RAPPORT D'ENQUÊTE

Accident mortel survenu à un travailleur le 3 septembre 2015 à l'entreprise Sural Québec inc. 1500, boulevard Pierre-Roux Est à Victoriaville

Version dépersonnalisée

Direction régionale de la Mauricie et du Centre-du-Québec

Inspecteurs : **Francis Lemonde** **Marie-Claude Latulippe**

Rapport du 20 janvier 2016

Rapport distribué à :

- Monsieur [A], […], Sural Québec inc.
- Monsieur Pierre Bélisle, coroner
- Docteure Isabelle Goupil-Sormany, directrice de la santé publique de la Mauricie et du Centre-du-Québec
- Copie pour affichage aux travailleurs

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 3
2.2.1 MÉCANISMES DE PARTICIPATION 3
2.2.2 GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL 4

3.1 DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL 4
3.2 DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER 7

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE 8

4.1 CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT 8
4.2 CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES 12
4.2.1 RAPPORT D'EXPERTISE 12
4.2.2 ZONE DANGEREUSE ACCESSIBLE 12
4.2.3 SÉCURISATION DE LA MACHINE 16
4.2.4 CADENASSAGE 17
4.2.5 LOI ET RÈGLEMENT 18
4.3 ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES 19
4.3.1 LE VOLET SUPÉRIEUR DU BOBINOIR « A » SE MET EN MOUVEMENT ET ÉCRASE LE TRAVAILLEUR 19
4.3.2 DES TRAVAUX DE RÉPARATION SONT EFFECTUÉS DANS LE BOBINOIR « A» ALORS QUE L'ÉQUIPEMENT EST SOUS TENSION 20
4.3.3 LA PLANIFICATION DÉFICIENTE DES ACTIVITÉS DE MISE EN SERVICE DU BOBINOIR « A» EXPOSE LES TRAVAILLEURS À DES DANGERS 20

5 CONCLUSION 22

5.1 CAUSES DE L'ACCIDENT 22
5.2 AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE 22

ANNEXES

ANNEXE A : Accidenté 23
ANNEXE B : Liste des témoins 24
ANNEXE C : Rapport d'expertise 25
ANNEXE D : Références bibliographiques 26

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT

Description de l'accident

Le 3 septembre 2015 vers 13 h 06, un travailleur finalise l'installation d'un guide dans le bobinoir d'une machine servant à la fabrication de tige d'alliage d'aluminium. Pour effectuer la tâche, celui-ci accède au dessus du mandrin du bobinoir et s'accroupit. Une pièce d'équipement nommée volet supérieur est située en haut de lui. Soudainement, le volet supérieur s'abaisse et coince le travailleur contre le mandrin.

Conséquence

Le travailleur décède.

Photo 1 : Position de la victime au moment de l'accident (simulation)
(Source : CSST)

Abrégé des causes

- Le volet supérieur du bobinoir « A » se met en mouvement et écrase le travailleur.
- Des travaux de réparation sont effectués dans le bobinoir « A » alors que l'équipement est sous tension.
- La planification déficiente des activités de mise en service du bobinoir A expose les travailleurs à des dangers.

Mesures correctives

Le 3 septembre 2015, la CSST interdit la mise en marche, le réglage, le déblocage, la maintenance et la réparation de la ligne de production.

Afin d'autoriser la reprise des travaux et l'utilisation de la ligne de production, la CSST exige à l'employeur d'éliminer l'accès aux zones dangereuses, de mettre en place une méthode de cadenassage et une méthode sécuritaire permettant le réglage, le déblocage, la maintenance et la réparation de la ligne de production (rapport d'intervention RAP9109453).

Le 4 septembre 2015, la CSST interdit l'accès dans la zone des bobinoirs puisque des zones dangereuses sont accessibles et qu'il n'existe pas de fiches de cadenassage de ce secteur. Un périmètre de sécurité est établi dans la zone des bobinoirs (rapport d'intervention RAP0975691).

Le 2 octobre 2015, une procédure de cadenassage est appliquée dans la zone des bobineurs afin de permettre l'entrée dans le périmètre établi pour recueillir de l'information supplémentaire (rapport d'intervention RAP0978832).

Au moment de déposer le présent rapport, la CSST n'a pas autorisé la mise en marche, le réglage, le déblocage, la maintenance et la réparation de l'ensemble de la ligne de production.

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.

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Structure générale de l'établissement

Sural Québec inc. (Sural) est une entreprise qui se spécialise dans la production de tige d'alliage d'aluminium. L'unique établissement de l'entreprise est situé au 1500, boulevard Pierre-Roux Est à Victoriaville. Il s'agit d'une nouvelle usine en phase de démarrage, d'une capacité annuelle de 45 000 tonnes métriques. La construction du bâtiment a débuté le 26 septembre 2013. Le jour de l'accident, […] travailleurs de Sural œuvrent à l'établissement. L'horaire de travail varie selon la planification de la journée, elle débute généralement vers 7 heures pour se terminer en soirée.

Les machines composant la ligne de production sont fournies par l'entreprise italienne Danieli. Pour assister le client dans l'installation et la mise en service des machines, plusieurs travailleurs de l'entreprise Danieli sont présents sur les lieux. […]. […]. Au moment de l'accident, […] travailleurs de Danieli sont présents à l'établissement.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Depuis le 21 juillet 2015, une rencontre quotidienne à l'intention des travailleurs de Sural a lieu vers 7 h 30. Elle est animée par le directeur d'usine. L'objectif de cette rencontre est d'effectuer un retour sur les activités qui se sont déroulées la veille et de planifier les activités de la journée à venir. La présence des travailleurs à la rencontre est optionnelle.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

La coordination de la santé et sécurité du travail relève de la directrice des ressources humaines. Depuis son embauche […], celle-ci a entrepris différentes actions afin de démarrer une structure en santé et sécurité à l'établissement. Une présentation par un consultant en santé et sécurité a été effectuée à certains gestionnaires. Il y a un formulaire d'avis sommaire d'accident, un plan d'évacuation et une formation d'accueil pour les nouveaux travailleurs d'une durée de deux jours. Des formations sur l'utilisation des chariots élévateurs et des ponts roulants ont également été effectuées.

Vers la mi-juillet 2015, le chef de l'exploitation du groupe Sural a exigé en personne un temps d'arrêt de tous les travailleurs, notamment ceux de Sural et de Danieli, afin de corriger des lacunes de sécurité. La mise en place de la rencontre quotidienne découle de cette intervention. Sural contrôle les accès à l'établissement, les sous-traitants doivent obtenir l'autorisation de l'entreprise pour y accéder en dehors des heures normales de travail.

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

L'établissement de Sural est situé au 1500 boulevard Pierre-Roux Est à Victoriaville. Il s'agit d'un bâtiment neuf d'une superficie de 11 000 mètres carrés dont la construction a débuté en 2013. Le chantier de construction s'est terminé le 22 juin 2015. L'usine est en démarrage, aucune production destinée à la vente n'a encore été effectuée. Plusieurs essais sont effectués afin d'évaluer les performances des machines et d'optimiser leur fonctionnement.

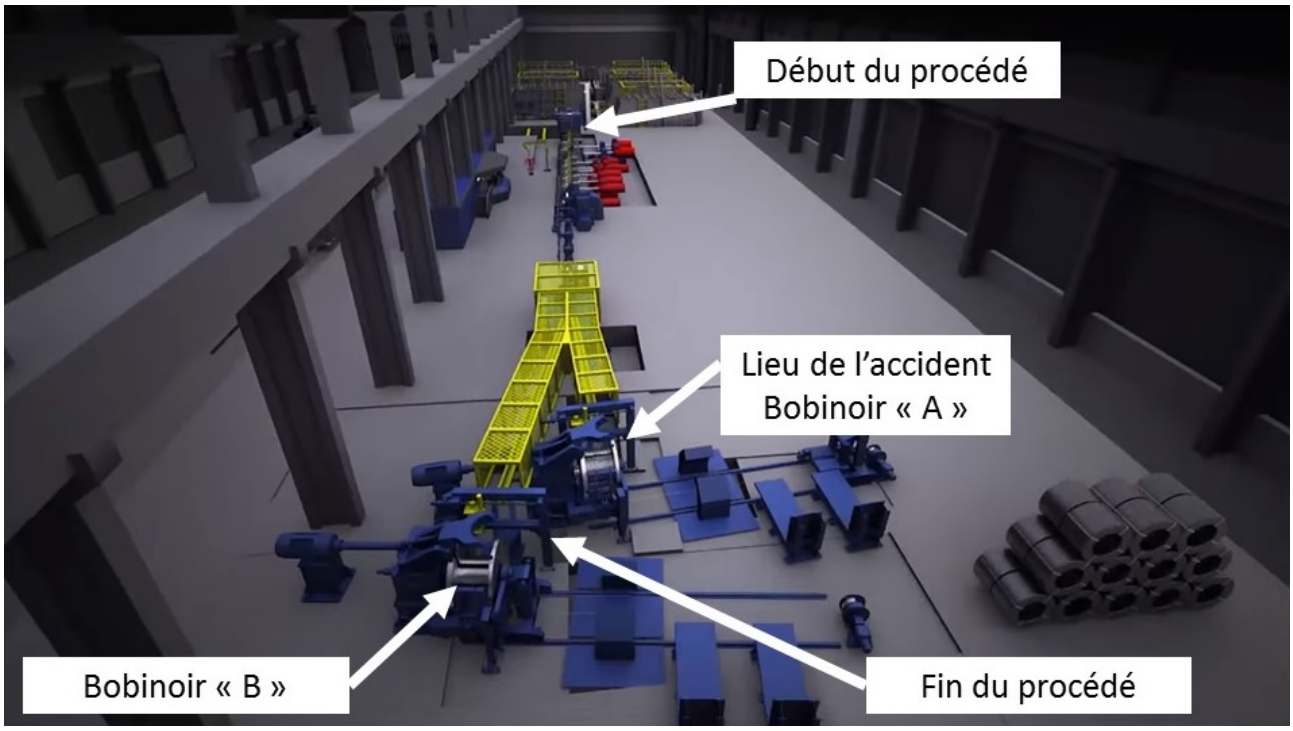

Figure 1 : Modélisation des lieux de travail
(Source : https://www.youtube.com/watch?v=vXPdCSRWSzI consultée le 19 novembre 2015)

On y retrouve une machine servant à la fabrication de tiges d'alliage d'aluminium dont le diamètre peut varier entre 9,5 et 25 mm. Deux bobinoirs permettent à la machine de fonctionner en continu, soit le bobinoir « A » et le bobinoir « B ». L'accident est survenu au bobinoir « A ».

Le bobinoir sert à enrouler la tige sur un mandrin pour former une bobine pouvant atteindre 3000 kg (schéma 1). Lorsque la cible de poids d'une bobine est atteinte, la machine transfère automatiquement la tige sur le second bobinoir et amorce la production d'une nouvelle bobine.

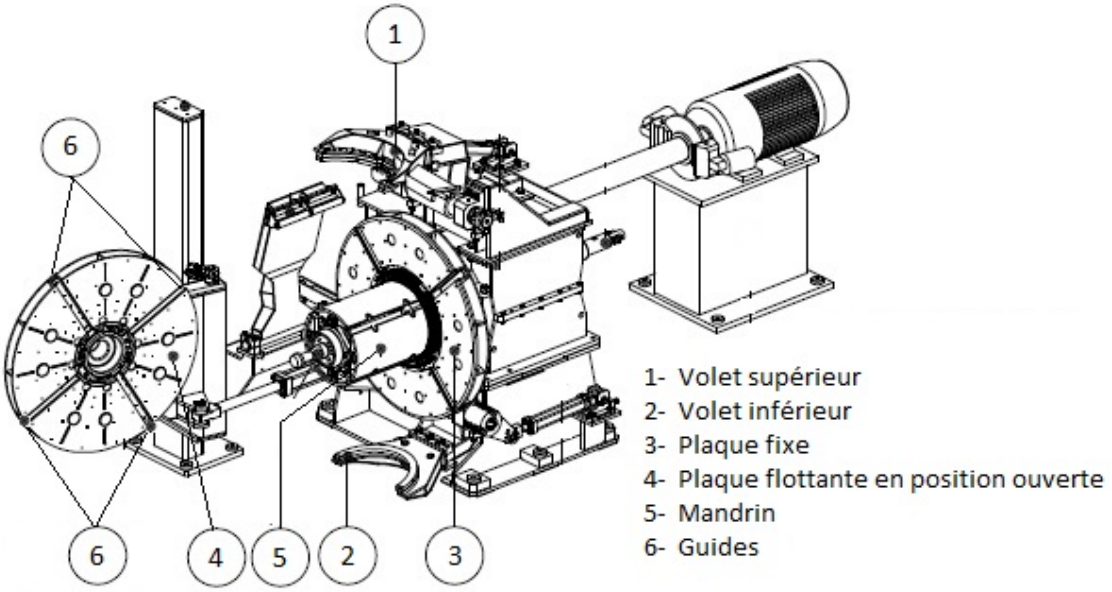

Schéma 1 : Détail d'un bobinoir
(Source : Danieli, modifié par CSST)

Lorsqu'une bobine est complétée, elle est attachée automatiquement à l'aide de quatre courroies métalliques (photo 2).

Photo 2 : Bobine de tige attachée par quatre courroies d'acier
(Source : CSST)

Le mandrin est composé de 4 guides (schéma 1). Au cours de la séquence d'attache de la bobine, le mandrin effectue successivement quatre rotations partielles et les guides s'arrêtent à des positions prédéterminées (positions 1-2-3-4) (photos 3 et 4).

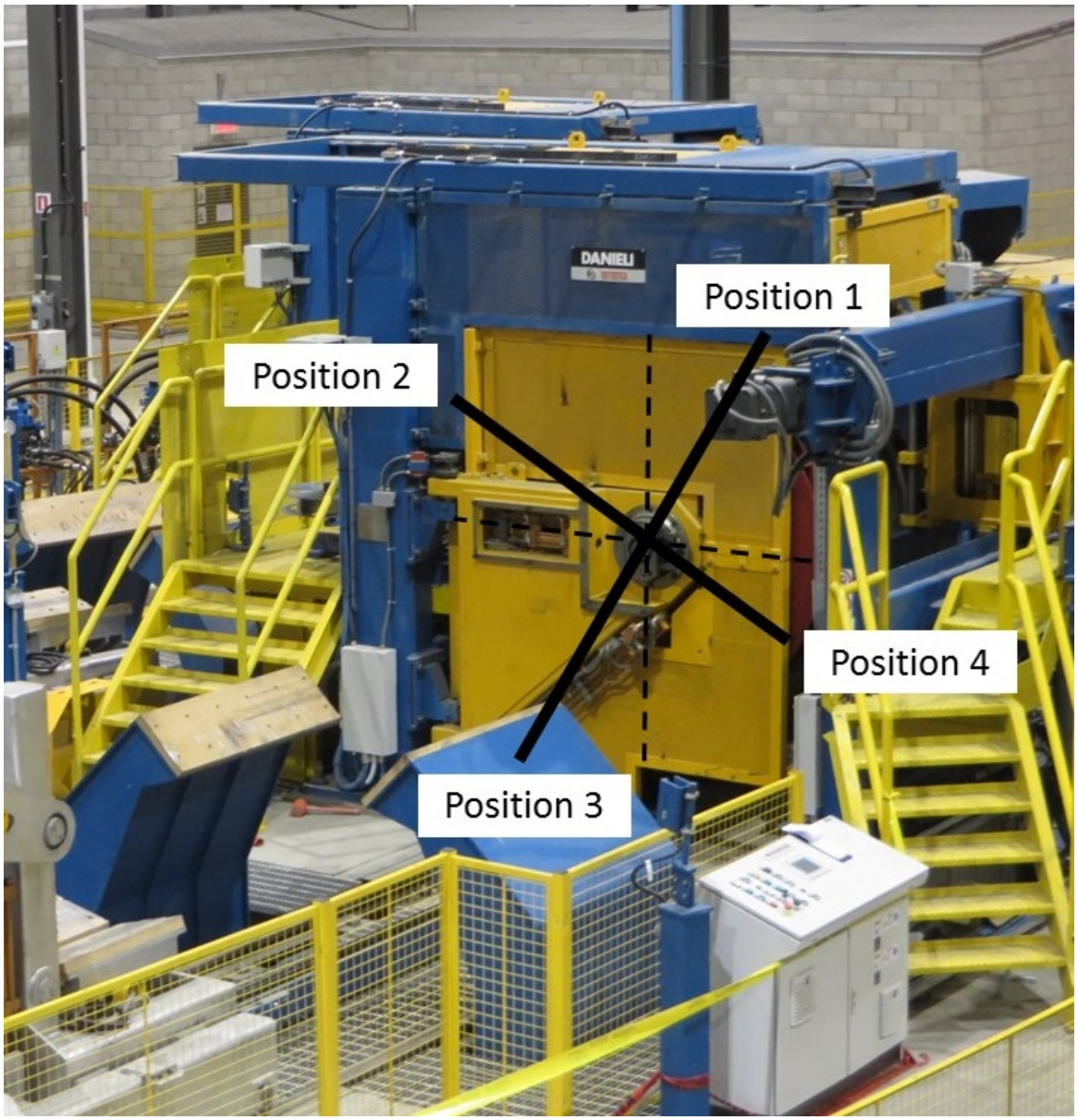

Photo 3 : Positions prédéterminées d'arrêt du mandrin
(Source : CSST)

À chacune de ces rotations partielles, une machine insère une courroie d'acier dans un guide du mandrin et attache la bobine avec tension (photo 4).

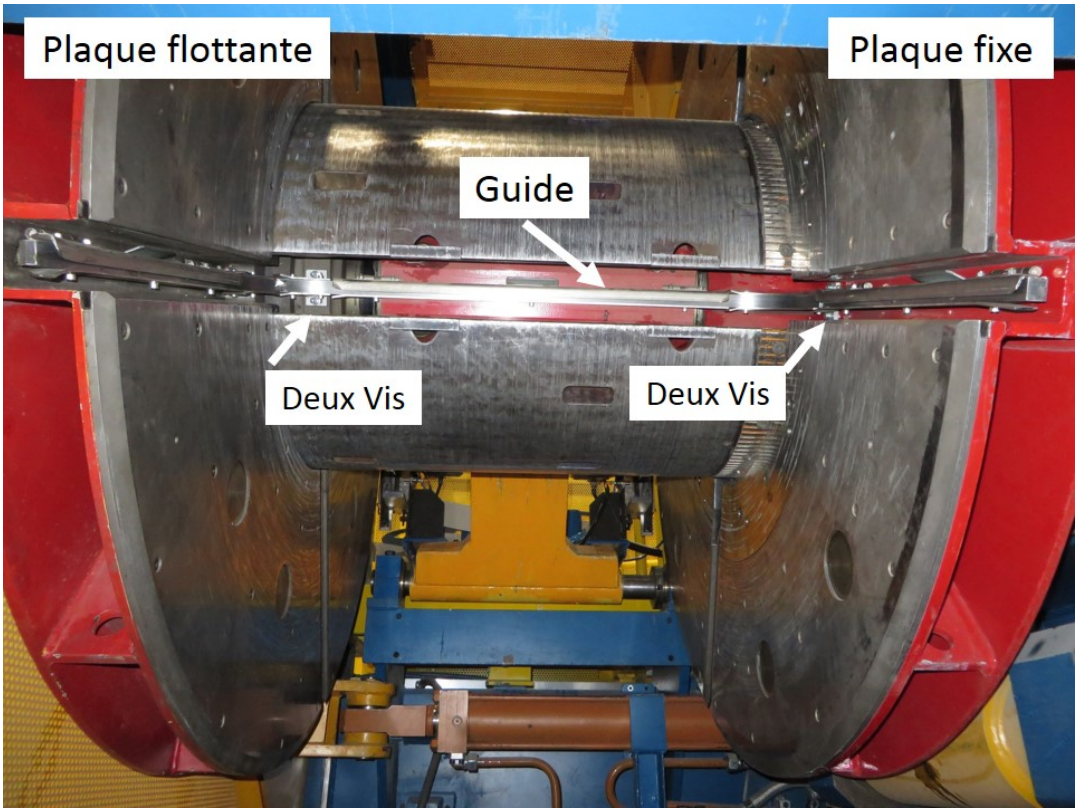

Photo 4 : Un guide du mandrin situé à la position 4
(Source : CSST)

3.2 Description du travail à effectuer

Le guide situé à la position 3 (photo 3) du bobinoir « A » est endommagé et empêche la machine de fonctionner. Pour retirer le guide du mandrin, la plaque flottante est ouverte. Le guide est maintenu par quatre vis. Deux vis sont situées du côté de la plaque flottante et deux sont situées du côté de la plaque fixe (photo 4). Une fois le guide retiré du mandrin, celui-ci doit être réparé à l'aide d'une soudure.

Le guide est ensuite réinstallé à la position 3. Il est ajusté du côté de la plaque fixe et les deux vis sont serrées. Les deux vis du côté de la plaque flottante sont mises en place sans serrage et la plaque flottante doit être refermée. Le guide à réparer est amené à la position 4. Finalement, l'ajustement du guide est effectué à l'aide d'une courroie d'acier et les deux vis du côté de la plaque flottante sont serrées.

L'accident est survenu à cette dernière étape lors serrage des deux dernières vis.

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Deux caméras temporaires permettent de surveiller l'opération des bobinoirs « A » et « B ». Les images sont archivées dans un ordinateur. Les images captées par la caméra du bobinoir « A » aident notamment à déterminer la chronologie des évènements.

Le 3 septembre 2015, M. [B], travailleur de Sural, participe à la rencontre du matin où […] personnes sont présentes en tout. La planification de la journée doit s'effectuer en 4 étapes.

1. Dans un premier temps, un spécialiste doit effectuer des essais à la section de la machine appelée « laminoir de finition ».

2. Par la suite, il doit y avoir la production de deux à trois bobines de tige d'un diamètre de 12,7 mm au cours de l'avant-midi.

3. Durant l'après-midi, on doit procéder à l'ajustement de la machine pour produire de la tige d'un diamètre de 9,5 mm. Plusieurs heures sont nécessaires pour effectuer ces travaux.

4. Finalement, si le temps le permet, il est envisagé de produire des bobines de tige d'un diamètre de 9,5 mm.

Au cours de l'avant-midi, les essais effectués par le spécialiste au laminoir de finition prennent plus de temps que prévu. La production des bobines de tige d'un diamètre de 12,7 mm est reportée en début d'après-midi. Vers 11 h 30, les travailleurs de Sural vont dîner.

Vers 11 h 40, un travailleur de Danieli affecté à la salle de contrôle informe le conseiller technique de cette même entreprise qu'il y a un problème avec la plaque flottante du bobinoir « A ». Celui-ci se rend sur les lieux accompagné d'un second conseiller technique et du responsable relation-client. Ils effectuent le diagnostic et constatent que la plaque flottante ne ferme pas complètement et que le guide situé à la position 3 est brisé. Ils ouvrent la plaque flottante, retirent le guide, constatent qu'une soudure est brisée et le dépose sur l'établi de la maintenance. Le responsable relation-client se rend à la salle à manger de l'établissement et avise M. [B] que ses services sont requis pour souder le guide.

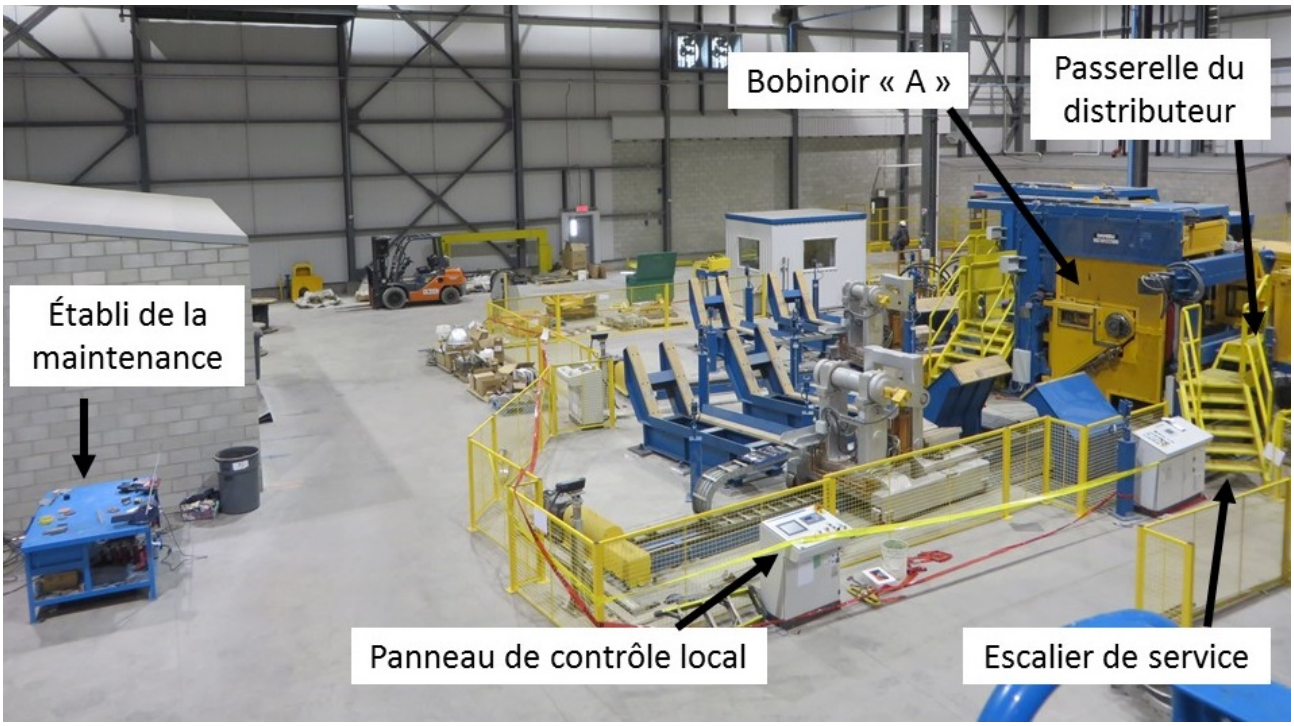

Photo 5 : Lieux de travail
(Source : CSST)

M. [B] arrive à l'établi de la maintenance à 12 h 29 (photo 5). Il effectue les travaux de réparation du guide et termine à 12 h 40.

M. [B] réinstalle le guide situé à la position 3. Il effectue l'ajustement du côté de la plaque fixe et y serre les deux vis. Il positionne les deux vis du côté de la plaque flottante sans les serrer.

La plaque flottante est refermée à 13 h 03:27. Trois mouvements de rotation du mandrin sont effectués entre 13 h 03:50 et 13 h 04:19 afin de positionner le guide à réparer à la position 4.

À 13 h 04:30, M. [B] utilise l'escalier de service de la machine et se tient sur la passerelle du distributeur. Il constate que le guide ne s'est pas arrêté à la position 4, mais plutôt à la position 1. Il décide de finaliser l'installation du guide à cette position.

À 13 h 05:02, M. [B] va se positionner sur le mandrin du bobineur. Le conseiller technique lui remet une courroie d'acier afin d'ajuster le côté de la plaque flottante du guide et observe les travaux à partir de l'intérieur du mandrin (photo 6).

Photo 6 : Position des travailleurs au moment de l'accident (simulation)
(Source : CSST)

Le responsable relation-client prend alors place sur la passerelle du distributeur et observe les travaux (photo 7).

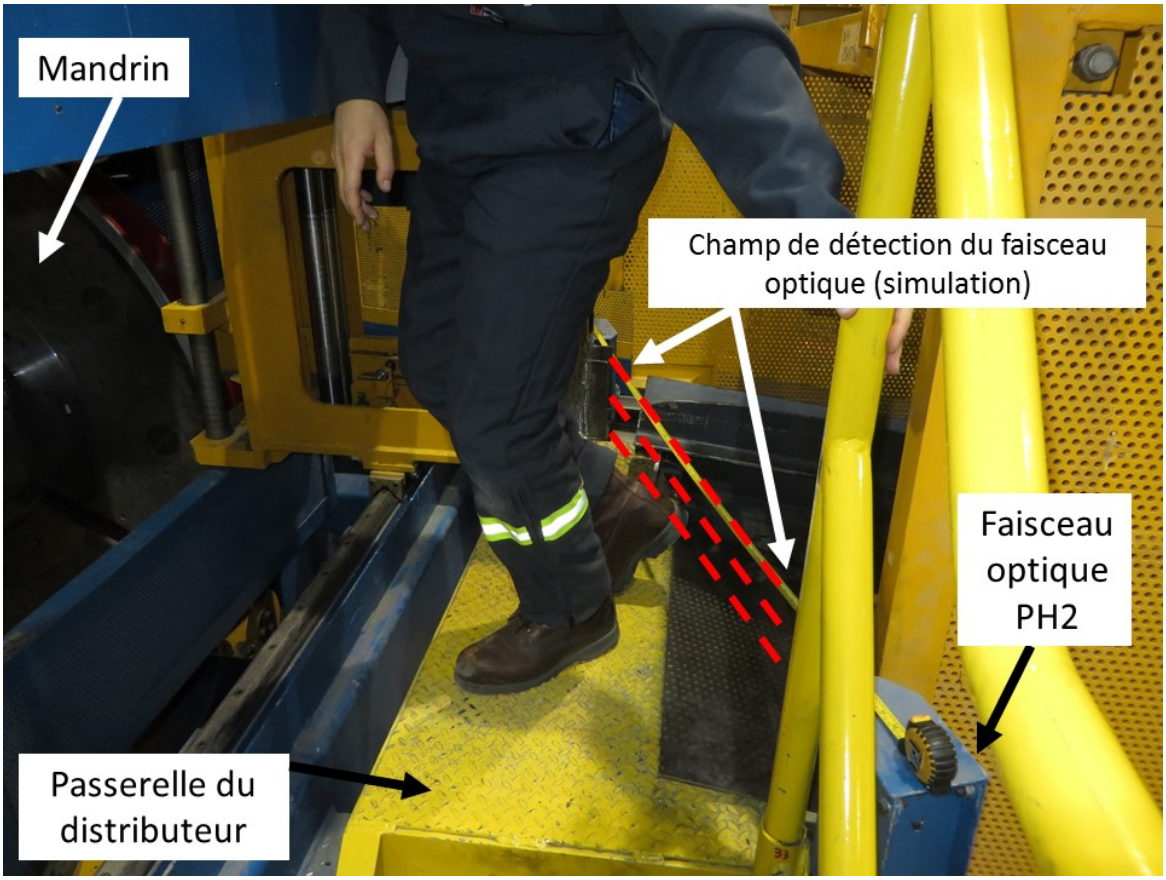

Photo 7 : Travailleur sur la passerelle du distributeur (simulation)
(Source : CSST)

Pour effectuer le serrage final des vis d'ajustement du guide, M. [B] s'accroupit sur le dessus du mandrin face vers la plaque flottante, dos à la plaque fixe. À ce moment, il est situé dans la trajectoire de descente du volet supérieur.

À 13 h 06:19, le travailleur qui observe les travaux à partir de la passerelle du distributeur effectue un mouvement et croise involontairement le faisceau optique PH2 (photo 7). Dès que le faisceau optique PH2 est croisé, l'automate programmable de la machine commande la fermeture du volet supérieur. En près de deux secondes, la victime est coincée contre le mandrin par le volet supérieur.

À 13 h 06:39, le conseiller technique actionne manuellement la levée du volet supérieur à partir du panneau de contrôle local de la machine. La victime est libérée de sa position et chute au sol.

Les services ambulanciers arrivent sur place à 13 h 18:53, la victime est transportée à un centre hospitalier, où son décès est constaté.

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Rapport d'expertise

Afin de déterminer ce qui a fait descendre le volet supérieur du bobinoir « A » au moment de l'accident, la CSST a mandaté l'entreprise d'automatisation et de contrôle de procédés Neksys. À partir des informations du programme de l'automate, de la base de données ainsi que de la vidéo de l'accident, l'expertise a déterminé que le volet supérieur a été activé via le mode automatique de la machine. La machine était donc en mode automatique au moment de l'accident. Toutes les conditions permettant la fermeture du volet supérieur étaient remplies sauf la présence de matériel sur la ligne « A ». À 13 h 06:19, cette condition est remplie lorsque la cellule photoélectrique PH2 est activée. Le rapport de l'expertise, effectué par Neksys, est disponible à l'annexe C.

4.2.2 Zone dangereuse accessible

Le bobinoir est muni d'un volet supérieur et d'un volet inférieur. Le rôle des volets est de permettre l'enfilage de la tige autour du mandrin. Ainsi, lorsque la bobineuse est en attente de tige, les volets sont refermés sur le mandrin. Dès que la tige a effectué quelques rotations autour du mandrin, les volets s'ouvrent. Le déplacement des volets est effectué par des cylindres hydrauliques. La force exercée par les volets varie de 50 à 75 kilonewtons. Chaque volet est muni d'un emplacement permettant d'y insérer une goupille afin d'empêcher sa descente. Cependant, aucune personne rencontrée ne connait la présence de ces goupilles.

Une force de 10 kilonewtons est suffisante pour causer des blessures graves au corps.

La distance verticale entre les deux plaques du mandrin est de 89 centimètres (cm) (35 pouces (po)) et la distance horizontale entre le mandrin et le volet supérieur en position relevée est de 119 cm (47 po). La configuration de l'espace permet la présence d'un travailleur (photo 6).

Lors de sa descente, le déplacement du volet supérieur s'effectue entre les plaques. Un travailleur qui est situé sur le mandrin lors de la descente du volet supérieur est dans une zone dangereuse. Il y a danger d'être frappé par le volet supérieur et coincé entre celui-ci et la plaque fixe.

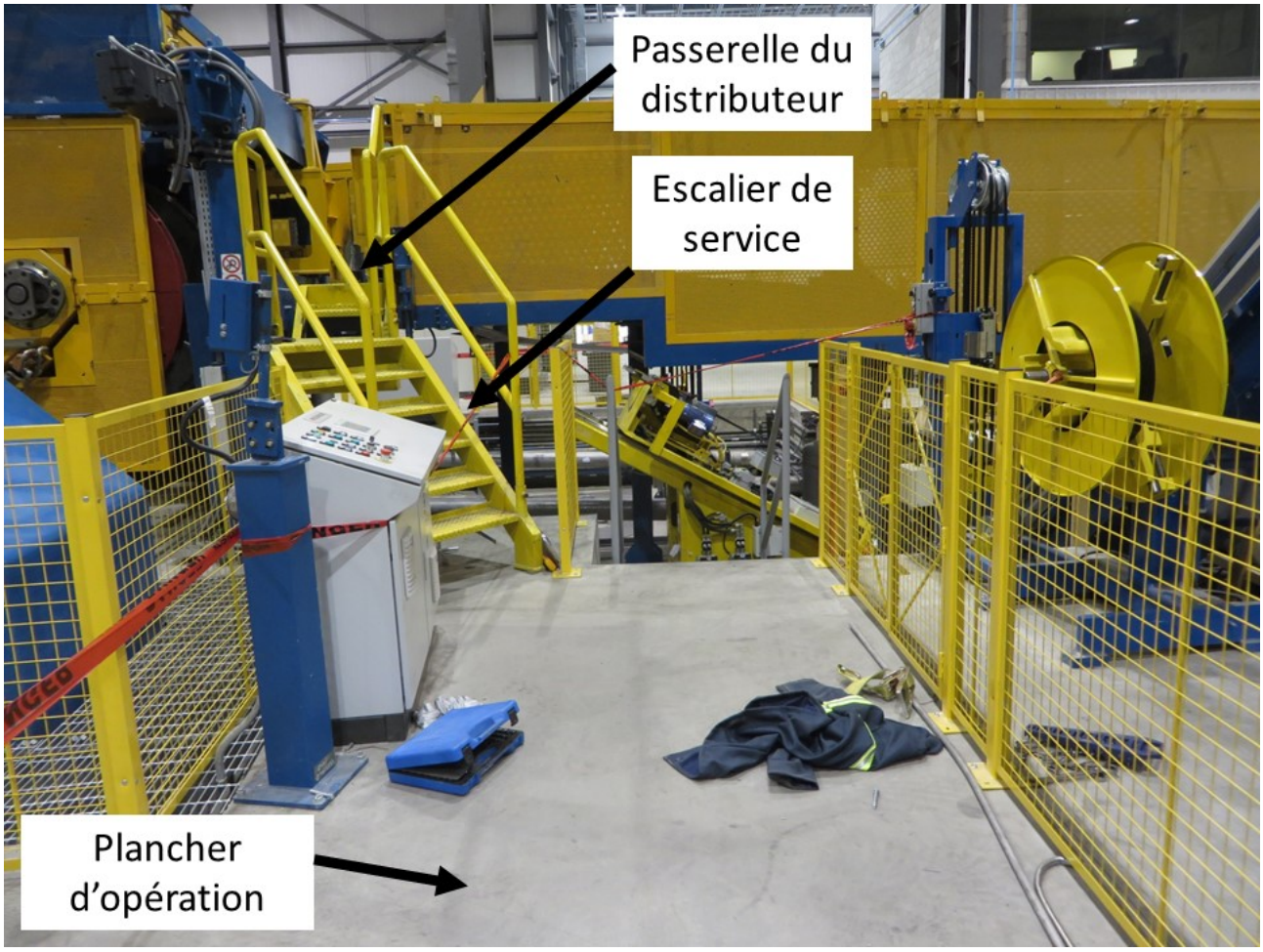

Photo 8 : Escalier de service donnant accès à la passerelle du distributeur
(Source : CSST)

L'accès au-dessus du mandrin du bobinoir « A » s'effectue à partir de l'escalier de service situé à l'avant du bobineur (photo 8). Cet escalier d'une largeur de 84 cm (33 po) est facilement accessible à partir du plancher d'opération. Celui-ci mène à la passerelle du distributeur (photo 9). La passerelle du distributeur mesure 66 cm (26 po) sur 140 cm (55 po). Lors de l'accident, la victime s'est déplacée du panneau de contrôle local du bobineur jusqu'à la passerelle du distributeur (photo 5).

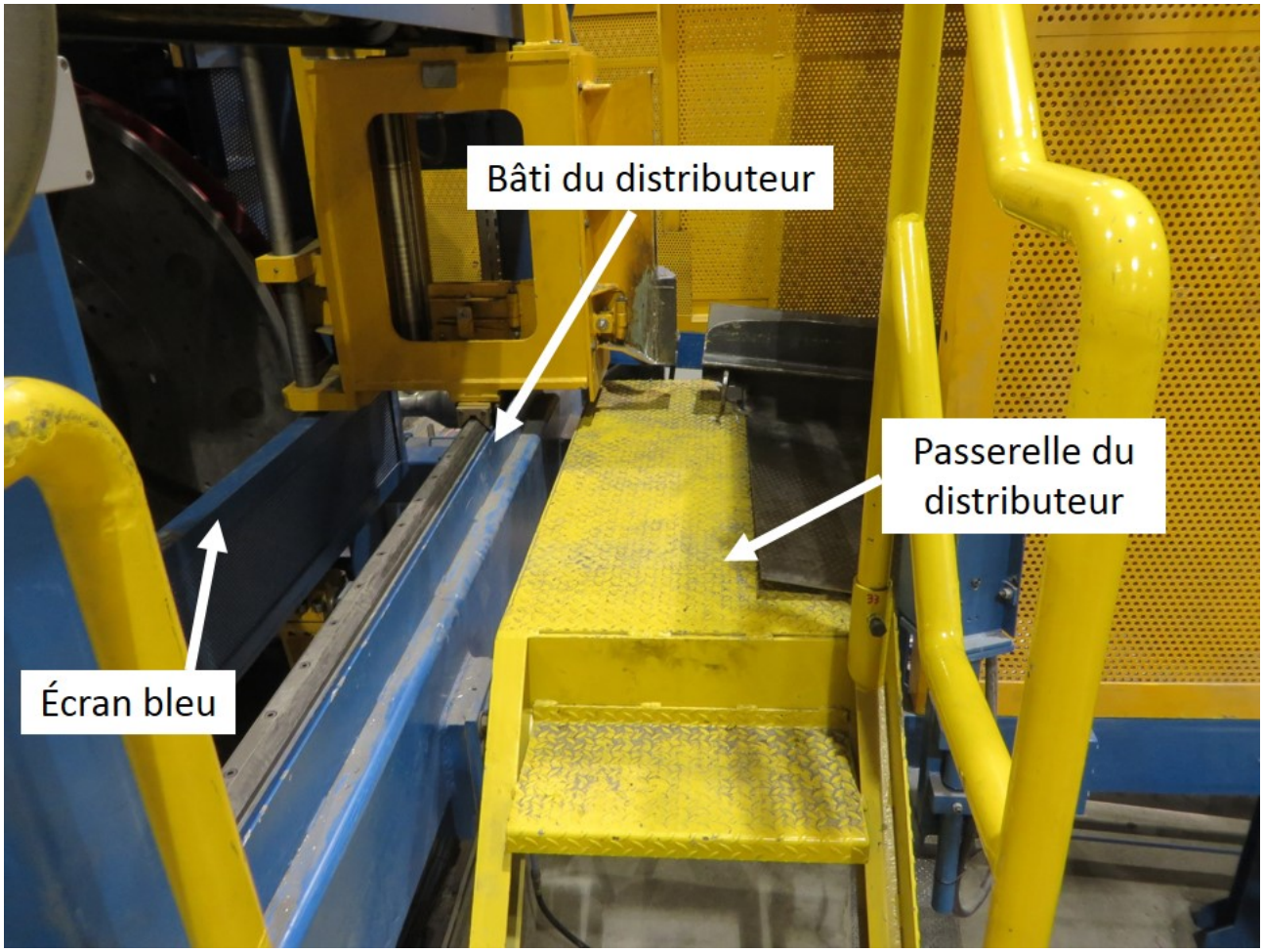

Photo 9 : Passerelle du distributeur
(Source : CSST)

Une fois positionné sur la passerelle du distributeur, le dessus du mandrin est à une distance de 114 cm (45 po) (photo 10). Il est possible d'y accéder en s'appuyant sur le bâti du distributeur et l'écran bleu. Bien qu'irrégulières, les dimensions minimales de cet accès sont de 84 cm (33 po) de hauteur par 71 cm (28 po) de largeur. Lors de l'accident, la victime s'est déplacée de la passerelle du distributeur jusqu'au-dessus du mandrin.

Photo 10 : Accès au dessus du mandrin (simulation)
(Source : CSST)

4.2.3 Sécurisation de la machine

Dès le début du projet en 2013, le fournisseur de la machine, Danieli, et le client, Sural, ont des discussions concernant les normes européennes et canadiennes en sécurité des machines à appliquer pour la conception de la nouvelle machine.

À l'automne 2014, un concept de sécurisation de la nouvelle usine est établi conjointement entre le fournisseur et le client à partir des règles de l'art et des meilleures pratiques dans le domaine de la seconde transformation de l'aluminium. Ce concept de sécurisation de la machine n'est pas inclus dans le contrat initial. Plus spécifiquement, ce concept prévoit la mise en place de protecteurs fixes sur tout le périmètre du bobineur « A » (schéma 2). L'accès au bobineur « A » doit s'effectuer par une des deux portes d'accès munies d'un dispositif d'interverrouillage.

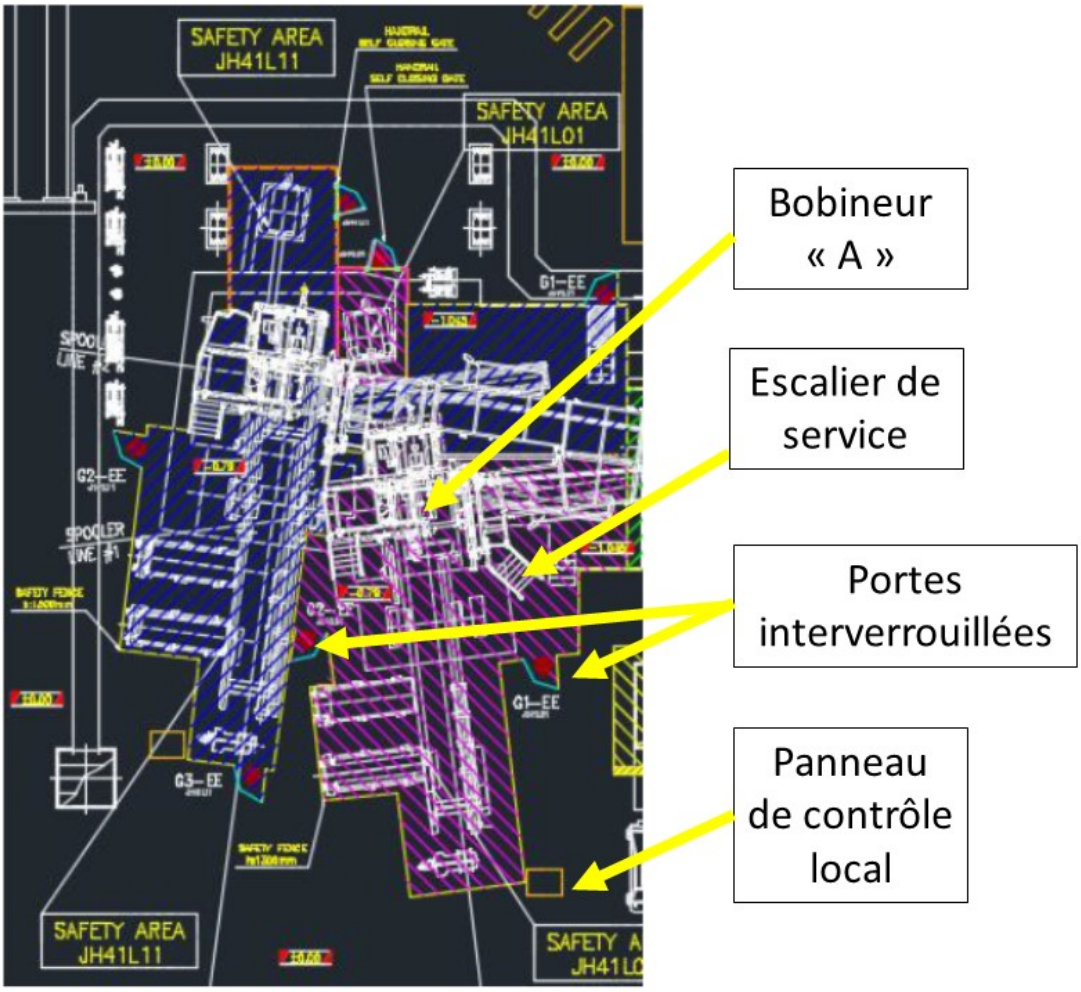

Schéma 2 : Concept de sécurisation des bobinoirs
(Source : Sural, modifié par CSST)

Le 10 octobre 2014, le directeur technique de Sural pour le projet recommande à la haute direction de Sural d'accepter le coût supplémentaire relié à l'implantation du concept de sécurisation de la machine. Et ce, selon ce dernier, afin d'atteindre de hauts standards de sécurité dès le début du projet.

Le 19 octobre 2014, le directeur technique de Sural signifie au fournisseur que l'entreprise renonce à implanter le concept de sécurisation de la machine tel que défini avec celui-ci. Il mentionne que l'entreprise installera plutôt des garde-corps munis de portes d'accès, essentiellement pour prévenir la chute de travailleur dans les fosses.

Le 29 octobre 2014, le fournisseur insiste sur la nécessité de mettre en place les dispositifs de sécurité prévus dans le concept de sécurisation.

Finalement, le 7 novembre 2014, le fournisseur mentionne à Sural que les exigences du concept de sécurisation doivent être remplies et que l'installation de garde-corps munis de portes d'accès ne rencontre pas les exigences de sécurité pour la future usine.

Au moment de l'accident, des garde-corps munis de portes d'accès sans dispositif de sécurité étaient partiellement installés autour de certains équipements du bobineur « A ».

4.2.4 Cadenassage

Lors du chantier de construction, une procédure de cadenassage des machines est en place. Il s'agit d'une règle de sécurité mise en place par le maître d'œuvre. L'entreprise Sural effectue du cadenassage lors du chantier, elle possède les dispositifs de cadenassage et détient les connaissances pour rédiger des fiches de cadenassage. Lorsqu'elle prend autorité des lieux à la fin du chantier de construction, Sural ne poursuit pas cette procédure avec ses travailleurs. Aucun travailleur de Sural rencontré n'a effectué le cadenassage de machines lors de travaux de maintenance depuis la fin du chantier de construction le 22 juin 2015. Plusieurs travailleurs ont affirmé avoir effectué des travaux dans différentes sections de la machine, incluant les bobinoirs, alors qu'ils n'étaient pas cadenassés. Il n'existe aucune directive à l'établissement concernant le cadenassage des machines lors de travaux dans les zones dangereuses des machines.

Au mois de juin 2015, un consultant en santé et sécurité effectue une présentation à des gestionnaires de l'établissement concernant les éléments de santé et sécurité à mettre en place lors d'un démarrage d'usine. On y traitait notamment de la mise en place d'un programme de cadenassage. Des demandes de renseignements sommaires avaient été entreprises auprès de différents fournisseurs de service pour mettre en place un programme de cadenassage. Le peu de disponibilité des représentants de Sural a retardé la mise en place de mesures concrètes en cadenassage.

Plusieurs représentants de l'employeur et des travailleurs ont une expérience du milieu industriel, ils connaissent les concepts qui doivent être appliqués dans le cadre du cadenassage des machines. Un incident sans séquelle survenu à l'équipement « cisaille bout de barre » est rapporté dans la rencontre journalière du 5 août 2015. Afin d'éviter que l'incident ne se reproduise, il est indiqué que du cadenassage doit être effectué.

La tâche effectuée au moment de l'accident ne nécessite aucune forme d'énergie de la machine. C'est-à-dire que toutes les sources d'énergie du bobinoir « A » peuvent être cadenassées pour finaliser l'installation du guide. À ce moment, il n'existe aucun document spécifique au cadenassage du bobinoir « A » et aucune autre mesure de sécurité n'a été mise en place afin d'éliminer les risques de mise en marche accidentelle de la machine.

Trente minutes avant l'accident, un représentant de Sural discute avec la victime alors qu'il réinstalle le guide situé à la position 3. Il observe les travaux durant 5 à 10 minutes.

4.2.5 Loi et règlementation

L'article 51.1 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* stipule que l'employeur doit s'assurer que les établissements sur lesquels il a autorité sont équipés et aménagés de façon à assurer la protection du travailleur.

L'article 51.3 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* stipule que l'employeur doit 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.

L'article 51.5 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* stipule que l'employeur doit utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travail.

L'article 51.7 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* stipule que l'employeur doit fournir un matériel sécuritaire et assurer son maintien en bon état.

Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail stipule, aux articles suivants :

Article 172. « Dans la présente section ainsi qu'à l'article 323, on entend par "zone dangereuse" toute zone située à l'intérieur ou autour d'une machine et qui présente un risque pour la santé, la sécurité ou l'intégrité physique des travailleurs.

Dans la présente section ainsi qu'aux articles 239 et 267, on entend par "protecteur" l'élément d'une machine utilisé spécifiquement pour isoler, au moyen d'une barrière matérielle, une zone dangereuse d'une machine, notamment un carter, un couvercle, un écran, une porte ou une enceinte. »

Article 182. « Contrôle de la zone dangereuse : Sous réserve de l'article 183, une machine doit être conçue et construite de manière à rendre sa zone dangereuse inaccessible, à défaut de quoi celle-ci doit être munie d'au moins un des protecteurs ou des dispositifs de protection suivants :

1° dans le cas où aucune personne n'a accès à la zone dangereuse de la machine durant son fonctionnement :

a) un protecteur fixe;
b) un protecteur muni d'un dispositif d'interverrouillage;
c) un protecteur à enclenchement muni d'un dispositif d'interverrouillage;
d) un dispositif sensible;

2° dans le cas où au moins une personne a accès à la zone dangereuse de la machine durant son fonctionnement :

a) un protecteur muni d'un dispositif d'interverrouillage;
b) un protecteur à enclenchement muni d'un dispositif d'interverrouillage;
c) un protecteur à fermeture automatique;
d) un protecteur réglable;
e) un dispositif sensible;
f) une commande bimanuelle. »

Article 185 : « Cadenassage : Avant d'entreprendre tout travail de maintenance, de réparation ou de déblocage dans la zone dangereuse d'une machine, les mesures de sécurité suivantes doivent être prises, sous réserve des dispositions de l'article 186 :

1° la mise en position d'arrêt du dispositif de commande de la machine;

2° l'arrêt complet de la machine;

3° le cadenassage, par chaque personne exposée au danger, de toutes les sources d'énergie de la machine, de manière à éviter toute mise en marche accidentelle de la machine pendant la durée des travaux. »

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Le volet supérieur du bobinoir « A » se met en mouvement et écrase le travailleur

Le 3 septembre 2015, un guide du mandrin du bobinoir « A » est défectueux. Il est retiré, réparé et réinstallé dans la machine.

Pour effectuer la dernière étape de l'installation, les travailleurs font tourner le mandrin du bobineur, ils planifient de positionner le guide à la position 4. La victime utilise l'escalier de service de la machine et se tient sur la passerelle du distributeur. À ce moment, il constate que le guide s'est plutôt arrêté à la position 1 et il décide de finaliser l'installation du guide à cette position. À partir de la passerelle du distributeur, la victime va se positionner sur le mandrin du bobineur. Un autre travailleur prend alors place sur la passerelle du distributeur et observe les travaux.

À partir du dessus du mandrin, la victime finalise l'installation du guide. Pour effectuer le serrage final des vis d'ajustement du guide, la victime s'accroupit sur le dessus du mandrin face vers la plaque flottante, dos à la plaque fixe. À ce moment, il est situé dans la trajectoire de descente du volet supérieur. À 13 h 06:19, le travailleur qui observe les travaux à partir de la passerelle du distributeur effectue un mouvement et croise involontairement le faisceau optique PH2. Dès que le faisceau optique PH2 est croisé, l'automate de la machine commande la fermeture du volet supérieur. En près de deux secondes, la victime est coincée contre la plaque fixe du mandrin par le volet supérieur avec une force variant entre 50 et 75 kilonewtons. Cette position est maintenue durant 20 secondes jusqu'au moment où un travailleur actionne manuellement la levée du volet supérieur à partir du panneau de contrôle local de la machine.

La zone dangereuse formée par le volet supérieur et la plaque fixe du mandrin est facilement accessible. En s'y tenant, la victime est exposée à un phénomène dangereux potentiel. Lorsque le faisceau optique PH2 est croisé, la machine se remet en marche de façon inattendue et le travailleur se fait écraser mortellement. Aucun dispositif de sécurité n'a été installé afin d'éliminer l'accès à cette zone dangereuse. La machine n'est donc pas conçue et construite de manière à rendre la zone dangereuse inaccessible, contrairement à ce que stipule l'article 182 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail.

L'isolement de cette zone dangereuse avec un protecteur ou un dispositif de protection adéquat aurait empêché l'accès du travailleur à cette zone alors que la machine est en mode automatique.

Cette cause est retenue

4.3.2 Des travaux de réparation sont effectués dans le bobinoir « A » alors que l'équipement est sous tension

Avant d'entreprendre tout travail dans la zone dangereuse d'une machine, le Règlement sur la santé et la sécurité du travail, à l'article 185, mentionne que tous les travailleurs exposés au danger se doivent de cadenasser toutes les sources d'énergie de la machine, de manière à éviter toute mise en marche accidentelle pendant la durée des travaux.

Les travaux requis pour finaliser l'installation du guide ne nécessitent aucune source d'énergie électrique, pneumatique, hydraulique ou potentielle. La tâche effectuée par la victime au moment de l'accident doit donc être effectuée en cadenassant le bobinoir « A ».

Il n'existe aucune directive à l'établissement concernant le cadenassage des machines lors de travaux dans les zones dangereuses des machines.

Au moment de l'accident, aucun cadenassage n'a été appliqué sur le bobinoir « A » contrairement à ce que dicte l'article 185 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail.

Aucune autre mesure de sécurité n'a été mise en place afin d'éliminer les risques de mise en marche accidentelle de la machine pendant la durée des travaux.

Le cadenassage du bobinoir « A » aurait permis d'éviter qu'un tel accident ne se produise.

Cette cause est retenue

4.3.3 La planification déficiente des activités de mise en service du bobinoir « A » expose les travailleurs à des dangers

L'employeur Sural Québec inc. a autorité sur l'établissement du 1500, boulevard Pierre-Roux Est. Il contrôle les accès au bâtiment en dehors des heures de travail et exige la correction de lacunes en santé et sécurité à ses travailleurs et sous-traitants. Selon la loi sur la santé et la sécurité du travail à l'article 51.5, l'employeur doit s'assurer d'identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité des travailleurs. En ce sens, lors de la phase de conception de la machine, l'employeur et

le fournisseur de la machine identifient conjointement les dispositifs de sécurité nécessaires afin d'atteindre de hauts standards de sécurité pour la nouvelle usine, notamment en se basant sur les normes européennes et canadienne en sécurité des machines. Le concept de sécurisation prévoit, entre autres, la mise en place de protecteurs fixes sur tout le périmètre du bobineur « A ». L'accès au bobineur « A » doit s'effectuer par une des deux portes d'accès munie d'un dispositif d'interverrouillage. Pourtant, le 19 octobre 2014, l'employeur signifie au fournisseur qu'il renonce à implanter les solutions retenues et qu'il installera plutôt des garde-corps munis de portes d'accès pour prévenir la chute de travailleur dans les fosses. Le 29 octobre 2014, le fournisseur insiste sur la nécessité de mettre en place les dispositifs de sécurité. Finalement, le 7 novembre 2014, le fournisseur signifie de nouveau à l'employeur que les exigences du concept de sécurisation doivent être remplies et que l'installation de garde-corps munis de portes d'accès ne rencontre pas les exigences de sécurité pour la future usine. Au moment de l'accident, des garde-corps munis de portes d'accès sans dispositifs de sécurité étaient installés partiellement autour de certains équipements du bobineur « A ». Les zones dangereuses du bobineur « A » étaient facilement accessibles. En agissant ainsi, l'employeur ne s'est pas assuré de contrôler et d'éliminer les risques reliés aux zones dangereuses du bobineur « A », contrevenant à l'article 51.5 de la LSST.

Selon la loi sur la santé et la sécurité du travail à l'article 51.3, l'employeur doit s'assurer que les méthodes et techniques utilisées par les travailleurs sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur. Au moment de l'accident, l'employeur a connaissance de ses obligations en matière de cadenassage. En effet, au mois de juin 2015, un consultant a effectué une présentation à des gestionnaires de l'établissement concernant les éléments de santé et sécurité à mettre en place lors d'un démarrage d'usine. On y traitait notamment de la mise en place d'un programme de cadenassage. Des demandes de renseignements sommaires avaient été entreprises auprès de différents fournisseurs de services pour mettre en place un programme de cadenassage. Le peu de disponibilité des représentants de Sural a retardé la mise en place de mesures concrètes.

Du cadenassage a été effectué à l'établissement lors du chantier de construction, il s'agissait d'une règle de sécurité mise en place par le maître d'œuvre. L'employeur effectuait du cadenassage lors du chantier, il possédait les dispositifs de cadenassage et les connaissances pour rédiger des fiches de cadenassage. Pourtant, l'employeur n'a pas poursuivi cette procédure avec ses travailleurs lorsqu'il a pris autorité des lieux. Aucun travailleur rencontré n'a effectué le cadenassage de machine pour y effectuer des travaux de maintenance depuis la fin du chantier de construction le 22 juin 2015. L'employeur avait connaissance des travaux reliés à l'installation du guide dans le bobinoir.

En tolérant que des travaux de maintenance s'effectuent sans cadenassage et en ne mettant pas en place un programme de cadenassage, l'employeur ne s'est pas assuré que les travaux effectués lors de la mise en service du bobinoir « A » soient sécuritaires et ne portent pas atteinte à la sécurité de ses travailleurs, contrevenant à l'article 51.3 de la LSST.

La planification sécuritaire de la mise en service du bobinoir « A » aurait permis d'éviter qu'un tel accident ne se produise.

Cette cause est retenue

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

- Le volet supérieur du bobinoir « A » se met en mouvement et écrase le travailleur.
- Des travaux de réparation sont effectués dans le bobinoir « A » alors que l'équipement est sous tension.
- La planification déficiente des activités de mise en service du bobinoir A expose les travailleurs à des dangers.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 3 septembre 2015, la CSST interdit la mise en marche, le réglage, le déblocage, la maintenance et la réparation de la ligne de production.

Afin d'autoriser la reprise des travaux et l'utilisation de la ligne de production, la CSST exige à l'employeur d'éliminer l'accès aux zones dangereuses, de mettre en place une méthode de cadenassage et une méthode sécuritaire permettant le réglage, le déblocage, la maintenance et la réparation de la ligne de production (rapport d'intervention RAP9109453).

Le 4 septembre 2015, la CSST interdit l'accès dans la zone des bobinoirs puisque des zones dangereuses sont accessibles et qu'il n'existe pas de fiches de cadenassage de ce secteur. Un périmètre de sécurité est établi dans la zone des bobinoirs (rapport d'intervention RAP0975691).

Le 2 octobre 2015, une procédure de cadenassage est appliquée dans la zone des bobineurs afin de permettre l'entrée dans le périmètre établi pour recueillir de l'information supplémentaire (rapport d'intervention RAP0978832).

Au moment de déposer le présent rapport, la CSST n'a pas autorisé le démarrage, le réglage, le déblocage, la maintenance et la réparation de l'ensemble de la ligne de production.

ANNEXE A

Accidenté

ACCIDENTÉ

Nom, prénom	:	[B]
Sexe	:	Masculin
Âge	:	[…]
Fonction habituelle	:	[…]
Fonction lors de l'accident	:	Mécanicien
Expérience dans cette fonction	:	[…]
Ancienneté chez l'employeur	:	[…]
Syndicat	:	[…]

ANNEXE B

Liste des témoins et des autres personnes rencontrées

- M. [A], […], Sural
- M. [C], […], Sural
- M. [D], […], Sural
- M. [E], […], Sural
- M. [F], […], Sural
- M. [G], […], Sural
- M. [H], […], Sural
- Mme [I], […], Sural
- M. [J], […], Sural
- M. [K], […], Sural
- M. [L], […], Sural
- Mme [M], […], Sural
- M. [N], […], Danieli Automation
- M. [O], […], Danieli
- M. [P], […], Danieli
- M. [Q], […], Danieli
- M. [R], […], Danieli
- Maître [S], […], RTLexis
- M. Dany Beaurivage, capitaine aux opérations, service de sécurité incendie, Ville de Victoriaville
- M. François Beaudoin, sergent, enquêteur de poste de la MRC d'Arthabaska, District de la Mauricie-Centre-Du-Québec
- M. [T], […], Neksys
- M. [U], […], Neksys

Travailleurs rencontrés sur les lieux de travail.

ANNEXE C

Rapport d'expertise

NEKSYS AUTOMATION ET CONTRÔLE DE PROCÉDÉS

RAPPORT D'ANALYSE DU PROGRAMME DU BOBINEUR A

Accident mortel chez Sural

Document réalisé par :
Patrick Beaudet, ingénieur junior NEKSYS
(OIQ #5057899)

Présenté à :
Francis Lemonde, Inspecteur CSST
Marie-Claude Latulippe, Inspectrice CSST

5 novembre 2015

Table des matières

1.0 Introduction 4
2.0 Résultat de l'analyse 7
2.1 Analyse des commandes de vitesse du « upper flap » lors de l'accident 7
2.2 Analyse du mode automatique 7
2.2.1 Première condition 8
2.2.2 Deuxième condition 8
2.2.3 Troisième condition 8
2.2.4 Quatrième condition 8
2.2.5 Cinquième condition 9
3.0 Justifications techniques 9
3.1 Écart de temps entre l'horloge de la base de données et l'horloge de la vidéo 9
3.2 Analyse des commandes de vitesse du « upper flap » lors de l'accident 12
3.3 Analyse du programme 14
3.3.1 Commande de descente du « upper flap » 14
3.3.2 Analyse du mode automatique 16
3.3.2.1 Première condition 18
3.3.2.2 Deuxième condition 19
3.3.2.3 Troisième condition 20
3.3.2.4 Quatrième condition 21
3.3.2.5 Cinquième condition 27
4.0 Conclusion 29

Table des images

Image 1 : Bobineurs et équipements de service 5
Image 2 : Unité bobineur 6
Image 3 : Vitesse du « upper flap » 11
Image 4 : Analyse de la vitesse lors de l'accident 13
Image 5 : Vitesse et durée programmés du « upper flap » 14
Image 6 : Commande de descente du « upper flap » 15
Image 7 : Permissive no.7 du mode manuel 15
Image 8 : Autorisation d'utiliser la référence de vitesse 16
Image 9 : Demande de descente en mode automatique 17
Image 10 : Phase du « spooler A » 18
Image 11 : Activation et désactivation de la présence de matériel partie 1 19
Image 12 : Activation et désactivation de la présence de matériel partie 2 20
Image 13 : État automatique de la zone 21
Image 14 : État automatique de la machine 21
Image 15 : Conditions pour mode automatique de la ligne A 22
Image 16 : Mode automatique de la ligne A 22
Image 17 : Présence de matériel sur la ligne A 23
Image 18 : État de la « Photocell » PH2 lors de l'accident 24
Image 19 : Condition pour activation de la détection de présence de matériel 25
Image 20 : Emplacement de la « photocell » PH2 26
Image 21 : Les mouvements automatiques sont autorisés. 27
Image 22 : Enregistreur d'évènements 28

1.0 Introduction

Objectif de l'analyse :

Dans le cadre d'une enquête d'accident mortel survenu le 3 septembre 2015 à l'usine Sural Québec situé au 1500 boulevard Pierre-Roux-Est à Victoriaville, la CSST doit déterminer les causes ayant contribué à l'écrasement d'un travailleur dans la bobineuse A de marque Danieli.

Définition du mandat :

Déterminer ce qui a causé la descente du « upper flap spooler A » dans la zone où se trouvait le travailleur

Documents utilisés pour l'analyse :

- Programme de l'automate contrôlant le « upper flap du spooler A » (FC1223)
- Programme de l'automate contrôlant la présence de matériel (FC1216)
- Programme de l'automate contrôlant les cycles de la machine (FC1201)
- Base de données : E81C2_LA_Pred10_HookingPhase2015-09-03-12-47-34
- Vidéo de l'accident : ch02-20150903-125833-131459-101000000000

Méthodologie utilisée :

Cette analyse a été effectuée en utilisant conjointement les informations du programme de l'automate, de la base de données ainsi que de la vidéo de l'accident. Le programme sert à déterminer les conditions requises à la descente du « upper flap ». La base de données et la vidéo servent à valider que certaines conditions nécessaires à la descente du « upper flap » étaient belles et bien en place.

Tout d'abord, une analyse des vitesses du « upper flap » sera effectuée afin de déterminer si la machine se trouvait en mode automatique ou bien en mode manuel. Ensuite, en utilisant le programme de l'automate, une liste des conditions nécessaires à la descente du « upper flap » en mode automatique sera détaillée et chacune de ces conditions seront expliquées grâce à la vidéo ainsi que la base de données. Pour terminer, une conclusion résumera les résultats de l'analyse.

Description de la machine :

Voici la machine qui a causé la mort du travailleur. Il s'agit d'une machine comprenant deux lignes de bobinage identique.

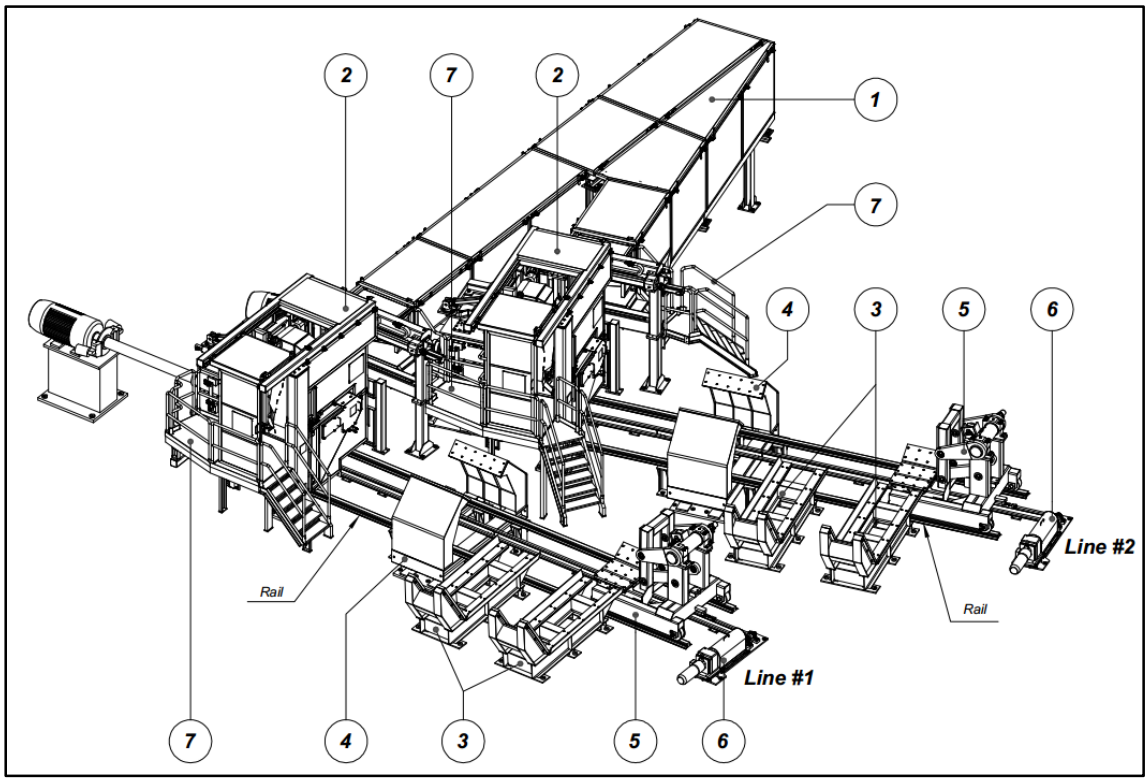

Image 1 : Bobineurs et équipements de service

1 - Ligne transporteur ;
2 - Bobineur ;
3 - Selle de stockage du rouleau ;
4 - Pont-bascule de pesage du rouleau ;
5 - Culbuteur du rouleau ;
6 - Appareil de commande du culbuteur du rouleau ;
7 - Passerelle.

Voici une image du bobineur A.

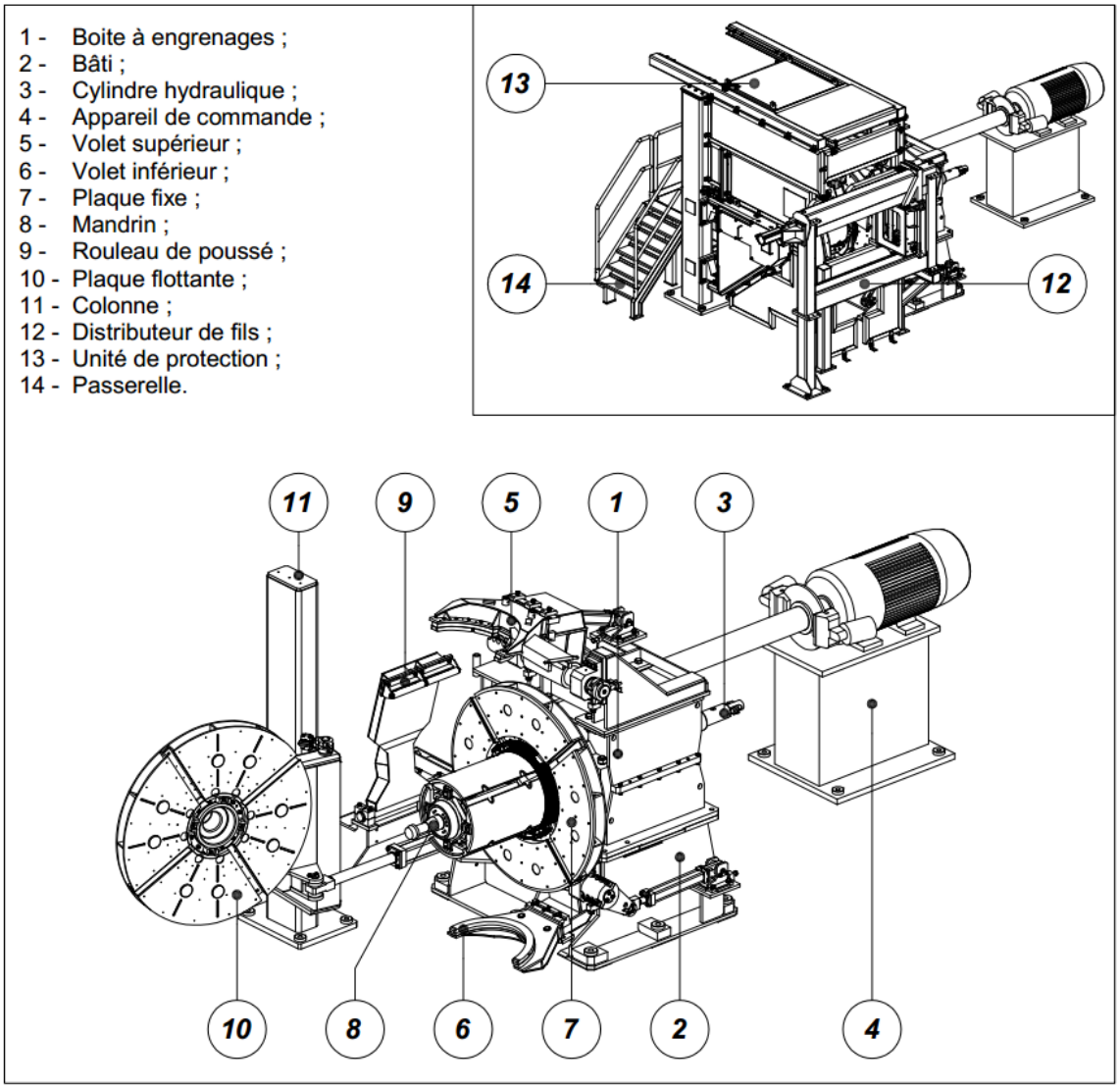

Image 2 : Unité bobineur

Dans ce rapport, des termes anglais sont utilisées. Voici leur traduction :

Spooler A : Bobineur A
Upper flap : Volet supérieur
Car : Pont-bascule de pesage du rouleau
Floating plate : Plaque flottante
Photocell : Capteur photoélectrique
Offset : Décalage

2.0 Résultat de l'analyse

Cette section explique par écrit ce qui a causé l'accident, les détails techniques sont expliqués dans la section 3.0.

Pour activer la descente du « upper flap », il y a deux possibilités. La première est qu'il y ait une demande provenant du mode automatique de la machine. La deuxième est une demande en mode manuel provenant de l'opérateur situé à la station de commande. Le « spooler A » ne peut pas se trouver en mode automatique et en mode manuel de façon simultanée (Voir section 3.3.1).

L'analyse des vitesses du « upper flap » lors de l'accident démontrera que le « spooler A » se trouvait en mode automatique lors de l'accident. Ensuite, l'analyse du programme, de la vidéo et de la base de données prouvera que la descente du « spooler A » a été activée par une « photocell » nommée « PH2 ».

2.1 Analyse des commandes de vitesse du « upper flap » lors de l'accident

Le graphique présentant les commandes de vitesse de déplacement du « upper flap » est accessible à partir de la base de données. En comparant les vitesses auxquels les actions se sont produites avec les vitesses d'opération du mode automatique et du mode manuel pour la descente et la remonté du « upper flap », on constate que ce dernier a descendu en mode automatique et a remonté en mode manuel. En effet, en automatique, la vitesse varie selon une séquence prédéfinie tandis qu'en manuel, la vitesse est fixe à 30% (voir section 3.2).

Puisque la descente du « upper flap » s'est produite en mode automatique, il est donc inutile d'analyser le mode manuel.

2.2 Analyse du mode automatique

Pour qu'il y ait une demande de descente du « upper flap » en mode automatique, il y a cinq conditions (voir section 3.3.2) :

1- Le « spooler A » doit se trouver à la phase 0 OU à la phase 7 du programme
2- Il ne doit pas y avoir présence de matériel au « spooler A »
3- Le « car » doit être en position intermédiaire OU le « car » doit être dans une position qui ne dérange pas le travail du « spooler A » OU la « floating plate » doit être en position fermée.
4- L'état de la zone doit être en mode automatique
5- Les mouvements automatiques doivent être autorisés

2.2.1 Première condition

Afin de déterminer à quelle phase la machine se trouvait, il faut se servir de la base de données. Puisque la phase de la machine est enregistrée dans la base de données, on constate que la machine se trouvait belle et bien à la phase 0 lors de l'accident (voir section 3.3.2.1).

2.2.2 Deuxième condition

Une des possibilités qui indique à la machine qu'il n'y a pas de matériel au « spooler A » est la phase 0 de la machine. Donc, puisqu'on sait que la machine était bien à la phase 0, il n'y avait donc pas de matériel au « spooler A » (voir section 3.3.2.2). De plus, on constate que sur la vidéo, il n'y a pas de matériel sur la ligne de production lors de l'accident.

2.2.3 Troisième condition

Pour la troisième condition, il y a trois possibilités. Une d'entre elle est que la « floating plate » soit en position fermée. La « floating plate » est la porte qui s'ouvre pour laisser passer la bobine de tige de métal lorsque celle-ci est prête. Dans la vidéo, on voit que cette porte est belle et bien fermée lors de l'accident (voir section 3.3.2.3).

2.2.4 Quatrième condition

Pour que la zone soit en mode automatique, il y a quatre conditions:

- Le « spooler A » peut être à la phase 0
- La machine ne doit pas être en arrêt d'urgence
- La condition « Spooler line A immobilized » doit être activée
- Il doit y avoir du matériel sur la ligne A

On sait déjà que la machine se trouvait à la phase 0 lors de l'accident. Aucune archive de la base de données ne démontre que la machine n'était pas en arrêt d'urgence et qu'elle était à l'état « immobilisé ». Par contre, puisqu'il a déjà été démontré que la machine se trouvait en mode automatique lors de l'accident, ces deux conditions devaient obligatoirement être actives pour que le « upper flap » descende (en programmation, lorsqu'on dit qu'une condition est « active », cela veut dire qu'elle laisse passer le signal jusqu'à la prochaine condition/action).

Pour la dernière condition, ce qui a activé la présence de matériel sur la ligne A est une « photocell » appelée « PH2 » que l'on peut voir dans la base de données.

Ce que l'on peut également remarquer en étudiant le programme, c'est que n'importe quel détection de matériel, peu importe l'endroit sur la ligne de production, aurait activée la condition de présence de matériel (voir section 3.3.2.4).

2.2.5 Cinquième condition

Pour autoriser les mouvements en mode automatique, il y a six conditions :

- La condition « No interlock mode » ne doit pas être activée
- Il ne doit pas y avoir une erreur d'interrupteur
- Il doit y avoir assez de pompes hydrauliques en fonction
- La machine ne doit pas être barrée
- La ligne A ne doit pas être en mode arrêt rapide
- Il ne doit pas y avoir d'arrêt d'urgence sur la machine

Pour la première condition, on constate dans l'enregistreur d'évènements que la condition « No interlock mode » a été activé seulement à 13:17:17. Aucune archive de la base de données ne démontre que les cinq autres conditions étaient active. Par contre, puisqu'il a déjà été démontré que la machine se trouvait en mode automatique lors de l'accident, ces conditions devaient donc obligatoirement être actives pour que le « upper flap » descende (voir section 3.3.2.5).

3.0 Justifications techniques

Cette section décrit avec tous les détails techniques ce qui a été démontré dans la section 2 de cette analyse.

3.1 Écart de temps entre l'horloge de la base de données et l'horloge de la vidéo

Dans ce rapport, afin de prouver certaines conditions nécessaires à la descente du « upper flap », on vérifie à quelle heure se sont produits des changements d'état dans l'automate ainsi que le mouvement de pièce du « spooler A » dans la vidéo. C'est pour cette raison qu'il est important de savoir qu'il existe un écart de temps entre l'horloge de la vidéo ainsi que celle de la base de données. Pour déterminer l'écart entre les deux horloges, les heures de la descente et la montée du « upper flap » ont été utilisées comme référence.

Sur la vidéo, on voit que le « upper flap » commence à descendre à 13:08:46 et commence à remonter à 13:09:06. Il y a donc un écart de 20 secondes entre les deux évènements.

On constate sur l'image 3, à la page 11, la consigne de vitesse qui est donnée au « upper flap ». Cette image provient de la base de données. On peut tout d'abord remarquer qu'il

y a un « offset » de 1 attribué à cette consigne. Cet « offset » est appliqué seulement à l'intérieur de la base de données, il n'existe pas à l'intérieur de l'automate. Cela signifie simplement que lorsque l'automate envoie une valeur à la base de données, cette dernière lui ajoute 1. Ce qu'il faut comprendre, c'est que lorsqu'il est écrit, par exemple, la valeur « 1 » dans la base de données, la valeur réelle dans l'automate est « 0 ».

Pour le « upper flap », une consigne de vitesse positive signifie qu'il descend et une consigne de vitesse négative signifie qu'il monte. On peut maintenant constater que le « upper flap » reçoit une consigne de descente à 13:06:19 (flèche rouge) et une consigne pour monter à 13:06:39 (flèche jaune). Il y a donc un écart de 20 secondes entre les deux évènements.

On peut donc conclure qu'il s'agit du même évènement puisque l'écart entre la descente et la monté dans les deux cas est le même. On peut également conclure que l'horloge de la vidéo a une avance de 2 minutes et 27 secondes sur l'horloge de la base de données. On peut aussi conclure que l'accident s'est produit à 13:06:19, heure de la base de données.

Image 3 : Vitesse du « upper flap »

3.2 Analyse des commandes de vitesse du « upper flap » lors de l'accident

Voici comment s'est comportée la vitesse du « upper flap » lors de l'accident. Comme on peut le constater sur l'image 4, à la page suivante, la vitesse est passée à 30% pendant environ 500 ms (flèche et encadré rouge). La vitesse a ensuite été réduite à 20% pendant environ 18 secondes (flèche jaune). La vitesse est ensuite passée à 0% pendant environ 1 seconde (flèche violette). Elle est ensuite passé à -30% pendant environ 5 secondes avant de retourner à 0% (flèche bleu).

Lorsque la « photocell » a été détectée, le « upper flap » a commencé sa descente à une vitesse de 30%. Après 500 ms, il a réduit sa vitesse à 20%. Comme on peut le constater sur l'image 5, la vitesse de descente rapide automatique (UPPER_FLAP.AutoClose HighSpeed) est de 30% (3.0e+1). On peut aussi constater que la vitesse de descente lente automatique (UPPER_FLAP.AutoCloseLowSpeed) est de 20% (2.0e+1) et que la durée de vitesse rapide est de 500ms (UPPER_FLAP.AutoHighSpeed_CloseDurat). Puisque c'est exactement ce qui s'est passé, cela démontre hors de tout doute que la machine se trouvait en mode automatique lorsque le « upper flap » a descendu.

Si la machine avait fait monter le « upper flap » de façon automatique, la vitesse aurait été de -100% (-1.0e+2) pendant 1,3 secondes et aurait ensuite passé à -30% (-3.0e+1) pour finalement atteindre 0% une fois que le « upper flap » aurait atteint sa position ouverte. Mais puisqu'on peut constater sur l'image 4, à la page suivante, que la vitesse est passée directement de 0% à -30%, cela démontre hors de tout doute que l'opérateur a fait une demande d'ouverture de la machine de façon manuelle pour faire monter le « upper flap ».

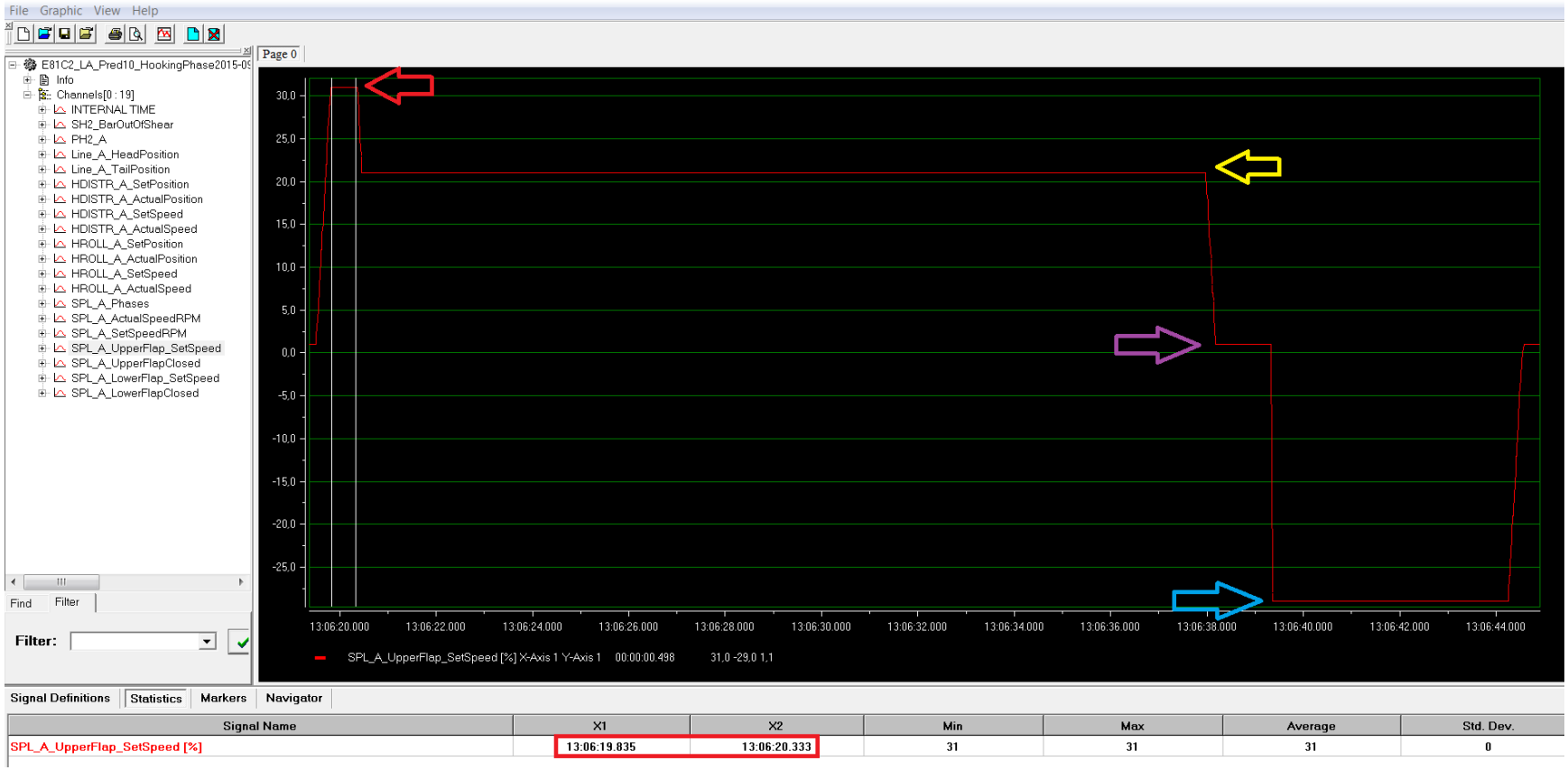

Image 4 : Analyse de la vitesse lors de l'accident

		Initial value	Actual value	
UPPER_FLAP.JogSpeed	REAL	-1.000000e+00	-2.000000e+001	Jog Speed [%] - VERY SLOW (WITHOUT ANY INTERLOCKS)
UPPER_FLAP.ManualSpeed	REAL	-3.000000e+00	-3.000000e+001	Manual movement Speed [%]
UPPER_FLAP.AutoOpenHighSpeed	REAL	-1.000000e+00	-1.000000e+002	Automatic Opening High speed [%]
UPPER_FLAP.AutoOpenLowSpeed	REAL	-3.000000e+00	-3.000000e+001	Automatic Opening Low speed [%]
UPPER_FLAP.MaintOpenSpeed	REAL	-2.000000e+00	-2.000000e+001	Speed to keep Open Position [%]
UPPER_FLAP.AutoHighSpeed_OpenDurat	DINT	L#800	L#1300	Duration for high speed during flap opening [msec]
UPPER_FLAP.AutoCloseHighSpeed	REAL	3.000000e+001	3.000000e+001	Automatic Closing High speed [%]
UPPER_FLAP.AutoCloseLowSpeed	REAL	2.000000e+001	2.000000e+001	Automatic Closing Low speed [%]
UPPER_FLAP.MaintCloseSpeed	REAL	2.000000e+001	2.000000e+001	Speed to keep Close Position [%]
UPPER_FLAP.AutoHighSpeed_CloseDurat	DINT	L#800	L#500	Duration for high speed during flap closing [msec]

Image 5 : Vitesse et durée programmés du « upper flap »

3.3 Analyse du programme

Le programme qui a été utilisé pour cette analyse est en fait une petite partie de tout le programme servant à contrôler le « spooler A ». Cette partie se nomme « Spooler line A : Upper flap management ». Il s'agit du sous-programme FC1223 du programme E81C2_Sural. NEKSYS s'est assuré que le programme utilisé pour l'analyse est celui qui était à l'intérieur de l'automate lors de sa visite sur les lieux le 10 septembre 2015. Pour cette analyse, le programme a été imprimé en version PDF.

3.3.1 Commande de descente du « upper flap »

Sur l'image 6, à la page suivante (page 35 du PDF FC1223), on peut constater la commande de descente du « upper flap ». Pour que cette commande soit donnée au « upper flap », il y a deux possibilités. La première est que la référence de vitesse soit autorisé (Reference Unlock (SetSpeed<>0)) et qu'il y ait une demande de descente en mode manuel (Manual Closing request). La deuxième est que la référence de vitesse soit autorisé (Reference Unlock (SetSpeed<>0)) et qu'il y ait une demande de descente en mode automatique (Automatic Closing request).

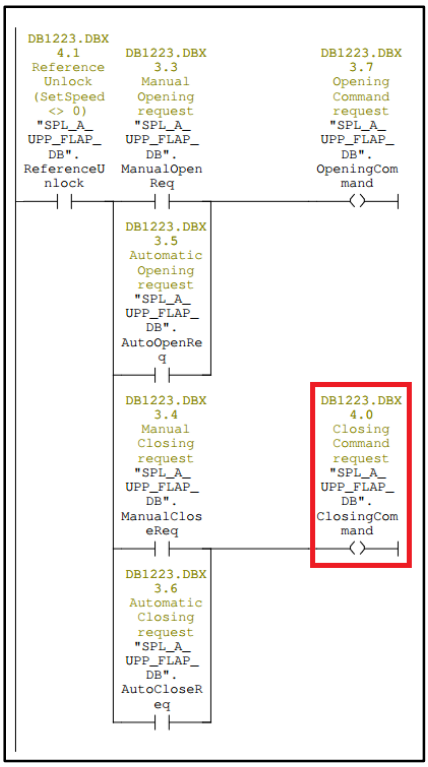

Image 6 : Commande de descente du « upper flap »

Les deux possibilités possèdent une condition commune soit l'autorisation d'utiliser la référence de vitesse. Sur l'image 8, à la page suivante (page 32 du PDF FC1223), on constate qu'il y a deux possibilités pour que cette condition soit active. La première est que la référence de vitesse soit différente de zéro (Set speed ramped – Reference speed for valve [%]). La deuxième est que la vitesse désirée soit différente de zéro (Ramp target speed [%]).

Sur l'image 7 (page 20 du PDF1223), on constate que l'une des permissives du mode manuel est que la zone ne soit pas en mode automatique, donc le mode automatique et le mode manuel ne peuvent pas être actifs en même temps.

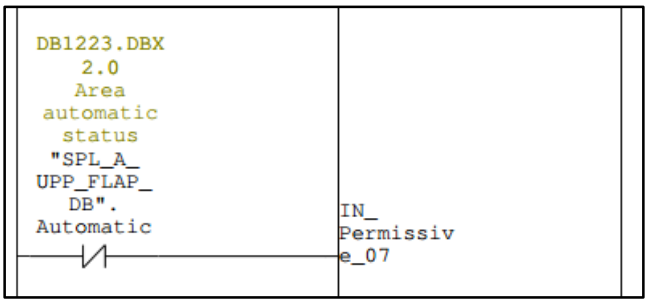

Image 7 : Permissive no.7 du mode manuel

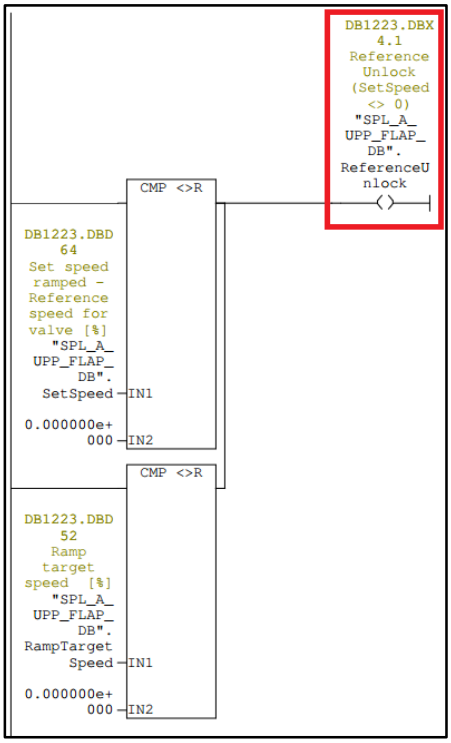

Image 8 : Autorisation d'utiliser la référence de vitesse

Sur l'image 4, à la page 13, on peut constater que la première condition était bel et bien active au moment de l'accident puisque la référence de vitesse était différente de zéro. Il faut comprendre ici que « l'offset » de 1 que l'on voit sur l'image 1 est un « offset » existant uniquement dans la base de données et non dans le programme du « upper flap ».

On peut donc conclure que la condition commune aux deux possibilités servant à ordonner au « upper flap » de descendre était bel et bien active.

3.3.2 Analyse du mode automatique

Le mode automatique sera étudié en premier, puisqu'il s'agit de la cause la plus probable de l'accident,

Sur l'image 9, à la page suivante (page 24 du PDF FC1223), on peut constater les conditions d'activation de la demande de descente du « upper flap ». Voici la liste des conditions :

1- Le « spooler A » doit se trouver à la phase 0 (Spooler line A: Overspeed (Phase 0)) <u>OU</u> à la phase 7 (Spooler line A: Spooler preparation (Phase7))
2- Il ne doit pas y avoir de matériel au « spooler A » (Spooler line A: Material presence)

3- Le « car » doit être en position intermédiaire (Manipulator line A: Car in intermediate position) OU le « car » doit être dans une position qui ne dérange pas le travail du « spooler A » (Manipulator line A: Car over intermediate position (out of interf. With spooler)) OU la « floating plate » doit être en position fermée (Spooler line A: Floating plate closed).
4- L'état de la zone doit être en mode automatique (Area automatic status)
5- Les mouvements automatiques doivent être autorisés (Automatic movement is permitted)

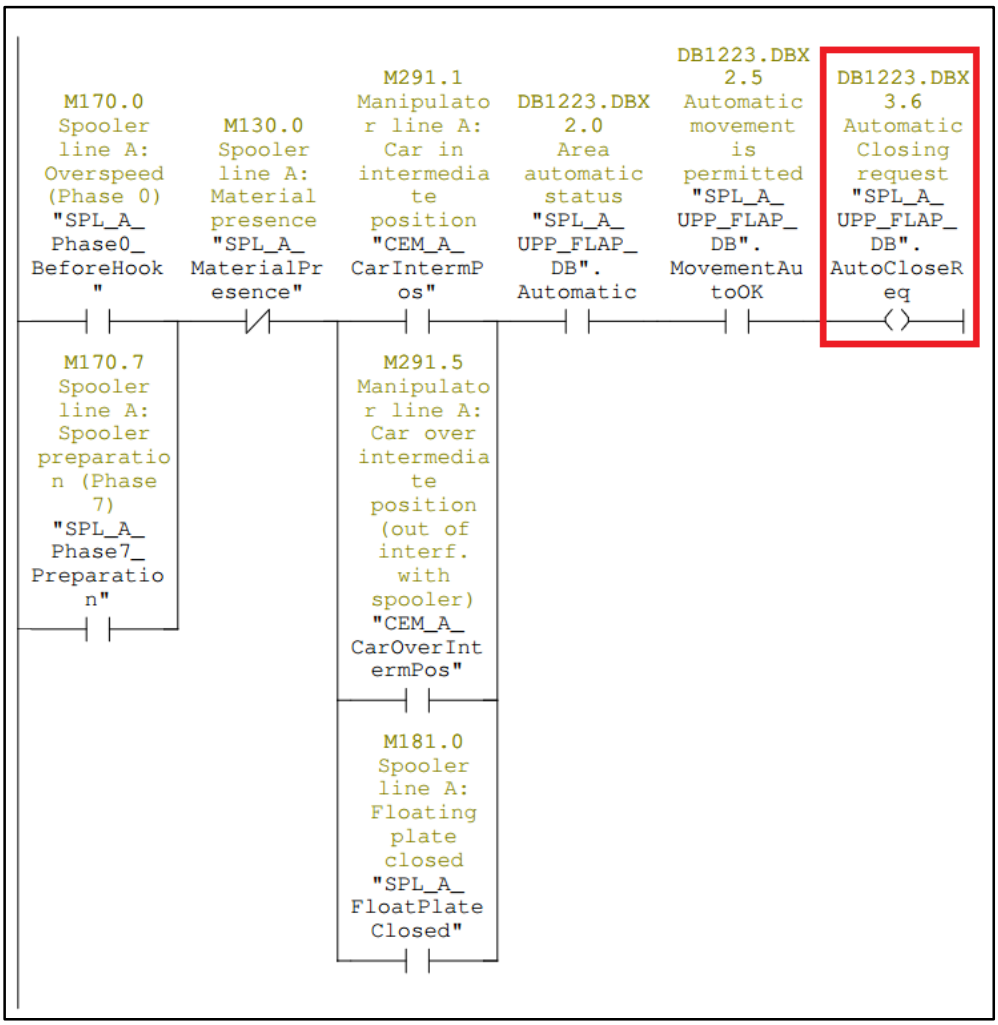

Image 9 : Demande de descente en mode automatique

3.3.2.1 Première condition

Comme on peut le constater sur l'image 10, le « spooler A » était à la phase 0 lors de l'accident.

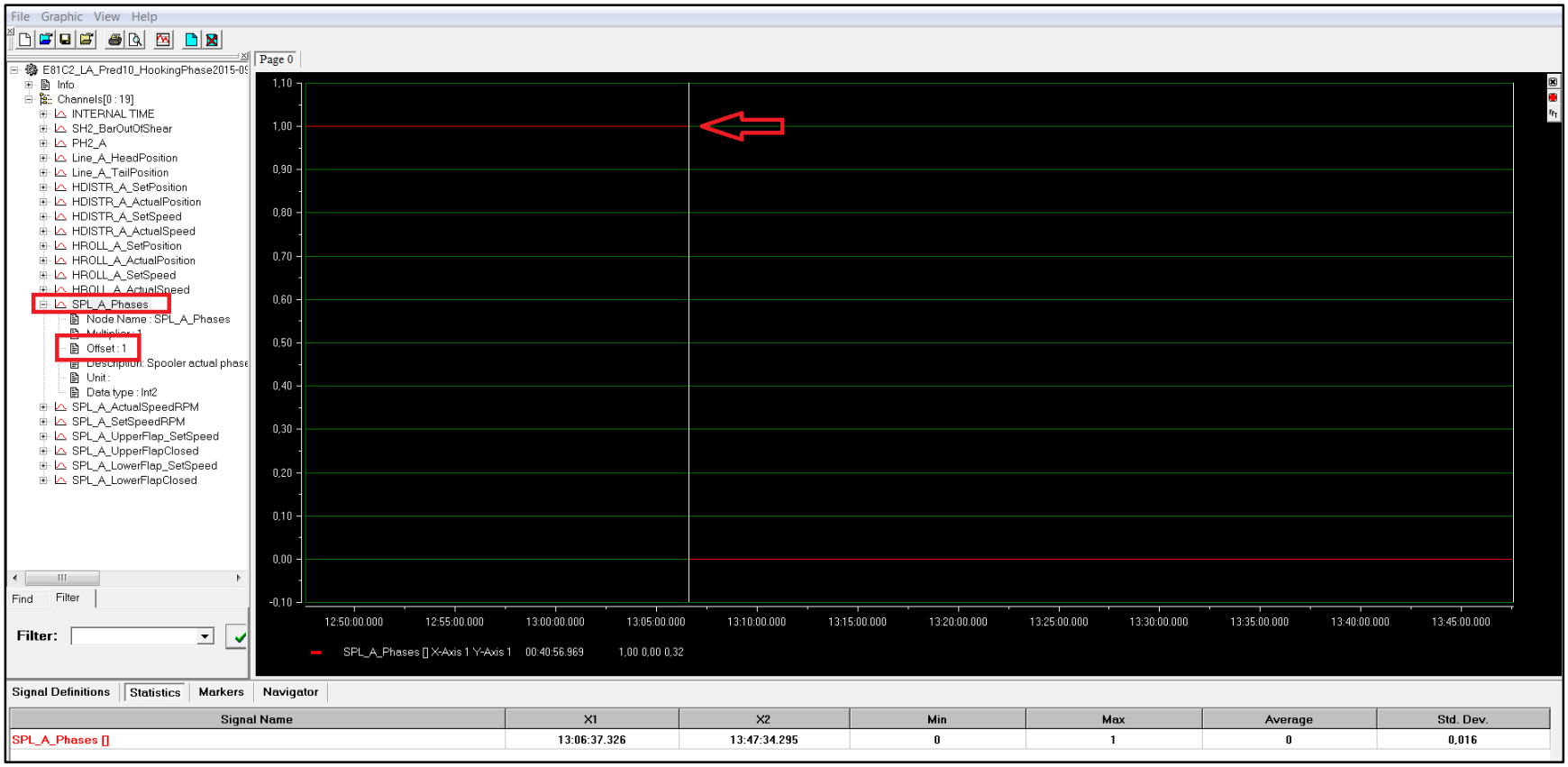

Image 10 : Phase du « spooler A »

On peut remarquer qu'il y a également un « offset » de 1 attribué à cette consigne. Cela veut dire que la phase 0 du « spooler A » est représentée par la valeur 1 dans la base de données. Puisque la valeur dans la base de données était à 1 à 13:06:19 (heure de l'accident), on constate que le « spooler A » était à la phase 0, donc la première condition permettait la descente en mode automatique. On peut aussi constater qu'à partir de 13:06:37, la phase passe à -1.

3.3.2.2 Deuxième condition

Pour la deuxième condition, plusieurs choses activent et désactivent la présence de matériel. Par contre, en regardant à la deuxième ligne de l'image 11 (page 11 du PDF FC1216) et à la deuxième ligne de l'image 12, à la page suivante (page 13 du PDF FC1216), on peut constater que la phase 0 du « spooler A » désactive la présence de matériel.

Image 11 : Activation et désactivation de la présence de matériel partie 1

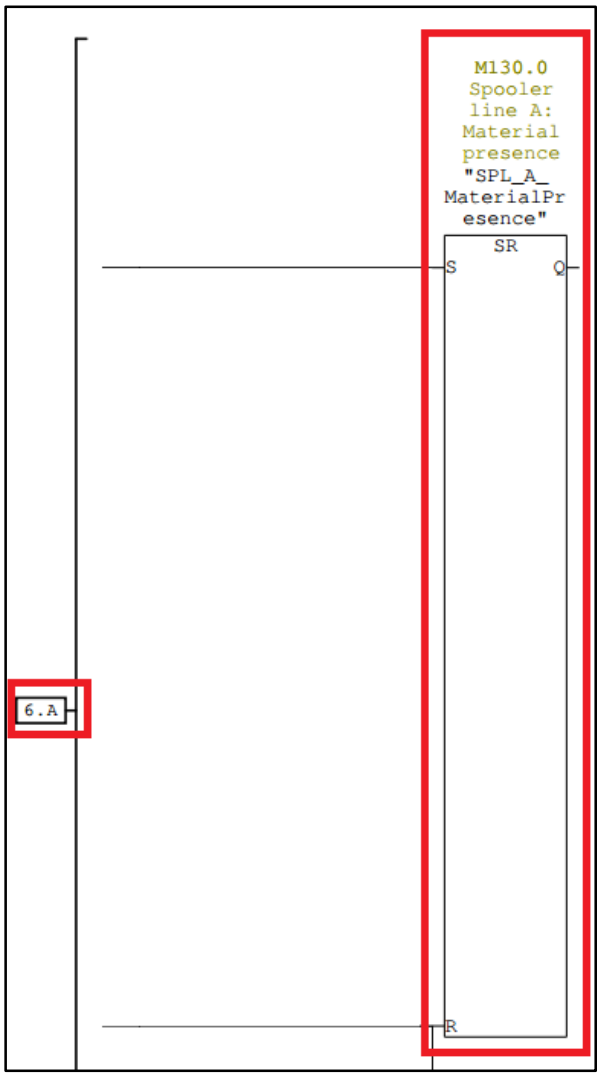

Image 12 : Activation et désactivation de la présence de matériel partie 2

Ce qu'il faut comprendre ici c'est que l'entrée R du bloc de l'image 12 veut dire « reset » ce qui désactive le registre du bloc, dans ce cas-ci, le registre est la présence de matériel. Puisqu'il a déjà été démontré que le « spooler A » était bel et bien à la phase 0 lors de l'accident, on peut donc constater que la deuxième condition permettait la descente du « upper flap » en mode automatique.

3.3.2.3 Troisième condition

Pour la troisième condition, il y a trois possibilités. Une d'entre elles est que la « floating plate » soit en position fermée. La « floating plate » est la porte qui s'ouvre pour laisser passer la bobine de tige de métal lorsque celle-ci est prête. Dans la vidéo, on voit que la fermeture de la porte débute à 13:05:54 et se ferme à 13:05:59. La porte reste fermée

jusqu'au moment de l'accident. On constate donc que la troisième condition permettait aussi la descente du « upper flap » en mode automatique.

3.3.2.4 Quatrième condition

Pour la quatrième condition, l'état de la zone doit être en mode automatique. Sur l'image 13 (page 2 du PDF FC1223), on peut constater qu'il y a une seule condition pour que la zone soit en mode automatique (Area automatic status). Cette condition est que la zone de la machine doit être en mode automatique (Machine area automatic status).

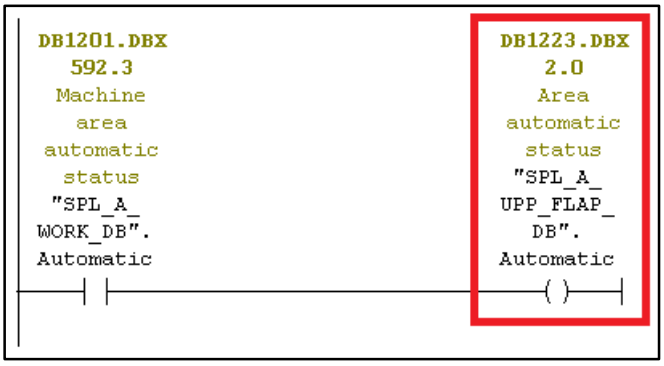

Image 13 : État automatique de la zone

Sur l'image 14 (page 6 du PDF FC1201), on peut constater qu'il y a encore une fois une seule condition pour que la zone de la machine soit en mode automatique (Machine area automatic status). Cette condition est que la ligne A soit en mode automatique (Line A: Automatic mode (0=Man, 1= Auto)).

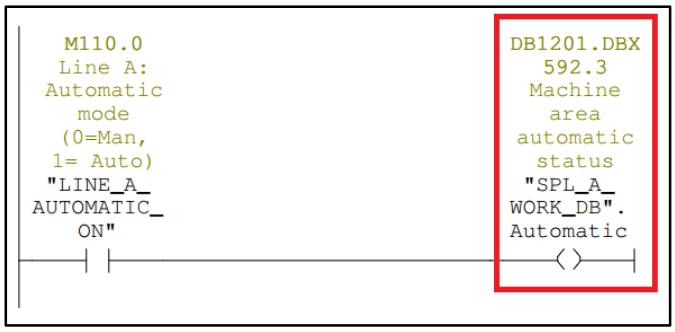

Image 14 : État automatique de la machine

Pour activer le mode automatique de la ligne A, il y a plusieurs conditions. Sur l'image 15, à la page suivante (page 17 du PDF FC1216), on peut constater qu'une des conditions est que le « spooler A » soit à la phase 0. Il a déjà été démontré que la machine était à la phase 0 lors de l'accident. Cette condition est donc active. Aucune archive de la base de données ne démontre que les autres conditions étaient actives. Par contre, puisqu'il a déjà été démontré que la machine se trouvait en mode automatique lors de l'accident, ces

deux conditions devaient obligatoirement être actives pour que le « upper flap » descende.

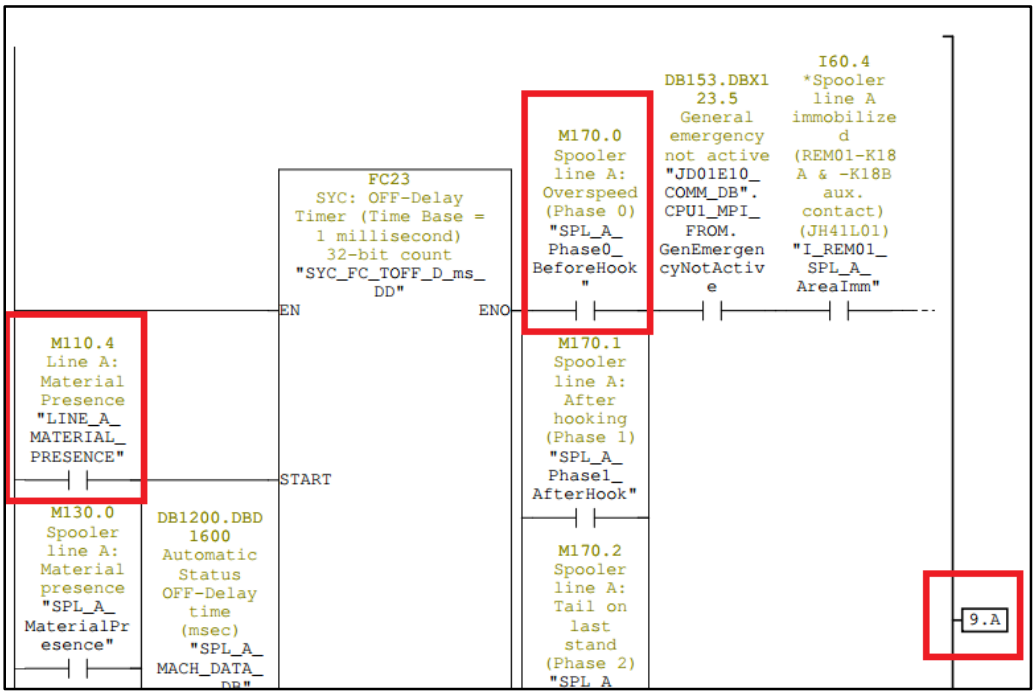

Image 15 : Conditions pour mode automatique de la ligne A

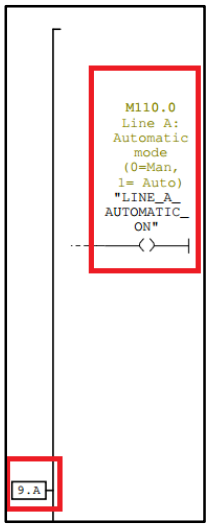

Image 16 : Mode automatique de la ligne A

Une des possibilités pour activer le mode automatique est qu'il doit y avoir présence de matériel sur la ligne A (Line A : Material Presence). Sur l'image 17 (page 15 du PDF FC1216), on peut constater les conditions qui activent la présence de matériel sur la ligne A (Line A : Material Presence).

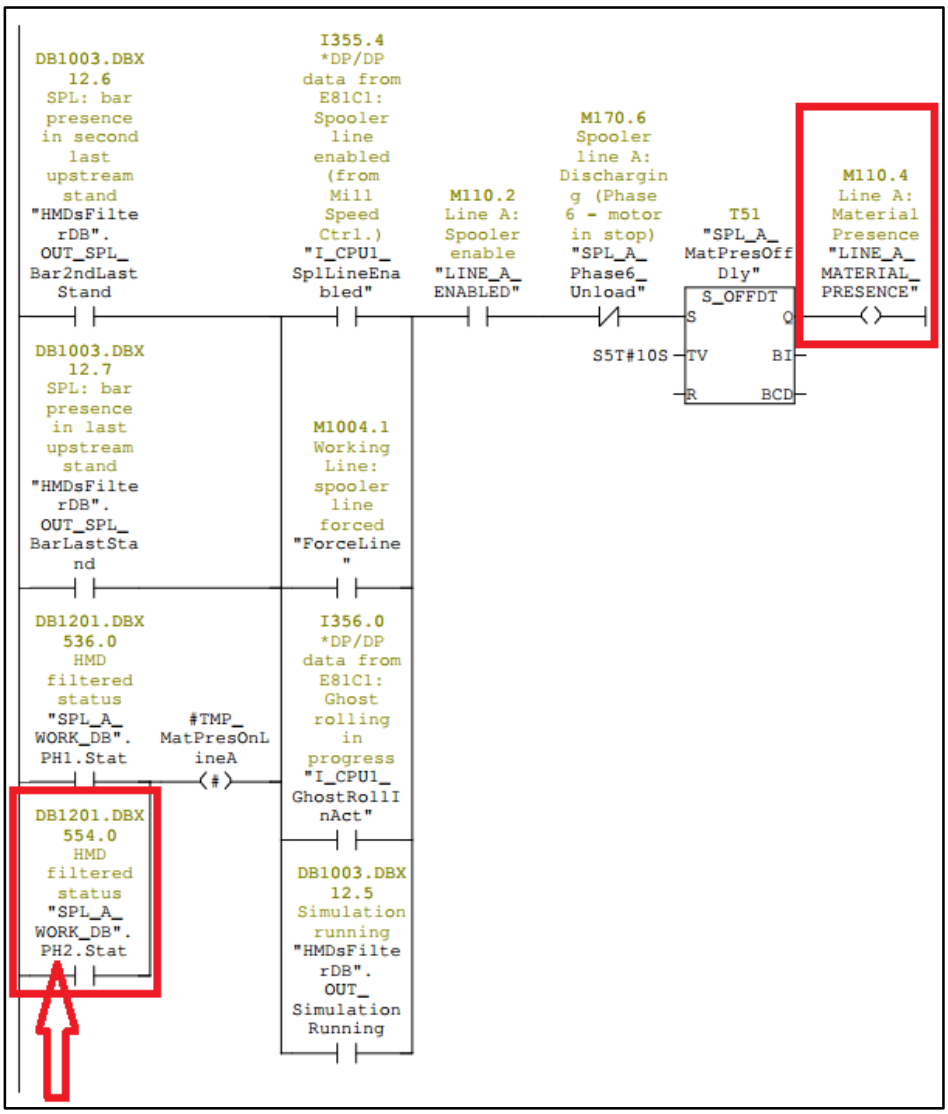

Image 17 : Présence de matériel sur la ligne A

Une de ces conditions est que la « photocell » PH2 (flèche rouge) soit active. Sur l'image 18, à la page suivante, on peut constater dans la base de données que la « photocell » PH2 a été activé à 13:06:19 (heure de l'accident selon l'horloge de la base de données).

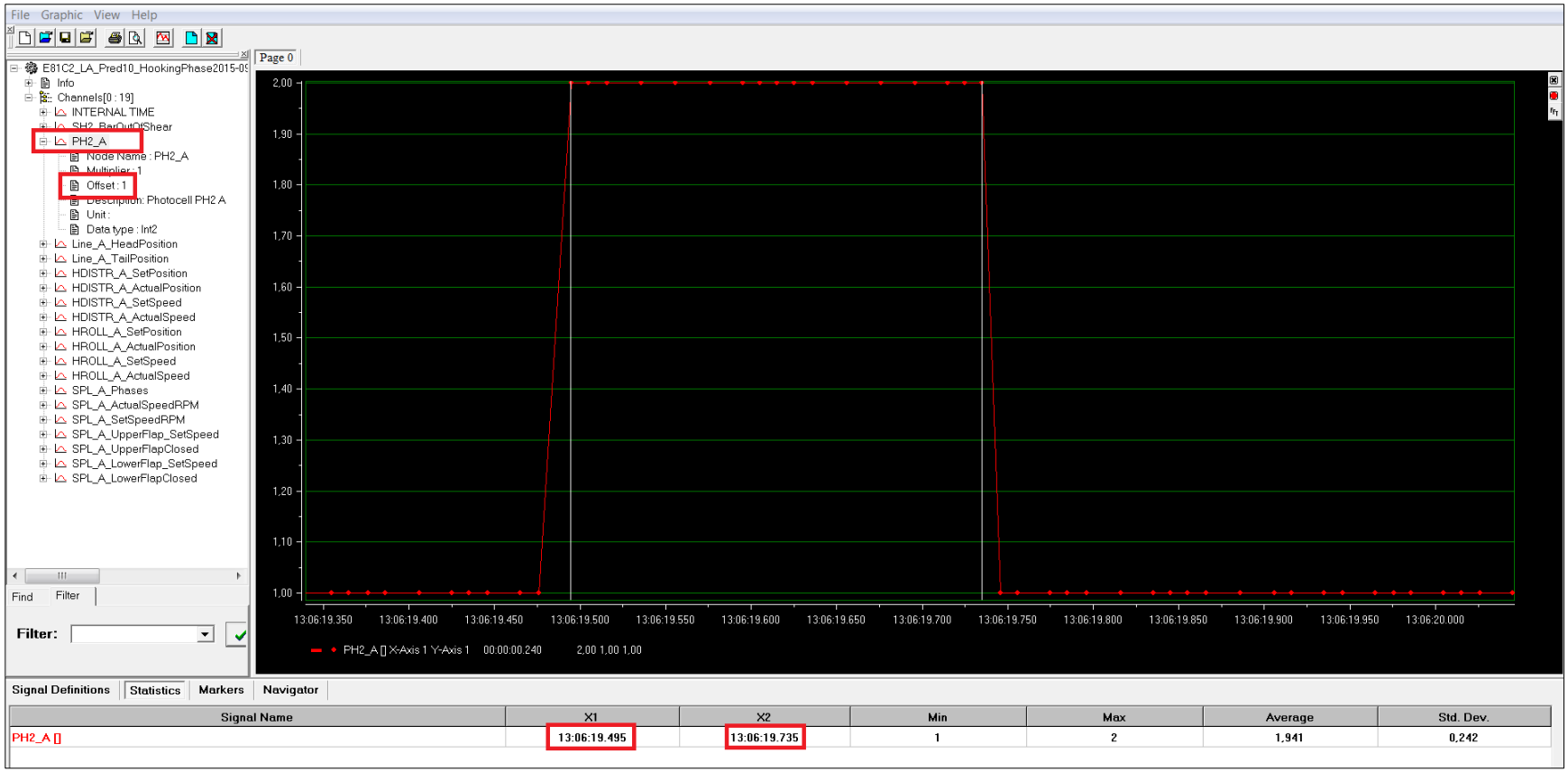

Image 18 : État de la « Photocell » PH2 lors de l'accident

On peut constater qu'il y a également un « offset » de 1 attribué à ce signal. Donc ce que l'on doit lire sur cette image c'est que la « photocell » est à l'état 1 pendant 240 ms. Puisqu'il a été prouvé que la machine se trouvait à la phase 0 lors de l'accident, elle n'est donc pas à la phase 6, ce qui prouve que la condition « Spooler line A : Discharging (Phase 6 – motor in stop) » était active.

Aucune archive de la base de données ne démontre que les autres conditions étaient actives. Par contre, puisqu'il a déjà été démontré que la machine se trouvait en mode automatique lors de l'accident, ces autres conditions devaient obligatoirement être actives pour que le « upper flap » descende.

Le temporisateur T51 fonctionne comme suit; sa sortie Q s'active lorsque son entrée S est activée et quand son temporisateur est en marche. Donc, puisque toutes les conditions requises pour que son entrée S s'active étaient actives, sa sortie Q s'est également activée, le registre « Line A Material Presence » s'est donc activé.

On peut constater sur l'image 19 (page 17 du PDF FC1216) que peu importe où sur la ligne de production A (voir encadré rouge), s'il y avait eu une détection de présence de matériel, la quatrième condition pour la descente du « upper flap » aurait été active. Par contre, lors de l'accident, il a déjà été démontré que c'est M110.4 qui s'est activé à cause de la « photocell » PH2 lors de l'accident.

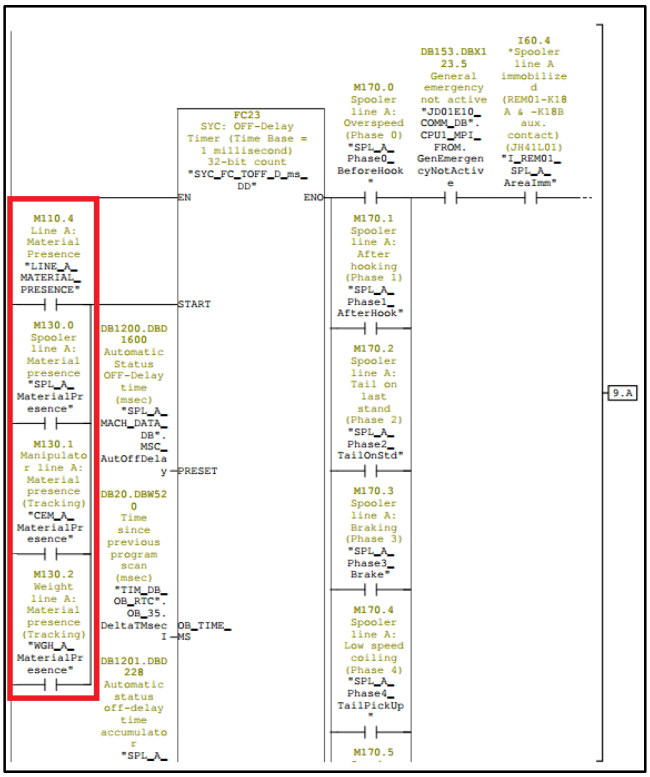

Image 19 : Condition pour activation de la détection de présence de matériel

Comme on peut le voir sur l'image 20, la « photocell » PH2 se trouve à la limite de la ligne transporteur (point 1 sur l'image 1 à page 5) et de la passerelle (point 7 de l'image 1 à la page 5).

Image 20 : Emplacement de la « photocell » PH2

3.3.2.5 Cinquième condition

Pour la dernière condition, sur l'image 21 (page 4 du PDF FC1223), on peut constater les conditions pour que le mouvement automatique soit autorisé (Automatic movement is permitted).

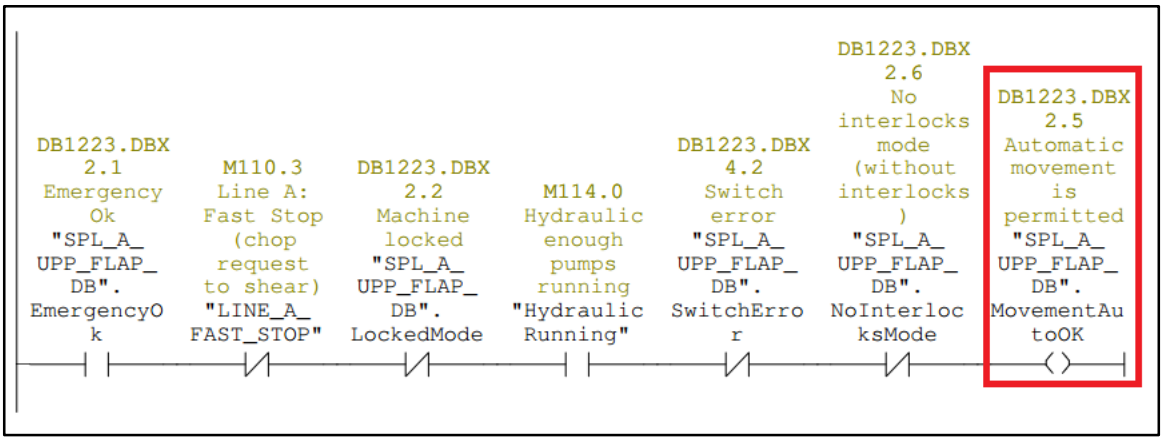

Image 21 : Les mouvements automatiques sont autorisés.

Sur l'image 22, à la page suivante, on peut constater que le registre mode sans interlock (No interlocks mode (without interlocks)) ne s'est pas activé avant 13:17:17, soit après l'accident. Puisque le registre n'était pas actif lors de l'accident, la condition mode sans interlock (No interlocks mode (without interlocks)) était active.

TimeLCT	State	Group	AlarmComment	Name	Priority	Value
09/03/15 1:17:50		GrpMex_Ar...	Mill and Spooler Lines Hydraulic unit:Start	E20_HYD1_BC_STA	900	ON
09/03/15 1:17:48		GrpMex_Ar...	Mill and Spooler Lines Hydraulic unit:Recirculation pump start	E20_HYD1_BC_RC_STA	900	OFF
09/03/15 1:17:47		GrpMex_Ar...	Mill and Spooler Lines Hydraulic unit:Recirculation pump start	E20_HYD1_BC_RC_STA	900	ON
09/03/15 1:17:18		GrpMex_Ar...	Spooler line A:No interlock mode	E81C2_SPL_A_BC_USDEF01	900	OFF
09/03/15 1:17:17		GrpMex_Ar...	Spooler line A:No interlock mode	E81C2_SPL_A_BC_USDEF01	900	ON
09/03/15 1:16:29		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_RHV_WR_FLT_CODE	902	0
09/03/15 1:16:29		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_MHH_WR_FLT_CODE	902	0
09/03/15 1:16:29		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_MHV_WR_FLT_CODE	902	0
09/03/15 1:16:29		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_MHS_WR_FLT_CODE	902	0
09/03/15 1:16:29		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_LHS_WR_FLT_CODE	902	0
09/03/15 1:16:29		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_LHV_WR_FLT_CODE	902	0
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Pinchroll at shear 2:Drive fault code	E81C1_SH2_PR_WR_FLT_C...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Dividing shear 2:Drive fault code	E81C1_SH2_WR_FLT_CODE	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Crop shear 3:Drive fault code	E81C1_SH3_WR_FLT_CODE	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Pinchroll at shear 1:Drive fault code	E81C1_SH1_PR_WR_FLT_C...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Shear 1:Drive fault code	E81C1_SH1_WR_FLT_CODE	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E81C2_CEM_B_WR_CAR_F...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E81C2_CEM_A_WR_CAR_F...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E81C2_HDISTR_B_WR_FLT...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E81C2_HROLL_B_WR_FLT_...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E81C2_SPL_B_WR_FLT_CO...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E81C2_HDISTR_A_WR_FLT...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E81C2_HROLL_A_WR_FLT_...	902	7850
09/03/15 1:07:04		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E81C2_SPL_A_WR_FLT_CO...	902	7850
09/03/15 1:07:03		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_RHV_WR_FLT_CODE	902	7850
09/03/15 1:07:03		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_RHS_WR_FLT_CODE	902	7850
09/03/15 1:07:03		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_MHS_WR_FLT_CODE	902	7850
09/03/15 1:07:03		GrpMex_Ar...	Drive fault code	E41_LHV_WR_FLT_CODE	902	7850

Image 22 : Enregistreur d'évènements

Aucune archive de la base de données ne démontre que les autres conditions étaient actives. Par contre, puisqu'il a déjà été démontré que la machine se trouvait en mode automatique lors de l'accident, ces autres conditions devaient obligatoirement être actives pour que le « upper flap » descende.

4.0 Conclusion

Il est maintenant possible de conclure que le mouvement de descente du « upper flap » a bel et bien été activé via le mode automatique. L'élément déclencheur a été la détection d'un objet par la « photocell » PH2 à 13:06:19 (heure de la base de données).

Patrick Beaudet, ing. jr

ANNEXE D

Références bibliographiques

- QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, c. S-2.1, à jour au 1er décembre 2015*, [En ligne], 2015. [http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S_2_1/S2_1.html] (Consulté le 10 décembre 2015).

- QUÉBEC. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, c. S-2.1, r.13, à jour au 1er décembre 2015*, [En ligne], 2015. [http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R13.HTM] (Consulté le 10 décembre 2015).

- SCHMITT, K.U., P. NIEDER, et F. WALZ. *Trauma biomechanics : introduction to accidental injury*, Berlin, Springer-Verlag, 2004, ix, 173 p.