

EN004425

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident ayant causé la mort d'un travailleur
de l'entreprise Pompage Élite inc., le 15 décembre 2023,
sur un chantier situé au 77 boulevard Marie-Victorin à Candiac**

Version dépersonnalisée

Service de la prévention-inspection – Rive-Sud

Inspecteur :

Richard Laplante

Inspectrice :

Stéphanie Paquin

Date du rapport : 14 janvier 2025

Rapport distribué à :

- Madame Marlène Dionne, vice-présidente, Construction Bertrand Dionne inc.
- Monsieur Claude Couture, président, Pompage Élite inc.
- Maître Donald Nicole, coroner
- Docteure Julie Loslier, directrice de la santé publique de la Montérégie
- Monsieur Éric Boisjoly, directeur général, Fédération des travailleurs et travailleuses du Québec (FTQ-Construction)
- Monsieur Carl Dufour, président, Centrale des syndicats démocratiques (CSD Construction)
- Monsieur Pierre Brassard, président, Confédération des syndicats nationaux (CSN-Construction)
- Monsieur Sylvain Gendron, président, Syndicat québécois de la Construction (SQC)
- Monsieur Michel Trépanier, président, 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>3</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DU CHANTIER	3
2.2	ENTENTE DE SERVICE POUR LA LOCATION DE POMPE À BÉTON ET DE PERSONNEL DE POMPAGE ÉLITE INC.	3
2.3	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT DE L'EMPLOYEUR	3
2.4	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	4
2.4.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	4
2.4.1.1	Le maître d'œuvre	4
2.4.1.2	L'employeur	4
2.4.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	5
2.4.2.1	Le maître d'œuvre	5
2.4.2.2	L'employeur	5
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>6</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	6
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	6
<u>4</u>	<u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u>	<u>8</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	8
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	9
4.2.1	CONSTATATIONS SUR LES LIEUX DE L'ACCIDENT	9
4.2.2	INFORMATIONS SUR LE TRAVAILLEUR	11
4.2.3	INFORMATIONS SUR LA FORMATION DES OPÉRATEURS ET SUR LA TÂCHE DE NETTOYAGE DE LA TRÉMIE	11
4.2.4	INFORMATIONS SUR L'ORGANISATION DU TRAVAIL ET LA SUPERVISION	15
4.2.5	INFORMATIONS SUR L'ÉQUIPEMENT	15
4.2.5.1	Informations générales	15
4.2.5.2	Informations sur la trémie	18
4.2.5.3	Informations sur l'agitateur	20
4.2.5.4	Informations sur les dispositifs de sécurité prévus par le fabricant	20
4.2.6	INFORMATIONS SUR LES RAPPELS DE SÉCURITÉ PRÉVUS PAR LE FABRICANT	23
4.2.7	EXPERTISE SUR LA POMPE À BÉTON ET SON FONCTIONNEMENT	25
4.2.8	TÉMOIGNAGES RECUEILLIS CONCERNANT LES MODIFICATIONS APPORTÉES SUR L'ÉQUIPEMENT	29
4.2.9	LOI, RÉGLEMENTATION ET NORMES APPLICABLES	31

4.2.9.1	La <i>Loi sur la santé et la sécurité du travail</i> (LSST) (S-2.1)	31
4.2.9.2	Le <i>Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution</i> (S-2.1, r. 9)	31
4.2.9.3	Le <i>Code de sécurité pour les travaux de construction</i> (CSTC) (S-2.1, r.4)	32
4.2.9.4	La norme CSA Z151 – Pompes à béton et flèches de distribution	32
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	35
4.3.1	LE TRAVAILLEUR EST ENTRAÎNÉ DANS LA TRÉMIE EN RAISON DE L'ENROULEMENT DE LA MANCHE DE SA CHEMISE AUTOUR DE L'AGITATEUR EN FONCTION.	35
4.3.2	LE CONTOURNEMENT DU DISPOSITIF DE VERROUILLAGE ASSOCIÉ AU PROTECTEUR DE LA TRÉMIE EXPOSE LE TRAVAILLEUR AU DANGER D'ENTRAÎNEMENT.	35
4.3.3	DES LACUNES DANS LA GESTION DES RISQUES LORS DU NETTOYAGE DE LA TRÉMIE EXPOSENT LE TRAVAILLEUR À L'AGITATEUR EN ROTATION.	36
4.3.4	LA GESTION RELATIVE À LA MAINTENANCE ET À L'INSPECTION DES ÉLÉMENTS DE SÉCURITÉ DE L'ÉQUIPEMENT EST DÉFICIENTE.	37
5	CONCLUSION	39
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	39
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	39
5.3	SUIVIS DE L'ENQUÊTE	39
 <u>ANNEXES</u>		
ANNEXE A :	Accidenté	41
ANNEXE B :	Rapport d'expertise	42
ANNEXE C :	Référence bibliographiques	95

SECTION 1

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT

Description de l'accident

Le 15 décembre 2023, sur un chantier de construction, un travailleur s'affaire au nettoyage de la trémie d'une pompe à béton montée sur remorque ayant servi à une coulée de béton. La grille de la trémie est en position relevée. Le moteur de la pompe est en marche et l'agitateur est en rotation. Alors qu'il termine le nettoyage, le travailleur est entraîné par l'agitateur et est coincé dans la trémie.

Conséquence

Le travailleur décède.



Figure 1 – *Photo de la scène*
Source : CNESST

Abrégé des causes

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

- Le travailleur est entraîné dans la trémie en raison de l'enroulement de la manche de sa chemise autour de l'agitateur en fonction.
- Le contournement du dispositif de verrouillage associé au protecteur de la trémie expose le travailleur au danger d'entraînement.

- Des lacunes dans la gestion des risques lors du nettoyage de la trémie exposent le travailleur à l'agitateur en rotation.
- La gestion relative à la maintenance et à l'inspection des éléments de sécurité de l'équipement est déficiente.

Mesures correctives

Le 15 décembre 2023, la CNESST saisit la pompe à béton et en interdit son utilisation. Ces informations sont colligées au rapport RAP9121462.

Le 19 mars 2024, la CNESST lève la saisie de la pompe à béton, mais en interdit toujours son utilisation. Un scellé est apposé sur l'équipement. Les mesures à prendre pour lever l'interdiction d'utilisation sont inscrites au rapport RAP1460815 remis à l'employeur. Elles comprennent l'exigence d'une attestation d'ingénieur sur les systèmes de sécurité et les modifications au système de commande.

Au moment de la finalisation du présent rapport, l'interdiction d'utilisation est toujours en vigueur.

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

SECTION 2**2 ORGANISATION DU TRAVAIL****2.1 Structure générale du chantier**

Il s'agit d'un chantier où s'effectuent des travaux de rénovation dans un bâtiment industriel, situé au 77 boulevard Marie-Victorin à Candiac. Les travaux visent la rénovation d'une partie de la dalle de béton en vue de l'ajout d'une ligne de production.

L'entreprise Construction Bertrand Dionne inc., ci-après nommée le maître d'œuvre, est représenté par [REDACTED] qui s'assure de la coordination des travaux et la gestion de la main-d'œuvre. La maîtrise d'œuvre du chantier est déterminée au rapport RAP1463883. Le maître d'œuvre utilise les services de Pompage Élite inc. afin d'effectuer les coulées de béton. À cet effet, il lui octroie un contrat de location d'équipement et de temps d'opération.

2.2 Entente de service pour la location de pompe à béton et de personnel de Pompage Élite inc.

Pompage Élite inc. est client du maître d'œuvre et est sous contrat pour l'année en cours pour les différents chantiers de la région métropolitaine.

Pour le chantier en cours, une demande a été faite la veille par le maître d'œuvre au répartiteur de Pompage Élite inc. pour recourir à la location d'une pompe à béton et d'un opérateur, en vue des travaux de coulée du 15 décembre 2023.

2.3 Structure générale de l'établissement de l'employeur

La compagnie Pompage Élite inc., ci-après nommée l'employeur, est située au 2000 rue Coulombe à Sainte-Julie. Elle se spécialise dans la location de pompes à béton et d'opérateurs dans les secteurs commercial, industriel, résidentiel, agricole et du génie civil. Elle loue principalement des camions-pompes à béton à flèche de distribution intégrée et des pompes à béton montées sur remorque.

L'établissement est classé dans le secteur d'activités *Bâtiments et travaux publics*. Environ 80 travailleurs, dont 74 travailleurs syndiqués (69 opérateurs de pompe, [REDACTED], [REDACTED] mécaniciens et [REDACTED]) y travaillent, répartis sur un quart de travail.

Selon l'organigramme de l'entreprise, les opérateurs de pompe à béton peuvent se rapporter au A [REDACTED], à la répartition ou au B [REDACTED]. Bien que non présenté dans l'organigramme, C [REDACTED] et [REDACTED] mécaniciens se rapportent au D [REDACTED]. Ce dernier relève [REDACTED], mais également du E [REDACTED] ou du F [REDACTED], au besoin.



Fig. 2 : *Organigramme de l'employeur*
Source : Pompage Élite inc.

2.4 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.4.1 Mécanismes de participation

2.4.1.1 Le maître d'œuvre

Il n'y a pas de mécanisme de participation sur ce chantier. Il est à noter que, pour un chantier de cette envergure, la législation applicable n'exige pas la constitution d'un comité de chantier, la présence d'un représentant en santé et en sécurité (RSS) ou d'un coordonnateur en santé et en sécurité (CoSS).

2.4.1.2 L'employeur

Au 15 décembre 2023, aucun comité de santé et de sécurité n'est formé ou actif dans l'établissement. Il n'y a pas de représentant en santé et en sécurité nommé parmi les travailleurs.

2.4.2 Gestion de la santé et de la sécurité

2.4.2.1 Le maître d'œuvre

██████████ est en place. Celui-ci a notamment le rôle d'accueillir les travailleurs, de faire signer un document d'engagement aux sous-traitants, d'appliquer le programme de prévention au chantier, si requis, et d'assurer la supervision des travaux.

Le maître d'œuvre définit les activités de pompage de béton comme étant de la livraison et non comme étant de la sous-traitance, excluant ainsi l'employeur des activités d'accueil au chantier prévues dans leur programme de prévention. Le travailleur impliqué dans l'accident n'a pas été accueilli ou informé comme le sont d'autres travailleurs sous-traitants au chantier.

Un programme de prévention spécifique au chantier n'est pas requis par la législation. Le maître d'œuvre détient toutefois un programme de prévention général qui peut être personnalisé pour les besoins spécifiques d'un chantier.

██████████ est aussi présent dans l'entreprise pour répondre aux besoins des surintendants et des contremaîtres sur les chantiers en matière de prévention.

2.4.2.2 L'employeur

██. Un programme de prévention spécifique pour les opérateurs de pompe à béton est présent.

L'employeur détient une politique en santé et en sécurité.

Les opérateurs de pompe suivent un programme d'accueil à l'embauche comprenant une période de compagnonnage.

Un document connu sous le terme « livre de bord » est mis à la disposition des opérateurs dans chacune des unités. Ce document comprend notamment des procédures d'opération et de nettoyage.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

Le chantier est situé à l'intérieur d'un département d'un établissement industriel, situé au 77 boulevard Marie-Victorin à Candiac.



Fig. 3 : *Vue en plan de la zone du chantier et du lieu de l'accident*

Source : Google Maps (modifié par la CNESST)

Les travaux sont effectués dans la partie sud de l'établissement tel qu'illustré à la figure 3.

Une partie de la cour extérieure est également accessible pour les véhicules des travailleurs sous-traitants afin d'accéder au chantier si des travaux nécessitent un accès particulier (ex. : bétonnière), soit du côté des portes 128 à 130 (côté sud).

L'accident se produit près de la porte 128 alors que la pompe à béton montée sur remorque est positionnée à l'extérieur, à proximité de celle-ci.

Le 15 décembre 2023, la température extérieure oscille entre 4 et 5 °C durant la matinée. Le vent est d'environ 30 km/h et le ciel est variable.

3.2 Description du travail à effectuer

Le jour de l'accident, des travaux d'excavation et de coulée de béton sont en cours. Compte tenu de l'accès restreint à la zone des travaux pour la coulée et du volume de béton requis, le maître d'œuvre requiert les services d'une pompe à béton montée sur remorque.

L'accident survient lors de la tâche de nettoyage de la pompe à béton, une fois la coulée terminée. Cette tâche comprend le lavage des accessoires et de la trémie de la pompe à béton.

Une fois les parties du tuyau ainsi que leurs raccords retirés et nettoyés, le nettoyage de la trémie vise notamment les éléments suivants :

- Rinçage de la grille de la trémie;
- Ajout d'eau dans la cuve pour liquéfier le béton restant, si nécessaire;
- Déplacement de la pompe à béton à l'endroit identifié au chantier pour la purge, si requis;
- Purge du contenu de la trémie au moyen de l'ouverture de la trappe sous la cuve;
- Rinçage des pièces intérieures de la trémie, comme l'agitateur, la valve à bascule et les cylindres (pistons);
- Rinçage de la sortie de béton et de la trappe d'évacuation sous la trémie;
- Rinçage des outils et rangement du matériel, avant départ.

Il faut habituellement procéder alors que la grille de la trémie est en position abaissée. Il est cependant possible de terminer le lavage en ouvrant la grille lorsque les pièces ne sont pas en mouvement.



Fig. 4 : Photos montrant le nettoyage d'une trémie de pompe à béton (grille abaissée et relevée)
Source : CNESST

Cette tâche prend entre 15 à 30 minutes à réaliser. La durée et la complexité de la tâche de nettoyage dépendent de différents facteurs tels que la température extérieure, le type de béton, l'utilisation de retardant, la performance du système de lavage à l'eau et l'utilisation d'outils pour débourrer au besoin (outils pneumatiques, barres, etc.).

SECTION 4

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le jour de l'accident, les travaux au chantier débutent avec des travaux d'excavation et de préparation pour la coulée de béton.

Vers 7 h, l'opérateur de pompe à béton arrive au chantier à bord de la camionnette, de laquelle est tractée la pompe à béton montée sur remorque. Il se stationne dans la cour extérieure face à la porte 128 et s'affaire à la préparation de la coulée. La bétonnière arrive par la suite au chantier et les travaux de coulée débutent vers 8 h.

Lors de la coulée de béton, l'opérateur se positionne à l'intérieur du bâtiment. Il effectue également des tâches connexes au travail d'opérateur de pompe, comme le retrait progressif des parties de tuyaux et le rinçage à l'eau de celles-ci.

Un peu avant 10 h, la coulée se termine. La bétonnière quitte les lieux, tout comme les travailleurs sous-traitants en excavation.

L'opérateur s'affaire par la suite au retrait des parties de tuyaux flexibles et débute sa procédure de nettoyage, alors qu'un autre travailleur s'affaire à la finition du béton au chantier.

L'opérateur poursuit le nettoyage à l'extérieur à l'aide d'un boyau alimenté en eau. Vers 10 h, il change le positionnement de la camionnette et de la pompe à béton montée sur remorque afin de la placer parallèlement à un conteneur à déchets, près des portes 128 et 129. La camionnette fait donc maintenant face à la cour extérieure alors que l'arrière de la pompe à béton montée sur remorque est orienté vers le bâtiment.

L'opérateur installe un sac conteneur de vrac souple (sac de vidange de béton) sous la trémie de la pompe afin de recueillir le béton inutilisé.

Il avance ensuite l'équipement d'environ 2 mètres afin de poursuivre le nettoyage avec son pistolet à eau dans la trémie.

Vers 10 h 10, G [REDACTED] du chantier va à la rencontre de l'opérateur de la pompe et lui demande de lui fournir le bon de livraison avant qu'il ne quitte. G [REDACTED] retourne dans la roulotte de chantier.

L'opérateur de la pompe poursuit l'arrosage de la trémie. À 10 h 18, il cesse l'arrosage et monte sur la lumière droite arrière de la remorque et accède à la trémie, dont la grille est maintenue en position relevée. Le moteur de la pompe est en fonction et l'agitateur est en rotation. L'accident se produit alors que la manche droite de sa chemise s'enroule autour des palettes de l'agitateur en fonction. Il est entraîné dans la trémie.

Vers 12 h 15, G [REDACTED] et un travailleur quittent le chantier et constatent que la pompe à béton montée sur remorque, qui aurait dû déjà avoir quitté, est toujours présente au lieu de nettoyage. Ils se dirigent vers la trémie et constatent la situation.

Les secours sont appelés et le décès est constaté sur les lieux.

4.2 Constatations et informations recueillies

Les informations contenues dans cette section proviennent de constatations faites sur les lieux, des témoignages des personnes rencontrées, des images obtenues ainsi que des résultats de l'expertise réalisée sur l'équipement.

4.2.1 Constatations sur les lieux de l'accident

À l'arrivée des inspecteurs de la CNESST sur les lieux, les éléments suivants sont constatés sur la scène de l'accident :

- La pompe à béton est identifiée comme étant l'unité [REDACTED].
- Le moteur de la pompe a été éteint au moyen du dispositif d'arrêt d'urgence, situé du côté du panneau de contrôle, par les personnes ayant découvert l'opérateur de la pompe à béton dans la trémie.
- La grille de la trémie est maintenue en position relevée.
- Un pistolet à eau avec un boyau sont présents au sol à l'arrière de la remorque.
- Des chaudières et un sac conteneur de vrac souple remplis d'eau et de béton sont présents à l'arrière de la pompe et du conteneur à déchets.



Fig. 5 : Scène de l'accident

Source : CNESST

- Le sélecteur de l'agitateur est en position « marche » sur le panneau de commande.
- Un boîtier de plastique positionné sous le panneau de commandes principal du côté droit est entrouvert. Ce boîtier est muni d'un dispositif d'arrêt d'urgence enclenché.



Fig. 6 : État du panneau de commande et du boîtier à l'arrivée des inspecteurs
Source : CNESST

- Aucun outil ou objet n'a été retrouvé dans la trémie ou près de la trémie.
- La télécommande permettant d'opérer la pompe à béton est retrouvée dans la camionnette.

4.2.2 Informations sur le travailleur

M. H [REDACTED], ci-après nommé l'opérateur, était opérateur de pompe à béton chez Pompage Élite inc. depuis [REDACTED]. Il travaillait de jour, sur un horaire variable.

Il a suivi un programme d'intégration chez Pompage Élite inc. vers le [REDACTED]. Ce programme inclut certains éléments en lien avec la santé et la sécurité du travail, notamment certaines procédures de travail, le port des équipements de protection individuelle et le rappel des consignes de sécurité générales.

La formation pour certaines tâches relatives au travail d'opérateur de pompe à béton lui a été transmise par compagnonnage et par formation en établissement.

En tant qu'opérateur de pompe à béton, ses tâches étaient liées à l'utilisation d'une pompe à béton montée sur remorque. Il était assigné à la pompe à béton identifiée [REDACTED] depuis [REDACTED]. Celle-ci est tractée par une camionnette et elle est sollicitée pour des coulées de béton en chantiers dans la région métropolitaine de Montréal.

Selon l'employeur, l'opérateur n'a jamais rapporté de problématique liée à une défectuosité des systèmes de sécurité sur la pompe à béton [REDACTED]. Il était un opérateur consciencieux et à son affaire.

Il n'avait pas de connaissances spécifiques en mécanique ni en électricité. Des témoins rapportent qu'il ne prenait pas de risques inutiles et qu'il avait l'habitude de communiquer avec d'autres personnes lors de problèmes mécaniques et techniques.

Le 15 décembre 2023, il est seul pour exécuter sa tâche. Il porte un chandail ainsi qu'une chemise à manches longues.

4.2.3 Informations sur la formation des opérateurs et sur la tâche de nettoyage de la trémie

Les opérateurs de pompe à béton sont rencontrés à l'embauche et à chaque début d'année pour rappeler certaines politiques et consignes.

Le « livre de bord » et le programme de prévention identifient le risque lié à l'agitateur en rotation dans la trémie. Les mesures à prendre pour contrôler ce risque y sont indiquées. En effet, le « livre de bord » prévoit les précautions lors du nettoyage de la trémie (voir figure 7) tandis que le programme de prévention mentionne les exigences relatives à la conformité de l'équipement (voir figure 8).



Fig. 7 : Extrait de la page 14 du « livre de bord » de la P87

Source : Pompage Élite inc.



Fig. 8 : *Extrait de la page 39 du programme de prévention*
Source : Pompage Élite inc.

Le « livre de bord » inclut aussi des extraits en anglais du manuel du fabricant pour les étapes de nettoyage.

La version francophone de ces extraits est présentée ci-dessous.

Pour effectuer la tâche suivante, assurez-vous que vous êtes bien stable et que la grille de trémie est en place. Pulvérisisez d'eau la trémie à partir du haut (Figure 52). Faites tourner l'agitateur jusqu'à ce que les pales aspergées soient propres. Éliminez le matériau de la trémie en la rinçant et en écoulant par la porte de nettoyage du bas.

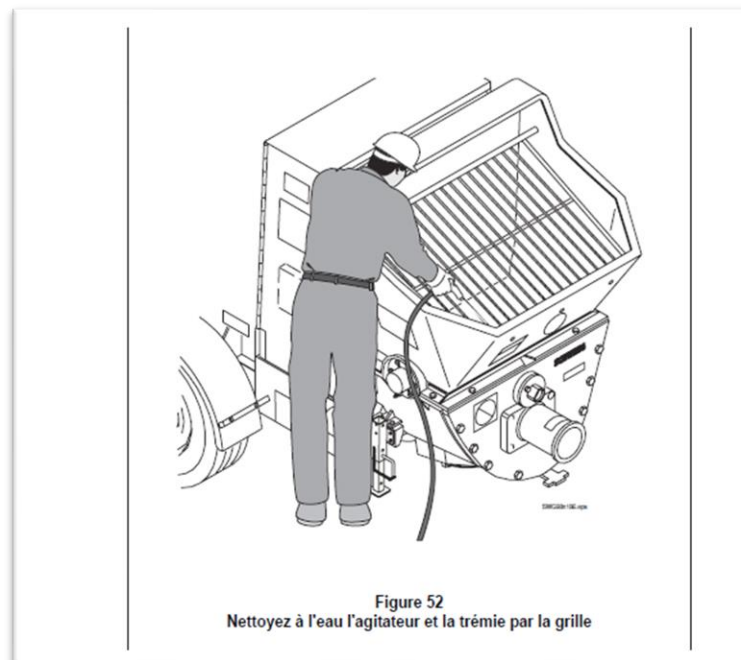


Fig. 9 : *Extrait du manuel du fabricant*
Source : Manuel du fabricant Schwing 2007 (version francophone)

Arrêtez l'agitateur en plaçant la vanne manuelle en position centrale. Ne passez à l'étape suivante qu'après avoir effectué cet arrêt. Vous pouvez vérifier l'arrêt de l'agitateur en regardant dans la trémie (Figure 53)

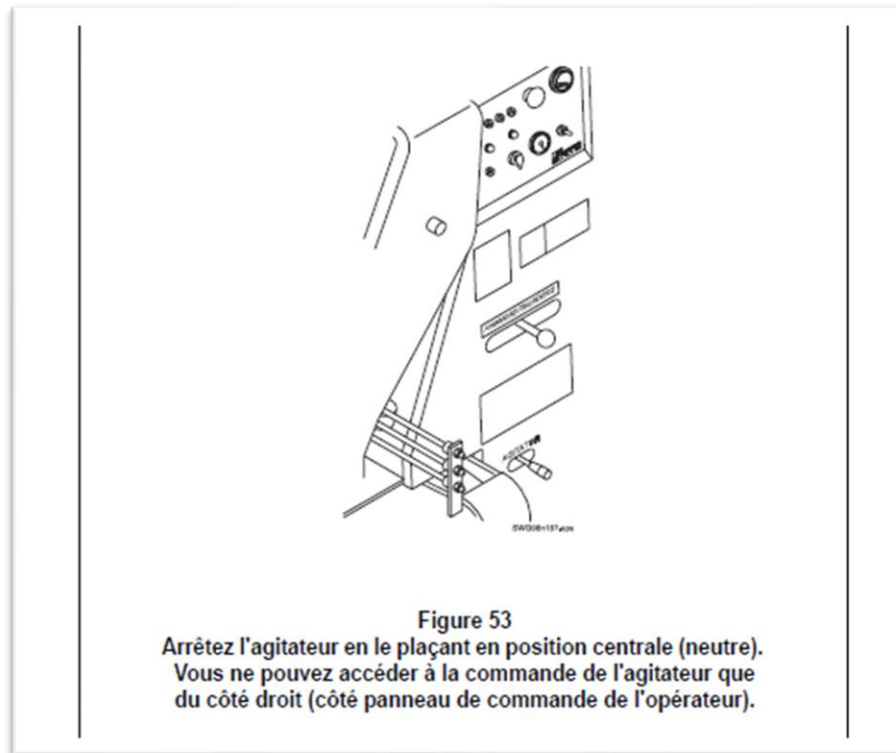


Fig. 10 : Extrait du manuel du fabricant
Source : Manuel du fabricant Schwing 2007 (version francophone)

*Recherchez tout matériau pris dans les coins de votre trémie à l'aide d'un morceau d'armure ou toute autre barre longue et rigide (Figure 54). **Ne retirez pas la grille de la trémie pour cette tâche ni pour aucune autre.** Vous devez procéder avec la grille de trémie en place.*

Ne passez pas trop de temps sur ce lavage afin de ne pas permettre la prise du béton dans la vanne à bascule et les cylindres de matériau.

*Si le béton dans la trémie est complètement pris, vous devez utiliser un marteau de déchetage ou tout autre outil puissant pour la nettoyer. La grille est amovible à cette fin mais tout le système **hydraulique doit être d'abord désactivé en arrêtant le moteur et en retirant la clé.** Par sécurité, il est recommandé de revenir à votre atelier pour éliminer du béton complètement pris. Une fois le béton pris, il n'y a aucun avantage de le morceler sur le chantier.*

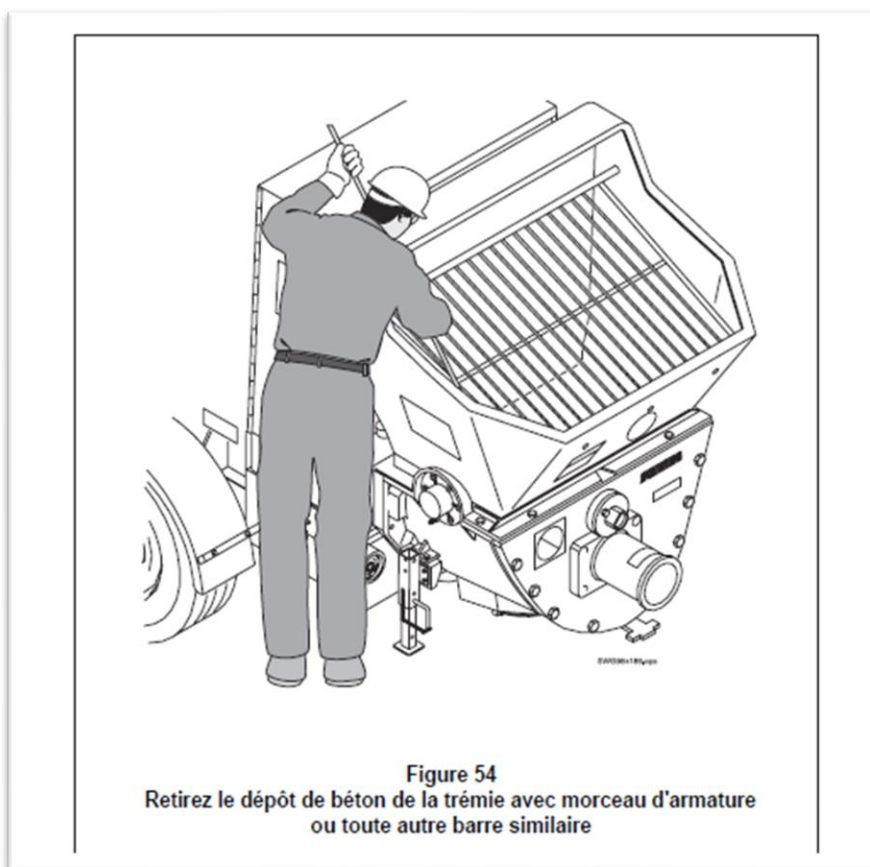


Fig. 11 : *Extrait du manuel du fabricant*
Source : Manuel du fabricant Schwing 2007 (version francophone)

Malgré ces indications, les opérateurs apprennent comment nettoyer la trémie en observant différents opérateurs lors de la période de compagnonnage et de formation initiale.

Les opérateurs sont ensuite libres du choix de la méthode et de l'ordre de nettoyage. Le nettoyage inclut le rinçage à l'eau de la valve à bascule et de l'agitateur. Selon les témoignages, certains opérateurs activent l'agitateur durant cette étape et d'autres mentionnent que cela n'est pas nécessaire. De même, certains opérateurs rapportent devoir relever la grille pour terminer le nettoyage alors que d'autres laissent la grille rabaisée.

La qualité du nettoyage est laissée à la discrétion de l'opérateur. Certains opérateurs rapportent y faire un lavage sommaire alors que d'autres rapportent y prendre un soin particulier, voire esthétique.

L'opérateur était, quant à lui, reconnu pour être minutieux dans ses nettoyages. L'employeur n'est cependant pas en mesure de nous indiquer comment il procédait. L'employeur ne sait pas si les règles de sécurité prescrites dans le « livre de bord » étaient respectées. Un témoin nous rapporte avoir observé l'opérateur durant le nettoyage et nous précise qu'il avait l'habitude d'arrêter le fonctionnement de l'agitateur avant de relever la grille pour terminer le nettoyage. Il lui arrivait d'ailleurs régulièrement de relever cette grille.

4.2.4 Informations sur l'organisation du travail et la supervision

Les opérateurs de pompe à béton sont attitrés à un équipement qu'ils opèrent pour une durée variant de quelques mois à quelques années. Ils sont responsables de cet équipement.

L'employeur utilise des emplacements de stationnement dans les régions de Lanaudière et de la Montérégie afin de faciliter les déplacements de ses opérateurs. L'opérateur stationnait son équipement dans l'un de ces stationnements jusqu'à l'été 2023. Depuis ce temps, la pompe à béton [REDACTED] était stationnée à l'établissement principal de l'employeur, à Sainte-Julie. Cet établissement est muni d'un garage d'entretien mécanique.

Une ronde de sécurité routière est obligatoire tous les matins. Celle-ci vise les éléments listés par la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). Cette ronde n'adresse pas les éléments de sécurité pour l'opération de la pompe à béton.

Les opérateurs ne sont d'ailleurs pas tenus de vérifier les éléments de sécurité de la pompe à béton tels que le fonctionnement du dispositif de verrouillage de la grille de la trémie et le fonctionnement des arrêts d'urgence.

Une inspection générale de l'état de la pompe à béton est planifiée annuellement. Cette inspection est effectuée à l'interne.

Les travaux en chantier sont principalement exécutés par un seul opérateur dans le cas des pompes à béton montées sur remorque. La supervision sur les chantiers est limitée. Il est de la responsabilité des opérateurs de pompe à béton d'appeler l'employeur en cas de problème.

Les bris sur chantier sont rapportés soit I [REDACTED], J [REDACTED], B [REDACTED], à la répartition, A [REDACTED] ou F [REDACTED], en fonction de la préférence de l'opérateur et du type de problème. Il n'y a pas de procédure claire à cet effet.

4.2.5 Informations sur l'équipement

4.2.5.1 Informations générales

L'équipement impliqué dans l'accident est une pompe à béton montée sur remorque de marque Schwing, modèle SP 750-18, achetée neuve en 2010 par l'employeur. Elle porte l'identification [REDACTED] à l'interne.

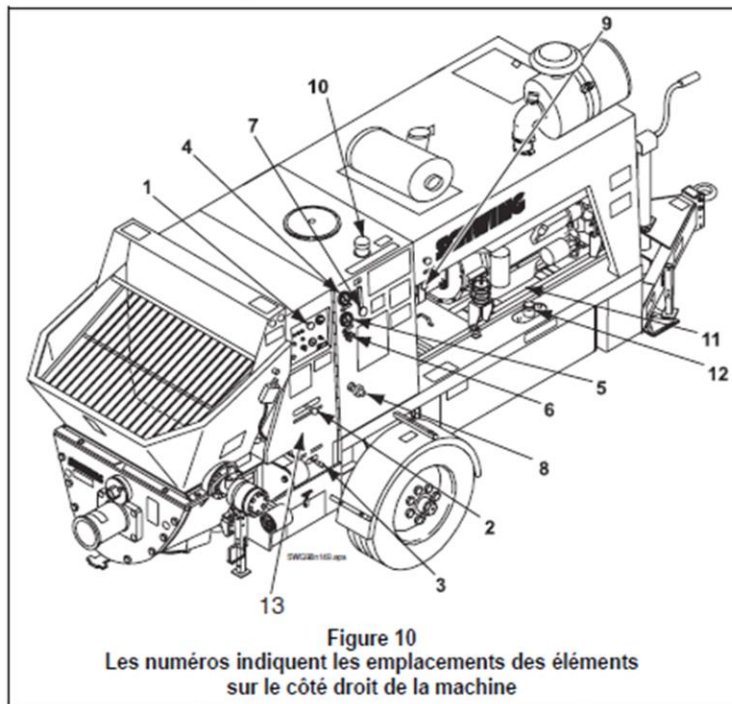
Il s'agit d'un équipement monté sur une remorque et muni d'un moteur diesel générant une puissance de 100 HP. La pompe fonctionne grâce à un circuit hydraulique générant 300 bars. Selon le manuel du fabricant, la pression hydraulique permettant d'activer l'agitateur est de 125 bars.

Le manuel du fabricant illustre l'emplacement des composants et des commandes du côté droit de la machine.

Généralités

SCHWING

Emplacements des composants



Afin de vous familiariser avec la machine, nous vous la ferons découvrir par une simulation d'inspection (Figure 10).

Composants côté droit

1. Panneau de commande principal
2. Vanne manuelle de débit avant, neutre, débit arrière
3. Vanne manuelle de l'agitateur
4. Pression de l'accumulateur
5. Manomètre de la pompe hydraulique
6. Robinet d'arrêt du manomètre
7. Thermomètre hydraulique
8. Manette des gaz
9. Limiteur de course
10. Orifice de remplissage de l'huile hydraulique
11. Robinet de vidange de l'huile du moteur diesel
12. Remplissage du réservoir de carburant diesel
13. Robinet de blocage quart de tour

- Élément 1. Panneau de commande principal (Figure 11). Le panneau de commande principal contient l'élément qui permet de basculer entre fonctionnement local et fonctionnement à distance. En outre, le panneau de commande principal contient les commandes nécessaires au mode local. Un bouton d'arrêt d'urgence est également situé sur ce panneau de commande principal.

1. Fusible F1 – Circuit marche/arrêt de la pompe.
2. Fusible F2 – Non utilisé (réservé au vibreur en option).
3. Fusible F3 – Boutons d'arrêt du circuit du carburant et boutons d'arrêt d'urgence.
4. Fusible F4 – Circuit de dérivation de l'agitateur.
5. Bouton d'arrêt d'urgence – Si vous appuyez sur ce bouton, vous arrêtez le moteur et dirigez tous les circuits d'huile hydraulique vers le réservoir, ce qui immobilise la machine.

Fig. 12 : *Emplacement de certains composants des pompes à béton modèle SP*

Source : Manuel du fabricant Schwing 2007

La pompe peut être opérée directement au panneau de commandes principal ou à l'aide d'une télécommande sans fil.



Fig. 13 : Télécommande sans fil de la pompe

Source : CNESST

Un commutateur est présent sur le panneau de commande à cet effet. Le 15 décembre 2023, ce commutateur est positionné pour une opération au panneau de commande, rendant la télécommande inopérante.



Fig. 14 : Commutateur local/distant sur le panneau de commandes principal de la au moment de l'accident

Source : CNESST

4.2.5.2 Informations sur la trémie

La pompe à béton montée sur remorque est munie d'une trémie de chargement à l'arrière.

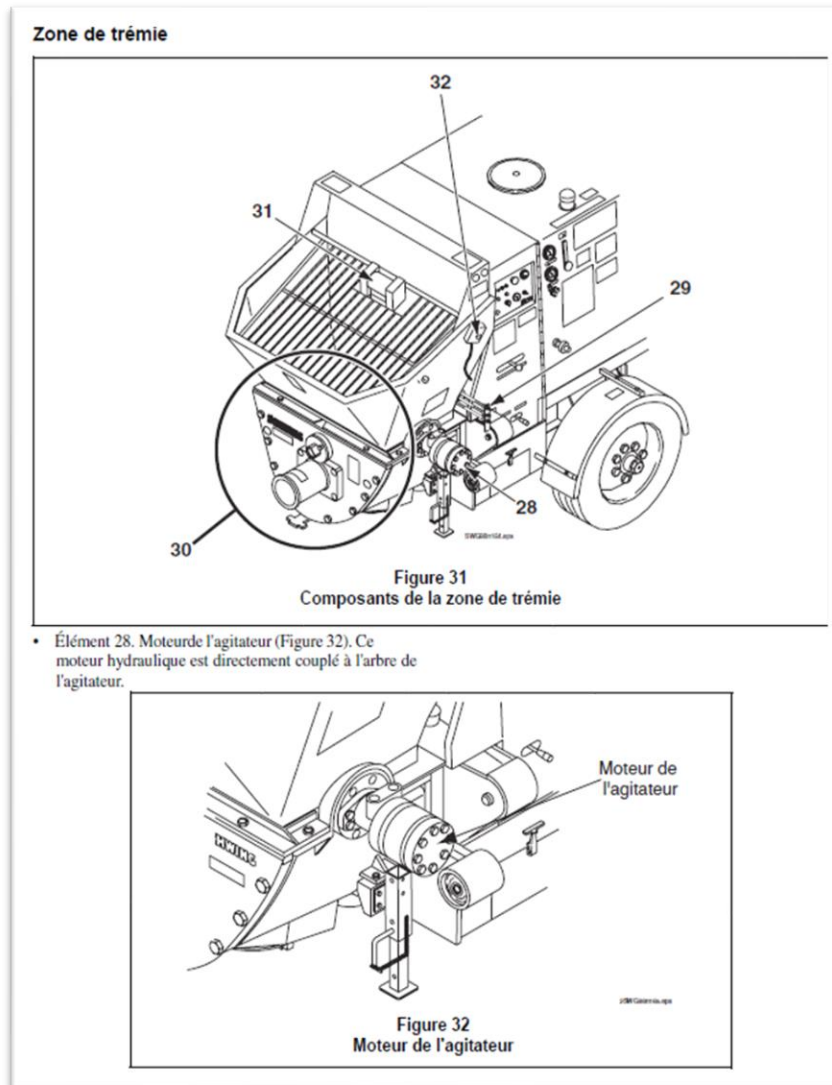


Fig. 15 : Schéma de la trémie
Source : Manuel du fabricant Schwing 2007

Cette trémie présente les dimensions et les caractéristiques suivantes :

- Une hauteur de chargement de trémie de 1,29 m;
- Une largeur de trémie de 1 m;
- Une hauteur de trémie (cuve) de 0,91 m, dont la forme s'apparente à un « V »;
- Une profondeur de 0,77 m au niveau de la grille;

- Une valve à bascule (*rock valve*) présente au fond de la trémie pour permettre le pompage du béton;
- Un agitateur à palettes dans la trémie (défini à la section suivante);
- Une grille protégeant l'accès à la trémie et à ses pièces en mouvement.



Fig. 16 : Trémie de la pompe à béton avec la grille rabaisée

Source : CNESST

Selon le manuel du fabricant Schwing, la grille de la trémie se définit comme étant un :

Couvercle à maille placé sur la trémie de béton, composé typiquement de barres d'acier. Placé correctement, il sert à protéger le personnel et à empêcher que l'agitateur ne happe un membre ou toute autre partie du corps et à éviter que de gros objets étrangers ne tombent dans la trémie, ce qui risque de provoquer des blocages si ces objets sont pompés. La grille de trémie DOIT être fixée en place pour être efficace.

4.2.5.3 Informations sur l'agitateur

La trémie est munie d'un agitateur à palettes, placé sous la grille, à la mi-profondeur de la trémie. Son arbre est placé à l'horizontale et occupe l'ensemble de la largeur de la trémie.

Selon le manuel du fabricant, l'agitateur se définit comme étant un *dispositif installé dans la trémie à béton pour que le béton soit toujours en mouvement afin d'éviter qu'il ne prenne. En général, il s'agit d'un arbre pivotant équipé de palettes.*



Fig. 17 : Vue de l'agitateur dans la trémie de la pompe grille relevée

Source : CNESST

Il présente les caractéristiques suivantes :

- L'agitateur est un dispositif à arbre horizontal lisse muni de deux groupes de palettes à ses extrémités.
- L'agitateur tourne sur son axe grâce à un moteur alimenté par la pression hydraulique du système, à une vitesse d'environ 30 tours/minute à bas régime.
- Il peut effectuer sa rotation dans les deux sens ou être placé au neutre au moyen d'une vanne manuelle.
- Il est placé au centre de la trémie quant à la hauteur et à la profondeur de cette dernière.
- Un circuit d'arrêt automatique de l'agitateur prévoit son arrêt lors de l'ouverture de la grille de la trémie.

4.2.5.4 Informations sur les dispositifs de sécurité prévus par le fabricant

Différents dispositifs de sécurité sont prévus, notamment des dispositifs d'arrêt d'urgence, des protecteurs, le verrouillage de la grille de la trémie et des fusibles, comme démontré dans la figure 18.

Dispositifs de sécurité

Cette section regroupe séparément des dispositifs de sécurité qui se trouvent sur la pompe. Les éléments indiqués ici DOIVENT être conservés en bon état de marche afin d'éviter tout risque de blessure. Le contournement d'un dispositif de sécurité pour réparation/entretien ou pliage d'urgence ou nettoyage ne doit être effectué que par des personnes sachant parfaitement quels sont les systèmes désactivés par ce contournement. Les dispositifs doivent être replacés à leur état initial après la réparation ou la procédure d'urgence.

Boutons d'arrêt d'urgence

En plus du bouton d'arrêt d'urgence sur le panneau de commande principal, il existe un bouton d'arrêt d'urgence à l'opposé de la trémie et sur la partie supérieure du caisson d'eau. Le boîtier de la télécommande est également doté d'un bouton d'arrêt d'urgence. Tous les boutons d'arrêt d'urgence font exactement la même chose car ils sont câblés en série. Le bouton d'arrêt d'urgence du boîtier de la télécommande ne fonctionne que si le boîtier est enfiché car, dans le cas contraire, il est retiré du système électrique. Les boutons d'arrêt d'urgence coupent l'électricité à la vanne de débit avant/arrière/pilote de la pompe à béton. En outre, ils coupent le courant électrique à la vanne de contournement normalement ouverte (vanne de purge).

Circuit d'arrêt automatique de l'agitateur

Le circuit hydraulique de l'agitateur passe par une vanne de purge distincte qui achemine l'huile directement de la pompe au réservoir en cas de problèmes de sécurité suivants :

- la machine a subi une coupure d'électricité
- la grille de trémie est levée
- la grille de trémie est retirée

Malgré ce dispositif de sécurité, il est important de se rappeler que le dispositif de sécurité est constitué de pièces de machine qui, selon la loi de Murphy, tombent en panne au pire moment possible. Évitez toujours de placer les mains, les bras, les jambes ou toute autre partie du corps dans la trémie quand le système hydraulique est prêt à fonctionner.

Soupapes de sûreté (Soupapes de retour)

La pressions indiquées sur les schémas du système hydraulique et dans les manuels et la documentation ne représentent pas des valeurs nominales. La machine a été conçue pour fonctionner à de telles pressions et les composants ont été conçus pour s'y ajuster. Dans certains

cas, les pressions peuvent être « bidouillées » en vue de réaliser certaines tâches mais ceci ne doit être accompli que sur conseil d'un agent Schwing qui maîtrise parfaitement le système et les dispositifs de sécurité, par exemple, un réparateur qui donnera une marche à suivre pas à pas. En aucun cas, les pressions doivent être augmentées arbitrairement ou simplement parce que vous pensez que « cela peut aider ». En revanche, la réduction des paramètres de pression peut entraîner de mauvaises performances de la machine, provoquer un dégagement de chaleur et entraîner l'usure prématurée des composants et même un fonctionnement dangereux.

Garants de sécurité

En plus des dispositifs de sécurité mentionnés au préalable, des garants de sécurité sont placés sur les pièces mobiles. Voici la liste de garants de sécurité :

- Grille et couvercles du caisson d'eau
- grille de trémie
- couvercle du vérin de rotation

Ces garants sont destinés à assurer VOTRE protection. N'utilisez pas la machine qu'avec tous ces garants de sécurité en place. En cas de dommage, perte, vol ou mauvais fonctionnement, dans des circonstances quelconques, vous devez les remplacer avant de continuer à utiliser la machine.

Fusibles

Les fusibles sont des dispositifs de protection contre une panne générale du circuit, la propagation d'un incendie ou tout fonctionnement dangereux. Pour ce faire, un fusible fond quand le courant d'un circuit électrique dépasse une limite autorisée. Voici des exemples provoquant une surintensité :

- Courts-circuits (le positif passe au négatif sans résistance).
- Mauvais fonctionnement d'un composant (bobine devant déplacer une vanne coincée).
- Interférence mécanique (poignée d'une pelle coincée dans la pale du ventilateur de refroidissement d'huile).

Afin de maintenir ce dispositif de sécurité opérationnel, vous devez simplement remplacer un fusible grillé par un fusible de même type et même calibre et NE JAMAIS contourner un fusible. Suivez le bon principe suivant : Si un fusible grille, remplacez-le. Si le fusible grille à nouveau, il y a quelque chose de grave. Déterminez la cause du problème et réparez avant de réactiver le circuit.

Fig. 18 : Dispositifs de sécurité prévus par le fabricant

Source : Manuel du fabricant Schwing 2007

Le fabricant prévoit un dispositif de verrouillage en lien avec le positionnement de la grille de la trémie. La figure 19 présente le dispositif de verrouillage sans son couvercle de protection. Le modèle présent sur la pompe à béton  est le modèle encerclé en vert.

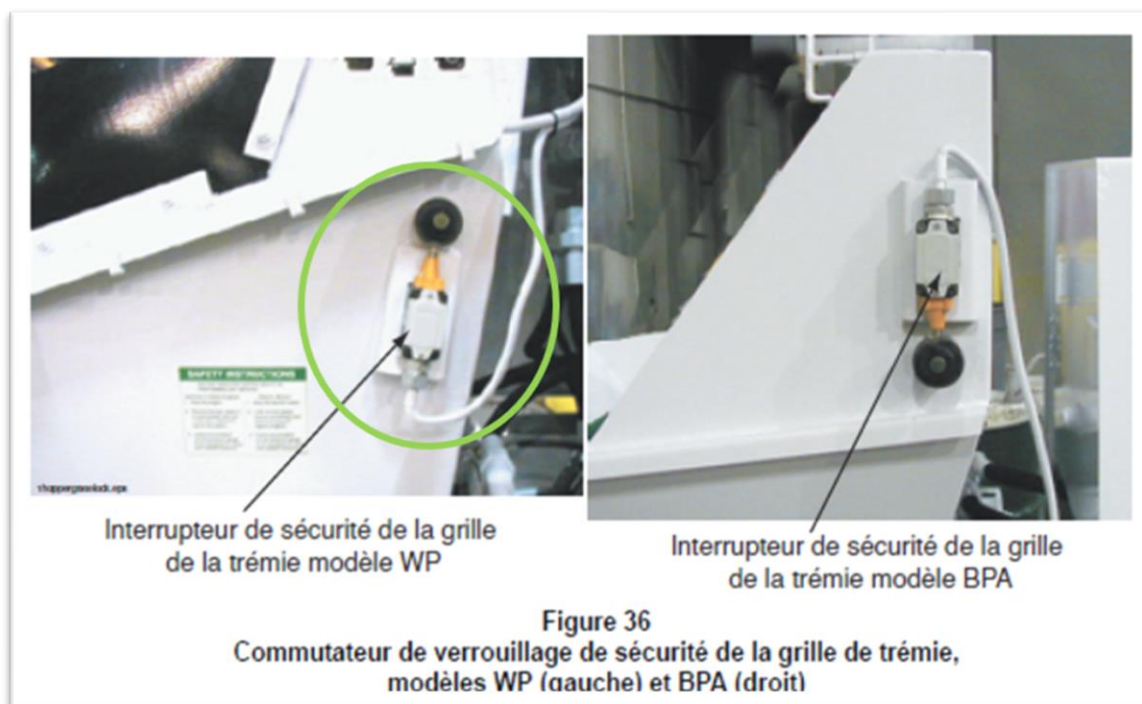


Fig. 19 : *Dispositif de verrouillage prévu par le fabricant*

Source : Manuel du fabricant Schwing 2007, modifié par la CNESST

Le manuel du fabricant indique que *pour fermer le commutateur de sécurité, la grille de trémie doit être en position basse maximale, sinon la pompe ne peut pas fonctionner.*

Le fabricant prévoit que la levée de la grille, aussi bien qu'un léger soulèvement, enclenche le dispositif de verrouillage, arrêtant ainsi le système hydraulique et donc le mouvement de l'agitateur et de la valve à bascule.

Les modèles plus récents sont munis d'un dispositif de retenue de la grille afin d'éviter son soulèvement inopiné, comme lors d'un trop-plein de béton (ex. : par pompage inversé). La pompe à béton ■■■ n'en est pas munie.

Le fabricant prévoit également quatre dispositifs d'arrêt d'urgence sur la pompe à béton, tels que présentés sur la figure 20.

Selon le manuel du fabricant, il est prévu que *si vous appuyez sur ce bouton, vous arrêtez le moteur et dirigez tous les circuits d'huile hydraulique vers le réservoir, ce qui immobilise la machine.* Autrement dit, l'activation d'un arrêt d'urgence arrête le moteur.

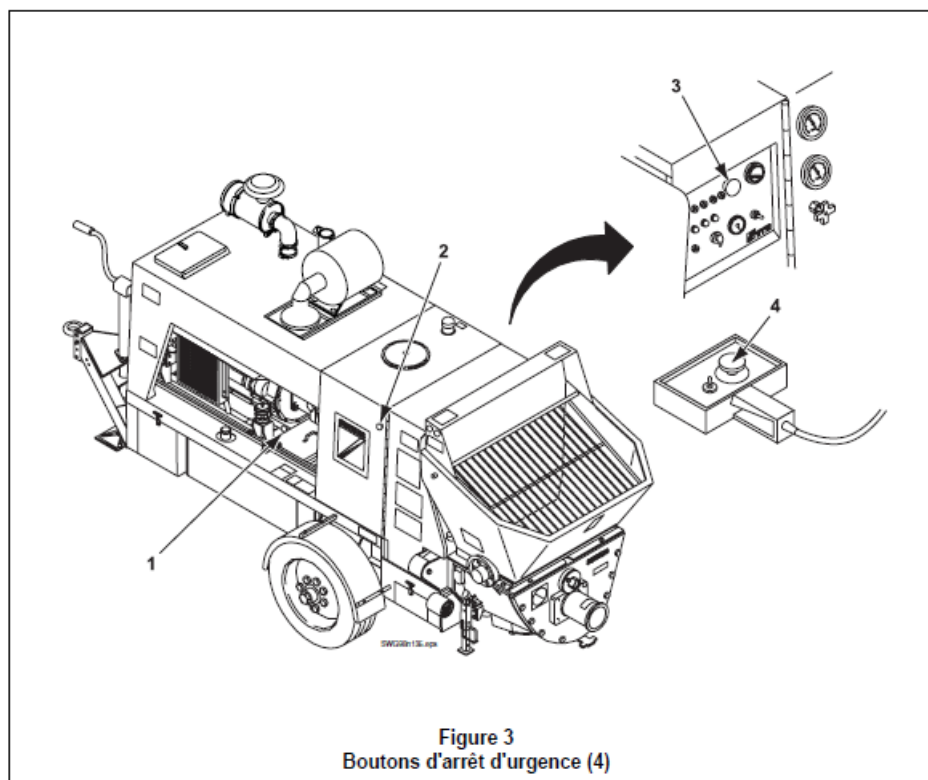


Fig. 20 : *Emplacement des arrêts d'urgence*
Source : Manuel du fabricant Schwing 2007

4.2.6 Informations sur les rappels de sécurité prévus par le fabricant

Le manuel du fabricant prévoit plusieurs rappels de sécurité, notamment :

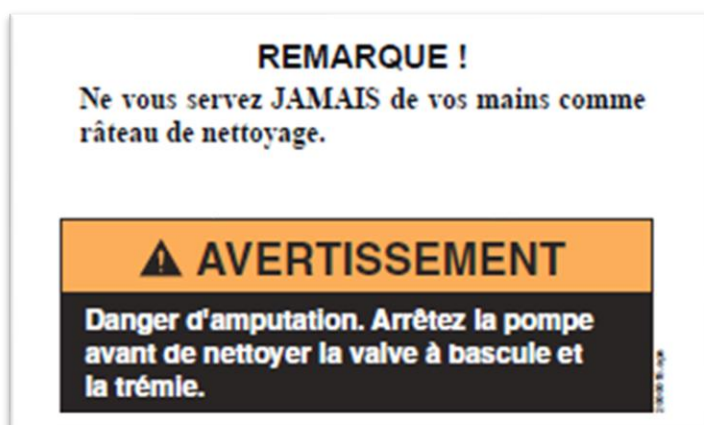


Fig. 21 : *Rappel de sécurité*
Source : Manuel du fabricant Schwing 2007

Retrait des dispositifs de sécurité.

Parfois, il faut retirer un garant ou tout autre dispositif de sécurité afin de pouvoir procéder à l'entretien. Dans ces cas, vous devez prendre de très grandes précautions pour assurer votre sécurité et celle de vos collègues. Si vous devez placer vos mains, pieds ou toute autre partie de votre corps dans une partie de la machine qui, normalement, est protégée, assurez-vous que la machine est arrêtée et que la clé se trouve dans votre poche. S'il existe plusieurs clés en circulation, vous devez placer une pancarte « NE PAS UTILISER » sur les commandes ou le contacteur de démarrage.

Avant de redémarrer la machine après l'entretien, assurez-vous de d'écarter tous les outils, les pièces et les fournitures et de nettoyer la zone où se trouve le personnel. Si votre entreprise a une réglementation de « verrouillage étiquetage » sur le chantier, veuillez la respecter.

Les pompes à béton sont suffisamment grandes pour pouvoir cacher un homme. Avertissez en criant bien fort à chaque démarrage de la machine et attendez un moment la réponse éventuelle avant de continuer.

Fig. 22 : *Consignes du fabricant pour l'entretien*

Source : Manuel du fabricant Schwing 2007

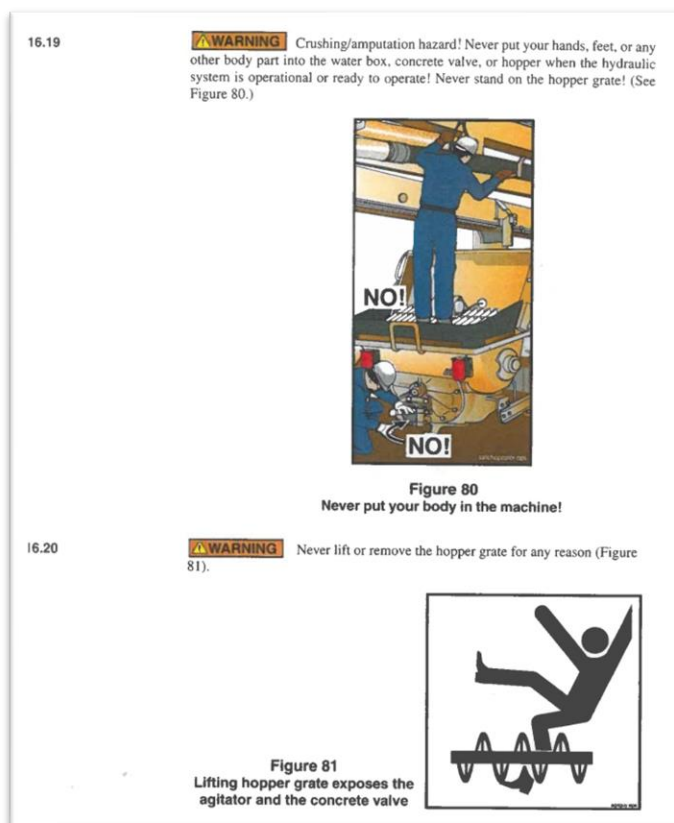


Fig. 23 : *Extrait de la page 64 du manuel de sécurité*

Source : Manuel du fabricant Schwing

4.2.7 Expertise sur la pompe à béton et son fonctionnement

La CNESST a demandé une expertise externe afin de déterminer et d'expliquer le mode de fonctionnement général de la pompe à béton, du dispositif de sécurité de la grille de la trémie et des dispositifs d'arrêt d'urgence.

Le rapport d'expertise intégral est disponible à l'annexe C du présent rapport.

Il est indiqué que le démarrage actuel du moteur n'est pas effectué comme il a été conçu par le fabricant. En effet, la clé de démarrage d'origine n'est plus utilisée. Le démarrage du moteur s'effectue en réarmant l'arrêt d'urgence (K sur la figure 24) et en appuyant sur le sélecteur à deux positions momentanée (L sur la figure 24). Il est à noter que ce boîtier n'est pas d'origine et a été ajouté sous le panneau de commandes principal.

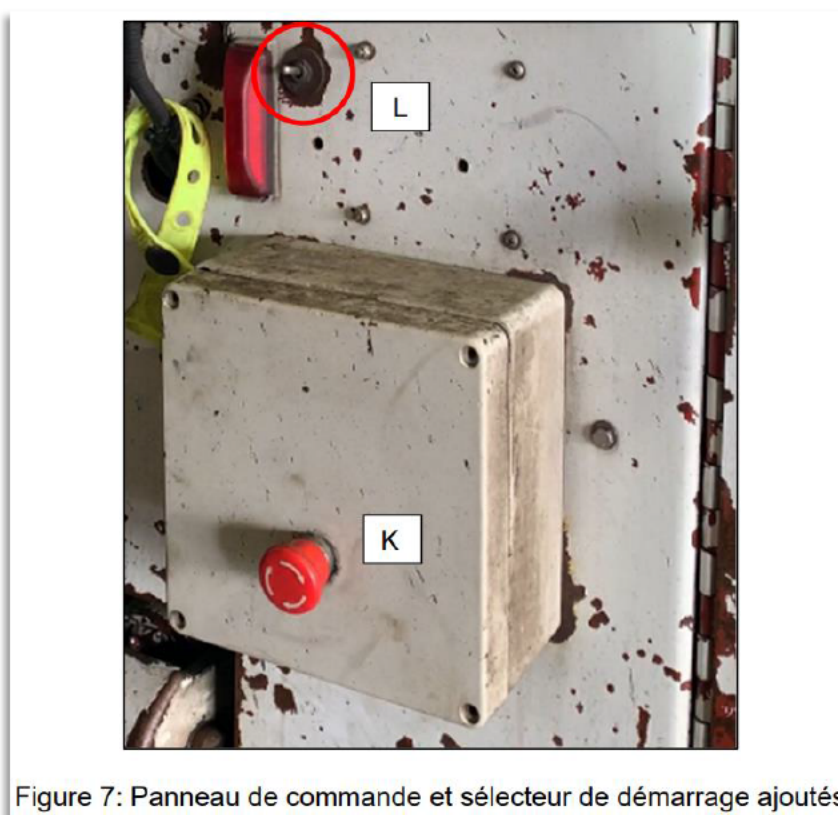


Fig. 24 : Figure 7 du rapport d'expertise
Source : Rapport d'évaluation - Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

Concernant le fonctionnement du dispositif de sécurité de la grille de la trémie, celui-ci rejoint les prescriptions du principe de l'action mécanique positive. En effet, l'ouverture de la grille doit normalement provoquer la rotation de la came forçant l'enfoncement du poussoir à galet, provoquant l'ouverture du circuit électrique. Ce principe est illustré à la figure 25, tirée du rapport d'expertise.

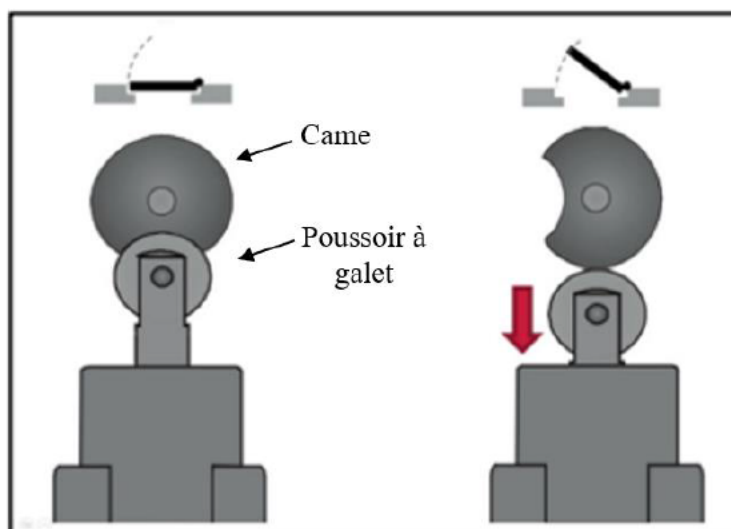


Fig. 25 : Extrait de la figure 8 du rapport d'expertise
Source : Rapport d'évaluation - Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()
(modifiée par la CNESST)

L'expert indique que : *Les essais menés lors des visites ont montré que cette fonction de détection n'était pas fonctionnelle. L'ouverture de la grille de protection ne provoquait pas l'arrêt de l'agitateur ni de la valve à bascule.*

Dans son rapport, l'expert relève différentes déficiences sur ce dispositif de sécurité.

- La came de l'interrupteur n'est pas fixée et est désalignée (voir cercle rouge) par rapport au poussoir, empêchant la détection de l'ouverture de la grille.

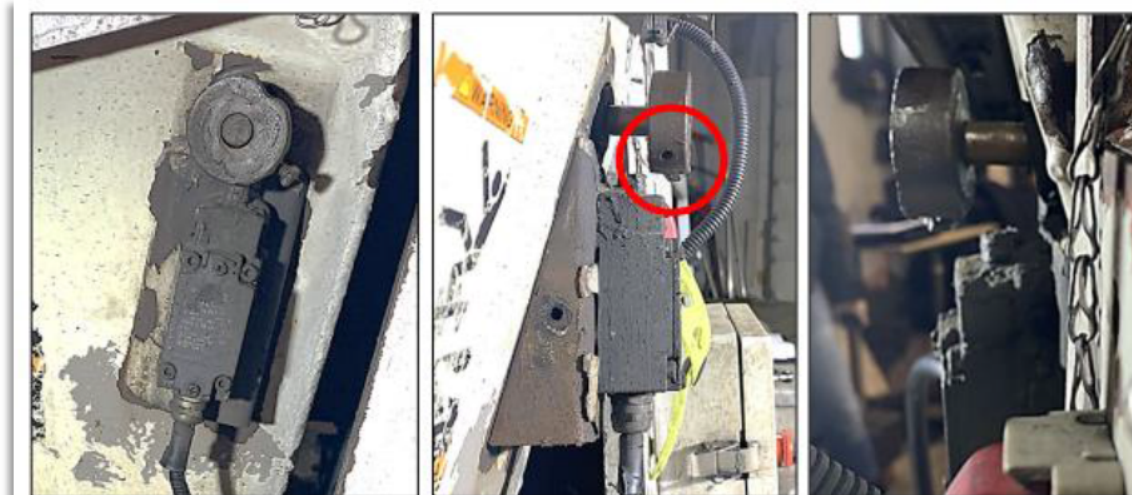


Figure 13: État de l'interrupteur de position et de la came au moment du retrait du capot

Fig. 26 : Extrait de la page 31 du rapport d'expertise
Source : Rapport d'évaluation - Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

- Le poussoir de l'interrupteur est bloqué en position enfoncée.



Figure 14: Poussoir à galet de l'interrupteur bloqué en position enfoncée²¹

Fig. 27 : *Extrait de la page 32 du rapport d'expertise*
Source : Rapport d'évaluation - Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

- L'interrupteur est neutralisé alors que ses branchements sont modifiés (soudés et gainés).

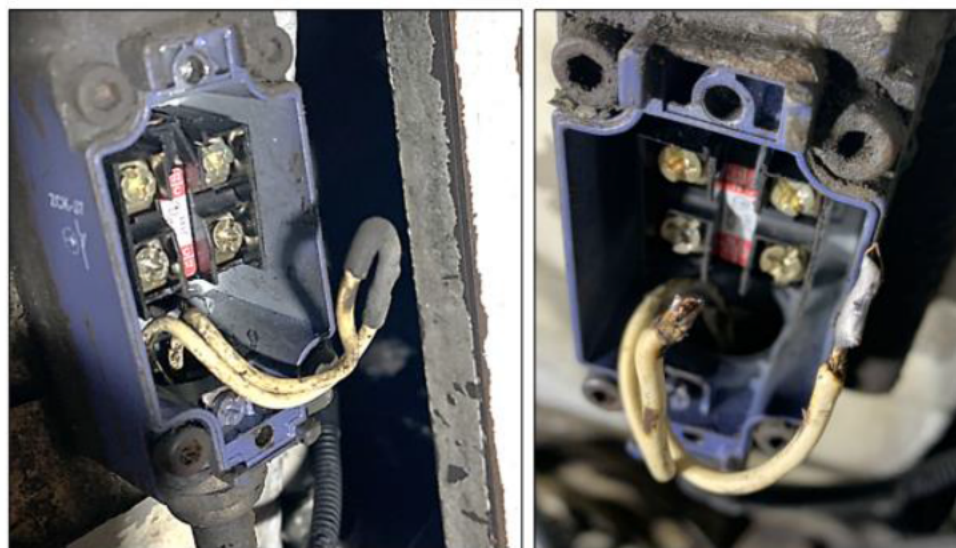


Figure 16: Contournement des branchements de l'interrupteur de position²⁴

Fig. 28 : *Extrait de la page 34 du rapport d'expertise*
Source : Rapport d'évaluation - Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

À ce sujet, l'expert précise ceci aux pages 33 et 34 de son rapport :

En établissant ce contact entre les deux fils, l'alimentation électrique de la valve hydraulique de contournement, sensée stopper les mouvements de l'agitateur n'est jamais coupée ce qui empêche l'arrêt de l'agitateur en tout temps, même si la grille de protection est ouverte. Cette modification, illustrée à la figure 16, a été réalisée de manière organisée avec les bons outils et les bons accessoires. Plutôt que d'être simplement torsadés ensemble et recouverts de ruban électrique isolant, les fils ont été soudés et recouverts par une gaine thermorétractable (heat shrink tubing). Il est peu probable que cette modification ait été réalisée en urgence, sur un chantier par exemple, afin de réaliser un dépannage suite à une défaillance, mais plutôt dans un contexte où cette la décision a été évaluée.

Les observations faites lors de l'expertise montrent également que le circuit de commandes principal de la machine a fait l'objet de modifications importantes. Celles-ci ont une répercussion notamment sur la portion du circuit relative aux dispositifs d'arrêt d'urgence.

En effet, les arrêts d'urgence prévus par le fabricant sont non fonctionnels tandis qu'un circuit d'arrêt d'urgence a été ajouté. Ce dernier est, par ailleurs, muni d'un contournement identifié « BAY-PASS » dans le panneau ajouté sous le panneau de commandes principal.



Figure 21: Fil de contournement de la fonction d'arrêt d'urgence

Fig. 29 : Extrait de la page 41 du rapport d'expertise

Source : Rapport d'évaluation - Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

Ainsi, des trois dispositifs d'arrêt d'urgence sur l'équipement et de celui sur la télécommande, seul l'arrêt d'urgence situé près des commandes est fonctionnel. Toutefois, le branchement des fils de contournement accessibles dans le panneau de commande ajouté et identifiés « BAY-PASS » rend cet arrêt d'urgence inutilisable.

Au moment de l'accident, les fils identifiés « BAY-PASS » ne sont pas connectés. L'arrêt d'urgence situé sur le boîtier est fonctionnel.

4.2.8 Témoignages recueillis concernant les modifications apportées sur l'équipement

Selon les informations recueillies auprès de l'employeur, les modifications apportées au mode de démarrage de la pompe à béton [REDACTED] l'ont été pour éviter les problèmes liés aux conditions climatiques hivernales. En effet, il semble que le barillet d'origine avait tendance à geler, empêchant le fonctionnement de la pompe à béton. Le boîtier blanc muni d'un dispositif d'arrêt d'urgence a ainsi été ajouté, de même qu'un interrupteur à ressort.

Les témoins œuvrant chez l'employeur ne sont pas en mesure de nous indiquer depuis quand cette modification est en place ni qui l'a demandée mais elle aurait été effectuée à l'interne par K [REDACTED].

Au moins une autre pompe à béton similaire présente les mêmes modifications au mode de démarrage chez cet employeur.

Ces modifications n'ont pas fait l'objet d'une attestation d'ingénieur ni d'un contrôle de la part du fabricant. Elles sont d'ailleurs considérées comme étant des réparations et non des modifications de la part d'un représentant de l'employeur.

La documentation en lien avec ces modifications ne nous a pas été fournie.

Concernant le contournement du dispositif de sécurité, plusieurs intervenants ont été questionnés dans le but de mieux comprendre les raisons ayant mené à cette modification.

Selon les témoins œuvrant chez l'employeur, il n'y aurait aucun intérêt à contourner un dispositif de sécurité sur les pompes à béton et ils précisent qu'il n'y a jamais eu de contournement d'élément de sécurité sur la pompe à béton [REDACTED]. Aucun bris d'élément de sécurité sur cette pompe n'est d'ailleurs rapporté.

Selon ces témoignages, les dispositifs de verrouillage et les arrêts d'urgence sur les pompes à béton n'ont pas tendance à briser ou à être défectueux.

L'inspection annuelle de la pompe à béton [REDACTED] aurait eu lieu le 11 janvier 2023. Le dispositif de verrouillage de la grille ainsi que les arrêts d'urgence sont indiqués comme étant tous fonctionnels au « Certificat d'inspection d'équipement de construction » remis par l'employeur. Ce document serait tenu dans un registre. Le lieu de conservation dudit registre est toutefois variable selon la personne questionnée. Ce registre n'a pas été fourni lors de l'enquête.

Concernant le nettoyage, les représentants de l'employeur nous indiquent que la trémie se lave bien et qu'il n'est pas nécessaire de lever la grille pour terminer le nettoyage.

Ainsi, selon les témoignages internes recueillis, rien ne justifierait que quiconque contourne un élément de sécurité. Selon leurs affirmations, le contournement du dispositif de verrouillage aurait été effectué en 2023 à l'insu de l'employeur.

Dans le cas de la présente enquête, d'autres intervenants du même secteur d'activité (pompage de béton) ont été rencontrés. Parmi ceux-ci, d'anciens opérateurs de Pompage Élite inc. ayant utilisé la pompe à béton [REDACTED] ainsi que des pompes similaires ont été questionnés.

Voici les éléments qui ont été recueillis par la CNESST.

- La coulée de béton est une activité critique qui nécessite que la pompe à béton soit fonctionnelle en continu.
- Un arrêt intempestif de la pompe à béton compromet la qualité de la coulée compte tenu de l'aspect périssable du béton liquide.
- Il arrive que des dispositifs de sécurité soient défaillants sur les pompes à béton lors d'activité en chantiers, empêchant le fonctionnement de la pompe hydraulique. Ces défaillances peuvent provenir de leur exposition répétée à des facteurs externes et environnants, comme la présence d'humidité ou d'eau, des vibrations de l'équipement ou un encrassement.
- Le contournement du dispositif de verrouillage de la grille permet de :
 - Mieux contrôler la coulée de béton en évitant des arrêts intempestifs dus notamment à un trop plein de béton dans la trémie ou à un bris du dispositif de verrouillage.
 - Gagner du temps lors du nettoyage de la trémie.
- Le contournement du dispositif de verrouillage de la grille est une mesure connue dans le milieu du pompage de béton et est, généralement, utilisée de façon temporaire pour permettre de terminer une coulée.

Concernant les pompes à béton de l'employeur, les témoins interrogés indiquent ceci :

- La rotation de l'agitateur de la trémie de la pompe à béton [REDACTED] ne s'arrêtait pas lors de l'ouverture de la grille de la trémie, et ce, avant 2022.
- Le contournement du dispositif de verrouillage de la grille de la pompe à béton [REDACTED] était permanent.
- D'autres pompes à béton présentaient des contournements de dispositifs de sécurité chez cet employeur.

4.2.9 Loi, réglementation et normes applicables

4.2.9.1 La Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) (S-2.1)

L'article 51 de la LSST stipule que :

51. 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:

[...]

3° s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur;

[...]

5° utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur;

[...]

7° fournir un matériel sécuritaire et assurer son maintien en bon état;

[...]

9° 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;

[...]

1979, c. 63, a. 51; 1992, c. 21, a. 303; 2001, c. 60, a. 167; 2005, c. 32, a. 308; 2021, c. 27, a. 139.

4.2.9.2 Le Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution (S-2.1, r. 9)

Le Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution stipule, notamment, ce qui suit :

19. Toute trémie de chargement d'une pompe à béton équipée d'un agitateur doit être fermée au moyen d'une grille.

D. 1520-92, a. 19.

20. Cette grille doit être conforme aux exigences suivantes:

1° elle doit être boulonnée en permanence ou munie d'un dispositif qui est conçu et construit de manière à provoquer l'arrêt de la pompe et de l'agitateur à béton dès son ouverture;

2° elle doit être conçue pour soutenir sans danger une personne d'au moins 100 kg;

3° la distance entre les barres ne doit pas être supérieure à 70 mm si elles sont disposées parallèlement l'une à l'autre, ou à 80 mm si elles sont disposées en treillis;

4° la distance qui sépare la grille du point de contact avec l'agitateur de la trémie ne doit pas être inférieure à 75 mm.

D. 1520-92, a. 20; D. 605-2014, a. 3.

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

La pompe à béton est utilisée sur les chantiers de construction et elle est donc soumise au CSTC qui prescrit ce qui suit :

3.10.13. Dispositifs de sécurité et protecteurs:

1. Des dispositifs de sécurité doivent protéger les éléments mobiles des machines. Ils doivent être conçus, construits et utilisés de manière à:

- a) assurer une protection efficace et à prévenir tout accès de la zone dangereuse pendant leur fonctionnement;*
- b) ne pas gêner le conducteur;*
- c) fonctionner automatiquement ou moyennant un minimum d'effort;*
- d) permettre facilement l'entretien et la réparation de la machine;*
- e) ne pas présenter d'arêtes vives, d'aspérités ou de barbes et à ne pas constituer en eux-mêmes une source de dangers; et*
- f) être solidement fixés.*

[...]

R.R.Q., 1981, c. S-2.1, r. 6, a. 3.10.13; D. 329-94, a. 56.

4.2.9.4 La norme CSA Z151 – Pompes à béton et flèches de distribution

La norme canadienne spécifique à la sécurité des pompes à béton indique notamment ceci :

4.1.20 Trémies

4.1.20.1

Les grilles des trémies des pompes réversibles doivent être conçues et construites de manière que leur ouverture provoque l'arrêt du robinet d'écoulement et de l'agitateur de béton.

5 Inspection, entretien et mise à l'essai**5.1 Carnet de la pompe à béton****5.1.1**

Les renseignements relatifs aux inspections, aux essais, à l'entretien et aux réparations qui ont des répercussions sur la sécurité de la pompe à béton doivent être consignés dans le carnet de la pompe à béton jusqu'à ce que la pompe à béton et la flèche de distribution soient retirées du service de façon permanente.

5.1.3

Le carnet de la pompe à béton doit

- a) fournir les renseignements dans un ordre logique et chronologique ;*
- b) décrire en détail les inspections et les essais et les travaux d'entretien, de réparation, de révisions et de modifications effectués. On doit y indiquer la date à laquelle le travail a été effectué et le nom de la personne qui l'a effectué, ainsi que le nombre total d'heures de service enregistré pour cette machine à ce jour ; et*
- c) fournir des détails sur tout incident qui aurait causé un endommagement de la machine ou aurait affecté son bon fonctionnement et des réparations subséquentes.*

5.2 Inspection**5.2.1 Généralités**

Le propriétaire doit s'assurer que les pompes à béton neuves, usagées, modifiées et (ou) réparées sont inspectées conformément aux spécifications du fabricant du matériel d'origine et selon les exigences pertinentes de cette norme.

Si l'inspection révèle qu'une condition présente un danger, la pompe à béton et la flèche de distribution doivent être mises hors service jusqu'à ce que les réparations soient effectuées.

5.2.2 Inspections normales

Les inspections normales sont de deux types : fréquentes et périodiques. Les inspections fréquentes sont effectuées à des intervalles allant de journalières à mensuelles, ou selon les recommandations du fabricant de la pompe. Les inspections périodiques sont effectuées moins souvent, mais au moins une fois par an. Les intervalles entre des inspections normales, exigées par la norme, ont été déterminés selon la nature des composants à inspecter et leur degré d'exposition à la détérioration ou à l'usure ou le risque de mauvais fonctionnement.

5.2.2.1 Inspections fréquentes

Une inspection fréquente comme prescrite aux articles 5.2.2.1.1 à 5.2.2.1.2 doit être effectuée par une personne désignée au moins une fois

par mois et les résultats doivent être consignés dans le carnet des opérations quotidiennes. L'inspection doit comprendre l'observation du matériel pendant le fonctionnement et pendant l'arrêt. La personne désignée doit déterminer si les conditions observées pendant l'inspection présentent un danger et si l'on doit procéder à une inspection plus détaillée par une personne qualifiée.

5.2.2.1.1

Une inspection fréquente de la machine doit comprendre la vérification des points suivants, le cas échéant :

a) le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité (p. ex., soupapes d'arrêt, protecteurs et verrouillage) ;

b) le bon fonctionnement des commandes ;

[...]

5.3 Entretien

[...]

5.3.4

Toutes les protections doivent être réinstallées, les dispositifs de sécurité doivent être réactivés et l'appareillage d'entretien doit être retiré une fois l'entretien terminé.

5.3.6

Les pièces de rechange doivent être conformes aux spécifications du fabricant ou les dépasser.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Le travailleur est entraîné dans la trémie en raison de l'enroulement de la manche de sa chemise autour de l'agitateur en fonction.

La pompe à béton utilisée par l'opérateur le jour de l'accident est munie d'une trémie de chargement à l'arrière. Cette trémie présente une hauteur de chargement d'environ 1,29 m par rapport au sol. Elle a une largeur de 1 m et une hauteur de 0,91 m. La forme de la trémie s'apparente à un « V ». Cette trémie est munie notamment d'un agitateur à palettes, soit un dispositif à arbre horizontal lisse muni de deux groupes de palettes à ses extrémités, fonctionnant par un système hydraulique pour permettre sa rotation. Il est placé au centre de la trémie quant à la hauteur et la profondeur de cette dernière. Une grille de trémie empêche l'accès à la trémie et à ses pièces en mouvement.

Lors de la journée du 15 décembre 2023, la température extérieure est d'environ 5° C. L'opérateur porte des vêtements en multicouches, soit une chemise à manches longues par-dessus un chandail aussi à manches longues, couvrant ses bras jusqu'aux poignets.

Pour terminer sa tâche de nettoyage de la trémie, l'opérateur se positionne à l'arrière et monte sur la lumière arrière droite pour s'élever alors que la grille est relevée et que l'agitateur est en rotation.

Ayant donc accès à une zone dangereuse de l'équipement, la manche du bras droit de l'opérateur est entraînée autour des palettes de l'agitateur du côté droit.

Compte tenu de la force de rotation importante de l'agitateur, qui est alimentée par le système hydraulique de la pompe à béton, cela est suffisant pour entraîner l'opérateur. Ses vêtements, résistant au déchirement lors de leur enroulement, permettent l'entraînement du haut du corps de l'opérateur dans la trémie.

Cet enroulement s'explique par le port de vêtements accrochant combiné à l'accès à la zone dangereuse d'entraînement.

Cette cause est retenue.

4.3.2 Le contournement du dispositif de verrouillage associé au protecteur de la trémie expose le travailleur au danger d'entraînement.

Le dispositif de verrouillage associé au protecteur de la trémie de la pompe  est à action mécanique positive. Ce dernier vise à détecter le changement de position de la grille de la trémie au moyen d'un interrupteur électromécanique. La conception de cet élément de sécurité est standard aux pratiques du fabricant et respecte les règles de l'art en ce qui a trait à ce domaine d'application de la sécurité des machines.

Lors de l'accident, le dispositif de verrouillage est non fonctionnel puisqu'il est contourné.

Le contournement est effectué sur les branchements à l'intérieur du boîtier de l'interrupteur. Les deux fils sont déconnectés des contacts du boîtier et sont reliés entre eux. Ainsi, la position

sécuritaire de la grille de la trémie est simulée, ce qui permet le fonctionnement de l'agitateur peu importe si elle est abaissée ou relevée.

Comme indiqué au rapport d'expertise, ce type de contournement, ou plutôt la manière dont il a été réalisé, ne laisse pas croire à une solution de dépannage à court terme ou en cas d'urgence. Il s'agirait plutôt d'une manière organisée de contourner le dispositif et ainsi d'éviter des arrêts dus au soulèvement de la grille. En effet, les deux fils joints ensemble sont soudés et recouverts par une gaine thermorétractable, de manière à les raccorder de façon permanente.

La CNESST a appris que ce type de dispositif fait parfois l'objet d'un contournement dans le milieu du pompage de béton. En effet, différents témoins rapportent diverses raisons pour expliquer le contournement d'un dispositif de sécurité. Parmi ces raisons, il est évoqué notamment que les dispositifs de sécurité ne sont pas infaillibles, que le béton est un produit périssable, que le pompage de béton est une activité critique dans le cadre d'une coulée et que la grille de la trémie peut se soulever de manière involontaire et faire arrêter la pompe.

Dans le cas présent, bien qu'il soit difficile d'évaluer les raisons propres au contournement du dispositif de verrouillage sur la pompe à béton ■■■, l'enquête a permis de relever que le contournement permet l'accès à la zone dangereuse formée par la trémie et ses pièces en mouvement, comme l'agitateur.

Pourtant, la *Loi sur la santé et la sécurité du travail*, le *Code de sécurité pour les travaux de construction*, le *Règlement sur les pompes à béton et les mats de distribution* et la norme CSA Z151 prescrivent la présence d'un dispositif de verrouillage fonctionnel pour ce type d'équipement.

Un dispositif de verrouillage en état de fonctionner et non contourné aurait permis l'arrêt du système hydraulique, et donc de l'agitateur, en cas de levée de la grille de la trémie et aurait permis à l'opérateur d'effectuer sa tâche de lavage de la trémie de manière sécuritaire.

Cette cause est retenue.

4.3.3 Des lacunes dans la gestion des risques lors du nettoyage de la trémie exposent le travailleur à l'agitateur en rotation.

La tâche de nettoyage de la trémie est essentielle au maintien en bon état de l'équipement et doit être effectuée à la suite de chaque coulée. Cette tâche nécessite que l'opérateur s'assure d'avoir rincé à l'eau les résidus de béton sur les parois de la trémie, mais aussi au niveau de la valve à bascule et de l'agitateur. Ces éléments se trouvent sous la grille de protection de la trémie, considérée comme étant une zone dangereuse de l'équipement. L'opérateur se trouve ainsi exposé à différents risques, dont celui d'entraînement par la rotation de l'agitateur.

Face à la difficulté d'éliminer le danger à la source, des mesures de contrôle techniques et des mesures administratives sont prévues par le fabricant. Ces mesures sont reprises par l'employeur qui les inclut dans son programme de prévention et dans le « livre de bord » fournis aux opérateurs de pompe à béton. Toutefois, l'employeur n'en assure pas leur mise en application.

En effet, l'équipement fourni n'est pas conforme à cette exigence. L'employeur fournit la pompe à béton [REDACTED] modifiée sans préalablement avoir effectuée un processus d'analyse et de réduction des risques ni s'être assuré que des mesures de protection adéquates soient en place. Comme expliqué précédemment, le dispositif du mode de commande de l'équipement est modifié et le dispositif de sécurité est contourné.

De plus, bien qu'un « livre de bord » affichant des extraits des prescriptions du fabricant pour le nettoyage soit fourni aux opérateurs de pompe à béton, l'employeur ne s'assure pas que cette procédure sécuritaire soit respectée, ce qui est contraire à l'article 51 de la LSST.

En effet, il est précisé qu'il n'est pas nécessaire ni souhaitable de soulever la grille de la trémie pour terminer le nettoyage. L'opérateur n'est pas supervisé spécifiquement sur cette tâche. L'employeur n'est d'ailleurs pas en mesure d'indiquer comment il avait l'habitude de procéder.

Pourtant, des témoins indiquent soulever cette grille et avoir constaté qu'il était habituel pour cet opérateur d'en faire autant pour terminer le nettoyage. Il apparaît donc que l'opérateur était libre de déterminer sa méthode de nettoyage.

L'opérateur accède dans la trémie en montant sur la lumière arrière, la grille étant en position relevée. Il procède ainsi comme d'habitude. Au moment de l'accident, le moteur de la pompe est en fonction et le sélecteur de l'agitateur est en position « marche », ce qui est contraire aux prescriptions du fabricant. L'enquête n'a pas permis de révéler la raison pour laquelle l'opérateur, à ce moment, n'arrête pas le fonctionnement de la pompe à béton.

Un meilleur encadrement des activités de nettoyage assurant le respect des prescriptions du fabricant à cet égard aurait permis d'éviter que l'opérateur s'expose à la zone dangereuse située dans la trémie de la pompe à béton.

Cette cause est retenue.

4.3.4 La gestion relative à la maintenance et à l'inspection des éléments de sécurité de l'équipement est déficiente.

La norme CSA Z151 – Pompes à béton et flèches de distribution spécifie, à l'article 5.1.1, que :

Les renseignements relatifs aux inspections, aux essais, à l'entretien et aux réparations qui ont des répercussions sur la sécurité de la pompe à béton doivent être consignés dans le carnet de la pompe à béton jusqu'à ce que la pompe à béton et la flèche de distribution soient retirées du service de façon permanente.

Malgré les demandes de la CNESST auprès des intervenants responsables chez l'employeur, il n'a pas été possible de retracer les écrits en lien avec les modifications du mode de démarrage de la pompe à béton et le contournement du dispositif de verrouillage.

L'employeur affirme d'ailleurs que les modifications effectuées sur les systèmes de sécurité l'ont été à son insu.

D'une part, si ces modifications ont effectivement été effectuées à l'insu de l'employeur, des mécanismes efficaces internes de maintenance et d'inspection auraient permis de détecter les lacunes de sécurité de la pompe à béton ■■■■, ce qui n'a pas été le cas avant l'accident du 15 décembre 2023.

En effet, malgré la présence d'un document daté du 11 janvier 2023 attestant de l'inspection des systèmes de sécurité de la pompe à béton ■■■■, les circonstances mêmes de l'accident et plusieurs témoignages révèlent que le dispositif de verrouillage de la grille de la trémie était non fonctionnel et contourné depuis plusieurs années.

D'autre part, comme démontré dans le rapport d'expertise, le soudage et le gainage des fils à l'intérieur du boîtier du dispositif de verrouillage de la grille suggèrent que cette action a été effectuée par une personne l'ayant planifiée puisqu'elle nécessite des connaissances techniques ainsi que des équipements spécifiques. Il est à noter que ce contournement s'ajoute à plusieurs autres modifications notamment sur le mode de démarrage du moteur et le système électrique des arrêts d'urgence.

La CNESST a constaté que l'employeur ne planifie pas d'inspection mensuelle des éléments de sécurité comme prescrit par l'article 5.2.2.1.1 de la norme CSA Z151. En plus, les opérateurs ne sont pas tenus de vérifier les éléments de sécurité sur leur pompe à béton.

À partir des observations et des informations recueillies, il apparaît que l'employeur ne s'assure pas de fournir un équipement sécuritaire, conformément à l'article 51 de la LSST.

Considérant les éléments précédents, la maintenance et l'inspection des éléments de sécurité présentent des lacunes évidentes, voire qu'elles sont absentes au moment de l'accident.

Une maintenance adéquate et une inspection efficace des éléments de sécurité auraient permis de détecter le contournement et de remettre la sécurité de la pompe à béton en bon état.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

- Le travailleur est entraîné dans la trémie en raison de l'enroulement de la manche de sa chemise autour de l'agitateur en fonction.
- Le contournement du dispositif de verrouillage associé au protecteur de la trémie expose le travailleur au danger d'entraînement.
- Des lacunes dans la gestion des risques lors du nettoyage de la trémie exposent le travailleur à l'agitateur en rotation.
- La gestion relative à la maintenance et à l'inspection des éléments de sécurité de l'équipement est déficiente.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 15 décembre 2023, la CNESST saisit la pompe à béton et en interdit son utilisation. Ces informations sont colligées au rapport RAP9121462.

Le 19 mars 2024, la CNESST lève la saisie de la pompe à béton, mais en interdit toujours son utilisation. Un scellé est apposé sur l'équipement. Les mesures à prendre pour lever l'interdiction d'utilisation sont inscrites au rapport RAP1460815 remis à l'employeur. Elles comprennent l'exigence d'une attestation d'ingénieur sur les systèmes de sécurité et les modifications au système de commande.

5.3 Suivis de l'enquête

Afin de sensibiliser les milieux de travail, la CNESST transmettra les conclusions de son enquête aux associations suivantes afin qu'elles en informent leurs membres :

- Association béton Québec;
- Regroupement des entrepreneurs en coffrage du Québec;
- Association des propriétaires de machinerie lourde du Québec;
- Association des constructeurs de routes et de grands travaux du Québec;
- Association de la construction du Québec;
- Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec;
- Association québécoise des entrepreneurs en infrastructure;
- Association patronale des entreprises en construction du Québec;
- Association des entrepreneurs en construction du Québec.

À titre indicatif et aux fins d'information, la CNESST transmettra également son rapport d'enquête aux associations sectorielles paritaires.

Dans l'objectif de sensibiliser les futurs travailleurs, le rapport d'enquête sera acheminé au ministère de l'Éducation qui en assurera la diffusion dans les établissements de formations offrant les programmes de pose d'armature du béton et de préparation et finition du béton.

ANNEXE A**Accidenté**

Nom, prénom : H [REDACTED]

Sexe : Masculin

Âge : [REDACTED]

Fonction habituelle : [REDACTED]

Fonction lors de l'accident : Opérateur de pompe à béton montée sur remorque

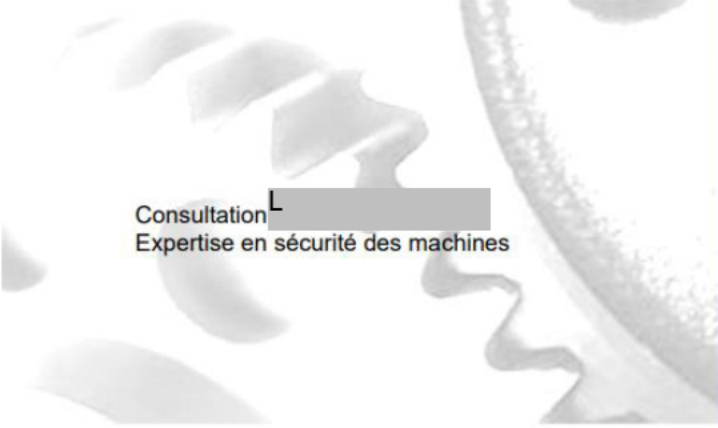
Expérience dans cette fonction : [REDACTED]

Ancienneté chez l'employeur : [REDACTED]

Syndicat : FTQ-Construction

ANNEXE B

Rapport d'expertise



Consultation L
Expertise en sécurité des machines

CNESST
Direction générale de la
prévention inspection
Centre-Sud

Pompe à béton Schwing SP 750-18 Rapport d'expertise

L



Table des matières

1	Introduction, mise en contexte et description du mandat	5
1.1	Expérience du domaine.....	6
1.2	Limites du mandat	7
1.3	Visites d'observations.....	7
1.4	Informations techniques sur la pompe à béton.....	8
2	Documents de référence	8
2.1	Documents reçus par la CNESST	8
2.2	Documents et obligations réglementaires relatives aux pompes à béton.....	9
2.2.1	Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC).....	9
2.2.2	Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution	10
2.3	Normes et prescriptions normatives	10
2.3.1	Norme canadienne CSA Z151.....	10
2.3.2	Norme européenne EN 12001.....	12
2.3.3	Norme états-unienne ASME B30.27	14
2.4	Autres documents consultés	16
3	Éléments analysés	17
3.1	Fonctionnement général de la pompe à béton dans son état actuel	17
3.1.1	Principe de fonctionnement du pompage	18
3.1.2	Panneau de commande de la pompe à béton.....	20
3.2	Fonctionnement du dispositif de sécurité de la grille de protection de la trémie	24
3.3	Fonctionnement des différents boutons d'arrêt d'urgence.....	26
4	Constats, analyse et commentaires	29
4.1	Description générale de l'état de la machine et des modifications apportées ...	29
4.1.1	État général de la machine.....	29
4.1.2	Modification du circuit de commande électrique	29
4.2	Interrupteur de position de la grille de protection.....	30
4.2.1	Came non fixée	31
4.2.2	Poussoir à galet bloqué en position enfoncée	32
4.2.3	Contournement des branchements	33
4.3	Modification du circuit électrique de la pompe à béton SP150-18	36
4.3.1	Fonction d'arrêt d'urgence et panneau de commande ajouté.....	39



4.3.2 Commentaires sur le circuit d'arrêt d'urgence ajouté	40
4.3.3 Fiabilité des circuits d'arrêt d'urgence et de l'agitateur	43
5 Conclusion	44
Références	46
Annexe A – Fiabilité des systèmes de commande en sécurité des machines	47
Annexe B – Dimensions de construction de la grille de protection	49
Versions du document.....	53



Table des illustrations

Figure 1: Pompe à béton Schwing SP 750-18	5
Figure 2: Éléments principaux constituant la pompe à béton	18
Figure 3: Fonctionnement des pistons et de la valve à bascule	19
Figure 4: Agitateur et valve à bascule au fond de la trémie.....	20
Figure 5: Panneau de commande selon le manuel du fabricant Schwing	21
Figure 6: Panneau de commande de la pompe à béton SP 750-18 observée	22
Figure 7: Panneau de commande et sélecteur de démarrage ajoutés	24
Figure 8: Action mécanique positive	25
Figure 9: Emplacement des boutons d'arrêt d'urgence selon le manuel du fabricant Schwing.....	26
Figure 10: Deuxième et troisième boutons d'arrêt d'urgence	27
Figure 11: Arrêt d'urgence de la télécommande.....	28
Figure 12: Intérieur de la trémie de la pompe à béton.....	30
Figure 13: État de l'interrupteur de position et de la came au moment du retrait du capot	31
Figure 14: Poussoir à galet de l'interrupteur bloqué en position enfoncée	32
Figure 15: Comparaison du poussoir de l'interrupteur avec un modèle neuf.....	33
Figure 16: Contournement des branchements de l'interrupteur de position	34
Figure 17: Affiche d'avertissement d'enroulement.....	35
Figure 18: Intérieur du panneau de commande principal	36
Figure 19: Fil coupé de l'arrêt d'urgence sur le côté conducteur	39
Figure 20: Intérieur du panneau de commande ajouté.....	40
Figure 21: Fil de contournement de la fonction d'arrêt d'urgence.....	41
Figure 22: Branchement des contacts de l'arrêt d'urgence	42
Figure 23: Dimension de la grille de protection de la trémie selon CSA Z151-17	49
Figure 24: Dimension du grillage de la trémie selon EN 12001.....	50
Figure 25: Dimensions normalisées de la grille de protection selon ASME B30.27	51



1 Introduction, mise en contexte et description du mandat

Au début de l'après-midi du 15 décembre 2023, un accident mortel s'est produit dans la cour arrière de l'entreprise Cascades située sur le boulevard Marie-Victorin à Candiac lors duquel un travailleur a été retrouvé coincé dans la trémie d'une pompe à béton portative. Peu de détails sont disponibles sur les événements entourant cet accident pour le moment.

Tel qu'indiqué dans la demande soumission¹ de la CNESST, et selon les premières constatations, le travailleur, employé d'un sous-traitant du maître-d'œuvre du chantier, a été retrouvé enroulé autour de l'agitateur. Il semble que la grille de protection qui équipait la machine était soulevée au moment de l'accident alors que le travailleur procédait au nettoyage de la machine.

Les responsables de l'enquête de la CNESST cherchent à déterminer si la machine fabriquée par la compagnie Schwing, illustrée à la figure 1, a été modifiée et si elle offrait toutes les protections auxquelles le travailleur aurait pu s'attendre.



Figure 1: Pompe à béton Schwing SP 750-18

De manière plus spécifique, la CNESST cherche à établir si les protections offertes par la grille de protection équipant la trémie et les arrêts d'urgence étaient conformes aux exigences réglementaires et aux prescriptions normatives.

¹ Demande de soumission – Expertise sur la pompe à béton de marque Schwing, modèle SP750-18, numéro de série [redacted] impliquée dans un accident mortel, CNESST, 20 décembre 2023.



Tel que spécifié dans le contrat abrégé² de la CNESST à ce sujet, la présente expertise consiste de manière plus spécifique à :

1. Déterminer et expliquer le fonctionnement général de la pompe à béton dans son état actuel;
2. Déterminer et expliquer le fonctionnement du dispositif de sécurité de la grille de la trémie;
3. Déterminer et expliquer le fonctionnement des différents boutons d'arrêt d'urgence.

Le mandat porte seulement sur le fonctionnement des éléments ayant contribué à l'accident. Le livrable suite à la réalisation du mandat est un rapport d'expertise.

Mon mandat consiste donc à prendre connaissance de l'équipement sur lequel l'accident s'est produit, à faire l'analyse des éléments mentionnés au contrat et à en faire l'évaluation en fonction des exigences réglementaires, des prescriptions normatives et des règles de l'art en vigueur et finalement, de faire état des résultats dans ce rapport.

1.1 Expérience du domaine

Mon assistance dans ce dossier m'a été demandée du fait de mon expérience dans le domaine d'ingénierie de la sécurité des machines dans lequel j'ai commencé à travailler en () à l'Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du travail (IRSST). C'est à l'Institut, là où j'ai œuvré pendant () à titre de (), que j'ai développé l'expertise dans ce domaine en collaborant à plusieurs projets et activités de recherche sur plusieurs types d'équipements dans des secteurs d'activité variés.

J'ai également travaillé à la CNESST³ de (). Pendant ces années, j'ai notamment contribué à développer et à offrir les formations offertes aux inspecteurs de la CNESST sur les sujets de la sécurité des machines et du cadenassage.

Mon travail m'a également amené à contribuer aux travaux de comités de normalisation et de réglementation, notamment ceux de la norme CSA Z460 sur le cadenassage, CSA Z142 sur les presses à métal et aussi à agir au sein du comité technique ISO TC 199 représentant le Canada sur la sécurité des machines.

Depuis (), je suis () et j'offre mes services aux entreprises cherchant à améliorer la sécurité de leurs équipements.

² Les engagements présentés ici sont ceux inscrits au contrat abrégé de services signé le 10 janvier 2024.

³ La CNESST portait le nom de CSST à cette époque.



1.2 Limites du mandat

Même si l'analyse et les constats de ce rapport pourraient aborder d'autres aspects entourant le fonctionnement de la machine, ce rapport d'expertise portera spécifiquement sur les éléments de la machine ayant pu contribuer à l'accident mortel. Ce rapport porte principalement sur les risques mécaniques que présentait la pompe à béton. Il ne m'est tout simplement pas possible de prétendre que les résultats de ce rapport sont exhaustifs et constituent un recensement complet de tous les risques pouvant se présenter sur la machine analysée.

À moins de cas particuliers, ce rapport exclut les risques suivants:

- éléments sous tension électrique,
- chutes de hauteur,
- espaces clos,
- contraintes thermiques,
- bruit,
- vibrations,
- rayonnements (ex. ultra-violet, infrarouge, rayons X, rayons gamma, micro-ondes),
- combustion et à l'explosion des produits et poussières,
- non-respect des principes d'ergonomie (à moins de situations s'éloignant fortement des principes de base),
- gaz d'échappement,
- ventilation et au chauffage des locaux,
- risques structurels,
- risques toxicologiques causés par les produits (ex. liquides de refroidissement, huiles, antigel, etc.),
- agresseurs biologiques (ex. bactéries, champignons, virus, arthropodes, protozoaires),
- gaz et aux autres risques chimiques ou de poussières (ex. réfrigérants, CO₂, amiante, fibre de verre, bran de scie, etc.),
- utilisation des outils à main.

Finalement, la recherche de solutions ne faisait pas partie de ce mandat, mais certaines recommandations seront toutefois présentées dans ce rapport.

1.3 Visites d'observations

Deux visites d'observations ont été réalisées lors de ce mandat.

La première visite a été réalisée dans l'avant-midi du 18 janvier 2024 dans les locaux de l'entreprise Remorquage Bourdeau à Delson où la machine y avait été entreposée suite à l'accident.

Lors de la première visite, j'ai réalisé un relevé des éléments les plus pertinents concernant le mandat, notamment certaines parties du circuit de commande relatives à la sécurité (ex. verrouillage de la trémie et arrêt d'urgence). Des essais ont été réalisés



avec la participation du technicien de la compagnie Élite Pompage qui effectuait les manipulations.

La deuxième visite a été réalisée dans l'avant-midi du 26 janvier 2024, toujours dans les locaux de Remorquage Bourdeau à Delson. Cette visite a permis de valider certaines des informations recueillies lors de la première visite. Des relevés additionnels du circuit ainsi que des essais additionnels ont été réalisés.

Lors de ces visites, j'étais accompagné de :

- Richard Laplante, Inspecteur, Direction générale de la prévention inspection Centre-Sud, CNESST,
- Stéphanie Paquin, Inspectrice, Direction générale de la prévention inspection Centre-Sud, CNESST,
- M [REDACTED], CNESST
- E [REDACTED], Pompage Élite,
- N [REDACTED], Pompage Élite,
- O [REDACTED], BCF Avocats d'affaires

1.4 Informations techniques sur la pompe à béton

La plaque signalétique de la machine n'est plus disponible, mais les informations suivantes la concernant ont été identifiées :

Fabricant : Schwing

Modèle : SP750-18

Numéro de série : [REDACTED]

Pays d'origine : Inconnu

Date de fabrication : 2010

Nombre d'heures d'utilisation au début de la première visite : 969,7 h

2 Documents de référence

2.1 Documents reçus par la CNESST

Selon la demande soumission, la CNESST devait me faire parvenir les informations et documents suivants me permettant de réaliser le mandat :

- Pompe à béton impliquée dans l'accident,
- Documents indiquant les travaux d'entretien et les modifications apportées à la pompe à béton au fil des années (ce document ne m'a pas été fourni),
- Le manuel des pièces et manuel d'opération de la pompe à béton,
- Document relatif à l'achat de la pompe à béton par la compagnie Lefco.



En l'occurrence, trois documents m'ont été remis par les responsables du dossier à la CNESST :

- Operation manual for concrete line pumps, All « SP » rock valve models de la compagnie Schwing [1],
- Safety manual, A guide for the prevention of accidents when driving, operating, cleaning, and maintaining concrete pumps, placing booms, and related equipment de l'American Concrete Pumping Association [2],
- WP 750-18 X Trailer Mounted Concrete Pump, Production Drawings de la compagnie Schwing [3].

Un quatrième document, « Manuel de fonctionnement pour pompes à béton en ligne, Tous les modèles SP à « valve à bascule » [4] » a été obtenu directement de la compagnie Schwing.

2.2 Documents et obligations réglementaires relatives aux pompes à béton

Par définition, l'évaluation de la sécurité d'une machine repose sur la connaissance des obligations réglementaires et des prescriptions normatives en vigueur dans le domaine. Afin de déterminer si la pompe à béton est conforme à ces principes, il est nécessaire de présenter les obligations et les prescriptions les plus importantes et pertinentes au dossier.

Les éléments retenus pour cette liste porteront ainsi principalement sur la fonction de protection offerte par la grille de protection de la trémie et la fonction d'arrêt d'urgence.

2.2.1 Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC)

Au Québec, les obligations relatives à la sécurité des travailleurs œuvrant dans le domaine de la construction sont issues du CSTC [4]. Parmi les obligations importantes en lien avec la pompe à béton, c'est à l'article 3.10.13 que sont présentées les obligations relatives à la protection des éléments mobiles des machines qu'utilisent les travailleurs.

3.10.13. Dispositifs de sécurité et protecteurs:

1. Des dispositifs de sécurité doivent protéger les éléments mobiles des machines. Ils doivent être conçus, construits et utilisés de manière à:

- a) assurer une protection efficace et à prévenir tout accès de la zone dangereuse pendant leur fonctionnement;**
- b) ne pas gêner le conducteur;**
- c) fonctionner automatiquement ou moyennant un minimum d'effort;**
- d) permettre facilement l'entretien et la réparation de la machine;**
- e) ne pas présenter d'arêtes vives, d'aspérités ou de barbes et à ne pas constituer en eux-mêmes une source de dangers; et**



f) être solidement fixés.

...

2.2.2 Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution

Le Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution [6] du Québec exige qu'une grille de protection soit installée de manière à contrôler l'accès à la trémie de chargement des pompes à béton. Si elle n'est pas boulonnée, cette grille doit notamment être équipée d'un dispositif qui provoque l'arrêt de la pompe et de l'agitateur si elle n'est pas fermée :

19. Toute trémie de chargement d'une pompe à béton équipée d'un agitateur doit être fermée au moyen d'une grille.

et

20. Cette grille doit être conforme aux exigences suivantes:

1° elle doit être boulonnée en permanence ou munie d'un dispositif qui est conçu et construit de manière à provoquer l'arrêt de la pompe et de l'agitateur à béton dès son ouverture;

2° elle doit être conçue pour soutenir sans danger une personne d'au moins 100 kg;

3° la distance entre les barres ne doit pas être supérieure à 70 mm si elles sont disposées parallèlement l'une à l'autre, ou à 80 mm si elles sont disposées en treillis;

4° la distance qui sépare la grille du point de contact avec l'agitateur de la trémie ne doit pas être inférieure à 75 mm.

Note : Les dimensions de construction de la grille de protection de la trémie sont montrées à l'annexe B de ce rapport.

2.3 Normes et prescriptions normatives

Les obligations réglementaires ne font qu'énoncer les principes de sécurité, mais ne sont pas suffisamment détaillées afin de permettre la conception et la mise en œuvre des solutions permettant de réduire les risques à un niveau tolérable. Les prescriptions issues des normes permettent de clarifier ces éléments et donnent des indications plus précises permettant une réduction du risque adéquate.

La grande majorité des machines sont le sujet d'au moins une norme relative à leur sécurité et les pompes à béton n'y font pas exception. Trois normes ont été recensées à ce sujet et leurs prescriptions sont sensiblement les mêmes.

2.3.1 Norme canadienne CSA Z151

La norme canadienne CSA Z151-17 (R2022), Pompes à béton et flèches de distribution [7], dont la première version a été publiée en 2009, propose des prescriptions



pour la sécurité des pompes à béton et des flèches de distribution. Il est intéressant de savoir qu'un représentant de la compagnie Schwing est membre du comité de la norme CSA Z151-17⁴.

La norme prescrit que les grilles de protection des trémies doivent être conçues et construites de manière à ce que leur ouverture provoque l'arrêt de l'agitateur et de la valve à bascule.

4.1.20.1 - Les grilles des trémies des pompes réversibles doivent être conçues et construites de manière que leur ouverture provoque l'arrêt du robinet d'écoulement⁵ et de l'agitateur de béton.

Aussi, si une valve à bascule dont le mouvement peut écraser, déchirer ou couper, comme c'est le cas sur la pompe SP 750-18, la trémie doit être protégée par une grille conforme aux dimensions normalisées proposées à la figure 9 de la norme.

4.1.20.2 - Une soupape dont le mouvement peut écraser, déchirer ou couper doit être protégée au moyen d'une grille placée sur l'ouverture de la trémie et conforme aux dimensions indiquées à la figure 9. Sinon, la pompe à béton et la flèche de distribution peuvent être fabriquées de sorte que les points de pincement soient inaccessibles.

Note : Les dimensions de construction de la grille de protection de la trémie sont montrées à l'annexe B de ce rapport.

Au regard des arrêts d'urgence, la norme prescrit que la pompe à béton doit être équipée de boutons d'arrêt d'urgence accessibles à partir de la zone de la trémie et que ces arrêts d'urgence soient fabriqués conformément aux prescriptions de la norme ISO 13850.

4.1.9.2.3 - Des boutons d'arrêt d'urgence doivent être facilement accessibles

- a) de la trémie, sur le côté du conducteur arrière; et*
- b) de la trémie, sur le côté du passager arrière.*

et

⁴ S. Roisum, Schwing America, Inc., St. Paul, Minnesota, E.-U., Catégorie : les producteurs

⁵ « Concrete valve » dans la version anglaise de la norme CSA Z151-17

**4.1.9.2.4 - Le dispositif d'arrêt d'urgence doit :**

- a) entraîner immédiatement l'arrêt de la machine, en tenant compte de l'énergie résiduelle; b) empêcher le redémarrage automatique de la machinerie (c.-à-d., un redémarrage intentionnel est nécessaire); et c) être fabriqué selon l'ISO 13850.

2.3.2 Norme européenne EN 12001

La norme européenne EN 12001:2012 sur les machines pour le transport, la projection et la distribution de béton et mortier [8], dont la première version a été publiée en 2003, présente, elle aussi, des prescriptions relatives à la sécurité des pompes à béton. Son utilisation dans ce rapport permettra de mettre en perspective l'uniformité des prescriptions utilisées dans le domaine de la sécurité des pompes à béton au niveau international.

Il est intéressant de savoir qu'un représentant de la compagnie Schwing est également membre du comité de la norme EN 12001:2012⁶.

Selon la norme EN 12001, les protecteurs (grille de protection), tels que celui équipant la pompe SP750-18 doivent être équipés d'un dispositif d'interverrouillage de manière à stopper les mouvements dangereux (ex. agitateur, valve) lors de leur ouverture.

5.3.1.1 - Les protecteurs de type grille disposés sur les ouvertures des trémies d'alimentation ou de nettoyage des pompes à béton et des machines de projection doivent être des protecteurs mobiles verrouillés aux entraînements des agitateurs/vannes, de sorte que l'ouverture des protecteurs provoque l'arrêt des entraînements dans un délai de 0,5 s.

La fermeture du protecteur de type grille ne doit pas provoquer la remise en marche. Le redémarrage dans les conditions de fonctionnement peut être réalisé par l'actionnement volontaire d'un dispositif autre le dispositif de démarrage normal, placé de sorte que l'opérateur puisse voir la trémie.

...

Les protecteurs de type grille doivent être bloqués par conception ou pouvoir être verrouillés en position ouverte.

Pour les pompes à béton et machines de projection, les ouvertures de remplissage de la trémie doivent être protégées par des protecteurs de type grille dont les dimensions sont les suivantes:

Note : Les dimensions de construction de la grille de protection de la trémie sont montrées à l'annexe B de ce rapport.

⁶ Monsieur Charrier, Schwing Stetter



Au regard des arrêts d'urgence, la norme prescrit que la pompe à béton soit être munie d'au moins un dispositif d'arrêt d'urgence :

5.2.4.1 Dispositif d'arrêt d'urgence

Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être conformes à l'EN ISO 13850:2008.

La machine doit être équipée d'un dispositif d'arrêt d'urgence conformément à l'EN 60204-1:2006, 9.2.5.4.2, arrêt de catégorie 0.

Chaque poste de commande de la machine doit être équipé d'un dispositif d'arrêt d'urgence. Les boîtiers de commande à distance filaires sont considérés comme des postes de commande de la machine.

...

La norme EN 12001 prescrit également que les systèmes de commande relatifs à la sécurité, notamment, ceux de la grille de protection et de l'arrêt d'urgence respectent les prescriptions de fiabilité de la norme ISO 13849.

5.2.10 Prescriptions relatives au système de commande (électrique et hydraulique)

5.2.10.1 Généralités

Les parties du système de commande mettant en oeuvre les fonctions de sécurité doivent satisfaire aux niveaux de performance définis dans l'EN ISO 13849-1:2008, conformément aux paragraphes suivants.

5.2.10.2 Protectors/couvercles

*Les protecteurs destinés à être ouverts au moins une fois par jour (par exemple, les protecteurs de type grillé de la trémie) doivent être interverrouillés de sorte que le mouvement dangereux (par exemple, mouvement du robinet de distribution de matériau dans la trémie ou l'agitateur) s'arrête automatiquement dans un délai de 0,5 s après l'ouverture des protecteurs. L'ensemble de la partie du système de commande exécutant la fonction d'arrêt doit satisfaire au **niveau de performance c**.*

Cependant, si un protecteur est utilisé moins d'une fois par jour, celui-ci peut être un protecteur fixe.

...

5.2.10.5 Dispositif d'arrêt d'urgence



*L'ensemble de la partie du système de commande exécutant la fonction d'arrêt d'urgence doit satisfaire au **niveau de performance c.***

Cette prescription consiste à faire en sorte que le circuit présente un niveau de fiabilité établi, conformément aux prescriptions de la norme ISO 13849. Une description sommaire des exigences de la norme est présentée à l'annexe A de ce rapport.

2.3.3 Norme états-unienne ASME B30.27

La norme états-unienne ASME B30.27-2019, sur les équipements de mise en place des matériaux tels que les grues et les palans [9] propose, elle aussi, des prescriptions relativement à la protection des pompes à béton. Elle prescrit notamment qu'une grille de protection doit être installée au-dessus de la trémie. Si cette grille de protection est amovible, comme c'est le cas avec la pompe Schwing SP750-18, elle doit stopper les mouvements de la valve et de l'agitateur si elle est ouverte.

Aussi, si le mécanisme de valve peut présenter des risques de blessures, une grille, dont les dimensions doivent respecter les dimensions proposées à la figure 27-1.16-1 de la norme, présentée à la figure 25 doit être installée.

Section 27-1.16 : Hoppers

Grates of hopper or reversible pumps that can be opened without a tool or that have to be opened more than once per day shall be configured in such a way that when they are opened, operation of the concrete pump and agitator is stopped, and they shall be secured against restarting while the grate is open.

(b) A valve mechanism capable of crushing, tearing or cutting shall be guarded by a cover grate on the opening of the charging hopper within the dimensions shown in Figure 27-1.16-1, or the machine shall be constructed in such a way that the crushing points are inaccessible.

(c) Agitators or screw conveyors located inside of hoppers shall be guarded with a cover grate constructed within the dimensions shown in Figure 27-1.16-1.

...

(e) A grate or cover that can be raised shall be securable in the open position or constructed in such a way that it will not close unintentionally.



Traduction libre⁷ :

Section 27-1.16 : Trémies

Les grilles des pompes à trémie ou des pompes réversibles qui peuvent être ouvertes sans outil ou qui doivent être ouvertes plus d'une fois par jour doivent être configurées de manière à ce que, lorsqu'elles sont ouvertes, le fonctionnement de la pompe à béton et de l'agitateur soit arrêté et qu'elles soient protégées contre toute remise en marche pendant que la grille est ouverte.

(b) Un mécanisme de soupape capable d'écraser, de déchirer ou de couper doit être protégé par une grille de protection sur l'ouverture de la trémie de chargement dans les dimensions indiquées à la figure 27-1.16-1, ou la machine doit être construite de manière à ce que les points d'écrasement soient inaccessibles.

(c) Les agitateurs ou les transporteurs à vis situés à l'intérieur des trémies doivent être protégés par une grille de protection construite dans les dimensions indiquées à la figure 27-1.16-1.

...

(e) Une grille ou un couvercle qui peut être relevé doit pouvoir être bloqué en position ouverte ou être construit de manière à ne pas se refermer involontairement.

Note : Les dimensions de construction de la grille de protection de la trémie sont montrées à l'annexe B de ce rapport.

Au regard des arrêts d'urgence, la norme ASME B30.27 prescrit que la pompe à béton doit être équipée d'au moins un bouton d'arrêt d'urgence accessible à partir du poste de commande et, à l'instar des autres normes présentées dans ce rapport, cet arrêt d'urgence doit être fabriqué conformément aux prescriptions de la norme ISO 13850 :

27-1.7.1 Emergency Stops

(a) Each machine shall be equipped with an emergency stop system. The emergency stop system actuator(s) shall be visible, accessible, and easy to operate.

(c) The machine shall be equipped with an emergency stop actuator at control panel(s) and at the remote control device(s). The machine may be fitted with additional emergency stop actuators.

(d) Emergency stops shall

⁷ Traduction effectuée par l'outil DeepL



- (1) cause the machinery to stop instantaneously, taking into account stored energy.*
- (2) prevent the automatic restart of the machine. The machine will have to be started intentionally.*
- (3) be constructed according to ISO 13850.*

Traduction libre⁸ :

27-1.7.1 Arrêts d'urgence

- (a) Chaque machine doit être équipée d'un système d'arrêt d'urgence. Le ou les actionneurs du système d'arrêt d'urgence doivent être visibles, accessibles et faciles à actionner.*
- (c) La machine doit être équipée d'un actionneur d'arrêt d'urgence sur le(s) panneau(x) de commande et sur le(s) dispositif(s) de commande à distance. La machine peut être équipée d'actionneurs d'arrêt d'urgence supplémentaires.*
- (d) Les arrêts d'urgence doivent*
 - (1) provoquer l'arrêt instantané de la machine, en tenant compte de l'énergie stockée.*
 - (2) empêcher la remise en marche automatique de la machine. La machine devra être mise en marche intentionnellement.*
 - (3) être construits conformément à la norme ISO 13850.*

2.4 Autres documents consultés

D'autres documents, relatifs aux règles de l'art ont été consultés pour la rédaction de ce rapport :

- Norme canadienne CSA Z432-16, Protection des machines [10],
- Norme internationale ISO 13850:2015, Sécurité des machines, Arrêt d'urgence, Principes de conception [11].
- Camion-pompe à béton, Carnet de bord, ASP Construction [12],
- Bulletin d'information Prévenir aussi, ASP Construction [13],
- Ready mixed concrete driver pump safety guideline, Concrete Ontario [14].

⁸ Traduction effectuée par l'outil DeepL



3 Éléments analysés

3.1 Fonctionnement général de la pompe à béton dans son état actuel

La pompe à béton Schwing SP750-18 sert à pomper le béton et à le transporter dans un tuyau souple ou rigide pour l'acheminer en hauteur ou au-delà d'un obstacle lorsque le camion-malaxeur ne peut accéder directement au lieu de coulage ou de projection⁹.

Ce modèle de pompe est monté sur une remorque et peut être amené sur les chantiers de construction de plus petite taille ou dont l'accès est restreint.

La machine est constituée des éléments principaux suivants illustrés à la figure 2 à la page suivante :

- un moteur à combustion interne (A) fournissant l'énergie nécessaire au fonctionnement de la machine et servant notamment à faire fonctionner la pompe hydraulique principale (B),
- la pompe hydraulique principale (B) sert à faire fonctionner les différents éléments hydrauliques de puissance de la machine, notamment :
 - deux cylindres hydrauliques (C1) actionnant les pistons de pompage (C2),
 - deux cylindres hydrauliques actionnant la valve à bascule (située dans la trémie) (C3),
 - un moteur de l'agitateur (situé dans la trémie) (C4).
- une trémie (D) située à l'arrière dans laquelle le béton est transféré du camion-malaxeur au-dessus de laquelle est installée une grille de protection (E),
- Un panneau de commande comportant les éléments permettant l'utilisation de la machine (pas illustré).

⁹ Source partielle de la définition : Wikipedia

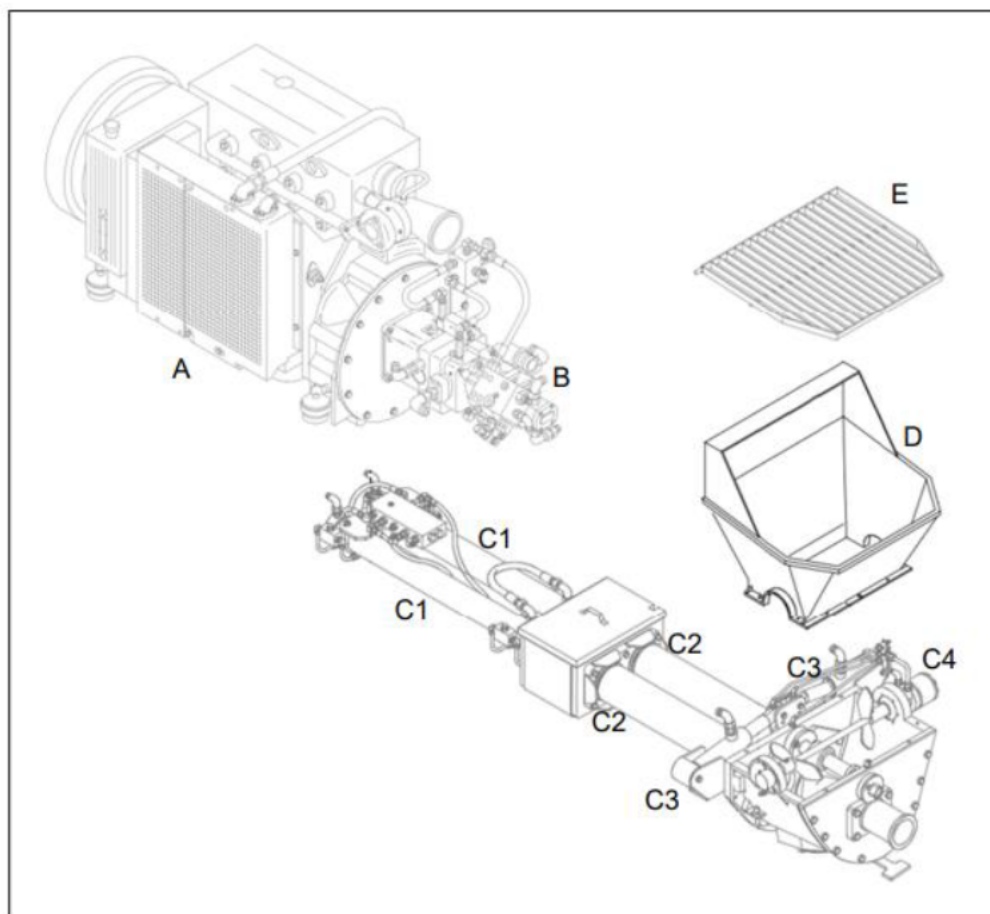


Figure 2: Éléments principaux constituant la pompe à béton¹⁰

3.1.1 Principe de fonctionnement du pompage

Illustré à la figure 3 à la page 19, le principe de fonctionnement du pompage repose principalement sur l'utilisation des deux cylindres hydrauliques (gauche et droit) actionnant chacun un piston (gauche et droit) et sur une valve à bascule reliant un des deux pistons au tuyau de sortie au bas de la trémie.

Le mouvement des deux cylindres hydrauliques (et des pistons) est toujours réalisé en contresens; alors qu'un des pistons pousse, le second tire, et vice-versa.

¹⁰ Source : WP 750-18 X Trailer Mounted Concrete Pump, Production Drawings, Schwing [3]



À l'extrémité de ces pistons se trouve la valve à bascule située à la base de la trémie. Cette valve, à bascule, peut se trouver dans deux positions, gauche ou droite.

3.1.1.1 Description du pompage

Dans la première phase du cycle, illustrée à gauche de la figure 3, la valve est dans la position « gauche » et permet le passage du béton du piston « droit », qui, en tirant, « aspire » le béton de la trémie (flèches vertes).

Au même moment, le piston « gauche » pousse le béton vers la valve, qui dirige le béton vers le tuyau à la sortie de la trémie (flèches rouges).

Lorsque les pistons atteignent leur course maximale, la valve se déplace dans la position « droite » et les mouvements des pistons sont inversés. La séquence de cette portion du cycle, illustrée à la droite de la figure 3, débute alors.

Cette fois, la valve à bascule est dans la position « droite » et permet le passage du béton au piston « gauche », qui, en tirant, « aspire » le béton de la trémie (flèches vertes). De la même manière que dans la première phase, le piston « droit » pousse le béton vers la valve, qui dirige le béton vers le tuyau à la sortie de la trémie (flèches rouges).

Ce cycle de va-et-vient se répète ainsi 35 fois par minute (à la vitesse la plus élevée) pour pomper le béton de la trémie de manière continue et l'acheminer à un débit maximal de 54 m³/h à une pression maximale de 75,8 bars (1 100 PSI) vers le tuyau de sortie.

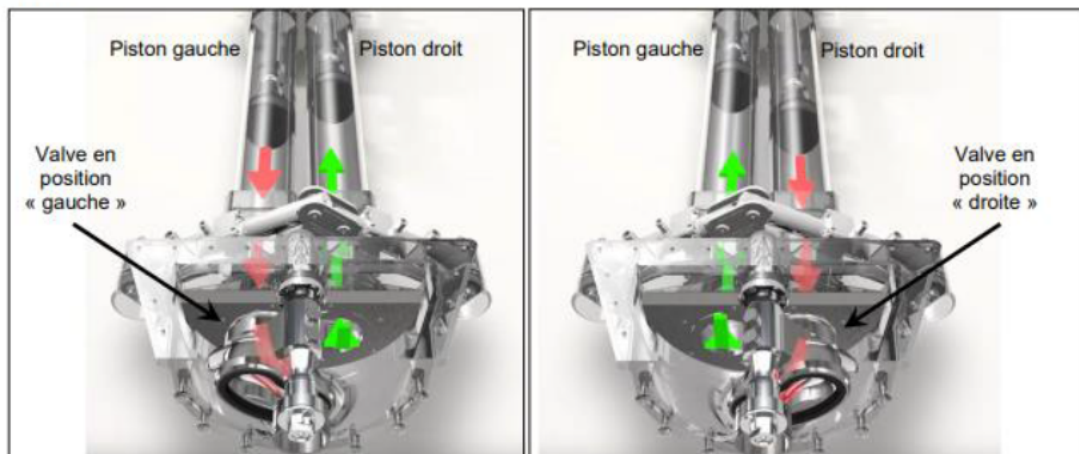


Figure 3: Fonctionnement des pistons et de la valve à bascule¹¹

¹¹ Source : Schwing Stetter (Youtube)



3.1.1.2 L'agitateur

L'agitateur est constitué d'un arbre sur lequel sont fixées deux pales, semblables à celles d'un ventilateur. Le mouvement de rotation de ces pales sert à maintenir les composantes (ex. sable, gravier) du béton homogène et, dans une certaine mesure à ralentir le processus de curage du béton en le gardant en mouvement.

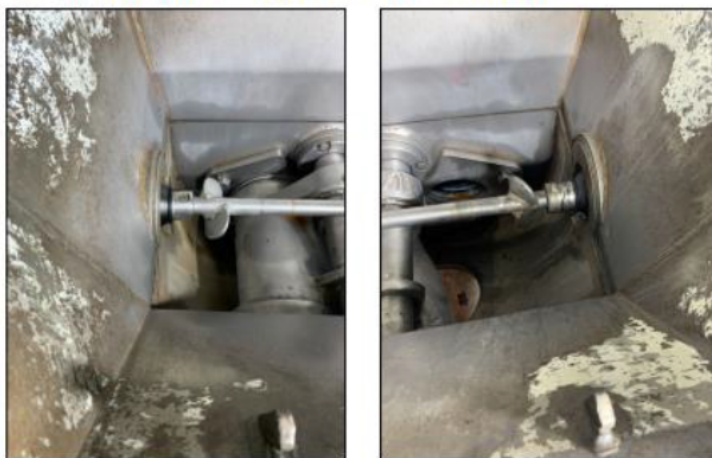


Figure 4: Agitateur et valve à bascule au fond de la trémie

3.1.2 Panneau de commande de la pompe à béton

Dans l'état actuel, la pompe à béton est équipée de deux panneaux de commande permettant son utilisation.

Selon le manuel du fabricant, le premier panneau, illustré à la figure 5 à la page 21, est celui qui équipe normalement la machine.



CNESST – Rapport d'évaluation – Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

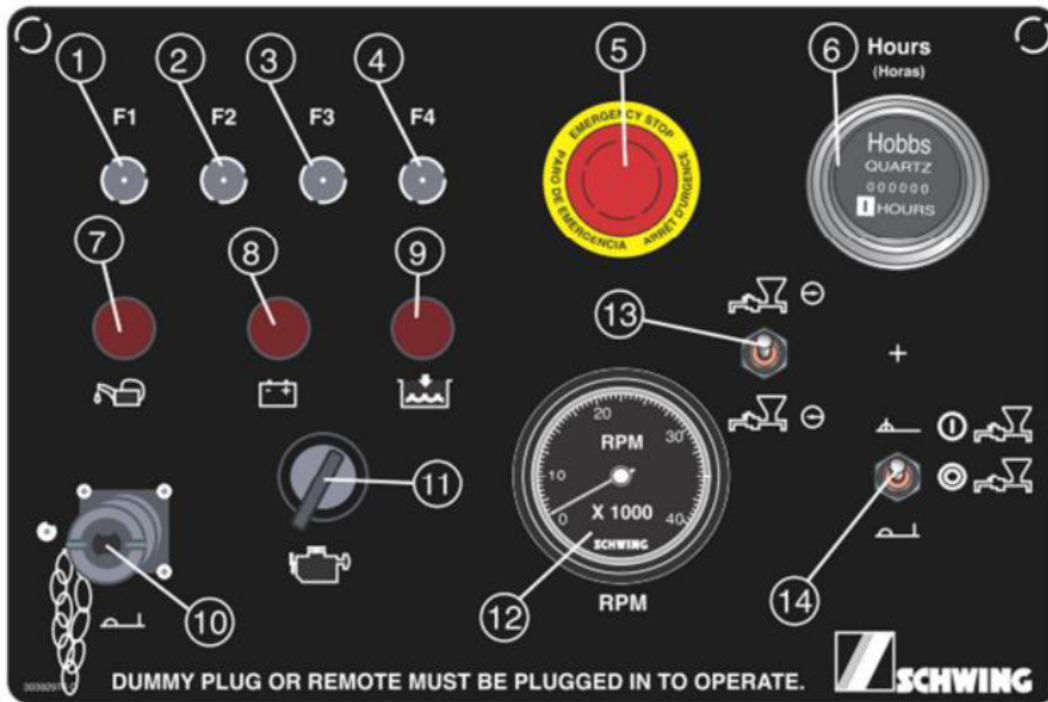


Figure 5: Panneau de commande selon le manuel du fabricant Schwing¹²

Ce panneau comporte originalement les éléments suivants (extraits du manuel du fabricant) :

- 1) Fusible F1 – Circuit marche/arrêt de la pompe.
- 2) Fusible F2 – Non utilisé (réservé au vibreur en option).
- 3) Fusible F3 – Boutons d'arrêt du circuit du carburant et boutons d'arrêt d'urgence.
- 4) Fusible F4 – Circuit de dérivation de l'agitateur.
- 5) Bouton d'arrêt d'urgence,
- 6) Compteur horaire – Enregistre le nombre d'heures de fonctionnement du moteur,
- 7) Voyant de pression d'huile – Cet indicateur signale l'absence de pression d'huile ou une pression d'huile dangereusement basse,
- 8) Voyant de l'alternateur – Indique que l'alternateur n'est pas en cours de charge,

¹² Voir la figure 11 du manuel du fabricant Schwing [4]



CNESST – Rapport d'évaluation – Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

- 9) Voyant du niveau du liquide de refroidissement – Indique que le niveau du liquide de refroidissement est bas,
- 10) Branchement du câble pour fonctionnement distant – Le câble pour fonctionnement distant ou une fiche isolante (dummy plug) doit être enfiché ici,
- 11) Contacteur d'allumage – Met en marche le moteur diesel,
- 12) Compte-tours – Mesure le nombre de tours par minute de l'arbre d'entrée de la pompe hydraulique,
- 13) Commutateur de pompe – Permet de sélectionner le débit avant, l'arrêt, le débit arrière de la pompe. Ce commutateur ne fonctionne qu'avec le commutateur local/distant en position Local,
- 14) Commutateur local / distant – Permet de sélectionner le fonctionnement local ou distant. Ce commutateur permet aussi d'activer/désactiver la pompe à béton entre la position Local et la position Neutre.

Le panneau de commande de la pompe SP 750-18 observé lors des visites, et illustré à la figure 6, n'est pas identique à celui décrit dans le manuel du fabricant Schwing.



Figure 6: Panneau de commande de la pompe à béton SP 750-18 observée¹³

¹³ Photo prise le 26 janvier 2024



Notamment, deux sélecteurs additionnels sont disponibles :

- Sélecteur à deux positions maintenues de marche/arrêt du « Vibreur » (F). Aucun vibreur n'est installé sur la machine et selon les représentants de Pompage Élite, la machine n'en a jamais été munie.
- Sélecteur à deux positions maintenues de marche/arrêt de l'agitateur (G).

Aussi, certaines modifications semblent avoir été apportées au panneau de commande original de la machine, notamment :

- Les fusibles ont été remplacés par des indicateurs lumineux (H) :
 - Lumière F1 : Indicateur, pompe arrêtée,
 - Lumière F2 : Indicateur, « lumière »¹⁴,
 - Lumière F3 : Indicateur, « moteur diesel »,
 - Lumière F4 : Indicateur, « mixer/eau ».
- Une lumière jaune (I) remplace l'arrêt d'urgence original et indique le fonctionnement de la pompe (s'allume seulement si en mode « pompage », pas dans le mode « succion »),
- L'interrupteur de démarrage (J) a été retiré.

Illustré à la figure suivante, un deuxième panneau de commande, installé au-dessous du panneau de commande principal a été ajouté. Ce panneau ne comporte qu'un seul dispositif de commande, en l'occurrence, un bouton d'arrêt d'urgence (K).

Finalement, un sélecteur à deux positions momentanées (L, encerclé en rouge) et une lumière rouge, eux aussi ajoutés, permettent et indiquent le démarrage du moteur à combustion.

Ces dispositifs ne figurent pas dans le manuel du fabricant de la machine.

¹⁴ Les représentants de Pompage Élite ne pouvaient expliquer cette fonction.

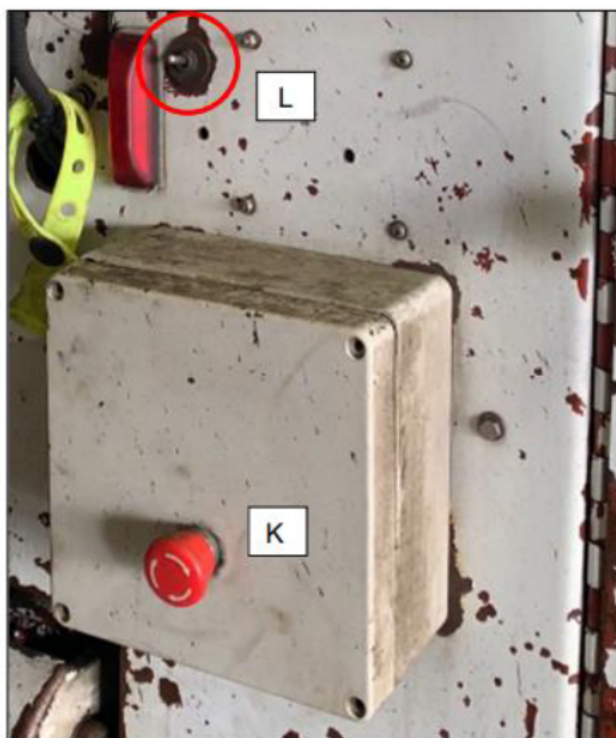


Figure 7: Panneau de commande et sélecteur de démarrage ajoutés

3.2 Fonctionnement du dispositif de sécurité de la grille de protection de la trémie

L'agitateur et la valve à bascule sont les seules pièces en mouvement présentes dans la trémie. Ces éléments, lorsqu'ils sont en mouvement, peuvent occasionner de graves blessures aux travailleurs. C'est principalement dans l'objectif de protéger les travailleurs de ces éléments qu'est installée une grille au-dessus de la trémie de manière à en contrôler l'accès.

La grille de protection est mobile, en ce sens qu'elle est installée sur une penture et peut être soulevée sans l'aide d'un outil afin de permettre la réalisation de certaines tâches à l'intérieur de la trémie, telle que le nettoyage, de manière sécuritaire.

La détection de la position de la grille de protection est réalisée par un interrupteur de position électromécanique. Cet interrupteur est installé de manière à détecter la rotation d'une came qui suit le mouvement de rotation lors de l'ouverture de la grille.

Le principe de conception utilisé rejoint les prescriptions de ce qui est appelé l'action mécanique positive dont le principe est présenté à la figure 8.

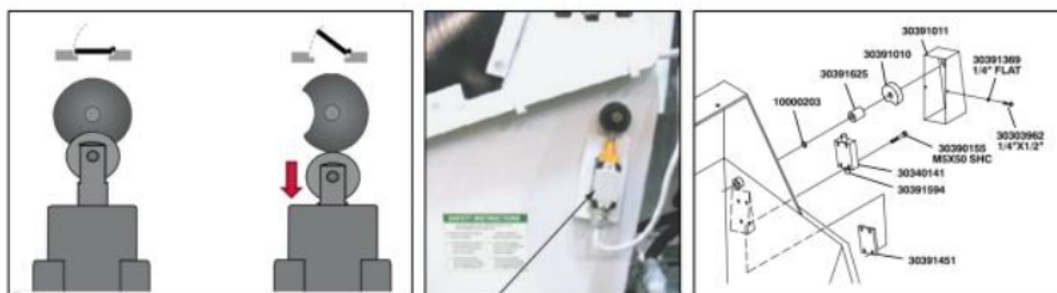


Figure 8: Action mécanique positive^{15, 16, 17}

Suivant ce principe, l'ouverture de la grille de protection provoque la rotation de la came, forçant à son tour, par une action mécanique dite, positive, l'organe de commande (le poussoir à galet) à s'enfoncer et ainsi provoquer l'ouverture du circuit de sécurité.

L'ouverture de ce circuit électrique provoque l'arrêt des mouvements de l'agitateur en coupant l'alimentation d'une valve hydraulique de contournement. Ce principe est illustré à la figure 8. La portion de droite de la figure montre la came (30391010) et l'interrupteur (30340141) tel que montés sur la machine.

Les essais menés lors des visites ont montré que cette fonction de détection n'était pas fonctionnelle. L'ouverture de la grille de protection ne provoquait pas l'arrêt de l'agitateur ni de la valve à bascule.

¹⁵ Source : Switching into safety engineering, Sponsored by Euchner, Vladimir Dragosavic.

¹⁶ Source : Manuel de fonctionnement pour pompes à béton en ligne, p. 89, Schwing [4]

¹⁷ Source : WP 750-18 X Trailer Mounted Concrete Pump, Production Drawings, Schwing [3]



3.3 Fonctionnement des différents boutons d'arrêt d'urgence

Selon le manuel du fabricant, et tel que présenté à la figure 9, la machine devrait être équipée de trois dispositifs d'arrêt d'urgence et d'un quatrième, si une télécommande est utilisée.

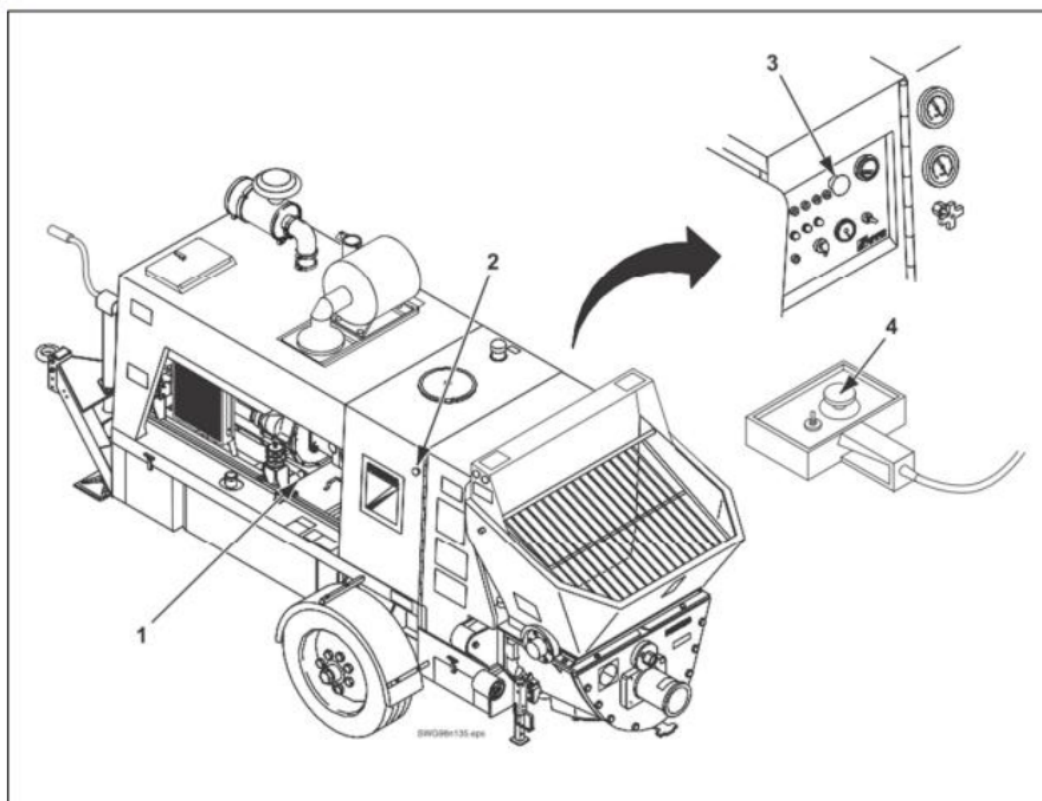


Figure 9: Emplacement des boutons d'arrêt d'urgence selon le manuel du fabricant Schwing¹⁸

Ces boutons devraient permettre d'arrêter le moteur à combustion interne si un des dispositifs d'arrêt d'urgence est actionné. L'arrêt du moteur provoque l'arrêt de la pompe hydraulique stoppant ainsi tous les mouvements de la machine.

Les observations ont montré que trois boutons d'arrêt d'urgence équipent la machine dans son état actuel et que la télécommande était elle aussi équipée d'un bouton d'arrêt d'urgence. Le premier bouton d'arrêt d'urgence est situé sur le panneau de commande illustré à la figure 7 à la page 24.

¹⁸ Source : Figure 3 du Manuel de fonctionnement pour pompe à béton en ligne, p. 26, Schwing [4].



Le deuxième bouton d'arrêt d'urgence, illustré à la partie gauche de la figure 10, est situé à l'arrière du côté « conducteur » de la pompe tel qu'indiqué par le cercle rouge.

Le troisième bouton d'arrêt d'urgence, illustré à la partie droite de la même figure, est situé à l'intérieur du compartiment moteur, tel qu'indiqué par le cercle et la flèche bleue.



Figure 10: Deuxième et troisième boutons d'arrêt d'urgence



Finalement, la télécommande, qui n'était pas en utilisation lors de l'accident, est également équipée d'un bouton d'arrêt d'urgence, encerclé en rouge et illustré à la figure 11.



Figure 11: Arrêt d'urgence de la télécommande

Les essais menés lors des visites d'observation ont montré que le bouton d'arrêt d'urgence situé du conducteur, celui situé dans le compartiment moteur, ainsi que celui de la télécommande ne sont pas fonctionnels; leur actionnement ne provoque pas l'arrêt du moteur à combustion tel que prévu.

Seul le bouton d'arrêt d'urgence installé sur le panneau de commande ayant été ajouté, illustré à la figure 7, était fonctionnel et provoquait l'arrêt du moteur à combustion et ainsi, l'arrêt des mouvements de la pompe, de l'agitateur et de la valve à bascule.

Finalement, selon la norme ISO 13850, le retour en position normale du dispositif d'arrêt d'urgence ne doit pas redémarrer la machine, mais seulement autoriser le redémarrage¹⁹. C'est effectivement ce qui se passe; la machine ne peut être remise en marche que par l'actionnement manuel du sélecteur de mise en marche situé entre les deux panneaux de commande illustré à la figure 7 à la page 24.

¹⁹ Voir l'article 4.1.4 de la norme ISO 13850:2015 [11]



4 Constats, analyse et commentaires

Cette section fera état des constats réalisés suite aux observations lors des visites, de l'analyse de la situation au regard des obligations réglementaires présentées à la section 2.2 de ce rapport. Des commentaires seront émis sur ces mêmes éléments.

4.1 Description générale de l'état de la machine et des modifications apportées

4.1.1 État général de la machine

Dans son état actuel, la machine présente des lacunes, certaines importantes, relativement à ce qui a trait à la sécurité des travailleurs :

- La came de l'interrupteur de sécurité de la grille de protection de la trémie n'est pas fixée et n'est pas alignée avec l'interrupteur, ce qui empêche la détection de l'ouverture de la grille de protection,
- L'interrupteur de verrouillage de la grille de protection de la trémie est bloqué en position enfoncée,
- Un des fils de l'arrêt d'urgence du côté du conducteur mentionnée à la section 3.3 est sectionné le rendant inopérant,
- La plaque signalétique de la machine est absente,
- Le manuel du fabricant n'est pas disponible sur la machine,
- Le levier de commande de la valve commandant la rotation de l'agitateur a été remplacé par un long écrou.
- Les ailettes de l'agitateur semblent très usées.

4.1.2 Modification du circuit de commande électrique

Un constat important porte sur le fait que la machine semble avoir fait l'objet de modifications au regard du circuit de commande électrique. La liste suivante présente les modifications qui semblent avoir été réalisées. Les éléments présentés dans cette liste seront décrits de manière plus détaillée dans les sections à venir du rapport.

- 1) L'interrupteur de sécurité de la grille de protection de la trémie a été neutralisé en modifiant les branchements,
- 2) L'arrêt d'urgence du panneau principal a été retiré,
- 3) La clé de démarrage du moteur à combustion (ignition) du panneau principal a été retirée,
- 4) Les branchements à l'intérieur du panneau de commande original ont fait l'objet de modifications,
- 5) Un panneau de commande additionnel a été ajouté sur lequel un arrêt d'urgence est disponible,



- 6) Le circuit d'arrêt d'urgence original a été contourné,
- 7) Un interrupteur à bascule a été installé en remplacement de la clé de démarrage,
- 8) Certains branchements du moteur à combustion ont été modifiés,

4.2 Interrupteur de position de la grille de protection

Les phénomènes dangereux significatifs principaux de la machine sont sans contredit l'arbre et les ailettes de l'agitateur et la valve à bascule situés à l'intérieur de la trémie. Bien que la vitesse de rotation de l'agitateur soit relativement faible (environ 30 rotations par minutes), une force importante est appliquée à cet arbre par le biais d'un moteur hydraulique pouvant provoquer ainsi des risques d'enroulement importants.

D'autre part, les mouvements rapides, et avec force, de la valve à bascule génèrent des risques de cisaillement importants entre ses parois et celles de la tubulure des pistons pouvant mener à des amputations.



Figure 12: Intérieur de la trémie de la pompe à béton

Si, à première vue, l'accès à l'intérieur de la trémie ne semble pas nécessaire pour la réalisation du travail de pompage, la grille de protection doit néanmoins pouvoir être soulevée afin de faciliter la réalisation de certaines tâches, telles que le nettoyage.

Selon les informations obtenues pendant la rédaction de ce rapport, la victime aurait été trouvée enroulée autour de l'arbre de l'agitateur, situé à l'intérieur de la trémie pendant qu'il effectuait le nettoyage de la machine.

Tel que l'oblige l'article 20 du Règlement sur les pompes à béton du Québec, et que le prescrivent toutes les normes mentionnées à la section 0 de ce rapport, l'ouverture de la



grille de protection doit provoquer l'arrêt des mouvements dangereux à l'intérieur de la trémie.

Les observations réalisées lors des visites ont montré que l'interrupteur de position censé détecter l'ouverture de la trémie et stopper les mouvements dangereux a été neutralisé volontairement.

4.2.1 Came non fixée

Suite au retrait du capot protégeant l'interrupteur, il est apparu que la came devant actionner l'interrupteur au moment de l'ouverture de la trémie n'était pas fixée et tournait librement autour de l'arbre de la grille de protection. Un des boulons était manquant (voir l'encadré rouge à l'image du centre de la figure 13) et le second était desserré. De plus, tel qu'illustré aussi au centre et à la droite de la figure 13 la came était décalée de sa position et n'aurait pu actionner l'interrupteur, même si elle avait été fixée correctement.



Figure 13: État de l'interrupteur de position et de la came au moment du retrait du capot

La conception de cette fonction de sécurité par la compagnie Schwing respecte pourtant les règles de l'Art dans ce domaine.

Premièrement, l'interrupteur est installé selon le principe de l'action mécanique positive expliqué à la section 3.2 de ce rapport.

Deuxièmement, ce modèle d'interrupteur, de la compagnie Télémécanique, utilise des contacts à ouverture forcée²⁰ garantissant l'ouverture du circuit, même en cas de certaines défaillances de ceux-ci. Ces deux principes sont fréquemment mis en œuvre

²⁰ Bloc de contacts XE2NP de Télémécanique, composé de deux contacts normalement fermés à ouverture forcée.



afin de permettre d'atteindre un niveau de fiabilité de performance PLc tel qu'énoncé à l'article 5.2.10 de la norme européenne EN 12001 citée à la section 2.3.2 de ce rapport.

4.2.2 Poussoir à galet bloqué en position enfoncée

L'organe de commande de l'interrupteur est un poussoir muni d'un « galet » (roulette) relié à la tige qui actionne l'interrupteur. Or, ce galet, et la tige de l'interrupteur étaient bloqués en position enfoncée, tel qu'illustré à la figure 14. La photo de la figure 15 montre également l'encrassement du galet et de sa tige, probablement provoqué par du béton, et illustre que cette condition n'est très certainement pas récente.

Aussi, on peut apercevoir sur l'image de droite de la figure que le guide de la tige a subi une déformation (entourée en rouge) qui pourrait avoir également empêché le libre mouvement du galet et de la tige. Cette déformation pourrait avoir été causée par un outil, ou par le contact avec le boulon de fixation de la came, mais sa cause exacte reste inconnue.



Figure 14: Poussoir à galet de l'interrupteur bloqué en position enfoncée²¹

²¹ Sources : Photo de gauche : visite du 18 janvier 2024, Photo de droite : visite du 26 janvier 2024



Figure 15: Comparaison du poussoir de l'interrupteur avec un modèle neuf^{22,23}

4.2.3 Contournement des branchements

La lecture de l'état des contacts réalisée avec un ohmmètre dans cette position enfoncée du poussoir de l'interrupteur, a montré que les deux contacts normalement fermés de l'interrupteur étaient « ouverts » ce qui prouve que la position enfoncée du poussoir aurait normalement provoqué l'ouverture du circuit de l'agitateur. Dans cette position, l'arbre de l'agitateur n'aurait pas normalement été en mesure de fonctionner.

Si l'agitateur continuait à fonctionner, c'est parce que les branchements à l'intérieur de l'interrupteur lui-même ont été modifiés. Les deux fils reliés à l'un des contacts normalement fermés de l'interrupteur, faisant partie du circuit de sécurité de la grille de protection, ont été débranchés et reliés entre eux de manière à simuler la position sécuritaire de la grille de protection et ainsi permettre en tout temps le fonctionnement de l'agitateur.

En établissant ce contact entre les deux fils, l'alimentation électrique de la valve hydraulique de contournement, sensée stopper les mouvements de l'agitateur n'est jamais coupée ce qui empêche l'arrêt de l'agitateur en tout temps, même si la grille de protection est ouverte.

Cette modification, illustrée à la figure 16, a été réalisée de manière organisée avec les bons outils et les bons accessoires. Plutôt que d'être simplement torsadés ensemble et

²² Source : Photo du 26 janvier 2024

²³ Modèle d'interrupteur Télémécanique XCK-J avec organe de commande ZCK-E67, <https://picclick.com/Telemecanique-XCK-J-Limit-Switch-w-ZCK-E67-Operating-Head-175733934528.html>



recouverts de ruban électrique isolant, les fils ont été soudés et recouverts par une gaine thermorétractable (*heat shrink tubing*). Il est peu probable que cette modification ait été réalisée en urgence, sur un chantier par exemple, afin de réaliser un dépannage suite à une défaillance, mais plutôt dans un contexte où cette la décision a été évaluée.

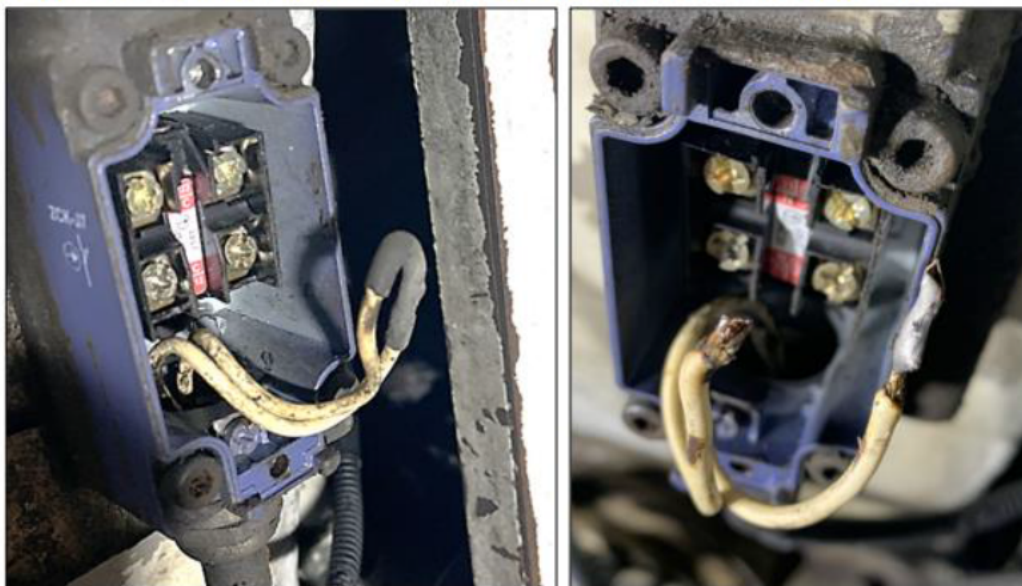


Figure 16: Contournement des branchements de l'interrupteur de position²⁴

4.2.3.1 Essais du circuit de sécurité de la grille de protection

Afin de démontrer que le circuit de sécurité de la grille de protection aurait été fonctionnel si cette modification n'avait pas été réalisée, un essai a été réalisé en remplaçant l'interrupteur de la pompe à béton par un modèle d'interrupteur présentant les mêmes caractéristiques.

Cet interrupteur a été branché à la manière de l'interrupteur équipant actuellement la pompe à béton en utilisant un contact normalement fermé afin de simuler le fonctionnement du circuit. Les résultats de ces essais ont montré que l'actionnement de l'interrupteur (simulant l'ouverture de la grille de protection de la trémie) provoquait l'arrêt des mouvements de l'agitateur et de la valve à bascule de manière presque instantanée.

²⁴ Sources : Photo de gauche : visite du 18 janvier 2024, Photo de droite : visite du 26 janvier 2024. (La photo à droite de la figure 19 montre les fils qui ont dû être coupés pour permettre le retrait de la gaine thermorétractable).



Cette démonstration permet d'affirmer que le reste du circuit de sécurité de l'agitateur était fonctionnel, sauf en ce qui concerne l'interrupteur de position qui avait été neutralisé.

Les essais ont également permis de démontrer que, contrairement aux principes de base en sécurité des machines, la fermeture du contact de l'interrupteur simulant la fermeture de la grille de protection provoquait le redémarrage de l'agitateur. Cependant, une fois la grille refermée, le redémarrage ne devrait normalement être possible que suite à une action humaine sur un organe de commande (ex. bouton de départ, de réarmement).

La norme EN 12001 précise directement cette exigence et pour sa part, la norme CSA Z151 fait référence à la norme CSA Z432 sur la sécurité des machines qui énonce également le même principe²⁵ que la pompe à béton Schwing SP750-18 ne respecte donc pas.

Finalement, il est pour le moins désolant de constater que l'interrupteur qui a ainsi été neutralisé volontairement soit installé tout juste à côté d'une affiche avertissant du risque d'entraînement par l'arbre de l'agitateur. On pourrait voir ici l'intention du fabricant d'aviser les personnes tentées de procéder à ce genre de modification de ne pas le faire.



Figure 17: Affiche d'avertissement d'enroulement

²⁵ Voir l'article 10.2.4 de la norme CSA Z432-16 [10]



4.3 Modification du circuit électrique de la pompe à béton SP150-18

Tel que mentionné à la section 3.1.2 de ce rapport, le panneau de commande principal de la pompe à béton, dont l'intérieur est montré à la figure 18, a été modifié (le bouton d'arrêt d'urgence original ayant notamment été retiré) et un deuxième panneau, illustré à la figure 7 à la page 24, a été ajouté en dessous. Un bouton d'arrêt d'urgence a notamment été ajouté sur ce deuxième panneau de commande.

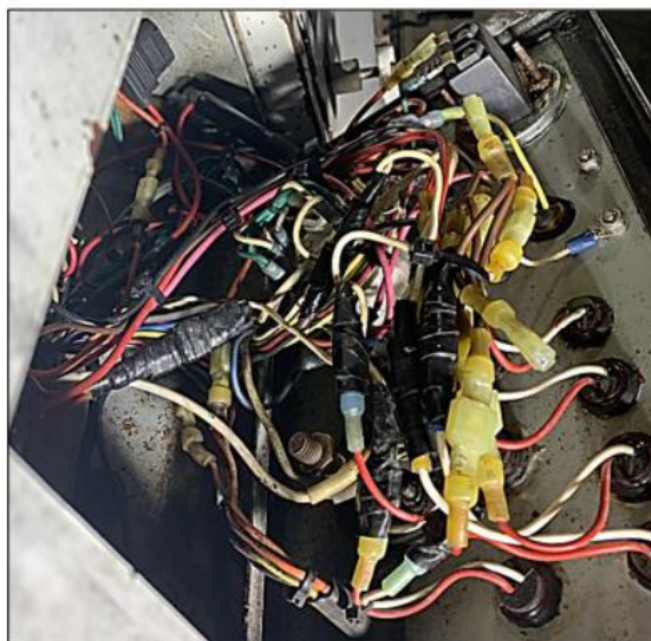


Figure 18: Intérieur du panneau de commande principal

Le mandat ne rendait pas nécessaire la réalisation d'un relevé exhaustif du circuit, mais seulement des éléments ayant potentiellement contribué à l'accident, tel que le circuit de l'agitateur et de l'arrêt d'arrêt d'urgence. Pour ces deux fonctions, il est clair que le circuit a fait l'objet de modifications. Le circuit de l'agitateur passe désormais par un nouveau circuit d'arrêt d'urgence, contrairement à la version originale, et le circuit d'arrêt d'urgence a lui-même fait l'objet de modifications.

Le tableau 1 présente le résultat des observations laissant croire que le panneau principal de la pompe à béton a subi des modifications et qu'il ne correspond très probablement pas aux pratiques de conception et de fabrication de la compagnie Schwing.



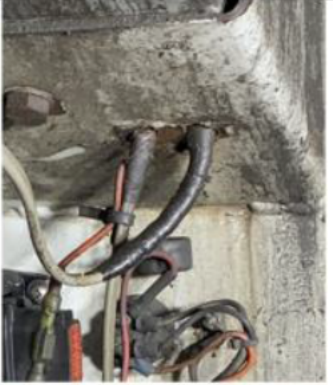
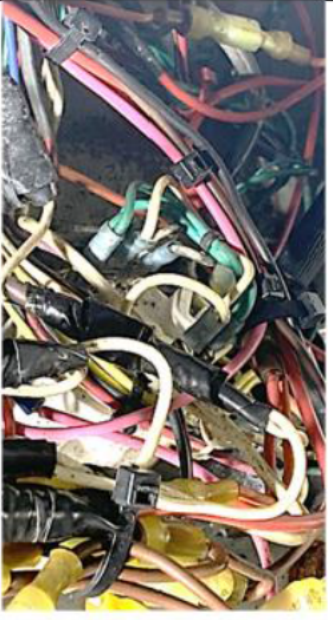
CNESST – Rapport d'évaluation – Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

Tableau 1: Exemples de modifications apportées au panneau de commande principal

Utilisation de porte-fusible à même les fils, Utilisation de porte-fusible de modèles différents.	
Utilisation de ruban électrique isolant.	
Fils débranchés (circuit d'arrêt d'urgence).	



CNESST – Rapport d'évaluation – Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

Composants débranchés (interrupteur de démarrage).	
Câbles sans presse-étoupe ajoutés au panneau de commande principal.	
Utilisation d'attaches autobloquantes (Ty-Rap).	



4.3.1 Fonction d'arrêt d'urgence et panneau de commande ajouté

Tel que mentionné au point 6) de la section 4.1.2 de ce rapport, le circuit d'arrêt d'urgence original de la machine semble avoir été contourné complètement et remplacé par un nouveau circuit. Cette modification rend inopérants les boutons d'arrêt d'urgence originaux de la machine : celui situé du côté conducteur et celui situé dans le compartiment moteur, tous deux illustrés à la figure 10 ainsi que celui de la télécommande, illustré à la figure 11.

Lors des visites, il a aussi été observé que le fil du bouton d'arrêt d'urgence situé du côté du conducteur était coupé tel que montré à la figure suivante. Ce bris ne semble pas récent et empêche ce bouton d'arrêt d'urgence de remplir son rôle.



Figure 19: Fil coupé de l'arrêt d'urgence sur le côté conducteur

Cette modification du circuit fait en sorte que le seul bouton d'arrêt d'urgence qui soit fonctionnel sur la machine est celui installé sur le nouveau panneau de commande ajouté tout juste sous le panneau principal et illustré à la figure 7 de la page 24.

L'intérieur de ce panneau, illustré à la figure 20, montre qu'il comporte des éléments ne figurant pas dans le schéma de câblage présenté dans les documents de la compagnie Schwing. Notamment, un solénoïde typiquement utilisé dans le domaine automobile remplit la fonction d'un contacteur d'arrêt d'urgence.



Figure 20: Intérieur du panneau de commande ajouté

L'alimentation électrique 12 VCC principale de la pompe à béton passe dorénavant par ce solénoïde dont la bobine est alimentée par le bouton d'arrêt d'urgence installé sur la face avant du panneau.

Si le bouton d'arrêt d'urgence n'est pas enfoncé, la bobine du solénoïde est alimentée et ferme son contact, alimentant notamment le circuit de l'agitateur, celui de la pompe à béton ainsi que de la valve d'alimentation en carburant du moteur à combustion.

Si ce même bouton d'arrêt d'urgence est enfoncé, l'alimentation de la bobine du solénoïde est coupée, provoquant l'ouverture de son contact et ainsi, la coupure de l'alimentation du circuit de l'agitateur, de la pompe à béton et de la valve d'alimentation en carburant du moteur à combustion, ce qui mène à l'arrêt complet de la machine.

4.3.2 Commentaires sur le circuit d'arrêt d'urgence ajouté

La conception de ce nouveau circuit d'arrêt d'urgence montre certaines lacunes de conception.

- 1) Un contournement de la fonction d'arrêt d'urgence a été installé à même le « nouveau » circuit. Illustrés à la figure 21, les deux fils de couleur blanche reliés au solénoïde, dont l'un est identifié par un autocollant « Bay-Pass », sont munis de connecteurs permettant de neutraliser facilement la fonction d'arrêt d'urgence (la porte du panneau de commande n'étant barrée).

L'alimentation des circuits importants de la machine, incluant l'agitateur, la pompe elle-même et l'alimentation en carburant du moteur à combustion passe directement par ces deux fils s'ils sont reliés entre eux, rendant le bouton d'arrêt



d'urgence inopérant. Si ces deux fils sont reliés entre eux, aucune fonction d'arrêt d'urgence n'est alors disponible sur la machine.

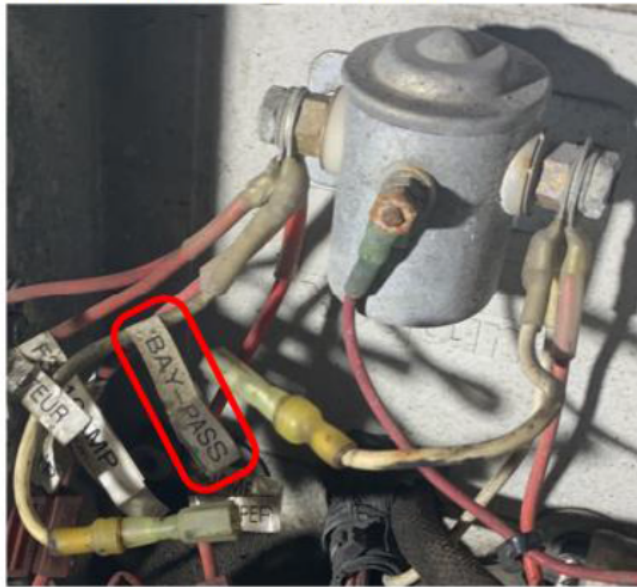


Figure 21: Fil de contournement de la fonction d'arrêt d'urgence

- 2) Le branchement du bouton d'arrêt d'urgence, illustré à la figure 22, montre possiblement une incompréhension des notions de fiabilité de la part des personnes ayant réalisé ce circuit. Les deux contacts normalement fermés (NC) sont branchés en parallèle. Dans ce cas, si l'un des deux contacts présente un défaut de non-ouverture (ex. soudure du contact), le circuit d'arrêt d'urgence est compromis et la machine ne s'arrêtera pas. Ce branchement en parallèle des deux contacts ne diminue pas la probabilité de défaillance et n'augmente certainement pas la fiabilité.

Même si ces deux contacts avaient été branchés en série, on n'aurait fait qu'augmenter la durée de vie du circuit, sans être en mesure de détecter la défaillance. Cette pratique n'est pas recommandée en industrie.



CNESST – Rapport d'évaluation – Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

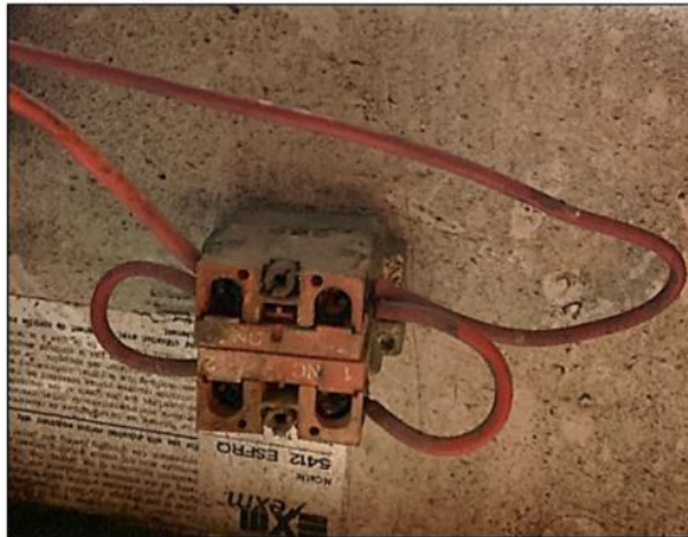


Figure 22: Branchement des contacts de l'arrêt d'urgence

- 3) Au regard de l'utilisation d'un solénoïde du type de celui installé dans ce circuit, le fabricant probable de ce dispositif²⁶ énonce dans les spécifications techniques qu'il doit être installé avec le capuchon de la marque vers le bas « *Mount with brand cap facing down* », ce qui n'a pas été fait. Cette recommandation s'appuie sur le fait que le contact du solénoïde pourrait réagir aux simples vibrations de la machine. Selon le fabricant, l'installation « à l'horizontale » pourrait s'avérer moins problématique, ce qui n'est pas le cas ici.
- 4) Suivant les prescriptions de la norme ISO 13850, l'arrêt d'urgence de la machine devrait être muni d'une collerette jaune aux fins de son identification, ce qui n'est pas le cas.

Il m'est impossible de comprendre pourquoi ces modifications ont été apportées à la machine. Le remplacement des fusibles et le contournement du circuit d'arrêt d'urgence original, pour ne citer que celles-ci, n'ont à mes yeux aucune raison évidente d'avoir été réalisés. La lecture du schéma de câblage de la compagnie Schwing montre qu'avec le circuit original, le comportement du circuit est essentiellement le même :

- L'ouverture de la grille de protection de la trémie provoque l'arrêt de l'agitateur et de la valve à bascule (et du système de pompage), et,

²⁶ Cole Hersee



- L'actionnement de l'arrêt d'urgence provoque l'arrêt du moteur à combustion, entraînant l'arrêt de tous les systèmes.

4.3.3 Fiabilité des circuits d'arrêt d'urgence et de l'agitateur

Conformément aux prescriptions de l'article 4.1.5 de la norme ISO 13850 et de l'article 5.2.10.5 de la norme européenne EN 12001 (voir la section 2.3.2 de ce rapport), le circuit d'arrêt d'urgence devrait satisfaire aux prescriptions de la norme ISO 13849-1 afin d'atteindre un niveau de performance requis minimale PLc (voir l'annexe A de ce rapport pour des informations complémentaires sur la fiabilité des systèmes de commande relatifs à la sécurité des machines).

Pour sa part, selon l'article 5.2.10.2 de la norme EN 12001, le circuit de l'agitateur devrait lui aussi présenter un niveau de performance PLc de la norme ISO 13849. Il n'est cependant pas possible d'établir avec certitude les niveaux de performance atteints par ces deux circuits.

4.3.3.1 Circuit de l'agitateur

Pour le circuit de l'agitateur, l'utilisation d'un interrupteur à ouverture forcée, installé selon le principe de l'actionnement mécanique positif, et relié directement à une valve de dérivation montre que ces règles de base, peuvent être utilisées pour la réalisation d'un circuit de niveau PLc ont été appliquées. Pour répondre à la question, il ne manquerait que de connaître les taux de sollicitation de la grille de protection de la trémie, par exemple, combien de fois par année la grille est ouverte, pour établir si les valeurs de défaillance sont conformes.

Cependant, le reste des informations permettant d'affirmer si ce circuit est conforme à toutes les prescriptions à ce niveau restent la propriété du fabricant Schwing.

4.3.3.2 Circuit d'arrêt d'urgence

Dans le cas du circuit d'arrêt d'urgence actuel de la pompe à béton, considérant que sa conception ne semble pas avoir été réalisée suivant les principes de base en sécurité des machines (ex. l'utilisation des contacts en parallèle du bouton, l'utilisation du solénoïde), il est peu probable qu'il respecte toutes les exigences du niveau PLc tel qu'énoncé dans la norme ISO 13849.



5 Conclusion

Le 15 décembre 2023, un accident mortel s'est produit sur une pompe à béton Schwing, modèle SP750-18. La victime a été retrouvée enroulée autour de l'agitateur de la machine. Il semble que la grille de protection qui équipait la machine était soulevée au moment de l'accident alors que le travailleur procédait au nettoyage de la machine.

La CNESST m'a mandaté afin de décrire le fonctionnement de la machine et de certaines de ses composantes spécifiques, mais aussi afin d'obtenir une évaluation du respect des règles de l'art relatives au domaine de la sécurité des machines. L'organisme cherchait notamment à :

1. Déterminer et expliquer le fonctionnement général de la pompe à béton dans son état actuel;
2. Déterminer et expliquer le fonctionnement du dispositif de sécurité de la grille de la trémie;
3. Déterminer et expliquer le fonctionnement des différents boutons d'arrêt d'urgence.

Suivant les observations réalisées lors de deux visites, ces trois éléments ont pu être analysés et sont présentés au rapport.

Le fonctionnement de la pompe à béton dans son état actuel a été décrit. La machine présente certains signes d'usure, mais les observations montrent qu'elle semble être fonctionnelle, sauf au regard de la détection de la position de la grille de protection de la trémie et des arrêts d'urgence.

L'interrupteur électromécanique de position censé détecter la position ouverte de la grille de protection de la trémie a été neutralisé volontairement. N'eue été de cette modification, l'ouverture de la grille de protection de la trémie aurait été détectée par l'interrupteur et aurait ainsi provoqué l'arrêt de l'arbre de l'agitateur qui n'aurait pas été en rotation au moment de l'accident.

Cette modification volontaire de l'interrupteur a très probablement été réalisée par des personnes, qui, bien qu'elles avaient certaines qualifications techniques, ne comprenaient certainement pas l'impact qu'elle pourrait avoir. Elle a fait en sorte que le travailleur a été en mesure d'atteindre l'arbre de l'agitateur à l'intérieur de la trémie, alors en mouvement, et se faire entraîner.

Les observations ont également montré que le circuit de commande principal de la machine a fait l'objet de modifications importantes, notamment sur la portion du circuit relative à l'arrêt d'urgence. Rien n'explique la raison ayant mené à ces modifications.

Le résultat dans l'état actuel de la machine est qu'un seul des trois boutons d'arrêt d'urgence équipant la machine au moment de l'accident était fonctionnel. Il s'agit en l'occurrence d'un bouton d'arrêt d'urgence ayant très probablement été ajouté au circuit de commande de la machine.



L
15 février 2024

Numéro de membre OIQ :

Ingénieur en sécurité des machines

Téléphone :
Courriel :
Site web :



Références

1. Operation manual for concrete line pumps, All « SP » rock valve models, Schwing, Version 3.0.1, Revision date 08/11.
2. Safety manual, A guide for the prevention of accidents when driving, operating, cleaning, and maintaining concrete pumps, placing booms, and related equipment, American Concrete Pumping Association, Version 6.0.1, July 2008.
3. WP 750-18 X Trailer Mounted Concrete Pump, Production Drawings, Schwing, Rev 0, 08/01/02.
4. Manuel de fonctionnement pour pompes à béton en ligne, Tous les modèles SP à « valve à bascule, Numéro de référence 30100750, version 1.2.1, 2007, Schwing.
5. Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC), Loi sur la santé et la sécurité du travail, s-2.1, r. 4, Loi sur la santé et la sécurité du travail (chapitre S-2.1, a. 223).
6. Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution, S-2.1, r. 9, Loi sur la santé et la sécurité du travail (chapitre S-2.1, a. 63 et 223).
7. Norme canadienne CSA Z151-17 (R2022), Pompes à béton et flèches de distribution.
8. Norme européenne EN 12001:2012, Machines pour le transport, la projection et la distribution de béton et mortier, Prescriptions de sécurité.
9. Norme états-unienne, ASME B30.27-2019, Material placement systems, Safety standard for cableways, cranes, derrick, hoists, jacks, and slings, The American Society of Mechanical Engineers.
10. Norme canadienne CSA Z432-16, Protection des machines.
11. Norme internationale ISO 13850:2015, Sécurité des machines, Arrêt d'urgence, Principes de conception.
12. Camion-pompe à béton, Carnet de bord, Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la construction.
13. Bulletin d'information Prévenir aussi, Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la construction, Volume 32, Numéro 1, Printemps 2017.
14. Ready mixed concrete driver pump safety guideline, Concrete Ontario, version 1.0.
15. Norme internationale ISO 13849-1:2023, Sécurité des machines - Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité - Partie 1: Principes généraux de conception.
16. Norme internationale CEI 62061:2021, Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité.



Annexe A – Fiabilité des systèmes de commande en sécurité des machines

La notion de fiabilité se rapporte aux parties des circuits de commande relatives à la sécurité qui « gèrent » les fonctions de sécurité.

La normalisation actuelle dans ce domaine réfère essentiellement à deux normes : la norme ISO 13849 [15] et la norme CEI 62061 [16]. Les deux normes proposent chacune une démarche de conception et de validation permettant d'atteindre un « niveau de fiabilité ». L'objectif est le même, mais les démarches ne sont pas identiques.

La norme ISO 13849

La norme ISO 13849 propose une démarche de conception sur la fiabilité des parties des systèmes de commande remplissant des fonctions de sécurité, appelés SRP/CS²⁷.

Elle s'applique à tous les types de systèmes de commande (électrique, pneumatique et hydraulique) relatifs à la sécurité des personnes utilisés usuellement avec les machines de production industrielles.

La norme établit une échelle de fiabilité de cinq niveaux appelée « niveau de performance », ou « PL », allant du plus faible niveau de fiabilité PL_a au plus élevé PL_e.

Le niveau de performance d'un circuit relatif à la sécurité doit être adapté à chaque situation de travail. C'est ce qui est appelé « Niveau de performance requis », ou PL_r. La sélection de ce niveau est basée sur un outil utilisant trois facteurs d'estimation du risque qui sont établis en fonction d'une analyse de chaque situation de travail. Ces facteurs sont : la gravité potentielle de la blessure (S), la fréquence/ durée d'accès à la zone dangereuse (F) et la possibilité d'éviter ou de limiter le dommage si l'événement dangereux survient (P). La détermination de la valeur de chacun de ces facteurs amène l'utilisateur à déterminer le niveau de performance requis PL_r tel que le montre la figure suivante tirée de la norme ISO 13849.

²⁷ L'acronyme SRP/CS vient de l'anglais : *Safety Related Part of a Control System* et est utilisé dans la version française de la norme ISO 13849.

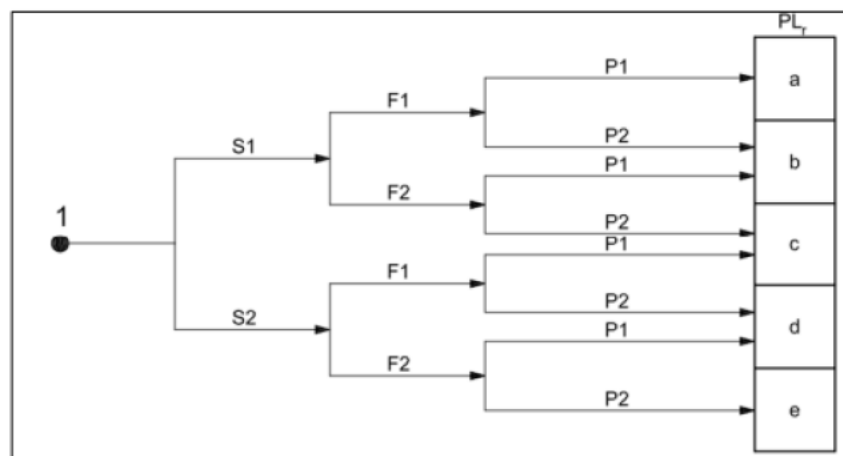


Figure 3: Figure A1 de la norme ISO 13849 - Sélection du PLr (PL requis)

La conception de ces circuits repose sur des principes variés trop nombreux pour être expliqués ici. Il est cependant utile de comprendre que plus le niveau de fiabilité requis augmente, plus les moyens à mettre en œuvre seront exigeants.

À titre d'exemple, les circuits simples de niveau PLa, jusqu'à PLc peuvent être conçus selon le choix des composants et la structure du circuit. La redondance complète des éléments d'entrée, de traitement et de sortie deviendra normalement nécessaire pour les niveaux PLd et PLe et la détection de tous les défauts est exigée pour le niveau PLe.



Annexe B – Dimensions de construction de la grille de protection

La grille de protection de la trémie doit être construite selon les dimensions préconisées dans la réglementation et la normalisation. Les valeurs issues des trois normes utilisées pour la rédaction de ce rapport sont présentées à cette annexe.

Valeurs selon la norme CSA Z151 :

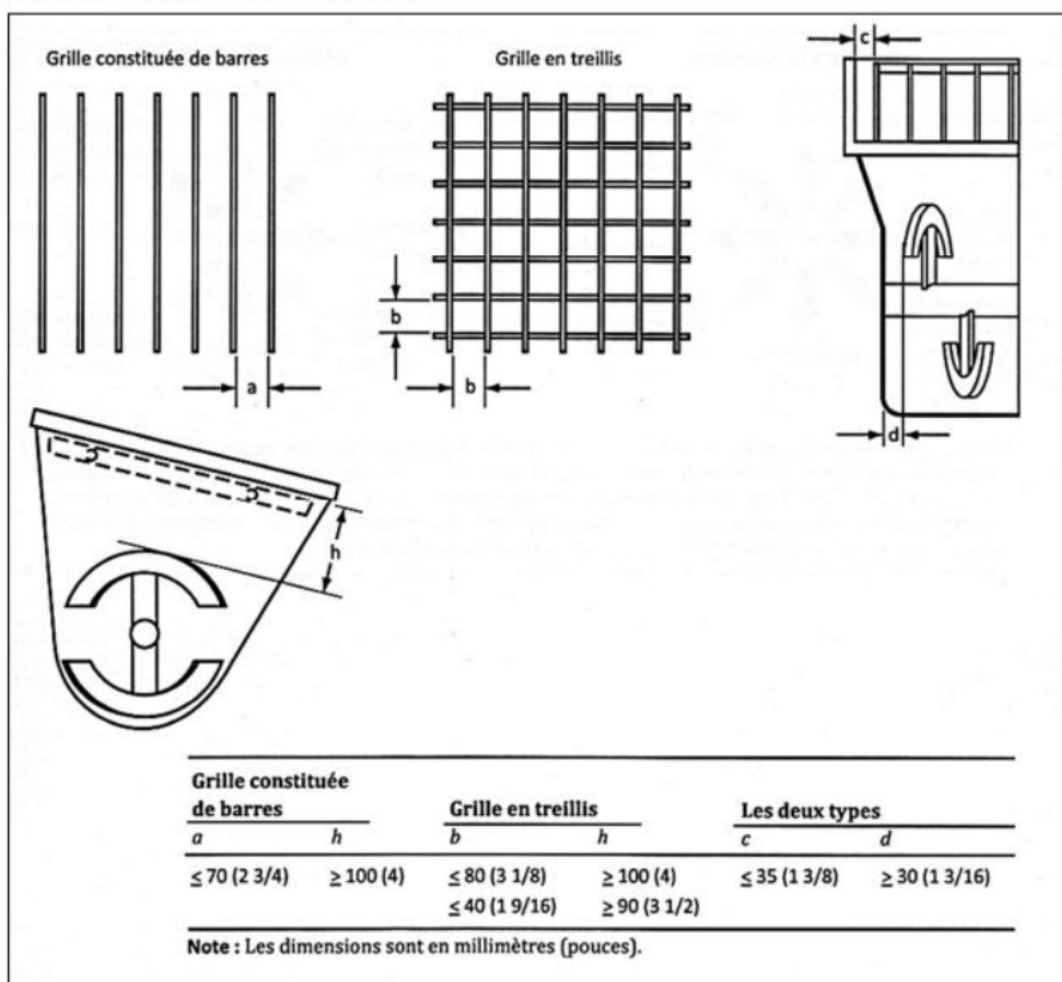


Figure 23: Dimension de la grille de protection de la trémie selon CSA Z151-17²⁸

²⁸ Source : Figure 9 de la norme CSA Z151-17



CNESST – Rapport d'évaluation – Pompe à béton Schwing SP 750-18

Valeurs selon la norme EN 12001 :

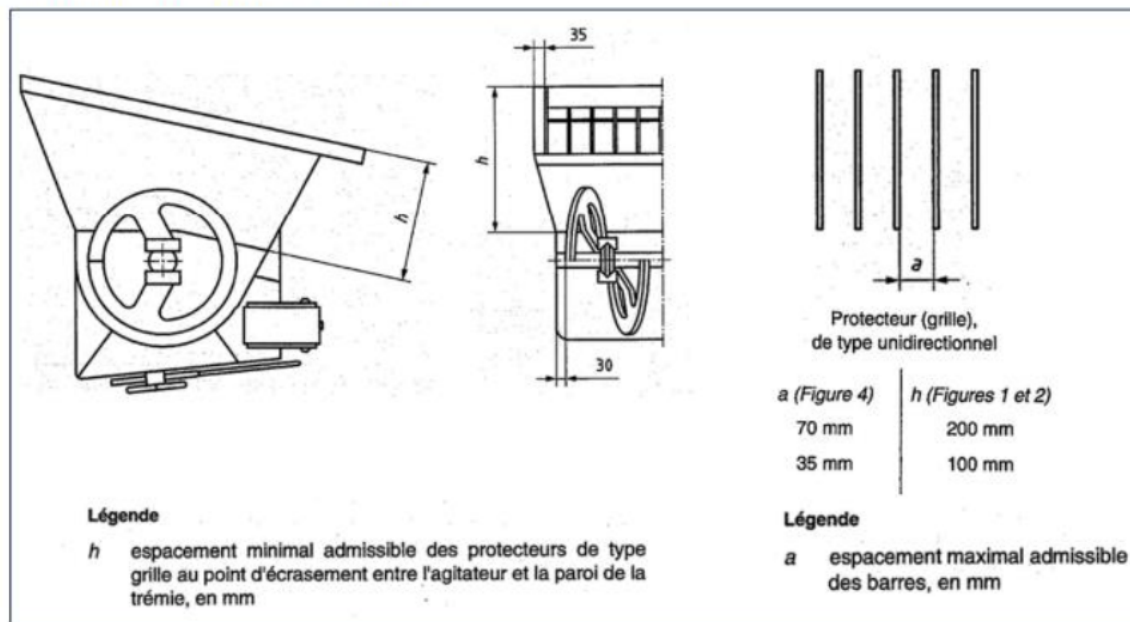


Figure 24: Dimension du grillage de la trémie selon EN 12001²⁹

²⁹ Source : Extraits des figures 1,2 et 4 de la norme EN 12001:2012



Valeurs selon la norme ASME B30.27 :

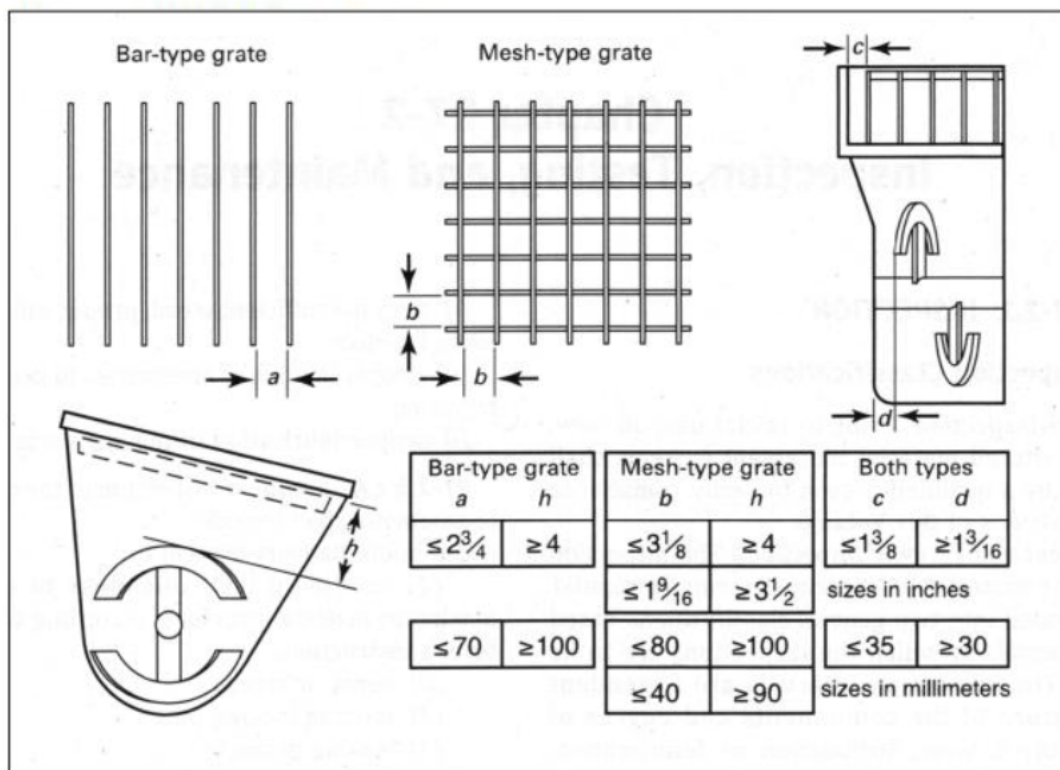


Figure 25: Dimensions normalisées de la grille de protection selon ASME B30.27³⁰

³⁰ Source : Figure 27-1.16-1 de la norme ASME B30.27 [9]



CNESST – Rapport d'évaluation – Pompe à béton Schwing SP 750-18 ()

Résumé des recommandations réglementaires et normatives et conformité de la grille de protection de la pompe Schwing SP750-18 observée :

	« a »	« h »	« c »	« d »
Règlement sur les pompes à béton du Québec ³¹	≤ 70 mm	≥ 75 mm	N/A	N/A
CSA Z151	≤ 70 mm	≥ 100 mm	≤ 35 mm	≥ 30 mm
EN 12001	≤ 70 mm	≥ 200 mm	≤ 35 mm	≥ 30 mm
ASME B30.27	≤ 70 mm	≥ 100 mm	≤ 35 mm	≥ 30 mm
Grille de la pompe SP750-18	Entre 55 et 69 mm	375 mm	40 et 50 mm	76 et 89 mm

³¹ Voir l'article 20 du Règlement sur les pompes à béton à la section 2.2.2 à la page 10 de ce rapport



Versions du document

Version	Date	Modifications
1.0	8 fév 2024	Version originale remise à la CNESST
1.1	15 fév 2024	Correction d'erreurs mineures, de fautes de français, de frappe et de renvois automatiques, Révision de la section 4.3.1 sur la fonction d'arrêt d'urgence et du panneau de commande ajouté afin de clarifier le fonctionnement des arrêts d'urgence et la neutralisation.

ANNEXE C

Références bibliographiques

Loi et règlements

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 31 décembre 2023, [En ligne], 2023. [[s-2.1 - Loi sur la santé et la sécurité du travail \(gouv.qc.ca\)](#)].

QUÉBEC. *Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution*, RLRQ, chapitre S-2.1 r.9, à jour au 12 décembre 2023, [En ligne], 2023. [[S-2.1, r. 9 - Règlement sur les pompes à béton et les mâts de distribution \(gouv.qc.ca\)](#)].

QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction* (CSTC), RLRQ, chapitre S-2.1 r.4, à jour au 12 décembre 2023, [En ligne], 2023. [[s-2.1, r. 4 - Code de sécurité pour les travaux de construction \(gouv.qc.ca\)](#)].

Normes

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Pompes à béton et flèches de distribution*, Toronto, Ontario, CSA, 2009, confirmée en 2014, 58 p. (CSA Z151 – 2009).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Pompes à béton et flèches de distribution*, Toronto, Ontario, CSA, 2017, confirmée en 2022, 63 p. (CSA Z151 – 2017).

Manuel du fabricant

SCHWING. *Manuel de fonctionnement, pour pompes à béton en ligne, Tous les modèles SP à «valve à bascule»*, 1.2.1, St. Paul, États-Unis, Schwing 2007, 220 p.

Manuel de sécurité

AMERICAN CONCRETE PUMPING ASSOCIATION. *Safety manual, A guide for the prevention of accidents when driving, operating, cleaning and maintaining concrete pumps, placing booms, and related equipment*. 6.0.1, Lewis Center, États-Unis, ACPA 2008, 96 p.