

EN004135

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident mortel survenu à un travailleur de
l'entreprise Allinov inc. le 27 octobre 2016 au
2333, rue St-Césaire à Marieville**

Direction régionale de Saint-Jean-sur-Richelieu

VERSION DÉPERSONNALISÉE

Inspecteurs :

Jasmin Rondeau

Alexandre Audette

Date du rapport : 8 mars 2017

Rapport distribué à :

- Monsieur [A], [...] d'Allinov inc.
- Comité de santé et de sécurité d'Allinov inc.
- Monsieur André-H. Dandavino, coroner
- Madame Julie Loslier, directrice de la santé publique, Montérégie

TABLE DES MATIÈRES

1	RÉSUMÉ DU RAPPORT	1
2	ORGANISATION DU TRAVAIL	3
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	4
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	4
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	4
3	DESCRIPTION DU TRAVAIL	7
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	7
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	8
4	ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE	9
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	9
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	10
4.2.1	FORMATION DE MONSIEUR [B]	10
4.2.2	DESCRIPTION DU CONVOYEUR CV102	11
4.2.3	DESCRIPTION D'UN MOTORÉDUCTEUR	12
4.2.4	FONCTIONNEMENT DU MOTORÉDUCTEUR	13
4.2.5	DESCRIPTION DE LA GRUE MOBILE	15
4.2.6	DESCRIPTION DE L'ÉLINGUE ET DE SES COMPOSANTES	16
4.2.7	INSTALLATION DU MOTORÉDUCTEUR	17
4.2.8	ÉQUILIBRE STABLE – ÉQUILIBRE INSTABLE	20
4.2.9	RENVERSEMENT DU MOTORÉDUCTEUR	21
4.2.10	RÈGLEMENTATION	21
4.2.10.1	La Loi sur la santé et la sécurité du travail (S-2.1)	21
4.2.10.2	Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (S-2.1, r-13)	22
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	22
4.3.1	LE MOTORÉDUCTEUR, QUI EST EN ÉQUILIBRE INSTABLE, BASCULE ET ÉCRASE LE TRAVAILLEUR QUI SE TROUVE DANS SON ANGLE DE ROTATION.	22
4.3.2	L'ABSENCE D'UNE MÉTHODE DE TRAVAIL SÉCURITAIRE POUR COMPLÉTER L'INSTALLATION DU MOTORÉDUCTEUR SUR LA SECTION DE TÊTE D'UN CONVOYEUR EXPOSE LE TRAVAILLEUR À UN RISQUE D'ÉCRASEMENT.	24
5	CONCLUSION	25
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	25
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	25

ANNEXES

ANNEXE A :	Accidenté	27
ANNEXE B :	Dessin technique de la section de tête du convoyeur CV102	29
ANNEXE C :	Extrait de la fiche technique du moteur	31
ANNEXE D :	Extrait de la fiche technique du réducteur	33
ANNEXE E :	Extrait de la fiche technique de la grue	35
ANNEXE F :	Test de charge	37
ANNEXE G :	Extrait de la fiche technique des crochets autobloquants à chape	39
ANNEXE H :	Rapport d'expertise interne	41
ANNEXE I :	Liste des personnes et témoins rencontrés	49
ANNEXE J :	Références bibliographiques	51

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

Le 27 octobre 2016, vers 10 h 25, un travailleur de l'entreprise Allinov inc. est écrasé alors qu'il s'affaire à l'installation d'un motoréducteur sur la section de tête d'un convoyeur industriel.

Conséquences

Le travailleur décède des suites de ses blessures.



Photo 1 : Scène de l'accident à l'arrivée de la CNESST
Source : CNESST

Abrégé de la cause

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

- Le motoréducteur, qui est en équilibre instable, bascule et écrase le travailleur qui se trouve dans son angle de rotation.
- La méthode de travail utilisée pour compléter l'installation du motoréducteur sur la section de tête d'un convoyeur expose le travailleur à un risque d'écrasement.

Mesures correctives

Dans le rapport RAP9109494, émis le 27 octobre 2016, la CNESST a interdit toute manipulation (incluant l'installation) de motoréducteurs sur les convoyeurs fabriqués par l'entreprise. Une décision a été rendue et une copie de cette décision a été remise à l'employeur.

À la suite des visites de la CNESST, l'employeur a élaboré deux procédures de travail sécuritaires :

- Une procédure de travail sécuritaire afin de compléter l'installation du motoréducteur sur la section de tête du convoyeur impliquée dans l'accident;
- Une procédure de travail sécuritaire afin d'installer de nouveaux motoréducteurs sur les convoyeurs fabriqués par l'entreprise.

La CNESST a également exigé que les travailleurs soient formés sur les nouvelles méthodes afin de s'assurer que le travail soit exécuté de façon sécuritaire.

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

SECTION 2

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Structure générale de l'établissement

L'entreprise Allinov inc. est située au 2333, rue St-Césaire à Marieville. Elle a été fondée en 2005 et se spécialise dans la conception, la fabrication et l'installation de machineries industrielles.

Allinov inc. emploie près de [...] travailleurs non syndiqués. Entre [...] et [...] travailleurs sont assignés au secteur de la fabrication alors qu'une [...] de personnes s'occupent des tâches administratives.

Les travaux d'installation des machines fabriquées par l'entreprise sont effectués directement sur les chantiers des clients par des sous-traitants spécialisés.

Les activités reliées à la fabrication s'effectuent sur deux quarts de travail, soit entre 7 h et 15 h 30 du lundi au vendredi et entre 15 h 45 et 2 h 15 du lundi au jeudi. Les contremaîtres et les chefs d'équipe sont responsables des affectations de travail dans l'établissement.

Monsieur [B], le travailleur accidenté, occupe le poste de [...] dans le département de la mécanique. Il est responsable de l'attribution des tâches pour [...] travailleurs.

[...]

Figure 1 : Organigramme d'Allinov inc.
Source : Allinov inc.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

L'entreprise Allinov inc. possède un comité de santé et de sécurité paritaire composé de six personnes. Ce comité se réunit normalement une fois par mois pour discuter des problématiques observées en matière de santé et de sécurité du travail.

De plus, l'employeur est membre d'une mutuelle de prévention depuis 2008. Des visites de conformité sont effectuées annuellement par un représentant de la mutuelle. Ce dernier s'assure que l'employeur respecte ses engagements contractuels et règlementaires.

Finalement, les travailleurs sont également invités à soumettre les situations jugées dangereuses à leur supérieur.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

L'entreprise Allinov inc. est classée dans le secteur d'activité Fabrication de produits en métal. Elle possède un programme de prévention, qui a été élaboré en collaboration avec sa mutuelle. Depuis 2015, selon les représentants de l'employeur, le programme de prévention est présenté à tous les travailleurs au moment de leur embauche.

Le programme de prévention comprend notamment :

- la politique de l'entreprise en matière de santé et de sécurité du travail;
- les procédures à suivre en cas d'accident;
- l'engagement des travailleurs;
- des formulaires en regard des enquêtes d'accident interne;
- des fiches d'inspections pour les différents équipements utilisés;
- des fiches reliées à la planification sécuritaire du travail;
- etc.

Les fiches de planification sécuritaire du travail traitent des problématiques propres aux entreprises reliées au domaine de la fabrication de produits en métal :

- le cadenassage;
- le soudage à l'arc électrique et l'oxycoupage;
- l'opération d'une presse plieuse hydraulique;
- etc.

Dans chaque fiche, les risques reliés à la tâche ainsi que les mesures préventives à appliquer pour éliminer le danger sont identifiés. Par exemple, la fiche de planification sécuritaire du travail, phase « Équipement de levage », traite de l'élingage et du levage d'une charge. L'un des risques reliés à cette tâche est que le travailleur puisse se faire heurter par la charge qu'il soulève. À titre de mesure préventive, le travailleur doit s'assurer de bien stabiliser la charge avant de l'élinguer. Enfin, la dernière section de la fiche traite de sa mise en application. Ladite section n'est cependant pas complétée.

PLANIFICATION SÉCURITAIRE DU TRAVAIL

**PHASE : Équipement de levage
Utilisation d'un pont roulant**

ÉTAPES	RISQUES	MESURES PRÉVENTIVES	MISE EN APPLICATION (À qui, par qui)
1. L'élingage et levage de la charge	<ul style="list-style-type: none"> • Heurté par une charge 	<ul style="list-style-type: none"> • Bien stabiliser la charge avant de l'élinguer 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Bris d'une élingue ou autres accessoires de levage 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecter les élingues ou accessoires de levage avant l'utilisation • Vérifier la capacité de charge des élingues ou accessoires de levage • S'assurer que les élingues ou accessoires de levage sont utilisés dans des angles qu'ils sont capable de supporter • S'assurer que les élingues sont bien fixées 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Déséquilibre de la charge 	<ul style="list-style-type: none"> • Placer le câble de levage du pont roulant directement au dessus de centre de gravité de la charge • Tendre progressivement les élingues • Redescendre la charge en cas de déséquilibre • Lever la charge de façon verticale 	

Figure 2 : Extrait d'une fiche de planification sécuritaire du travail

Source : Programme de prévention de l'entreprise Allinov inc.

À l'embauche, les nouveaux travailleurs sont rencontrés par un membre de la direction d'Allinov inc. Ce dernier leur explique les exigences de l'entreprise en matière de santé et de sécurité du travail. Une visite de l'usine est effectuée en compagnie du chef d'équipe du département du nouveau travailleur. Afin d'assurer le transfert des connaissances, une période de formation par compagnonnage est prévue avec un travailleur expérimenté.

Finalement, des formations spécifiques et continues sont également offertes aux travailleurs en fonction de leurs tâches et du poste qu'ils occupent au sein de l'entreprise (ex. : conduite de chariots élévateurs, opération de ponts roulants, techniques d'élingage, etc.). Une procédure d'accueil et d'intégration est également en place au sein de l'entreprise. Cette procédure inclut notamment la formation des nouveaux travailleurs ainsi que les exigences en matière de santé et de sécurité du travail.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

L'accident est survenu dans la cour arrière de l'entreprise, à proximité du stationnement principal. Cette section de la cour arrière possède une superficie d'environ 300 m². Elle est délimitée par une clôture sur deux côtés, par un conteneur servant à l'entreposage ainsi que par le bâtiment principal. On y retrouve principalement :

- des palettiers;
- des tréteaux métalliques;
- une grue;
- des convoyeurs.



Photo 2 : Lieu de l'accident
Source : CNESST

3.2 Description du travail à effectuer

L'entreprise Allinov inc. fabrique de la machinerie sur mesure, notamment des silos industriels, des réservoirs à bitume, des convoyeurs, etc. Au moment de l'évènement, des convoyeurs destinés à être utilisés dans une carrière sont en fabrication. Les travailleurs occupant les postes de mécaniciens industriels s'affairent à l'assemblage des différentes composantes des convoyeurs. Communément, un mécanicien industriel peut :

- assembler les différentes composantes d'une machine;
- fabriquer des composantes d'une machine;
- faire fonctionner du matériel et des engins de levage;
- procéder à l'installation de composantes hydrauliques, pneumatiques, électriques et autres;
- rechercher la cause d'un bris ou d'une panne sur une machine;
- etc.

Au moment de l'évènement, monsieur [B] s'affaire, avec l'aide de ses collègues, à l'installation d'un motoréducteur sur la section de tête d'un convoyeur industriel. Il s'agit de la dernière étape de la fabrication de cette section avant qu'elle ne soit expédiée chez un client pour l'installation.

SECTION 4

4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 27 octobre 2016, vers 7 h, monsieur [B] amorce sa journée de travail. Il répartit les différentes tâches aux membres de son équipe en fonction de la planification hebdomadaire. Par la suite, monsieur [B] vaque à ses tâches de [...].

Au retour de la pause, vers 9 h 15, monsieur [B] demande aux membres de son équipe de l'aider à finaliser l'installation du motoréducteur sur la section de tête du convoyeur CV102. Cette section est entreposée dans la cour arrière.

Les travailleurs entreprennent l'installation en soulevant, à l'aide d'une grue mobile, le moteur qui alimente le motoréducteur afin de le coupler au réducteur. Ce dernier a été préalablement relié à l'arbre de transmission et fixé au convoyeur par un bras de retenue temporaire.

Une fois le couplage entre le moteur et le réducteur terminé, les travailleurs doivent retirer le bras de retenue temporaire afin de le remplacer par un bras de retenue permanent. Celui-ci permettra d'incliner et de fixer le motoréducteur dans sa position finale.

Vers 10 h 20, le travailleur qui aide monsieur [B] à fixer le bras de retenue permanent quitte son poste de travail. Il se dirige vers le grutier afin de l'informer qu'une manœuvre de descente doit être effectuée afin de bien aligner ledit bras de retenue avec les ouvertures présentes sur le convoyeur. Cette manœuvre est nécessaire pour fixer le bras de retenue en place de façon définitive.

Alors que le collègue de monsieur [B] se dirige vers [C], le motoréducteur se renverse et écrase monsieur [B]. Les collègues de monsieur [B] réagissent au basculement du motoréducteur après avoir entendu un bruit important.

Des manœuvres sont effectuées par les premiers intervenants afin de secourir monsieur [B]. Ce dernier se retrouve coincé entre le motoréducteur et le bâti du convoyeur lors de l'arrivée des secouristes.

Vers 10 h 24, un appel est logé aux services d'urgences. Le travailleur est transporté à l'hôpital où son décès est constaté.

4.2 Constatations et informations recueillies

Il n'y a pas de témoin visuel de l'accident. Cependant, quelques témoignages ont été recueillis après l'évènement.

[C] n'était pas en mesure de voir le poste de travail de monsieur [B] à partir de [...]. Il confirme que le motoréducteur était libre d'ancrage au moment où il est arrivé près du lieu de l'accident afin d'amorcer les manœuvres de sauvetage.

Afin de secourir rapidement et de façon sécuritaire la victime, la disposition des lieux a été modifiée par les premiers répondants. Une reconstitution de la scène et une expertise technique ont été réalisées en tenant compte de l'état des lieux, des équipements et des témoignages recueillis.



Photo 3 : Reconstitution du poste de travail
Source : CNESST

4.2.1 Formation de monsieur [B]

Monsieur [B] est embauché comme [...] au début de l'année [...] par l'entremise d'une agence de location de personnel. Lors de son embauche, le processus d'accueil n'est pas aussi élaboré que celui en place actuellement. Les représentants de l'employeur précisent qu'à l'époque de l'embauche de monsieur [B], les critères de sélection étaient fournis à l'agence de location de personnel.

Le [...], monsieur [B] a été embauché directement par l'entreprise Allinov inc. Il occupe le poste de [...] depuis le [...].

Monsieur [B] a reçu des formations sur les notions suivantes :

- soudage;
- fraisage simple;
- perçage, filetage et affutage;
- santé et sécurité sur les chantiers de construction;
- circuits pneumatiques.

Il a également reçu des formations spécifiques liées à certaines de ses tâches au cours de sa carrière. Il a notamment obtenu un certificat [...] selon les normes [...] et [...].

Depuis son embauche chez Allinov inc., il a reçu les formations suivantes :

- [...]
- [...]
- [...]

Selon les représentants de l'employeur, monsieur [B] jouissait d'une très bonne réputation au sein de l'entreprise. Ses qualifications ainsi que son expérience faisaient en sorte qu'on lui accordait une grande confiance ainsi qu'une grande latitude dans l'exécution du travail. Selon ses collègues et ses patrons, monsieur [B] accomplissait toujours ses tâches de façon sécuritaire.

4.2.2 Description du convoyeur CV102

Un convoyeur est une machine qui permet le transport d'un produit d'un point A vers un point B. La section de tête du convoyeur impliquée dans l'accident a été fabriquée pour les besoins d'un client qui exploite une carrière. Ce type de convoyeur sert habituellement à acheminer la pierre vers les différentes étapes de granulation ou vers le palier supérieur de la carrière.

La section de tête du convoyeur CV102, sur laquelle les travailleurs s'affairent à installer le motoréducteur, a été fabriquée par Allinov inc. au courant des semaines qui ont précédé l'accident. Cette section, qui est fabriquée essentiellement d'acier galvanisé, atteint une longueur d'environ 11 mètres et une hauteur d'environ 2,30 m. Le dessin technique de la section de tête du convoyeur CV102 est présenté à l'annexe B.



Photo 4 : Section de tête du convoyeur CV102

Source : CNESST

En règle générale, la section de tête est située au début de la chaîne d'un convoyeur puisqu'elle est munie d'un motoréducteur qui permet de le faire fonctionner.



Photo 5: Convoyeur utilisé dans l'industrie des carrières.
Source : Site Internet d'Allinov inc. (www.allinov.com)

4.2.3 Description d'un motoréducteur

Le motoréducteur que s'affairent à installer les travailleurs sur la section de tête du convoyeur CV102 est muni, notamment, des composantes suivantes :

Composante	Caractéristiques (selon la fiche technique du fabricant)	
Moteur Marque Dodge Modèle 365TC	Hauteur approximative :	69 cm
	Largeur approximative (diamètre au sommet du moteur) :	46 cm
	Poids :	410 kg
	Puissance :	75 HP
Réducteur Marque Dodge Motorized Torque-Arm II Modèle M8H27T36C	Hauteur approximative :	116 cm
	Largeur approximative :	64 cm
	Poids :	439 kg

Le moteur et le réducteur sont des pièces indépendantes. Elles doivent être couplées ensemble par les travailleurs pour former le motoréducteur.

Des extraits des fiches techniques du moteur et du réducteur sont présentés aux annexes C et D.

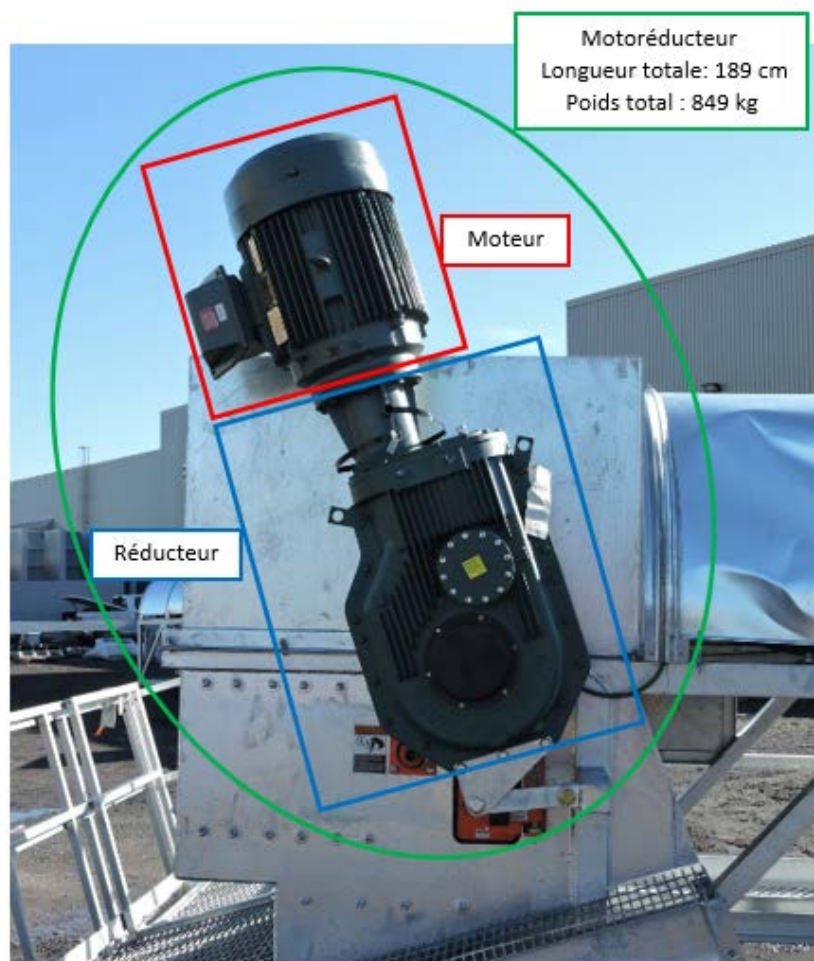


Photo 6 : Composantes et caractéristiques du motoréducteur
Source : CNESST

4.2.4 Fonctionnement du motoréducteur

Par définition, un motoréducteur est un « ensemble constitué d'un moteur entraînant un réducteur de vitesse. »¹ En d'autres mots et en fonction de la machine impliquée dans l'accident, il s'agit d'un mécanisme utilisant un moteur pour transmettre un mouvement de rotation vers la courroie du convoyeur en réduisant sa vitesse au moyen d'un réducteur.

Lorsque le moteur est en fonction, celui-ci transfère sa puissance vers le réducteur qui est relié au tambour de tête du convoyeur par le biais d'un arbre de transmission. Le mouvement de rotation produit par le motoréducteur permet de faire tourner le tambour de tête du convoyeur et par le fait même, la courroie qui se trouve sur le tambour de tête. C'est la courroie qui permet de déplacer la pierre d'un point A vers un point B.

¹ Motoréducteur. (s. d.). Dans *Dictionnaire Larousse en ligne*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/motor%20a9ducteur/52815?q=motor%20a9ducteur#52673>

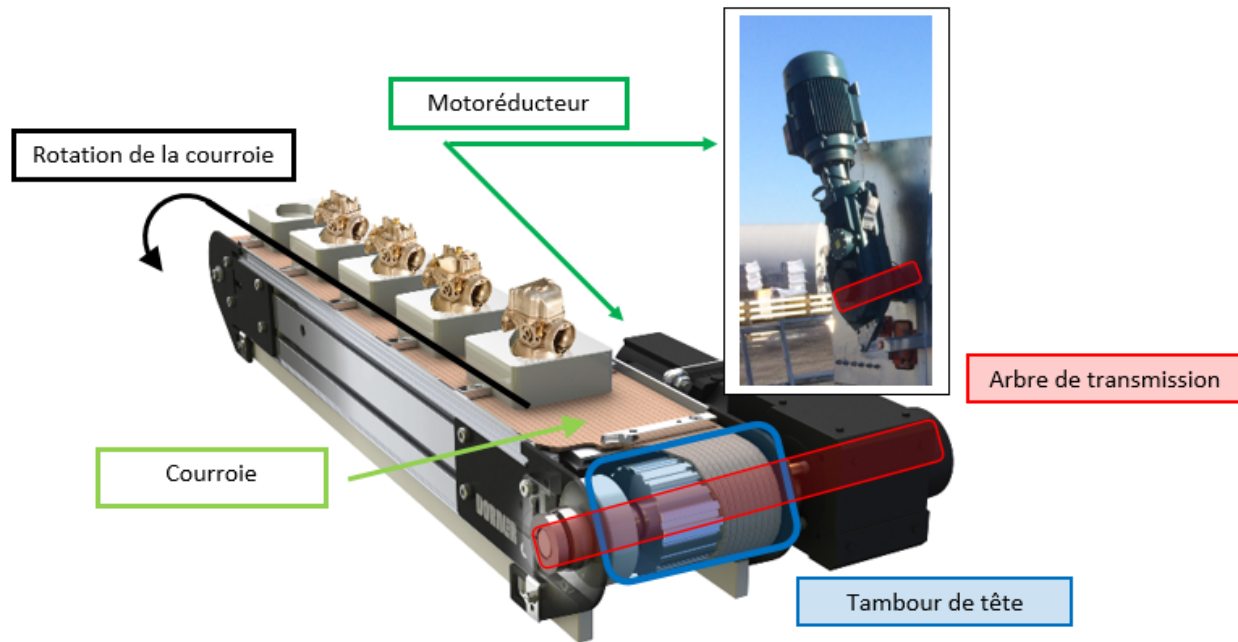


Figure 3 : Fonctionnement d'un convoyeur
Source CNESST



Photo 7 : Bras de retenue situé sous le réducteur
Source CNESST

Le motoréducteur est relié au convoyeur par l'arbre de transmission, situé entre le réducteur et le tambour de tête du convoyeur, ainsi que par un bras de retenue qui est situé en dessous (Photo 7).

Le bras de retenue sert à fixer de façon définitive le motoréducteur sur le bâti de la section de tête du convoyeur CV102. Il permet de positionner le motoréducteur dans un angle précis afin de favoriser son fonctionnement. Aussi, il l'empêche de tourner autour de l'axe formé par sa liaison avec l'arbre de transmission.

4.2.5 Description de la grue mobile

La grue utilisée pour l'installation du motoréducteur est de marque Grove, modèle RT 500C. Elle compte 7 638 heures d'utilisation. Selon la fiche technique du fabricant, cette grue possède les caractéristiques suivantes :

- la longueur de sa flèche télescopique varie entre 8,5 et 21,3 m;
- sa capacité de charge maximale est d'environ 25 000 kg (dans les meilleures conditions d'utilisation).

Lors du levage du motoréducteur, la flèche de la grue était déployée sur environ 15 m, et ce, dans un angle d'environ 45°. Les stabilisateurs de la grue étaient déployés à 100 %. Dans ces conditions, la charte de levage du fabricant indique que la capacité maximale de la grue est d'environ 4 090 kg.

Des extraits de la fiche technique de la grue sont présentés à l'annexe E.



Photo 8 : Caractéristiques et positionnement de la grue
Source : CNESST

La grue utilisée pour procéder à l'installation du motoréducteur sur la section de tête du convoyeur CV102 est en bon état. Un test de charge a été effectué pour vérifier le système hydraulique de la grue afin de s'assurer que la charge qu'elle supporte est maintenue en place.

La méthodologie utilisée pour effectuer le test de charge est présentée à l'annexe F.

4.2.6 Description de l'élingue et de ses composantes

L'élingue utilisée par les travailleurs pour soulever le moteur et maintenir en place le motoréducteur est une élingue à chaîne simple, de grade 80 et d'un diamètre de 10 mm.

À chaque extrémité de la chaîne, on retrouve des crochets à verrouillage automatique à chape. Ces crochets sont de marque Yoke, modèle G-100. Ils sont conçus pour être utilisés sur une chaîne de 10 mm. Une inspection visuelle des crochets nous permet de conclure que ces derniers sont en bon état. En effet, la structure du crochet est intacte et le mécanisme auto verrouillant est fonctionnel.

Ainsi, une action humaine est nécessaire pour ouvrir le linguet de sécurité présent sur le crochet.



Photo 9 : Crochets à verrouillage automatique à chape
Source : CNESST

Selon la fiche technique du fabricant, Yoke, la capacité de charge d'une élingue en chaîne de 10 mm munie des crochets à verrouillage automatique à chape G-100 en portée verticale (90°) est de 3 200 kg. Des extraits des fiches techniques des crochets à verrouillage automatique et de la capacité de levage de l'élingue sont présentés en annexe G.

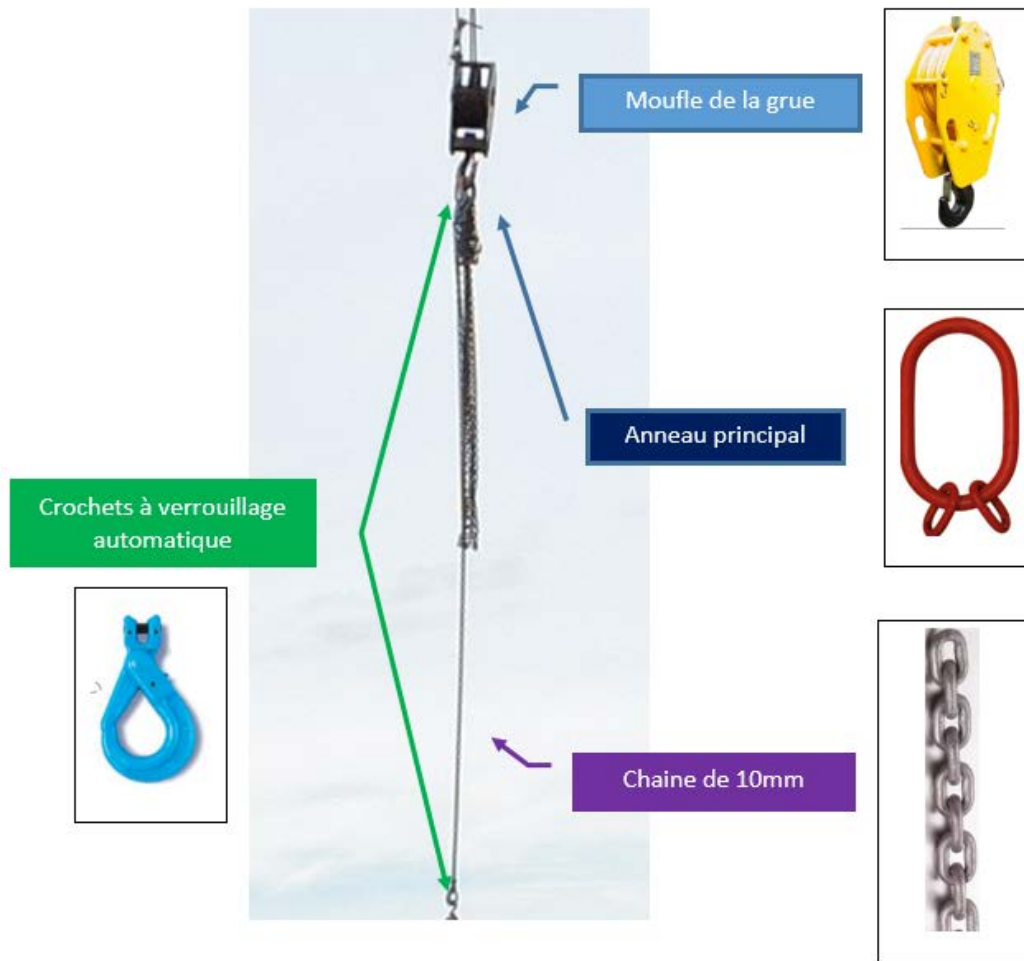


Figure 4 : Élingue utilisée pour soulever le moteur et soutenir le motoréducteur
Source : CNESST

4.2.7 Installation du motoréducteur

Habituellement, le couplage du moteur et du réducteur est effectué au sol par les mécaniciens industriels. Ensuite, le motoréducteur est relié au tambour de tête par le biais de l'arbre de transmission. Enfin, il est fixé de façon définitive au bâti du convoyeur avec le bras de retenue. Pour effectuer cette opération, le convoyeur est à l'intérieur de l'usine. Un pont roulant est utilisé pour soulever le motoréducteur.

La fabrication de la section de tête du convoyeur CV102 a été complétée quelques semaines avant la journée de l'accident. À ce moment, le moteur était en rupture de marchandise et le bras de retenue dont les travailleurs disposaient n'avait pas les bonnes dimensions. C'est pourquoi ils ont procédé à l'installation du réducteur en le reliant à l'arbre de transmission à l'aide d'un bras de retenue temporaire. Les caractéristiques du bras de retenue temporaire, qui est plus long que le bras de retenue permanent, faisaient en sorte que le réducteur se trouvait dans une position de couplage quasi parfaite. La section de tête du convoyeur CV102, à laquelle le réducteur avait été fixé temporairement a été entreposée à l'extérieur de l'usine afin de libérer l'espace dans le bâtiment.

Le jour de l'accident, le moteur et le bras de retenue étaient disponibles. Après la pause matinale, monsieur [B] a demandé à ses collègues de l'aider à compléter l'installation du motoréducteur sur la section de tête du convoyeur CV102. Selon les témoignages recueillis, puisque le convoyeur était entreposé à l'extérieur, ils ont procédé de la façon suivante :

- A. Les travailleurs ont commencé leur tâche en couplant le moteur au réducteur. Pour ce faire, ils ont soulevé le moteur à l'aide des crochets de l'élingue et de la grue afin de bien l'aligner sur le réducteur préalablement fixé en place. À ce moment, le moteur est relié à la grue par le biais de l'un des crochets de l'élingue et le réducteur demeure fixé en place à l'aide du bras de retenue temporaire;
- B. Une fois le couplage terminé, monsieur [B] retire le crochet qui était fixé sur le moteur afin de le repositionner sur l'anneau latéral gauche qui est situé sur le réducteur. À ce moment, le réducteur demeure fixé en place à l'aide du bras de retenue temporaire;
- C. La prochaine étape consiste à changer le bras de retenue temporaire, par le bras de retenue permanent qui est plus court. Alors qu'il effectue cette tâche, le motoréducteur est maintenu en position d'équilibre à l'aide de la grue et de l'élingue reliée à l'anneau gauche du motoréducteur par le biais d'un crochet à verrouillage automatique à chape. Monsieur [B] retire le bras de retenue temporaire et installe le bras de retenue permanent, sans toutefois être en mesure de le fixer à ses deux extrémités. Il installe un seul boulon, à l'extrémité gauche du bras de retenue;

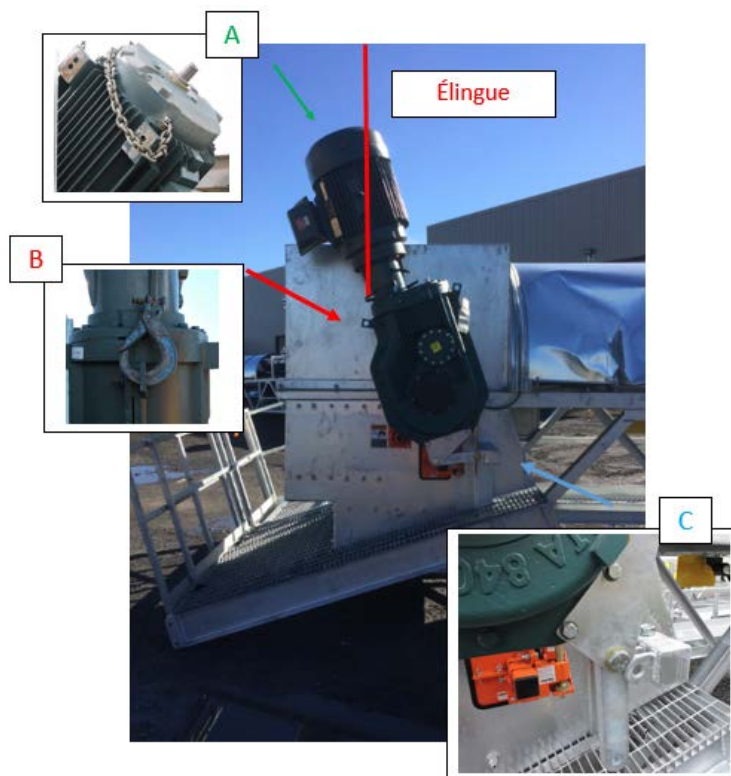


Photo 10 : Étapes A, B et C de l'installation du motoréducteur
Source : CNESST.

- D. Le bras de retenue temporaire permet une inclinaison quasi perpendiculaire du motoréducteur avec le sol (90°). Cette inclinaison est parfaite afin de procéder au couplage du moteur avec le réducteur qui est déjà en place. Puisque le bras de retenue permanent est plus court, une manœuvre de descente avec le câble de la grue doit être effectuée par les travailleurs afin d'incliner le motoréducteur dans un angle de 73° vers la gauche. Il s'agit de sa position finale, celle qui assure le fonctionnement optimal du motoréducteur;



Photo 11 : Inclinaison du motoréducteur en fonction du bras de retenue permanent
Source : CNESST.

- E. Avant de fixer le deuxième boulon du bras de retenue au bâti du convoyeur, monsieur [B] doit incliner le motoréducteur dans un angle de 73° par rapport au sol. Pour ce faire, il doit abaisser la partie haute du moteur vers la gauche afin d'aligner l'ouverture du bras de retenue permanent à celle présente dans le bâti du convoyeur. Un contact visuel est établi entre monsieur [B] et [C]. À ce moment, le motoréducteur est maintenu en position d'équilibre stable à l'aide de la grue et de l'élingue qui est reliée à l'anneau gauche du motoréducteur par le biais d'un crochet autobloquant.

Lors de l'exécution de cette manœuvre de descente, le motoréducteur renverse vers la droite en tournant autour de l'axe formé par sa liaison avec l'arbre de transmission du tambour de tête. Lors du renversement, le motoréducteur frappe et écrase monsieur [B] contre le bâti de la section de tête du convoyeur CV102.

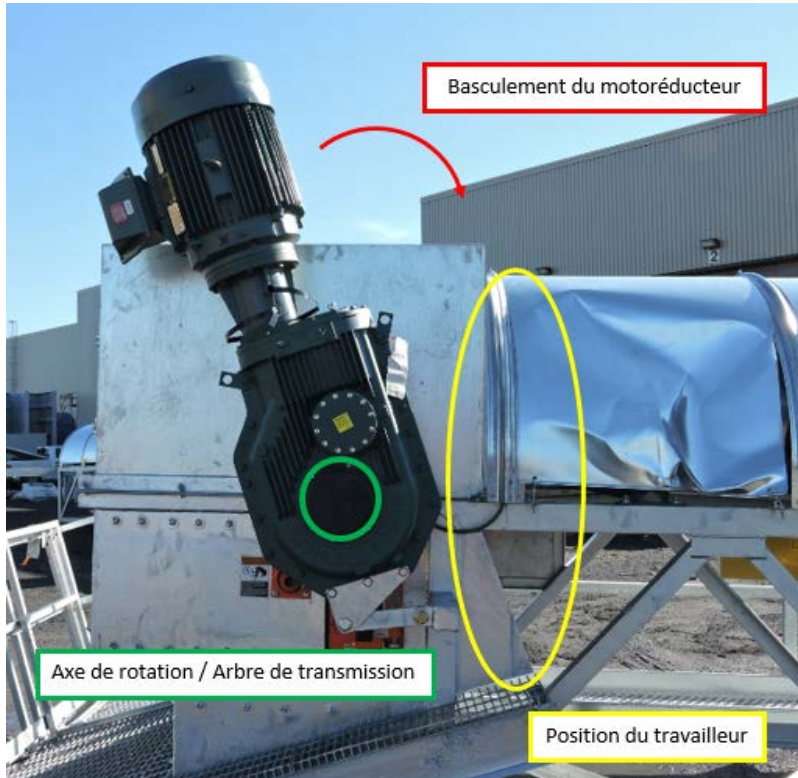


Photo 12 : Renvoi du motoréducteur
Source : CNESST

4.2.8 Équilibre stable – Équilibre instable

En physique, on définit un équilibre de deux façons :

Équilibre stable : « Se dit d'un équilibre présenté par un système qui, écarté de sa position d'équilibre, y revient ».²

Équilibre instable : « Se dit d'un équilibre présenté par un système qui, écarté légèrement de sa position d'équilibre, s'en éloigne pour retrouver un état d'équilibre différent ».³

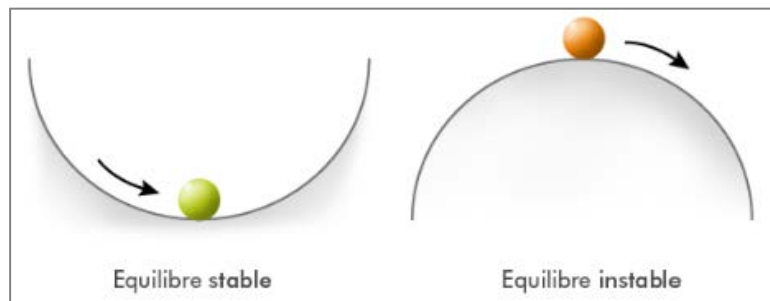


Figure 5 : Équilibre stable et instable
Source : HFi Planck (<http://public.planck.fr>)

² Stable. (s. d.). Dans *Dictionnaire Larousse en ligne*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/stable/74409>

³ Instable. (s. d.). Dans *Dictionnaire Larousse en ligne*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/instable/43406>

4.2.9 Renversement du motoréducteur

Une évaluation théorique est réalisée par monsieur Denis Leblanc, ingénieur et conseiller-expert à la CNESST. L'analyse effectuée par monsieur Leblanc consiste à :

- Déterminer la force nécessaire pour amorcer le renversement du motoréducteur alors que ce dernier se trouve en équilibre instable;
- Déterminer l'angle auquel le motoréducteur renversera pour quitter définitivement sa position d'équilibre.

L'évaluation théorique démontre qu'il est facile pour un travailleur de maintenir en position d'équilibre le motoréducteur lorsque ce dernier est en position quasi verticale. L'effort requis pour ce faire est presque nul puisque le motoréducteur est relié au bras de transmission du tambour de tête.

Dès que le motoréducteur sera incliné au-delà d'un angle de 5°, la force qu'un travailleur devra déployer pour éviter le renversement sera de l'ordre de 600 newtons. Cette force, supérieure aux capacités normales d'un travailleur, sera de plus en plus grande à partir du moment où l'inclinaison du motoréducteur atteindra un angle de plus de 5°.

Le renversement du motoréducteur peut se produire en moins de 1 seconde, ce qui est inférieur à la vitesse de réaction d'un travailleur.

L'expertise complète de monsieur Leblanc est présentée à l'annexe H.

4.2.10 Règlementation

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

La Loi sur la santé et la sécurité du travail (S-2.1) stipule, à l'article suivant :

Article 51 :

« L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique 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; (...)

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; (...) ».

4.2.10.2 Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (S-2.1, r-13)

Le Règlement sur la santé et la sécurité au travail (S-2.1, r-13) stipule, à l'article suivant :

Article 255 :

« **Manutention sécuritaire des charges** : La manutention des charges sur un lieu de travail doit (...) :

4° si le déplacement non contrôlé ou le mouvement de rotation d'une charge levée présente un danger, des câbles de guidage doivent être utilisés; (...) ».

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Le motoréducteur, qui est en équilibre instable, bascule et écrase le travailleur qui se trouve dans son angle de rotation.

La fabrication d'une section de tête d'un convoyeur a été complétée quelques semaines avant l'accident. À ce moment, le moteur du motoréducteur est manquant et le bras de retenue permanent ne possède pas les bonnes dimensions. Le réducteur est donc relié à l'arbre de transmission du tambour de tête et fixé en place à l'aide d'un bras de retenue temporaire. La section de tête du convoyeur est entreposée à l'extérieur de l'usine afin de libérer l'espace dans le bâtiment.

Le jour de l'accident, monsieur [B] et ses collègues de travail complètent l'installation du motoréducteur sur la section de tête du convoyeur. Pour ce faire, une grue, une élingue à chaîne et des crochets à verrouillage automatique à chape sont utilisés. Les opérations se déroulent selon les étapes suivantes :

- Les travailleurs procèdent au couplage du moteur sur le réducteur. Lors de cette opération, la grue soulève le moteur alors que le réducteur est relié à l'arbre de transmission et fixé en place à l'aide du bras de retenue temporaire. Le motoréducteur se trouve dans un équilibre stable;
- Monsieur [B] doit retirer le bras de retenue temporaire qui est situé au bas du réducteur afin de le remplacer par un bras de retenue permanent. Cette opération est nécessaire afin de positionner et de fixer le motoréducteur dans un angle favorisant son fonctionnement. Pour ce faire, le travailleur relocalise son point d'ancrage, il déplace le crochet de l'élingue qui était fixé sur le moteur vers l'anneau situé sur la partie gauche du réducteur. Le motoréducteur est dans un équilibre stable, puisqu'il est supporté par la grue;
- Une fois le bras de retenue temporaire remplacé par le bras de retenue permanent, le motoréducteur doit être incliné afin de fixer définitivement le bras de retenue permanent au bâti de la section de tête du convoyeur. Cette étape complètera l'installation du motoréducteur.

L'analyse de la scène nous permet de statuer sur les éléments suivants :

- La grue utilisée pour soulever le moteur et stabiliser le motoréducteur lors de son installation est en bon état, ce qui est confirmé par le test de charge;
- L'élingue de chaîne utilisée pour soulever le moteur et stabiliser le motoréducteur lors de son installation est en bon état. Lors de l'inspection visuelle de la chaîne, aucune anomalie notable n'est observée;
- Les crochets à verrouillage automatique à chape utilisés sur l'élingue à chaîne sont en bon état. Lors de l'inspection visuelle des crochets, aucune anomalie notable n'est observée;
- La capacité de charge de la grue (4 090 kg), de l'élingue et des crochets (3 200 kg), est beaucoup plus grande que le poids du motoréducteur (849 kg).

Des témoignages recueillis, nous retenons l'élément suivant :

- Lors des manœuvres de sauvetage, les premiers répondants nous confirment qu'aucun lien de retenue ne relie le motoréducteur à la grue. Le crochet à verrouillage automatique n'était donc plus relié à l'anneau de gauche du motoréducteur.

L'expertise technique nous démontre qu'il est facile pour un travailleur de maintenir le motoréducteur en position d'équilibre lorsque ce dernier est dans un angle quasi vertical. Par contre, dès que le renversement du motoréducteur est amorcé, il est impossible pour un travailleur d'inverser le processus à partir du moment où l'angle d'inclinaison du motoréducteur dépasse 5°. Le renversement complet du motoréducteur prend moins de 1 seconde, ce qui ne laisse pas le temps au travailleur de réagir.

Nous sommes en mesure de conclure que le travailleur accidenté a retiré lui-même le crochet de l'anneau de gauche du réducteur au moment de l'accident. En effet, les équipements utilisés pour procéder à l'installation du motoréducteur sont en bon état après l'accident. Aussi, les caractéristiques du crochet à verrouillage automatique à chape font en sorte qu'une intervention humaine est nécessaire pour permettre son ouverture.

Le motoréducteur était dans un angle quasi vertical (90°). Il s'agit de la seule position où il était possible de créer un relâchement avec l'élingue et le câble de la grue puisque cette dernière ne supportait plus le motoréducteur. Ce faisant, le motoréducteur s'est retrouvé en équilibre instable, sans support, alors que le bras de retenue permanent n'était pas encore fixé en place sur le bâti de la section de tête du convoyeur. Le motoréducteur renverse en direction du travailleur, qui se trouvait dans l'axe de rotation.

Cette cause est retenue.

4.3.2 L'absence d'une méthode de travail sécuritaire pour compléter l'installation du motoréducteur sur la section de tête d'un convoyeur expose le travailleur à un risque d'écrasement.

Au sein de l'entreprise, il n'y a pas de procédure de travail précise concernant l'installation des motoréducteurs sur les convoyeurs, bien qu'il s'agisse d'une tâche fréquente pour les travailleurs. Le programme de prévention de l'employeur ne traite pas directement de cette activité et des étapes à suivre afin de s'assurer que le travail soit exécuté de façon sécuritaire.

Habituellement, le couplage du moteur avec le réducteur et l'installation des motoréducteurs sur les convoyeurs sont effectués en usine à l'aide d'un pont roulant. Toutefois, il y a eu, au moment de l'accident, une erreur de fabrication sur le bras de retenue permanent et un retard de livraison du moteur. Le motoréducteur a donc été installé dans des conditions et avec des équipements différents que lorsque cette tâche est effectuée en usine.

La Loi sur la santé et la sécurité du travail exige, notamment, d'un employeur qu'il :

- Identifie, contrôle et élimine les risques pouvant affecter la santé et la sécurité d'un travailleur;
- S'assure 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;
- Assure la formation et la supervision appropriées afin de faire en sorte que le travailleur possède l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié.

Grâce à la latitude que lui offre son employeur, monsieur [B] a déterminé par lui-même la méthode de travail à utiliser pour compléter l'installation du motoréducteur sur la section de tête du convoyeur. De plus, l'employeur a autorisé l'installation du motoréducteur sans consigne précise et sans supervision. Cela a amené monsieur [B] à utiliser une méthode de travail dangereuse.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

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

- Le motoréducteur, qui est en équilibre instable, bascule et écrase le travailleur qui se trouve dans son angle de rotation.
- La méthode de travail utilisée pour compléter l'installation du motoréducteur sur la section de tête d'un convoyeur expose le travailleur à un risque d'écrasement.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Dans le rapport RAP9109494, émis le 27 octobre 2016, la CNESST a interdit toute manipulation (incluant l'installation) de motoréducteurs sur les convoyeurs fabriqués par l'entreprise.

À la suite des visites de la CNESST, l'employeur a élaboré deux procédures de travail sécuritaire :

- Une procédure de travail sécuritaire afin de compléter l'installation du motoréducteur sur le convoyeur impliqué dans l'accident.
- Une procédure de travail sécuritaire afin d'installer de nouveaux motoréducteurs sur les convoyeurs fabriqués par l'entreprise.

La CNESST a également exigé que les travailleurs soient formés sur les nouvelles méthodes afin de s'assurer que le travail soit exécuté de façon sécuritaire.

ANNEXE A

Accidenté

ACCIDENTÉ

Nom, prénom : [B]

Sexe : Masculin

Âge : [...]

Fonction habituelle : [...]

Fonction lors de l'accident : Mécanicien industriel

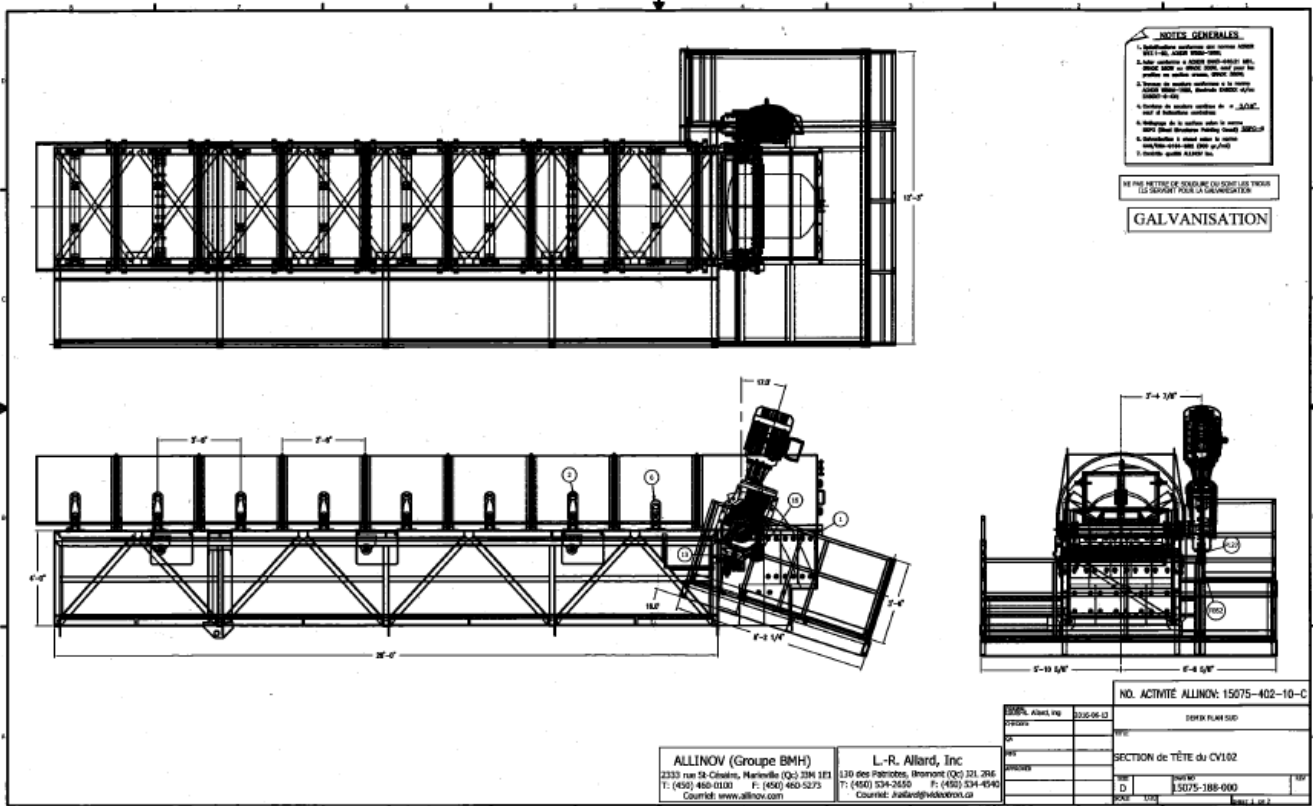
Expérience dans cette fonction : [...]

Ancienneté chez l'employeur : [...]

Syndicat : [...]

ANNEXE B

Dessin technique de la section de tête du convoyeur CV102
Source : Allinov inc.



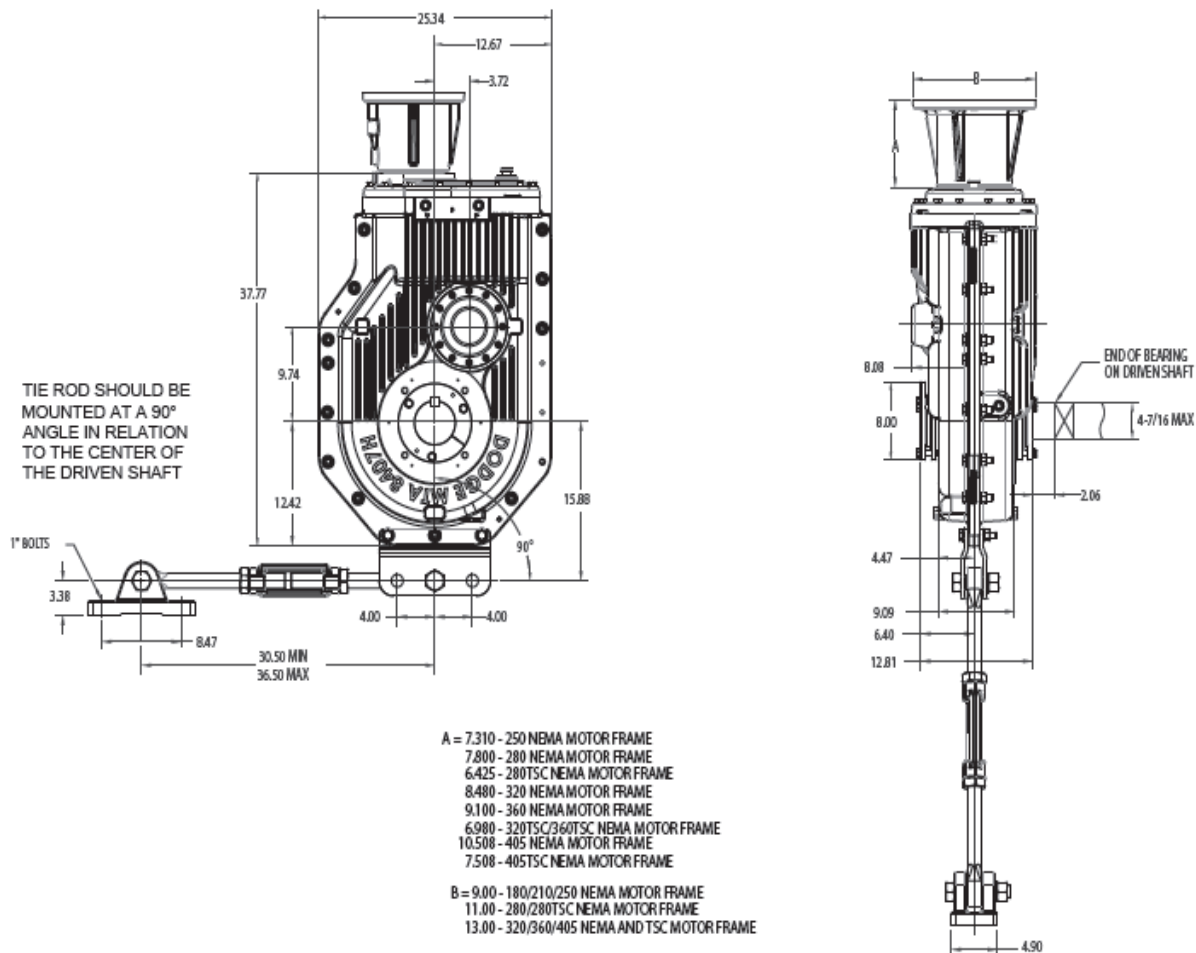
ANNEXE D

Extrait de la fiche technique du réducteur
Source : www.baldor.com et Allinov inc.



DODGE® MOTORIZED TORQUE-ARM II

MTA8407 Shaft Mounted Reducer





DODGE® MOTORIZED TORQUE-ARM II

MTA8407 Shaft Mounted Accessories

MTA8407 C-Face Reducer Weights with adapter (lbs)

Reducer	Adapter size									
	180	210	250	280	280TSC	320	360	32/36TSC	405	405TSC
Weight (lbs)	-	-	910	935	935	955	970	955	975	965

MTA8407H Accessories

Description	Part Number	Weight lbs.
TA9415RA Rod Assembly use for MTA8407	909109	76.8
TA12608BS Backstop Assembly use for MTA8407	912102	39.0
TA4-TA12 Vertical Breather Kit	904112	3.0
TA4-TA9 Hydra-Lock Dessicant Breather Kit	964364	0.8
MTA2-8 Vertical Position D Breather Kit	472300	3.0


Bushing & Safety End Covers


Reducer Size	Metal End Cover Part Numbers			Weight
	Closed	Weight	Split	
MTA8407H	908114	2.5	908115	2.0
Reducer Size	ABS Polymer End Cover Part Numbers			Weight
	Closed	Weight	Split	
MTA8407H	908142	1.7	908143	1.2


MTA is drilled and tapped to accept the ABS bushing cover bolts. Aluminum covers require customer fitment to the reducer. Bushing covers fit both the outboard and inboard side of the MTA reducer.


ANNEXE E


Extrait de la fiche technique de la grue
Charte de levage
Source : Manuel d'utilisation du fabricant (Grove)



 28 - 70 ft.
(8.5 - 21.3 m)


 10,170 lbs.
(4613 kg)


 100%


 360°




Pounds

Feet	28	34	40	46	52	58	64	70	
10	56,000 (64)	36,000 (69)	36,000 (73)						
12	40,000 (59.5)	36,000 (65.5)	36,000 (70)	35,000 (73)					
15	31,000 (51.5)	31,000 (59.5)	30,950 (65)	30,300 (69)	29,750 (72)	29,150 (74.5)			
20	23,200 (36.5)	23,200 (49)	23,200 (57)	23,200 (62)	23,000 (66)	22,600 (69.5)	22,250 (72)	20,500 (74)	
25	17,950 (6)	17,950 (36)	17,950 (47.5)	17,950 (54.5)	17,950 (60)	17,950 (64)	17,950 (67)	17,650 (69.5)	
30		15,350 (15.5)	15,350 (36.5)	15,350 (46.5)	15,350 (53)	15,150 (58)	14,950 (62)	14,750 (65)	
35			12,850 (20)	12,850 (36.5)	12,850 (45.5)	12,800 (51.5)	12,650 (56.5)	12,500 (60)	
40				10,750 (23)	10,750 (36.5)	10,750 (45)	10,750 (50.5)	10,750 (55)	
45					9,020 (25)	9,020 (37)	9,020 (44.5)	9,020 (49.5)	
50						7,420 (26.5)	7,420 (37)	7,420 (43.5)	
55						6,170 (3.5)	6,170 (28)	6,170 (37)	
60							5,170 (13)	5,170 (28.5)	
65								4,350 (15.5)	
Minimum boom angle (deg.) for indicated length (no load)									0
Maximum boom length (ft.) at 0 degree boom angle (no load)									70

NOTE: () Boom angles are in degrees.

ANNEXE F**Test de charge
Source : CNESST**

Un test a été effectué avec la grue utilisée pour soulever le moteur et soutenir le motoréducteur afin de s'assurer que cette dernière était en mesure de maintenir sa charge en place.

Les éléments suivants ont été utilisés pour effectuer le test de charge :

Grue

Marque : Grove

Modèle : RT 500C

Nombre d'heures d'utilisation : 7 638

Déploiement de la flèche télescopique : environ 15 m

Angle de la flèche : environ 30°

Stabilisateurs : déployés à 100 %

Capacité de charge en fonction de la charte de levage : 6 960 kg

Élingue

Chaîne d'acier simple

Grade : 80

Diamètre : 10 mm

Crochets à verrouillage automatique à chape

Marque : Yoke

Modèle : G-100

Capacité de charge de l'élingue et des crochets : 3 200 kg

Bloc de béton

Dimension : 120 cm x 60 cm x 62 cm

Quantité de béton : 0,45 m³

Poids du béton au mètre cube : 2 350 kg

Poids du bloc de béton : 1 055 kg



Photo 1 : Test de charge de la grue
Source : CNESST

Méthodologie :

1. Un périmètre de sécurité a été délimité;
2. Le bloc de béton a été suspendu au câble de la grue par le biais de l'élingue;
3. Le bloc de béton a été soulevé à environ 30 cm du sol;
4. Une échelle gradée a été placée à proximité de la charge.

Le bloc de béton, qui a un poids similaire au motoréducteur, a été suspendu pendant une période de deux heures au câble de la grue par le biais de l'élingue. Des lectures régulières vérifiant la hauteur du bloc par rapport à sa hauteur initiale ont été effectuées.

Conclusion :

La grue a maintenu sa charge en place tout au long du test.

ANNEXE G

Extrait de la fiche technique des crochets autobloquants à chape
Source : <http://www.yokeusa.com/pdfs/grade100-fittings.pdf>

Grade 80 Chain Sling Components

WORKING LOAD LIMITS IN TONNES acc. to EN1677						
90°		α		β		Choke endless sling
For chain size mm	Tonnes	β 0 - 45° α 0 - 90°	45° - 60° 90° - 120°	β 0 - 45° α 0 - 90°	45° - 60° 90° - 120°	
6	1.12	1.6	1.12	2.36	1.7	1.8
7	1.5	2.12	1.5	3.15	2.24	2.5
8	2.0	2.8	2.0	4.25	3.0	3.15
10	3.15	4.25	3.15	6.7	4.75	5.0
13	5.3	7.5	5.3	11.2	8.0	8.5
16	8.0	11.2	8.0	17.0	11.5	12.5
19	11.2	16.0	11.2	23.6	17.0	18.0
20	12.5	17.0	12.5	26.5	19.0	20.0
22	15.0	21.2	15.0	31.5	22.4	23.6
26	21.2	30.0	21.2	45.5	31.5	33.5
32	31.5	45.0	31.5	67.0	47.5	50.0

Figure 1 : Capacité de charge de l'élinge et des crochets autobloquants à chape

G-100 Clevis Self Locking Hook.

Item No.	Working Load Limit		For Grade 100 Chain	Dimensions (inch)				N.W.
	Lbs*	tonnes*	inch	K	P	T	H	Lbs
X-026-06	2,700	1.4	7/32	3.66	1.10	0.59	0.87	1.1
X-026-07	5,700	2.5	1/4-5/16	4.69	1.34	0.79	1.02	1.8
X-026-10	8,800	4.0	3/8	5.59	1.73	1.02	1.34	3.3
X-026-13	15,000	6.7	1/2	7.01	2.01	1.18	1.65	6.6
X-026-16	22,600	10.0	5/8	8.39	2.36	1.42	2.20	12.5
X-026-20	35,300	16.0	3/4	9.61	2.76	2.09	2.56	22.5
X-026-22	42,700	19.0	7/8	10.75	3.15	1.93	2.80	24.0

Figure 2 : Capacité de charge des crochets à chape

ANNEXE H

Rapport d'expertise interne



RAPPORT D'EXPERTISE

*Évaluation théorique des forces
impliquées dans le renversement d'un
motoréducteur.*

Rapport présenté à :

*Alexandre Audette, inspecteur
Jasmin Rondeau, inspecteur
Direction régionale de Saint-Jean-sur-Richelieu*

Préparé par :

*Denis Leblanc ing.,
Chef d'équipe DGPI Montréal*

Le 28 novembre 2016

Table des matières

SOMMAIRE

1. Mise en contexte
2. Description du mandat
3. Méthodologie
4. Informations recueillies
5. Analyse
6. Conclusion

1. Mise en contexte

Le 27 octobre 2016, un travailleur est écrasé mortellement lorsque le motoréducteur¹ qu'il installe sur la section de tête d'un convoyeur industriel bascule sur lui.

¹ motoréducteur = ensemble d'un moteur et d'un réducteur de vitesse

2. Description du mandat

Le mandat de l'expertise technique consiste :

1. Déterminer les forces nécessaires pour maintenir l'ensemble motoréducteur alors que ce dernier a amorcé sa chute.
2. Déterminer l'angle auquel le travailleur ne sera plus en mesure d'arrêter le renversement de l'ensemble.

3. Méthodologie

1. Prendre connaissance du récit de l'accident;
2. Observation des photos de la scène de l'accident prises par les inspecteurs;
3. Étude des fiches techniques du moteur et du réducteur;
4. Évaluation théorique des forces impliquées lors du renversement du motoréducteur.
5. Conclusion.

4. Informations recueillies

Le travailleur s'affairait à fixer le bras de retenue permanent à la base du réducteur afin de compléter l'installation du motoréducteur sur la section de tête d'un convoyeur au moment de l'accident.

Avant que le renversement du motoréducteur ne se produise, ce dernier est supporté par des chaînes et des crochets qui sont reliés à une grue. Un des crochets est relié à l'anneau de gauche du réducteur.



Figure 1 : Motoréducteur
Source : CNESST

En fonction des mesures prises par les inspecteurs sur la scène de l'accident et données provenant des fiches techniques du fabricant, la figure suivante indique les dimensions du motoréducteur ainsi que l'endroit où se trouvait possiblement le travailleur au moment du renversement. Les dimensions du motoréducteur ainsi que le poids de ses composantes sont nécessaires afin de définir le centre de gravité de l'ensemble.

La masse totale du motoréducteur est d'environ 849 kg, soit 410 kg pour le moteur et 439 kg pour le réducteur.

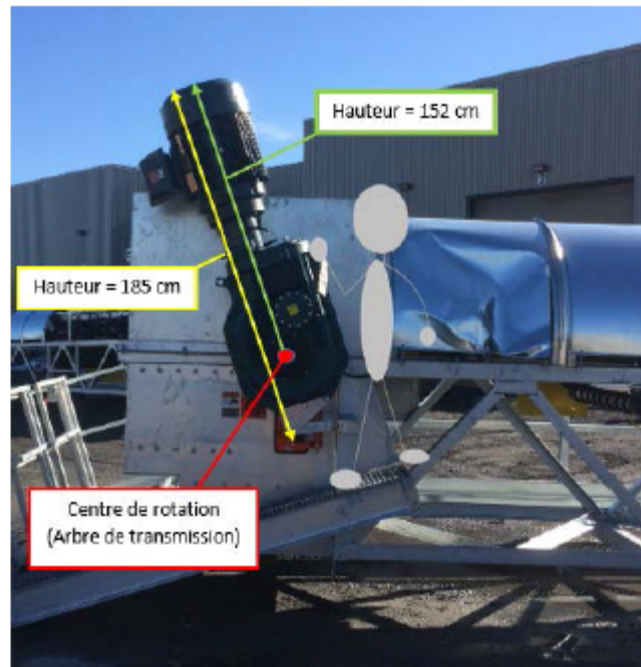
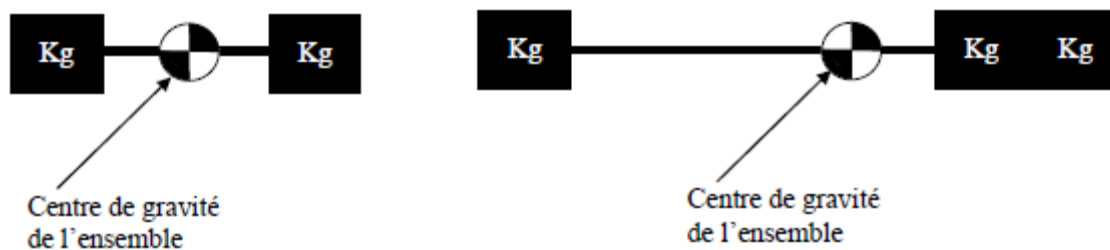


Figure 2 : Dimensions du motoréducteur et position du travailleur
Source : CNESST

Par définition, le centre de gravité est un « point d'un corps par lequel passe la résultante des masses élémentaires le constituant. ».



Dessins : Exemples de centre de gravité
Source : CNESST

5. Analyse

5.1 Forces nécessaires pour empêcher le renversement de l'ensemble

Pour calculer de façon théorique les forces nécessaires au renversement du motoréducteur, il faut déterminer le centre de gravité de ce dernier. Puisque cette information n'est pas disponible, l'endroit du centre de gravité est déterminé de façon approximative en fonction des dimensions et du poids de ses composantes :

- Le centre de gravité du réducteur (CGR) est à environ 15 cm au-dessus du centre de rotation.
- Le centre de gravité du moteur (CGM) est à environ 122 cm au-dessus du centre de rotation.
- Le centre de gravité du motoréducteur (CGMOTO) est à environ 67 cm au-dessus du centre de rotation.

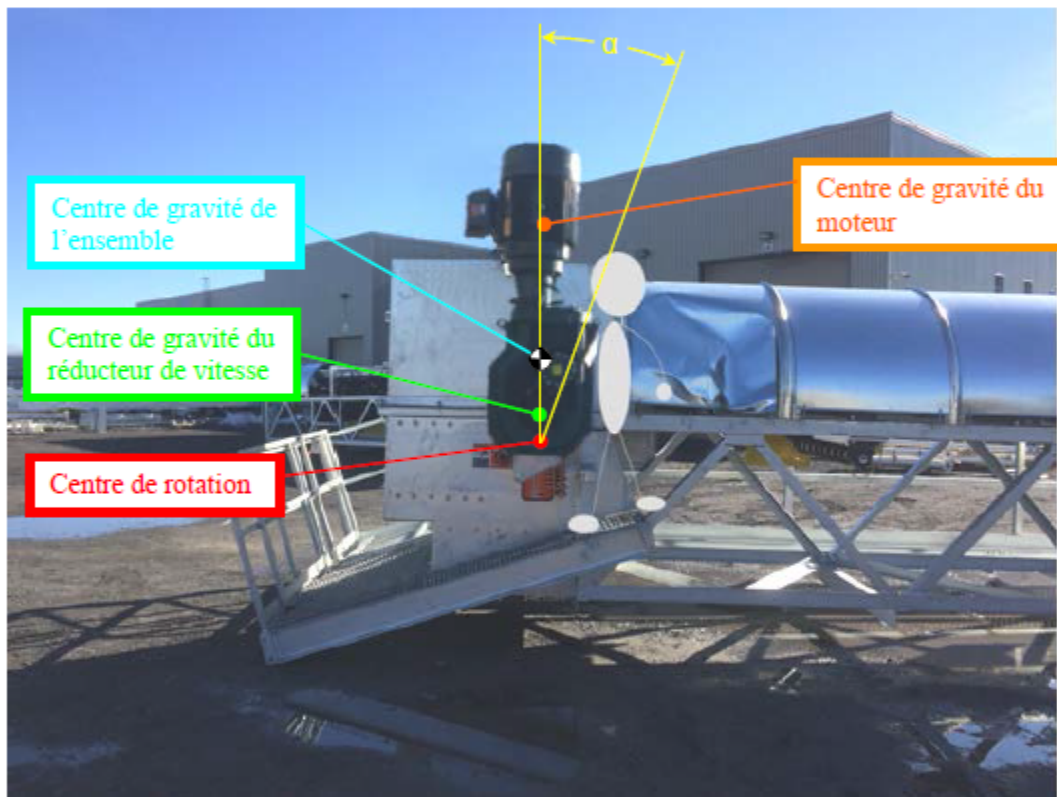


Figure 4 : Simulation du motoréducteur en position verticale
Source : CNESST – Photo modifiée

Selon les informations disponibles, le motoréducteur est balancé afin de demeurer en équilibre à la verticale (centre de gravité directement en haut du point de rotation). Dans cette position, aucune force n'est nécessaire au maintien en place du motoréducteur.

En supposant que la force exercée par le travailleur est à environ 80 cm au-dessus du centre de rotation, la force nécessaire au maintien du motoréducteur selon l'angle d'inclinaison α serait d'environ:

$$849 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 * 0,667 \text{ m} * \sin \alpha / 0,8 \text{ m} = Ft$$

Le graphique suivant représente la force exercée par le travailleur lorsque le motoréducteur se déplace.

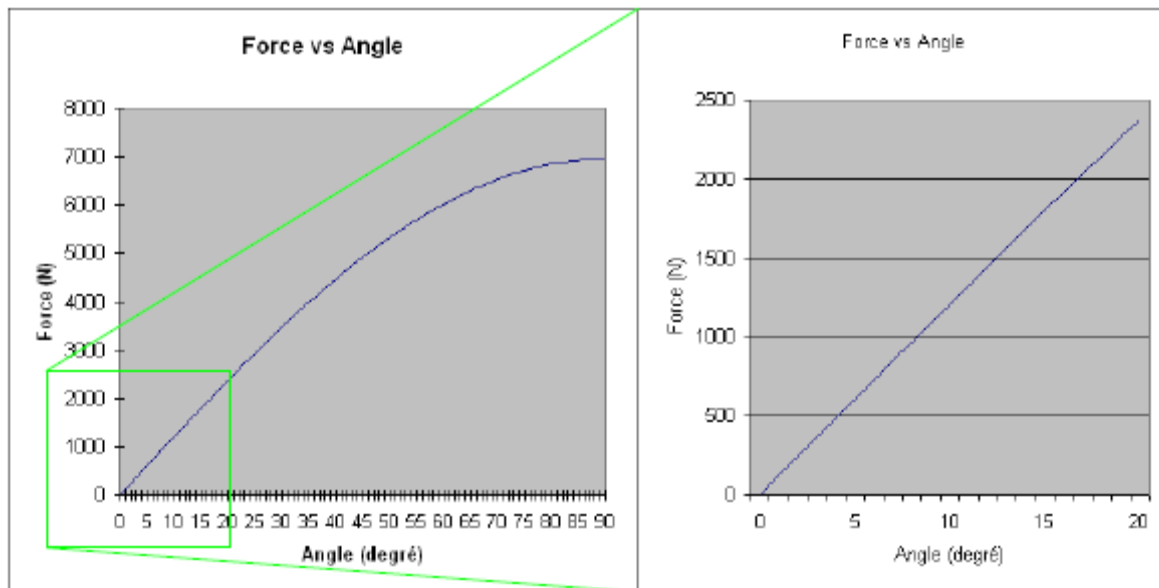


Figure 5 : Forces exercées sur le motoréducteur pour empêcher son renversement
Source : CNESST

5.2 Angle à laquelle le travailleur peut empêcher le renversement du motoréducteur

En fonction des informations disponibles et des données du fabricant, il n'y a pratiquement aucune friction dans le mécanisme de fonctionnement du motoréducteur. Ainsi, l'ensemble motoréducteur renversera dès que son centre de gravité sera déplacé de la verticale avec le centre de rotation.

De manière pratique, une légère friction existe entre les pièces et des imperfections dans la géométrie de la pièce font en sorte que la force pour démarrer le renversement n'est pas zéro. C'est pourquoi le travailleur peut faire tenir l'ensemble à la verticale sans aide.

Cependant, dans cette position, la force nécessaire pour amorcer le renversement est très faible. Une vibration sur la structure métallique pourrait être suffisante pour amorcer le renversement et le travailleur y prend appui.

Selon l'outil « Humanscale¹ », un travailleur poussant horizontalement avec les mains peut appliquer une force (sans efforts excessifs) d'environ 400 à 620 N.

¹ Humanscale™ : Body measurements, designed by Henry Dreyfuss Associates

Selon le graphique de la figure 5, les forces nécessaires pour retenir l'ensemble sont de l'ordre de 600 N aux alentours de 5 degrés. Après ce 5 degrés de déplacement, les forces nécessaires au maintien de l'ensemble vont dépasser la capacité du travailleur.

A titre de comparaison, la force nécessaire pour soulever une masse de 61 kg est d'environ 600 newtons.

Pour pouvoir tourner de plus de 5 degrés, le moteur a aussi dû être décroché de la chaîne venant de la grue qui le maintenait en place. Le travailleur est donc affairé à décrocher la chaîne avant l'amorce du renversement.

Pour tenter de déterminer le temps que va prendre l'ensemble pour se déplacer de 5 degrés, nous utilisons les équations d'énergie.

La différence d'énergie potentielle est égale à la différence d'énergie cinétique :
 $mgh = \frac{1}{2} mr^2\omega^2 \rightarrow gh = \frac{1}{2} r^2\omega^2$.

Au départ, la vitesse angulaire est zéro. Après 5 degrés, la hauteur du centre de gravité a descendu de 0,667 m $\cos(5) = 0,00254$ m, ce qui correspond à une différence d'énergie de 0,0249 joule. La vitesse finale est donc de 0,334 rad/sec. Comme approximation, la moitié de la vitesse finale est utilisée comme vitesse moyenne. Le résultat est que le temps requis pour parcourir 5 degrés est de 0,52 seconde.

Selon plusieurs sources (ex. : SAAQ), le temps de réaction moyen d'une personne attentive pour appliquer une réponse physique (ex. : appliquer les freins) est de l'ordre d'une seconde. Même si l'approximation du temps de déplacement est grossière, le temps estimé ne permet pas au travailleur de réagir suffisamment rapidement pour arrêter le renversement de l'ensemble motoréducteur.

6. Conclusion

Les forces qu'un travailleur peut exercer sur l'ensemble sont de l'ordre des 600 N. Les masses des composantes ne permettent au travailleur que de maintenir l'ensemble si ce dernier ne dépasse pas les 5 degrés d'inclinaison.

Le temps nécessaire pour démarrer le renversement et atteindre 5 degrés est d'environ 0,52 seconde. Ce temps est trop court pour donner au travailleur une possibilité de réagir suffisamment rapidement.

ANNEXE I

Liste des personnes et témoins rencontrés

Monsieur [A], [...] d'Allinov inc.

Monsieur [D], [...] d'Allinov inc.

Monsieur [E], [...]

Monsieur [F], [...] de Systèmes BMH inc.

Monsieur [G], [...] d'Allinov inc.

Monsieur [H], [...] d'Allinov inc.

Policiers et enquêteurs de la Sûreté du Québec

ANNEXE J

Références bibliographiques

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail : RLRQ, à jour au 23 novembre 2016*, [En ligne], 2016. [www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S_2_1/S2_1.html]

QUÉBEC. *Règlements sur la santé et la sécurité du travail : RLRQ, à jour au 23 novembre 2016*, [En ligne], 2016. [http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R13.HTM]