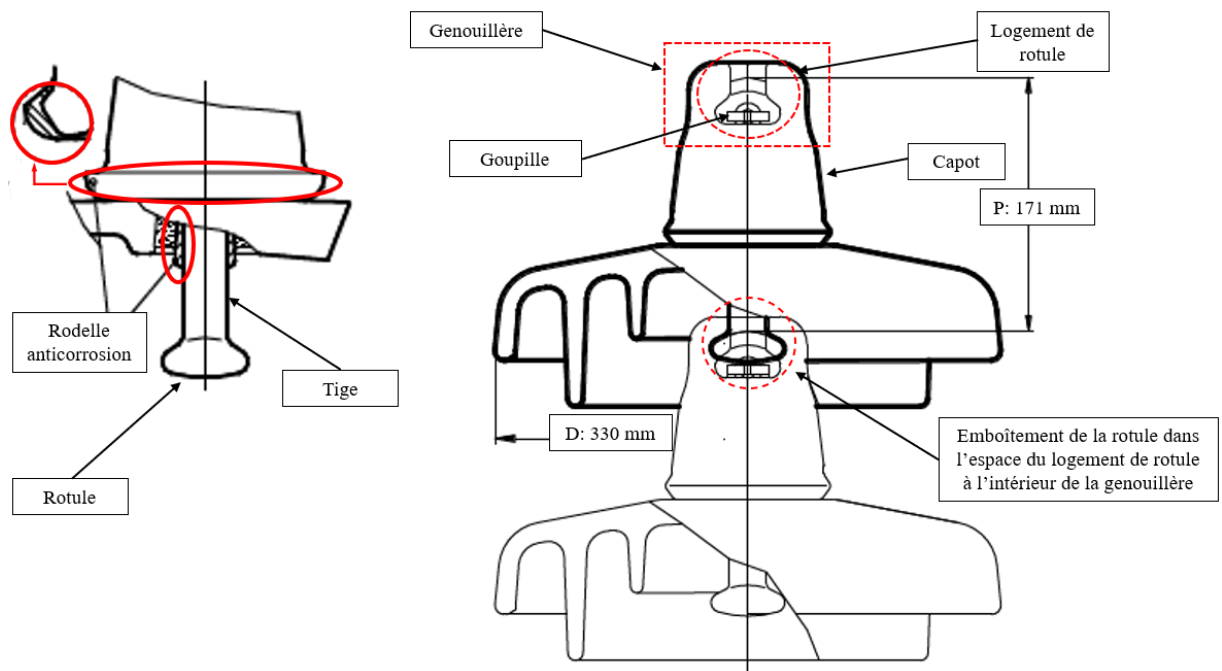


Fig. 20 – Assemblage d'un isolateur à courant continu
Source : Sediver, modifié par la CNESST

Les caractéristiques du logement de rotule à l'intérieur de la genouillère sont présentées à la figure 21. L'image A présente les dimensions de l'entrée du logement de rotule. L'image B montre la partie de la chambre, à l'intérieur de la genouillère. Il s'agit de l'espace où la rotule prend position définitivement une fois celle-ci dans le logement de rotule de la genouillère. L'image C illustre le chemin que prend la tige de la rotule dans la genouillère. Les mesures indiquées sont approximatives.

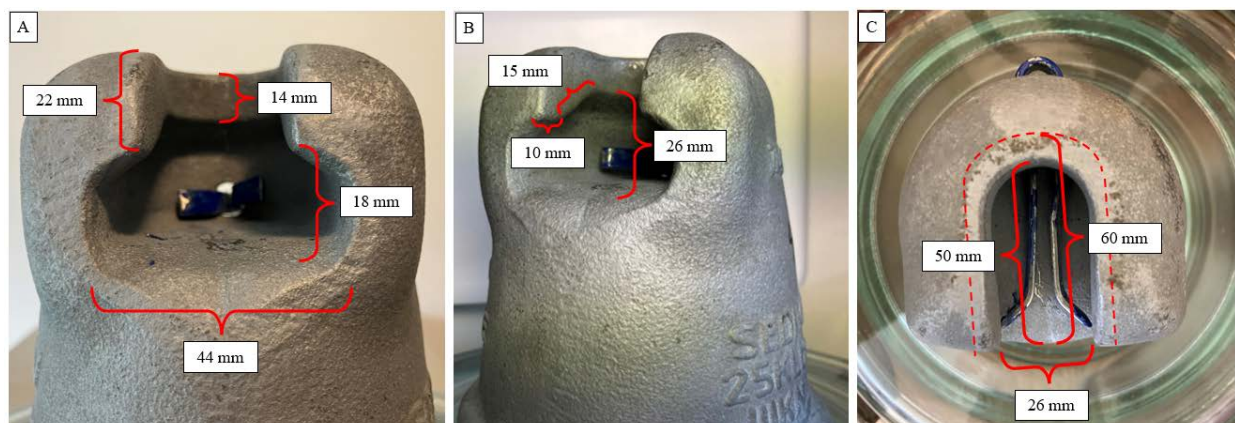


Fig. 21 – Logement de rotule dans la genouillère du capot de l'isolateur
Source : CNESST

Les dimensions de la rotule et de la tige de l'isolateur sont présentées à la figure 22. L'image A présente en plan le diamètre de la rotule, puis l'image B indique les mesures de profil de la rotule et de la tige. Ces mesures sont approximatives.

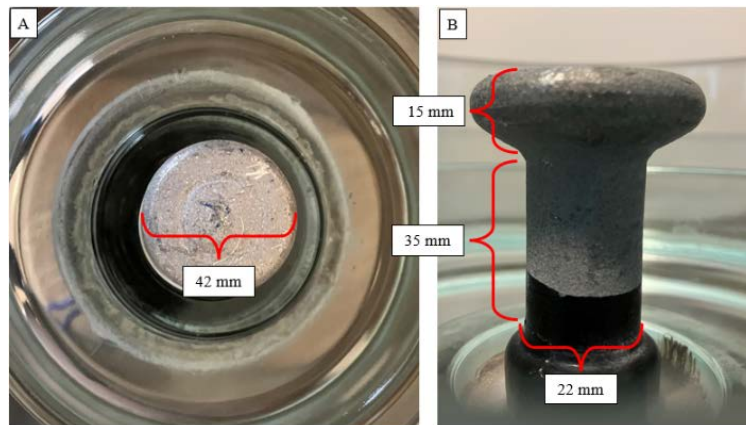


Fig. 22 – Rotule et tige de l'isolateur
Source : CNESST

4.2.3.3 La goupille de verrouillage

Dans le cas présent, il s'agit d'une goupille normalisée². L'une des branches de la goupille présente un bossage. Lorsqu'insérée dans le bâti de la genouillère, elle ne peut ressortir de son emplacement (figure 23, images A et C), à moins qu'elle soit retirée délibérément. Ainsi, deux positions sont possibles soit celle de verrouillage (figure 23, images A et C) et celle du déverrouillage (figures B et D). Lorsque la goupille est introduite dans le trou de la genouillère, ses extrémités se courbent vers l'extérieur, dans le logement de rotule. Ainsi, elle devrait être manœuvrée seulement en position de verrouillage ou de déverrouillage, mais jamais retirée complètement du bâti de la genouillère. Initialement, à l'usine du fabricant, la goupille est préalablement insérée dans la genouillère et ses pattes sont recourbées.

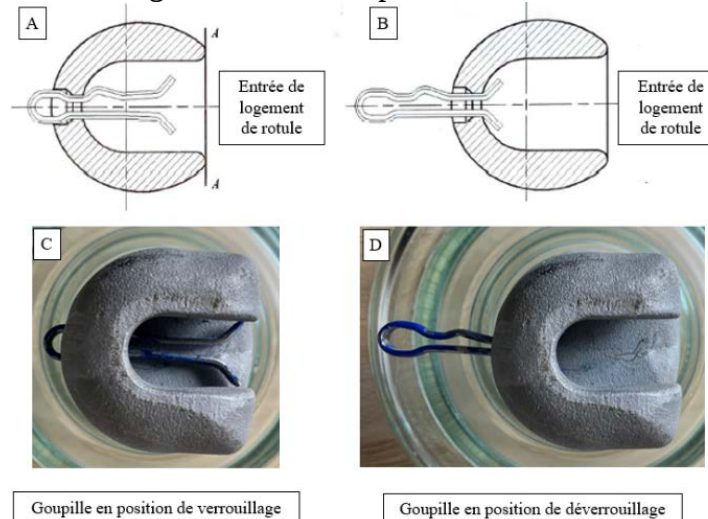


Fig. 23 – Position de verrouillage et
déverrouillage de la goupille
Source : Norme IEC 60372, modifié par la CNESST

² NORME INTERNATIONALE, *Dispositifs de verrouillage pour les assemblages à rotule et logement de rotule des éléments de chaînes d'isolateurs – Dimensions et essais*, 4^e éd., Genève, Suisse, Commission électromécanique Internationale, 2020, 42 p. (IEC 60372), p.27.

Les dimensions de la goupille sont présentées à la figure 24. Selon la personne en autorité chez le fabricant, la goupille est usinée conformément aux exigences énoncées dans la norme CSA C411.1-16 régissant la fabrication et les essais d'isolateurs en céramique haute tension (y compris les isolateurs en verre) pour les applications à courant alternatif. La fabrication d'isolateurs à courant continu est régie par la norme CSA C1325. Les deux normes exigent l'utilisation d'acier inoxydable et l'article 4.5.1 de la CSA C411.1-16 précise une dureté *Vickers* minimale de HV150. La même performance est requise dans la norme internationale CEI 60372-2020 article 5.2.2 en référence dans la norme CEI 61325 (référé dans la norme canadienne CSA C1325).

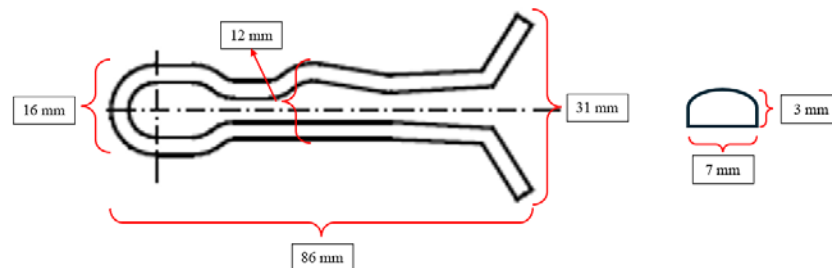


Fig. 24 – *Dimensions de la goupille*
Source : Sediver, modifié par la CNESST

4.2.3.4 Chaîne d'isolateurs et poulie de déroulage

Une chaîne d'isolateurs compte 18 isolateurs en verre trempé dont chaque unité a un poids estimé de 10,5 kg. Combiné à celui d'une poulie de déroulage de 345 kg, la masse totale est approximativement 560 kg lorsqu'assemblée avec les différentes pièces de quincaillerie. Quand la chaîne d'isolateurs s'est découlée à la hauteur du cinquième isolateur, son poids, incluant la poulie de déroulage, est estimé à 510 kg. La longueur totale de l'ensemble, avant l'accident, est d'environ 5 m. Lorsque l'on retire quatre isolateurs et la quincaillerie supérieure associée à la chaîne, la longueur résiduelle de l'ensemble (partie ayant chuté) est estimée à 3,85 m.

4.2.3.5 Corde Samson

La corde utilisée pour le levage de la chaîne d'isolateurs et de la poulie de déroulage est de marque *Samson*, modèle *Super Strong*. Le code du produit est 472 et sa fabrication est en nylon. Ses caractéristiques techniques sont présentées à la figure ci-dessous.

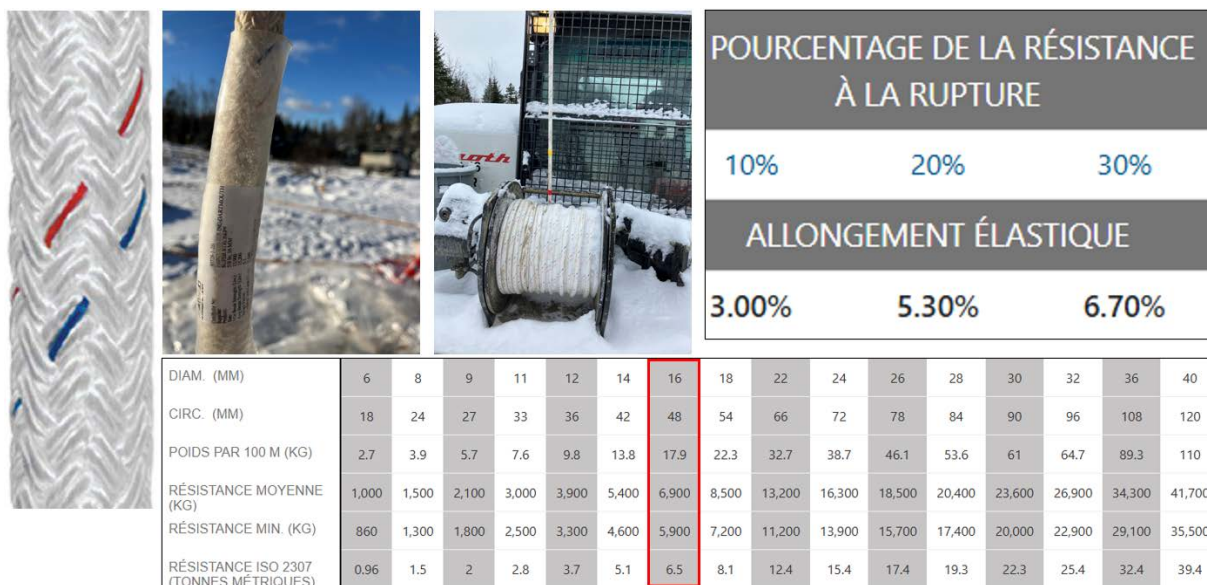


Fig. 25 – Caractéristiques techniques de la corde utilisée

Source : Samson Rope, modifié par la CNESST

Selon le fabricant, ce cordage fonctionne très bien sur les cabestans. Sur son site Internet, cette corde est classée dans les catégories suivantes : quai et ligne d'ancrage, autre ligne de pêche, système de remorquage de navire, système de navire-bouée, pendentif/queues, ligne de travail général, queues d'amarrage et amarres secondaires/H-bitt/amarrage cabestan/lignes douces.

Monsieur **H** (ci-après nommé conseiller technique Hercules) du fournisseur Hercules Crane and lifting supplies précise, dans un courriel du 19 décembre 2024 destiné à monsieur **I** chez GLR inc. (ci-après nommée personne en autorité 2), qu'à sa connaissance, rien n'interdit l'utilisation de corde en nylon pour le levage. Selon lui, les élingues en nylon ont été la norme de l'industrie pendant de nombreuses années, bien que le polyester soit maintenant le matériau le plus couramment utilisé. La fibre de nylon s'étire environ deux fois plus que le polyester et c'est pour cette raison qu'elle est souvent employée dans les applications de remorquage pour atténuer l'effet *Sling shots*, puisqu'elle absorbe mieux les chocs que le polyester. Selon lui, le choix des matériaux doit tenir compte de l'environnement dans lequel on les utilise. Le 20 décembre 2024, dans un autre courriel provenant d'une représentante des ventes chez Hercules, et qui possédait une copie de l'avis d'un représentant des ventes chez Samson Rope, il est confirmé que la corde *Super Strong* peut être employée pour faire du levage.

La corde *Samson*, normalement utilisée pour le levage et installée sur le treuil du chenillard est le modèle *Stable Braid*. Le code du produit est 506 et sa fabrication est en polyester. Selon ses

caractéristiques techniques, le pourcentage d'allongement élastique de celle-ci est inférieur, soit moins de la moitié de la corde *Super Strong*. Le matin du 5 décembre 2024, une erreur d'approvisionnement est survenue. La corde *Stable Braid* doit être remplacée puisqu'elle a été endommagée la veille de l'accident. Au lieu de recevoir le modèle habituel, l'équipe de travail reçoit la corde *Super Strong*. Visuellement, les cordes sont similaires. Des traits de couleurs sont toutefois présents afin de les différencier rapidement (figure 26). Selon monsieur J [REDACTED] chez GLR inc. (ci-après nommée personne en autorité 3), le fournisseur de la corde n'a pas commandé le bon modèle de cordage lors de l'approvisionnement.



Fig. 26 – Cordage utilisé

Source : Samson Rope,
modifié par la CNESST

Usuellement, la corde *Samson* est installée au treuil du chenillard. Elle est déroulée, puis passe par une poulie qui est fixée à la pointe de la deuxième console du pylône. Ensuite, elle est reliée à l'assiette de levage, positionnée au sommet de l'une des chaînes d'isolateurs, afin d'être hissée à l'une des deux consoles. À la suite de l'accident, la longueur de la corde reliant la deuxième chaîne d'isolateurs au treuil du chenillard mesure environ 84 m.

Le manuel du fabricant du treuil de marque *Braden*, n'émet aucune contre-indication sur l'utilisation d'une corde synthétique³. Les cordes *Super Strong* et *Stable Braid* sont donc utilisées par l'employeur.

4.2.3.6 Assiette de levage

L'outil utilisé pour le levage de la chaîne d'isolateurs et de la poulie de déroulage jusqu'à la première console du pylône n° 121, de même que ses dimensions, sont présentés à la figure 27.

³ BRADEN, HYDRAULIC HOIST, Installation, maintenance, and service manual, copyright 2008 Paccar winch division, p. 9.

Il a été conçu et approuvé par un ingénieur de l'entreprise GLR inc. Sa capacité nominale est de 680 kg, avec un facteur de sécurité 3 : 1 à la rupture. Le diamètre intérieur de l'outil (figure 27, image C) mesure 5 mm de moins que celui de l'isolateur en verre (figure 20). Néanmoins, aucun impact n'est constaté lors du retrait de l'isolateur, une fois que la chaîne d'isolateurs est fixée à la première console du pylône. Cet élément se confirme à plusieurs reprises lors des différents essais qui ont lieu sur les sites.

L'outil de levage des chaînes d'isolateurs a été conçu à la demande d'Hydro-Québec⁴. Lorsque l'utilisation d'un point d'attache sur un isolateur est nécessaire pour soulever une chaîne, celui-ci doit être adapté spécifiquement aux dimensions de l'isolateur. De plus, cet outil doit être constitué ou recouvert d'un matériau qui protège l'isolateur contre les dommages et répartir uniformément les efforts de levage sur le capot de l'isolateur (figure 27, image D). Sur l'image A de la figure 27, une marque est laissée par la partie antipollution du revêtement.

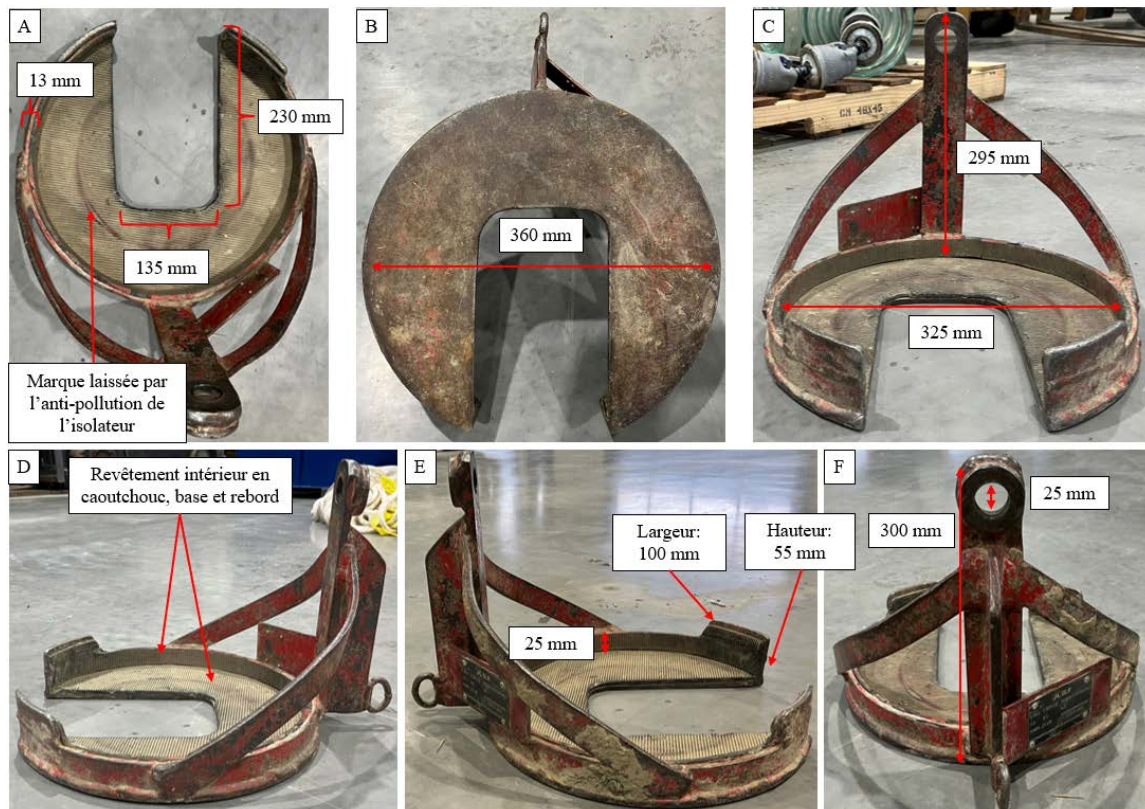


Fig. 27 – Main de levage
Source : CNESST

⁴ SPÉCIFICATION TECHNIQUE NORMALISÉE – POSE DES CÂBLES ET ACCESSOIRES, SN-41.14b, Copy right 2009, Hydro-Québec Équipement, p.12

4.2.4 Assemblage de la chaîne d'isolateurs et méthode de travail

Lorsque les travailleurs assemblent la chaîne d'isolateurs, ceux-ci doivent insérer la rotule à l'intérieur de la genouillère du capot. Pour ce faire, ils glissent la rotule par l'ouverture dans la genouillère, c'est-à-dire l'entrée du logement de rotule. Celle-ci est emboîtée dans la chambre prévue à l'intérieur de la genouillère. Ensuite, la goupille est insérée pour verrouiller l'entrée du logement de rotule. Cette étape consiste à solidariser l'ensemble lors des manœuvres, que ce soit lors du levage ou à la suite de l'installation de la chaîne⁵. Les outils utilisés par l'équipe de travail sont présentés à la figure 28.

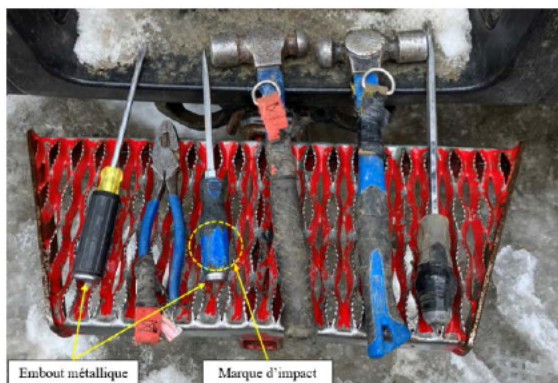


Fig. 28 – *Outillage*
Source : CNESST

La méthode d'assemblage d'une chaîne d'isolateurs adoptée par les travailleurs est présentée à la figure 29. Lorsque les boîtes contenant les isolateurs sont vidées, les travailleurs les positionnent au sol afin d'en faire des matelas de montage. La préparation initiale consiste, pour l'un d'entre eux, à sortir la goupille de sa position de verrouillage (figure 29, image A). Les isolateurs sont alignés les uns à la suite des autres afin de les emboîter les uns dans les autres (figure 29, images A et B). Lorsque la rotule est insérée dans le logement de rotule, un des travailleurs redresse l'isolateur en aval, tandis qu'un autre, en amont, insère la goupille de l'isolateur à l'aide d'un tournevis. Pour ce faire, il tape sur la tête de la goupille en utilisant le manche, comme un marteau, ou il peut l'enfoncer avec la partie métallique du manche, tel un coup de poing sur une surface (figure 29, image C).



Fig. 29 – *Méthode d'assemblage*
Source : CNESST

⁵ NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION, Suspension and post type insulators for electric power overhead lines general use information, NEMA HV 2-2019, Rosselyn, Virginia, 2020, 16 p.

Cette méthode présente des lacunes en raison de l'angle formé par les isolateurs et de l'outil utilisé lors de l'insertion de la goupille (figure 30, images A à C). Cette façon de procéder occasionne de légers déplacements horizontaux et des rebonds incontrôlés de la goupille. Les travailleurs doivent la frapper plusieurs fois, à l'aide du manche d'un tournevis. Ils ne peuvent la frapper directement sur la tête puisque la partie antipollution en verre trempé les gêne dans leur exécution. Les travailleurs doivent donc forcer une ouverture entre les deux isolateurs en verre pour faciliter l'accès à la goupille.

Se faisant, la partie arrondie de la rotule du quatrième isolateur et la paroi inférieure du logement de rotule du cinquième isolateur forment un angle ouvert, comme la partie supérieure de la lettre « V ». Cet angle se situe à proximité du trou pour l'insertion de la goupille dans le capot de l'isolateur. On y retrouve aussi une partie fermée, située entre l'entrée du logement de rotule et la courbure de la rotule, comme la partie inférieure de la lettre « V ». Il s'agit de l'endroit où sont positionnées les pattes courbées de la goupille. Il semble y avoir un manque d'espace entre la paroi du logement de rotule et la partie arrondie (ou tête de la rotule), pouvant possiblement expliquer ses déplacements horizontaux et rebonds incontrôlés.



Fig. 30 – Angle induit au moment de l'insertion de la goupille
Source : CNESST

4.2.5 Éraflures, écailles de peinture et frottement

Des marques d'éraflures ont été observées sur la partie arrondie (ou la tête de la rotule) du quatrième isolateur, ainsi qu'une trace de peinture bleue sur la paroi du logement de rotule du cinquième isolateur (figure 31). Toutefois, il n'est pas possible d'affirmer avec certitude que ces marques et cette trace résultent de l'insertion de la goupille dans l'ouverture de la genouillère du cinquième isolateur, lorsque les deux isolateurs en verre trempé (situés en amont et en aval de la goupille) forment un angle et qu'un coup est porté à environ 45 degrés sur la tête de la goupille. Rien ne permet non plus d'écarter cette hypothèse, puisque lors des différents échantillonnages et essais réalisés, les goupilles ont pu être insérées sans difficulté notable. Dans ces cas, aucune éraflure n'a été relevée sur la surface des rotules, seulement quelques écailles de peinture bleue. Donc, on ne peut exclure que l'insertion de la goupille ait provoqué les éraflures et laissé des résidus de peinture. À noter que l'extrémité des pattes recourbées de la goupille présente des arêtes vives, susceptibles de produire ce type de marques.

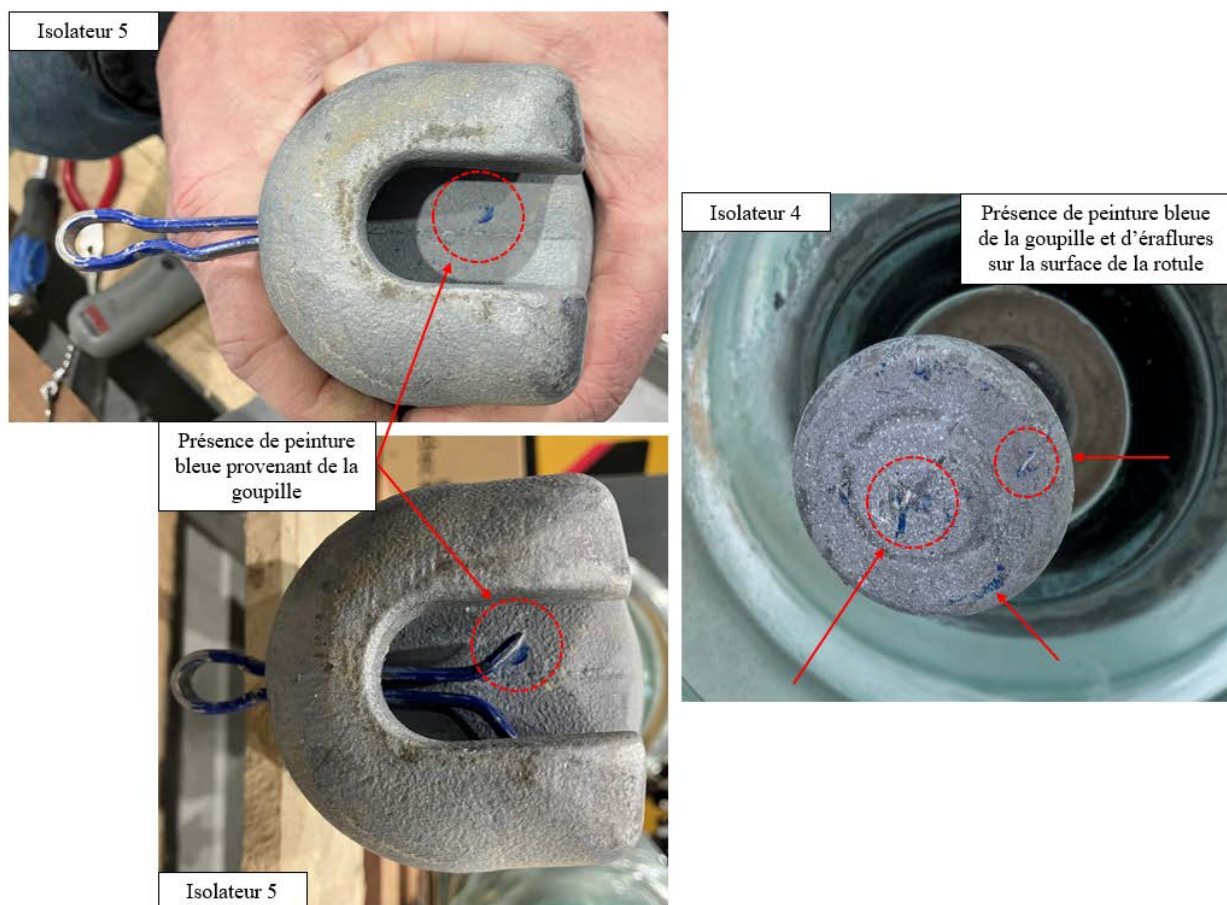


Fig. 31 – Angle induit au moment de l'insertion de la goupille
Source : CNESST

Des traces de frottements sont apparentes à la hauteur de la tige et de la rotule du quatrième isolateur, ainsi que sur une section du rebord de la rotule (figure 32). L'une de ces marques est plus prononcée (figure 32, images C, D et E). Lorsqu'on regarde de près, en se fiant à la vue en coupe verticale (figure 32 image F), on constate que le frottement est horizontal. De façon apparente, ces lignes peuvent démontrer le glissement du cinquième isolateur de la rotule vers le quatrième isolateur (figure 32, image E). L'autre marque présentée à la figure 32, images A et B, est moins démarquée. Toutefois, elle est similaire à l'image C et E, car elle est présente de l'autre côté de la tige.

Le rebord de la rotule du quatrième isolateur présente une trace de frottement (figure 32, image D). Cette partie arrondie s'appuie sur le rebord de l'espace interne du logement de rotule du cinquième isolateur. Le poids de l'ensemble de la chaîne d'isolateurs repose sur ces rebords et toute la pression qui s'y exerce. Il est probable que ce frottement vertical puisse démontrer le découplage à la hauteur du cinquième isolateur. Lors des différents essais d'assemblage et de désassemblage de chaînes d'isolateurs, aucun marquage de ce type n'a été observé.

Au cours des diverses observations menées sur le chantier, il est constaté que l'emboîtement et le désemboîtement des isolateurs ne requiert aucune une force démesurée, de nature à laisser ce genre de traces sur le métal des composantes de la tige et de la rotule d'un isolateur. Lors de l'ascension d'une chaîne d'isolateurs, les quatre premiers éléments situés au-dessus de l'assiette de levage ne subissent aucune force pouvant laisser de telles marques puisque le cinquième isolateur est immobilisé durant la montée. L'assiette de levage sous le cinquième isolateur supporte la charge. Le quatrième isolateur subit quelques secousses. Toutefois, les rebords de la rotule sont exempts de traces de couleur bleue provenant de la goupille, ce qui signifie qu'il n'y a eu aucun frottement significatif entre les deux composantes.

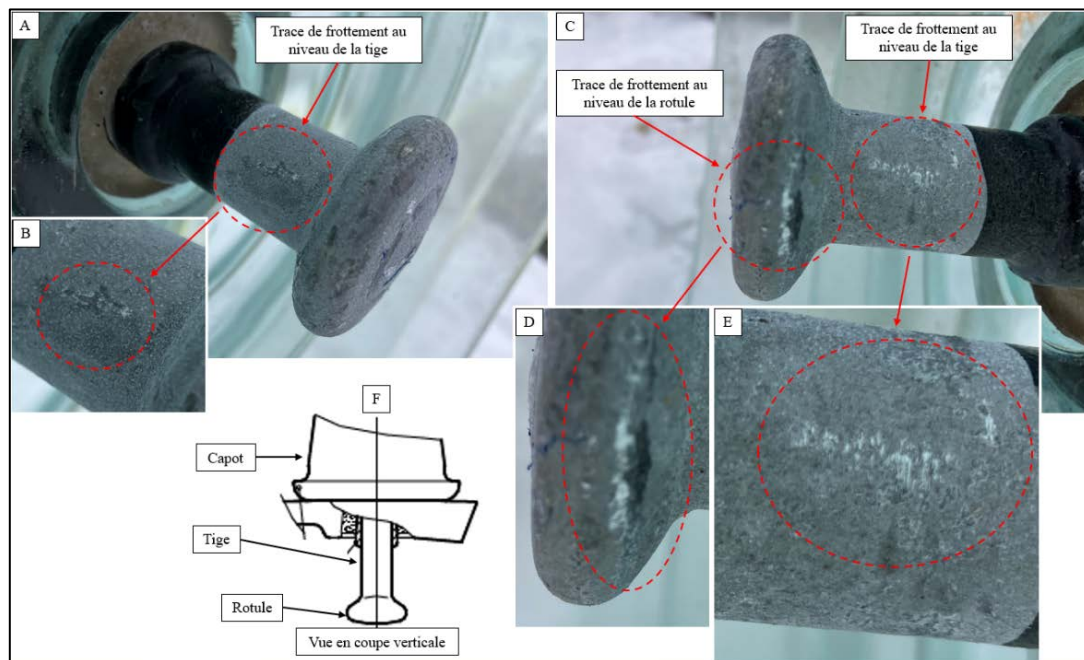


Fig. 32 – Frottement
Source : CNESST

4.2.6 Constatations par rapport à la goupille du cinquième isolateur

La position initiale de la goupille, au moment de la découverte du cinquième isolateur, est présentée à la figure 33, image A. Elle est partiellement recouverte de terre. Une fois que cette matière est retirée, la partie bosselée de la goupille est apparue (figure 33, image F). À proximité de ses pattes recourbées, on constate la présence d'une marque de peinture bleue dans le logement de rotule du cinquième isolateur (figure 33, image G).

La tête de la goupille est ressortie du capot de l'isolateur d'environ 38 mm (figure 33, images D, E et F). La position des pattes recourbées ne verrouille pas l'entrée du logement de rotule de la genouillère (figure 23, images A et C). Lorsque la goupille est enfoncée jusqu'à ce qu'une des pattes recourbées soit juxtaposée à la marque bleue dans le logement de rotule, la tête de celle-ci est ressortie d'environ 25 mm (figure 33, image H). Dans ce cas-ci, il est probable que la goupille n'ait pas été enfoncée jusqu'à sa position de verrouillage au moment de l'assemblage au sol de la chaîne d'isolateurs 1. Lors de l'inspection préalable au levage, aucun mauvais positionnement n'a été détecté.

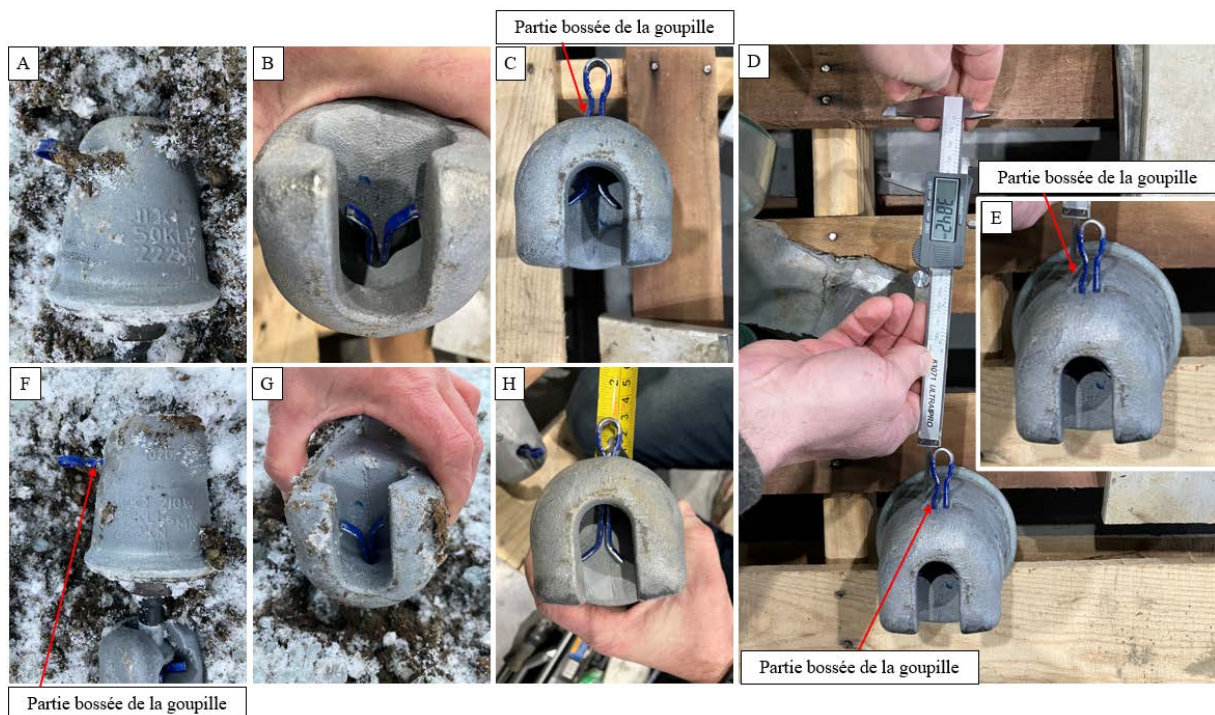


Fig. 33 – Goupille du cinquième isolateur de la chaîne

Source : CNESST

4.2.7 Directives d'assemblage

4.2.7.1 GLR inc.

La formation initiale des travailleurs, concernant l'assemblage des chaînes d'isolateurs, est basée sur la méthode de travail suivante : Numéro de document GLR-CO-02-00 – titre : Méthode de montage des isolateurs. Comme référence, celui-ci s'inspire de la section 7 – Assemblage et mise en place des chaînes d'isolateurs du guide d'Hydro-Québec Équipement, Spécification technique normalisée, Pose des câbles et accessoires (SN-47.14b). La méthode de travail est révisée à trois reprises durant l'année 2024. À la page 6 de 27, à l'étape de travail 2.0 : Assemblage et montage des isolateurs, une seule phrase sur les goupilles apparaît, soit : « Les goupilles doivent être orientées afin de respecter les exigences des documents contractuels ». Ces exigences font référence au document SN-47.14b. Aucune autre information n'y est inscrite. À la suite de leur formation, les travailleurs signent le registre de présence, ce qui est fait par l'équipe de travail le 10 octobre 2024. À la base, les travailleurs possèdent tous un diplôme d'études professionnelles (DEP) en montage de lignes et télécommunications.

Selon les témoignages recueillis, la formation dispensée par l'employeur est informelle. La partie concernant l'insertion de la goupille dans le capot de l'isolateur est intégrée, mais pas élaborée. La directive consiste à s'assurer que la goupille est insérée dans sa position. Ensuite, une inspection visuelle est effectuée par le contremaître avant la levée de la chaîne d'isolateurs. Il n'existe aucune autre indication, à moins qu'un bris quelconque de la goupille ou de l'isolateur en verre trempé, ou qu'un mauvais positionnement de la goupille soit observé. Les travailleurs rectifient la situation au besoin. L'utilisation d'outils de base est habituelle, tels un tournevis, des pinces, un marteau, etc. (figure 28). Ceux-ci appartiennent aux travailleurs.

Une mobilité de la main-d'œuvre, au sein des équipes, est constatée sur les lieux. La rotation des travailleurs occasionne une certaine disparité dans la méthode de travail. Leur expérience module la réalisation des tâches à accomplir. Cependant, il n'y a aucun impact significatif sur les tâches à exécuter. L'AST est complétée avant d'entreprendre le travail.

4.2.7.2 Sediver

Le fabricant Sediver précise que la sécurité de la chaîne d'isolateurs repose sur le verrouillage des liaisons entre les isolateurs et les connexions du pylône, ainsi qu'aux lignes de transport d'énergie. Ainsi, chaque joint doit être vérifié individuellement, avant et pendant l'installation⁶ et ce, par du personnel qualifié.

Lors de l'assemblage de la chaîne d'isolateurs, le fabricant recommande d'utiliser l'outil *SediTool* pour insérer la goupille dans le capot de l'isolateur⁷. Il en est ainsi lorsque le personnel doit la retirer⁷ (figure 34, image A). L'utilisation d'un tournevis, d'un marteau ou d'un autre outil n'est pas recommandé pour cette tâche (figure 34, image B) car ils peuvent endommager l'isolateur en verre trempé ou ses autres composantes⁷.

La configuration de l'outil de la figure 34, image A, présente deux embouts. L'un permet au travailleur d'enfoncer la goupille dans sa position de verrouillage en la frappant directement sur la tête, sans angle, et sans que la partie de l'antipollution de l'isolateur soit un obstacle (partie 5.1.2). La chaîne d'isolateurs positionnée sur le tapis de montage n'a pas à être manipulée pour obtenir un espace de frappe entre deux isolateurs en verre trempé. L'autre embout est utilisé tel un pied de biche (partie 5.1.1), ce qui permet, par un effet de levier, de retirer partiellement la goupille de sa position de verrouillage. Le travailleur n'a pas à utiliser un tournevis pour exécuter cette tâche et ne risque pas d'abîmer la goupille.

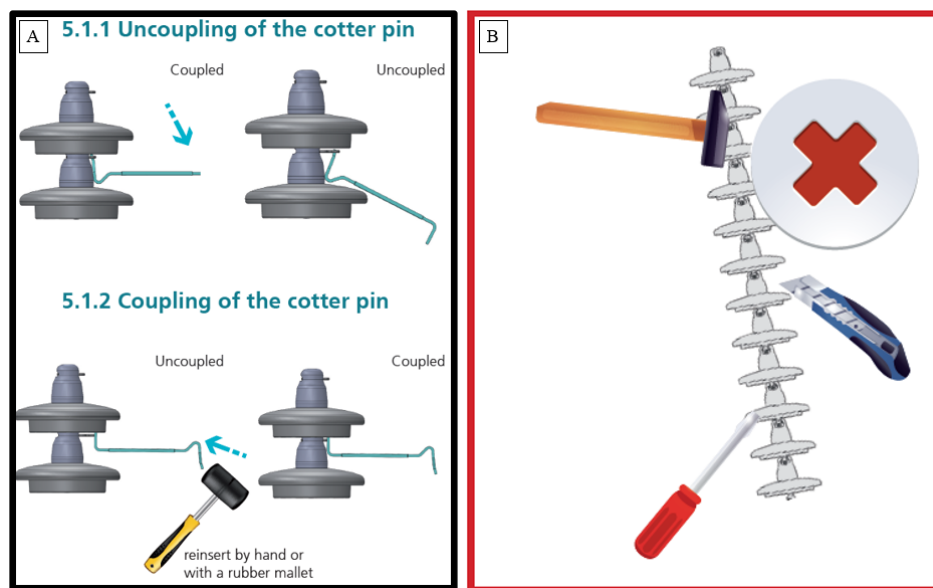


Fig. 34 – Insérer et retirer la goupille
Source : Sediver

⁶ HANDELING AND INSTALLATION OF SEDIVER TOUGHENED GLASS INSULATORS, Sediver technical assistance team, Saint-Yorre, July 2020, PE20-00147.A, 7 p.

⁷ SEDIVER – RECOMMANDATIONS FOR INSTALLATING SEDICOAT INSULATORS STRING ASSEMBLIES, Sediver, p.6, Tour Egée 9/11allée de l'Arche 92400 Courbevoie – France, 16 p.

Dans un courriel datant du 9 avril 2025, la personne en autorité chez le fabricant mentionne que l'outil *SediTool* existe depuis au moins 40 ans. Il est conçu uniquement pour faciliter le positionnement de la goupille dans la position de verrouillage et de déverrouillage du logement de rotule dans le capot de l'isolateur. Il précise néanmoins que son utilisation n'est pas indispensable pour cette manœuvre; un travailleur peut utiliser également une pince d'électricien, un tournevis ou un autre outil conçu spécifiquement pour manipuler les goupilles. Cette notion est partiellement en contradiction avec la documentation du fabricant.

4.2.7.3 Hydro-Québec

Monsieur ^K chez Hydro-Québec (ci-après nommé intervenant HQ 1), mentionne que l'outil *SediTool* est disponible pour les monteurs de lignes d'Hydro-Québec. Monsieur ^L de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ) (ci-après nommé intervenant HQ 2) ajoute que la société d'État possède cet outil depuis le mois de juillet 2023 (figure 34B). Il n'est pas fourni au sous-traitant, à moins d'être requis pour une situation spécifique ou lorsqu'il y a un chantier d'importance. Pour le chantier QPL2W Appalaches-Maine, l'outil *SediTool* servant à l'assemblage des chaînes d'isolateurs n'est pas fourni à l'entrepreneur GLR inc. D'ailleurs, l'employeur du travailleur 1 ignore l'existence de cet instrument au moment de l'accident. Selon les intervenants de GLR inc., cet outil ne peut être commandé chez Sediver. Seul le client, soit Hydro-Québec, peut en faire l'acquisition. Cette information est confirmée par la personne en autorité chez le fabricant. À la figure 34B, des jauges de profondeur sont présentes sur la partie de l'outil servant à enfoncer la goupille. La tête de la goupille peut s'y insérer en fonction de sa taille. C'est ce qui a été observé sur les différents sites du chantier pendant l'enquête, une fois que les équipes de travail ont eu l'outil en leur possession.

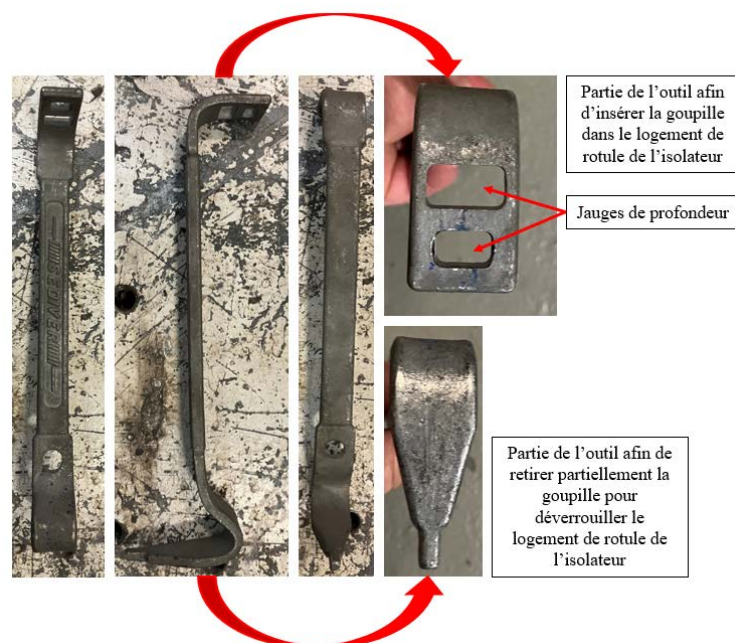


Fig. 34B – Outil *SediTool*
Source : CNESST

4.2.7.4 National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

Dans le guide de la NEMA, il y est inscrit que les isolateurs doivent être inspectés individuellement, pendant la construction de la ligne avant leur installation, afin de s'assurer qu'ils ne sont pas endommagés lors du transport et de leur manutention. Les goupilles doivent être inspectées individuellement. Aussi, elles doivent être enfoncées en position de verrouillage dans le logement de rotule du capot de l'isolateur. Aucune torsion, aplatissement ou empreinte ne doit apparaître sur celles-ci. Ces dommages peuvent indiquer que des charges de compression, d'impact ou de flexion, pour lesquelles l'isolateur n'est pas conçu, se sont possiblement produites. Des goupilles déformées ou laissées en position déverrouillée peuvent permettre le découplage de la chaîne d'isolateurs lors du levage, ou à la suite de la mise en service de la ligne⁸.

4.2.8 Test feu vert/feu rouge (go/no go) norme CSA C411, 1 :16 AC Suspension Insulators

En compagnie de monsieur M chez Hydro-Québec (ci-après nommé intervenant HQ 3), un test feu vert/feu rouge est réalisé sur le quatrième et le cinquième isolateur selon l'article 5.2 *Connecting hardware* de la norme CSA C411, 1 :16 AC *Suspension Insulators* afin de déterminer si les composantes présentent une anomalie.

Les matrices utilisées pour réaliser les tests sont la propriété d'Hydro-Québec (figure 35). Elles sont fabriquées conformément à ladite norme. Il s'agit de jauges permettant de vérifier l'espace intérieur du logement de rotule (figure 36, image A), l'entrée du logement de rotule (figure 36, images B et C), le diamètre de la rotule (figure 36, images D et E), la tige de la rotule (figure 36, image F) et la rotule elle-même (figure 36, images G, H et I). L'intervenant d'Hydro-Québec manipule les accessoires afin de procéder aux essais.



Fig. 35 – Jauges
Source : CNESST

⁸ SEDIVER – RECOMMENDATIONS FOR INSTALLATING SEDICOAT INSULATORS STRING ASSEMBLIES, Sediver, p.6, Tour Egée 9/11allée de l'Arche 92400 Courbevoie – France, 16 p.

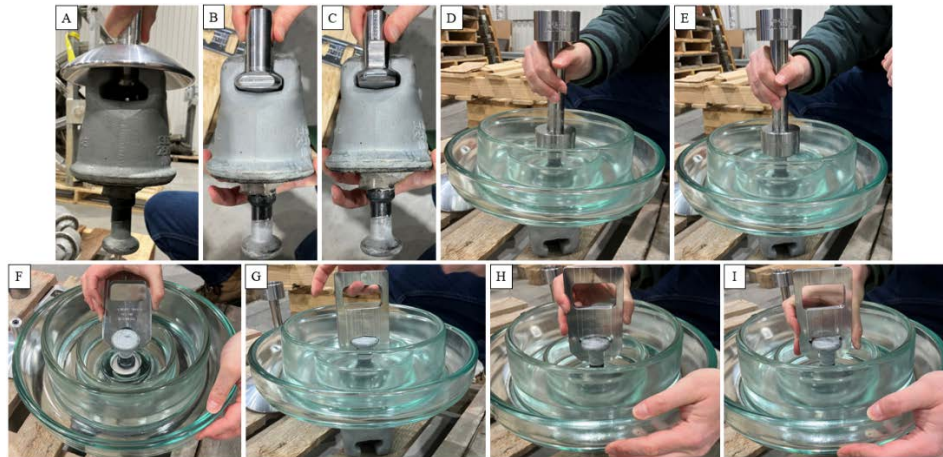


Fig. 36 – Test à l'aide de gabarit
Source : CNESST

À la suite des tests qui ont été effectués, aucune anomalie de fabrication n'est constatée sur les parties qui sont mises à l'essai sur le quatrième et le cinquième isolateur.

4.2.9 Expérimentation au Centre de formation professionnelle en montage de lignes de Saint-Henri

À des fins d'expérimentations au Centre de formation professionnelle, la chaîne d'isolateurs mise à l'essai est fixée à un portique en bois. Une grue est utilisée pour procéder au levage de la chaîne jusqu'à son point d'ancrage. Pour les besoins du test, la hauteur de la structure en bois est d'environ 6 m. L'objectif consiste à positionner les isolateurs quatre et cinq à leur point de rupture et de reproduire les vibrations à la pointe de la première console du pylône n° 121 lors de l'accident. La goupille du cinquième isolateur est en position de déverrouillage. La grue est utilisée pour reproduire la vibration verticale et les mouvements du portique reproduisent la vibration horizontale.

À plusieurs reprises, il a été possible de positionner l'isolateur cinq près du point de décrochage, par rapport à la tige et la rotule de l'isolateur quatre. Ces composantes du quatrième isolateur sont placées en bordure de l'entrée du logement de rotule du cinquième isolateur. Un positionnement en angle des isolateurs en verre trempés est constaté à chacun des essais (figure 37). À mesure que la tige et la rotule du quatrième isolateur se rapprochent du rebord de l'entrée du logement de rotule du cinquième isolateur, l'angle s'avère de plus en plus prononcé. La rotule repose sur une surface de moins de 10 mm, à l'entrée du logement de rotule.



Fig. 37 – Expérimentation positionnement et vibrations

Source : CNESST

Après plusieurs essais, la chaîne d'isolateurs demeure intégrale. L'oscillation horizontale du portique en bois a seulement permis de provoquer des mouvements horizontaux (effet de balancier, circulaire, pivotement, etc.).

4.2.9.1 Observations à la suite de l'expérimentation

Deux observations principales sont constatées lors des essais.

La première observation est préalable à la levée de la chaîne d'isolateurs, notamment lorsque la première moitié est redressée. À ce moment, elle forme une courbe ayant l'allure d'une banane. Cette situation est également observée lors de nos interventions sur les différents sites du chantier et lors de la cueillette d'informations. Dans ces conditions, les rotules se déplacent vers l'entrée des logements de rotule des genouillères. Puisque les goupilles sont en position de verrouillages, celles-ci empêchent les rotules de sortir de leur position, puisque l'entrée des logements de rotule est verrouillée par les pattes recourbées des goupilles. Ainsi, le découplage des composantes est évité.

Une fois que la chaîne d'isolateurs est positionnée verticalement, un bruit se fait entendre. Selon les propos

, ce son distinctif se fait entendre chaque fois, ce qui signifie que les rotules et les chambres, à l'intérieur de la genouillère, sont

emboîtées les unes dans les autres. Cela permet de conclure que les éléments sont à leur emplacement respectif.

La deuxième observation permet de constater qu'en raison de son propre poids et du coefficient de friction élevé entre les composantes (les parois du logement de rotule du cinquième isolateur et la rotule du quatrième isolateur), l'ensemble demeure solidaire et ce, peu importe la force d'impulsion imposée à la chaîne d'isolateurs permettant de la faire vibrer ou d'osciller. Dans ce processus, les composantes sont en position précaire.

L'investigation n'a pu déterminer le ou les phénomènes ayant exercé une force suffisante auprès de la chaîne d'isolateurs une fois que celle-ci est boulonnée à la première console du pylône, soit cinq minutes après sa chute.

4.2.10 Encadrement législatif

L'article 51 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* [L.R.Q., c.-2.1] précise que l'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique et psychique du travailleur. Il doit notamment :

- S'assurer que l'établissement est équipé et aménagé de façon à assurer la protection du travailleur (article 51.1);
- S'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur (article 51.3);
- Utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur (article 51.5);
- Informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié (article 51.9).

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 L'insertion incomplète de la goupille de verrouillage dans la genouillère du cinquième isolateur a permis le découplage de la chaîne d'isolateurs, entre le quatrième et le cinquième isolateur.

En premier lieu, le choix et l'utilisation de l'outillage pour l'insertion des goupilles dans les genouillères des isolateurs en verre trempé muni d'un antipollution s'avèrent inappropriés. Un manche de tournevis et une pince ne sont pas des outils de frappe. Leur utilisation les détournent de la fonction pour laquelle ceux-ci sont conçus. Selon les personnes rencontrées, il s'agit d'une pratique généralisée dans le milieu.

En deuxième lieu, les caractéristiques des isolateurs en verre trempé munis d'un antipollution imposent une contrainte aux travailleurs lors de l'insertion des goupilles. Lorsque les travailleurs manutentionnent les isolateurs en amont et en aval de la goupille, un angle est induit au moment où le travailleur frappe sur la tête arrondie de la goupille avec son manche de tournevis ou sa pince. Cet angle l'empêche de frapper directement sur la tête de la goupille, avec un angle de 90°. Au moment de son insertion, l'angle est d'environ 45°. Les observations ont permis de constater que la goupille exécute différents types de mouvement lors de son insertion, soit de légers rebonds ou des déplacements latéraux. Dans la majorité des cas, plusieurs frappes sont nécessaires pour l'insérer dans sa position de verrouillage.

L'utilisation d'outils inappropriés pour insérer la goupille dans le capot de l'isolateur et l'angle induit en amont et en aval de la goupille ont un impact sur la qualité du travail lors de son insertion. Ainsi, la position de verrouillage dans le logement de rotule de l'isolateur peut être compromise et peut s'avérer incomplète, précarisant ainsi l'intégrité de la chaîne d'isolateurs.

Puisque l'outil *SediTool* est conçu pour faciliter le positionnement de la goupille dans la position de verrouillage, son utilisation aurait évité aux travailleurs d'induire un angle en amont et en aval de la goupille à insérer et d'éviter un angle de frappe d'environ 45°. De plus, la configuration de l'outil permet une frappe directement sur la tête de la goupille, avec un angle de 90°. La jauge de profondeur aurait également contribué à ce que celle-ci soit en position de verrouillage.

La méthode de travail utilisée lors de l'assemblage au sol des composantes constituant la chaîne d'isolateurs, le jour de l'accident, présente des lacunes.

Cette cause est retenue.

4.3.2 Une partie de la chaîne d'isolateurs boulonnée à la première console du pylône chute sur le travailleur, quelques minutes après avoir été fixée et au moment où il est présent dans la zone d'impact à la base de la structure d'acier.

La formation initiale des travailleurs, concernant l'assemblage des chaînes d'isolateurs, est basée sur la méthode de travail de GLR inc. Les directives concernant l'insertion des goupilles dans leur positionnement de verrouillage, dans la genouillère de l'isolateur, ne sont pas précisées. Les critères de vérification de la position de verrouillage des goupilles dans les genouillères des isolateurs ne sont pas encadrés par des critères spécifiquement documentés. Lorsque leur insertion est complétée, les travailleurs effectuent une validation visuelle. Au besoin, ils refrappent sur la tête des goupilles. Ensuite, la personne en autorité dans l'équipe de travail visualise le nombre d'isolateurs que comporte la chaîne, puis vérifie l'état des isolateurs en verre afin de détecter tout bris quelconque. Parallèlement, il réalise une inspection visuelle de leur insertion.

Le fabricant précise que la sécurité de la chaîne d'isolateurs repose sur le verrouillage des liaisons entre les isolateurs. Chaque joint doit être vérifié individuellement, avant et pendant l'installation sur site, par du personnel qualifié. De son côté, la NEMA mentionne que les goupilles doivent être inspectées individuellement et être enfoncées en position de verrouillage, dans le logement de rotule de l'isolateur. Celles laissées en position déverrouillées peuvent occasionner le découplage de la chaîne d'isolateurs lors du levage.

La technique d'assemblage de la chaîne d'isolateurs 1 n'a pas permis aux travailleurs de s'assurer que les goupilles de verrouillage étaient enfoncées complètement et sans équivoque, ce qui présente un risque de découplage lors des opérations de levage. Une méthode pour vérifier et s'assurer de l'insertion complète des goupilles aurait permis de détecter son positionnement inadéquat dans la genouillère du cinquième isolateur.

Selon GLR inc. et Hydro-Québec, une fois que le boulonnage est complété à l'extrémité de la première console du pylône, la chaîne d'isolateurs est considérée comme faisant partie intégrante de la structure.

À l'issue de l'opération d'installation de la première chaîne d'isolateurs et du positionnement de la deuxième chaîne à une hauteur prédéterminée, les travailleurs 1 et 2 se sont introduits dans la zone d'impact pour installer la câblette jaune autour de la poulie de déroulage et pour joindre ses deux extrémités sous celle-ci.

Malgré l'installation permanente de la première chaîne d'isolateurs, la présence du travailleur 1 et de son collègue dans la zone d'impact alors qu'ils procèdent à l'assemblage et à la préparation de la levée de la deuxième chaîne d'isolateurs comportait un risque accru, et ce, combiné à l'insertion incomplète d'une goupille. N'eût été leur présence dans cette zone, le décès aurait été évité. Il aurait alors été question d'un incident et non d'un accident.

Cette cause est retenue.

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

- L'insertion incomplète de la goupille de verrouillage dans la genouillère du cinquième isolateur a permis le découplage de la chaîne d'isolateurs, entre le quatrième et le cinquième isolateur.
- Une partie de la chaîne d'isolateurs boulonnée à la première console du pylône chute sur le travailleur, quelques minutes après avoir été fixée et au moment où il est présent dans la zone d'impact à la base de la structure d'acier.

5.2 Suivis de l'enquête

La CNESST transmettra les conclusions de son enquête aux organismes suivants afin qu'ils sensibilisent leurs membres et sous-traitants sur l'importance de s'assurer que des goupilles de verrouillage des chaînes d'isolateurs soient insérées complètement avant de procéder au levage :

- Les Associations sectorielles paritaires (ASP)
- Les gestionnaires de mutuelles de prévention
- Hydro-Québec

De plus, afin de sensibiliser les futurs travailleurs dans le domaine du montage de lignes électriques, le rapport d'enquête sera acheminé au ministère de l'Éducation qui en assurera la diffusion dans les établissements de formation offrant le programme DEP *Montage de lignes électriques et de télécommunications*, notamment le Centre de formation professionnelle (CFP) en montage de lignes (CFML – Saint-Henri, Lévis) et le CFP de La Haute-Gaspésie (Sainte-Anne-des-Monts).

ANNEXE A - Accidenté

Nom, prénom : A

Sexe : Masculin

Âge :

Fonction habituelle :

Fonction lors de l'accident : Monteur de lignes

Expérience dans cette fonction :

Ancienneté chez l'employeur :

Syndicat : FIPOE - FTQ

ANNEXE B - Références bibliographiques

BRADEN, HYDRAULIC HOIST, *Installation, maintenance, and service manual*, copyright 2008 Paccar winch division

CSA C1325 :99 (R2020) *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V - Ceramic or glass insulator units for DC systems - Definitions, test methods, and acceptance Criteria (Adopted CEI/IEC 1325:1995, 1st edition, 1995-03, with Canadian deviations)*

CSA C411.1:16 (R2021) *AC suspension insulators*

Demande relative à la construction d'une ligne à 320 kV et à l'installation d'un équipement au poste des Appalaches – R-4112-2019, 25 pages, Hydro-Québec TransÉnergie

HANDELING AND INSTALLATION OF SEDIVER TOUGHENED GLASS INSULATORS, *Sediver technical assistance team*, Saint-Yorre, July 2020, PE20-00147.A, 7 p.

Loi sur la santé et la sécurité du travail [L.R.Q., c. S-2.1]

NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION, *Suspension and post type insulators for electric power overhead lines general use information*, NEMA HV 2-2019, Rosselyn, Virginia, 2020, 16 p.

NORME INTERNATIONALE, *Dispositifs de verrouillage pour les assemblages à rotule et logement de rotule des éléments de chaînes d'isolateurs – Dimensions et essais*, 4^e éd., Genève, Suisse, Commission électromécanique Internationale, 2020, 42 p. (IEC 60372)

Règlement sur les mécanismes de prévention propres à un chantier de construction [chapitre S-2.1, r. 8.2]

SEDIVER – RECOMMANDATIONS FOR INSTALLATING SEDICOAT INSULATORS STRING ASSEMBLIES, Sediver, Tour Egée 9/11 allée de l'Arche 92400 Courbevoie – France, 16 p.

SPÉCIFICATION TECHNIQUE NORMALISÉE – POSE DES CÂBLES ET ACCESSOIRES, SN-41.14b, Copy right 2009, Hydro-Québec Équipement