

EN004016

RAPPORT D'ENQUÊTE
Version dépersonnalisée

**Explosion survenue le 8 novembre 2012 à l'entreprise
Neptune Technologies et Bioressources inc.
795, rue Pépin à Sherbrooke**

Direction régionale de Sherbrooke

Inspecteurs :

Robert Beaudette

Johanne Marquis, ing.

Date du rapport : 8 mai 2014

Rapport distribué à :

- M. A, Neptune Technologies et Bioressources inc.
- Comité de santé et de sécurité, Neptune Technologies et Bioressources inc.
- M. B, Neptune Technologies et Bioressources inc.
- Dr Louis Normandin, coroner
- Dre Mélissa Généreux, directrice de la santé publique et de l'évaluation de l'Estrie

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Usine de Neptune à la suite de l'explosion et de l'incendie	page 1
Figure 2	Organigramme de Neptune Technologies et Bioressources inc.	page 3
Figure 3	Localisation de l'usine Neptune dans le Technoparc de Sherbrooke	page 5
Figure 4	Bâtiment d'origine tel qu'il apparaîait en 2011	page 6
Figure 5	Croquis des installations fonctionnelles au 8 novembre 2012	page 6
Figure 6	Diagramme fonctionnel du secteur extraction	page 8
Figure 7	Dommmages au bâtiment suite à la déflagration	page 11
Figure 8	Emplacement des corps des travailleurs retrouvés	page 12
Figure 9	Emplacement de l'écoulement et de la déflagration d'origine	page 16
Figure 10	Traces d'acétone sur le mur du corridor de production	page 17
Figure 11	Dommmages liés à la déflagration au rez-de-chaussée	page 17
Figure 12	Aluminium fondu à la structure de la mezzanine de la chambre froide	page 18
Figure 13	Salle de production, niveau rez-de-chaussée	page 19
Figure 14	Salle de production, niveau mezzanine	page 19
Figure 15	Portes menant à la mezzanine des broyeurs	page 20
Figure 16	Registre coupe-feu entre la mezzanine des broyeurs et la chambre froide	page 20
Figure 17	Mezzanine de la chambre froide	page 21
Figure 18	Tuyauterie des drains sous la mezzanine des broyeurs	page 22
Figure 19	Mezzanine des broyeurs après incendie et retrait des sections endommagées du bâtiment	page 23
Figure 20	Classification électrique (emplacements dangereux) des zones de l'usine	page 25
Figure 21	Schéma de principe du procédé d'extraction d'huile de krill	page 31
Figure 22	Emplacements des secteurs principaux du procédé	page 32
Figure 23	Principaux éléments reliés au réservoir de mélange 120-RES	page 34

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	<u>3</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE 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
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>5</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	5
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	7
<u>4</u>	<u>ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE</u>	<u>9</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	9
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	13
4.2.1	ACÉTONE	13
4.2.2	RÉGLEMENTATION ET NORMES APPLICABLES	13
4.2.3	FAITS RECUEILLIS RELATIVEMENT AUX CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	14
4.2.4	BÂTIMENT	18
4.2.5	PROCÉDÉ	31
4.2.6	INCIDENTS ANTÉRIEURS	42
4.2.7	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	46
4.3.	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	52
4.3.1.	LES MANQUEMENTS DANS LA CONCEPTION ET LE CONTRÔLE DU PROCÉDÉ ENTRAÎNENT UN DÉVERSEMENT D'ACÉTONE INCONTRÔLABLE LORS DU REDÉMARRAGE DES OPÉRATIONS.	52
4.3.2.	LA CLASSIFICATION ET LES AMÉNAGEMENTS DU BÂTIMENT SONT EN CONTRADICTION AVEC SON USAGE PRINCIPAL.	56
4.3.3.	LES DÉFICIENCES DANS LA GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ GÉNÈRENT DES SITUATIONS DANGEREUSES, NOTAMMENT LORS DE LA CONCEPTION OU DES MODIFICATIONS EFFECTUÉES PAR DES PERSONNES AYANT DES COMPÉTENCES INADÉQUATES.	59
	<u>CONCLUSION</u>	<u>63</u>
	CAUSES DE L'ACCIDENT	63
	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	63

ANNEXES

ANNEXE A :	Liste des accidentés	64
ANNEXE B :	Fiche technique de l'acétone	67
ANNEXE C :	Expertise sur l'acétone et autres matières dangereuses	97
ANNEXE D :	Expertise sur le bâtiment existant	121
ANNEXE E :	Expertise sur la programmation du système de contrôle	166
ANNEXE F :	Témoins rencontrés	222
ANNEXE G :	Références bibliographiques	225

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

Le 8 novembre 2012, lors du redémarrage de la production d'une usine d'extraction d'huile de krill à la suite d'un arrêt planifié, un déversement d'acétone utilisé dans le procédé se produit. L'acétone s'échappe de la zone de production vers un corridor adjacent, non aménagé pour recevoir de tels produits, et une déflagration s'en suit.

Conséquences

Trois travailleurs décèdent et 34 travailleurs subissent des lésions physiques ou psychologiques tandis que les installations sont une perte totale.



Figure 1 : Usine de Neptune à la suite de l'explosion et de l'incendie.

Abrégé des causes

- Les manquements dans la conception et le contrôle du procédé entraînent un déversement d'acétone incontrôlable lors du redémarrage des opérations.
- La classification et les aménagements du bâtiment sont en contradiction avec son usage principal.
- Les déficiences dans la gestion de la santé et de la sécurité génèrent des situations dangereuses, notamment lors de la conception ou des modifications effectuées par des personnes ayant des compétences inadéquates.

Mesures correctives

À la suite de cet accident, une décision interdisant l'accès aux bâtiments subsistants est émise (RAP9074391, 10 novembre 2012). L'accès partiel à certaines parties du bâtiment est autorisé (RAP0723255, 15 novembre 2012) après qu'une expertise ainsi qu'une attestation de solidité aient été produites par un ingénieur en structures. L'accès complet aux bâtiments est autorisé après que l'employeur nous ait fourni la documentation attestant que la structure restante avait été réparée et était sécuritaire pour les occupants.

Une interdiction de démarrage du procédé d'extraction d'huile de krill a aussi été émise (RAP0726306, 30 novembre 2012). En vertu de cette décision, l'employeur ne peut redémarrer ses activités de production que sous certaines conditions :

- S'assurer d'avoir identifié les causes ayant mené à la déflagration et avoir pris les mesures nécessaires pour les éliminer;
- Avoir procédé à une analyse des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs concernant le procédé qu'il prévoit mettre en place dans le nouveau bâtiment et pris les moyens pour éliminer ces risques;
- L'analyse de risques doit couvrir les éléments suivants :
 - les matières premières, les produits intermédiaires et finaux;
 - les sources d'énergie utilisées;
 - les équipements utilisés;
 - le plan d'implantation du site et des équipements;
 - l'environnement physique où se trouve le procédé;
 - les principales activités opérationnelles (production, essais, maintenance, etc.);
 - les interfaces entre les composantes du système.
- S'assurer que les travailleurs aient reçu la formation et l'information nécessaires pour travailler de façon sécuritaire en présence de matières dangereuses, notamment par une formation SIMDUT et un plan de mesures d'urgence complet.

L'autorisation de redémarrage du procédé d'extraction d'huile de krill sera accordée et la décision d'interdiction sera levée lorsque l'employeur se sera conformé à toutes ces exigences.

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

SECTION 2

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Structure générale de l'établissement

Neptune Technologies et Bioressources inc. (Neptune) est une entreprise inscrite aux bourses de Toronto et Nasdaq. Elle se spécialise dans la production, la formulation et la commercialisation d'huile de krill. Cette huile est utilisée notamment comme nutraceutique et est exportée partout dans le monde.

L'établissement situé au 795, rue Pépin, à Sherbrooke, compte environ 80 travailleurs non-syndiqués. L'établissement est la seule unité de production de l'entreprise et se rapporte à la maison mère située à Laval, au Québec. On y compte différents départements, notamment les opérations (qui incluent la production), le contrôle de la qualité ainsi que l'instrumentation et contrôle (figure 2). D'autres départements sont présents à l'usine de Sherbrooke et relèvent directement de la maison mère. Il s'agit de l'assurance qualité, la recherche et développement, l'expédition ainsi que les ressources humaines.

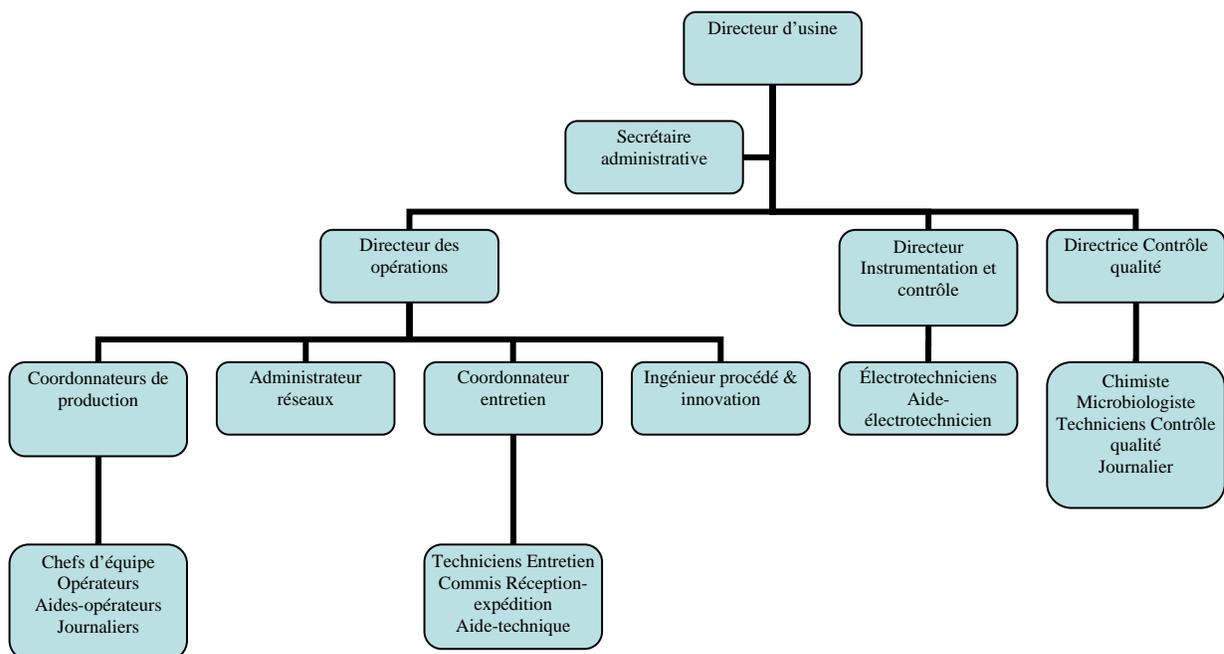


Figure 2: Organigramme de Neptune Technologies et Bioressources inc. à Sherbrooke.

L'usine fonctionne 24 heures par jour, sept jours par semaine. Quatre équipes de production sont présentes en alternance sur des quarts de travail de 12 heures. Chaque équipe est normalement constituée d'un chef d'équipe, d'un opérateur, d'un aide-opérateur et de deux journaliers, appelés « aides-techniques ». Le chef d'équipe est le responsable du contrôle du

procédé et de la production pendant son quart de travail et peut déléguer des tâches aux autres membres de son équipe. En dehors des heures de bureau, seule l'équipe de production est présente sur place.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Un comité de santé et sécurité est présent dans l'entreprise depuis environ un an. Ce comité compte cinq représentants des travailleurs et quatre représentants de l'employeur. Les membres du comité de santé et sécurité se sont rencontrés pour la première fois le 22 décembre 2011. Au total, sept rencontres ont eu lieu depuis sa mise en place, soit environ une fois par mois et demi. Le procès-verbal de chaque réunion est transmis à tous les travailleurs qui doivent en prendre connaissance.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

L'établissement fait partie du secteur *Industrie chimique* et est classé dans les industries des produits pharmaceutiques et des médicaments. À ce titre, le Règlement sur le programme de prévention lui est applicable. L'entreprise est membre d'une mutuelle de prévention depuis 2005. Elle possède un programme de prévention propre à l'établissement dont la dernière mise à jour est datée du 11 janvier 2012. Les mesures de prévention incluses dans ce programme concernent notamment l'accueil des nouveaux travailleurs, les mesures d'urgence, le cadenassage et certains risques reliés aux outils. Le programme de prévention est muet en ce qui a trait à la manipulation d'acétone et aux analyses de risque.

M.Z est désigné responsable des questions relatives à la santé et à la sécurité. Il s'occupe de faire connaître et d'expliquer le programme de prévention aux travailleurs. Il se charge aussi de la formation donnée aux travailleurs. Cette formation porte notamment sur le SIMDUT, l'utilisation des chariots élévateurs, le cadenassage, l'utilisation des extincteurs et les maux de dos.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

L'usine de Neptune est située sur la rue Pépin, dans le Technoparc de Sherbrooke (figure 3). Le bâtiment dans lequel l'usine de production d'huile de krill est installée a été construit en 1995 pour une utilisation toute autre que celle en place lors de l'accident. À l'origine, l'immeuble se voulait principalement un espace de laboratoires et de bureaux (figure 4). D'une superficie originale de 905 mètres carrés et d'une hauteur de 6 mètres comprenant 2 étages, il a été agrandi, notamment en 2007 pour atteindre 1226 mètres carrés au moment de l'accident. L'intérieur a aussi été modifié au fil des années. Neptune en a été le locataire à partir de 2002 et en a fait l'acquisition le 6 octobre 2006. Le terrain voisin a par la suite été acheté le 13 avril 2011 dans le but de procéder à un nouvel agrandissement, lequel est en cours.

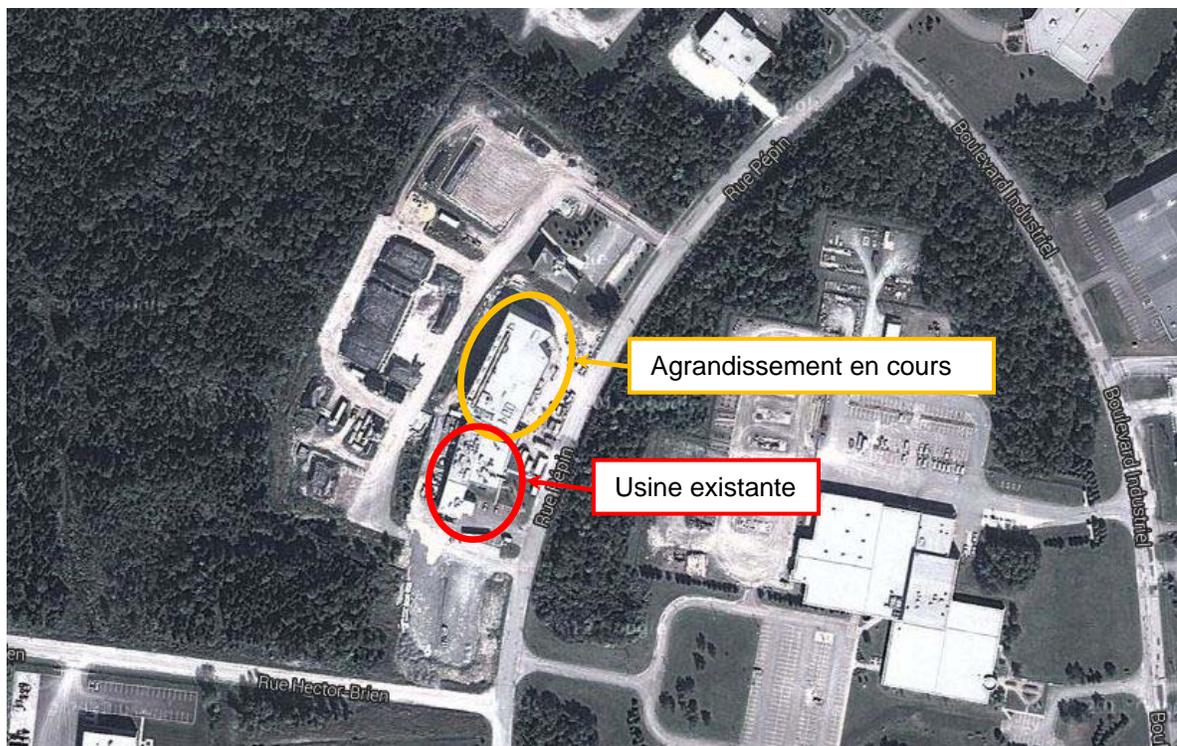


Figure 3 : Localisation de l'usine Neptune dans le Technoparc de Sherbrooke
(Source : Google Maps)



Figure 4 : Bâtiment d'origine tel qu'il apparaît en 2011
(Source : St-Georges Structures et Génie civil)

La portion arrière du bâtiment (33 m X 12 m) sert aux opérations liées à la production tandis que les activités de bureau et du laboratoire sont situées dans la partie avant du bâtiment (21 m X 25 m). La portion sud du bâtiment contient les activités de réception et d'expédition, de même que l'entreposage des matières premières et finies (figure 5).

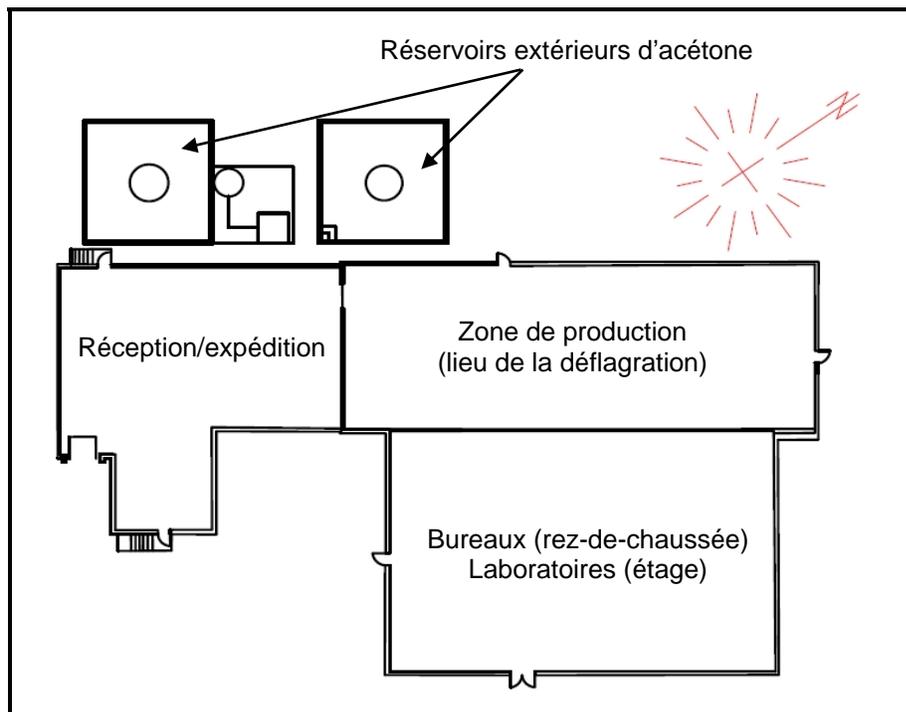


Figure 5 : Croquis des installations fonctionnelles de Neptune au 8 novembre 2012.

Un nouvel agrandissement, adjacent au côté nord, d'une superficie de 2284 mètres carrés est en cours de construction. Ce bâtiment doit abriter des équipements supplémentaires en vue d'augmenter la capacité de production de l'usine actuelle.

3.2 Description du travail à effectuer

La production est en redémarrage suite à un arrêt de maintenance planifié. L'équipe de production compte six personnes à ce moment : le chef d'équipe, un opérateur, un opérateur en formation, un aide-opérateur et deux aides-techniques.

Le procédé de production est entièrement contrôlé par ordinateur, à partir d'un système de commande réparti (« DCS » de l'anglais « *Distributed Control System* »). Il comporte plusieurs secteurs, ou étapes, tels que l'extraction, la filtration, la distillation, la décantation, la formulation et la mise en barils. Chacun de ces secteurs comporte des séquences de contrôle spécifiques. Lors du redémarrage, le chef d'équipe démarre progressivement les séquences de contrôle associées par secteur de production. Les équipements nécessitant un temps plus long pour parvenir à leur pleine capacité de production sont démarrés en premier. Lorsque cette portion du procédé est en fonction, le chef d'équipe procède au démarrage du secteur de l'extraction.

L'extraction est la première étape du procédé (figure 6). À ce stade, un des deux réservoirs dédiés à cette fonction est partiellement rempli d'acétone et des blocs de krill congelé sont introduits dans un broyeur situé juste au-dessus de ce réservoir. Le krill broyé tombe alors directement dans ce réservoir et celui-ci est rempli avec de l'acétone. Le mélange est alors recirculé via une pompe ayant aussi une action de broyage (appelée « pompe pulvérisatrice ») pendant un temps établi en fonction de la recette. Il est par la suite dirigé vers un des trois réacteurs où il macère un certain temps. Lorsque le temps de macération est terminé, le mélange est stocké dans un réservoir tampon d'où il sera par la suite envoyé pour sa filtration.

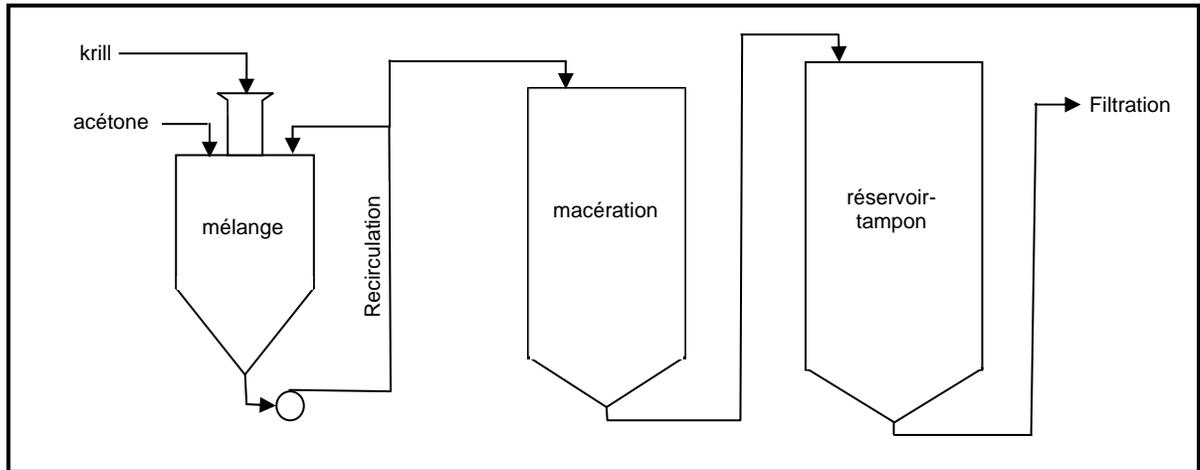


Figure 6 : Diagramme fonctionnel du secteur extraction.

La séquence d'extraction étant entièrement automatisée, le chef d'équipe avise l'aide-technique par radio portative qu'il est sur le point d'amorcer un lot et démarre, à partir de la salle de contrôle, la séquence d'extraction en appuyant sur un bouton à l'écran de contrôle du DCS.

L'aide-technique est le travailleur qui alimente le broyeur en blocs de krill à partir d'une mezzanine située au-dessus du réservoir. Lorsqu'il est affecté aux broyeurs, son travail consiste à placer le chariot transportant les blocs de krill congelé sur la mezzanine et attendre que le témoin lumineux lui indique que le pré-remplissage est complété. À ce moment, il appuie sur le bouton de démarrage du broyeur pour le mettre en fonction et ouvre le couvercle en défaisant les attaches rapides qui le retiennent en place. Il place par la suite les blocs de krill dans le broyeur un à un jusqu'à ce que le chariot soit vide. Il referme ensuite le couvercle et appuie de nouveau sur le bouton afin d'arrêter le broyeur et de poursuivre la séquence de remplissage du réservoir de mélange.

SECTION 4

4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 8 novembre 2012, vers 6 h, l'équipe de nuit procède à l'arrêt complet du procédé. Cet arrêt de production est planifié afin d'effectuer certaines tâches d'entretien. Les principales tâches prévues pendant cet arrêt de production consistent au raccordement de certains services de soutien avec l'agrandissement de l'usine, au remplacement du contrôleur du DCS, à la réparation de la pompe d'acétone principale du procédé, etc. L'élimination de certaines fuites mineures sur le réseau de vapeur ainsi que diverses modifications à la plomberie du procédé sont aussi planifiées. Des travaux doivent aussi être faits dans la salle électrique et une vanne de régulation de vapeur de chauffage d'un des réservoirs de mélange nécessite un réétalonnage. Lors de cet arrêt, les séquences de contrôle sont arrêtées mais le DCS demeure en fonction. Il lui est donc possible de faire certaines opérations.

Vers 9 h la pompe d'acétone est cadenassée, débranchée et apportée à l'atelier mécanique pour réparation. La pompe est remise en place à l'extérieur, à la sortie du réservoir d'acétone, puis rebranchée vers 10 h 30.

Vers 10 h, deux électrotechniciens remplacent le contrôleur du DCS. Par la suite, ils procèdent au réétalonnage de la vanne de régulation de vapeur sur le réservoir de mélange

Vers midi, la plupart des tâches planifiées sont complétées et on se prépare pour le redémarrage de la production. La chaudière à vapeur est remise en fonction. Trente minutes plus tard, les travailleurs procèdent graduellement au redémarrage de divers équipements du procédé, dont la colonne à distiller.

Vers 12 h 40, l'opérateur procède au décadennassage de la pompe d'acétone, dans la salle électrique. Dès la remise sous tension de cette dernière, dans la salle de contrôle, l'écran du DCS indique que la pompe se met spontanément en marche. Le chef d'équipe s'en étonne et le mentionne à M. KK puis il arrête la pompe directement à partir de la station d'opération située dans la salle de contrôle. Il mentionne aussi à M. KK que sa séquence de décantation est réinitialisée. Il ramène ensuite celle-ci à l'étape où elle devait être effectivement rendue.

Vers 13 h 00, le chef d'équipe informe l'aide-technique qu'il démarre un premier lot d'extraction. L'aide-technique se rend sur la mezzanine des broyeurs pour se préparer pendant que le réservoir d'extraction commence à se remplir d'acétone. Deux opérateurs, dont un en formation et M. C sont présents avec le chef d'équipe dans la salle de contrôle.

Quelques minutes plus tard, le témoin lumineux du broyeur allume, indiquant que le niveau de pré-remplissage d'acétone est atteint : la séquence est maintenant en attente de la mise en marche du broyeur et de l'alimentation des blocs de krill. L'aide-technique appuie sur le bouton et ouvre l'une des attaches du couvercle du broyeur. Une pression anormale s'exerce alors sur le couvercle et des gouttelettes d'acétone giclent. L'aide-technique communique avec le chef d'équipe par radio portative pour lui dire qu'il y a un problème au broyeur.

L'aide-opérateur arrive en premier et, avec l'aide-technique, ils tentent de refermer le couvercle du broyeur. Ils n'y parviennent pas et se font asperger d'acétone. Ils demandent au chef d'équipe, par radio portative, de fermer la vanne d'acétone. Un sifflement strident se fait entendre. À la salle de contrôle, le chef d'équipe se demande ce qui se passe en disant que ce bruit n'est pas normal. Il pointe l'écran de contrôle à M. C en lui disant que tout y apparaît normal : les vannes et les pompes indiquent qu'elles sont fermées ou à l'arrêt.

M. C décide alors d'aller voir sur place. Il est suivi par les autres travailleurs présents à la salle de contrôle. Ils se dirigent vers la mezzanine des broyeurs.

Au moment où ils arrivent devant la porte de la mezzanine des broyeurs, l'aide-technique et l'aide-opérateur sortent et les informent de ne pas y entrer car l'odeur d'acétone y est trop forte. Par la fenêtre des portes, ils observent que le couvercle du broyeur sautille et une bruine de gouttelettes en sort. Il est environ 13 h 15.

Voyant la situation, M. C demande au chef d'équipe d'aller fermer la vanne d'acétone et aux autres travailleurs présents à l'étage d'évacuer. Tous descendent les escaliers. Le chef d'équipe retourne dans la salle de production au rez-de-chaussée. Il est suivi par les deux opérateurs. M. C se dirige vers la salle de contrôle. La salle de production est remplie d'un brouillard d'acétone et les gyrophares qui indiquent la présence de vapeurs explosives sont inactifs. M. C appuie sur un bouton d'arrêt d'urgence. Presqu'au même moment, le bruit de sifflement se transforme, sans s'atténuer, en un bruit plus sourd s'apparentant à un écoulement de liquide.

Les autres travailleurs qui étaient présents à la mezzanine évacuent. Ceux qui quittent par le département d'expédition informent les personnes qu'ils croisent, dont M. F, de la situation. Celui-ci se dirige vers la zone de production. Il entend un bruit de bouillonnement et sent une forte odeur d'acétone. Il voit du liquide couler dans le corridor, sur le mur de l'atelier mécanique, en face de la salle de production.

En sortant de la salle de contrôle par le corridor, M. C entend un bruit d'écoulement de liquide et voit une accumulation qui forme une flaque sur le plancher et une chute sur le long du mur du corridor. À ce moment, les gyrophares reliés au système de détection de vapeurs explosives se mettent en action.

M. F retourne vers la zone d'expédition pour aviser les travailleurs qu'il faut évacuer le bâtiment. Il appelle J afin qu'un avis d'évacuation générale soit donné par intercom.

L'équipe de production, retournée sur la mezzanine, voit l'acétone liquide déborder par l'ouverture du couvercle du broyeur au travers les fenêtres des portes. L'aide-opérateur arrive en portant un masque et ouvre une porte. Les travailleurs présents dans ce secteur, sauf l'aide-opérateur, redescendent les escaliers pour quitter.

Un premier avis d'évacuation est donné à l'intercom par J. Une travailleuse au laboratoire appelle à la réception afin de savoir ce qui a été dit à l'intercom car personne autour d'elle n'a bien entendu le message. J lui répète le message puis reprend l'avis d'évacuation à

l'intercom. La déflagration se produit au moment où elle raccroche le téléphone. Une partie du toit lève, les murs s'ouvrent par endroits (figure 7).



Figure 7 : Dommages au bâtiment suite à la déflagration.
(Source : SPCIS)

À 13 h 24 et 42 secondes, la centrale de surveillance incendie perd le signal du système d'alarme de l'usine. Elle communique immédiatement avec les services d'urgence et rejoint ensuite M. OO sur son cellulaire à 13 h 28. Celui-ci confirme qu'une explosion a eu lieu et qu'un incendie est en cours. Il veut l'intervention des pompiers. Ceux-ci sont déjà en route. Le Service de protection contre les incendies de Sherbrooke (SPCIS) reçoit l'appel à 13 h 26 et ses premiers intervenants arrivent sur les lieux à 13 h 29.

Entretemps, l'aide-opérateur sort par la porte du département de réception/expédition. Il est le dernier travailleur à sortir par ses propres moyens du bâtiment en feu. Il porte des traces de brûlures graves.

Les employés de Neptune parviennent à se rassembler et font un décompte; on constate que trois travailleurs manquent à l'appel : M. PP est retrouvé et secouru par les pompiers à l'intérieur du bâtiment, près de son bureau, vers 15 h. Les corps du chef d'équipe et de l'opérateur en formation sont retrouvés dans le corridor de la zone de production (figure 8).

Les pompiers aident aussi des travailleurs à libérer un travailleur de la construction qui est coincé sous une portion de mur qui s'est écroulée sur lui, dans l'agrandissement en cours.

L'aide-opérateur décède des suites de ses blessures deux jours après l'accident.

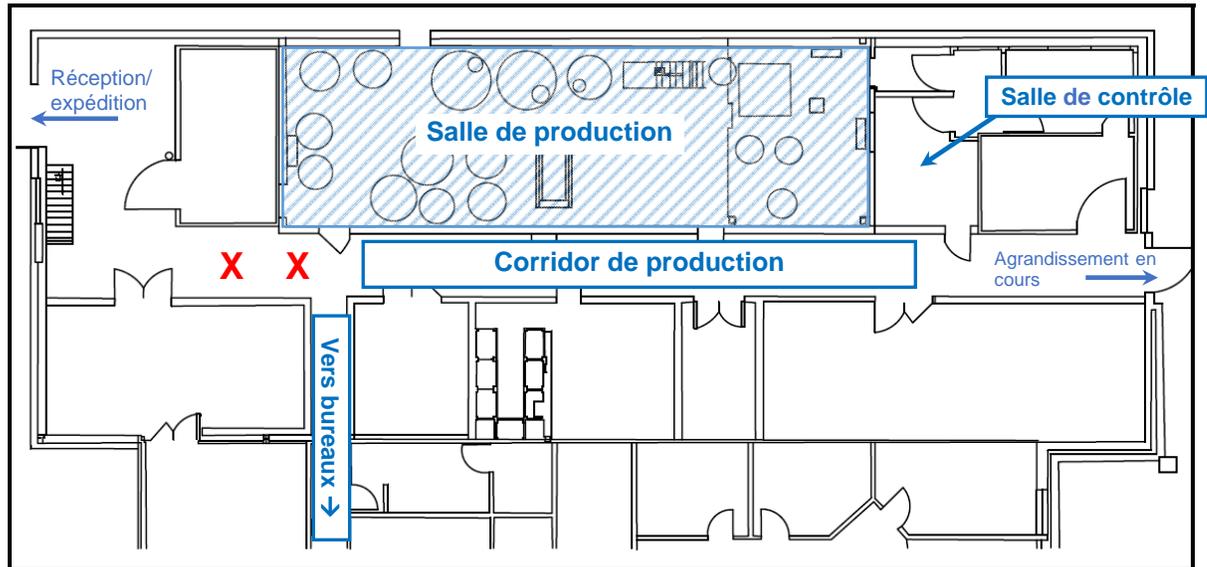


Figure 8 : Emplacement des corps des travailleurs retrouvés, au rez-de-chaussée.

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Acétone

L'acétone (Annexe B), qui est le solvant utilisé pour l'extraction de l'huile de krill, se présente à température ambiante sous la forme d'un liquide incolore et complètement miscible (se dissout en toutes proportions) avec l'eau. Ses vapeurs sont deux fois plus lourdes que l'air et ont donc tendance à se concentrer et à se déplacer près du sol. C'est un produit ayant une odeur caractéristique à la fois âcre et aromatique. Avec une pression de vapeur de 185 mm de mercure à 20 °C, l'acétone est considérée comme très volatile. De plus, ses vapeurs sont très inflammables, pouvant former des mélanges explosifs lorsque sa concentration volumique se situe entre 2,5 % et 12,8 % dans l'air, soit de 25 000 ppm à 128 000 ppm.

Son point éclair est de -20 °C et son énergie minimale d'allumage est de 0,3 mJ; une décharge électrostatique peut provoquer l'allumage et l'explosion d'un mélange acétone-air.

L'acétone est classée selon le SIMDUT comme matière dangereuse en tant que liquide inflammable de catégorie B2 et en tant que matière toxique ayant d'autres effets toxiques, catégorie D2B. Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) à l'annexe I, stipule de ne pas excéder une valeur d'exposition moyenne pondérée (VEMP) de 500 ppm pour un quart de travail de 8 heures et une valeur d'exposition de courte durée (VECD) de 1000 ppm. Un rapport d'expertise portant notamment sur l'utilisation de ce produit est fourni à l'annexe C.

4.2.2 Réglementation et normes applicables

Du fait que l'établissement utilise des matières dangereuses, les sections de règlements traitant de ces matières s'appliquent. Plus spécifiquement, l'article 82 du RSST se lit comme suit :

Matières inflammables et combustibles à l'état liquide : L'entreposage, la manutention et l'usage des matières inflammables et combustibles, à l'état liquide, doivent s'effectuer conformément à la norme Code des liquides inflammables et combustibles, NFPA 30-1996.

Dans le cas des bâtiments existant le 2 août 2001, l'employeur peut toutefois prendre des mesures qui assurent une sécurité équivalente à celle prévue dans cette norme.

L'usage principal ayant été changé et la transformation du bâtiment effectuée en 2002, lors de la mise en production de l'usine d'extraction d'huile de krill par Neptune, la norme NFPA 30-1996, Code des liquides inflammables et combustibles, doit s'appliquer.

Cette norme concerne le stockage, la manutention et l'utilisation des liquides inflammables et combustibles, y compris les déchets liquides. Elle a pour objet de proposer des exigences raisonnables relativement au stockage et à la manutention sécuritaires des liquides

inflammables et combustibles. Entre autres, le chapitre 2 traite du stockage de liquides inflammables et combustibles en réservoirs fixes hors sol à l'intérieur de bâtiments et le chapitre 5 traite de la manipulation des liquides dans le cadre d'activités et de procédés de fabrication ainsi que d'activités et de procédés analogues.

Cette norme, à l'article 5-9.5.2, énonce ce qui suit :

Le câblage et l'appareillage électrique doivent être conçus et installés conformément à la norme NFPA 70, National Electrical Code, et aux exigences de la présente section. Le câblage et l'appareillage électrique des zones classées doivent être conçus et installés conformément au chapitre 5 de la norme NFPA 70.

Un renvoi à la norme NFPA 497, Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas est également fait dans ce document.

En ce qui concerne le bâtiment, le code de construction qui s'applique en vertu l'article 223 de la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) et du Règlement sur l'application d'un code du bâtiment – 1985 est le Code National du Bâtiment 1985 (CNB-1985).

L'article 5 du Règlement sur l'application d'un code du bâtiment – 1985 stipule aussi qu'une référence au Code canadien de l'électricité est valable pour toutes dispositions ultérieures le modifiant. Le Code canadien de l'électricité cite également la norme NFPA 497 à titre d'ouvrage de référence pour la classification des emplacements dangereux.

4.2.3 Faits recueillis relativement aux circonstances de l'accident

Évacuation

La norme NFPA 30-1996, à l'article 5-12.5.1, énonce ce qui suit (nos surlignages) :

Un moyen approuvé doit être prévu pour permettre d'avertir rapidement les personnes présentes dans les installations et le service d'incendie public ou d'assistance mutuelle en cas d'incendie ou d'urgence.

Au moment de la déflagration, plusieurs travailleurs se trouvent encore à l'intérieur du bâtiment et subissent des blessures. **Ces personnes n'ont, pour la plupart, pas entendu l'avis d'évacuation ou n'ont pas eu le temps de sortir.**

Ceux qui n'ont pas entendu l'avis d'évacuation se répartissent principalement en deux groupes : soit il n'y a pas de téléphone, auquel l'intercom est incorporé, près d'eux, soit le bruit ambiant est trop élevé pour qu'ils l'entendent. Les personnes étant au téléphone n'entendent pas non plus l'avis d'évacuation, l'intercom étant alors désactivé.

Les travailleurs présents au deuxième étage des bureaux, dans la partie avant du bâtiment, sont tous encore dans l'immeuble au moment de la déflagration. À la suite de celle-ci, certains se trouvent coincés et sont aidés par leurs collègues pour se libérer et fuir le bâtiment. La présence de hottes de ventilation et la salle des serveurs font que l'environnement de travail au deuxième étage est bruyant. Il est donc difficile, voire impossible, pour certains travailleurs d'entendre l'intercom par le haut-parleur du téléphone.

Certains sous-traitants veulent évacuer mais se butent à des portes verrouillées. Ils doivent attendre l'intervention d'une personne à l'emploi de Neptune pour leur ouvrir la porte avec leur carte d'accès électronique avant de quitter.

Des travailleurs présents dans la section en construction subissent des blessures en raison du souffle de la déflagration, qui cause des dommages importants à une section de l'agrandissement par la porte demeurée ouverte.

L'aide-opérateur, pour sa part, est encore dans le secteur des broyeurs à la mezzanine. Il raconte à un témoin, dans les minutes suivant sa sortie de l'immeuble, qu'il a dû traverser les flammes afin de sortir. Ses vêtements sont alors imbibés d'acétone du fait qu'il en avait été aspergé en tentant de refermer le couvercle du broyeur.

Travaux effectués pendant l'arrêt de production

Le contrôleur du DCS est situé dans une chambre électrique. Lors de son remplacement, les électrotechniciens doivent arrêter le fonctionnement du DCS en le désactivant avant de retirer physiquement le contrôleur. M. O est présent avec deux électrotechniciens. Ils tentent de joindre le chef d'équipe par téléphone pour l'aviser du changement. N'y parvenant pas, ils procèdent tout de même au remplacement du contrôleur. Ils ignorent à ce moment si des portions de procédé sont en opération. C'est la première fois que les électrotechniciens de Neptune procèdent de façon autonome à ce remplacement. La plus ancienne des personnes présentes possède une expérience de six mois chez Neptune. La seule autre fois où le remplacement du contrôleur avait été nécessaire, un technicien du fournisseur était présent.

Une fois le remplacement du contrôleur complété, deux électrotechniciens procèdent au réétalonnage de la vanne modulante de vapeur. À ce moment, un électrotechnicien est à la station d'ingénierie et l'autre est dans l'usine, à proximité de la vanne en question. Les deux communiquent ensemble par radio portative. Le processus de réétalonnage implique de fermer et ouvrir complètement la vanne afin de voir si son déplacement réel correspond à la demande faite par le système. Le technicien à la station d'ingénierie envoie la demande d'ouverture et celui dans l'usine confirme la position de la vanne. La vanne à calibrer se situe près du réservoir 121-RES. Toutefois, dans un premier temps, la vanne de vapeur du réservoir 120-RES est ouverte par erreur. L'électrotechnicien dans l'usine entend le bruit provenant de la vanne du réservoir 120-RES et mentionne à son collègue, par radio portative, que ce ne n'est pas la bonne vanne qui a été activée. Le réétalonnage de la vanne du réservoir 121-RES est fait comme prévu immédiatement après.

Détails relatifs à la déflagration et à l'incendie

Lorsque l'acétone liquide se met à sortir par l'ouverture du broyeur, le débordement s'accumule sur le plancher de la mezzanine des broyeurs. L'acétone s'échappe ensuite dans le corridor adjacent en passant sous les portes et traverse la mezzanine du corridor de production. Elle s'écoule ensuite au rez-de-chaussée par l'ouverture dans le plancher vis-à-vis le mur de l'atelier mécanique. Les travailleurs voient une chute de liquide au rez-de-chaussée le long du mur de l'atelier mécanique et dans l'intersection du corridor menant vers les bureaux. L'analyse des lieux a permis d'établir, en raison de l'importance des dommages, que l'origine de la déflagration se situe dans la partie nord du corridor adjacent à la salle de production, au niveau du rez-de-chaussée (figure 9).

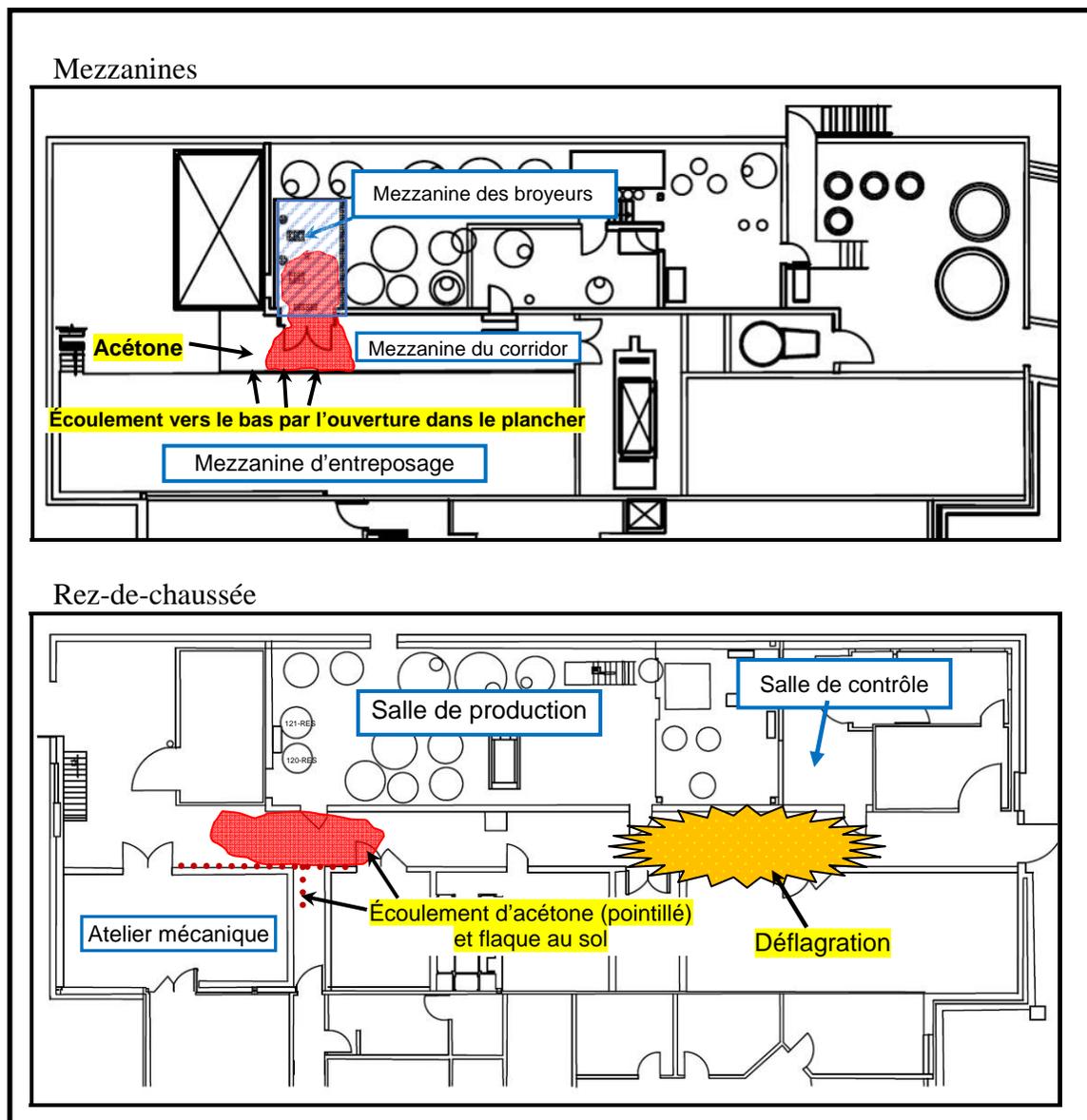


Figure 9 : Emplacement de l'écoulement et de la déflagration d'origine.

Des traces de l'écoulement d'acétone dans le corridor de production demeurent présentes sur le mur de l'atelier mécanique suite à la déflagration (figure 10). Les témoins racontent aussi que l'odeur d'acétone était si forte qu'elle en était insupportable.



Figure 10 : Traces d'écoulement sur le mur du corridor de production, du côté opposé à la salle de production.

Les dommages liés à la déflagration dans la section près de la salle de production et de la salle de contrôle sont évidents. La portion de mur en blocs de béton entre le corridor et la salle de production est complètement soufflée. La salle de contrôle est totalement dévastée (figure 11). Des registres coupe-feu entre la salle de contrôle et la salle de production sont demeurés en position ouverte.



Figure 11 : Dommages liés à la déflagration au rez-de-chaussée.

Les dommages liés à l'incendie subséquent sont beaucoup plus marqués dans le secteur de la chambre froide, du côté du département de réception et expédition (figure 12). Cette zone correspond à l'endroit où l'acétone liquide s'est déversée au sol. Cette section du bâtiment doit être détruite immédiatement dans les heures suivant l'incendie en raison de sa trop grande instabilité.



Figure 12 : Aluminium fondu à la structure de la passerelle dans la chambre froide

4.2.4 Bâtiment

4.2.4.1 Installations :

La salle de production (figure 13) est située dans la partie arrière du bâtiment. Elle est ouverte sur la pleine hauteur du bâtiment alors que le reste du bâtiment est constitué de deux étages et de mezzanines. Au niveau du rez-de-chaussée, quatre portes communiquent avec cette salle :

- une mène à la salle de contrôle,
- la seconde mène dans le corridor de production en face du local des résidus solides du filtre-presse,
- les deux autres sont des sorties seulement menant à l'extérieur et dans le corridor de production face au corridor menant vers les bureaux.

Les réservoirs 120-RES et 121-RES sont situés au niveau du rez-de-chaussée alors que l'ouverture des broyeurs qui les alimentent est accessible par une mezzanine.

À l'étage (figure 14), seule la paire de portes donnant sur la mezzanine des broyeurs permet d'accéder à la salle de production. Cette mezzanine, de forme rectangulaire, mesure 3,71 X 2,29 mètres et a une hauteur de 3,12 mètres. Les portes donnent sur le corridor adjacent à la salle de production, au deuxième étage. Le plancher de ce corridor est constitué d'une mezzanine surplombant le corridor du rez-de-chaussée. Le plancher de cette dernière mezzanine est ouvert vers le rez-de-chaussée, sur le côté opposé aux portes de la salle de production. C'est par cette ouverture que l'acétone s'est écoulée au niveau inférieur. Pour accéder aux mezzanines, on doit monter un escalier situé au bout du corridor de production, près de la chambre froide, et passer par la mezzanine d'entreposage, au-dessus de l'atelier mécanique. Les portes de la mezzanine des broyeurs sont en acier et munies d'une fenêtre de verre armé (figure 15). Elles sont montées dans un cadrage en acier. Une ouverture est présente sous chaque porte.

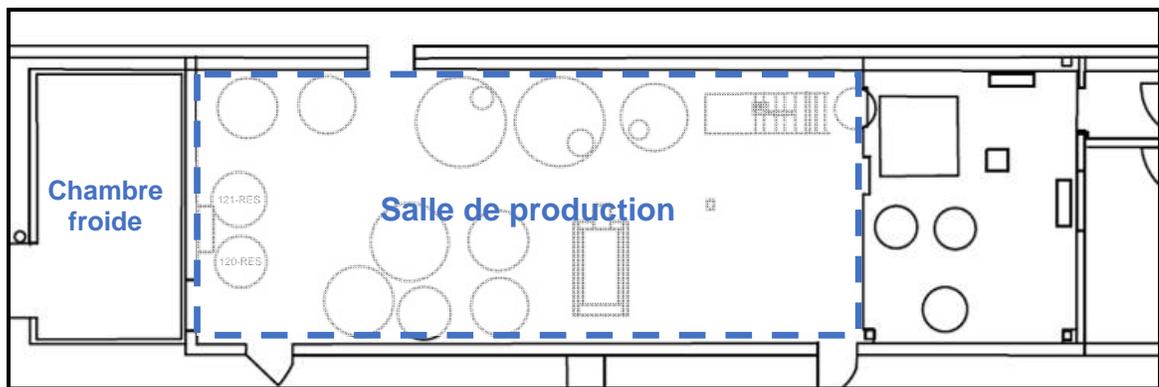


Figure 13; Salle de production, niveau rez-de-chaussée

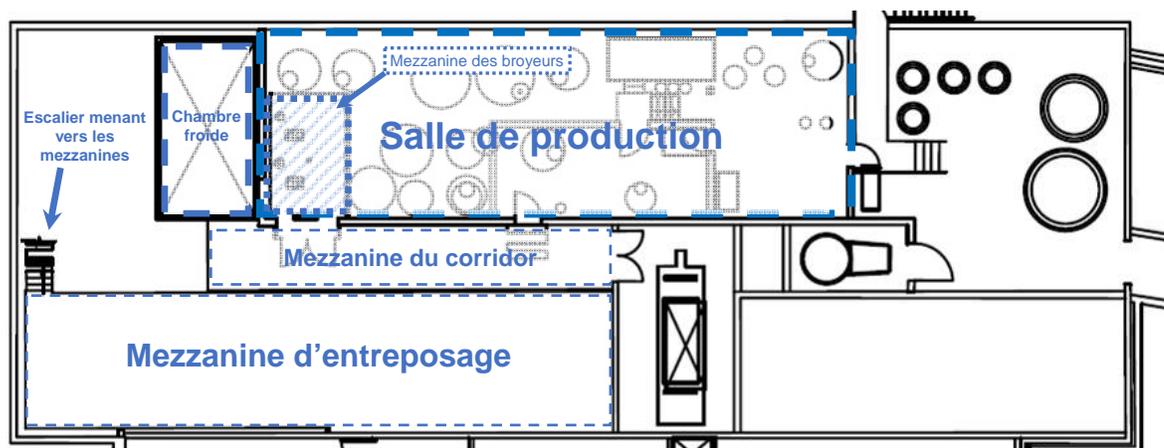


Figure 14 : Salle de production, niveau mezzanine



Figure 15 : Portes menant à la mezzanine des broyeurs.

Un registre coupe-feu permet de passer de la mezzanine des broyeurs vers une passerelle en aluminium située dans la chambre froide (figure 16). C'est par cette ouverture que les blocs de krill congelé sont acheminés vers les broyeurs, dans un chariot pouvant contenir la quantité nécessaire à un lot de production.



Figure 16 : Registre coupe-feu entre la mezzanine des broyeurs et la chambre froide.
(Source : Neptune)

Du côté de la chambre froide, le chariot est placé sur cette mezzanine à l'aide d'un gerbeur; aucun escalier ou échelle n'y accède (figure 17).



Figure 17: Mezzanine dans la chambre froide.
(Source : Neptune)

La mezzanine des broyeurs est équipée de deux drains de plancher : le premier, circulaire, a un diamètre de 15 cm et est situé entre les deux broyeurs tandis que le deuxième, rectangulaire, est placé devant les portes d'accès et a une dimension de 13 cm par un mètre. Le choix de la crépine de ce dernier drain est proposé par la chargée de projets de l'entrepreneur en construction et approuvé par le directeur des opérations. Chacun de ces drains est recouvert par une plaque en acier inoxydable perforée d'une série de trous et mène vers le système de récupération de l'usine en passant par une tuyauterie en PVC située sous la mezzanine. Ces drains mènent vers une fosse de rétention d'une capacité de 8000 litres située sous le plancher de la salle de production. Le pourtour de la mezzanine est équipé d'un garde-corps et des panneaux de PVC sont disposés sur celui-ci et sont scellés au niveau du sol, empêchant tout liquide de s'écouler directement vers le plancher de la salle de production. Le plancher de la mezzanine est en béton et se continue de manière uniforme vers le corridor adjacent. Il est fréquent que de l'eau utilisée pour laver le plancher de la mezzanine des broyeurs s'écoule dans le corridor en passant sous les portes. C'est par ce même endroit que l'acétone sort de la salle de production. De l'eau de lavage s'écoule aussi dans la chambre froide en passant sous le registre coupe-feu lors de ces nettoyages.

L'article 5-3.5.1 de la norme NFPA 30-1996 énonce ce qui suit (nos surlignages):

Des systèmes de drainage de secours doivent être prévus pour évacuer dans un endroit sécuritaire les fuites de liquide ainsi que l'eau de lutte contre l'incendie...

Lors du débordement du 8 novembre 2012, les systèmes de drainage (figure 18) n'ont pas permis d'évacuer l'acétone dans un endroit sécuritaire. Celle-ci s'est plutôt retrouvée dans un endroit non aménagé pour y recevoir de telles substances (figure 19).



Figure 18 : Tuyauterie des drains sous la mezzanine des broyeurs
(Source : St-Georges structures et génie civil)

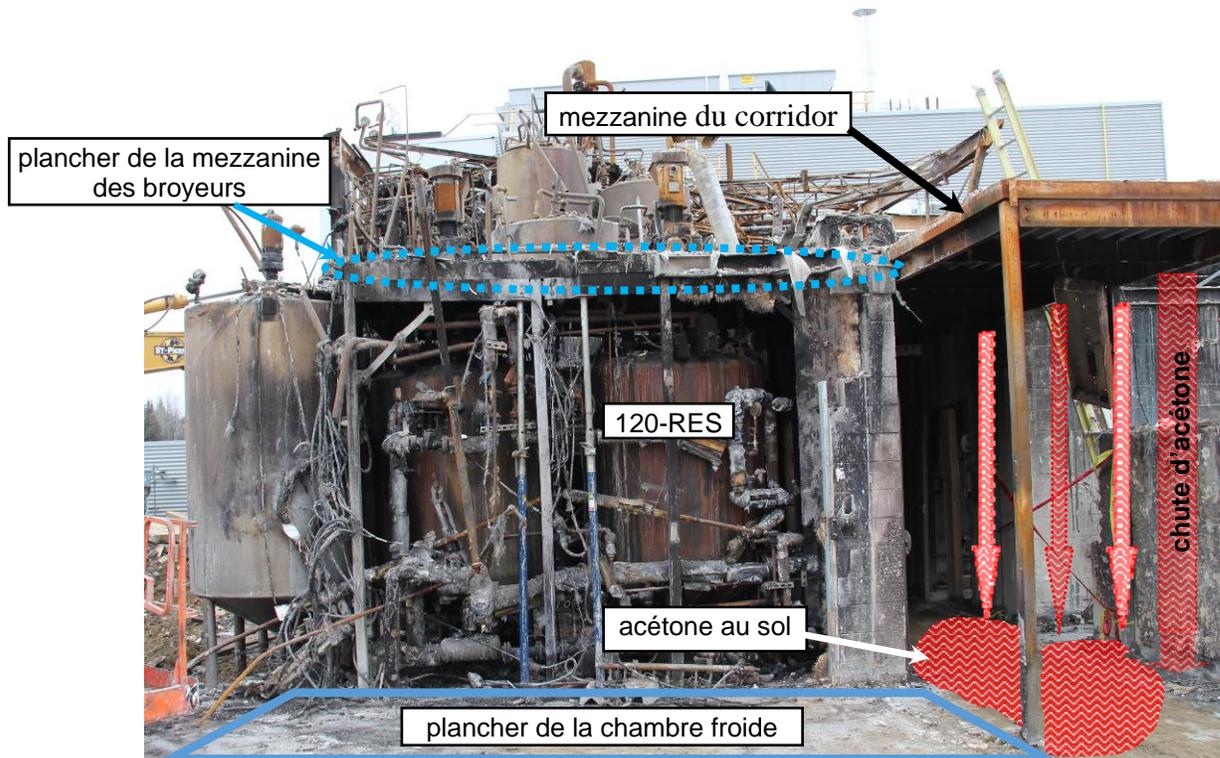


Figure 19 : Mezzanine des broyeurs après incendie et retrait de sections endommagées du bâtiment.

4.2.4.2 Emplacements dangereux

Le Code canadien de l'électricité – première partie, définit les exigences quant à la classification des emplacements dangereux et à l'appareillage électrique qui peut y être installé. Selon cette classification, à l'article 18-004 a) :

Les emplacements de classe I sont ceux dans lesquels il y a ou peut y avoir des gaz ou vapeurs inflammables en quantité suffisante dans l'air pour constituer des atmosphères explosives gazeuses.

Ainsi, l'acétone étant un produit classé I-B selon NFPA, les locaux présentant des emplacements dangereux doivent être classés dans cette catégorie.

L'annexe J18 définit la répartition des emplacements dangereux de la classe I en termes de divisions basées sur la nature du danger présent. Notamment, on peut y lire l'article J18-004 (nos surlignages) :

Répartition des emplacements de classe I (voir l'annexe JB)

Les emplacements de classe I doivent être répartis en deux divisions, suivant la fréquence de production et la durée d'une atmosphère explosive gazeuse :

a) La division 1 comprend les emplacements de classe I dans lesquels :

- (i) Des concentrations dangereuses de gaz ou de vapeurs inflammables sont présentes de façon continue, intermittente ou périodique, dans des conditions normales de fonctionnement;
 - (ii) Des concentrations dangereuses de gaz ou de vapeurs inflammables peuvent être fréquemment présentes par suite de travaux de réparation ou d'entretien ou à causes de fuites ;
- b) La division 2 comprend les emplacements dans lesquels :
- (i) des liquides volatils, gaz ou vapeurs inflammables sont manipulés, fabriqués ou utilisés, ces liquides, gaz ou vapeurs étant normalement contenus dans des récipients ou systèmes fermés d'où ils ne peuvent s'échapper qu'à la suite de fissures accidentelles des récipients, pannes des systèmes ou fonctionnement anormal du matériel ;
 - (ii) une atmosphère explosive gazeuse n'est pas susceptible d'être produite en exploitation normale ou, si elle est produite, ne peut se maintenir que brièvement ;
 - (iii) [...]
 - (iv) peut pénétrer une concentration dangereuse de gaz ou de vapeurs provenant d'un emplacement de classe I, division 1, situé à proximité, ...

Par ailleurs, l'annexe JB du même document, à l'article JB18-004, énonce ce qui suit :

*Les emplacements de classe I division 1, comprennent généralement des emplacements où [...] des concentrations dangereuses de vapeurs ou gaz inflammables pourraient se produire dans le cours normal des activités.
[...]*

La salle de production, qui comprend la majorité des réservoirs reliés à la production est catégorisée classe 1 division 2 par l'employeur. La salle du filtre-presse, située à l'étage, de même que la salle des résidus solides du filtre-presse qui est située juste au-dessous, au rez-de-chaussée, sont catégorisées classe 1, division 1. Malgré le fait qu'ils communiquent directement avec des emplacements de classe 1, division 1, les corridors se situant entre ces salles (rez-de-chaussée et étage) ainsi que la chambre froide, notamment, ne sont pas classifiés comme des emplacements dangereux. On retrouve dans le corridor du rez-de-chaussée de nombreux appareillages susceptibles d'émettre une étincelle (source d'allumage) lors de leur fonctionnement (figure 20).

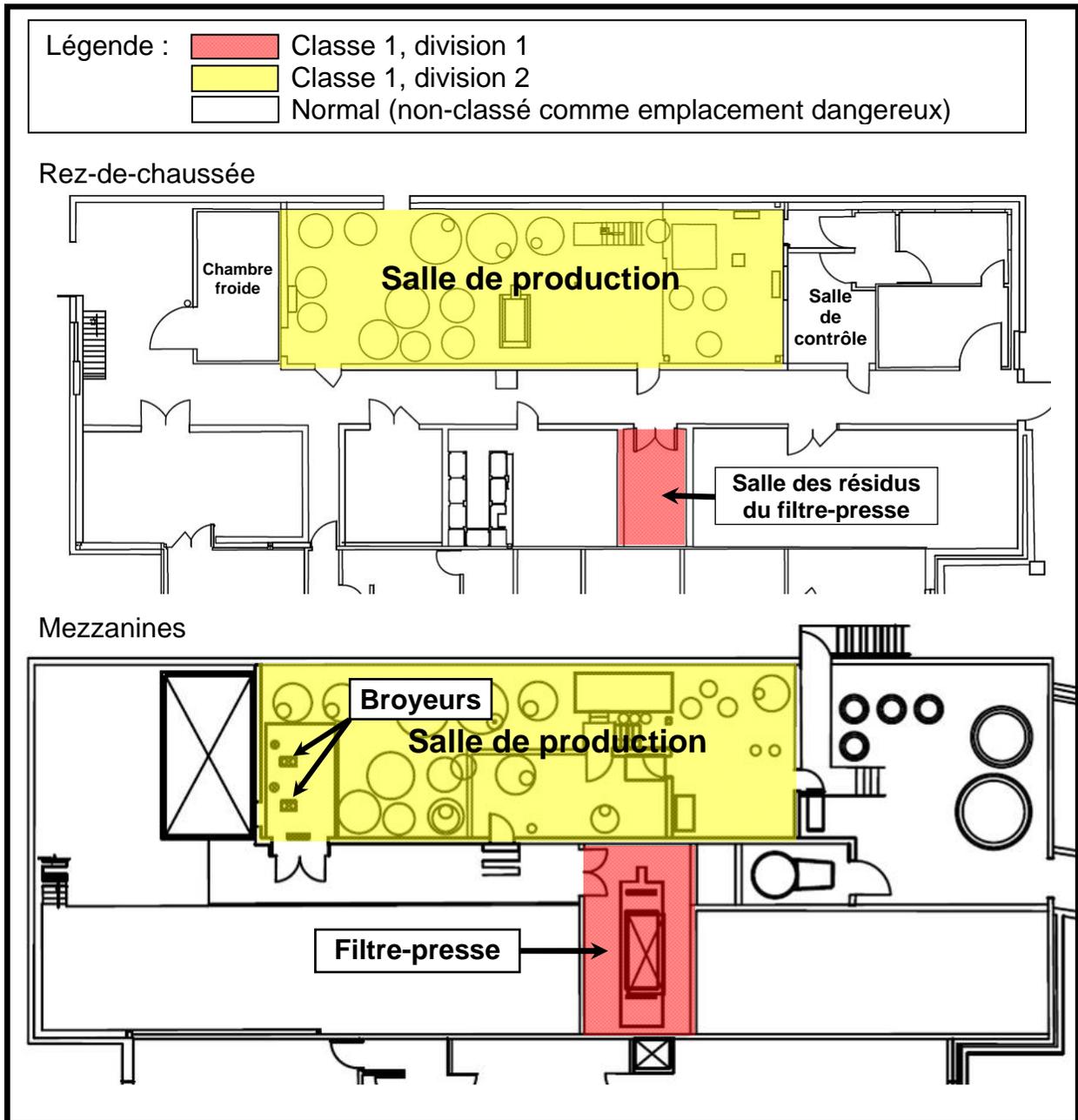


Figure 20 : Classification électrique (emplacements dangereux) des zones de l'usine.

La norme NFPA-497, aux articles 5.2.1.1 et 5.2.1.2, décrit par ailleurs les emplacements de classe 1, division 1 et les conditions normales de la manière suivante :

5.2.1.1 A condition for Division 1 is whether the location is likely to have an ignitable mixture present under normal conditions. For instance, the presence of a combustible material in the immediate vicinity of an open dip tank is normal and requires a Division 1 classification.

5.2.1.2 Normal does not necessarily mean the situation that prevails when everything is working properly. For instance, there could be cases in which frequent maintenance and repair are necessary. These are viewed as normal and, if quantities of a flammable liquid or a combustible material are released as a result of the maintenance, the location is Division 1.

On peut retenir de cet extrait que la définition de « conditions normales » ne sert pas nécessairement à désigner les moments où tout va bien. En fait, les conditions normales font référence aux situations qui sont retrouvées de façon régulière. Si, par exemple, il est fréquent que de l'acétone se répande hors des réservoirs et canalisations, cette condition est considérée comme « normale » et l'emplacement doit être de division 1. Cet aspect est traité plus en détails à la section 4.2.6.3 du présent rapport.

Une zone de classification classe 1, division 1 ne peut pas être immédiatement adjacente à un emplacement dit normal; il doit y avoir minimalement une zone de transition de classe 1, division 2.

Dans le croquis de la figure 20, les emplacements classifiés classe 1, division 1 sont en rouge alors que les emplacements classe 1, division 2 sont en jaune. Les emplacements non colorés correspondent à des emplacements qui sont considérés comme non dangereux par l'employeur. **En vertu des principes énoncés ci-haut, le corridor longeant la salle de production devrait être classé comme emplacement dangereux minimalement de classe 1, division 2.**

L'article J18-060 du Code canadien de l'électricité, première partie, énonce ce qui suit (nos surlignages) :

Salles renfermant de l'appareillage

[...]

- 2. Si un emplacement non dangereux a l'intérieur d'un bâtiment communique avec un emplacement de classe 1, division 2 [...], il doit en être séparé par des portes coupe-feu approuvées, **hermétiques et a fermeture automatique.***
- 3. S'il y a communication avec un emplacement de classe 1, division 1, l'article J18-004 b) (iii) s'applique.*

Dans le bâtiment de Neptune, aucune des portes qui séparent les emplacements dangereux des autres n'est hermétique. La salle recueillant les résidus du filtre-presse, au rez-de-chaussée, est considérée comme une classe 1, division 1 et communique directement avec le corridor de production, qui n'est pas classé comme emplacement dangereux. La salle de production, qui est classée classe 1, division 2, communique aussi directement avec ce corridor. Les portes entre la salle des résidus du filtre-presse et le corridor sont en acier avec un espace ouvert de quelques millimètres au niveau du sol.

La porte près de l'extrémité sud de la salle de production, au rez-de-chaussée, est conçue pour être ouverte uniquement de l'intérieur de la salle. Selon des témoins rencontrés, **il arrive fréquemment que le ferme-porte ne parvienne pas à la fermer complètement et que la porte demeure entrouverte. Des travailleurs utilisent parfois cette porte pour rentrer**

dans la salle de production. Cette situation est connue et tolérée par l'employeur. Lors des événements du 8 novembre 2012, le chef d'équipe est d'ailleurs retourné dans la salle de production par cet endroit.

À l'étage, la porte du local du filtre-pressé (classe 1, division 1) et **la paire de portes de la mezzanine des broyeurs présentent un espace ouvert au niveau du sol. Ces portes communiquent avec la mezzanine qui est non-classée. Le sol entre la mezzanine des broyeurs et le corridor adjacent est lisse et plat.** Toutes les portes entre la salle de production et le corridor sont de même type, aucune n'étant hermétique.

4.2.4.3 Expertise

Une expertise (Annexe D) a été faite sur le bâtiment afin de déterminer ses aménagements en fonction de la réglementation. En fonction de son usage, de la quantité et de la nature de la matière dangereuse utilisée, l'usage du bâtiment se classe comme étant du groupe F, division 1 (F1) selon le Code national du bâtiment du Canada 1985 (CNB-1985). La désignation F1 correspond à un établissement à risques élevés d'incendie ou d'explosion. Le bâtiment a été classé par un ingénieur comme étant du groupe F, division 2 (F2) lors de son aménagement en 2002. La désignation d'un bâtiment F2 correspond à un usage d'un bâtiment industriel à risques moyens.

L'expertise effectuée nous permet de constater ce qui suit :

Mezzanines

- À l'intérieur d'un bâtiment F1 des dimensions dont il est question ici, les planchers et cloisons doivent avoir un degré de résistance au feu de 1 heure (article 3.2.2.40). **L'étude des plans et des photos démontre que certains planchers ne forment pas de séparation coupe-feu, les planchers et poteaux des mezzanines étant à nu. C'est le cas notamment de la mezzanine des broyeurs et de la mezzanine formant le plancher de l'étage dans le corridor de production. De plus, ce dernier plancher est directement ouvert vers le rez-de-chaussée du côté de l'atelier mécanique.** Cette mezzanine est considérée n'avoir aucun degré de résistance au feu. **C'est par cette ouverture que l'acétone s'est écoulée au rez-de-chaussée.**
- Chez Neptune, la somme des aires de plancher de l'étage et celle des mezzanines représente environ 60% de la surface du bâtiment. Or, lorsque le cumul des mezzanines et des aires de plancher excède 40% de la superficie de l'étage où elles se trouvent, les mezzanines doivent respecter entre autres, les dispositions suivantes :

a. 3.2.8.3 : issues avec sas d'au moins 1.8 m X 1.8 m, isolés du plancher par des séparations coupe-feu avec un degré de résistance égal à celui exigé pour le bâtiment, soit 45 minutes.

a. 3.2.8.4 : surface de plancher protégée.

a. 3.2.8.5 : protection par gicleurs requise.

- **Dans le bâtiment en question, aucun sas n'est présent.**
- **La mezzanine des broyeurs et le local du filtre-presse, entres autres, ne sont pas situés dans une surface de plancher protégée.**
- **Il n'y a aucune protection par gicleurs dans tout le bâtiment.**

Portes de sorties et issues

- L'article 3.3.1.4.1) du CNB-1985 stipule aussi que *tous les locaux doivent avoir au moins 2 portes de sortie.*

Dans le bâtiment de Neptune, **quelques locaux ne possèdent qu'une porte de sortie. C'est le cas notamment de la mezzanine des broyeurs et du local du filtre-presse à l'étage** ainsi que de l'atelier mécanique au rez-de-chaussée.

La norme NFPA 30-1996 énonce aussi une directive à propos des issues de secours :

5-3.3.5 Les zones doivent comporter des issues aménagées de façon à éviter que les occupants ne demeurent emprisonnés en cas d'incendie. ...*

L'aide-opérateur, à la suite de la déflagration, n'a eu d'autre choix que de traverser les flammes pour quitter le bâtiment.

- La distance de parcours maximale vers une issue de secours, en vertu du CNB-1985 et de l'usage du bâtiment fait par Neptune, est de 25 mètres. L'analyse des informations disponibles nous permet de constater que la distance de parcours de la mezzanine des broyeurs jusqu'à l'issue la plus proche est de 36,6 mètres. Conséquemment, la mezzanine des broyeurs doit être desservie par une cage d'escalier d'issue ayant une résistance au feu d'au moins deux heures.

Dans le bâtiment de Neptune, il n'y a aucune cage d'escalier d'issue de secours.

- L'article 3.4.7.12.12) du CNB mentionne aussi que les portes d'issue doivent être munies d'un mécanisme permettant de les ouvrir en dégageant le pêne à l'aide d'une poussée d'au plus 90 Newtons.

Certaines portes d'issue du bâtiment de Neptune sont verrouillées par un mécanisme électrique et les occupants doivent utiliser une carte d'accès pour quitter le bâtiment.

Impasses

- À l'étage, le local du filtre-presse constitue une impasse pour le corridor. Le CNB-1985 permet cette situation à la condition que la distance entre le point le plus éloigné d'une issue et cette dernière n'excède pas 9 mètres (art. 3.3.7.9).

Le local du filtre-presse est situé à 28 mètres de l'issue la plus proche.

4.2.4.4 Agrandissement en cours

Afin de répondre à la demande croissante pour ses produits, Neptune est en cours d'augmenter sa capacité de production. Ainsi, un nouveau bâtiment accolé sur la face nord de l'établissement d'origine est en cours de construction. Il est prévu d'y installer des équipements ayant une plus grande capacité, suivant le même principe de fonctionnement que le procédé actuel.

Lors de l'étude préliminaire au projet de construction de cet agrandissement, divers intervenants ont été consultés. Notamment, dans un document daté du 25 octobre 2011, la firme Compagnie, courtier en assurances et conseiller en gestion de risques, mentionne que l'agrandissement sera classé F1. En outre, ce même rapport mentionne qu'une protection par gicleurs est nécessaire au bâtiment dont un système de gicleurs à eau-mousse pour les salles de procédé. On y mentionne également que les salles dans lesquelles se trouve de l'acétone devraient être de « classe 1, zone 1 », soit l'équivalent de la classification classe 1, division 1 pour les emplacements dangereux.

Un rapport d'analyse émis par l'architecte du projet d'agrandissement et transmis à Neptune le 26 août 2011 mentionne que le nouveau bâtiment sera classé F1.

Un rapport préliminaire transmis par la firme Compagnie 2 à ce même architecte, dont Neptune a copie, reprend sensiblement les mêmes recommandations, à savoir que le bâtiment sera classé F1 et qu'il sera nécessaire d'y installer des gicleurs. Le rapport mentionne aussi que *chaque aire de plancher doit disposer d'au moins deux issues*.

Une firme de consultants, constituée d'ingénieurs, est sollicitée pour la préparation du projet d'agrandissement. Dans son rapport émis le 16 septembre 2011, on peut lire que la protection par gicleurs est requise ainsi qu'un système de drainage répondant à la norme NFPA 30. D'autres exigences de la norme NFPA 30 y sont aussi mentionnées.

Le démarrage de cette nouvelle unité de production doit se faire de façon progressive. La première étape à démarrer dans cette installation est la colonne à distiller. Initialement, il est prévu que la liqueur d'acétone (acétone contenant l'huile de krill) provenant de l'usine existante servira à alimenter cette colonne à distiller. Par conséquent, des branchements doivent être effectués avec le procédé existant. Ainsi, des travailleurs de la construction circulent par la porte nord et se retrouvent dans le bâtiment existant. Pour cette raison, plusieurs de ces travailleurs subissent des blessures lors de la déflagration. Des dégâts importants ont aussi lieu dans une partie de l'agrandissement et certains travailleurs sont blessés en raison du souffle qui se propage dans la nouvelle partie par la porte qui demeure ouverte.

4.2.4.5 Ventilation

Le RSST, stipule, à l'article 104, que :

Tout système de ventilation mécanique doit être inspecté et réglé au moins une fois par année, ...

Le système de ventilation de Neptune a fait l'objet d'un équilibrage aéraulique pour la dernière fois en novembre 2010.

L'article 6.2.2.3.2) du CNB-1985 énonce un principe concernant la ventilation des locaux :

Les installations qui contiennent des sources de contamination doivent être conçues de manière à prévenir la propagation de cette contamination aux parties occupées du bâtiment et aux aires environnantes.

Selon les informations contenues au rapport d'équilibrage aéraulique émis en novembre 2010, le local du filtre-presse est en pression positive lorsque le ventilateur d'extraction de cette salle est en basse vitesse. La vitesse haute de ce ventilateur est activée manuellement par un interrupteur mural et ne fonctionne pas en tout temps. **En d'autres termes, les vapeurs qui sont présentes dans cet endroit peuvent s'échapper vers les locaux adjacents lorsqu'une ouverture est présente, par exemple sous les portes.**

La porte nord du corridor de production est retenue en position ouverte afin de faciliter le va-et-vient des travailleurs avec l'agrandissement en cours de construction. L'ouverture de cette porte entraîne un débalancement du système de ventilation.

4.2.4.6 Système d'alarme

Le bâtiment est équipé d'un système d'alarme incendie. Il s'agit d'un système comportant quatre zones et muni de détecteurs de chaleur, de détecteurs de fumée et de stations manuelles. Lors du déclenchement d'une alarme, le système est configuré de telle sorte qu'un signal sonore retentit, les portes deviennent libres de s'ouvrir et les systèmes de ventilation s'arrêtent. Ce système est vérifié conformément à la norme CAN/ULC-S537M, Vérification des réseaux avertisseurs d'incendie. Un certificat attestant de la conformité du système est émis le 18 juin 2012.

Lors de l'évacuation du bâtiment, aucun détecteur ne déclenche l'alarme et aucune station manuelle n'est activée. Ainsi, aucun signal sonore ne se fait entendre et les portes demeurent verrouillées.

4.2.5 Procédé

4.2.5.1 Description sommaire

Le procédé est divisé en six étapes, ou secteurs, définies selon les opérations qui y ont lieu (figure 21) :

- Secteur 100 : Extraction primaire et filtration
- Secteur 200 : Distillation et récupération de solvant
- Secteur 300 : Décantation et déshydratation
- Secteur 400 : Formulation et mise en baril
- Secteur 500 : Traitement des résidus (rebut) solides
- Secteur 600 : Autres services (vapeur, glycol, air comprimé, etc.)

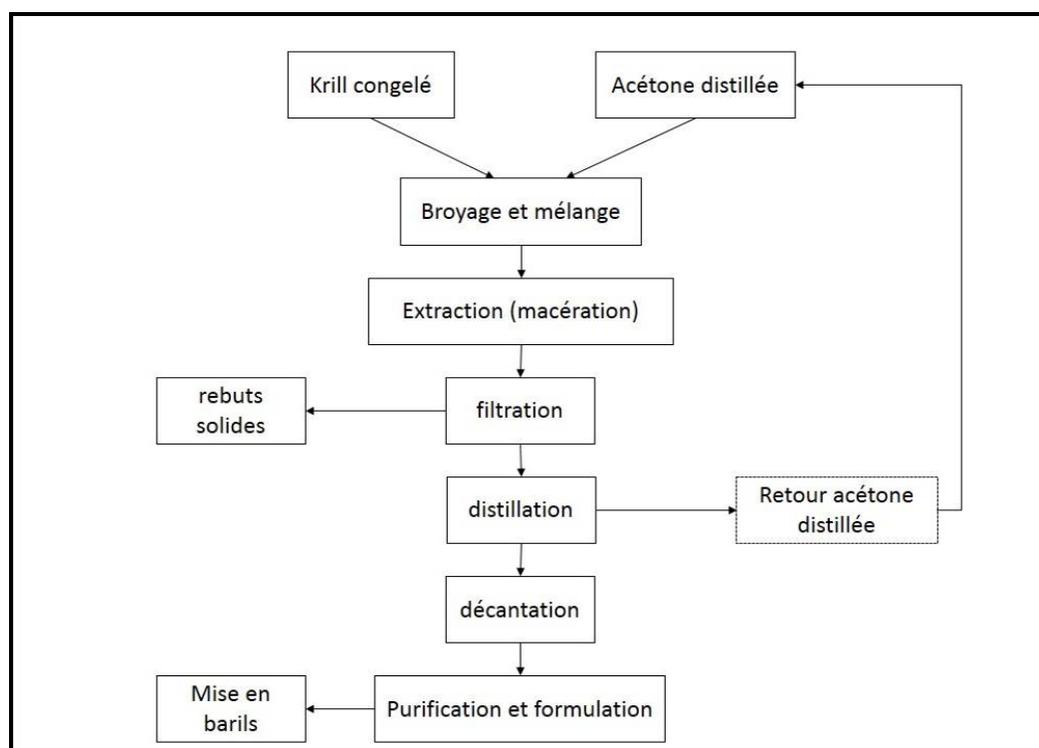


Figure 21 : Schéma de principe du procédé d'extraction d'huile de krill.

Les équipements du secteur 100, dont ceux utilisés pour le broyage des blocs de krill, sont situés principalement à l'extrémité sud de la salle de production. C'est à cet endroit que le débordement d'acétone ayant mené à la déflagration est survenu.

Le secteur 200 comporte principalement la colonne à distiller et ses équipements de soutien; il se situe dans la partie nord de la salle de production, en face de la salle de contrôle. Les

équipements du secteur 300 sont placés sur des mezzanines situées sensiblement au-dessus du secteur 200. Le secteur 400, soit la formulation et la mise en barils, se trouve dans le coin nord-ouest du bâtiment, la formulation se situant sur une mezzanine et la mise en barils au rez-de-chaussée (figure 22). Les autres services, soit le secteur 600, sont situés ailleurs dans le bâtiment ou à l'extérieur.

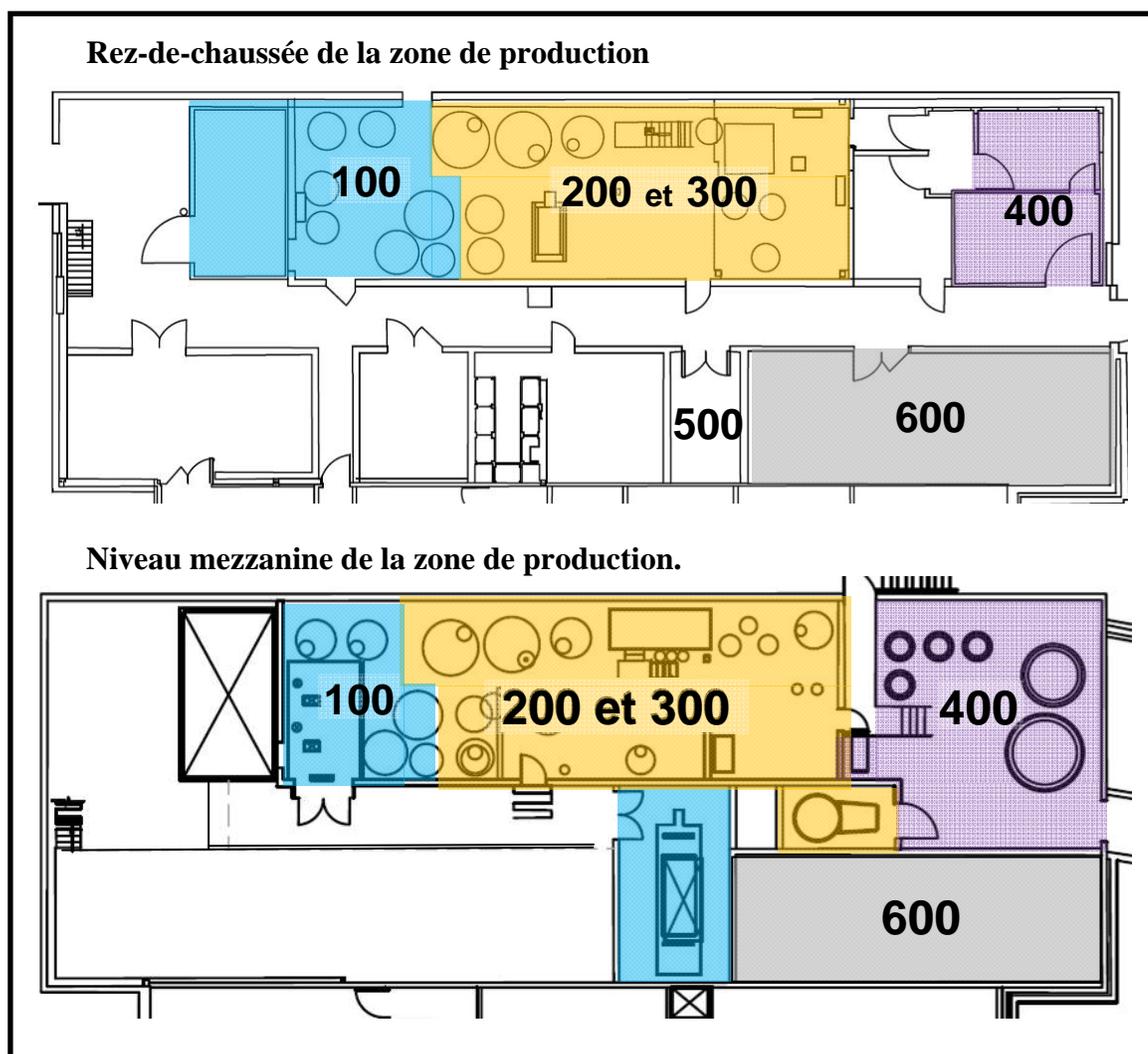


Figure 22 : Emplacement des secteurs principaux du procédé.

Au secteur 100, qui est à l'origine de l'accident, on compte deux réservoirs de mélange (réservoirs 120-RES et 121-RES) surmontés chacun d'un broyeur servant à désagréger les blocs de krill congelé. Ces deux réservoirs sont identiques dans leur construction et ont chacun une capacité totale de 2550 litres.

Ceux-ci sont de forme cylindrique avec une base conique à l'extrémité de laquelle est située une vanne de drainage. Une chemise de vapeur est présente pour le chauffage du réservoir. Les plans de ces réservoirs indiquent qu'ils sont conçus pour opérer à pression atmosphérique

uniquement. Ce secteur de la production compte aussi trois réservoirs d'extraction (130-RCT, 133-RCT et 135-RCT) et un réservoir de stockage (150-RES). Chacun de ces réservoirs compte plusieurs ouvertures sur le dessus auxquelles sont branchés des tuyaux pour le remplissage et le lavage. Une canalisation est aussi branchée au fond de chaque réservoir pour le transfert, par une pompe, vers l'étape suivante du procédé.

Outre l'ouverture du broyeur 120-BRO, le réservoir de mélange 120-RES, qui est celui duquel le déversement s'est produit, compte plusieurs autres ouvertures (figure 23):

- Entrée d'acétone distillée pour le remplissage : cette ouverture est utilisée pour amener l'acétone dans le réservoir lors du remplissage initial ainsi que pour compléter le volume prédéterminé par la recette en cours de production. L'acétone est prélevée dans le réservoir 7400-RES et pompée par la pompe 145-PMP en passant par la vanne pneumatique 120-YV4.
- Entrée d'acétone distillée pour le rinçage du broyeur : cette ouverture est utilisée pour le remplissage du réservoir et pour nettoyer le broyeur après l'insertion des blocs de krill. L'acétone est prélevée du réservoir 7400-RES par la pompe 110-PMP. Elle entre dans le broyeur en passant par la vanne pneumatique 120-YV3.
- Entrée d'azote : le contenu du réservoir est placé sous atmosphère d'azote dans le procédé d'extraction. L'azote est amené à partir d'un réservoir extérieur en passant par la vanne pneumatique 120-YV5.
- Système de récupération des vapeurs: il s'agit d'un réseau de canalisations qui relie différents réservoirs du procédé entre eux afin de déplacer l'atmosphère d'azote d'un réservoir à l'autre lors du déplacement du liquide. Ce réseau est branché à un événement afin de libérer une surpression éventuelle dans le système. La vanne pneumatique 120-YV6 contrôle le passage des vapeurs entre le réservoir et ce réseau.
- Entrée pour recirculation : la vanne pneumatique 120-YV2, lorsqu'elle est ouverte, permet de retourner le produit dans le réservoir afin de maintenir un mouvement constant du mélange.
- Sonde de niveau : La sonde 120-LT permet de connaître le niveau du liquide dans le réservoir pour contrôler le procédé selon les besoins.
- Sonde de température : la sonde de température 120-TT sert à contrôler la quantité de vapeur à injecter dans la chemise pour atteindre la température désirée.
- Circuits de vapeur pour le chauffage : ces circuits sont contrôlés par les vannes pneumatiques 120-YV8 (ouverture/fermeture) et 120-TIC (modulante).
- Entrée d'acétone usée provenant des trempages d'autres réservoirs du procédé : Les réservoirs de décantation sont nettoyés par trempage d'acétone. La vanne pneumatique 120-YV9, normalement ouverte, permet de réacheminer cette acétone usée vers le réservoir 120-RES.

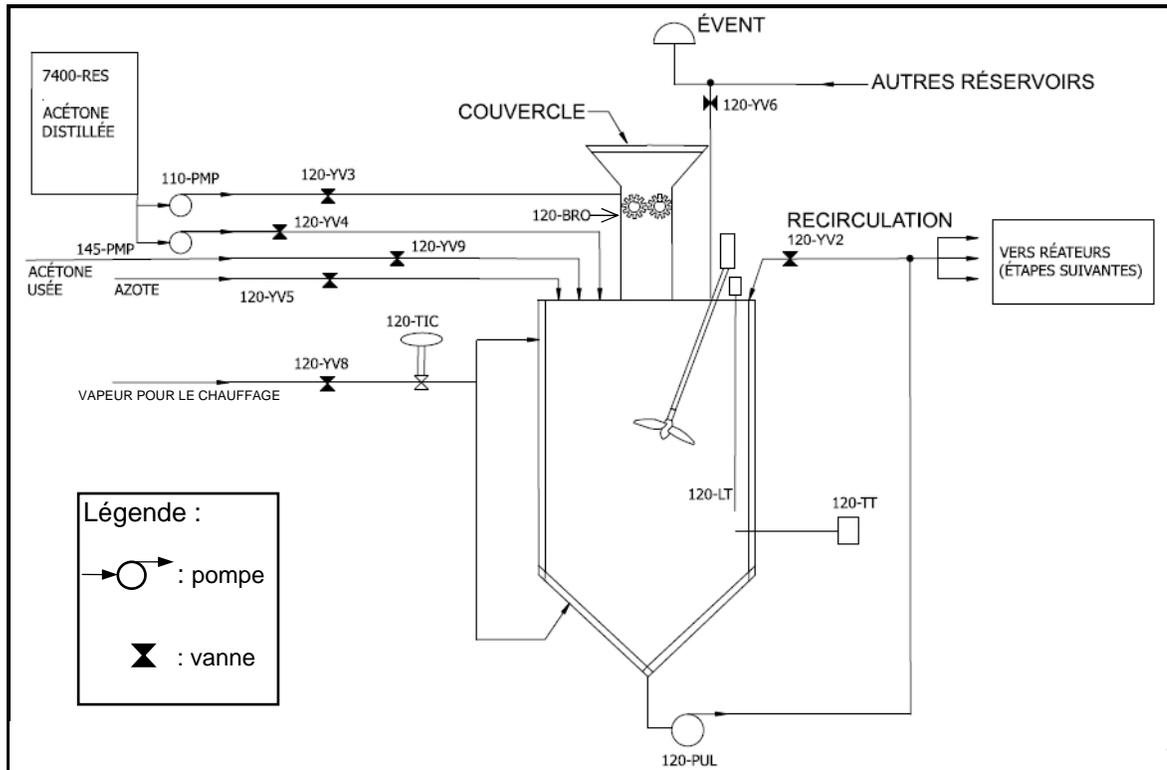


Figure 23 : Principaux éléments reliés au réservoir de mélange 120-RES

Au niveau des réservoirs de procédé, la norme NFPA 30-1996, énonce ce qui suit (nos surlignages):

5-10.2 *Protection en cas de surpression ou de dépression. Les réservoirs et l'équipement doivent comporter un événement indépendant en cas de surpression ou de dépression imputables à une défaillance du système de récupération ou de traitement des vapeurs...*

Les réservoirs du procédé de Neptune ne sont munis d'aucun événement indépendant. Le seul événement présent est installé sur le réseau de récupération des vapeurs. Or, la vanne entre le réservoir de mélange 120-RES et ce réseau est fermée juste avant l'opération de broyage (section 4.2.5.3. du présent rapport).

Le RSST, à l'article 93, établit que les réservoirs contenant des matières toxiques doivent être munis de dispositifs anti-débordement. **Le réservoir 120-RES, d'où s'est échappée l'acétone, n'est pas muni d'un tel dispositif.**

4.2.5.2 Système de contrôle

Le DCS utilisé par Neptune est un MERLE, de la compagnie 3. Le système est constitué, de façon simplifiée, d'un boîtier dans lequel est inséré un contrôleur qui inclut et exécute la programmation entrée ainsi que des cartes de communication sur lesquelles les différentes composantes du procédé sont branchées. Le système comprend :

- une station d'opération, située à la salle de contrôle et à partir de laquelle les travailleurs opèrent le procédé,
- une station d'ingénierie, à partir de laquelle la configuration peut être modifiée. Cette station est située dans un local séparé de la production, à l'avant du bâtiment.
- un « historien », qui garde en mémoire les conditions d'opération passées.

Toutes les composantes du système sont détruites lors de l'explosion et de l'incendie subséquent.

Le MERLE utilisé chez Neptune utilise un contrôleur de série « MX, » de type « simplex », c'est-à-dire qu'un seul contrôleur est disponible pour le système. Des contrôleurs de type « duplex », munis de deux contrôleurs, sont aussi disponibles chez le même fabricant. Dans ces systèmes, le deuxième contrôleur, qui est redondant, prend automatiquement la relève du premier en cas de défaillance de ce dernier. Ces défaillances peuvent être dues notamment à un problème avec le contrôleur lui-même ou à un problème de communication avec les cartes de signaux d'entrée et de sortie. Le remplacement de l'un ou l'autre des contrôleurs est aussi possible sans interrompre la production dans un système « duplex ».

À l'origine, le DCS de Neptune est équipé d'un contrôleur de type « MD ». Son remplacement est rendu nécessaire en raison d'une surcharge causée par un programme de contrôle devenu trop lourd au fil des modifications au procédé. Ainsi, le contrôleur bloque complètement (« crash ») le 21 mai 2012 à la suite d'une modification au programme de contrôle. Un rapport émis par un technicien de la compagnie 4 le 13 septembre 2012 révèle que le contrôleur donne des signes de faiblesse. Les 14 et 20 septembre 2012, le processeur tombe à nouveau en défaut de mémoire libre. À la suite de ces problèmes, le fournisseur prête un contrôleur de type MX, qui est installé le 25 septembre 2012 pour remplacer le contrôleur de série MD. Les contrôleurs MX ont une plus grande capacité de traitement de l'information et plus de mémoire disponible que ceux de type MD.

Afin de remettre au fournisseur le contrôleur qui lui a été prêté, Neptune se procure son propre contrôleur de type MX. Ce contrôleur est celui qui est installé par les employés de Neptune peu avant le redémarrage des opérations de broyage.

Pour effectuer le remplacement du contrôleur, la programmation de celui-ci est enregistrée sur la station d'ingénierie, le contrôleur MX en place est mis hors fonction (« désassigné ») et débranché. Ensuite, le nouveau contrôleur MX est branché, mis en fonction (« assigné ») et la programmation y est ensuite transférée.

Le manuel du fabricant du DCS indique, en ce qui concerne les remplacements de contrôleur, que ceux-ci devraient être évités lorsque que le procédé est en opération. Selon

la situation, le remplacement peut entraîner des perturbations dans les signaux d'entrée et de sortie. Celles-ci peuvent survenir en raison du fait que le nouveau contrôleur inclut les paramètres par défaut dans la configuration, et peuvent donc différer de ceux correspondant à la situation en cours dans le procédé.

Lors du remplacement du contrôleur, les personnes présentes tentent de rejoindre le chef d'équipe pour l'aviser de l'interruption du programme de contrôle. Ne parvenant pas à le joindre, ils procèdent tout de même au changement de contrôleur, sans connaître la situation du procédé à ce moment.

Des contrôleurs MERLE de type « SIS », pour « Safety Integrated System », sont aussi disponibles chez le même fournisseur. Ces contrôleurs sont spécifiquement prévus pour les applications où la sécurité est primordiale. Ils ont pour caractéristique d'être conçus pour surveiller le fonctionnement du contrôleur de procédé et d'en interrompre les commandes si une situation non-sécuritaire est détectée. En cas de problématique mettant la sécurité en cause, ils interrompent l'opération de façon sécuritaire. **Un tel dispositif est absent chez Neptune.**

4.2.5.3 Programmation

Le système de contrôle MERLE contient un programme de contrôle spécifique au procédé de Neptune. Ce programme consiste en une série de séquences et de conditions d'opération qui tiennent compte des étapes de production et des lectures des différentes sondes installées dans le procédé. Il est élaboré à partir de la station d'ingénierie par les électrotechniciens de Neptune. Une partie de la programmation est aussi faite, à l'occasion, en sous-traitance. L'étude des bons de travail disponibles nous révèle que des changements à la programmation sont, en très grande majorité, effectués dans la journée même ou le jour suivant la demande faite aux électrotechniciens. Ces demandes sont faites par les techniciens-opérateurs, les chefs d'équipe, les coordonnateurs ou un directeur. Elles peuvent aussi être faites par une personne du département d'assurance qualité.

La séquence de broyage, par exemple, compte 11 étapes. De façon simplifiée, pour le broyeur 120-BRO duquel le déversement s'est produit, ces étapes sont définies ainsi :

0. Initialisation : à cette étape, le programme est en attente d'un signal de départ pour passer à l'étape suivante, donc aucun changement dans le statut des composantes.
1. Vérification : le programme vérifie si une série de composantes déterminées sont en mode « cascade », c'est-à-dire qu'elles sont contrôlées uniquement par le programme.
2. Wait level, (attente) : fermeture des vannes d'acétone 120-YV3 et 120-V4 et vérification de l'état de quelques composantes.
3. PREFILL, (Pré-remplissage) : à ce stade-ci, les vannes d'entrée d'acétone 120-YV3 et 120-YV4 ouvrent et les pompes correspondantes amorcent le remplissage du réservoir de mélange 120-RES. La vanne 120-YV8 (vapeur pour le chauffage) est mise en mode « cascade ».

4. TEMP ATT LOT, (Attente et température) : les vannes 120-YV5, 120-YV3 et 120-YV4 se ferment et arrêtent les pompes d'acétone lorsque le niveau de pré-remplissage est atteint. Lorsque la température désirée dans le réservoir est atteinte, le témoin lumineux allume: le système attend alors que l'aide-technique démarre le broyeur en appuyant sur le bouton.
5. START BATCH, (Démarrage du lot) : en appuyant sur le bouton, le broyeur se met en marche et la vanne 120-YV6, menant au réseau de récupération des vapeurs muni d'un événement de surpression, ferme. L'aide-technique procède alors à l'introduction des blocs de krill congelé.
6. WAIT 110-PMP, (Attente du rinçage) : lorsque l'aide-technique a fini d'introduire les blocs de krill, il appuie de nouveau sur le bouton. La vanne 120-YV6 est ouverte et les vannes 120-YV3 et 120-YV4 sont fermées. Le programme vérifie que la vanne 120-YV4 n'est pas ouverte.
7. CLEAN 145, (Nettoyage 145) : si le niveau dans le réservoir est plus bas que ce qui est requis, le programme ouvre à nouveau les vannes 120-YV3 et 120-YV4. Lorsque le niveau est atteint, le broyeur s'arrête et les vannes 120-YV3 et 120-YV4 ferment.
8. WAIT TRANS RCT, (Vidange vers le réacteur) : le contenu est transféré vers l'un des réservoirs d'extraction, lequel est déterminé par la logique de contrôle (130-RCT, 133-RCT ou 135-RCT).
9. RCT TRANS, (Rinçage et transfert) : le programme ouvre la vanne 120-YV3 pour rincer le broyeur et effectue la vidange du réservoir 120-RES vers le réservoir d'extraction jusqu'à ce que la sonde de niveau ne détecte plus de liquide.
10. EMPTY TANK, (Vidange du réservoir) : le programme attend 20 secondes avant de fermer la vanne 120-YV3 et d'arrêter la pompe. La séquence retourne ensuite à l'étape initiale (*Initialisation*).

4.2.5.4 Expertises

Des équipements de production, provenant du secteur 100, sont prélevés par la CSST à la suite de l'explosion. Une expertise est commandée et effectuée sur ceux-ci. Ils consistent principalement en vannes pneumatiques et sondes. Les résultats de cette expertise ne nous permettent pas d'identifier de défaillance d'un équipement qui aurait pu conduire de façon certaine aux événements du 8 novembre 2012.

Une expertise a également été effectuée (Annexe D) sur une version du programme de contrôle qui a pu être récupérée. Cette copie de sauvegarde date du 15 août 2012. Il s'agit de la dernière version disponible, toutes les autres copies de sauvegarde ayant été détruites dans l'incendie suivant la déflagration. La portion du programme correspondant à l'opération des broyeurs, au secteur 100, a été étudiée plus spécifiquement. Une liste des modifications effectuées au programme indique que ce sont surtout les secteurs 300 et 400 qui ont été touchés par des changements et nous permet de conclure que, dans l'ensemble, la version analysée est représentative des activités au secteur 100 telles qu'elles se déroulaient juste avant l'accident.

Les conclusions de cette expertise nous permettent de retenir les points suivants, au sujet de certaines composantes reliées au réservoir de mélange 120-RES, et qui peuvent mener ou contribuer à un déversement accidentel d'acétone :

- Vanne 120-YV3 (entrée d'acétone au broyeur, provenant de la pompe 110-PMP) :
 - Il n'y a aucun capteur de position sur cette vanne. Conséquemment, le DCS affiche l'état de la pompe en fonction de la dernière commande envoyée plutôt que de la lecture de l'état réel de la vanne. Ainsi, une défaillance de la vanne ne peut être détectée par le DCS.
 - L'envoi d'un signal d'ouverture à la vanne 120-YV3 envoie également un signal de démarrage à la pompe 110-PMP. La position physique réelle de la vanne n'a aucune influence sur le fonctionnement de la pompe 110-PMP.
 - La vanne ferme et un signal d'arrêt est envoyé à la pompe 110-PMP si la sonde de niveau 120-LT détecte un niveau supérieur à 2550 litres dans le réservoir 120-RES. Toutefois, si la vanne demeure « collée » en position ouverte en raison d'une défaillance et que la 110-PMP est sollicitée ailleurs dans le procédé, rien n'empêche le sur-remplissage du réservoir 120-RES.
 - La sonde de niveau 120-LT est la seule dans le réservoir 120-RES. En cas de défaillance de celle-ci, il y a absence de contrôle du niveau d'acétone dans le réservoir.

- Vanne 120-YV4 (remplissage d'acétone par la pompe 145-PMP) :
 - La description dans la configuration de la vanne indique *confirmation de fermeture vanne 120-YV* [sic] alors qu'il s'agit en fait d'une confirmation d'ouverture. Toutefois, la programmation de cette séquence confirme bien les opérations d'ouverture.
 - Un seul capteur de position est présent sur cette vanne. Il s'agit du capteur de position ouverte. L'état sécuritaire de la vanne est la position fermée. Donc, en cas de défaillance du capteur lui-même ou du signal (dont le câblage) vers le DCS, la vanne pourrait demeurer « collée » en position ouverte et le DCS recevrait le signal à l'effet qu'elle est fermée. Un remplissage du réservoir pourrait alors se produire lorsqu'une demande de démarrage de la pompe 145-PMP est faite par un autre élément du procédé.
 - En cas de défaillance de la sonde de niveau 120-LT où celle-ci lirait un niveau plus bas que la réalité, un remplissage plus important que requis est possible.
 - La sonde de niveau 120-LT est la seule disponible dans le réservoir 120-RES. En cas de défaillance, il y a absence de contrôle du niveau d'acétone dans le réservoir.
 - Cette vanne ferme si la sonde de niveau 120-LT détecte un niveau supérieur à 2550 litres dans le réservoir 120-RES. Toutefois, cette commande n'est pas transmise dans le cas où le capteur de position est défectueux et que la vanne demeure inopportunément ouverte (« collée » en position ouverte).
 - Comme cette vanne est la seule sur cette canalisation d'entrée d'acétone, elle pourrait faire défaut en position ouverte alors que le capteur de position

ne la détecte pas. L'ajout d'une deuxième vanne en série permettrait d'ajouter un niveau de sécurité.

- Vanne 120-YV6 (conduisant à l'évent du réseau de récupération des vapeurs) :
 - Cette vanne ne dispose d'aucun capteur de position pour en connaître l'état réel.
 - Cette vanne est reliée au réseau de récupération des vapeurs. Ce réseau est la seule issue de mise à l'air libre en cas de surpression dans le réservoir 120-RES.
 - Lors de l'étape de remplissage initial du réservoir 120-RES, cette vanne ferme. Il n'y a à ce moment aucun point de sortie pour une éventuelle surpression dans le réservoir. La seule issue est l'ouverture du broyeur lorsque le couvercle est ouvert.
 - Si la sonde de niveau détecte un volume de plus de 2550 litres (haut niveau) dans le réservoir 120-RES, la programmation ferme cette vanne. Dans le cas où aucun autre point de sortie n'est ouvert, la fermeture de cette vanne a pour effet de faire augmenter la pression dans le réservoir de façon incontrôlée alors que ce réservoir est conçu pour travailler à pression atmosphérique seulement.

- Vanne 120-YV8 (ouverture/fermeture de vapeur pour le chauffage) :
 - Il est nécessaire d'ouvrir cette vanne pour calibrer le module qui contrôle le signal d'ouverture de la vanne de régulation TIC-120 en fonction de la température.
 - L'état de la séquence d'extraction n'est pas pris en compte lors du démarrage d'un lot. La position de la vanne n'est modifiée qu'en fonction des étapes de la séquence décrite plus haut. Elle peut donc demeurer ouverte si elle est laissée en mode manuel, tel que cela peut être le cas lors d'un réétalonnage.
 - En conditions d'opération normales, l'ouverture de cette vanne ne peut s'effectuer si la température à l'intérieur du réservoir 120-RES excède 25°C ou si la présence d'acétone est détectée dans l'usine.
 - Les données de température, de pression et de niveau de liquide à l'intérieur du réservoir ne sont pas utilisées pour forcer la fermeture de cette vanne en cas de dépassement.

- Vanne TIC-120 (régulation de vapeur pour le chauffage) :
 - Cette vanne sert à doser la quantité de vapeur à envoyer dans les chemises de chauffage du réservoir en fonction de la cible de température
 - Cette vanne ne suit la logique de contrôle que si elle est en mode *Auto*.
 - Il n'y a pas de vérification de la position de cette vanne lors du démarrage d'un lot. Ainsi, si elle est placée en mode manuel, elle y demeure tant que le mode n'est pas modifié par le programme ou l'opérateur.

- Si la vanne 120-YV8 est ouverte en mode *Auto* ou manuel et que la vanne TIC-120 est en mode manuel, la vapeur peut chauffer le réservoir 120-RES sans régulation de température.
- Vanne 120-YV9 (entrée d'acétone usée) :
 - Cette vanne n'est pas présente dans le programme analysé car elle a été ajoutée par la suite
 - Cette vanne demeure généralement ouverte et achemine l'acétone ayant servi au nettoyage (par trempage) de réservoirs de décantation situés plus loin dans le procédé en passant par une pompe à diaphragme. Sa fermeture ne s'effectue que lorsque la séquence est désactivée ou que le broyeur est en fonction.
 - Une note interne transmise aux équipes de production indique que l'acétone est dirigée vers le broyeur alors qu'elle est en réalité dirigée directement dans le réservoir 120-RES.
 - Selon la même note, cette vanne ferme lorsque la séquence est arrêtée, que le broyage est en cours, que le niveau d'acétone est atteint ou que le réservoir est en vidange.
- Pompe 110-PMP (acétone entrant dans le broyeur) :
 - Cette pompe amène l'acétone distillée provenant du réservoir 7400-RES situé à l'extérieur en passant par la vanne 120-YV3.
 - Le signal d'état de la pompe, affiché à l'écran de contrôle, est basé sur la dernière commande envoyée; il n'y a pas de détection du fonctionnement de celle-ci. En cas de défaut de la commande de sortie qui contrôle la pompe, par exemple une perte du signal d'arrêt, celle-ci peut donc fonctionner sans que l'opérateur à la salle de contrôle ne le sache.
 - Un seul signal est utilisé par le DCS pour détecter si cette pompe est en mode « local », c'est-à-dire contrôlée directement de la salle électrique, ou « remote », c'est-à-dire que le DCS en a le contrôle. La position « remote » est celle qui est détectée par ce capteur. En mode « local », la pompe fonctionne en continu et son icône apparaît noir à l'écran pour indiquer que le DCS n'en a pas le contrôle.
 - La pompe fonctionne principalement à partir de commandes qui lui sont envoyées provenant de différentes étapes du procédé. Pour le réservoir 120-RES, elle fonctionne en esclave de la vanne 120-YV3, c'est-à-dire qu'elle démarre si cette vanne reçoit un signal d'ouverture et ferme lorsque cette même vanne reçoit un signal de fermeture. La vanne 120-YV3 ne possédant pas de capteur de position, la pompe réagit en fonction du dernier signal envoyé par le programme à celle-ci et non pas de sa position réelle.
 - Si la vanne 120-YV3 bloque en position ouverte et que la pompe 110-PMP est sollicitée ailleurs dans le procédé, il y a remplissage du réservoir 120-RES. Dans un tel cas, la mesure de niveau dans le réservoir n'a aucun impact sur le fonctionnement de la pompe et cette dernière continuera de fonctionner même en cas de débordement.

- Cette pompe peut aussi fonctionner en mode manuel, outrepassant ainsi les conditions (*interlocks*) de fonctionnement du procédé.
- Pompe 145-PMP (acétone de remplissage du réservoir) :
 - Cette pompe amène l'acétone distillée provenant du réservoir 7400-RES situé à l'extérieur en passant par la vanne 120-YV4.
 - Le signal d'état de la pompe affiché à l'écran de contrôle est basé sur la dernière commande envoyée; il n'y a pas de détection du fonctionnement de la pompe. En cas de défaut de la commande de sortie qui contrôle la pompe, celle-ci peut donc fonctionner sans que l'opérateur à la salle de contrôle ne le sache.
 - La pompe fonctionne principalement en esclave de la vanne 120-YV4 et d'autres vannes dans le procédé. Ses signaux de démarrage et d'arrêt ne lui sont donc pas adressés directement; la pompe réagit en fonction des commandes envoyées par le programme aux vannes du même circuit.
 - Un seul signal est utilisé pour détecter si cette pompe est en mode « local », c'est-à-dire contrôlée directement de la salle électrique, ou « remote », c'est-à-dire que le DCS en a le contrôle. La position « remote » est celle qui est détectée par ce capteur. En mode « local », la pompe fonctionne en continu et son icône apparaît noir à l'écran pour indiquer que le DCS n'en a pas le contrôle.
 - Cette pompe peut aussi fonctionner en mode manuel. À ce moment, tout comme la pompe précédente, les conditions programmées (*interlocks*) ne sont pas prises en compte.
- Arrêts d'urgence :
 - L'expertise a permis d'identifier la présence de trois dispositifs d'arrêt d'urgence : un pour le broyeur 120-BRO, un autre pour la pompe 145-PMP et un dernier à la salle d'opération.
 - Chacun de ces boutons d'arrêt d'urgence fait appel uniquement à une séquence programmée pour la mise en arrêt des équipements, c'est-à-dire que l'activation du bouton enclenche une séquence programmée.
 - Deux de ces boutons sont branchés à l'aide d'un contact ouvert. Dans un tel cas, en cas de bris du câblage, par exemple, le problème demeure ignoré par le système et le bouton devient non-fonctionnel. Ce dispositif n'est pas considéré comme étant à l'épreuve des défaillances (*fail-safe*).
 - Les trois boutons sont tous branchés par l'intermédiaire d'un seul contact, donc sans redondance.
- Constatations générales et bonnes pratiques :
 - Les conditions de fonctionnement (*interlocks*) devraient être surveillées en tout temps afin de contrôler les situations à risques et ce même hors des séquences programmées. **Plusieurs composantes peuvent être activées en mode manuel, soit à la salle de contrôle ou à la station d'ingénierie. De façon générale, dans le procédé de Neptune, le mode manuel permet de contourner les conditions de fonctionnement (*interlocks*) du système.**

- Les sondes de niveau sur un procédé critique devraient être équipées de redondance. **Les sondes des réservoirs de mélange de Neptune sont simples, sans redondance.**
- Des capteurs de position pour les vannes d'acétone devraient être installés, minimalement pour la position sécuritaire de ces vannes, afin de confirmer sans risque d'erreur que celles-ci sont fermées. **Dans le procédé de Neptune, certaines vannes sont équipées d'un capteur pour la position non-sécuritaire seulement. D'autres fonctionnent complètement à l'aveugle, c'est-à-dire sans capteur.**
- Les vannes d'entrée d'acétone devraient être installées en redondance afin de réduire les risques en cas de mauvais fonctionnement de l'une d'elles. **Dans le procédé de Neptune, toutes les vannes d'entrée d'acétone installées sont simples; en cas de blocage de la vanne en position ouverte, un remplissage intempestif est possible.**
- Les arrêts d'urgence devraient être branchés en redondance, c'est-à-dire avec deux contacts normalement fermés. De plus, ils doivent être intégrés à un système de surveillance indépendant et conçu pour une application de sécurité (de type *SIS*). **Les arrêts d'urgence du procédé de Neptune sont tous branchés sur un seul contact par l'intermédiaire du DCS, qui n'est pas conçu pour une application de sécurité. En plus, certains utilisent un contact normalement ouvert, qui ne peut être détecté en cas de défaillance.**
- Un capteur de pression devrait être installé sur les réservoirs susceptibles d'être pressurisés par la nature du procédé, afin de pouvoir les protéger contre une surpression éventuelle. **Les réservoirs de mélange de Neptune ne disposent d'aucun capteur de pression.**
- Un événement de sécurité doit être installé sur des réservoirs conçus pour travailler à pression atmosphérique, pour éviter une surpression pouvant mener à une rupture du réservoir. **Les réservoirs de mélange du procédé de Neptune sont conçus pour travailler à pression atmosphérique et ne sont munis d'aucun événement de sécurité.**
- Les détecteurs présents et installés doivent être utilisés pour la programmation. **Certains capteurs installés sur les réservoirs de mélange sont disponibles mais ne sont pas intégrés à la programmation pour le contrôle du procédé. C'est le cas notamment des données de la sonde de température et de la sonde de niveau de liquide dans le réservoir 120-RES, qui ne sont pas utilisées pour le contrôle de la séquence du point de vue sécuritaire.**

4.2.6 Incidents antérieurs

Des anomalies dans le fonctionnement prévu du procédé ont pu être retracées. Plus particulièrement, des problèmes reliés au fonctionnement des composantes du procédé, aux séquences programmées ainsi qu'aux déversements d'acétone ont été répertoriés.

4.2.6.1. Vannes « collées »

Pendant l'été 2012, de nombreux blocages de vannes ont eu lieu. En août 2012, la vanne 120-YV3 bloque en position ouverte à la suite d'une contamination d'eau ou d'huile dans son module de commande pneumatique. Le 21 octobre 2012, la vanne 200-YV3 bloque aussi en position ouverte pour les mêmes raisons. C'est la cinquième fois que ce problème survient sur cette vanne depuis l'été. La dernière occurrence remonte à neuf jours auparavant. Un électrotechnicien mentionne dans un courriel qu'une défektivité de cette vanne peut entraîner un déversement d'acétone, que cette situation est déjà survenue et qu'un travailleur a été aspergé d'acétone à cette occasion.

4.2.6.2. Perte de contrôle des séquences du procédé

Quelques séquences du contrôle de procédé ont aussi connu des ratés dans le passé. Principalement, ces problèmes sont rencontrés lors des changements au procédé.

En juin 2012, le fonctionnement des séquences d'extraction du DCS a bloqué. Ce blocage est survenu après que les séquences eurent été mises en pause et que le moteur du broyeur eût été cadennassé. Comme les membres de l'équipe de production ignoraient quoi faire pour débloquent le programme, il a fallu l'intervention d'un électrotechnicien pour redémarrer les séquences.

Lors d'un arrêt planifié en septembre 2012, le redémarrage de la production est fait avant que les modifications aux séquences et adressage des composantes soient complétées dans le DCS. Il s'en suit de nombreux problèmes de séquences nécessitant une intervention de l'équipe de production pour garder le contrôle du procédé.

Au début septembre 2012, lors de la mise en place du nouveau décanteur, les séquences de contrôle ne sont plus à jour et causent différents problèmes. Entre autres, lors du remplissage d'acétone d'un réservoir, la vidange d'un autre réservoir démarre de façon imprévue alors que cette fonction n'a pas été sélectionnée. Par la même occasion, à cette date, un chef d'équipe demande si la programmation du fonctionnement des boutons d'arrêt d'urgence a été modifiée pour tenir compte des changements dans l'usine. Un électrotechnicien lui répond par courriel, avec copie à la direction, que ce sera fait plus tard. **Selon les informations recueillies, rien ne nous indique que cette programmation ait été modifiée en date du 8 novembre 2012.**

Notons ici que le réservoir qui s'est vidangé de façon imprévue, dont il est question dans le paragraphe précédent, fait partie de la séquence de décantation. Il s'agit de la même séquence que le chef d'équipe en service lors de l'accident s'est étonné de voir réinitialisée lors du cadennassage de la pompe d'acétone. En date de l'accident, la vidange de ce réservoir de décantation, à la suite d'un nettoyage (par trempage), se fait notamment vers le réservoir 120-RES en passant par la vanne 120-YV9 (acétone usée).

4.2.6.3. Déversements d'acétone antérieurs

Des déversements importants d'acétone sont déjà survenus au cours des dernières années dans la zone de production, notamment dans le secteur 100. Certains ont pu être répertoriés.

En 2009, le réservoir de stockage 150-RES déborde en raison d'une sonde de niveau qui se salit. Le débordement se fait par l'ouverture du couvercle, au niveau du joint d'étanchéité. Une deuxième sonde de niveau est ensuite ajoutée sur ce réservoir afin d'éviter qu'il ne déborde à nouveau.

En 2011, le réservoir 185-RES, qui recevait alors l'acétone usée de nettoyage (trempage) des autres réservoirs du procédé, déborde parce qu'une consigne de ne pas le vider avait été donnée et que celui-ci avait été placé en mode *Auto* plutôt qu'en mode « cascade ». L'équipe de soir n'ayant pas été avisée de ce changement, le remplissage s'est poursuivi pendant son quart de travail jusqu'à ce que le réservoir déborde.

En juillet de la même année, un important déversement d'acétone se produit, à la suite d'un entretien, en raison d'un joint d'étanchéité, situé entre le broyeur et le réservoir 120-RES, qui se déplace. Un mécanicien d'usine est alors coincé sur la passerelle du broyeur et ne peut redescendre à cause du déversement trop important. À cette occasion, le détecteur d'atmosphère explosive dans l'usine émet un signal et l'opérateur à la salle de contrôle arrête manuellement la pompe d'acétone.

Au printemps 2012, un aide-technique, se retrouve aussi coincé sur la mezzanine du broyeur lors d'un débordement d'acétone par l'ouverture de celui-ci. À cette occasion, le débordement est causé par la mauvaise communication entre le chef d'équipe et le technicien en instrumentation; le technicien en instrumentation travaille sur le programme de contrôle, à la station d'ingénierie, au même moment où la séquence de remplissage est en cours. La perturbation de la séquence de contrôle entraîne le débordement. Ce déversement est arrêté par le chef d'équipe à la salle de contrôle lorsque l'aide-technique l'avise du débordement.

Outre les déversements majeurs, plusieurs travailleurs nous signalent qu'il est fréquent que de l'acétone se répande, de façon moins importante, dans la salle de production. Les documents reçus de l'employeur nous permettent de relever entre autres, dans l'année précédant la déflagration, les déversements suivants :

- Le 29 octobre 2011, une petite fuite d'acétone se produit à la sortie de la vanne 120-YV3 alors que cet équipement n'est pas en fonction. On mentionne aussi que le repère sur cette vanne est absent et qu'il est impossible de voir si elle est assemblée correctement.
- Événement 2012-002, 07 janvier 2012 : *Vannes ouvertes sur une ligne provisoire d'acétone. Vanne automatique 135-YV3 était défectueuse en position ouverte ce qui fait qu'à chaque départ de la 145-PMP, de l'acétone était envoyé au 135-RES (désactivé actuellement). Croyant à une défectuosité, il y a eu débordement. La vanne 135-YV3 a été remplacée (25-janv-12)*
- Événement 2012-009: *Acétone dans le visage*

- Événement 2012-026, 23 mars 2012 : *Déversement d'acétone en rinçant les barils. Glisser sur l'acétone et cogné la jambe en tombant (ecchymose)*
- Événement 2012-044 : *Lors de la vidange du 310, une série d'évènements a mené à un déversement de 100 litres d'acétone.*
- 28 juin 2012 : *Perte de 10 l de mélange huile-acétone car il y avait encore de la pression lorsque l'employé a voulu récupérer le produit sur le filtre.*
- Événement 2012-084 : *Acétone dans les yeux lors d'un travail à la 145-PMP*
- Événement 2012-088 : *Vanne mal fermée occasionnant une fuite d'acétone (1L)*
- Événement 2012-097 : *Vanne qui s'est ouverte pendant le changement de cartouches et l'employé a été aspergé d'acétone.*
- Événement 2012-104B, 09-sept-12 : *L'employé avait une manipulation à effectuer sur un réservoir. Il croyait que le réservoir était vide mais ce n'était pas le cas, il y a eu une mauvaise communication entre collègues. L'employé a essayé de fermer la vanne mais il n'a pas réussi. Il a perdu pied et a reçu de l'acétone dans les yeux.*
- Arrêt planifié du 17 septembre 2012 : *acétone encore présente dans la tuyauterie à démonter à la suite de l'arrêt (canalisations qui devaient être purgées) et déversement d'acétone au démarrage de la production où quelqu'un aurait pu être aspergé .*
- Événement 2012-111, 28-sept-12 : *En purgeant l'air du filtre 210, l'employé a reçu de l'acétone dans les yeux malgré le port de lunettes de sécurité.*

De ces incidents, selon les documents retracés, seul l'événement du 7 janvier 2012 (2012-002) a fait l'objet d'une mesure corrective.

4.2.6.4 Arrêts d'urgence

Quatre boutons d'arrêt d'urgence sont présents dans l'usine : deux de ces boutons sont situés au niveau de la mezzanine des broyeurs, un est situé près de la porte de sortie arrière dans la salle de production et le dernier est placé près de la porte de sortie de la salle de contrôle. Le 20 janvier 2012, un chef d'équipe mentionne à la direction de l'usine qu'ils ont dû procéder à un arrêt d'urgence au broyeur 121-BRO un peu plus tôt dans la journée mais que le bouton d'arrêt d'urgence n'a pas fonctionné : l'arrêt a donc dû être fait à partir de la salle de contrôle.

Après des échanges pour clarifier la situation, M. II répond qu'il ne s'agit probablement que d'un problème avec le bouton. Il avise le chef d'équipe de demander aux aides-techniques de maintenir le bouton enfoncé pendant quelques secondes avant de le relâcher. Il demande aussi à être informé si le problème se produit de nouveau. Aucun autre suivi n'est retrouvé à ce sujet.

Trois jours plus tard, à la suite de cette communication, un technicien de la compagnie 4 avise M. II et l'électrotechnicien de Neptune que les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être câblés directement au panneau électrique.

Les différentes normes qui énoncent des principes sur la conception des arrêts d'urgence (notamment les CSA Z432, NFPA 79 et ISO 13850) font toutes référence au principe d'ouverture directe du contact électrique pour arrêter les équipements de façon sécuritaire.

En date de l'accident, tous les arrêts d'urgence du procédé sont branchés uniquement sur le DCS et font appel à une programmation pour leur activation.

La norme NFPA 30-1996 émet aussi une consigne concernant le fonctionnement des arrêts d'urgence :

5-10.7.8 Arrêt du système en cas d'urgence. Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être conçus pour se déclencher à une position sûre en cas d'interruption de l'alimentation (pneumatique ou électrique) normale ou de défaillance de l'équipement.

L'expertise effectuée sur le programme de contrôle (Annexe D) explique le fonctionnement de ces arrêts d'urgence de Neptune. **On y constate notamment que les arrêts d'urgence ne répondent pas à ces exigences** (section 4.2.5.4 du présent rapport).

La norme NFPA 30-1996, dicte ce qui suit :

5-12.6.3 Des marches à suivre doivent être établies pour l'interruption sécuritaire de l'exploitation en cas d'urgence. Des dispositions doivent être prises pour assurer périodiquement la formation ainsi que l'inspection et l'essai des alarmes, des dispositifs d'interverrouillage et des commandes connexes.

Dans les instants précédant la déflagration, au moment où le déversement d'acétone est hors de contrôle, le coordonnateur de production actionne le bouton d'arrêt d'urgence situé près de la porte de la salle de contrôle. Au moment d'appuyer sur ce bouton, il en ignore le fonctionnement mais l'actionne tout de même en se disant que cela ne pourra pas aggraver la situation. Le déversement de liquide se poursuit même après l'activation de ce bouton. **La programmation reliée à ce bouton d'arrêt d'urgence est celle qui n'aurait pas été mise à jour à la suite des modifications impliquant la séquence de décantation.**

4.2.7. Organisation de la santé et la sécurité du travail

4.2.7.1 Mesures d'urgence

La norme NFPA 30-1996 énonce ce qui suit (nos surlignages):

5-11.4 Un plan d'intervention d'urgence écrit, compatible avec le personnel et l'équipement disponibles, doit être établi en prévision des cas d'urgence - incendie ou autres. Ce plan doit comprendre les points suivants.

a) Marche à suivre en cas d'incendie : notamment donner l'alarme, avertir le service d'incendie, évacuer le personnel, maîtriser et éteindre l'incendie.

b) Procédures et calendriers de tenue d'exercices d'incendie.

c) Nomination et formation de personnes chargées d'accomplir certaines tâches spécifiques. Leurs fonctions doivent être passées en revue au moment de leur nomination (étant donné que les responsabilités ou les types d'intervention peuvent changer) et chaque fois que des modifications de ces fonctions sont prévues.

d) Entretien du matériel de protection contre l'incendie.

- e) *Procédures d'arrêt ou isolation de l'équipement visant à limiter les déversements de liquide. Cette procédure doit comprendre la nomination de responsables chargés du maintien des fonctions critiques des installations ou de la mise hors service des procédés.*
- f) *Autres mesures destinées à assurer la sécurité des occupants.*

L'employeur est en possession d'un plan d'intervention en cas d'urgence. Une copie en est disponible à la salle de pause des employés. Ce document a été élaboré en 2002 afin de couvrir certains risques associés à l'établissement. Il a été révisé et mis à jour en avril 2007. Il dresse la liste des premiers intervenants de Neptune et des autres ressources internes et externes nécessaires à sa mise en application. Il comporte neuf chapitres portant sur différents aspects du plan.

Parmi les onze intervenants de Neptune qui y sont identifiés, six personnes ne sont plus à l'emploi en date de l'accident et une autre personne y travaille à temps partiel. Seulement deux des personnes encore à l'emploi de Neptune occupent le même poste que ce qui est indiqué au plan d'intervention d'urgence.

Au chapitre 6, on retrouve spécifiquement six descriptions d'intervention d'urgence :

1. *Menace à la vie, à la santé ou à la sécurité d'une personne*
2. *Panne d'électricité générale*
3. *Feu et/ou explosion*
4. *Déversement et/ou fuite de matière dangereuse*
5. *Menaces graves*
6. *Catastrophe majeure*

La situation #4, *Déversement et/ou fuite de matière dangereuse*, est définie de la manière suivante :

Un déversement ou une fuite liquide ou gazeuse est signalée à la salle de contrôle par une personne présente sur les lieux.

Il s'agit de la situation qui a été vécue lors de l'accident, lorsque l'aide-technique puis l'aide-opérateur mentionnent par radio portative qu'il y a un débordement d'acétone à la mezzanine des broyeurs.

Au niveau des procédures à suivre pour cette situation, les étapes suivantes sont énumérées :

1. *La salle de contrôle s'assure que le ventilateur d'urgence est déclenché si le déversement a lieu dans le secteur des réacteurs.*
2. *La salle de contrôle s'assure que le procédé est mis en arrêt d'urgence.*
3. *En dehors des heures normales d'affaires, la salle de contrôle contacte immédiatement le COU (NDLR : Centre d'Opération d'Urgence).*

4. À partir de ses propres observations ou sur la base des informations fournies par téléphone, le COU et/ou la salle de contrôle. :

- Évalue la gravité de la situation et si elle demande une évacuation du personnel ...

Lors des événements ayant mené à la déflagration, le procédé n'est pas mis en arrêt d'urgence par l'équipe de production à la salle de contrôle et l'évacuation du personnel est demandée par M. F, qui constate que le déversement d'acétone est hors de contrôle, jusque dans le corridor de la zone de production.

4.2.7.2 Prévention incendie

La norme NFPA 30-1996 traite de la sécurité incendie notamment de la manière suivante (nos surlignages):

5-11.2 Les opérations utilisant des liquides inflammables ou combustibles doivent être passées en revue afin de veiller à ce que les risques d'incendie et d'explosion découlant d'une défaillance des dispositifs de confinement fassent l'objet de plans de prévention et d'intervention.

5-11.3 Le degré de prévention et de protection contre le feu doit être établi par une étude technique des opérations ainsi que l'application de solides principes de lutte contre l'incendie et d'ingénierie de procédés. L'étude doit comprendre notamment les points suivants.

a) Analyse des dangers d'incendie et d'explosion des opérations.

b) Analyse des matières dangereuses, des produits chimiques dangereux ou des réactions dangereuses durant les opérations, et mesures de sécurité à prendre à leur égard.

c) Analyse des exigences de conception des installations spécifiées aux sections 5-3 à 5-7.

d) Analyse des exigences relatives à la manipulation, au transvasement et à l'utilisation des liquides spécifiés aux sections 5-3 à 5-7...

Le RSST stipule aussi, à l'article 35, que :

des exercices de sauvetage et d'évacuation doivent être tenus au moins une fois l'an. Ces exercices sont adaptés aux risques que présente l'établissement ainsi qu'à la nature des activités qui y sont exercées.

Aucun exercice d'évacuation n'a eu lieu au moins au cours des deux dernières années. Sur 60 travailleurs de Neptune présents sur place lors de l'accident, 36 sont à l'emploi depuis deux ans ou moins. On n'a réussi à dénombrer que deux exercices d'évacuation au cours des sept dernières années. Les travailleurs de la construction et autres sous-traitants présents sur les lieux n'ont reçu aucune information en ce qui a trait aux mesures de prévention liées aux activités de l'entreprise.

Le rapport préliminaire émis par la firme compagnie 2 et dont Neptune a copie mentionne que *l'établissement doit mettre en œuvre un plan de sécurité incendie qui est compatible avec la nature des risques présents dans ce bâtiment.*

Depuis l'installation de l'usine en 2002, le Service de prévention contre les incendies de la Ville de Sherbrooke a eu à intervenir 22 fois chez Neptune. La majeure partie de ces interventions est simplement due à un dysfonctionnement du panneau d'alarme incendie. Cependant, le 10 décembre 2011, un incendie se déclenche dans le local du filtre-presse. À cette occasion, comme c'est un jour de fin de semaine et que les bureaux sont fermés, la centrale de surveillance incendie rejoint M. OO chez lui pour l'aviser de la situation. **Ce dernier leur souligne alors, sans avoir préalablement parlé à quiconque à l'usine, qu'il s'agit probablement d'une fausse alarme et qu'il pas nécessaire que les pompiers se déplacent.** Ceux-ci se rendent tout de même sur place, où le feu a été maîtrisé par un travailleur à l'aide d'un extincteur.

4.2.7.3 Formation

Des formations sont données aux travailleurs de Neptune en ce qui concerne l'utilisation des chariots élévateurs, du SIMDUT et de l'ergonomie dans le cadre de leur travail. Des travailleurs ignorent la gravité des dangers liés à l'utilisation de l'acétone. Les travailleurs sont informés des changements au procédé par courriel.

Les travailleurs de la construction et les autres visiteurs présents sur place ne reçoivent aucune formation quant aux dangers présents et aux mesures à prendre en cas d'urgence.

4.2.7.4 Identification et élimination des risques

En septembre 2011, une chargée de projets adresse un courriel à M. OO et au directeur des opérations, dans lequel elle demande si l'entreprise peut se procurer une copie de la norme NFPA 30-1996. **Elle reçoit une réponse de la part de M. OO à l'effet que, selon lui, cette norme ne s'applique pas à eux et qu'il ne voit pas l'utilité de la commander.**

Outre les articles 5-11.2 et 5-11.3 cités plus haut, la norme NFPA 30-1996 traite de l'identification et l'élimination des risques de la manière suivante (nos surlignages) :

*5-11.5 La revue de la gestion des risques d'incendie menée conformément au paragraphe 5-11.2 doit être répétée **chaque fois qu'il se produit un changement significatif des risques d'incendie ou d'explosion.** Les conditions susceptibles de nécessiter un nouvel examen des risques comprennent notamment les suivantes.*

- a) **Changement d'un constituant d'un procédé.***
- b) **Changement d'une pièce d'équipement d'un procédé.***
- c) **Changement d'un contrôle de procédé.***
- d) **Changement de mode d'exploitation ou d'affectation.***

Chez Neptune, les changements de toute nature, que ce soit aux composantes du procédé, à sa programmation ou au bâtiment, sont réalisés sans évaluation du risque. L'employeur

ne dispose d'aucune étude de risques relativement à son procédé ou son bâtiment, ni aux modifications apportées à ceux-ci.

L'annexe I du RSST identifie les valeurs d'exposition maximale admissibles pour les travailleurs. Celle de l'acétone est de 500 ppm dans l'air. En date de l'accident, seuls les détecteurs d'atmosphère explosive sont présents dans l'usine. Ces détecteurs sont conçus pour donner un premier signal d'avertissement lorsqu'une concentration correspondant à 20% de la limite inférieure d'explosivité est atteinte, soit 5 400 ppm d'acétone. Il n'existe aucun détecteur en fonction pour mesurer le niveau d'exposition potentielle des travailleurs. L'employeur a déjà eu ce type de dispositif : il a été retiré neuf mois avant l'accident à la suite d'un bris. **L'employeur a jugé que son coût de réparation était trop élevé. Par conséquent, il n'a pas été remplacé.**

Le 17 septembre 2012, à la suite de l'arrêt planifié, un document est envoyé à la direction par un électrotechnicien. Ce document relate les difficultés rencontrées lors de cet arrêt. On peut y lire notamment les points suivants :

- **La nouvelle localisation des vannes dans le procédé n'était pas connue avant l'arrêt car aucun plan ou schéma n'a été communiqué aux travailleurs.**
- **Des vannes ont été changées d'endroit à la dernière minute.**
- **La mise en place d'un nouveau réservoir d'acétone distillée était mal documentée. Il a donc fallu modifier toute la programmation relative à cet équipement pendant que la production était redémarrée.**
- **Les vérifications d'usage n'ont pas pu être faites car la production a été redémarrée avant que la mise à jour du logiciel ne soit complétée.**

La Loi sur les ingénieurs définit les travaux qui font partie du champ de pratique des ingénieurs :

2. Les travaux de la nature de ceux ci-après décrits constituent le champ de la pratique de l'ingénieur:

[...]

c) les travaux électriques, mécaniques, hydrauliques, aéronautiques, électroniques, thermiques, nucléaires, métallurgiques, géologiques ou miniers ainsi que ceux destinés à l'utilisation des procédés de chimie ou de physique appliquée;

[...]

i) les ouvrages ou équipements industriels impliquant la sécurité du public ou des employés.

[...]

24. 1. Tous les plans et devis de travaux visés par l'article 2 doivent être signés et scellés par un ingénieur membre de l'Ordre ou par le titulaire d'un permis temporaire ...

Les travaux de modifications du bâtiment en 2002 et d'agrandissement en 2007, notamment, ont fait l'objet de plans signés et scellés par un ingénieur. Un ingénieur a également été impliqué dans l'installation initiale du procédé. Toutefois, aucun plan ou autre document provenant d'un ingénieur n'est retrouvé pour les modifications apportées au procédé. Ces modifications sont conçues à l'interne et approuvées par le directeur des opérations, le directeur d'usine et par le vice-président développement de projets à la maison mère de Laval. Les dessins, lorsque présents, sont effectués par le dessinateur industriel. **Aucune de ces personnes n'est membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec.**

4.3. Énoncés et analyse des causes

4.3.1. Les manquements dans la conception et le contrôle du procédé entraînent un déversement d'acétone incontrôlable lors du redémarrage des opérations.

L'automatisation des procédés de production permet à ses utilisateurs d'augmenter la productivité. Cette augmentation est possible par la programmation des séquences de travail définies relatives à des actions faites de manière plus ou moins récurrentes. La programmation appropriée permet aussi d'éliminer les erreurs humaines ou leurs conséquences en s'assurant que ces opérations sont exécutées de façon uniforme et répétitive. Toutefois, ces systèmes d'automatisation ont pour désavantage de ne réagir qu'en fonction de leur programmation et des données qui leur sont transmises. Ils peuvent ainsi créer de nouveaux types d'erreurs. D'un point de vue sécurité, la fiabilité de ces systèmes est donc critique. Ceci est d'autant plus vrai lorsque la nature des produits utilisés comporte des dangers inhérents. L'acétone, qui est utilisée comme solvant d'extraction dans le procédé de Neptune, présente un danger important de par sa toxicité, son inflammabilité et son explosivité.

Ainsi, la conception du procédé doit tenir compte des possibilités d'erreurs pouvant mener à un risque pour la santé et la sécurité des travailleurs. Dans le cas où le procédé perd le contrôle de la situation, ce qui en soi devrait être un événement exceptionnel, un dispositif doit permettre d'arrêter automatiquement les opérations en toute sécurité. L'analyse des composantes et du programme de contrôle du procédé nous a permis de constater que de nombreuses lacunes sont présentes au niveau de ses composantes et de sa programmation.

Nous avons constaté que de nombreux problèmes reliés au contrôle du procédé surviennent dans les mois précédant l'événement du 8 novembre 2012. Ces problèmes ont en commun le fait que le DCS ne reçoit pas toutes les données nécessaires pour avoir le portrait réel de ce qui se passe au niveau des équipements, soit en raison de la défaillance d'une composante ou d'un branchement, ou bien d'une mauvaise action du programme de contrôle. Cette dernière situation arrive lorsque la programmation n'est pas appropriée ou que le mode de fonctionnement est en mode manuel, donc hors du contrôle par le DCS.

Lors des événements ayant mené à la déflagration, les personnes présentes n'ont constaté aucune activité anormale au niveau du secteur de l'extraction sur les écrans de contrôle. Pourtant, selon les informations recueillies, une surchauffe de l'acétone dans le réservoir de mélange 120-RES a lieu. Cette surchauffe entraîne l'évaporation de l'acétone qui doit remplir le réservoir et, par conséquent, une augmentation de la pression à l'intérieur de celui-ci. La présence d'un brouillard visible dans la salle de production, alors même que les détecteurs d'acétone situés au niveau du sol n'ont pas encore sonné l'alarme, tend à confirmer cette situation. Effectivement, les vapeurs d'acétone sont généralement plus lourdes que l'air, mais elles peuvent prendre un certain temps à redescendre lorsqu'elles sont émises à la suite d'un bouillage. Par conséquent, ce n'est que lors de leur condensation qu'elles peuvent être détectées. L'analyse de la séquence de contrôle du secteur 100 nous révèle que certaines vannes ne sont pas réinitialisées en début de séquence. En effet, si elles sont manipulées directement par une personne, en mode manuel, les vannes demeurent dans le mode entré tant que la séquence programmée n'en prend pas le contrôle. Dans le cas spécifique des vannes de vapeur

pour le chauffage, leur mode d'opération n'est réinitialisé qu'après le début de la séquence de contrôle. Le réservoir peut donc être chauffé par la vapeur avant l'introduction de l'acétone. Celle-ci a une capacité thermique faible et un point d'ébullition relativement bas. Elle peut donc entrer en ébullition rapidement. Tout porte donc à croire que les vannes de vapeur pour le chauffage du réservoir 120-RES sont demeurées ouvertes. Ainsi, le réservoir peut être chauffé sans aucune régulation de température. Une programmation adéquate de la séquence de contrôle aurait réinitialisé le mode de fonctionnement afin d'en prendre le contrôle dès l'activation de la séquence. Elle aurait aussi utilisé la lecture de la sonde de température présente pour empêcher une surchauffe.

Tant que le réservoir 120-RES est à l'étape du remplissage, la surpression due à l'évaporation de l'acétone peut s'échapper par le réseau de récupération des vapeurs qui est muni d'un événement de surpression. Toutefois, dès que l'aide-technique appuie sur le bouton de démarrage du broyeur, la vanne menant à cet événement ferme. L'excès de pression, qui est en fait de l'acétone gazeuse, n'a pas d'autre issue pour s'échapper. Conséquemment, lorsque l'aide-technique défait l'attache du couvercle, une pression inhabituelle se fait sentir sur celui-ci, à un point tel que les travailleurs ne parviennent pas à le refermer. L'utilisation adéquate de la sonde de température déjà présente pour connaître la température interne du réservoir aurait pu alerter l'opérateur et ultimement arrêter automatiquement le procédé dès détection de la surchauffe. De plus, la présence d'un capteur de pression dans le réservoir aurait donné la possibilité au système de déceler et d'agir sur cette anomalie. La présence d'un véritable événement de mise à l'air libre indépendant, tel que requis par la norme NFPA 30-1996, aurait aussi permis à l'acétone de s'échapper par cette ouverture, diminuant ainsi d'autant la quantité relâchée par l'ouverture du broyeur.

Par ailleurs, les dispositifs de contrôle de la pression sont obligatoires lorsque le réservoir est conçu strictement pour opérer à pression atmosphérique, comme c'est le cas pour le réservoir 120-RES. Ce dispositif aurait aussi permis aux travailleurs de refermer le couvercle du broyeur pour éviter que les vapeurs s'échappent dans la salle de production. Le fait de sceller le réservoir en fermant la vanne 120-YV6, donc en éliminant le seul événement accessible, après le remplissage initial constitue un vice de conception. Cela permet en effet de pressuriser un réservoir non conçu à cette fin, ce qui est en soi une autre source de danger.

Selon la version des témoins entendus, de l'acétone liquide et froide s'échappe également par l'ouverture du broyeur. Cette acétone a notamment aspergé les travailleurs qui se trouvaient près de l'ouverture. À l'écran de contrôle cependant, les pompes d'acétone distillée utilisées pour le remplissage paraissent arrêtées. Par contre, il existe une autre source potentielle de remplissage : l'acétone usée ayant servi au trempage des réservoirs de décantation est elle aussi acheminée vers le réservoir de mélange. Cette opération fait appel à une pompe différente pour le transfert vers les réservoirs de mélange. Un problème au niveau de la séquence de décantation est survenu quelques semaines auparavant. À ce moment, à la suite d'un trempage, un réservoir de ce secteur a commencé à se vider de son acétone de façon intempestive. Lors du remplacement du contrôleur pendant l'arrêt de production, la séquence de décantation en cours a été réinitialisée. D'ailleurs, le chef d'équipe, n'ayant pas été mis au courant de ce remplacement, s'étonne que cette séquence soit perturbée. Il est possible que la réinitialisation de cette séquence ait initié une fois de plus une vidange imprévue vers le réservoir 120-RES. Le remplissage a alors lieu même si les pompes d'acétone distillée sont inactives. Selon les

informations recueillies, cette séquence n'est toujours pas incluse dans la programmation des arrêts d'urgence en date de l'accident. Par ailleurs, l'activation de l'arrêt d'urgence par le coordonnateur de production, lors des événements menant à la déflagration, ne permet pas d'arrêter le déversement de liquide. Malheureusement, la seule version de cette portion du programme de contrôle a été détruite lors de l'incendie. Il n'est donc pas possible de procéder à son analyse pour confirmer cette hypothèse.

D'autre part, les expertises effectuées démontrent que les moteurs des pompes d'acétone distillée ne disposent d'aucun capteur pour confirmer leur état de fonctionnement ou d'arrêt; l'état affiché à l'écran représente ce qui est attendu en fonction de la dernière commande envoyée par le DCS. Le statut réel des pompes peut donc différer. Dans un tel cas, la fermeture de la vanne entre la pompe et le réservoir demeure le seul moyen d'éviter un remplissage excessif. Cependant, nous avons constaté précédemment que l'usine a connu plusieurs cas, au cours des mois et semaines précédentes, de vannes qui demeurent bloquées en position ouverte à la suite d'une contamination de l'air comprimé. Dans cette situation, un capteur de position sur les vannes permet de confirmer leur position réelle. Autrement, le programme de contrôle assume que la vanne est dans la position désirée et une demande de démarrage en acétone provenant d'un autre secteur de production peut donc entraîner un remplissage intempestif du réservoir 120-RES. La plupart des vannes branchées sur le réservoir 120-RES ne sont munies d'aucun capteur de position. De plus, le capteur unique branché sur la vanne d'acétone de remplissage (120-YV4) ne permet pas de détecter l'état sécuritaire de cette dernière; en cas de défaillance du capteur, le signal qui paraît à l'écran de contrôle est qu'elle est fermée, peu importe sa position réelle. L'installation de vannes en redondance, soit plus d'une vanne pour remplir la même fonction, permet de diminuer le risque en cas de blocage de l'une d'elles.

Outre celles décrites plus haut, plusieurs situations pouvant conduire à des débordements potentiellement dangereux ne sont pas considérées dans l'exploitation du procédé. On peut notamment énumérer les points suivants :

- Il n'y a qu'une seule sonde de niveau pour le réservoir 120-RES. En cas de défaillance de celle-ci, seule une action manuelle de l'opérateur peut arrêter le remplissage du réservoir même en cas de débordement. Le réservoir 120-RES ne dispose non plus d'aucun dispositif anti-débordement prescrit par les règlements en vigueur. Ce dernier dispositif aurait permis d'éviter le débordement d'acétone hors du réservoir.
- Dans le cas où un niveau de plus de 2550 litres (*haut niveau*) est détecté dans le réservoir 120-RES, la programmation prévoit que la seule vanne d'évent disponible ferme. Ainsi, la seule issue potentielle pour l'acétone est l'ouverture du broyeur; si le couvercle est fermé et étanche, la pression augmente sans contrôle dans le réservoir, sinon il y a un débordement.
- Le mode manuel des composantes, dont les pompes, contourne les conditions de fonctionnement (interverrouillages) reliées aux composantes qui permettraient de détecter une situation anormale, telle qu'un niveau de liquide trop élevé. Par exemple, si une commande d'ouverture de vanne et de pompe est laissée en mode manuel, aucun système ne peut l'arrêter automatiquement, même en cas de débordement.
- Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont branchés de telle sorte qu'une défaillance peut demeurer non détectée et entraîner un non-fonctionnement de leur part lorsqu'ils seront sollicités. En cas de défaillance, un dispositif d'arrêt d'urgence doit arrêter le procédé. Tous

les arrêts d'urgence de Neptune passent par l'ordinateur qui contrôle le procédé. Dans le cas d'erreur ou d'oubli dans la programmation, ou si des signaux sont erronés, il est possible que ces arrêts ne remplissent pas leur fonction. Il a même été démontré qu'un arrêt d'urgence au niveau des broyeurs n'a pas fonctionné lorsqu'il a été sollicité dans le passé.

Les bonnes pratiques dans la conception de procédé dictent que les fonctions de sécurité soient assurées par un système de contrôle indépendant conçu à cette fin. Entre autres, la fiabilité de ses composantes doit être connue et testée et, en cas de mauvais fonctionnement, un arrêt forcé du procédé doit être effectué automatiquement. Chez Neptune, il n'y a aucun système de contrôle indépendant pour les fonctions de sécurité.

De plus, la programmation comporte différentes lacunes, certaines relatives à des commentaires qui se trouvent associés aux fonctions du programme, où l'on indique par exemple que la section du programme parle de confirmation de fermeture alors qu'il s'agit en fait d'une confirmation d'ouverture, d'autres relatives à une programmation inefficace qui rend le programme inutilement trop volumineux. Malgré le fait que certaines fonctions critiques ne soient pas programmées, par exemple la condition de température comme facteur de sécurité, la capacité (mémoire disponible) du contrôleur MD a été dépassée à quelques reprises, ce qui a occasionné des arrêts imprévus. Des modifications dans le but d'alléger le programme ont pu être faites pour régler la situation temporairement. Les ajouts suivants au procédé ramènent toutefois la même problématique. Ultimement, l'employeur a dû procéder d'urgence à une mise à niveau du contrôleur, en passant du type MD au type MX, pour remédier au problème de façon permanente.

En raison de la destruction de l'usine et des indices qui auraient pu nous indiquer clairement ce qui s'est passé, de même que la mort des témoins principaux, il est impossible de déterminer avec une certitude absolue le ou les éléments déclencheurs des événements ayant mené au déversement d'acétone. Cependant, il est clair qu'un procédé conçu et équipé adéquatement, en plus de disposer d'une programmation qui utilise les éléments nécessaires, aurait permis d'éviter ce phénomène imprévu. Les nombreux manquements dans la conception et le contrôle du procédé ont un lien direct avec la surchauffe et le déversement ayant mené à la déflagration.

Cette cause est retenue.

4.3.2. La classification et les aménagements du bâtiment sont en contradiction avec son usage principal.

Le Code national du bâtiment s'applique à la construction ainsi qu'aux agrandissements et aux transformations importantes des bâtiments. Il vise également la mise en conformité des bâtiments dont l'usage est modifié, en vue d'éliminer les risques inacceptables pour les occupants et le public. Les exigences concernant les mesures de sécurité en cas d'incendie varient selon l'usage des bâtiments.

De par la présence et la quantité de matière dangereuse dans le bâtiment de Neptune pendant les opérations de production, la classification du groupe F, division 1 s'applique. Cette classification correspond à un usage principal appelé « Établissements industriels à risques très élevés » en vertu du CNB-1985. De plus, la norme NFPA 30-1996, Code des liquides inflammables et combustibles, énonce aussi des principes à respecter quant à l'aménagement du bâtiment.

À partir du moment où l'acétone déborde et s'échappe d'une constituante du procédé, les aménagements du bâtiment jouent un rôle critique dans la prévention des risques. Lors des événements ayant mené à la déflagration, l'acétone liquide coule sur le plancher de la mezzanine des broyeurs et sort de la salle de production vers le corridor, en passant par l'ouverture sous les portes. Elle s'écoule au niveau inférieur par une ouverture en bordure du plancher de la mezzanine du corridor. C'est à ce niveau que l'explosion a lieu, un peu plus au nord dans le corridor du rez-de-chaussée.

Tout d'abord, le système de drainage doit permettre d'évacuer *dans un endroit sécuritaire les fuites de liquide*, tel que prescrit par la norme NFPA 30-1996. Ainsi, si le drain de la mezzanine remplit son rôle, l'acétone ne peut pas s'accumuler sur le plancher de la mezzanine des broyeurs. Ensuite, si les portes sont hermétiques, comme cela est requis notamment par le Code canadien de l'électricité, aucune ouverture n'est présente sous celles-ci; l'acétone ne peut donc pas se retrouver à l'extérieur de la salle de production. Finalement, une mezzanine conforme au CNB-1985 dans le corridor aurait une résistance au feu; il n'y aurait donc pas d'ouverture vers le bas en bordure de celle-ci, du côté opposé à la salle de production. C'est par cette ouverture que l'acétone descend au rez-de-chaussée. Dans ce cas, il faut évidemment aussi que la mezzanine au-dessus de l'atelier mécanique offre une résistance au feu, donc qu'elle soit isolée de l'étage. Autrement, l'acétone y coule et les sources d'allumage présentes y sont potentiellement nombreuses. Le plancher de la mezzanine au-dessus de l'atelier mécanique, aussi appelée mezzanine d'entreposage, est en fait constitué d'un caillebotis. Il est donc aussi ouvert vers le rez-de-chaussée.

Par ailleurs, comme le corridor n'est pas considéré comme un emplacement dangereux par l'employeur, l'appareillage électrique présent peut y générer une étincelle et devient une source d'allumage pour les vapeurs d'acétone à la suite du déversement. Deux salles classifiées classe 1, division 1, soient la salle du filtre-pressé et la salle de résidus du filtre-pressé, communiquent directement avec le corridor de production. Comme un emplacement non dangereux ne peut pas être immédiatement adjacent à un emplacement de classe 1, division 1, la classification du corridor doit être minimalement de classe 1, division 2, autant à

la mezzanine qu'au rez-de-chaussée. Ce corridor communique également avec la salle de production (classe 1, division 2) par trois portes non hermétiques. De plus, compte tenu que les déversements d'acétone sont fréquents dans la salle de production, ceux-ci doivent être considérés comme *normaux* au sens de la norme NFPA-497, et impliquer une classification de cette salle classe 1, division 1. Chacun de ces faits confirme la nécessité de la classification en tant qu'emplacement dangereux du corridor de production, minimalement classe 1, division 2.

Si le corridor avait été classifié comme il se doit, les sources d'allumage n'auraient pas été permises dans cette section du bâtiment; la présence d'acétone aurait ainsi été acceptable de façon occasionnelle et accidentelle. Par conséquent, la déflagration n'aurait pas eu lieu. L'employeur aurait pu prendre les mesures pour régler le problème.

En ce qui concerne les distances de parcours, les secteurs non-conformes correspondent aux endroits où plusieurs travailleurs ont subi des blessures. La distance de parcours plus grande que celle prévue par le CNB-1985 a contribué à augmenter la possibilité ou la gravité des blessures subies par les occupants. Les zones problématiques pour les issues de secours se trouvent principalement à l'étage, notamment la mezzanine des broyeurs qui aurait dû disposer de deux sorties. L'une d'elles aurait dû être une cage d'escalier d'issue, compte tenu que les distances de parcours de celle-ci excédait les 25 mètres requis en vertu de ce même Code. De plus, la norme NFPA-30 stipule entre autres que ces issues doivent être *aménagées de façon à éviter que les occupants ne demeurent emprisonnés en cas d'incendie*. L'aide-opérateur qui était dans le secteur de la mezzanine des broyeurs lors de la déflagration, a été épargné par le souffle initial. Toutefois, en l'absence d'escalier d'issue, la seule voie qui s'offrait à lui pour quitter le bâtiment l'obligeait à traverser les flammes. Cette situation lui a été fatale.

En raison de l'ébullition de l'acétone, l'atmosphère de la salle de production en est saturée. Ces vapeurs permettent d'atteindre la zone d'explosivité rapidement et les vapeurs peuvent se déplacer facilement, au gré de la ventilation. L'absence de sas pour contenir les vapeurs a pour effet de faire augmenter la concentration de vapeur d'acétone encore plus rapidement dans le corridor. La concentration critique pouvant mener à une déflagration est atteinte plus rapidement, diminuant d'autant le temps disponible pour évacuer le bâtiment. Il en va de même pour les portes de la salle de production; celles-ci demeurent parfois entrouvertes. C'est le cas au moment de l'accident. Les vapeurs peuvent donc passer de la salle de production au corridor de façon beaucoup plus rapide. Des portes hermétiques et bien fermées auraient pu éviter cette situation.

Il est reconnu que la présence de gicleurs dans un bâtiment joue un rôle majeur dans la diminution de l'intensité d'un incendie. Puisque la déflagration a précédé l'incendie, il est évident que leur présence n'aurait pu prévenir celle-ci. Cependant, nous pouvons en conclure que l'importance des blessures subies par l'aide-opérateur aurait pu en être diminuée.

La classification et l'aménagement appropriés du bâtiment selon son usage auraient permis d'éviter cet accident de diverses manières. D'abord, une capacité de drainage suffisante ainsi que la présence de seuils de porte, combinés à des portes hermétiques, auraient permis de contenir l'acétone liquide dans la salle de production. La présence de sas et le maintien des

portes de la salle de production fermées, en autant qu'elles soient hermétiques, auraient empêché les vapeurs et le liquide de s'échapper dans le corridor adjacent. De plus, advenant que l'acétone puisse tout de même se retrouver dans le corridor, aucune source d'allumage n'aurait pu y être présente s'il avait été classifié emplacement dangereux selon la réalité de l'établissement.

De plus, la présence d'issues de secours conformes aurait permis à l'aide-opérateur de fuir l'incendie sans avoir à traverser les flammes. Ces flammes auraient pu elles-mêmes être diminuées en intensité si des gicleurs avaient été présents.

Cette cause est retenue.

4.3.3. Les déficiences dans la gestion de la santé et de la sécurité génèrent des situations dangereuses, notamment lors de la conception ou des modifications effectuées par des personnes ayant des compétences inadéquates.

L'article 51 de la Loi sur la santé et la sécurité du travail définit les obligations de l'employeur. Celui-ci *doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur*. Cet article comporte aussi notamment des alinéas spécifiques aux aménagements des établissements, aux méthodes de travail, à l'identification et à l'élimination des risques, aux mesures de sécurité contre l'incendie, au matériel fourni aux travailleurs, à l'utilisation de matière dangereuse de même qu'à la formation des travailleurs.

De nombreuses lacunes à ces obligations sont observées chez Neptune.

C'est le cas, par exemple, en ce qui concerne les aménagements du bâtiment. L'absence de gicleurs, le nombre insuffisant de sorties des locaux, les distances de parcours trop longues vers les issues et l'absence de résistance au feu génèrent tous des situations dangereuses pour les travailleurs. L'absence de ces aménagements est directement en cause dans les blessures mortelles qu'a subies l'aide-opérateur qui a dû traverser les flammes pour fuir l'incendie.

Il en va de même pour la classification électrique incorrecte des emplacements dangereux et l'absence de portes hermétiques. L'employeur est au courant que la porte de sortie de la salle de production menant au corridor du rez-de-chaussée demeure parfois ouverte. Par ailleurs, les déversements d'acétone sont fréquents dans la salle de production. Plus spécifiquement, au moins deux de ces déversements majeurs ont eu lieu par l'ouverture du broyeur au cours des 14 mois précédents. L'employeur sait aussi que l'eau utilisée pour laver la mezzanine des broyeurs passe sous la paire de portes et se rend jusque dans le corridor. L'eau de lavage passe aussi sous le registre coupe-feu menant à la chambre froide et s'y écoule. Il est donc clair qu'en cas de débordement par l'ouverture du broyeur, l'acétone se retrouve dans le corridor non classifié comme emplacement dangereux. Une simple analyse de ces événements aurait mis en lumière le sérieux de la problématique et l'impératif de corriger la situation. La combinaison de ces deux phénomènes est exactement ce qui et a mené à la déflagration du 8 novembre 2012, avec les conséquences que l'on connaît. Si l'employeur avait agi comme c'est son obligation de le faire et avait corrigé cette situation, la déflagration n'aurait pas eu lieu.

Les modifications faites au bâtiment au fil des années ont aussi été réalisées sans tenir compte de leur impact. Par exemple, l'agrandissement de 2007 a eu pour effet d'augmenter les distances de parcours vers une issue de secours, tout comme l'agrandissement en cours au moment des événements. Malgré les exigences réglementaires de la norme NFPA 30, qui spécifient que *la revue de la gestion des risques d'incendie doit être répétée chaque fois qu'il se produit un changement significatif des risques d'incendie ou d'explosion*, aucune évaluation du risque n'est faite et aucun aménagement intérieur n'est mis en place pour respecter les dispositions du CNB. La revue des risques en fonction des modifications au bâtiment aurait mis en lumière les déficiences existantes.

La préparation du projet d'agrandissement en cours a débuté en 2011. L'employeur est en possession de trois avis d'experts ingénieurs externes concernant la construction du bâtiment devant abriter le procédé; une par le consultant engagé par Neptune, une par le conseiller en

gestion de risques de l'assureur et une autre par un sous-traitant de l'architecte. Chacune de ces études mentionne, entre autres, que le nouveau bâtiment devra être de construction F1 et muni de gicleurs. Or l'agrandissement, considéré comme un nouveau bâtiment, doit abriter une copie du procédé existant. Malgré le fait que l'employeur sache que le bâtiment existant n'est pas aménagé de cette manière, aucun correctif n'est apporté à celui-ci. S'il avait pris immédiatement action pour corriger la situation, l'accident aurait pu être évité.

Relativement au procédé, de nombreux changements sont apportés et ce, de façon continue. Ces changements pouvaient être majeurs, comme c'est le cas lors d'ajouts ou de remplacements d'équipements de production en vue d'augmenter la capacité de production, ou mineurs, tels que la modification des séquences de contrôle. En ce qui concerne les modifications à la programmation du contrôle de procédé, les demandes peuvent provenir de plusieurs personnes et sont faites directement aux électrotechniciens. Le plus souvent, la modification au programme est acceptée directement par l'électrotechnicien et est apportée très rapidement, soit au cours de la journée suivante. Aucun contrôle n'est exercé sur leur nécessité réelle ou les conséquences possibles sur le reste du procédé.

Évidemment, chaque changement a potentiellement un effet sur le fonctionnement global du procédé. Il est primordial de connaître la nature de ces effets afin de pouvoir en éliminer ou en contrôler les conséquences. C'est le but des analyses de risques : identifier les risques et les mesures à prendre pour les éliminer. Dans un contexte de procédé utilisant un produit dangereux, les bonnes pratiques de conception prescrivent qu'une telle étude doit être effectuée. La norme NFPA 30-1996 stipule d'ailleurs que ces *opérations doivent être passées en revue afin de veiller à ce que les risques (...) fassent l'objet de plans de prévention et d'intervention*. La même norme stipule aussi que cette revue de gestion des risques doit être répétée à chaque fois qu'un constituant, une pièce d'équipement, un contrôle ou un mode d'exploitation est changé. La façon de procéder de l'employeur démontre de manière générale l'empressement à vouloir compléter les tâches tout en omettant les erreurs ou problèmes potentiels.

Ce phénomène est d'ailleurs observé lors de l'arrêt de septembre 2012. À cette occasion, à la suite de modifications au procédé et d'une mise à jour logicielle du contrôleur, le redémarrage de l'usine est fait même si les séquences de contrôle du procédé n'ont pas encore été mises à jour. Des problèmes de contrôle des séquences en résultent. Heureusement, grâce à la vigilance de l'équipe de production, les problèmes sont détectés et peuvent être corrigés en cours de production. Malgré cela, l'employeur procède exactement de la même manière lors du redémarrage de l'usine le 8 novembre 2012. Le contrôleur du DCS est remplacé sans aviser le chef d'équipe et aucune vérification de l'état des séquences de contrôle n'est effectuée à la suite de ce remplacement. Il en résulte la situation que nous avons vue. Cette fois-ci, par contre, les problèmes sont plus complexes et les personnes présentes ne réussissent pas à reprendre le contrôle de la situation. Les conséquences des problèmes générés mènent à la catastrophe.

L'absence de toute forme d'analyse de risques chez l'employeur permet de conclure sans équivoque que cette pratique n'est pas mise en application. Les risques sont tout simplement ignorés. Si l'identification des risques avait été faite et que les mesures correctives avaient été prises, les nombreuses lacunes au procédé et au bâtiment auraient été éliminées.

Au moment de l'accident, le programme de mesures d'urgence (PMU) présent dans l'entreprise est périmé depuis quelques années. Malgré le fait que plusieurs modifications aient été apportées au procédé, au bâtiment et au personnel depuis sa dernière mise à jour, aucune révision n'en est faite. Bien que ce programme ne soit plus à jour, le déversement de matière dangereuse y est prévu; on y indique dans ce cas que le procédé doit être mis en arrêt d'urgence et que l'évacuation du personnel doit être demandée en cas de besoin. L'application des mesures prévues au PMU existant n'aurait pu empêcher les problèmes du procédé ni en permettre l'arrêt, et ce, en raison des nombreux manquements qui y sont présents. Toutefois, bien que périmé, la mise en application du PMU aurait permis d'aviser plus rapidement les travailleurs de la nécessité d'évacuer. Ainsi les blessures et décès auraient pu être évités.

Évidemment, pour que le PMU soit mis en application par les travailleurs, ceux-ci doivent en être informés. Lors des événements du 8 novembre 2012, personne n'a suivi les consignes prescrites au PMU. Selon les informations reçues, les travailleurs présents en ignoraient l'existence ou le contenu.

Les exercices d'évacuation doivent être tenus au moins une fois par année. Le but de ces exercices est de déterminer les difficultés qui peuvent survenir en cas d'urgence, par exemple les gens qui n'entendent pas l'avis d'évacuation ou qui attendent avant de sortir, notamment pour tenter de régler un problème. L'identification des difficultés particulières permet de trouver les solutions pour les éliminer. Ainsi, si de telles démarches avaient été faites, il serait apparu évident que le moyen d'aviser les personnes présentes est inadéquat. En effet, l'intercom ne peut rejoindre que les gens qui sont près d'un téléphone et seulement lorsque celui-ci n'est pas utilisé. De plus, si l'environnement est trop bruyant, le message est inaudible. Des travailleurs à l'étage avaient déjà avisé l'employeur de cette situation, dans un contexte autre que celui d'urgence. La situation est encore présente le jour de l'accident. Il est clair que l'élimination de ces situations aurait diminué, voire éliminé les lésions subies par les travailleurs. L'omission de l'employeur à s'assurer que les exercices d'évacuation obligatoires soient faits joue un rôle crucial dans les conséquences de cet accident.

L'employeur offre aux travailleurs de la formation sur la manière d'opérer le procédé. Un accent particulier est aussi mis sur les pratiques sanitaires de façon à maintenir la salubrité des installations. Pour ce qui touche aux aspects de sécurité, les travailleurs sont formés sur le programme de prévention propre à l'établissement. Or, celui-ci traite notamment de cadenassage, de chariots élévateurs et d'ergonomie. Il n'y a aucune disposition concernant les risques liés à l'acétone ou les analyses de risques. Il en va de même pour les arrêts d'urgence: les travailleurs connaissent la présence des boutons d'arrêt mais ignorent leur fonctionnement exact et les équipements qu'ils sont censés arrêter. Au niveau des dangers liés à l'acétone, plusieurs travailleurs savent qu'il s'agit d'un produit inflammable, mais peu en connaissent la dangerosité. C'est particulièrement vrai dans le cas des travailleurs de sous-traitants présents pour la construction de la nouvelle partie; ils ignorent même la présence d'acétone en tant que solvant utilisé dans le procédé. Ils sont donc encore plus vulnérables en cas d'urgence.

De façon plus générale, plusieurs faits recueillis nous démontrent que l'importance accordée par l'employeur à la santé et à la sécurité est faible. On peut en donner quelques exemples :

- Les défaillances d'équipements de production, telles que les vannes bloquées en position ouverte, étaient réglées en remplaçant la composante, sans obligatoirement se soucier de corriger l'origine du problème ou d'évaluer les conséquences que cela aurait pu entraîner.
- La banalisation des alarmes générées par le système de protection incendie; en 2011, M. OO demande d'annuler la visite des pompiers sans connaître la situation réelle, alors qu'il n'est pas sur place et qu'il y a réellement un incendie.
- Aucune action corrective n'est apportée pour corriger le fonctionnement et le branchement des boutons d'arrêt d'urgence après que le directeur des opérations ait été avisé que ceux-ci n'ont pas fonctionné lorsqu'on en a eu besoin et qu'un technicien d'un consultant lui ait mentionné ce qui devait être fait.
- L'application de la norme NFPA 30-1996 est obligatoire pour les établissements utilisant des matières inflammables. M. OO remet tout de même en question la demande de la part d'une travailleuse de se procurer une copie de cette norme. Pourtant, un document reçu de la firme d'ingénieurs retenue pour l'étude du projet d'agrandissement, datée de deux jours plus tard, mentionne clairement que les exigences de cette norme s'appliquent aux opérations de Neptune. Les rapports préliminaires du conseiller en gestion de risques de l'assureur et du sous-traitant de l'architecte pour l'agrandissement, reçus dans les semaines suivantes, y font aussi directement référence.
- L'employeur tolère que la production reprenne et se poursuive sans que les séquences d'arrêt d'urgence, bien qu'imparfaites, soient mises à jour.
- Il en va de même pour le redémarrage de la production à la suite d'un arrêt planifié : la production est reprise sans s'assurer au préalable que les séquences du procédé sont fonctionnelles.
- L'employeur, pour des raisons économiques, décide de ne pas remplacer l'appareil permettant de mesurer l'exposition des travailleurs aux vapeurs d'acétone. Aucun autre moyen n'est mis en place pour connaître l'exposition des travailleurs et s'assurer que les valeurs d'exposition admissibles ne sont pas dépassées.

Une gestion convenable des questions relatives à la santé et à la sécurité des travailleurs doit prendre toutes ces questions en considération. Les points mentionnés ci-haut démontrent bien que plusieurs aspects sont négligés, voire ignorés, dans la gestion de la santé et de la sécurité des travailleurs. Cette situation inadéquate a joué un rôle important dans la survenue de cet événement ainsi que dans la gravité des conséquences sur les travailleurs.

Une saine gestion de la santé et de la sécurité aurait permis de s'assurer que les nombreux changements effectués auraient été sous la supervision d'une personne compétente. Notamment, les nombreux changements au procédé, qui sont du champ de pratique réservée de l'ingénieur, sont faits par des non-ingénieurs. L'absence d'analyse de risques, l'inaction à la suite des problèmes connus du procédé, l'absence de mise en application de mesures d'urgence et la formation inadéquate des travailleurs sont tous des facteurs contributifs à ce qui se passe ce jour-là. La seule application de la norme NFPA 30 aurait permis d'éviter cet accident. L'urgence de produire prime sur la santé et la sécurité. La série d'omissions dans la gestion de la santé et de la sécurité de l'entreprise a mené à la déflagration ayant causé la mort des trois travailleurs et des blessures à de nombreux autres.

Cette cause est retenue.

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

Les causes suivantes sont retenues pour expliquer cet accident :

- Les manquements dans la conception et le contrôle du procédé entraînent un déversement d'acétone incontrôlable lors du redémarrage des opérations.
- La classification et les aménagements du bâtiment sont en contradiction avec son usage principal.
- Les déficiences dans la gestion de la santé et de la sécurité génèrent des situations dangereuses, notamment lors de la conception ou des modifications effectuées par des personnes ayant des compétences inadéquates.

Autres documents émis lors de l'enquête

À la suite de cet accident, une décision interdisant l'accès aux bâtiments subsistants est émise (RAP9074391, 10 novembre 2012). L'accès partiel à certaines parties du bâtiment est autorisé (RAP0723255, 15 novembre 2012) après qu'une expertise ainsi qu'une attestation de solidité ait été produite par un ingénieur en structures. L'accès complet aux bâtiments est autorisé après que l'employeur nous ait fourni la documentation attestant que la structure restante avait été réparée et était sécuritaire pour les occupants.

Une interdiction de démarrage du procédé d'extraction d'huile de krill a aussi été émise (RAP0726306, 30 novembre 2012). En vertu de cette décision, l'employeur ne peut redémarrer ses activités de production que sous certaines conditions.

L'autorisation de redémarrage du procédé d'extraction d'huile de krill sera accordée et la décision d'interdiction sera levée lorsque l'employeur se sera conformé à toutes ces exigences.

ANNEXE A
Liste des accidentés

Accidenté	Nom, Prénom	Sexe	Âge	Employeur	Fonction	Expérience	Syndicat
1 (décès)	M. AL	M	30	Neptune	opérateur	6 sem.	aucun
2 (décès)	M. AM	M	44	Neptune	Chef d'équipe	55 mois	aucun
3 (décès)	M. AO	M	43	Neptune	opérateur	6 mois	aucun
4	M. (A)	M	53	Neptune	production	14 mois	aucun
5	M. (B)	M	26	Neptune	opérateur	18 mois	aucun
6	M. (D)	F	30	Neptune	contrôle qualité	49 mois	aucun
7	M. (E)	F	34	Neptune		19 mois	aucun
8	M. (F)	M	29	Neptune	dessinateur	17 mois	aucun
9	M. (G)	M	38	Neptune	opérateur	8 mois	aucun
10	M. (H)	M	27	Neptune	expédition	6 mois	aucun
11	M. (I)	M	49	Neptune	électrotechnicien	6 mois	aucun
12	M. (J)	M	44	Neptune	électrotechnicien	6 mois	aucun
13	M. (K)	M	32	Neptune	chef d'équipe	90 mois	aucun
14	M. (L)	F	39	Neptune	ressources . humaines.	27 mois	aucun
15	M. (M)	F	46	Neptune	certification	17 mois	aucun
16	M. (N)	M	30	Neptune	électricien	29 mois	aucun

Accidenté	Nom, Prénom	Sexe	Âge	Employeur	Fonction	Expérience	Syndicat
17	M. (O)	M	37	Neptune	entretien	119 mois	aucun
18	M. (P)	M	45	Neptune	aide-technique	19 mois	aucun
19	M. (Q)	M	36	Neptune	entretien	4 mois	aucun
20	M..(S)	F	32	Neptune	contrôle qualité	47 mois	aucun
21	M. (T)	F	58	Neptune	assurance qualité	55 mois	aucun
22	M. (U)	F	27	Neptune	assurance qualité	17 mois	aucun
23	M. (V)	F	54	Neptune	aide-technique	4 mois	aucun
24	M. (W)	F	47	Neptune	aide-technique	3 mois	aucun
25	M. (X)	M	57	Neptune	recherche	109 mois	aucun
26	M. (Y)	F	29	Neptune	recherche	45 mois	aucun
27	M. (Z)	M	35		soudeur	26 mois	aucun
28	M. .AB	M	28		télécommu- nications	6 ans	aucun
29	M. .AC	M	42		peintre	41 mois	CSN
30	M. .AD	M	44		plombier	6 nas	SQC
31	M. .AE	M	26		plombier	4 ans	SQC
32	M. .AF	M	32		plombier	8 ans	CSD

Accidenté	Nom, Prénom	Sexe	Âge	Employeur	Fonction	Expérience	Syndicat
33	M. AG	M	47		plombier	9 ans	CSD
34	M. AH	M	53		électricien	8 ans	FTQ (FIPOE)
35	M. AI	M	45		contremaître	9 mois	CPQMC
36	M. AJ	M	48		contremaître	18 ans	CSD
37	M. AK	M	47		soudeur	6 ans	CPQMC

ANNEXE B

Fiche technique de l'acétone



La Commission de la santé et de la sécurité du travail | Parce que le Québec a besoin de tous ses travailleurs

Répertoire toxicologique

[Accueil](#) > [Prévention](#) > [Répertoire toxicologique](#) > Fiche complète

Acétone

Numéro CAS : 67-64-1

Identification

Description

Numéro UN : UN1090

Formule moléculaire brute : C_3H_6O

Principaux synonymes

Noms français :

- Acétone
- Diméthylcétone
- Diméthylformaldéhyde
- Propanone-2

Noms anglais :

- 2-Propanone
- Acetone
- Dimethylformaldehyde
- Methyl ketone

- Pyroacetic ether

Autres noms :

- beta-Ketopropane
- Dimethyl ketone
- Dimethylketal
- Ketone propane
- Pyroacetic acid

Utilisation et sources d'émission [1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#)

L'acétone est l'un des solvants organiques les plus utilisés puisqu'il dissout les gommages, les résines, les dérivés de cellulose, les graisses, les huiles et le caoutchouc. On l'utilise aussi dans diverses formulations dont celles :

- de peintures, vernis et laques, notamment les laques à base de nitrocellulose et les acryliques
- de décapants et diluants à peintures, vernis et laques.
- de colles de contact et autres adhésifs
- d'encres, teintures et leurs diluants
- du gaz acétylène en bouteille de gaz comprimé où l'acétone permet son entreposage sécuritaire.

L'acétone est un intermédiaire de synthèse pour certains explosifs (poudres colloïdales dites "explosifs sans fumées") et pour de nombreux matériaux et polymères tels que les polyméthacrylates, les polycarbonates, les résines époxy et les copolymères d'acrylonitrile, butadiène, styrène (ABS).

Elle constitue également la matière première pour la synthèse de nombreux autres solvants et produits chimiques comme la méthyl isobutyl cétone, l'alcool méthylamylique, l'oxyde de mésityle, l'isophorone, les halométhanés et l'acide acétique.

En industrie, on utilise l'acétone dans de nombreux procédés tels que :

- la fabrication de produits pharmaceutiques et cosmétiques (ex : vitamine C, métamphétamine)
- l'extraction des gras, des huiles et des cires
- la purification des sucres et des amidons (agent de précipitation)
- la purification de la paraffine
- le nettoyage et le séchage de la verrerie en laboratoire
- le nettoyage et le séchage des pièces électroniques
- la fabrication et le filage des fibres d'acétate de cellulose (ex : colle à papier, bases de films photographiques, fibres synthétiques pour montures de lunettes, rayonne, soie artificielle et viscosse)
- la fabrication d'objets en résine renforcée de fibres de verre
- le dégraissage de la laine

- le dégommeage de la soie

D'autre part, différents éléments de l'activité humaine peuvent être des sources d'émissions d'acétone dans l'atmosphère, dont entre autres, les gaz d'échappement des véhicules, la combustion du bois, la production pétrolière, la combustion de déchets, l'industrie du papier, la dégradation des déchets dans les sites d'enfouissement et la fumée de cigarette. L'acétone peut se dégager des panneaux de particules, des doublures de tapis et de certains revêtements.

De plus, l'acétone présente dans l'environnement peut aussi provenir de sources naturelles. Plusieurs espèces d'arbres en dégagent et de nombreux végétaux en contiennent. Les feux de forêt et les éruptions volcaniques émettent aussi de l'acétone dans l'atmosphère.

Malgré la diversité des différentes sources d'émissions, la concentration atmosphérique en acétone demeure généralement faible, variant de 0,72 à 127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,3 à 53 ppb). Pour la population en général, on estime que l'exposition quotidienne d'un adulte à l'acétone varie de 14,5 $\mu\text{g}/\text{jour}$ à 2,5 mg/jour .

Hygiène et sécurité

Apparence 1 6

Mise à jour : 2011-06-23

L'acétone est un liquide volatil, très fluide, clair et incolore à odeur caractéristique, à la fois âcre et aromatique.

Caractéristiques de l'exposition 8

Mise à jour : 2011-06-23

L'exposition à l'acétone en milieu de travail est causée principalement par ses vapeurs puisque sa volatilité est élevée (environ 10 fois celle de l'eau) et que son point d'ébullition est bas (inférieur à celui de l'eau).

Exposition aux vapeurs

L'odeur de l'acétone peut être détectée à des concentrations très variables, soit de 4 à 700 ppm. Les travailleurs exposés quotidiennement à l'acétone semblent développer une tolérance à cette odeur. Celle-ci ne serait alors détectée qu'à des concentrations voisines de la VEMP (500 ppm). Ainsi, l'odeur ne peut être un signe d'avertissement adéquat pour prévenir une exposition dangereuse telle que l'atteinte de la VEMP (500 ppm), de la VECD (1 000 ppm), ou de la valeur de DIVS (2 500 ppm). Cependant, l'odeur peut être un signe d'avertissement adéquat pour prévenir l'atteinte de la LIE (2,5 % ou 25 000 ppm).

L'acétone ayant une volatilité élevée (tension de vapeur de 185 mm de Hg à 20 °C) et une concentration à saturation élevée (245 000 ppm), ce qui représente près de 500 fois la VEMP, près de 250 fois la VECD, près de 100 fois la valeur de DIVS et près de

10 fois la LIE. En cas de fuite ou de déversement, une grande quantité peut s'évaporer et la concentration en acétone dans l'air risque facilement de dépasser la VEMP, la VECD, la valeur de DIVS ou la LIE.

Exposition au liquide

Suite à un contact accidentel du liquide avec la peau, l'acétone étant soluble dans l'eau, on peut la rincer facilement.

Note : La DIVS de l'acétone n'est pas une valeur établie en fonction d'un danger pour la santé mais indique uniquement le danger d'explosibilité. Cette valeur a été fixée à 10 % de la LIE.

Danger immédiat pour la vie et la santé 9

DIVS : 2 500 ppm

Propriétés physiques 1 3 6 10 11 12 13

Mise à jour : 2011-06-23

État physique :	Liquide
Masse moléculaire :	58,08
Densité :	0,788 g/ml à 20 °C Autre valeur : 0,8138 g/ml à 0 °C; 0,7971 g/ml à 15 °C; 0,7844 g/ml à 25 °C; 0,7803 à 30 °C
Solubilité dans l'eau :	Miscible
Densité de vapeur (air=1) :	2,00
Point de fusion :	-94,7 °C
Point d'ébullition :	56,29 °C
Tension de vapeur :	185 mm de Hg (24,7 kPa) à 20 °C Autre valeur : 69,8 mm de Hg (9,3 kPa) à 0 °C; 280 mm de Hg (37,3 kPa) à 30°C; 410 mm de Hg (54,6 kPa) à 40 °C
Concentration à saturation :	245 000 ppm
Coefficient de partage (eau/huile) :	1,74
Limite de détection olfactive :	50 ppm
Facteur de conversion (ppm->mg/m³) :	2,375
Taux d'évaporation (éther=1) :	1,9

Inflammabilité et explosibilité 4 14 15

Mise à jour : 2011-06-23

Inflammabilité

L'acétone est un liquide extrêmement inflammable. Il s'enflamme facilement en présence de chaleur, d'une source d'inflammation, telle une flamme nue ou une étincelle (incluant une décharge électrostatique). Les solutions aqueuses d'acétone peuvent aussi s'enflammer. Les vapeurs d'acétone sont plus lourdes que l'air et peuvent parcourir une grande distance vers une source d'inflammation et provoquer un retour de flamme.

L'acétone peut aussi s'enflammer au contact d'agents oxydants forts. La réaction avec certains composés peut être violente, causant un risque d'incendie.

Explosibilité

Les vapeurs peuvent former un mélange explosif avec l'air.

L'acétone peut réagir de façon explosive avec les oxydants forts et certains produits ou mélanges.

Données sur les risques d'incendie 1 14

Mise à jour : 2011-06-23

Point d'éclair :	-20 °C Coupelle fermée (méthode non rapportée) Autre valeur : -9,4 °C, coupelle ouverte, méthode Tag
T° d'auto-ignition :	465 °C
Limite inférieure d'explosibilité :	2,5% à 25 °C Autre valeur : 2,15 % à 25 °C
Limite supérieure d'explosibilité :	12,8% à 25 °C Autre valeur : 13,0 % à 25 °C
Sensibilité aux chocs :	Aucune donnée ne nous permet de croire que l'acétone est sensible aux chocs.
Sensibilité aux décharges électrostatiques :	Une décharge électrostatique peut provoquer l'incendie et l'explosion d'un mélange d'air et de vapeurs d'acétone lorsque la concentration dans l'air se situe dans les valeurs de limites d'explosibilité.

Techniques et moyens d'extinction 4 11 15 16

Mise à jour : 2011-06-23

Moyens d'extinction

Le dioxyde de carbone (CO₂) et les poudres chimiques sèches peuvent être utilisés pour éteindre les petits incendies. Pour les incendies plus importants, de la mousse antialcool doit être utilisée.

L'eau pulvérisée permet de diminuer l'intensité des flammes. Cependant, les jets d'eau peuvent favoriser la propagation de l'incendie.

Techniques spéciales

Porter un appareil de protection respiratoire autonome et des vêtements protecteurs couvrant tout le corps. Éloigner les contenants de la zone d'incendie, si cette opération peut être effectuée sans risque. Refroidir les contenants exposés à l'aide d'eau pulvérisée. Rester en amont du vent par rapport au lieu d'incendie.

Produits de combustion

Mise à jour : 2011-06-23

Monoxyde de carbone, dioxyde de carbone.

Échantillonnage et surveillance biologique 1 17 18 19

Mise à jour : 2011-06-23

Échantillonnage des contaminants de l'air

Se référer à la méthode d'analyse 22-2 de l'IRSST.

Pour obtenir la description de cette méthode, consulter le *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail* ou le site Web de l'IRSST à l'adresse suivante :

<http://www.irsst.qc.ca/-RSST67-64-1.html>

Des tubes colorimétriques spécifiques pour l'acétone peuvent être utilisés pour une évaluation rapide du niveau d'exposition.

Surveillance biologique

Paramètre biologique, indice biologique d'exposition et moment du prélèvement :

- **l'acétone urinaire : 1,7 mmol/l** mesurée à la fin du quart de travail.
Cet indice biologique d'exposition correspond au niveau attendu d'acétone urinaire pour une exposition de 8 heures à 750 ppm.

En 1999, l'ACGIH a fixé son indice biologique d'exposition pour l'acétone urinaire à 0,85 mmol/l mesuré à la fin du quart de travail, suite à une modification des valeurs limites d'exposition (500 ppm).

Autres sources d'acétone urinaire :

- métabolisme endogène des lipides (source négligeable)
- l'acétone est un métabolite de l'alcool isopropylique, lequel est un ingrédient de certains produits d'entretien domestique.

Facteurs documentés à considérer lors de l'interprétation :

- l'acétone urinaire induit par le diabète ou le jeûne peut affecter de façon significative les données de surveillance biologique
- l'absorption par la voie cutanée est habituellement négligeable par rapport à la voie pulmonaire.

Autres indicateurs d'exposition :

- acétone dans le sang : Lauwerys propose un indice biologique d'exposition de 850 µmol/l pour l'acétone sanguin (population non exposée : < 34 µmol/l)
- acétone dans l'air expiré : Lauwerys propose une valeur de 120 ppm
- acide formique urinaire : test non spécifique et peu sensible

Pour obtenir plus de détails, consulter : le *Guide de surveillance biologique de l'IRSSST - prélèvement et interprétation des résultats* ainsi que le « *Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices* de l'ACGIH ».

Commentaires 12 20

Mise à jour : 2011-06-23

La littérature scientifique rapporte des variations importantes quant au seuil de détection olfactive, soit de 3,6 et 699 ppm.

Les résultats obtenus auprès de travailleurs exposés quotidiennement à l'acétone présentent un seuil de détection olfactive de 414 ppm (moyenne géométrique) comparativement à 50 ppm (moyenne géométrique) pour des individus non exposés.

Prévention

Mesures de protection 21 22

Mise à jour : 2011-06-23

La *Loi sur la santé et la sécurité du travail* vise l'élimination des dangers à la source. Lorsque des mesures d'ingénierie et les modifications de méthode de travail ne suffisent pas à réduire l'exposition à cette substance, le port d'équipement de protection individuelle peut s'avérer nécessaire. Ces équipements de protection doivent être conformes à la réglementation.

Voies respiratoires

Porter un appareil de protection respiratoire si la concentration dans le milieu de travail est supérieure à la VEMP (500 ppm ou 1 190 mg/m³) ou à la VECD (1 000 ppm ou 2 380 mg/m³).

Peau

Porter un équipement de protection de la peau. La sélection de cet équipement dépend de la nature du travail à effectuer.

Yeux

Porter un équipement de protection des yeux s'il y a risque d'éclaboussures. La sélection de cet équipement dépend de la nature du travail à effectuer et, s'il y a lieu, du type d'appareil de protection respiratoire utilisé.

Équipements de protection [21](#) [23](#) [24](#) [25](#) [26](#) [27](#)

Mise à jour : 2011-06-23

Équipements de protection des voies respiratoires

Les équipements de protection respiratoire doivent être choisis, ajustés, entretenus et inspectés conformément à la réglementation. Des informations quant à la sélection des appareils de protection respiratoire exigés à l'article 45 du RSST sont disponibles dans la norme CSA Z94.4-93 ainsi que dans le *Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec* publié par l'IRSST.

Les appareils de protection respiratoires suivants ont été définis en appliquant les recommandations de NIOSH aux valeurs de VEMP inscrites à l'annexe I du RSST. Il est à noter que l'utilisation d'appareils de protection respiratoire à épuration d'air est limitée par la valeur de DIVS établie à 2500 ppm pour l'acétone

- **Entrée (planifiée ou d'urgence) dans une zone où la concentration est inconnue ou en situation de DIVS.**
 - Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet fonctionnant à la demande ou tout autre fonctionnant à surpression (pression positive).
 - Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet fonctionnant à la demande ou tout autre fonctionnant à surpression (pression positive) accompagné d'un appareil de protection respiratoire autonome auxiliaire fonctionnant à la demande ou de tout autre appareil fonctionnant à surpression (pression positive).

- **Évacuation d'urgence**
 - Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier filtrant les vapeurs organiques, fixé au niveau du menton, ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
 - Tout appareil de protection respiratoire autonome approprié pour l'évacuation.

- **Jusqu'à 2 500 ppm**
 - Tout appareil de protection respiratoire à cartouche chimique muni d'une (ou plusieurs) cartouche(s) à vapeurs organiques.
 - Substance ayant été signalée comme pouvant causer de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est suggérée.
 - Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air motorisé muni d'une (ou plusieurs) cartouche(s) à vapeurs organiques.

- Substance ayant été signalée comme pouvant causer de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est suggérée.
- Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier filtrant les vapeurs organiques, fixé au niveau du menton, ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
- Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air.
 - Substance ayant été signalée comme pouvant causer de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est suggérée.
- Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet.

Équipements de protection des yeux et de la peau

Peau

Les équipements de protection de la peau doivent être conformes à la réglementation.

Les gants suivants sont recommandés :

- Multicouche caoutchouc de butyle/caoutchouc d'épichlorohydrine
- Multicouche caoutchouc de butyle/néoprène
- Multicouche polyéthylène/alcool de vinyle et d'éthylène/polyéthylène (PE/EVAL/PE)

Certains gants de caoutchouc de butyle peuvent aussi convenir, cependant ceux dont l'épaisseur est inférieure à 0,50 mm pourraient ne pas être étanches à l'acétone.

Yeux

Les équipements de protection des yeux et de la figure doivent être conformes à la norme CSA Z94.3.

Les protecteurs oculaires suivants sont recommandés :

- Des lunettes étanches à coques ou des lunettes étanches à monture monobloc sont recommandées lorsqu'il y a un risque d'éclaboussures.
- Dans certains cas (par exemple, en cas de port de lunettes correctrices), une visière (écran facial) peut également être recommandée lorsqu'il y a possibilité d'éclaboussures.

Réactivité 4 11 14 28

Mise à jour : 2011-06-23

Stabilité

L'acétone est un produit stable dans les conditions normales d'utilisation. Lors d'un entreposage prolongé (plusieurs mois, voire années), l'exposition à la lumière directe du soleil peut amener la formation de monoxyde de carbone.

Incompatibilité

L'acétone peut s'enflammer ou réagir violemment avec les agents oxydants forts, tels que l'acide chromique, le trioxyde de chrome, le chlorure de chromyle, l'acide nitrique chaud, le permanganate de potassium (en milieu alcalin) ou les peroxydes. Il réagit violemment avec l'eau de Javel (en particulier, celle dont la concentration est de 12 %) pour former du chloroforme, un composé toxique, avec un important dégagement de chaleur.

L'acétone peut réagir violemment avec le charbon activé.

L'acétone réagit violemment avec les hydrocarbures chlorés tels que le chloroforme en présence d'une base forte.

La contamination de l'acétone avec des agents chlorants tels que l'eau de Javel peut amener la formation de chlorocétone toxiques.

L'acétone n'est pas corrosif pour les métaux mais dégrade plusieurs matières plastiques dont le caoutchouc de nitrile, le chlorure de polyvinyle, l'alcool de polyvinyle, le Viton®, et des résines acryliques et dérivés de cellulose pour lesquels l'acétone est un bon solvant.

Produits de décomposition

Décomposition thermique : monoxyde de carbone, dioxyde de carbone. La pyrolyse de l'acétone conduit à la formation de la cétène, un composé très réactif et instable.

Autres données sur la réactivité [4](#) [14](#) [29](#)

Mise à jour : 2011-06-23

Les mélanges suivants peuvent provoquer une explosion violente :

- la préparation de bromoforme à partir d'acétone et d'hypobromite de sodium ;
- le mélange d'acétone et de chlorure de nitrosyle en présence de platine comme catalyseur ;
- le mélange d'acétone, d'acide nitrique concentré et d'acide acétique ;
- le chauffage d'un mélange d'acétone et de peroxyde d'hydrogène ;
- le mélange d'acétone et de peroxyde d'hydrogène en présence d'acide nitrique.

Une petite quantité de tert-butoxyde de potassium (1,5 g) s'enflamme en environ 2 minutes au contact d'une goutte d'acétone et en quatre minutes au contact des vapeurs d'acétone.

L'addition d'acétone à l'hexachloromélatamine ou au trichloromélatamine produit une réaction vive, avec flamme et fumée. Un tel mélange peut conduire à une explosion.

Manipulation [21](#) [30](#) [31](#)

Mise à jour : 2012-05-23

L'acétone est un liquide très inflammable. Il doit être manipulé conformément au RSST, au *Code des liquides inflammables et combustibles NFPA 30* et au CNPI. Manipuler à l'écart de toute source de chaleur, d'inflammation, de flammes nues et d'étincelles. Utiliser des outils anti-étincelles. Lors des opérations de transvasements,

l'appareillage doit être mis à la masse et mis à la terre.

En cas de ventilation insuffisante, utiliser un appareil de protection respiratoire approprié. Porter un équipement de protection des yeux. Éviter le contact prolongé ou répété avec la peau.

Le contrôle de l'électricité statique doit être effectué conformément à l'article 52 du RSST.

Le système d'aspiration doit être conforme aux exigences de l'article 53 du RSST.

Entreposage 21 30 31

Mise à jour : 2012-05-23

Ce liquide très inflammable doit être entreposé selon les dispositions prévues par le RSST (notamment la section X), le *Code des liquides inflammables et combustibles NFPA 30 et le CNPI*.

Entreposer à l'écart de toute source de chaleur et d'inflammation, dans un récipient hermétique placé dans un endroit frais, sec et bien ventilé, à l'abri des matières oxydantes, des autres matières incompatibles et de la lumière directe du soleil. Lors de l'entreposage de ce liquide très inflammable, les contenants doivent être mis à la masse et mis à la terre.

L'acétone attaque certains types de plastiques ou de revêtements. Ainsi, certains contenants fabriqués de polymères peuvent se dégrader et se fragiliser à la longue. Les contenants de verre ou de métal sont davantage appropriés à l'entreposage de l'acétone. Le choix d'un type de contenant doit de plus être conforme au NFPA 30-96 (tableau 4-2.3), la capacité maximale admissible des contenants et citernes portables pour les liquides inflammables ou combustibles étant différente selon le type de contenant.

Fuites

Mise à jour : 2011-06-23

Éliminer toutes les sources d'inflammation. Tout équipement utilisé pour manipuler ce produit doit être mis à la terre et mis à la masse.

En cas de fuite ou de déversement, contenir la fuite si on peut le faire sans risque. Empêcher l'infiltration dans les cours d'eau, les égouts et les endroits clos. Réduire la concentration des vapeurs avec de l'eau pulvérisée.

Absorber ou couvrir avec de la terre sèche, du sable ou tout autre produit absorbant non combustible et non toxique et mettre dans des contenants hermétiques bien identifiés. Utiliser des outils anti-étincelles propres pour récupérer les absorbants contaminés.

Déchets

Mise à jour : 2011-06-23

Ne pas déverser les résidus dans les égouts et ne pas jeter les absorbants contaminés aux ordures.

Si nécessaire, consulter le bureau régional de l'autorité environnementale ayant juridiction.

Propriétés toxicologiques

Absorption

Mise à jour : 2011-06-23

En milieu de travail, l'acétone est absorbée principalement par les voies respiratoires. Elle peut également être absorbée par la peau et les voies digestives.

Toxicocinétique [1](#) [3](#) [5](#) [18](#)

Mise à jour : 2011-06-23

Absorption

- En raison de son coefficient de partage sang/air élevé, l'acétone est absorbée rapidement par les voies respiratoires. On en retrouve dans le sang de volontaires, 15 minutes après la fin d'une exposition à 100 ou 500 ppm d'une durée de 2 ou 4 heures.
- La dose absorbée par inhalation varie d'environ 30 % jusqu'à 80 % (exposition à des concentrations de 23 à 4 607 ppm, jusqu'à 4 heures). Cette différence peut s'expliquer par le phénomène de « wash-in / wash-out ». L'acétone qui est très soluble dans l'eau, sera dissoute dans les cellules épithéliales lors de l'inspiration et évaporée lors de l'expiration.
- Des études effectuées pendant une activité physique ont montré que le taux d'absorption de l'acétone est directement relié à la ventilation pulmonaire.
- L'absorption cutanée du liquide a été démontrée chez l'humain. Des concentrations d'acétone ont été mesurées dans le sang, l'air alvéolaire et l'urine suite à l'application d'un coton imbibé d'acétone sur une surface de 12,5 cm², 2 heures par jour, pendant 4 jours. Cette absorption a été qualifiée d'assez rapide car les concentrations maximales étaient atteintes à la fin de la période d'application quotidienne.
- Le pourcentage absorbé par la voie cutanée est difficile à quantifier à cause de la volatilité élevée de l'acétone.
- L'acétone est absorbée rapidement par les voies digestives. Chez des volontaires ayant ingéré une dose de 40 à 80 mg/kg, 65 à 93 % de la dose administrée a été métabolisée, le reste étant éliminé dans l'urine et l'air expiré en 2 heures.

Distribution

- Il n'y a pas de donnée *in vivo* chez l'humain concernant la distribution de l'acétone dans l'organisme suite à l'inhalation de ses vapeurs. Toutefois, puisqu'elle est bien absorbée par les voies respiratoires et qu'elle est hydrosoluble, il est

- raisonnable d'estimer qu'elle est distribuée dans tout l'organisme et plus spécifiquement dans les tissus ayant une forte teneur en eau.
- L'acétone traverse la barrière placentaire.
- L'acétone ne s'accumule pas en quantité importante dans l'organisme.

Métabolisme

- L'acétone est une substance qui se retrouve normalement dans l'organisme humain et animal (acétone endogène). Elle fait partie des trois corps cétoniques avec l'acide acétoacétique et l'acide bêta-hydroxybutyrique qui sont impliqués dans le métabolisme des acides gras. Dans des conditions normales, la production des corps cétoniques se fait principalement au niveau du foie et à un degré moindre au niveau du poumon et du rein. Ils sont transportés dans les tissus et les organes et sont utilisés comme source d'énergie.
- Le métabolisme de l'acétone endogène ou exogène est indépendant de la voie d'exposition et est similaire chez l'humain et l'animal.
- La transformation de l'acétone s'effectue par trois voies métaboliques qui impliquent chacune l'incorporation au métabolisme du glucose.
 - La voie principale comprend l'oxydation de l'acétone en acétol, qui à son tour est transformé en méthylglyoxal dans le foie. Le méthylglyoxal est par la suite converti en d-glucose.
 - Dans les deux autres voies, l'acétol est transformé en propanediol-1,2 à l'extérieur du foie.
- La voie métabolique utilisée semble être fonction de la concentration d'acétone (exogène ou endogène). Une étude chez l'animal montre que si la concentration est faible, la voie du méthylglyoxal prédominera tandis que si la concentration est élevée cette voie devient saturée et la voie du propanediol-1,2 est alors utilisée.
- Une partie de l'acétone de source exogène n'est pas métabolisée et est excrétée principalement dans l'air expiré et en quantité moindre, dans l'urine.

Excrétion

- L'acétone est éliminée principalement dans l'air expiré sous forme inchangée et sous forme de dioxyde de carbone, suite au métabolisme. Lorsque la concentration plasmatique d'acétone est faible, environ 20 % est excrété sous forme inchangée et environ 75 % sous forme métabolisée, dans l'air expiré. Au contraire, lorsque la concentration plasmatique d'acétone est élevée, environ 80 % est excrété sous forme inchangée et environ 20 % sous forme métabolisée, dans l'air expiré.
- Une faible quantité d'acétone (environ 1 à 3 %) est excrétée dans l'urine sous forme inchangée.
- Dans des conditions normales, le métabolisme est la principale voie d'élimination de l'acétone.
- La voie d'exposition n'influence pas l'élimination.
- L'élimination par les poumons est complète 20 heures après une exposition à 237 ppm pendant 4 heures.
- L'élimination dans le sang et l'urine est complète après 24 heures pour une exposition à 250 ppm pendant 6 heures, après 32 heures pour une exposition à 500 ppm, après 48 heures pour une exposition à 1 000 ppm. Ceci suggère une légère accumulation suite à l'inhalation de fortes concentrations.

- L'acétone a été trouvée dans le lait maternel.

Demi-vie

- La demi-vie d'élimination dans l'air expiré est environ de 4,3 heures.
- La demi-vie d'élimination dans le sang est de 3 à 3,9 heures suite à l'exposition à des concentrations de 100 à 500 ppm pendant 2 à 4 heures.
- La demi-vie d'élimination dans l'urine est d'environ 4 heures.

Commentaires

La quantité d'acétone endogène présente dans l'organisme peut être influencée par plusieurs facteurs ou conditions, dont entre autres :

- l'activité physique
- l'âge : les enfants ont une concentration sanguine en corps cétoniques supérieure à cause de leurs plus grands besoins énergétiques
- les femmes enceintes et les femmes qui allaitent peuvent avoir un niveau d'acétone dans le sang de 2 à 20 fois plus élevé à cause de leurs plus grands besoins énergétiques
- l'état nutritionnel : le jeûne augmente l'excrétion dans l'urine
- l'état de santé : chez les sujets avec du diabète juvénile, la concentration d'acétone dans l'air expiré peut être jusqu'à 100 fois plus élevée que chez les sujets normaux; des sujets diabétiques contrôlés peuvent avoir une concentration sanguine de 5,8 mg/l d'acétone tandis que des sujets diabétiques peuvent avoir une concentration sanguine allant de 23,2 à 424 mg/l. Les personnes obèses ont aussi une concentration sanguine plus élevée que les personnes non obèses.
- variation quotidienne : la concentration sanguine en corps cétoniques varie au cours d'une période de 24 heures.

Valeurs biologiques pour une population non exposée professionnellement

- La production normale d'acétone endogène conduit à des concentrations de 1,7 mg/m³ dans l'air alvéolaire, 1,3 mg/l (0,022 mmole/l) dans le sang et 0 à 1,4 mg/l (0,02 mmole/l) dans l'urine.

Irritation et Corrosion [1](#) [5](#) [8](#) [32](#) [33](#) [34](#) [35](#) [36](#) [37](#) [38](#)

Mise à jour : 2011-06-23

L'acétone est un irritant grave des yeux pouvant causer des dommages réversibles à la cornée. Elle est légèrement irritante pour la peau.

L'exposition aux vapeurs d'acétone cause l'irritation des yeux et des voies respiratoires supérieures. Le seuil de concentration à laquelle cet effet est observé est très variable. Il peut s'échelonner d'environ 250 ppm jusqu'à plus de 1 000 ppm, selon les études. Ceci peut s'expliquer, en partie, par le fait que l'exposition répétée ou prolongée peut engendrer une certaine tolérance, c'est-à-dire que l'odeur et les effets irritants seront perçus à des concentrations plus élevées.

Suite au contact répété ou prolongé, ce produit exerce une action dégraissante sur la peau. Il peut causer des rougeurs, de la desquamation et des fissurations.

Effets aigus [1](#) [3](#) [37](#) [39](#) [40](#) [41](#)

Mise à jour : 2012-04-25

L'inhalation de fortes concentrations de vapeurs d'acétone (supérieures à 12 000 ppm) peut causer une dépression du système nerveux central se traduisant par des maux de tête, des vertiges, une sensation d'ébriété, des nausées et des vomissements. Dans de rares cas, la perte de conscience et le coma peuvent survenir. Aucun symptôme n'a été rapporté par des travailleurs exposés à des concentrations variant de 100 à 500 ppm pendant 2 à 4 heures.

Vingt-deux volontaires ont été exposés à 250 ppm d'acétone pendant 4 heures. Une batterie de six tests neurocomportementaux a été administrée (vigilance visuelle, temps de réaction, mémoire, etc.). Seule une légère augmentation du temps de réaction auditif a été observée après 3 heures d'exposition. Les résultats sont difficiles à interpréter car aucune différence n'a été observée 1 heure plus tard ou 1 heure après la fin de l'exposition. Une légère augmentation a ensuite été observée 2 heures après l'arrêt de l'exposition. Les auteurs mentionnent que ces résultats doivent être interprétés avec prudence et que des études plus approfondies sont requises. Une autre étude chez 4 volontaires exposés à 900 ppm pendant 4 heures n'a pu confirmer ces effets. Par contre, une étude effectuée chez 6 volontaires par groupe exposés à 250 ou 500 ppm, 6 heures par jour pendant 6 jours, a mis en évidence une augmentation significative du temps de réaction. Cet effet était réversible après 48 à 72 heures. Quelques autres études présentant des limitations rapportent des résultats contradictoires ou équivoques.

Un seul cas d'intoxication en milieu de travail décrivant de légers dommages hépatiques et rénaux a été rapporté suite à l'inhalation d'acétone.

L'ingestion d'acétone (200 ml, soit 2,24 g/kg) peut causer une soif excessive. De la polyurie, de l'hyperglycémie et de la glycosurie peuvent apparaître quelques semaines après l'exposition.

Effets chroniques [1](#) [3](#) [5](#) [34](#) [35](#) [36](#) [40](#) [42](#) [43](#) [44](#)

Mise à jour : 2012-04-25

Une étude a été effectuée chez 9 travailleurs affectés au nettoyage de filtres contenant de l'acétate de cellulose. Ils étaient exposés à des concentrations de 155 à 6 596 ppm d'acétone durant 3 heures par jour et à 25 à 904 ppm durant le reste de la journée. L'irritation des yeux a été observée chez 7 des 9 travailleurs. Des maux de tête et une sensation ébrieuse ont été rapportés par 3 travailleurs. Ces symptômes étaient passagers et se produisaient lorsque la concentration d'acétone dans l'air excédait 1 000 ppm. Des tests neurologiques effectués chez les travailleurs n'ont montré aucun effet. Une étude similaire chez 4 travailleurs corrobore ces résultats.

Une étude chez 5 travailleurs exposés à 200 ppm d'acétone a montré une augmentation significative du temps de réaction de 17 %. Certains effets

neurotoxiques ont été rapportés chez 71 travailleurs faisant le nettoyage de médailles pour les trophées avec de l'acétone. Ils étaient exposés quotidiennement à 417 à 892 ppm, pendant une durée moyenne de 14 ans. Certains travailleurs se sont plaints d'irritabilité, de pertes de mémoire, de troubles du sommeil, d'engourdissements dans les mains et les pieds et de douleurs articulaires et musculaires. Ces observations ne sont pas appuyées par des données statistiques. Une augmentation significative du temps de réaction et de l'attention a été rapportée.

Une étude a été effectuée chez 110 travailleurs d'une usine de fabrication de fibres d'acétate. Les travailleurs étaient divisés en 3 groupes d'exposition : élevée (plus de 500 ppm), modérée (250 à 500 ppm) et faible (moins de 250 ppm) et ils ont été exposés pendant une durée moyenne de 15 ans. L'étude n'a mis en évidence aucun effet significatif dans les tests neurocomportementaux (cinq tests au total), sauf une légère augmentation significative du temps de réaction et de la mémoire chez les travailleurs du groupe d'âge de 30 à 44 ans, mais pas chez les plus jeunes ni les plus âgés. Selon les auteurs, la relation dose-réponse n'est pas claire.

Une étude effectuée auprès de travailleurs affectés à la production d'acétone a montré de l'inflammation des voies respiratoires, de l'estomac et du duodénum, ainsi que des étourdissements occasionnels et une diminution de la force. Les travailleurs avaient été exposés à 700 ppm d'acétone, 3 heures par jour pendant 7 à 15 ans. L'étude ne fait pas mention d'une exposition simultanée à d'autres solvants.

Les études chez l'animal n'ont montré que de légers effets neurotoxiques à des concentrations très élevées (plus de 6 000 ppm).

Une étude effectuée chez des volontaires exposés à des vapeurs d'acétone (500 ppm, 6 heures par jour pendant 6 jours) a montré des atteintes hématologiques (augmentation du nombre de globules blancs et diminution de l'activité phagocytaire des neutrophiles). Par contre, d'autres études effectuées à des concentrations allant jusqu'à 1 250 ppm n'ont pas montré d'effet sur les paramètres hématologiques.

Sensibilisation

Mise à jour : 2011-06-23

Malgré une utilisation largement répandue, aucun cas de sensibilisation cutanée n'a été trouvé dans la littérature.

Aucune donnée concernant la sensibilisation respiratoire n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées.

Justification des effets [45](#) [46](#) [47](#) [48](#) [49](#)

Mise à jour : 2011-06-23

Plusieurs études comportant des tests épicutanés effectués chez l'humain, avec ou sans exposition professionnelle, ont donné une réponse négative.

Effets sur le développement

Mise à jour : 2011-06-23

- Il traverse le placenta chez l'humain.
- Les données ne permettent pas de faire une évaluation adéquate de l'effet prénatal.
- Aucune donnée concernant le développement postnatal n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées.

Justification des effets [3](#) [5](#) [50](#) [51](#) [52](#) [53](#) [54](#) [55](#) [56](#) [57](#) [58](#) [59](#) [60](#) [61](#) [62](#) [63](#) [64](#)

Placenta

L'acétone a été identifié dans le sang de la mère et dans le cordon ombilical à la naissance ce qui indique un passage placentaire.

Développement prénatal

Études chez l'humain

Kucera (1968) a effectué une étude chez neuf enfants nés avec une agénésie du sacrum en Tchécoslovaquie de 1959 à 1966. Les mères de six d'entre eux ont été exposées à des produits chimiques, deux concernaient une exposition mixte impliquant l'acétone (acétone et trichloroéthylène, acétone et essence). L'exposition simultanée à d'autres solvants et le faible nombre de mères ne permettent pas de tirer une conclusion.

Une étude du type cas-témoin a été effectuée par Holmberg (1977) en Finlande (registre finlandais des malformations congénitales) concernant des mères d'enfants nés avec une anomalie du système nerveux central. Deux des mères étaient employées dans l'industrie du plastique renforcé et ont été exposées à un mélange de substances incluant du styrène, des résines de polyester, des peroxydes organiques et de l'acétone. L'étude n'est pas concluante puisqu'elle implique une exposition combinée à plusieurs substances, de plus une des mères a reçu un traitement pharmacologique.

Straub et Nelson (1978; citée dans Sullivan et al., 1993) ont effectué une étude des travailleurs (hommes et femmes), dans une usine de haut-parleurs, qui étaient exposés à des vapeurs organiques de solvants incluant de l'acétone (jusqu'à 120 ppm). Des troubles menstruels et des avortements spontanés (4/10) ont été rapportés sur une période de 6 mois. Sullivan et al. considèrent que l'étude n'est pas concluante (imprécision concernant la population étudiée et exposition combinée à plusieurs substances).

Une étude a été faite par Tharr et al. (1982; citée dans Sullivan et al., 1993) dans une industrie de chaussures où il y avait une surexposition à plusieurs solvants incluant l'heptane, l'acétone (16 à 353 ppm), le toluène, l'acétate d'éthyle, la méthyl éthyl cétone et un naphta. Les auteurs n'ont pas mis en évidence d'augmentation des avortements spontanés (1/22). Sullivan et al. considèrent que l'étude n'est pas concluante (imprécision concernant la population étudiée, exposition combinée à plusieurs substances).

Nizyayeva (1982; cité dans Sullivan et al., 1993 et ATSDR, 1994) a rapporté des problèmes durant la grossesse chez des travailleuses d'une manufacture russe de fibres d'acétate qui étaient exposées à environ 85 ppm d'acétone. Il a observé une diminution du poids et de la taille à la naissance qui pourraient être secondaires à des complications de la grossesse (toxémie, hémoglobinémie, hypotension). L'étude n'est pas concluante à cause d'imprécisions méthodologiques (nombre de femmes, âge, habitude tabagique et consommation d'alcool, poste de travail, méthode statistique).

Une étude des issues de grossesse a été effectuée par Axelsson et al. (1984) auprès de femmes travaillant en laboratoire entre 1968 et 1979. Une augmentation non significative des fausses couches, l'absence de mortalité périnatale et l'absence de malformations ont été observées chez les femmes exposées à des solvants organiques (plus d'une douzaine de solvants incluant entre autres le chloroforme, l'éther diéthylique, le chlorure de méthylène, l'acétone, etc.). Le niveau d'exposition n'a pas été rapporté et il y avait une exposition mixte.

Une étude rétrospective du type cas-témoin effectuée par Taskinen et al. (1994) concernant les issues de grossesse d'épouses d'hommes exposés à l'acétone ainsi qu'à divers solvants (le styrène, le toluène, le xylène, le tétrachloroéthylène, le trichloroéthylène et le trichloro-1,1,1 éthane, etc.) n'a pas permis de montrer d'effet concernant la fréquence des avortements spontanés ou des malformations congénitales.

Une étude, dont seul le résumé est disponible, n'a pas montré d'augmentation significative de l'incidence de mortalité à la naissance ni de malformation chez les bébés de 17 mères exposées à l'acétone au premier trimestre de la grossesse principalement (McElhatton et al., 2006).

Études chez l'animal

Une étude par ingestion chez la souris (gavage; 3 500 mg/kg; jours 6 à 15 de la gestation) rapporte une diminution du nombre de portées viables, du pourcentage de survie et du poids corporel. C'était une étude exploratoire qui n'a pas été conçue pour évaluer l'aspect tératogène (EHRT, 1987).

Une étude par inhalation chez le rat (440, 2 200 et 11 000 ppm; 6 heures par jour, 7 jours par semaine; jours 6 à 19 de la gestation) et la souris (440, 2 200 et 6 600 ppm; 6 heures par jour, 7 jours par semaine; jours 6 à 17 de la gestation) a été effectuée par le NTP (1988). Des effets chez le rat ont été observés à 11 000 ppm chez la mère (diminution significative du poids corporel et du poids de l'utérus) et les ratons (diminution significative du poids corporel). En ce qui concerne la souris, des effets statistiquement significatifs ont été rapportés à 6 600 ppm chez la mère (diminution du poids du foie) et les souriceaux (augmentation des résorptions tardives, diminution du poids corporel). Il n'y a pas eu d'augmentation des malformations congénitales dans cette étude.

Effets sur la reproduction

Mise à jour : 2011-06-23

- Les données ne permettent pas de faire une évaluation adéquate des effets sur la reproduction.

Justification des effets [3](#) [5](#) [55](#) [56](#) [65](#) [66](#) [67](#) [68](#)

Effet sur le système reproducteur

Chez la femelle

Dix femmes ont été exposées à l'acétone dans un environnement contrôlé (1 000 ppm; 1, 3 et 7,5 heures pendant 4 jours). Parmi ce groupe, 3 des 4 femmes exposées pendant 7,5 heures ont eu des troubles menstruels. Cette étude est insuffisante à cause du nombre limité de cas (Stewart et al., 1975 cité dans ATSDR, 1994).

Chez l'animal, une étude sur le rat (eau de consommation; 2 500, 5 000, 10 000, 20 000 et 50 000 ppm; pendant 13 semaines) n'a pas permis d'observer de changement dans la cytologie vaginale malgré des signes apparents de toxicité systémique (Dietz et al., 1991).

Chez le mâle

Des anomalies spermatiques ont été observées chez des travailleurs de l'industrie du plastique renforcé. Toutefois, il y a des problèmes d'interprétation à cause de l'exposition simultanée au styrène et du choix du groupe de référence (Jelnes, 1988).

Une étude chez le rat (0,50 % d'acétone dans l'eau de consommation pendant 8 semaines) n'a pas permis d'observer d'atteinte morphologique testiculaire, ni d'effet sur la fertilité (Larsen et al., 1991).

Une seconde étude sur le rat (eau de consommation; 2 500, 5 000, 10 000, 20 000 et 50 000 ppm; pendant 13 semaines) a permis de mettre en évidence une atteinte du système reproducteur mâle (diminution de la motilité des spermatozoïdes, pourcentage de spermatozoïdes anormaux, diminution du poids absolu de l'épididyme) à 50 000 ppm en présence de signes de toxicité (Dietz et al., 1991).

Effet sur la fertilité

Une étude par ingestion chez la souris (gavage; 3 500 mg/kg; jours 6 à 15 de la gestation) rapporte une diminution significative de l'indice de reproduction (nombre de femelles produisant des portées viables/nombre de femelles vivantes ayant eu une gestation). Il s'agit cependant d'une étude exploratoire qui n'a pas été conçue pour évaluer les effets sur la reproduction (EHRT, 1987).

Une étude chez le rat mâle (eau de consommation; 0,50 % pendant 6 semaines) n'a pas permis d'observer d'effet sur la fertilité, cependant une seule dose a été étudiée (Larsen et al., 1991).

Une étude chez des travailleuses de l'industrie de la chaussure a montré une diminution de la fertilité. Il est cependant impossible de tirer de conclusions car les travailleuses étaient exposées simultanément à plusieurs solvants dont le toluène, la méthyl éthyl cétone et le dichlorométhane (Sallmén et al., 2008).

Données sur le lait maternel

Mise à jour : 2011-06-23

- Il est trouvé dans le lait maternel chez l'humain.

Justification des effets [69](#)

L'acétone a été identifié dans le lait chez l'humain. Toutefois, il n'y a aucune précision concernant la source endogène ou exogène d'acétone.

Effets cancérogènes [72](#)

Mise à jour : 2011-06-23

Évaluation de l'A.C.G.I.H. : Substance non classifiable comme cancérogène pour l'homme (groupe A4).

Justification des effets [3](#) [5](#) [70](#) [71](#)

Effets cancérogènes

L'ACGIH considère que l'acétone ne peut être classé comme cancérogène chez l'humain (A4).

Études chez l'humain

Lors d'une étude rétrospective de mortalité concernant des employés (697 hommes et 251 femmes) d'une industrie de fibre de cellulose qui utilisait l'acétone comme unique solvant (380, 770 et 1 070 ppm; exposition de 3 mois à 23 ans), aucun excès de mortalité, incluant les néoplasmes malins, n'a été observé.

Études chez l'animal

Il n'y a aucune étude concernant la cancérogénicité de l'acétone par voie orale ou par inhalation chez l'animal. Cependant, l'acétone a été utilisée comme « véhicule et contrôle négatif » dans plusieurs études d'exposition par application cutanée chez la souris. Parmi celles-ci, une étude concernant l'analyse histopathologique de la peau (lors d'une exposition de 100 semaines) n'a pas permis d'observer de lésions néoplasiques associées à l'acétone.

Évaluation des autres aspects reliés à la cancérogénicité

L'effet de l'acétone s'est avéré négatif lors de tests d'initiation ou de promotion de tumeurs. Un test de transformation cellulaire sur des cellules embryonniques de hamster syrien a donné des résultats négatifs.

Effets mutagènes

Mise à jour : 2011-06-23

- Plusieurs études chez plusieurs espèces animales suggèrent l'absence d'effet mutagène.

Justification des effets [3](#) [5](#)

À cause de ses propriétés comme solvant et de son absence d'effet génotoxique, l'acétone est souvent utilisée comme solvant pour tester diverses substances et comme contrôle dans ces mêmes tests.

Études *in vivo*

Il n'y a aucune donnée chez l'humain. Le test du micronoyau s'est avéré négatif par voie orale dans les érythrocytes de souris (eau de consommation; 5 à 20 g/L pendant 13 semaines). D'autres tests réalisés par une voie non usuelle en milieu de travail (injection intrapéritonéale) ont donné des résultats négatifs.

Études *in vitro*

Plusieurs tests (aberrations chromosomiques, échange de chromatides soeurs, mutation, transformation cellulaire) effectués sur des cellules humaines ou animales (hamster chinois et syrien, rat, souris) se sont révélés négatifs.

Interaction [3](#) [5](#) [73](#)

Mise à jour : 2011-06-23

Humain

Une exposition à 520 ppm d'acétone et 70 ppm de styrène n'a pas causé d'effet sur la concentration sanguine de styrène. Lors d'une étude en milieu de travail avec ces mêmes solvants (concentrations non précisées) une diminution de l'excrétion urinaire des acides mandélique et phénylglyoxylique a été constatée.

L'exposition à 125 ppm d'acétone et 100 ppm de méthyl éthyl cétone n'a pas d'effet sur les concentrations sanguines et dans l'air expiré des deux solvants.

Animal

Augmentation de :

- l'hépatotoxicité et la néphrotoxicité du chloroforme, du dibromochlorométhane, du bromodichlorométhane et du tétrachlorure de carbone
- l'hépatotoxicité du trichloro-1,1,2 éthane, du dichloro-1,2 éthylène, du trichloroéthylène, de l'o-dichlorobenzène, de la N-nitrosodiméthylamine, de la N-nitrosodiéthylamine et du benzène
- la toxicité du chlorure de méthylène (carboxyhémoglobine)
- la mortalité causée par l'acétonitrile

- la neurotoxicité de l'éthanol
- la neurotoxicité et la toxicité sur le système reproducteur de l'hexanedione-2,5 (métabolite de l'hexane normal et de la méthyl n-butylcétone).

Diminution de :

- l'hépatotoxicité de l'acétaminophène.

Dose létale 50 et concentration létale 50 3 5 32 74 75

Mise à jour : 2011-06-23

DL₅₀

Rat (mâle) (Orale) :	6 700 mg/kg
Rat (femelle) (Orale) :	5 800 mg/kg
Souris (mâle) (Orale) :	5 245 mg/kg
Lapin (Cutanée) :	> 15 800 mg/kg
Cobaye (mâle) (Orale) :	3 687 mg/kg
Lapin (Orale) :	5 340 mg/kg
Cochon d'Inde (Cutanée) :	> 9,41 ml/kg
Souris (Orale) :	3 000 mg/kg

CL₅₀

Rat (mâle) :	30 000 ppm pour 4 heures
Rat (femelle) :	32 000 ppm pour 4 heures
Souris (mâle) :	18 600 ppm pour 4 heures

Commentaires

Mise à jour : 2011-06-23

Maladies à déclaration obligatoire (MADO)

L'intoxication à l'acétone fait partie de la liste des maladies, infections et intoxications à déclaration obligatoire selon la *Loi sur la santé publique* (L.R.Q., c. S-2.2) et ses règlements d'application. Elle est indiquée sous cétones.

Vous pouvez consulter le site suivant pour obtenir de l'information à ce sujet :

<http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/mado.php>

<http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/preventioncontrole/03-268-05.pdf>

Premiers secours

Premiers secours

Mise à jour : 2011-06-23

Inhalation

En cas d'inhalation des vapeurs, amener la personne dans un endroit aéré. Si elle ne respire pas, lui donner la respiration artificielle. Appeler un médecin.

Yeux

Rincer abondamment les yeux avec de l'eau pendant au moins 20 minutes. Consulter un médecin.

Peau

Rincer la peau avec de l'eau.

Ingestion

En cas d'ingestion, rincer la bouche et faire boire un verre d'eau. Ne pas faire vomir car il y a danger d'aspiration pulmonaire. Ne jamais administrer quoi que ce soit par la bouche à une personne inconsciente ou qui a des convulsions. Consulter un médecin.

Réglementation

Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) 21

Mise à jour : 2007-01-03

Valeurs d'exposition admissibles des contaminants de l'air

Valeur d'exposition moyenne pondérée (VEMP)

500 ppm 1 190 mg/m³

Valeur d'exposition de courte durée (VECD)

1 000 ppm 2 380 mg/m³

Horaire non conventionnel

Aucun (I-c)

Commentaires : Modifications suite à la dernière révision du règlement : les valeurs VEMP sont abaissées.

Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT)

Classification selon le SIMDUT (Règlement sur les produits contrôlés)

Mise à jour : 2011-06-23



B2



D2B

- B2** Liquide inflammable 14
point d'éclair = -20 °C coupelle fermée (méthode non rapportée)
- D2B** Matière toxique ayant d'autres effets toxiques 32 33
irritation des yeux chez l'animal

Divulgaration à 1,0% selon la liste de divulgation des ingrédients

Règlement sur le transport des marchandises dangereuses (TMD) 76

Mise à jour : 2004-11-30

Classification



Numéro UN : UN1090

Classe 3 Liquides inflammables (Groupe d'emballage II)

Références

▲1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices / Documentation of TLV's and BEI's*. 7th ed. Cincinnati, Ohio : ACGIH. (2001-). Publication #0100Doc. [RM-514008] <http://www.acgih.org>

- ▲2. O'Neil, M.J., Smith, A. et Heckelman, P.E., *The Merck index : an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals*. 13th ed. Cambridge, MA : Cambridge Soft; Merck & CO. (2001). [RM-403001]
- ▲3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Toxicological profile for acetone*. Atlanta (GA) : ATSDR. (1994). ATSDR/TP-93/01. [MO-016593]
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>
- ▲4. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 3 : Acétone*. Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2008). [RE-005509]
<http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/recherche-fichetox-criteres.html>
<http://www.inrs.fr/default/dms/inrs/FicheToxicologique/TI-FT-3/ft3.pdf>
- ▲5. International Program on Chemical Safety, *Environmental Health Criteria 207 : acetone*. Genève : World Health Organization. (1998). [MO-020907]
<http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- ▲6. Kroschwitz, J.I., *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology : Abrasives to Air Pollution and Control, Indor*. Vol. 1, 5ème éd. Hoboken (N.J.) : John Wiley & Sons. (2004-). [RT-423004]
- ▲7. Caubet, A., Lopez, I., Baert, A., « Cétones. » *Encyclopédie médico-chirurgicale. Pathologie professionnelle et de l'environnement.* (2009). 16-048-A-60. [RM-003003]
- ▲8. Arts, J.H.E. et al., « An analysis of human response to the irritancy of acetone vapors. » *Critical Reviews in Toxicology*. Vol. 32, no. 1, p. 43-66. (2002).
- ▲9. Cairelli, S.G., Ludwig, H.R. et Whalen, J.J., *Documentation for immediately dangerous to life or health concentrations (IDLHS)*. Springfield (VA) : NTIS. (1994). PB-94-195047. [RM-515102] <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intrid4.html>
- ▲10. O'Neil, M.J. et al., *The Merck Index : an encyclopedia of chemicals, drugs, & biologicals*. 14ème éd. New Jersey : Merck & Co. Inc. (2006). [RM-403001]
- ▲11. Bohnet, M. et al., *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th. Wiley InterScience (John Wiley & Sons). (2003-). <http://www3.interscience.wiley.com>
(<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME>)
- ▲12. Wysocki, C.J. et al., « Acetone odor and irritation thresholds obtained from acetone-exposed factory workers and from control (Occupationally Unexposed) Subjects. » *American Industrial Hygiene Association Journal*. Vol. 58, no. 10, p. 704-712. (1997). [AP-054755]
- ▲13. *Handbook of organic industrial solvents*. 6ème. Chicago : Alliance of American Insurers. (1987). [RT-435005]
- ▲14. National Fire Protection Association, *Fire protection guide to hazardous materials*. 13th ed. Quincy, Mass. : NFPA. (2002). [RR-334001]
- ▲15. Patnaik, P., *A comprehensive guide to the hazardous properties of chemical substances*. 2nd ed. New York : Wiley. (1999). [RM-515120]
- ▲16. Vincoli, J.W., *Risk management for hazardous chemicals : A-F*. Vol. 1. Boca Raton : Lewis Publishers. (1997). [RM-515112]
- ▲17. Direction des opérations, *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail*. Études et recherches / Guide technique, 8ème éd. revue et mise à jour. Montréal : IRSST. (2005). T-06. [MO-220007] <http://www.irsst.qc.ca>
<http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/t-06.pdf>
- ▲18. Lauwerys, R.R. et Hoet, P., *Industrial Chemical Exposure : guidelines for biological monitoring*. 3ème éd. Florida : Lewis Publishers. (2001). [MO-003519]
- ▲19. Truchon, G., *Guide de surveillance biologique : prélèvement et interprétation des résultats*. Études et recherches / IRSST, 6ème éd. Montréal : IRSST. (2004). T-03.

<http://www.irsst.qc.ca>

<http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/T-03.pdf>

▲20. American Industrial Hygiene Association, *Odor thresholds for chemicals with established occupational health standards*. Akron, OH : AIHA. (1989). [RM-515061]

▲21. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail [S-2.1, r. 13]*. Québec : Éditeur officiel du Québec. (2007). [RJ-510071]

<http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/loisreglements.fr.html>

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R13.HTM (À jour au 1er décembre 2012)

▲22. *Loi sur la santé et la sécurité du travail [L.R.Q., chapitre S-2.1]*. Québec : Éditeur officiel du Québec. (2004). [RJ-500018]

<http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/loisreglements.fr.html>

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R4.HTM

▲23. National Institute for Occupational Safety and Health, *NIOSH pocket guide to chemical hazards*. Washington, D.C. : U.S. G.P.O. (1997). DHHS (NIOSH) 97-140. [RM-514001]

▲24. National Institute for Occupational Safety and Health, *NIOSH pocket guide to chemical hazards*. Washington, D.C. : NIOSH. (1998-). [RM-514001]

<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html>

▲25. Lara, J. et Vennes, M., *Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec*. Guide / CSST, 2ème. Montréal : CSST et IRSST. (2002). DC 200-1634-2 (03-09). [MO-020371] <http://www.prot.resp.csst.qc.ca>

<http://www.prot.resp.csst.qc.ca/GuideTM.shtml>

▲26. CSA International, *Choix, entretien et utilisation des respirateurs*. Toronto : CSA International. (c1993, 1997). Z94.4-93 (confirmée en 1997).

▲27. Forsberg, K. et Keith, L.H., *Instant Gloves + CPC Database*. Version 2.0. Blacksburg, VA : Instant Reference Sources Inc. (1999).

<http://www.instantref.com/inst-ref.htm>

▲28. Pruett, K.M., *Chemical resistance guide for plastics : a guide to chemical resistance of engineering thermoplastics, fluoroplastics, fibers & thermoset resins*. La Jolla [Calif.] : Compass Publications. (2000). [RT-435056]

<http://www.compasspublications.com/>

▲29. Battle, L.A. et al., *Bretherick's handbook of reactive chemical hazards*. Vol. 1, 7th ed. Oxford; Toronto : Elsevier. (2007).

▲30. National Fire Protection Association et Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, *NFPA 30 : Code des liquides inflammables et combustibles*. 1996. Sainte-Foy : Publications du Québec; CSST. (1996). [NO-006762]

<http://www.nfpa.org>

<http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=17&file=978-2-551-19787-3.pdf&type2=35>

▲31. Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, *Copie du Code national de prévention des incendies*. 9ème éd. Ottawa : Conseil national de recherches du Canada. (2010). CNRC : 53303F. [NO-000285]

▲32. Smyth, H.F. et al., «Range-finding toxicity data : List VI.» *American Industrial Hygiene Association Journal*. Vol. 23, p. 95-107. (1962). [AP-041987]

▲33. Carpenter, C.P. et Smyth, H.F., «Chemical burns of the rabbit cornea.» *American Journal of Ophthalmology*. Vol. 29, p. 1363-1372. (1946). [AP-021658]

- ▲34. Organisation de coopération et de développements économiques, *Acetone cas no. 67-64-1*. OECD Screening Information Data Sets (SIDS). Paris, France : UNEP Publication. (1999). <http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECDsids/sidspub.html>
<http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/oecdids/67641.pdf>
- ▲35. Satoh, T., Omae, K. et Nakashima, H., «Relationship between acetone exposure concentrations and health effects in acetate fiber plant workers.» *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Vol. 68, no. 3, p. 147-153. (1996). [AP-049757]
- ▲36. Raleigh, R.L. et McGee, W.A., «Effects of short, high-concentration exposures to acetone as determined by observation in the work area.» *Journal of Occupational Medicine*. Vol. 14, no. 8, p. 607-610. (1972).
- ▲37. Matsushita, T., Goshima, E. et Miyagaki, H., «Experimental Studies for Determining the MAC Value of Acetone : 2. Biological Reactions in the "Six-Day Exposure" to Acetone.» *Sangyo Igaku*. Vol. 11, p. 507-511. (1969).
- ▲38. Dalton, P. et al., «Perceived Odor, Irritation, and Health Symptoms Following Short-Term Exposure to Acetone.» *American Journal of Industrial Medicine*. Vol. 31, p. 558-569. (1997).
- ▲39. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices / Documentation of TLV's and BEI's*. 6th ed. Cincinnati, Ohio : ACGIH. (1991-2000). Publication 0206. [RM-514008] <http://www.acgih.org>
- ▲40. Bingham, E., Cohn, B. et Powell, C.H., *Patty's toxicology*. A Wiley-Interscience publication, 5th ed. New York (Toronto) : John Wiley. (2001-). [RM-214008] <http://www3.interscience.wiley.com> (<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554795/HOME>)
- ▲41. Dick, R.B. et al., «Neurobehavioural effects of short duration exposures to acetone and methyl ethyl ketone.» *British Journal of Industrial Medicine*. Vol. 46, p. 111-121. (1989). [AP-025848]
- ▲42. Mitran, E. et al., «Neurotoxicity associated with occupational exposure to acetone, methyl ethyl ketone, and cyclohexanone.» *Environmental Research*. Vol. 73, no. ER973703, p. 181-188. (1997). [AP-065430]
- ▲43. Kiesswetter, E. et al., «Acute exposure to acetone in a factory and ratings of well-being.» *NeuroToxicology*. Vol. 15, no. 3, p. 597-601. (1994).
- ▲44. Mitran, E., «Reply.» *Environmental Research*. Vol. 82, no. Section A, p. 184-185. (2000).
- ▲45. Ludwig, E. et Hausen, B.M., «Sensitivity to isopropyl alcohol.» *Contact Dermatitis*. Vol. 3, no. 5, p. 240-244. (1977). [AP-022343]
- ▲46. Drevets, C.C. et Seebohm, P.M., «Dermatitis from alcohol.» *Journal of Allergy*. Vol. 32, no. 4, p. 277-282. (1961). [AP-025612]
- ▲47. Fregert, S. et al., «Dermatitis from alcohols : with special reference to the possible importance of impurities and metabolites.» *Journal of Allergy*. Vol. 34, p. 404-408. (1963). [AP-024800]
- ▲48. Thorne, P.S. et al., «Contact sensitivity by diisocyanates : potencies and cross-reactivities.» *Toxicology and Applied Pharmacology*. Vol. 87, no. 1, p. 155-165. (1987). [AP-136314]
- ▲49. Cox, N.H., Moss, C. et Hannon, M.F., «Compound allergy to a skin marker for patch testing : a chromatographic analysis.» *Contact Dermatitis*. Vol. 21, p. 12-15. (1989). [AP-034006]

- ▲50. Mast, T.J. et al., *Inhalation developmental toxicology studies : teratology study of acetone in mice and rats : final report*. Richland (WA) : National Toxicology Program. (1988). Microfiche : PNL-6768 E 1.99 DE89 005671
- ▲51. Dowty, B.J., Laseter, J.L. et Storer, J., «The transplacental migration and accumulation in blood of volatile organic constituents.» *Pediatric Research*. Vol. 10, p. 696-701. (1976). [AP-004611]
- ▲52. Holmberg, P.C., «Central nervous defects in two children of mothers exposed to chemicals in the reinforced plastics industry.» *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. Vol. 3, p. 212-214. (1977). [AP-123924]
- ▲53. Taskinen, H. et al., «Spontaneous abortions and congenital malformations among the wives of men occupationally exposed to organic solvents.» *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. Vol. 15, no. 5, p. 345-352. (1989). [AP-027750]
- ▲54. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Kommission zur Prüfung Gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, *Occupational toxicants : critical data evaluation for MAK values and classification of carcinogens*. Weinheim; New York : VCH. (1991-). [MO-020680] www.wiley-vch.de
www.mak-collection.com
<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/topics>
- ▲55. Sullivan, F.M., Watkins, W.J. et van der Venne, M.Th., *Reproductive toxicity. Vol. 1 : Summary reviews of the scientific evidence*. Vol. 1. Luxembourg : Commission of the European Communities. (1993). EUR : 14991. [RM-515100]
- ▲56. Environmental Health Research and Testing Inc., *Screening of priority chemicals for reproductive hazards. Benzethonium chloride (CAS : no. 121-54-0); 3-ethoxy-1-propanol (CAS : no. 111-35-3); acetone (CAS : no. 67-64-1). (Final report)*. Cincinnati : NTIS. (1987). Microfiche : PB89-139083
- ▲57. Paterson, P., Sheath, J. et Taft, P., «Maternal and fetal ketone concentrations in plasma and urine.» *Lancet*. Vol. II, p. 862-865. (1967). [AP-048040]
- ▲58. Wennborg, H. et al., «Pregnancy outcome of personnel in Swedish biomedical research laboratories.» *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. Vol. 42, no. 4, p. 438-446. (2000). [AP-058459]
- ▲59. Axelsson, G., Lütz, C. et Rylander, R., «Exposure to solvents and outcome of pregnancy in university laboratory employees.» *British Journal of Industrial Medicine*. Vol. 41, no. 3, p. 305-312. (1984). [AP-004021]
- ▲60. Taskinen, H. et al., «Laboratory work and pregnancy outcome.» *Journal of Occupational Medicine*. Vol. 36, no. 3, p. 311-319. (1994). [AP-044090]
- ▲61. Straub, W.E. et Nelson, B., *Health hazard evaluation determination*. NIOSH, Report. no. HHE77-26-472. Cincinnati (OH). (1978).
- ▲62. Tharr, D.G., Murphy, D.C. et Mortimer, V., *Health Hazard Evaluation Report*. NIOSH, Report no. HETA 81-455-1229. Cincinnati (OH). (1982).
- ▲63. Nizyayeva, I.V., «An hygienic assessment of acetone.» *Gigiena Truda I Professional'Nye Zabolevaniya*. Vol. 6, p. 24-28. (1982). [AP-048021]
- ▲64. McElhatton, P., Stephens, S. et Thomas, S., «Exposure to specific organic solvents during pregnancy.» *Reproductive Toxicology*. Vol. 22, no. 2, p. 278. (2006).
- ▲65. Dietz, D.D. et al., «Toxicity studies of acetone administered in the drinking water of rodents.» *Fundamental and Applied Toxicology*. Vol. 17, p. 347-360. (1991). [AP-048032]

▲66. Larsen, J.J., Lykkegaard, M. et Ladefoged, O., «Infertility in rats induced by 2,5-hexanedione in combinaison with acetone.» *Pharmacology and Toxicology*. Vol. 69, p. 43-46. (1991). [AP-048019]

▲67. Sallmén, M., Neto, M. et Mayan, O.N., «Reduced fertility among shoe manufacturing workers.» *Occupational and Environmental Medicine*. Vol. 65, no. 8, p. 518-524. (2008).

▲68. Jelnes, J.E., «Semen quality in workers producing reinforced plastic.» *Reproductive Toxicology*. Vol. 2, no. 3/4, p. 209-212. (1988).

▲69. Pellizzari, E.D. et al., «Purgeable organic compounds in mother's milk.» *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol. 28, p. 322-328. (1982). [AP-003942]

▲70. DePass, L.R. et al., «Dermal oncogenicity studies on two methoxysilanes and two ethoxysilanes in male C3H mice.» *Fundamental and Applied Toxicology*. Vol. 12, no. 3, p. 579-583. (1989). [AP-025783]

▲71. Van Duuren, B.L., Loewengart, G. et Seidman, I., «Mouse skin carcinogenicity tests of the flame retardants tris(2,3-dibromopropyl)phosphate, tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium chloride, and polyvinyl chloride.» *Cancer Research*. Vol. 38, p. 3236-3240. (1978).

▲72. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *2014 TLVs® and BEIs® : threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices*. Cincinnati (OH) : ACGIH. (2014). Publication 0114. [NO-003164] <http://www.acgih.org>

▲73. Löf, A. et Johanson, G., «Toxicokinetics of organic solvents : A review of modifying factors.» *Critical Reviews in Toxicology*. Vol. 28, no. 6, p. 571-650. (1998).

▲74. Bingham, E., Cohn, B. et Powell, C.H., *Patty's toxicology*. A Wiley-Interscience publication, 5ème éd. New York (NY) : John Wiley & Sons. (2001). [RM-214008]

▲75. National Institute for Occupational Safety and Health, *RTECS (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances)*. Hamilton (Ont) : Canadian Centre for Occupational Health and Safety. <http://ccinfoweb.ccohs.ca/rtecs/search.html>

▲76. Canada. Ministère des transports, *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*. Ottawa : Éditions du gouvernement du Canada. (2008). [RJ-410222] <http://www.tc.gc.ca/tmd/menu.htm>

La cote entre [] provient de la banque ISSI du Centre de documentation de la CSST.

ANNEXE C

Rapport d'expertise sur l'acétone et autres matières dangereuses présentes sur les lieux



RÉSEAU D'EXPERTISE
EN PRÉVENTION-INSPECTION

RAPPORT D'EXPERTISE

Évaluation de l'acétone et des autres matières dangereuses utilisées par Neptune Technologies & Bioressources

Rapport présenté à

Claude Loubier, directeur santé-sécurité

Robert Beaudette, inspecteur

Johanne Marquis, inspectrice

Direction régionale de l'Estrie

Préparé par

Michel Gagné, chimiste

Conseiller expert en *hygiène industrielle*/ DGPIP

Le 27 février 2014

Table des matières

1. Mise en contexte	4
2. Description du mandat.....	4
3. Informations pertinentes recueillies lors de l'enquête.....	5
4. Analyse.....	5
5. Conclusion.....	15
6. Recommandations.....	16

Annexe 1 : Procédé schématisé d'extraction d'huile de krill, secteurs 100 à 300

Annexe 2 : Listes des produits chimiques / Contrôle de la qualité (extrait de la liste) –
Acide perchlorique

Annexe 3 : Listes des produits chimiques / Contrôle de la qualité (extrait de la liste) –
Produits corrosifs

Annexe 4 : Listes des produits chimiques / Contrôle de la qualité (extrait de la liste) –
liquides inflammables et classifications

Annexe 5 : Extrait de la norme NFPA-45 Standard on Fire Protection for Laboratories
Using Chemicals, 2011 Edition, section 8.2 et section 8.11.

1. Mise en contexte

Un incendie a eu lieu à l'usine Neptune Technologies & Bioressources le 8 novembre 2012 où 3 travailleurs sont décédés et plusieurs autres blessés. Les inspecteurs de la CSST ont démarré une enquête dans le but de déterminer les causes du sinistre.

2. Description du mandat

1-Évaluer l'inflammabilité du mélange acétone-eau dans diverses proportions. L'acétone, un solvant inflammable est utilisé de manière prépondérante dans le procédé. Il est utilisé pur et par la suite, on le retrouve à plusieurs endroits dans l'usine, mélangé à de l'eau. Les inspecteurs veulent connaître l'inflammabilité du mélange d'acétone avec de l'eau dans diverses proportions. La connaissance de l'inflammabilité servira à déterminer la classe de liquide inflammable de ces mélanges nécessaire à la détermination des mesures de prévention en conséquence. Le mandat exclut la description de ces mesures de prévention.

2-Évaluer l'inflammabilité des différents mélanges acétone-eau constatés dans les réservoirs et dans le procédé.

3-Évaluer le potentiel d'inflammabilité, que représentent les matières dangereuses présentes dans le laboratoire du contrôle de la qualité, selon la liste d'inventaire de l'entreprise.

3. Informations pertinentes recueillies lors de l'enquête

- Différents plans d'architectures de l'établissement.
- La chambre froide, 100-CHF, où les blocs de krill congelés sont déballés doit se maintenir à une température variant entre -5 et 10 °C, avec une alarme si la température est supérieure à 13 °C pour plus de 30 minutes.
- La zone des broyeurs sur la mezzanine dans la salle de production 052 n'est pas située dans un environnement où la température est contrôlée. La température ambiante de la pièce est autour de 20 °C.
- Le local de récupération des résidus solides n'est pas non plus situé dans un environnement où la température est contrôlée. La température se situe sensiblement autour de 20 °C.
- Les résultats d'analyse du contenu en acétone des réservoirs.
- Les photos des lieux avant et après l'accident.
- Un fichier Excel a été fourni, contenant l'inventaire détaillé du contenu des locaux au moment de l'accident, y compris les produits chimiques.

4. Analyse

4.1 Évaluation de l'inflammabilité du mélange acétone-eau dans diverses proportions.

L'acétone étant un liquide miscible à l'eau (formant un mélange homogène en toutes proportions). Une recherche intensive dans la littérature a permis de localiser un document indiquant, par des valeurs expérimentales, le point d'éclair (vase clos) de différents mélanges acétone-eau¹. Il faut noter que les proportions d'acétone dans les mélanges acétone-eau ne sont pas indiquées de façon habituelle, mais en fraction molaire d'acétone. Le tableau 1 est une adaptation du tableau A1 du document¹

Tableau 1
Point d'éclair de mélanges acétone-eau

Fraction molaire d'acétone	Point d'éclair du mélange (°C)*
0,005	46
0,0127	27
0,0264	15,5
0,0413	9
0,0576	3
0,095	-2
0,14	-7
* Méthode : vase clos	

¹ Flash Points of mixtures of flammable and non-flammable liquids. Fire and research notes no: 1022, P.F. Thorne, 1975. Table A1, page 21. Disponible sur le web à : <http://www.iafss.org/publications/frn/1022/-1/view>

4.1.1 Conversion des valeurs des fractions molaires en valeurs % poids/poids

Dans le but de convertir les valeurs de concentration en fractions molaires en valeurs de concentration plus habituelles, c'est à dire % poids/poids, l'équation suivante a été utilisée :

$$\% \text{ poids/poids} = \frac{(\text{Fraction molaire de A}) \times (\text{PM de A}) \times 100}{(\text{Fraction molaire de A}) \times (\text{PM de A}) + (1 - \text{fraction molaire de A}) \times (\text{PM de B})}$$

Où

Fraction molaire de A = Fraction molaire de l'acétone

PM de A = poids molaire de l'acétone : 58,08

PM de B = poids molaire de l'eau : 18,02

(1 - Fraction molaire de A) = Fraction molaire de B = Fraction molaire de l'eau

Tableau 2
Résumé de la conversion des fractions molaires d'acétone
en proportion d'acétone dans le mélange (% poids/poids)

Fraction molaire d'acétone	Poids d'acétone de la fraction molaire	Fraction molaire d'eau	Poids en eau de la fraction molaire	Poids total des 2 fractions	Proportion d'acétone dans le mélange (% poids/poids)
0,005	0,3	0,995	17,9	18,2	2
0,0127	0,738	0,987	17,8	18,5	3,98
0,0264	1,53	0,974	17,5	19,1	8,04
0,0413	2,40	0,959	17,3	19,7	12,2
0,0576	3,35	0,942	17,0	20,3	16,5
0,095	5,5	0,91	16	22	25
0,14	8,1	0,86	15	24	34

4.1.2 Point d'éclair des mélanges acétone-eau en fonction de la proportion d'acétone

Outre les valeurs de Point d'éclair des mélanges identifiées dans le document¹, le Point d'éclair de l'acétone pur doit être en plus considéré. La valeur de -20 °C (point d'éclair, coupelle fermée ou vase clos) est celle indiquée dans la fiche de renseignements du Répertoire toxicologique² dont la source documentaire est celle du NFPA (National Fire Protection Association). Le tableau 3 compile les valeurs du point d'éclair en fonction de la proportion d'acétone dans les mélanges acétone-eau.

Tableau 3
Point d'éclair de mélanges acétone-eau (% poids/poids)

Proportion d'acétone (% poids/poids)	Point d'éclair du mélange (°C)*
2	46
3,98	27
8,04	15,5
12,2	9
16,5	3
25	-2
34	-7
100	-20
* Méthode : vase clos	

² Répertoire toxicologique, fiche de renseignements de l'acétone, CSST.
http://www.reptox.csst.qc.ca/produit.asp?no_produit=430&nom_produit=Acetone

4.1.3 Classification des liquides inflammables et combustibles

Les liquides inflammables et combustibles identifiés dans l'article 82 du RSST³ sont classés selon le Code des liquides inflammables et combustibles selon NFPA-30 1996⁴ de la façon suivante :

Tableau 4
Classification des liquides inflammables et combustibles selon NFPA-30 1996⁴

NFPA-30 1996 ⁴ (section 1.7)			
	Classe	Point d'éclair en Vase clos	Point d'ébullition
Liquide inflammable	IA	< 22,8°C	< 37,8°C
	IB	< 22,8°C	≥ 37,8°C
	IC	≥ 22,8°C et < 37,8°C	
Liquide combustible	II	≥ 37,8°C et < 60°C	
	IIIA	≥ 60°C et < 93,3°C	
	IIIB	≥ 93,3°C	

4.1.4 Graphique du Point d'éclair du mélange acétone-eau en fonction de la proportion d'acétone (% poids/poids) dans le mélange

Le graphique 1 représente les données du tableau 3. En plus, les plages de concentrations représentant la classification des liquides inflammables et combustibles selon NFPA-30 1996⁴. Notons que selon la fiche de renseignements de l'acétone du répertoire toxicologique de la CSST², l'acétone pure ayant un point d'ébullition de 56.29 °C et un point d'éclair de -20 °C (point d'éclair, coupelle fermée ou vase clos) est classée IB. De plus, le graphique 1 permet de déduire que :

- les mélanges ayant environ 5% et plus d'acétone sont classés IB (zone rouge)
- les mélanges ayant environ de 2.5 à 5% et plus d'acétone sont classés IC (zone bleue)
- les mélanges ayant environ de 2 à 2.5% d'acétone sont classés II (zone jaune)

³ *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* [S-2.1, r. 13]. Québec : Éditeur officiel du Québec.

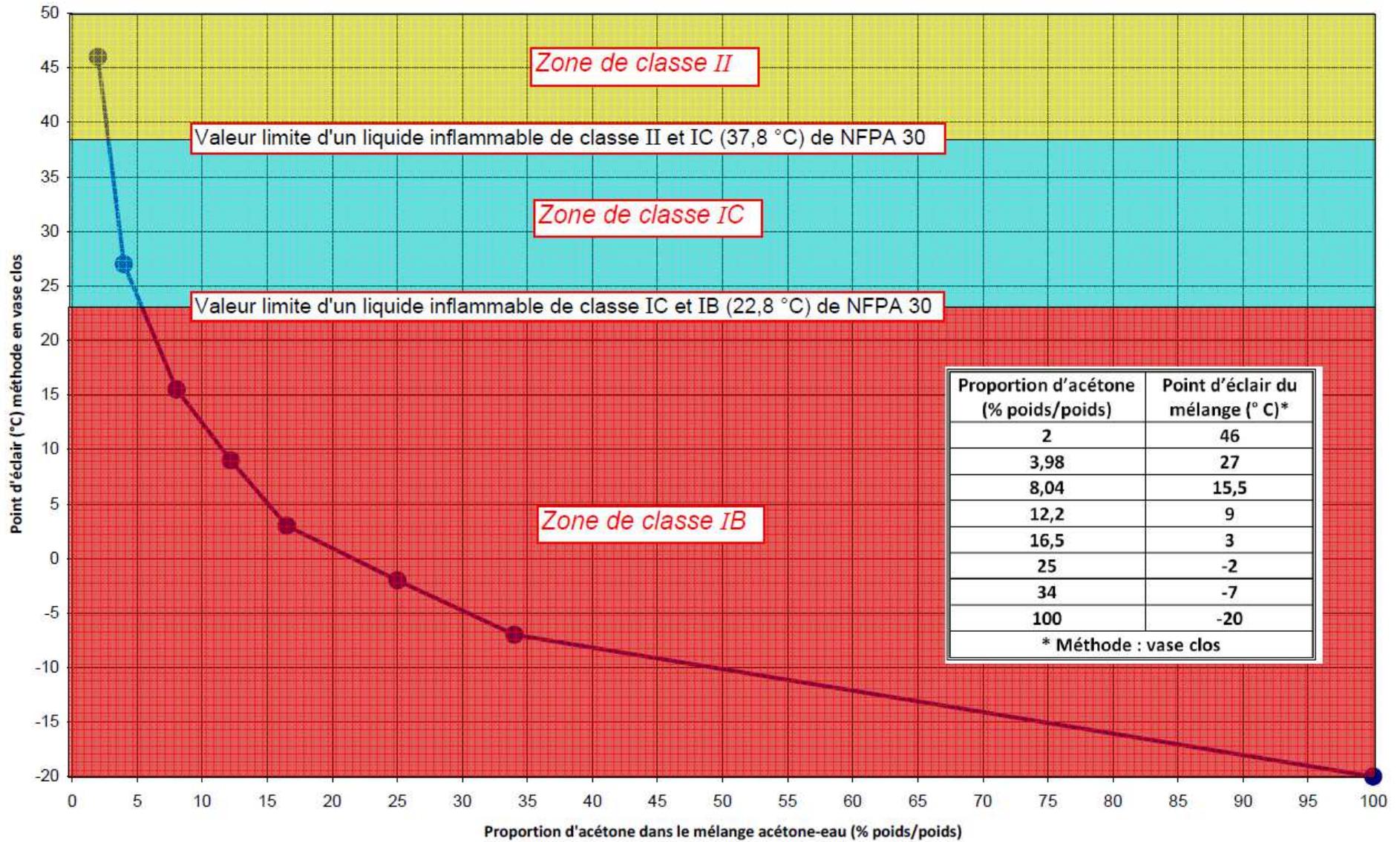
<http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/loisreglements.fr.html>

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1_R13.HTM

⁴ National Fire Protection Association et Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, NFPA-30 : Code des liquides inflammables et combustibles. 1996. Sainte-Foy : Publications du Québec; CSST. (1996). : <http://www.nfpa.org>

<http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=17&file=978-2-551-19787-3.pdf&type2=35>

Point d'éclair du mélange (méthode en vase clos en °C) selon la proportion d'acétone (% poids/poids)
 Selon : Flash Points of mixtures of flammable and non-flammable liquids. Fire and research notes no: 1022, P.F. Thorne, 1975



4.1.5 Présence de mélanges acétone-eau dans le procédé

L'annexe 1 présente le procédé schématisé d'extraction d'huile de krill (voir annexe 1) des secteurs 100 à 300. Dans ce schéma la présence d'un mélange acétone-eau de classe IB selon NFPA-30 1996⁴ est indiquée par la coloration rouge de la représentation de l'équipement. Le procédé requiert 2 réservoirs d'acétone de 30 000 litres chacun, situé à l'extérieur du bâtiment (7400-RES et 140-RES).

Secteur 100 Extraction primaire

Déemballage en chambre froide des blocs de krills congelés (montée par gerbeur au niveau 13 130), broyage (broyeurs 120-BRO et 121-BRO sur la mezzanine au niveau 13 130, voir photo 1), mise en solution par ajout d'acétone dans les broyeurs, (via réservoirs 120-RES et 121-RES) agitation en réacteur, extraction en réacteur (réacteurs 130-RCT, 133-RCT et 135-RCT), réservoir tampon (réservoir 150-RES), filtration par filtre presse (niveau 12 671), obtention de deux constituants : une solution composée d'eau, d'huile et de solvant (réservoirs 145-RES, 160-RES et 200-RES, niveau 10 000) et aussi une masse de résidus solides, imprégnés d'eau et d'acétone, recueillie dans un sac.



Photo 1

Broyeurs 120-BRO et 121-BRO



Photo 2

Résidus solides recueillis dans un sac

Secteur 200 Distillation et récupération de solvant

Distillation dans une colonne sous vide 220-DIS, condensation des vapeurs (niveau 10 000 et plateforme 151, niveau 14 875), entreposage du solvant pour usage ultérieur (réservoir extérieur 7400-RES).

Secteur 300 Séparation par décantation

Décantation primaire (décanteurs primaires 301-DEC au niveau 14 000 et 300-DEC au niveau 14 875), obtention et entreposage d'une phase huileuse primaire (réservoir 310-RES) et d'une phase aqueuse primaire (réservoirs 305-RES et 306-RES, dans local 150, niveau 14 270), décantation secondaire de la phase aqueuse primaire (réservoirs 305-RES et 306-RES), obtention d'une phase huileuse secondaire (réservoir 310-RES) et d'une phase aqueuse secondaire évacuée de façon finale au drain. Assemblage des phases huileuses primaire et secondaire (réservoir 310-RES), transfert dans les réacteurs de purification (réacteurs 320-RCT, 325-RCT, 330-RCT, 331-RCT).

4.1.6 Présence de vapeurs d'acétone dans le local du broyage et dans le local où le résidu solide est recueilli

Lorsque de l'acétone est versée sur le krill broyé, une importante quantité de vapeurs peut se dégager. En effet, malgré le fait qu'un tuyau de ventilation locale mobile puisse être en fonction, les vapeurs peuvent atteindre un niveau important puisque cette opération est effectuée dans un broyeur dont le couvercle est ouvert et peut laisser dégager les vapeurs d'acétone. Le local est maintenu à une température qui se situe sensiblement autour de 20 °C.

Lorsque le résidu solide est recueilli, en fin de parcours, il tombe dans un sac (lui-même dans un contenant métallique supportant celui-ci) dont les rebords sont fixés sur une chute au moyen de pinces sans qu'il n'existe une quelque forme d'étanchéité. Les vapeurs d'acétone dans ce local qui est maintenu à une température qui se situe sensiblement autour de 20 °C, peuvent atteindre un niveau important, car le résidu contient 25% d'acétone.

À la température de 20 °C, l'acétone possède une pression de vapeur de 24,7 kPa (ou 185 mm de Hg)² ce qui est équivalent à une concentration à saturation de 245 000 ppm² ou 24,5%, ce qui représente près de 10 fois la limite inférieure d'explosibilité de 2,5% (ou 25 000 ppm)².

4.1.7 Présence de mélanges acétone-eau dans les réservoirs et le résidu solide

Selon les renseignements obtenus lors de l'enquête, le tableau 5 résume les quantités et capacités des réservoirs et la présence d'acétone dans le mélange acétone-eau dans les réservoirs et dans le résidu solide. Notons que la proportion d'acétone dans les mélanges acétone-eau des réservoirs est dans la plage de concentration de 60 à 98% (volume/volume). Ce qui les situe tous, et nettement, dans la plage de concentration d'un liquide inflammable de classe IB de NFPA-30 1996⁴ (zone rouge) selon le graphique. Nous n'avons pas fait la conversion des concentrations volume/volume en poids/poids, puisque ces valeurs sont nettement dans cette zone. Le résidu solide quant à lui, contient 25% d'acétone, ce qui lui confère un degré d'inflammabilité du même ordre que l'acétone (classe IB de NFPA-30 1996⁴).

Tableau 5
Présence d'acétone dans le mélange acétone-eau dans les réservoirs après l'accident

Identification	Quantité (Litres)	Capacité (Litres)	Acétone dans le mélange (%) (V/V)
7400-RES	14 400	30 000	98
140-RES	17 600	30 000	100
120-RES	412	2 500	60
121-RES	366	2 500	60
150-RES	4 182	5 000	60
250-RES	278	250	96
145-RES	4 488	6 000	85-90
160-RES	n.d.	6 000	85-90
200-RES	4 709	6 000	85-90
130-RCT	0	3 125	60
133-RCT	0	3 125	60
135-RCT	0	3 125	60
Résidus solides	n.d.	n.d.	25
n.d. : non disponible			

4.2 Produits chimiques présents dans le laboratoire du contrôle de la qualité.

Dans le but d'évaluer la quantité et le danger que représentent les 586 produits chimiques (au point de vue de l'inflammabilité) que comporte la liste des produits chimiques présents dans le laboratoire du contrôle de la qualité (dont une bonne proportion est considérée matières dangereuses), une compilation par classe de matières dangereuses a été effectuée.

4.2.1 Analyse de la liste d'inventaire.

Les informations proviennent d'un fichier Excel, fourni par l'employeur aux inspecteurs, dans lequel une feuille avec le titre « Listes des produits chimiques / Contrôle Qualité ». Cette feuille identifie les 586 produits chimiques.

Afin de connaître l'ampleur du danger que représentent ces produits pour l'inflammabilité, pour chaque produit, la classe SIMDUT et/ou la classe selon la norme NFPA-30 1996⁴ et parfois la justification de sa classification a été trouvée et ajoutée au fichier. Ainsi, une compilation supplémentaire des matières dangereuses a été faite. Afin de compiler chacune des différentes classes de matières dangereuses, j'ai tenu compte de ceux qui étaient présents à plus 500 grammes ou 500 millilitres, et utilisé l'information, dont la classification SIMDUT, des fiches de renseignements du répertoire toxicologique de la CSST⁵, et au besoin, la fiche signalétique du fabricant. Un tableau spécifique (présente dans les annexes 1 à 3) pour chacune des catégories suivantes a été créé : corrosif, liquide inflammable, acide perchlorique. Ainsi, j'ai constaté la présence, dans la liste, d'une certaine quantité de matières dangereuses. (Voir le tableau 6).

Tableau 6
Quantité des matières dangereuses présentes dans le laboratoire du contrôle de qualité

A	Au moins 24 kilogrammes d'acide perchlorique 70%. (Annexe 1)
B	Au moins 3 litres d'acide perchlorique concentré. (Annexe 1)
C	Au moins 12,5 kilogrammes et 49 litres de produits corrosifs. (Annexe 2)
D	Au moins 431 litres de liquides inflammables B2. (Annexe 3) <ul style="list-style-type: none">• dont 60 litres de " liquides inflammables de classe IA" selon la norme NFPA-30 1996⁴• dont 371 litres de " liquides inflammables de classe IB" selon la norme NFPA-30 1996⁴

4.2.1.A et B : Acide perchlorique.

L'acide perchlorique est présent dans le laboratoire selon la liste d'inventaire (voir annexe 1), et il doit faire l'objet d'une attention particulière, en raison de sa très grande instabilité (il peut exploser au choc) et de sa forte propension à former des perchlorates explosibles au choc. Il peut ainsi provoquer un incendie. L'utilisation de l'acide perchlorique nécessite une hotte spécifique, ayant des caractéristiques spéciales propres à l'utilisation d'acide perchlorique concentré ou à 70%. La norme NFPA-45⁶ indique les mesures supplémentaires strictes à prendre pour l'acide perchlorique, des extraits sont donnés en annexe (voir annexe 4).

⁵ Répertoire toxicologique, CSST, <http://www.reptox.csst.qc.ca/Default.htm>

⁶ NFPA-45, Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals, National Fire Protection Association, Inc., <http://www.nfpa.org/>

4.2.1.C : Matières corrosives.

Selon le tableau de l'annexe 2, les matières corrosives sont présentes soit sous forme de base ou d'acide, et soit à l'état solide ou liquide. Le tableau 7 suivant résume les quantités présentes selon ces caractéristiques.

Tableau 7
Quantités et caractéristiques des matières corrosives

Corrosif	Solide	Liquide
Corrosif acide	1 kilogramme	39,5 litres
Corrosif basique	11,5 kilogrammes	9,5 litres

Ainsi, selon l'article 96 du RSST³, les matières corrosives doivent être entreposées

- 1° à l'écart des lieux où les risques d'incendie sont élevés;
- 2° à l'écart des matières comburantes et des oxydants forts;
- 3° à l'abri des rayons directs du soleil;
- 4° dans des endroits frais et bien ventilés.

De plus, les matières corrosives acides doivent être entreposées à l'écart des matières corrosives basiques.

4.2.1.D : Liquides inflammables.

Selon le tableau de l'annexe 3 : au moins 431 litres de liquides inflammables de classe SIMDUT B2.

- dont 60 litres de " liquides inflammables de classe IA" selon la norme NFPA-30 1996⁴
- dont 371 litres de " liquides inflammables de classe IB" selon la norme NFPA-30 1996⁴

Selon l'article 82 du RSST³

...l'entreposage, la manutention et l'usage des matières inflammables et combustibles, à l'état liquide, doivent s'effectuer conformément à la norme : Code des liquides inflammables et combustibles, NFPA-30 1996⁴. Dans le cas des bâtiments existant le 2 août 2001, l'employeur peut toutefois prendre des mesures qui assurent une sécurité équivalente à celle prévue dans cette norme.

5. Conclusion

5.1 Selon les données de la littérature et des calculs effectués, les mélanges ayant environ 5% et plus d'acétone sont classés "liquides inflammables de classe IB" selon la norme NFPA-30 1996⁴, les mélanges ayant environ de 2.5 à 5% et plus d'acétone sont classés "liquides inflammables de classe IC" et les mélanges ayant environ de 2 à 2.5% d'acétone sont classés "liquides inflammables de classe II" selon la même norme.

5.2 Considérant que les différents mélanges acétone-eau constatés dans les réservoirs et dans le procédé, sont considérés "liquides inflammables de classe IB" selon la norme NFPA-30 1996⁴, les installations doivent être conformes à la norme NFPA-30 1996⁴.

5.3 Considérant que l'acétone est ajoutée directement dans les broyeurs et que cette opération est faite en aire ouverte je considère le lieu de cette opération comme étant un emplacement dangereux de classe I division 1, selon l'article 18-004 du chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec⁷.

5.4 Considérant que de l'acétone est présente à 25% dans les résidus solides recueillis en fin de parcours et que l'opération est effectuée sans étanchéité, je considère le lieu cette opération comme étant un emplacement dangereux de classe I division 1, selon l'article 18-004 du chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec⁷.

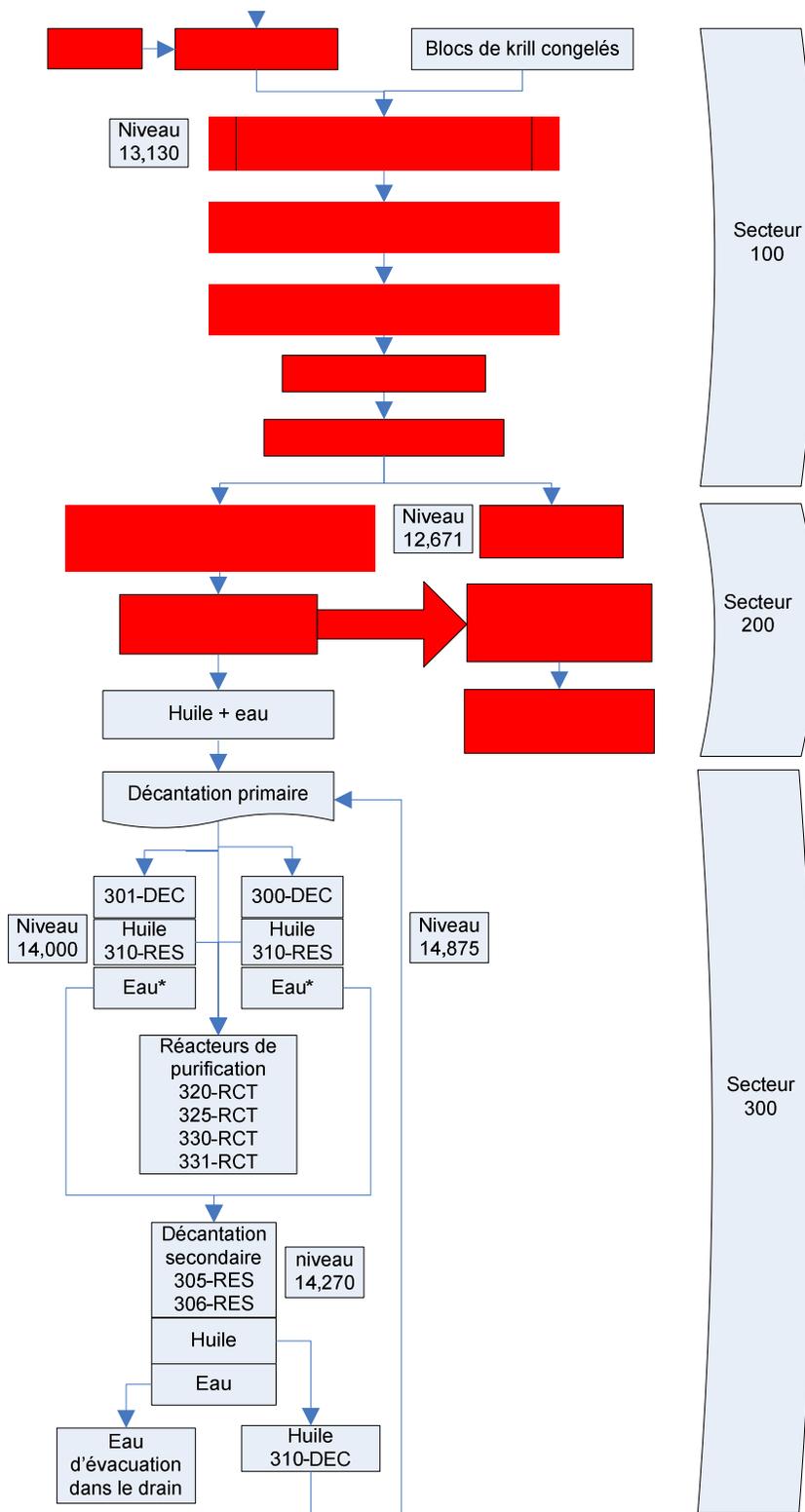
5.5 Considérant la présence d'acide perchlorique, je conclus que les hottes du laboratoire du contrôle de la qualité doivent être spécialement conçues pour l'acide perchlorique, tel qu'exigé par la norme NFPA-45⁶.

⁷ Code de construction du Québec. Chapitre V, électricité : Code canadien de l'électricité, première partie et modifications du Québec, 21e éd., Régie du bâtiment du Québec ; Mississauga, Ont. : CSA, 2010, CSA: C22.10-10

6. Recommandations

- 6.1. *Les mélanges acétone-eau constatés dans les réservoirs et dans le procédé sont considérés "liquides inflammables de classe IB" selon la norme NFPA-30 1996⁴, les installations doivent être conformes à cette norme.*
- 6.2. *Considérant que l'acétone est ajoutée directement dans les broyeurs et que cette opération est faite en aire ouverte, il faut considéré le lieu cette opération comme étant un emplacement dangereux de classe I division 1, selon l'article 18-004 du chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec⁷.*
- 6.3. *Considérant que de l'acétone est présente à 25% dans les résidus solides recueillis en fin de parcours et que l'opération est effectuée sans étanchéité, il faut considéré le lieu cette opération comme étant un emplacement dangereux de classe I division 1, selon l'article 18-004 du chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec⁷.*
- 6.4. *Considérant la présence d'acide perchlorique, les hottes du laboratoire du contrôle de la qualité doivent être spécialement conçues pour l'acide perchlorique, tel qu'exigé par la norme NFPA-45⁶.*
- 6.5. *Considérant la présence de matières corrosives et de liquides inflammables, l'entreposage de ces substances dans le laboratoire du contrôle de la qualité doit être conforme au RSST³.*

Procédé schématisé d'extraction d'huile de krill, secteurs 100 à 300



Listes des produits chimiques / Contrôle Qualité (Extrait de la liste) – Acide perchlorique								
No.Lot	No. Lot fournisseur	No. Catalogue	Description	SIMDUT	Description SIMDUT	Fournisseur	Quantité liquide L	Quantité solide lb

Extraits de la norme NFPA 45, Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals, 2011 Edition

8.2 Basic Requirements.

- 8.2.1* Laboratory ventilation systems shall be designed to ensure that fire hazards and risks are minimized.
- 8.2.2* Laboratory units and laboratory hoods in which chemicals are present shall be continuously ventilated under normal operating conditions.
- 8.2.3* Chemical fume hoods shall not be relied upon to provide explosion (blast) protection unless specifically designed to do so. (See also [C.5.4](#) and [C.5.5](#) for further information on explosion-resistant hoods and shields.)
- 8.2.4 Chemical fume hoods using **perchloric acid** shall be in accordance with Section [8.11](#).

8.11 Perchloric Acid Hoods.

- 8.11.1* **Perchloric acid** heated above ambient temperatures shall only be used in a chemical fume hood specifically designed for its use and identified as follows:

FOR PERCHLORIC ACID OPERATIONS

*Exception: Hoods not specifically designed for use with **perchloric acid** shall be permitted to be used where the vapors are trapped and scrubbed before they are released into the hood. (See also [12.1.2.5](#).)*

- 8.11.2 **Perchloric acid** hoods and exhaust ductwork shall be constructed of materials that are acid resistant, nonreactive, and impervious to **perchloric acid**.
- 8.11.3 The exhaust fan shall be acid resistant and spark resistant.
- 8.11.4 The exhaust fan motor shall not be located within the ductwork.
- 8.11.5 Drive belts shall be conductive and shall not be located within the ductwork.
- 8.11.6 Ductwork for perchloric acid hoods and exhaust systems shall take the shortest and straightest path to the outside of the building and shall not be manifolded with other exhaust systems.
 - 8.11.6.1 Horizontal runs shall be as short as possible, with no sharp turns or bends.
 - 8.11.6.2 The ductwork shall provide a positive drainage slope back into the hood.
 - 8.11.6.3 Ductwork shall consist of sealed sections.
 - 8.11.6.4 Flexible connectors shall not be used.
- 8.11.7 Sealants, gaskets, and lubricants used with **perchloric acid** hoods, ductwork, and exhaust systems shall be acid resistant and nonreactive with **perchloric acid**.
- 8.11.8* A water spray system shall be provided for washing down the hood interior behind the baffle and the entire exhaust system.
 - 8.11.8.1 The hood work surface shall be watertight with a minimum depression of 13 mm ($\frac{1}{2}$ in.) at the front and sides.
 - 8.11.8.2 An integral trough shall be provided at the rear of the hood to collect washdown water.
- 8.11.9 The hood baffle shall be removable for inspection and cleaning.
- 8.11.10* If a chemical fume hood or exhaust system was used for **perchloric acid** heated above ambient temperature, tests shall be conducted for explosive **perchlorates** before any inspection, cleaning, maintenance, or any other work is done on any part of the exhaust system or hood interior.
- 8.11.11 Prior to using a **perchloric acid** hood for any purpose, the hood shall be water-washed and shall be tested according to [8.11.9](#) to ensure residual **perchlorates** are not present.

ANNEXE D

Rapport d'expertise sur le bâtiment sis au 795, Pépin, Sherbrooke



RÉSEAU D'EXPERTISE
EN PRÉVENTION-INSPECTION

RAPPORT D'EXPERTISE

Classification des locaux – Accident Neptune

Rapport présenté à

Monsieur Claude Loubier
Directeur santé et sécurité, direction régionale de l'Estrie

Madame Johanne Marquis
Inspectrice, direction régionale de l'Estrie

Monsieur Robert Beaudette
Inspecteur, direction régionale de l'Estrie

Préparé par

Jean Lapointe
Architecte et conseiller expert en prévention-inspection
DGPIP, secteur de la construction et de l'hygiène du travail

Le 11 mars 2014

SOMMAIRE

1. Mise en contexte	4
2. Description du mandat	4
3. Méthodologie	5
4. Informations recueillies	5
5. Accident	6
6. Lexique	7
7. Analyse	10
7.1 Usage du bâtiment	10
7.1.1 Usage principal	10
7.1.2 Analyse des données recueillies sur l'usage principal	11
7.1.3 Usages auxiliaires	11
7.2 Bâtiment	11
7.2.1 Aire de bâtiment	12
7.2.2 Hauteur de bâtiment	12
7.2.3 Accessibilité du bâtiment	12
7.2.4 Bloc A	13
7.3 Normes de construction	14
7.3.1 Application des normes de construction	14
7.3.2 Dimensions et construction du bâtiment en fonction de son usage	15
7.3.3 Protection par un réseau d'extincteurs automatiques	16

7.3.4 Norme de construction municipale et normes de la CSST.....	16
7.4 Zone de production	17
7.5 Protection par gicleurs /Zone de production	17
7.6 Réseau détecteur et avertisseur d'incendie.....	18
7.7 Plates-formes et mezzanines	18
7.8 Plancher de mezzanine comme séparation coupe-feu de 1 heure	21
7.9 Nombre de sorties.....	22
7.10 Distances de parcours vers les portes de sortie des locaux les plus proches	22
7.10.1 Distances de parcours maximales des aires de plancher vers les issues	23
7.10.2 Distances maximales de parcours des mezzanines	23
7.11 Impasse	23
7.12 Issues	24
7.13 Ventilation	24
7.14 Bassins de rétention	24
7.15 Emplacements dangereux	26
7.16 Mesures de protection antidéflagrantes.....	26
8. Conclusion.....	27
9. Références	29
10. Annexes	30
Annexe 1 Rapport d'expertise de Michel Blouin, ingénieur, inspecteur CSST	30
Annexe 2 Photographie 1 Mezzanine d'entreposage et ses poteaux porteurs	38
Annexe 3 Procédé de production	39
Annexe 4 Usage F2.....	40
Annexe 5 Bloc A, bloc B, bloc C.....	41
Annexe 6 Référence au CNB 2005	42
Annexe 7 Mezzanines, niveau 14 000.....	43
Annexe 8 Seuils surélevés, niveau 10 000	44

1. Mise en contexte

Le 8 novembre 2012, à 13 heures 24 minutes 42 secondes (HNE), se produit une explosion dans l'usine Neptune, sise au 795 de la rue Pépin, dans le Technoparc de Sherbrooke.

Sur le coup ou dans les jours qui suivent, trois travailleurs décèdent et 23 travailleurs sont blessés. La Commission de la santé et de la sécurité du travail enquête.

2. Description du mandat

Ce mandat s'inscrit dans le cadre de l'enquête sur l'accident survenu chez Neptune Technologies et Bioressources. En effet, lors de l'accident, l'acétone s'est déversée et répandue hors de la zone de production classée « explosion-proof », jusque dans des zones non-classées. Cet écoulement a joué un rôle primordial comme cause de l'accident car si l'acétone avait été confinée à la zone de production, aucune déflagration ou explosion n'aurait eu lieu.

Les inspecteurs assignés à l'enquête Johanne Marquis, inspectrice contenu, et Robert Beaudette, inspecteur processus, sont d'avis qu'il y a eu des lacunes dans la conception et/ou l'usage du bâtiment quant à l'évaluation du risque d'explosion.

Le mandat consiste à fournir une opinion en ce qui a trait à la classification des locaux adjacents à la zone de production et les caractéristiques que le bâtiment devait avoir (vs le bâtiment tel que construit) pour être conforme aux normes en vigueur.

3. Méthodologie

Ce rapport d'expertise se fonde sur les analyses suivantes :

Analyse des documents et des propos recueillis par les inspecteurs;

Analyse réglementaire;

Analyse des informations colligées;

Il n'y a eu aucune visite des lieux.

4. Informations recueillies

Les informations portent sur :

Les circonstances de l'accident, l'état des lieux après l'accident, les relevés effectués;

Les propriétés inflammables et toxiques de l'acétone;

Les plans du bâtiment reçus

Époque 1992

Époque 2002

Époque 2008 à 2010

Époque 2012

La réglementation applicable;

Les informations des collègues inspecteurs à l'enquête, les témoignages recueillis;

Les informations, les rapports et les analyses des collègues suivants :

- Michel Gagné, chimiste et conseiller expert en contaminants chimiques (sécurité) et en hygiène industrielle à la DGPIP;
- Michel Blouin, ingénieur, inspecteur expert du réseau d'expertise – mécanique du bâtiment, de la direction régionale de l'Outaouais, et dont le rapport est en annexe¹.

Les informations recueillies auprès de Monsieur Michel Beauchesne, urbaniste et chef de la section des permis et inspections, Division de l'urbanisme, des permis et de l'inspection, portant sur les diverses éditions et périodes d'application de la norme de construction de la Ville de Sherbrooke.

¹ Rapport d'expertise de Michel Blouin, en annexe 1

5. Accident

Selon les informations des inspecteurs, l'explosion se serait produite dans les circonstances suivantes : lors d'une remise en marche du cycle de production à la suite d'un arrêt pour entretien planifié, à partir de l'un ou l'autre broyeur situé sur la mezzanine des broyeurs du niveau 13 130, dans la zone de production,

- l'acétone s'est déversée;
- a coulé au sol, faute de dispositifs anti-débordement du réservoir ou de la cuve²;
- puis, par débordement du système de drainage de secours³ du local, a coulé sous la porte, hors du local;
- s'est écoulée sur le sol de la partie couloir de la plate-forme d'entreposage;
- faute de séparation coupe-feu du plancher du couloir⁴, s'est écoulée du niveau 13 130 jusqu'au niveau 10 000 sur le sol du corridor 059, dans une zone sans classification d'emplacement dangereux⁵ selon le code d'électricité, formant une flaque de liquide au sol;
- causant une explosion dans le bâtiment, puis une conflagration.

² Règlement sur la santé et la sécurité du travail c. S-2.1, r.13, article 93. « Dispositifs anti-débordement : Les réservoirs et les cuves contenant des matières toxiques à l'état liquide doivent être munis de dispositifs anti-débordement. »

³ Code des liquides inflammables et combustibles, NFPA 30 - 1996, article 5-3.5.1. « Des systèmes de drainage de secours doivent être prévus pour évacuer dans un endroit sécuritaire les fuites de liquides ainsi que l'eau de lutte contre l'incendie. Ce drainage peut comporter des murets, des dalots ou des systèmes de drainage de secours spéciaux pour empêcher la propagation du feu. »

⁴ Séparation coupe-feu, voir lexique

⁵ Emplacement dangereux : Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité, Code canadien de l'électricité, Première partie et modifications du Québec c. C22.10-10 : lieux, bâtiments ou parties de bâtiments dans lesquels une atmosphère dangereuse peut être présente dans l'air. L'emplacement dangereux peut être de classe I (atmosphère explosive gazeuse), de classe II (atmosphère avec poussières combustibles en suspension), de classe III (atmosphère avec fibres ou substances facilement inflammables).

6. Lexique

Aire de bâtiment : la plus grande surface horizontale du bâtiment au-dessus du niveau moyen du sol, calculée entre les faces externes des murs extérieurs ou à partir de la face externe des murs extérieurs jusqu'à l'axe des murs coupe-feu, cf. CNB, sous-section 1.3.2.

Aire de plancher protégée : partie d'une aire de plancher isolée des aires communicantes par une séparation coupe-feu d'un degré de résistance au feu au moins égal à celui qui est exigé pour le plancher de l'étage où elle est située et où les ouvertures pratiquées dans la séparation coupe-feu verticale sont protégées par des sas, cf. CNB, paragraphe 3.2.8.4.1).

Code des liquides inflammables et combustibles, NFPA 30 – 1996 : NFPA 30

Code national du bâtiment 1985 ou CNB : norme de construction adoptée en vertu de la LSST, art. 223 (8), référée à l'article 2 du Règlement sur l'application d'un Code du bâtiment – 1985 c. S-2.1, r.0.1, édition mise en application après le 24 janvier 1987 et toujours en vigueur à la CSST. Le CNB 1985 est complété par le Supplément du Code national du bâtiment du Canada 1985.

Code national du bâtiment – Canada 1990 ou CNB 1990 : norme de construction municipale appliquée par la Ville de Sherbrooke de juillet 1991 au 4 novembre 2002

Code de construction du Québec – Chapitre I, Bâtiment, et Code national du bâtiment - Canada 1995 (modifié) ou CCQ 1995 : norme de construction municipale appliquée par la Ville de Sherbrooke du 5 novembre 2002 au 11 octobre 2011

Code de construction du Québec – Chapitre I, Bâtiment, et Code national du bâtiment - Canada 2005 (modifié) ou CCQ 2005 : norme de construction municipale appliquée par la Ville de Sherbrooke du 12 octobre 2011 à ce jour

Degré de résistance au feu : temps en heures ou fraction d'heure, pendant lequel un matériau ou un ensemble de matériaux empêche le passage des flammes et la transmission de la chaleur dans des conditions déterminées d'essai et de comportement, ou tel que déterminé par interprétation ou extrapolation des résultats d'essai comme l'exige le présent Code, cf. CNB, sous-section 1.3.2.

Distance de parcours : « (...) la distance de parcours désigne la distance qu'il faut parcourir d'un point quelconque de l'aire de plancher pour atteindre une issue. », cf. CNB paragraphe 3.4.2.3.1)

Établissement industriel : bâtiment ou partie de bâtiment utilisé pour l'assemblage, la fabrication, la confection, le traitement, la réparation ou le stockage de produits, de matières ou de matériaux, cf. CNB, sous-section 1.3.2.

Établissement industriel à risques faibles (groupe F, division 3) : établissement industriel dont le contenu combustible ne dépasse pas 50 kg/m² ou 1200 MJ/m² d'aire de plancher, cf. CNB, sous-section 1.3.2.

Établissement industriel à risques moyens (groupe F, division 2) : établissement industriel non classé comme établissement industriel à risques très élevés mais dont le contenu combustible est supérieur à 50 kg/m² ou 1200 MJ/m² d'aire de plancher, cf. CNB, sous-section 1.3.2.

Établissement industriel à risques élevés d'incendie ou d'explosion (groupe F, division 1) : établissement industriel contenant une quantité suffisante de matières très combustibles, inflammables ou explosives pour constituer un danger particulier d'incendie, cf. CNB, sous-section 1.3.2.

Impasse : sans issue, cf. Le Petit Robert : Dictionnaire de la langue française

Loi sur la santé et la sécurité du travail L.R.Q., chapitre S-2.1 : LSST

Matière toxique : une matière qui est un produit contrôlé au sens du Règlement sur l'information concernant les produits contrôlés c. S-2.1, r. 8

Mezzanine : niveau entre le plancher et le plafond d'une pièce ou d'un étage quelconque, ou balcon intérieur, cf. CNB, sous-section 1.3.2.

Mur coupe-feu : type de séparation coupe-feu de construction incombustible [en maçonnerie ou en béton] qui divise un bâtiment ou sépare des bâtiments contigus afin d'empêcher la propagation du feu et qui offre le degré de résistance au feu exigé dans le présent code [quatre heures dans un bâtiment du groupe F, division 1 ou 2, ou deux heures dans les autres usages], cf. CNB, sous-section 1.3.2.

Neptune Technologies et Bioressources inc. : Neptune

Règlement sur la santé et la sécurité du travail c. S-2.1, r.13 : RSST

Séparation coupe-feu : ensemble de construction destiné à empêcher la propagation du feu, cf. CNB, sous-section 1.3.2. Selon l'annexe A du CNB, un degré de résistance au feu n'est pas nécessairement exigé pour une séparation coupe-feu

Usage : utilisation réelle ou prévue d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment pour abriter ou recevoir des personnes, des animaux ou des choses.

Usage principal : usage dominant, réel ou prévu, d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment. Un usage principal est réputé comprendre tout usage auxiliaire qui en fait intégralement partie.

7. Analyse

7.1 Usage du bâtiment

7.1.1 Usage principal

L'usage industriel de l'usine Neptune est implanté en 2002 dans un bâtiment industriel existant. Neptune utilise l'acétone, un liquide miscible dans l'eau, dans son procédé de production d'huile de krill. Ce procédé, en circuit fermé, utilise et entrepose 20 000 L d'acétone⁶.

L'acétone (CAS 67-64-1) utilisée dans le procédé est ainsi classée:

- selon le SIMDUT, par son point d'éclair à -20° C., un liquide inflammable B2;
- selon le SIMDUT, une matière toxique ayant d'autres effets D2B.
- selon NFPA 30, un liquide inflammable de classe IB.

L'acétone est un liquide inflammable extrêmement volatile:

- limite inférieure d'explosivité (LIE) à 2,5% (Vol/vol) ou 25 000 ppm à 25° C.;
- limite supérieure d'explosivité (LSE) à 12,8% (Vol/vol) ou 128 000 ppm à 25° C.;
- concentration à saturation (à 20° C.) : 245 000 ppm ou 24,5% (Vol/vol) : facilement atteinte.

Dans son cas particulier, par ses propriétés d'inflammabilité et de volatilité, l'acétone est explosive. L'acétone est facilement explosive lorsque sa concentration se situe entre sa LIE et sa LSE, en présence d'une source d'allumage. Hors de ces limites, l'acétone devient inoffensive, parce que sa concentration dans l'air est soit trop faible soit trop forte. Cependant, en fonction de sa grande volatilité, l'acétone se dilue facilement dans l'air ambiant par zones de concentrations décroissantes à partir de son point d'émission, engendrant de nombreuses zones de concentration entre la LIE et la LSE. Or, l'une ou l'autre de ces zones à l'intérieur de ces limites devient dangereuse en présence d'une source d'allumage.

Toutes ces propriétés de l'acétone en font un produit dangereux. Or le CNB définit le classement d'un établissement selon sa charge combustible ou explosive. En conséquence, l'usine Neptune est un établissement industriel ainsi défini, soit du :

- **groupe F, division 1, établissement industriel à risques très élevés**, c'est-à-dire contenant une quantité suffisante de matières très combustibles, inflammables ou explosives pour constituer un danger particulier d'incendie.

⁶ La capacité totale d'entreposage et d'usage d'acétone dans le bâtiment est de 100 000 L. Voir le rapport d'expertise de Michel Gagné, tableau 5.

7.1.2 Analyse des données recueillies sur l'usage principal

Le plan d'agrandissement de l'usine de la firme Architech Design, de décembre 2008, mentionne que l'usage principal est du groupe F, division 2, identifié F2 sur la feuille de sommaire du projet⁷.

Lors d'une autre phase d'agrandissement de l'usine, le dessin d'implantation A010 du 15 août 2011 de la firme Architech Design énonce que l'usage principal de l'usine Neptune est F2.

Toutefois un autre rapport intitulé Rapport préliminaire d'analyse du concept architectural et sécurité incendie, du 29 novembre 2011 produit par Technorm pour l'agrandissement de l'usine en 2011 – 2012 énonce, au point 3.1, que l'usage principal est du groupe F1.

- **Selon notre analyse, l'usage principal du bâtiment est du groupe F, division 1. L'usage du groupe F, division 1 est le seul usage principal du bâtiment. Il s'applique à l'ensemble du bâtiment.**

7.1.3 Usages auxiliaires

En plus des locaux de production, le bâtiment inclut : des bureaux, une réception, un vestiaire, une cafétéria, des salles de toilette, une salle de rétentions et entrepôt d'archives, une salle informatique, plusieurs salles électriques, un atelier mécanique, un laboratoire de recherche, un laboratoire de microbiologie, des laboratoires de chimie, un local de concierge, un monte-charge, une salle de serveurs, une salle de conférence; une chambre de congélation, une salle de quarantaine, un quai d'expédition, une salle d'échantillonnage, trois bureaux, deux salles de toilette pour hommes et femmes.

Tous ces usages sont auxiliaires à l'usage principal : bureaux, usage D; salle de repos, usage A2; salle de réunion, usage A2; locaux techniques, usage F3. Quant au laboratoire de chimie, il est utilisé pour le contrôle de qualité (local no 115). L'une des substances qui y est utilisée est l'acide perchlorique. Bien que la dangerosité et la charge combustible de l'acide perchlorique ne soient pas prises en compte dans cette analyse, on peut affirmer que l'usage et l'entreposage de cette matière dangereuse dans un laboratoire de Neptune augmente le risque d'incendie dans l'établissement. Pour une analyse du danger d'inflammabilité des matières dangereuses de ce laboratoire, se référer au rapport d'expertise de Michel Gagné.

7.2 Bâtiment

Pour étudier le bâtiment, il faut connaître son aire de bâtiment, sa hauteur, son accessibilité aux services d'incendie et ses transformations.

Au moment de l'accident en 2012, le bâtiment industriel de Neptune a les caractéristiques suivantes :

⁷ Voir annexe 4

7.2.1 Aire de bâtiment

Au CNB, l'aire d'un bâtiment est le résultat de la plus grande surface horizontale (au-dessus du niveau moyen du sol) à partir des faces externes des murs extérieurs. L'aire d'un bâtiment est aussi le résultat de la plus grande surface horizontale mesurée à partir des faces externes des murs extérieurs jusqu'à l'axe d'un mur coupe-feu. Un mur coupe-feu permet donc de limiter l'aire d'un bâtiment. Ainsi, selon le CNB, un mur coupe-feu permet de séparer un bâtiment en deux bâtiments distincts. Nous retenons cette définition d'aire de bâtiment pour Neptune.

Le bâtiment de Neptune est constitué du bâtiment original et de ses agrandissements successifs⁸ :

- **Bloc A** bâtiment de 1995, réaménagé en 2002 pour procédé industriel de Neptune et bureaux : aire de bâtiment 905 m²
- **Bloc B** agrandissement de 2008, pour réception et expédition: aire de bâtiment 321 m²
- **Bloc C** agrandissement de 2011, pour augmentation du procédé : aire de bâtiment 2 284 m²

Les blocs A et C sont séparés par un mur coupe-feu de 4 heures de résistance au feu. Compte tenu du mur coupe-feu, selon le CNB, l'établissement Neptune est constitué de deux bâtiments : le bâtiment A + B et le bâtiment C. Aux fins de notre expertise, nous étudions le bâtiment A + B, dont l'aire de bâtiment est de 1 226 m². Le bâtiment C ne sera pas étudié dans ce rapport pour les raisons suivantes :

- D'un point de vue réglementaire, le bloc C constitue un bâtiment distinct;
- Le bloc C était en construction au moment de l'accident;
- Le bloc C n'était pas en opérations au moment de l'accident;
- Le bloc C est étranger à l'accident survenu.

De plus, dans cette expertise, nous ne faisons aucune analyse de la conformité, de la conception ni de la construction du mur coupe-feu de 4 heures. Ce mur coupe-feu est présumé conçu et construit selon les règles.

- **Aire de bâtiment de 1 226 m²**

7.2.2 Hauteur de bâtiment

L'usine Neptune a une hauteur de bâtiment de 2 étages.

- **Hauteur de bâtiment de 2 étages.**

7.2.3 Accessibilité du bâtiment

La sous-section 3.2.5. du CNB traite des mesures de lutte contre l'incendie, notamment celle des voies d'accès obligatoires pour certains bâtiments, entre autres ceux avec une aire de bâtiment supérieure à 600 m².

⁸ Voir annexe 5

L'article 3.2.2.4. du CNB énonce des dispositions d'interprétation du nombre de voies d'accès en fonction du pourcentage de périmètre du bâtiment accessible, c'est-à-dire à au plus 15 mètres d'une rue.

L'usine Neptune est accessible par 2 voies selon l'information de l'inspectrice.

➤ **Accessibilité par 2 voies.**

7.2.4 Bloc A

Avant l'accident en 2012, le bloc A a été transformé :

1. Agrandissement d'un atelier (local 064 au niveau 10 000) et ajout d'une mezzanine et passerelle (niveau 13 130) en caillebotis d'acier galvanisé avec escalier d'acier au-dessus de l'atelier, à l'étage (niveaux 10 000 à 13 130), en 2009 : mezzanine d'entreposage
2. Ajout d'un garde-corps en acier au-dessus de l'entrepôt de produits dangereux (local 063), à l'étage (niveau 13 130), en 2009 : mezzanine d'entreposage
3. Ajout d'un nouvel escalier (niveaux 14 270 à 14 875) et d'une nouvelle passerelle en acier strié (niveau 14 875) dans le local 052, en 2009 : mezzanine 151
4. Ajout d'une mezzanine en pontage d'acier (niveau 15 821/12 671)⁹, avec ouverture horizontale pour procédé dans le local du filtre presse à l'étage, dans le local no 060 NKA au rez-de-chaussée (niveau 13 150/10 000) et dans le corridor 059 (niveau 15 212/12 062), en 2009 : mezzanine du filtre-presse
5. Ajout d'une passerelle en acier et plaque d'acier striée pour quatre (4) évaporateurs (niveau 4 870/14 870), dans le local 052, en 2010 : mezzanine 151
6. Remplacement d'une passerelle de 2009 au-dessus de l'atelier par une section de mezzanine (niveau 13 130), en 2010 : mezzanine d'entreposage
7. Ajout d'une mezzanine en aluminium pour broyage (local 052 au niveau 13 130) et d'une passerelle en acier galvanisé (niveau 13 130), pour compléter les mezzanines décrites aux points 1 et 6, corridor 050 et 059, en 2011 : mezzanine des broyeurs
8. Ajout d'une mezzanine en acier galvanisé et béton pour formulation et d'une passerelle en contreplaqué et revêtement de sol en aluminium diamanté, au-dessus des locaux 054, 055, 056, 057, niveau 14 875, avec escalier d'issue extérieur (niveaux 14 875 à 10 000), en 2012 : mezzanine de formulation.

Selon les informations des inspecteurs, la mezzanine d'entreposage est constituée d'un assemblage de différentes plates-formes et passerelles avec joints ouverts (éléments 1, 2, 6, 7).

⁹ Les plans indiquent des niveaux sans référence aux niveaux 10 000 et 14 000. De là, l'ajout de l'indication « /niveau » qui correspond au niveau ajusté.

7.3 Normes de construction

Au Québec, il y a plusieurs niveaux d'instances réglementaires, notamment la CSST pour la santé et la sécurité du travail et les municipalités pour l'implantation des bâtiments et pour leur construction. Chaque instance réglementaire adopte ses normes réglementaires, lesquelles visent entre autre la sécurité incendie des bâtiments. Conséquence de ces instances multiples, il y a cohabitation réglementaire CSST – municipalité, sous l'angle des normes de construction. Ainsi l'usine Neptune est assujettie à l'application des normes de construction suivantes :

- en fonction de sa nature comme lieu de travail, Neptune est un établissement selon la définition de la LSST. Neptune doit se conformer de façon minimale aux normes de sécurité incendie de la CSST, dont notamment :
 - le CNB 1985 c. S-2.1, r.0.1, applicable depuis le 25 janvier 1987;
 - le RSST c. S-2.1, r.13, applicable depuis le 2 août 2001;
 - le Code des liquides inflammables et combustibles NFPA 30-96 applicable à tout établissement où on entrepose, manutentionne et fait usage de matières inflammables et combustibles, à l'état liquide.
- en fonction de sa localisation géographique, à la norme de construction municipale de la Ville de Sherbrooke, le CCQ 1995, applicable depuis le 5 novembre 2002.

Cependant, selon le tableau des principales modifications au bâtiment préparé par l'inspectrice, le réaménagement du bâtiment a commencé le 26 mars 2002 et la production, le 1^{er} mai 2002. Il est plus que probable que les plans et devis ont été préparés avant 2002, selon les exigences du CNB 1990, soit l'édition précédente de la norme de construction municipale.

- **Normes de construction de la CSST applicables à l'établissement Neptune à son ouverture : CNB 1985, RSST, Code des liquides inflammables et combustibles.**

7.3.1 Application des normes de construction

En situation de cohabitation réglementaire, un propriétaire de bâtiment a la responsabilité d'aménager son bâtiment selon les exigences les plus sévères de l'une ou l'autre des normes de construction.

Le législateur a prévu qu'un propriétaire puisse présenter une demande de mesure compensatoire à la CSST pour assurer la sécurité incendie dans son bâtiment; voir les dispositions réglementaires de l'article 3 du S-2.1, r.0.1¹⁰. Or, à notre connaissance, aucune mesure compensatoire n'a été présentée à la CSST avant l'accident. Donc les normes de construction sont applicables telles quelles et représentent un minimum applicable.

¹⁰ « Dans le cas de transformation au sens du code ou addition à un bâtiment déjà construit, le propriétaire peut, si certaines dispositions du code sont difficilement applicables compte tenu de leur impact, proposer à une personne désignée par le ministre du Travail des mesures compensatoires, qui pourraient être acceptées par celle-ci, pour assurer la sécurité dans son bâtiment. » cf. c. S-2,1, r.0.1, art. 3.

On peut lire sur un plan de 2002 de la firme Procd Groupe conseil feuille Q01180 PAC 601 02 Vue en plan, coupes, détails et devis d'air comprimé, la note 1.2 sur les normes de référence:

- Code de sécurité pour les travaux de construction de la province de Québec [non applicable pour les concepteurs – applicable à tout travail sur un chantier de construction];
 - Loi sur les établissements industriels et commerciaux [loi abrogée en 1979].
- Aucune référence au CNB ni au RSST.

Sur ses plans de juillet 2010, la firme Teknika HBA (devenue EXP en 2011) réfère, entre autres, au CNB 2005, ses révisions et ses documents connexes, alors que la norme municipale est le CCQ 1995 applicable jusqu'au 11 octobre 2011¹¹.

7.3.2 Dimensions et construction du bâtiment en fonction de son usage

La section 3.2 du CNB énonce les exigences de sécurité incendie suivant l'usage et les dimensions des bâtiments.

Usage principal	F1
Aire de bâtiment	1 226 m²
Hauteur de bâtiment	2 étages
Accès au bâtiment	2 voies

En fonction des caractéristiques du bâtiment, l'article applicable à Neptune est le 3.2.2.40. Groupe F, division 1, 4 étages au plus.

	Norme de construction municipale – CNB 1990	Norme de construction CSST - CNB 1985 modifié
Dimensions et construction en fonction de l'usage	Article 3.2.2.51. 4 étages au plus	Article 3.2.2.40. 4 étages au plus
Aire maximale non protégée par extincteurs automatiques à eau	1 500 m ²	1 500 m²
Type de bâtiment	Construction incombustible	Construction incombustible
Planchers, séparations coupe-feu	2 h	2 h
Mezzanines	1 h	1 h
Toit	1 h	1 h
Murs, poteaux et arcs porteurs	Résistance au feu de l'ensemble supporté	Résistance au feu de l'ensemble supporté

¹¹ Voir annexe 6

Les exigences de la norme municipale et de la norme CSST sont semblables. La construction doit être incombustible, les planchers doivent former des séparations coupe-feu de 2 heures de résistance au feu, toute mezzanine doit former une séparation coupe-feu avec un degré de 1 heure de résistance au feu, le toit doit former une séparation coupe-feu de 1 heure de résistance au feu et les murs, poteaux, arcs porteurs doivent avoir la résistance au feu des ensembles supportés.

7.3.3 Protection par un réseau d'extincteurs automatiques

La section 3.3 du CNB traite des exigences de sécurité dans les aires de plancher. L'article 3.3.7.2.¹² énonce l'obligation d'installer un système de gicleurs dans un usage principal du groupe F, division 1: « Dans un *usage principal* du groupe F, division 1, toutes les *aires de plancher* doivent être munies d'un réseau d'extincteurs automatiques appropriés à la nature du risque et conforme aux règlements provinciaux ou municipaux, ou, en l'absence d'une telle réglementation, conformément au Code national de prévention des incendies du Canada 1985. » Cette obligation de protection par un réseau d'extincteurs automatiques permet, par ailleurs, d'alléger les exigences de construction du bâtiment et de choisir dans la sous-section 3.2.2. un article moins sévère, en l'occurrence l'article 3.2.2.39. pour le groupe F, division 1, 3 étages au plus, protégé par des extincteurs automatiques à eau.

7.3.4 Dimensions et construction du bâtiment en fonction de son usage selon la norme de construction municipale et selon les normes de la CSST, article 3.2.2.39.

	Norme de construction municipale – CNB 1990	Norme de construction CSST - CNB 1985 modifié
Usage principal	F1	F1
Aire de bâtiment	1 226 m ²	1 226 m²
Hauteur de bâtiment	2 étages	2 étages
Accès au bâtiment	2 voies	2 voies
Dimensions et construction en fonction de l'usage	Article 3.2.2.50. 3 étages au plus protégés par extincteurs automatiques à eau	Article 3.2.2.39. 3 étages au plus protégés par extincteurs automatiques à eau
Aire maximale protégée par extincteurs automatiques à eau	1 500 m ²	1 500 m²
Type de bâtiment	Gros bois d'œuvre ou construction incombustible ou combinaison des deux	Gros bois d'œuvre ou construction incombustible ou combinaison des deux
Planchers, séparations coupe-feu	3/4 h	3/4 h
Murs, poteaux et arcs	Résistance au feu de	Résistance au feu de

¹² Le CNB 1990 énonce la même exigence à l'article 3.3.5.2.

porteurs	l'ensemble supporté	l'ensemble supporté
----------	---------------------	----------------------------

L'article 3.2.2.39. permet de réduire les résistances au feu des planchers à ¼ h, d'éviter toute résistance au feu aux mezzanines et au toit, en autant que le bâtiment soit protégé par un réseau d'extincteurs automatiques.

Selon les informations des inspecteurs et selon notre examen des plans et documents reçus :

- **Le bâtiment n'est pas protégé par un système d'extincteurs automatiques approprié à la nature du risque et conforme aux règlements provinciaux ou municipaux comme spécifié à l'article 3.3.7.2. du CNB, ce qui contrevient à la réglementation.**
- **Le bâtiment n'a pas les résistances au feu exigées à l'article 3.2.2.40. :**
 - **Mezzanines doivent former des séparations coupe-feu d'un degré de résistance au feu minimal de 1 heure : non respecté¹³;**
 - **Toit doit avoir un degré de résistance au feu de 1 heure, impossible à vérifier;**
 - **Éléments porteurs avec degré de résistance au feu des ensembles supportés : les poteaux porteurs de certaines mezzanines sont sans degré de résistance au feu¹⁴.**

7.4 Zone de production

Le mandat d'expertise parle d'une zone de production. Elle désigne la salle de production no 052 qui contenait en 2002 l'ensemble du procédé de production¹⁵. Au fil du temps, l'étape de récupération des carapaces des krills a été aménagée hors de la zone de production au niveau 15 821/12 671¹⁶, dans le local du filtre-presse et au niveau 10 000, dans le local 060 NKA, deux locaux l'un au-dessus de l'autre avec ouverture horizontale entre les deux.

7.5 Protection par gicleurs /Zone de production

L'usage F1 impose une protection incendie par extincteurs automatiques approprié à la nature du risque dans tout le bâtiment. La protection par extincteurs automatiques aurait pu être limitée à la seule partie du bâtiment abritant la zone de production, en construisant un mur coupe-feu de 4 heures de résistance au feu entre la zone de production et le reste du bâtiment (cf. paragraphe 3.1.8.1.3)).

À l'examen des plans, on ne trouve aucun mur coupe-feu de 4 heures de résistance au feu entre la zone de production et le reste du bâtiment. Les plans indiquent une séparation coupe-feu de 2 heures entre la salle de production et le reste du bâtiment

¹³ Voir annexe 2, photographie 1, mezzanine d'entreposage.

¹⁴ Voir annexe 2, photographie 1, poteaux porteurs de la mezzanine d'entreposage.

¹⁵ Voir annexe 3, procédé de production.

¹⁶ Voir note no 9

avec un mur de maçonnerie au niveau 10 000, complété par un mur de gypse et colombages d'acier aux niveaux supérieurs 11 750 et 13 130. Selon la réglementation, une séparation coupe-feu de 2 heures n'équivaut pas à un mur coupe-feu de 4 heures : un mur coupe-feu de 4 heures doit être en maçonnerie continue et armée sur 2 étages, dépasser le toit d'au moins 150 mm, être muni de dispositifs de fermeture (portes et volets coupe-feu) avec degré pare-flammes de 3 heures¹⁷. Une séparation coupe-feu de 2 heures peut être construite en colombages d'acier avec double gypse ignifuge de 15,9 mm sur chaque face, avec remplissage ou non des vides entre poteaux avec laine de roche selon le détail type retenu. Selon notre analyse, trois (3) volets coupe-feu de 3 heures ferment trois (3) ouvertures de la salle de production 052 avec la chambre froide 051, la salle de contrôle 053 et le sas 054. La présence de ces trois volets coupe-feu ne transforme pas en mur coupe-feu la séparation coupe-feu présente. En l'occurrence, les volets coupe-feu requéraient au minimum un degré pare-flammes de 1 h 30. Les volets coupe-feu installés ont un degré pare-flammes supérieur au minimum requis.

- **Le bâtiment de Neptune (bloc A et bloc B), un établissement industriel à risques élevés du groupe F, division 1, doit être protégé dans son ensemble par un système d'extincteurs automatiques approprié à la nature du risque.**

7.6 Réseau détecteur et avertisseur d'incendie

Selon le tableau 3.2.4.A du paragraphe 3.2.4.1.1) du CNB, un établissement du groupe F, division 1, doit être muni d'un réseau avertisseur d'incendie lorsque le nombre de personnes est supérieur à 75. Chez Neptune, le nombre approximatif de travailleurs, selon les inspecteurs, est de 80.

Dans un usage du groupe F, division 1, le réseau avertisseur d'incendie exigé doit être à signal simple, cf. CNB, par. 3.2.4.3.1).

Un réseau avertisseur d'incendie à signal simple doit faire retentir un signal d'alarme au moyen de tous les appareils à signal sonore du réseau sur déclenchement d'un avertisseur manuel d'incendie ou d'un détecteur d'incendie, cf. CNB, par. 3.2.4.4.1).

Un avertisseur manuel d'incendie doit être installé sur chaque aire de plancher à proximité de chaque issue exigée; cf. CNB, art. 3.2.4.12.

- **Selon l'information reçue et analysée, l'établissement Neptune incluait un réseau avertisseur d'incendie à signal simple relié à la municipalité, avec avertisseurs manuels d'incendie aux portes d'issue.**

7.7 Plates-formes et mezzanines

Le bâtiment de Neptune compte :

- dans sa partie avant,
 - un rez-de-chaussée, au niveau 10 000,
 - un étage, au niveau 14 000;

¹⁷ Voir CNB, sous-section 3.1.8.

- dans sa partie arrière,
 - un rez-de-chaussée, au niveau 10 000,
 - un étage avec des plates-formes, passerelles et aires de plancher formant mezzanine, aux niveaux suivants :
 - 12 671, mezzanine du filtre-presse
 - 13 130, mezzanine d'entreposage
 - 13 130, mezzanine des broyeurs
 - 14 000, mezzanine de formulation
 - 14 270, mezzanine 150
 - 14 875, mezzanine 151

Le CNB définit une mezzanine comme un niveau entre le plancher et le plafond d'une pièce. Ainsi la partie arrière du bâtiment compte plusieurs aires de plancher, plates-formes et passerelles qui répondent à cette définition. Ces aires de plancher doivent être additionnées, non pas pour déterminer si elles comptent comme étage ou non - la hauteur de bâtiment de deux étages étant déjà acquise à deux étages - mais afin d'y déterminer les mesures de sécurité applicables. Ces aires de plancher s'ajoutent à celle de l'avant, afin de déterminer l'aire de plancher de la mezzanine. Ce résultat est le suivant :

- aire de plancher totale de l'étage : 744 mètres carrés
- aire de plancher du rez-de-chaussée : 1 232 mètres carrés;
- rapport de ces deux surfaces : 60%.

Ainsi la mezzanine du bâtiment de Neptune représente 60% de l'étage où elle se trouve. La mezzanine constitue un étage.

Le CNB traite des mezzanines à la sous-section 3.2.8. intitulée Mezzanines et ouvertures pratiquées dans les plancher.

Le CNB expose qu'une mezzanine doit soit aboutir à une séparation coupe-feu soit respecter les exigences des articles 3.2.8.2. à 3.2.8.9. à moins de respecter les exigences de la permission proposée au paragraphe 3.2.8.1.4) qui sont les suivantes :

3.2.8.1.4) c) desservir un usage principal du (...) groupe F et

3.2.8.1.4) c) i) avoir une surface d'au plus 500 mètres carrés,

3.2.8.1.4) c) ii) avoir une surface totale d'au plus 40 p. 100 de celle de l'étage sur lequel elle se trouve,

3.2.8.1.4) c) iii) ne pas être divisée par des cloisons ou des murs lorsque la mezzanine a une surface de plus de 10 p. 100 de celle de l'étage sur lequel elle se trouve, et

3.2.8.1.4) c) iv) ne pas comporter d'obstacle à la vue située à plus de 1 070 mm du plancher de la mezzanine ni du plancher immédiatement au-dessous à l'exception de rayons de bibliothèque (...) ».

La situation de l'ensemble des mezzanines ne respecte que la première exigence, soit un usage principal du groupe F et ne se qualifie pas pour la permission réglementaire du paragraphe 3.2.8.1.4). En conséquence, les mezzanines doivent soit se terminer à des séparations coupe-feu verticales, soit respecter les exigences des articles 3.2.8.2. à 3.2.8.9.

Examinons la situation. Nous indiquons comme fermée une mezzanine qui aboutit à une séparation coupe-feu et comme ouverte une mezzanine qui n'aboutit pas à une séparation coupe-feu. Rappelons que, selon les exigences retenues de la sous-section 3.2.2., les mezzanines doivent avoir un degré de résistance au feu¹⁸ de 1 heure, ce qui implique que les mezzanines doivent constituer des séparations coupe-feu¹⁹.

- Niveau 12 671, mezzanine du filtre-presse : fermée
- Niveau 13 130, mezzanine d'entreposage : ouverte
- Niveau 13 130, mezzanine des broyeurs : ouverte
- Niveau 14 000, mezzanine de formulation : fermée
- Niveau 14 270, mezzanine 150 : fermée
- Niveau 14 875, mezzanine 151 : ouverte

Les trois mezzanines suivantes qui n'aboutissent pas à une séparation coupe-feu verticale doivent respecter les exigences des articles 3.2.8.2. à 3.2.8.9. :

- Niveau 13 130, mezzanine d'entreposage
- Niveau 13 130, mezzanine des broyeurs
- Niveau 14 875, mezzanine 151

Article 3.2.8.2. Construction incombustible : préalable requis au respect des exigences des articles 3.2.8.3. à 3.2.8.9. : exigence respectée;

Article 3.2.8.3. Issues avec sas d'au moins 1.8 m x 1.8 m :

- isolés de l'aire de plancher par une séparation coupe-feu avec même degré de résistance au feu que celui de l'issue, soit 1 h;
- conçus pour limiter le passage de la fumée permettant un taux de contamination non supérieur aux limites de la mesure E du chapitre 3 du Supplément du CNB : soit 1 p. 100 en volume de l'atmosphère enfumée provenant du foyer d'incendie²⁰;
- aucun sas en place.

Article 3.2.8.4. Surface de plancher protégée²¹: aucune des trois mezzanines (entreposage, broyeurs, 151) n'est desservie par une surface de plancher protégée.

¹⁸ Degré de résistance au feu, voir lexique

¹⁹ Séparation coupe-feu, voir lexique

²⁰ Annexe B du chapitre 3 du Supplément du CNB, p. 132.

²¹ Aire de plancher protégée, voir lexique

Article 3.2.8.5. Protection par extincteurs automatiques à eau requise: aucune protection par extincteurs automatiques à eau.

Article 3.2.8.6. Réseau avertisseur d'incendie avec annonciateur: un réseau à signal simple est exigé dans un usage du groupe F, division 1; signal au service d'incendie: exigence respectée.

Article 3.2.8.7. Poste d'incendie requis pour chaque sas requis: pas de poste d'incendie.

Article 3.2.8.8. Installation de ventilation mécanique capable de renouveler l'air au moins 4 fois par heure : information non disponible; interrupteur de mise en marche à l'entrée sur rue près de l'annonciateur du réseau avertisseur d'incendie: information non disponible.

Article 3.2.8.9. Contenu combustible limité à 16 grammes par mètre cube de volume total d'aire communicante si la hauteur plancher plafond est d'au minimum 8 mètres: non considéré.

- **Les trois mezzanines suivantes qui n'aboutissent pas à une séparation coupe-feu verticale ne sont pas munies des dispositifs prévus par la réglementation, soient des sas avec résistance au feu, pressurisés et avec postes d'incendie, dans une aire de plancher protégée, avec protection par extincteurs automatiques à eau :**
 - **Niveau 13 130, mezzanine d'entreposage**
 - **Niveau 13 130, mezzanine des broyeurs**
 - **Niveau 14 875, mezzanine 151**

7.8 Plancher de mezzanine comme séparation coupe-feu de 1 heure

Les plans et photos du bâtiment montrent que certains planchers ne forment pas de séparations coupe-feu de 1 heure, c'est-à-dire sont impropres à empêcher ou retarder la propagation du feu, le passage des flammes ou de la chaleur : les platelages d'acier des mezzanines et leurs poteaux porteurs en acier sont non recouverts ou sans traitements de protection incendie, donc demeurent sans degré de résistance au feu. Telle la mezzanine d'entreposage du niveau 13 130 couvrant les locaux 062 entrepôt des produits propres, 063 entrepôt des produits dangereux et 064 atelier de mécanique du niveau 10 000 : le plancher de la mezzanine n'est pas jointif avec les murs. Selon les informations des inspecteurs, cette aire de plancher est constituée d'une juxtaposition de plates-formes non jointives. Toujours selon les informations des inspecteurs, cette mezzanine en caillebotis d'acier était recouverte d'une couche de contreplaqué de bois afin d'y faciliter l'aménagement d'un poste de travail et l'activité d'entreposage. Lors de l'accident, l'acétone répandue y a coulé d'un étage à l'autre par le fait que le plancher d'étage n'était pas une séparation coupe-feu.

- **Le plancher de la mezzanine d'entreposage ne constitue pas une séparation coupe-feu de 1 heure de résistance au feu.**

7.9 Nombre de sorties

Le CNB demande une analyse du nombre de sortie des locaux, analyse distincte du nombre d'issues du bâtiment.

Dans un usage du groupe F, division 1, tous les locaux doivent avoir au moins deux (2) portes de sortie, cf. sous-paragraphe 3.3.1.4.1) a) du CNB « Chaque pièce et chaque suite doit avoir deux (2) portes de sortie placées de telle manière que si l'une d'elles devient inaccessible à leurs occupants à cause d'un incendie qui peut s'y déclarer, l'autre permette d'en sortir, comme l'exige l'article 3.3.1.3., lorsqu'il s'agit d'un usage du groupe F, division 1. »

➤ **Certains locaux de production ne sont pas conformes:**

- **au niveau 10 000, dans la partie arrière du bâtiment, les locaux nos 027 salle électrique, 051 chambre froide, 058, 060 NKA, 061 assainissement, 063 produits dangereux, la plupart des locaux de la partie avant du bâtiment;**
- **au niveau 12 671, le local du filtre-presse;**
- **au niveau 13 130, la mezzanine des broyeurs;**
- **au niveau 14 270, la plate-forme pour quatre (4) évaporateurs ajoutée en 2010, dans le local no 052.**

De plus,

- **À notre avis, la salle électrique 027 ne peut pas servir de deuxième sortie à l'atelier de mécanique 064, car il s'agit d'une impasse.**

7.10 Distances de parcours vers les portes de sortie des locaux les plus proches

Dans un usage du groupe F, division 1, les distances de parcours des locaux d'un point quelconque des locaux vers les portes de sortie les plus proches sont de 25 mètres, cf. paragraphe 3.4.2.4.1) référé par le paragraphe 3.3.1.4.2) du CNB.

Paragraphe 3.3.1.4.2) « Lorsque plus d'une porte de sortie est exigée pour une pièce ou une suite conformément au paragraphe 1), la distance de parcours entre un point quelconque de la pièce ou de la suite et la porte de sortie la plus proche ne doit pas être supérieure aux distances de parcours maximales données à l'article 3.4.2.4. pour les issues.

Paragraphe 3.4.2.4.1) « Sous réserve du paragraphe 3.3.2.4.6) [non applicable], lorsqu'une aire de plancher doit avoir plusieurs issues, ces issues doivent être placées de manière que la distance de parcours pour gagner au moins l'une d'elles conformément à l'article 3.4.2.3. ne soit pas supérieure à a) 25 m pour tous les usages du groupe F, division 1 (...). »

Donc la distance de parcours maximale vers les portes de sortie d'un local dans un usage du groupe F, division 1, est de 25 mètres.

- **Aucun local non conforme.**

7.10.1 Distances de parcours maximales des aires de plancher vers les issues

Dans un usage du groupe F, division 1, la distance de parcours maximale vers l'issue est de 25 mètres, mesurée de deux façons: soit à partir d'un point quelconque d'un local jusqu'à l'issue si le local est sans résistance au feu; soit à partir de la porte de sortie du local si celui-ci est isolé par une séparation coupe-feu d'au moins ¾ heure de résistance au feu jusqu'à l'issue, cf. paragraphe 3.4.2.3.2).

Selon les informations analysées, les cloisons sont en maçonnerie ou en colombages métalliques avec gypse lesquels, selon le Supplément du CNB, donnent des résistances au feu minimales de ¾ heure. Présumons que la résistance au feu minimale des locaux est de ¾ heure. Les distances de parcours sont mesurées à partir des portes de sortie des locaux.

- **Aucun local non conforme.**

7.10.2 Distances maximales de parcours des mezzanines

Dans un usage du groupe F, division 1, les mezzanines doivent être desservies par deux (2) issues minimum, cf. paragraphe 3.4.2.1.5) « Sous réserve du paragraphe 6) [non applicable], les mezzanines doivent comporter des issues conformément aux exigences de la présente section [3.4. EXIGENCES RELATIVES AUX ISSUES] relatives aux aires de plancher. », soit au moins 2 issues, cf. paragraphe 3.4.2.1.1) « sous réserve des paragraphes 2) à 4) [non applicables], les aires de plancher visées par les dispositions du paragraphe 3.4.1.1.1) doivent être desservies par au moins 2 issues. »

Paragraphe 3.4.1.1.1) « Toute aire de plancher destinée à un usage quelconque doit être desservie par des issues conformément à la présente section (...) ».

La distance de parcours pour gagner au moins l'une d'elle ne doit pas être supérieure à 25 mètres pour tous les usages du groupe F, division 1; cf. sous-paragraphe 3.4.2.4.1) a).

Mezzanine des broyeurs : distance de parcours à l'issue la plus proche de 36,6 mètres;

Mezzanine d'entreposage : distance de parcours à l'issue la plus proche de 40,5 mètres;

- **La mezzanine d'entreposage et la mezzanine des broyeurs doivent être desservies par une cage d'escalier d'issue mais ne le sont pas.**

7.11 Impasse

Dans un usage du groupe F, un corridor en impasse²² est autorisé à condition qu'il y ait un second moyen d'évacuation. Dans ce cas, la distance de parcours du point le plus éloigné à l'issue ne doit pas être supérieure à neuf (9) mètres, cf. article 3.3.7.9.

²² Impasse, voir lexique

- **Au niveau 10 000, le quai de livraison avant (no 109) contient une partie en impasse avec une distance de parcours de 14 mètres jusqu'à l'issue arrière, excédant les neuf (9) mètres réglementaires.**
- **Au niveau 14 000, le local du filtre-presse contient une impasse avec une distance de parcours de 28 mètres jusqu'à l'issue la plus proche, excédant les neuf (9) mètres réglementaires.**
- **Au niveau 14 000, la plate-forme pour quatre (4) évaporateurs contient une impasse avec distance de parcours de 14,5 mètres jusqu'à l'issue la plus proche soit celle desservant la mezzanine de formulation, excédant les neuf (9) mètres réglementaires.**

7.12 Issues

« (...) Toutes les issues doivent être isolées de chaque aire de plancher contiguë par une séparation coupe-feu dont le degré de résistance au feu est au moins égal à celui exigé pour le plancher situé au-dessus de l'aire de plancher (...) », cf. CNB, paragraphe 3.4.4.1.1).

En l'occurrence, chez Neptune, les cages d'escalier d'issue doivent avoir un degré de résistance au feu minimum de 2 h et les portes, un degré pare-flammes de 1 h 30. Quant aux portes d'issue extérieures, aucun degré pare-flammes n'est requis.

- **Dans la zone de production, aucun escalier d'issue, sauf un escalier extérieur d'issue pour la mezzanine de formulation.**

7.13 Ventilation

Il faut prévoir un réseau de ventilation d'extraction, conçu conformément aux exigences de la partie 6 du CNB dans tout bâtiment ou partie de bâtiment où, en raison de l'usage, se dégagent ou peuvent se dégager des vapeurs présentant des risques d'incendie ou d'explosion, cf. paragraphe 3.3.1.14.1) du CNB.

Lorsque des matières ou des conditions présentent un risque d'explosion dans une partie d'un bâtiment à cause de l'utilisation principale qui en est faite, cette partie doit comporter des dispositifs de dégagement en cas d'explosion, ou d'autres mesures de protection conformes au paragraphe 6.2.2.3.3) doivent être prises, cf. paragraphe 3.3.1.14.2) du CNB.

Se référer au rapport d'expertise de Michel Blouin²³.

7.14 Bassins de rétention

Le RSST, à l'article 82 sur l'entreposage, la manutention et l'usage de liquides inflammables et combustibles, exige une conformité à NFPA 30.

L'article 5-3.5.1 de NFPA 30, sur les opérations avec liquides, exige de prévoir des systèmes de drainage de secours comportant des murets, des dalots, etc. pour

²³ Voir annexe 1

empêcher notamment la propagation du feu. En note d'annexe A-5-3.5.1, cet article réfère à l'annexe A de NFPA 15.

À l'annexe A de NFPA 15, la note A-4.2.2 invite entre autre à réaliser dans les aires de plancher des pentes pour le drainage de l'eau de lutte contre l'incendie et pour les liquides enflammés : « Curbing, along with appropriate grading, can be of significant benefit in preventing water or burning liquid from spreading horizontally into adjacent areas. » [Traduction libre : Il est souhaitable d'aménager des bordures surélevées avec pentes de sol appropriées pour contenir un déversement d'eau de lutte contre l'incendie ou de liquides enflammés hors des aires de plancher adjacentes.]

L'examen des plans permet de voir qu'à l'occasion de l'agrandissement d'une fosse de captage comme drainage de secours, au niveau 10 000, un ensemble de notes manuscrites sur un plan²⁴ indique :

- un seuil de porte surélevé identifié coup de pieds [sic] à enlever à la porte sud de la salle de production (no 052) donnant sur le couloir, cf. note manuscrite sur plan de 2009 scellé par l'ingénieur du projet, feuille NEP-04-LAY1; selon les inspecteurs, ce seuil de porte surélevé est demeuré un seuil arrondi en dos-d'âne;
- un seuil de porte surélevé identifié coup de pieds [sic] à remplacer à la porte nord de la salle de production (no 052) donnant sur le couloir, cf. note manuscrite sur plan de 2009 scellé par l'ingénieur du projet, feuille NEP-04-LAY1; selon les inspecteurs, ce seuil de porte surélevé est demeuré un seuil de 25 mm de haut en produit synthétique non défini;
- un autre seuil de porte surélevé identifié coup de pieds [sic] à remplacer entre la salle de production (no 052) et le sas (no 054) de la salle de contrôle, cf. note manuscrite sur plan de 2009 scellé par l'ingénieur du projet, feuille NEP-04-LAY1; aucune information sur ce seuil surélevé;
- une nouvelle bordure surélevée indiquée coup de pied [sic] au coin sud de la salle de production par un pointillé à construire, cf. note manuscrite sur plan de 2009 scellé par l'ingénieur du projet, feuille NEP-04-LAY1, afin de créer un bassin de rétention; aucune information des inspecteurs sur la présence de cette bordure surélevée lors de l'explosion;
- Aucune information sur la présence d'un seuil surélevé à la porte extérieure du niveau 10 000.
- Aucune information sur un plan sur la présence d'un seuil surélevé à la porte d'accès à la mezzanine des broyeurs, par le couloir.
 - **Selon les informations des inspecteurs, les deux portes de la salle de production (052) donnant sur le couloir au niveau 10 000 étaient munies de seuils surélevés constitués de rampes montante et descendante;**
 - **Selon les informations des inspecteurs, la porte d'accès à la mezzanine de broyage, au niveau 13 130, n'était munie d'aucun seuil surélevé.**

²⁴ Voir annexe 8

7.15 Emplacements dangereux

Pour l'analyse des emplacements dangereux dans l'usine, se référer au rapport d'expertise de Michel Gagné.

7.16 Mesures de protection antidéflagrantes

Se référer au rapport d'expertise de Michel Blouin²⁵.

²⁵ Voir annexe 1, section C

8. Conclusion

Selon l'information reçue et analysée, la conception du bâtiment se base sur un usage principal du groupe F, division 2, plutôt que du groupe F, division 1. Un usage F1 doit être protégé par un système d'extincteurs automatiques approprié au risque, ici totalement absent du bâtiment (bloc A et bloc B), malgré l'information contenue dans le rapport préliminaire de Technorm de novembre 2011 où on mentionne que le bâtiment existant est partiellement muni de gicleurs.

La présence d'un système d'extincteurs automatiques aurait permis d'aménager le bâtiment selon les exigences plus permissives de l'article 3.2.2.39. pour un usage du groupe F, division 1 que celles de l'article 3.2.2.40. En effet, l'article 3.2.2.39. n'exige qu'une structure incombustible et un cloisonnement résistant au feu de $\frac{3}{4}$ h pour planchers, mezzanines et systèmes porteurs. La structure incombustible des mezzanines, sans degré de résistance au feu, aurait alors respecté la réglementation.

Le système d'extincteurs automatiques aurait pu être limité à la salle de production 052, si cette salle avait été séparée du reste du bâtiment par un mur coupe-feu de 4 heures. Selon l'analyse des documents, on a séparé la salle de production no 052 du reste du bâtiment par une séparation coupe-feu d'un degré de résistance au feu de 2 heures. Aucune information sur le degré pare-flammes des portes, sauf pour les trois (3) volets coupe-feu installés un (1) vers la chambre froide 051 et deux (2) vers la salle de contrôle 055 : ces volets coupe-feu ont un degré pare-flammes de 3 heures. La volonté était-elle de faire deux bâtiments distincts? Le seul moyen de séparer la salle de production 052 du reste du bâtiment pour en deux (2) bâtiments distincts, est un mur coupe-feu en maçonnerie de 4 heures de résistance au feu, ici absent.

Nous concluons avec les faits saillants de notre analyse :

- Neptune est un usage industriel du groupe F, division 1. L'établissement a erronément été classé du groupe F, division 2;
- En l'absence d'un système d'extincteurs automatiques, le bâtiment industriel du groupe F, division 1, de 1 226 m², de 2 étages, accessible par 2 voies, doit être construit selon les exigences de l'article 3.2.2.40. du CNB. Or, le bâtiment de Neptune ne l'est pas;
- Un bâtiment d'usage industriel du groupe F, division 1, doit être protégé par un système d'extincteurs automatiques approprié au risque; le bâtiment de Neptune ne l'est pas;
- Cette protection par un système d'extincteurs automatiques s'applique à l'ensemble du bâtiment;
- Les trois mezzanines suivantes ne respectent pas les exigences des articles 3.2.8.3 à 3.2.8.9. ni ne sont munies des dispositifs requis : mezzanine d'entreposage, mezzanine des broyeurs, mezzanine 151;

- Le plancher de la mezzanine d'entreposage ne forme pas une séparation coupe-feu;
- Certains locaux de production ne sont pas munis d'au moins deux portes de sortie, notamment la mezzanine des broyeurs;
- La salle électrique no 027 ne peut pas servir de deuxième sortie à l'atelier de mécanique 064;
- La mezzanine d'entreposage et la mezzanine des broyeurs doivent être desservies par une cage d'escalier d'issue avec sas;
- Le quai de livraison avant (no 109) contient une impasse avec une distance de parcours de 14 mètres jusqu'à l'issue arrière la plus proche, excédant les 9 mètres réglementaires;
- Le local du filtre-presse contient une impasse avec distance de parcours de 28 mètres jusqu'à l'issue la plus proche, excédant les 9 mètres réglementaires;
- La mezzanine des 4 évaporateurs contient une impasse avec distance de parcours de 14,5 mètres jusqu'à l'issue la plus proche, excédant les 9 mètres réglementaires.

9. Références

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. *Code national du bâtiment du Canada 1985*, Ottawa, Comité associé du Code national du bâtiment, c 1985, xx, 487 p. (CNRC no 23174F).

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. *Supplément du Code national du bâtiment du Canada 1985*, Ottawa, Comité associé du Code national du bâtiment, c 1985, xi, 290 p. (CNRC no 23178F).

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. *Code national du bâtiment du Canada 1990*, Ottawa, Comité associé du Code national du bâtiment du Canada 1990, c 1990, xv, 446 p. (CNRC no 30620).

GAGNÉ, Michel. « *Évaluation de l'acétone et des autres matières dangereuses utilisées par Neptune Technologies & Bioressources* », rapport d'expertise, 27 février 2014, 23 p.

SOCIÉTÉ DICTIONNAIRES LE ROBERT. *Le Nouveau Petit Robert : Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*, Paris, Dictionnaires Le Robert, c 1967, c 1993, mise à jour 2000, xxxv, 2842 p.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection: NFPA 15*, Quincy, NFPA, 1996, 58 p. (NFPA 15-1996).

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Code des liquides inflammables et combustibles, NFPA 30 – 1996*, Sainte-Foy, Les Publications du Québec, c 1996, 95 p.

QUÉBEC. *Règlement sur l'application d'un Code du bâtiment – 1985*, RLRQ, c. S-2.1, r.0.1, à jour au 1^{er} novembre 2012, Québec, Éditeur officiel du Québec, [En ligne]. [http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R0_1.htm] (Consulté les 20, 21, 24 janvier 2014)

QUÉBEC. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c. S-2.1, r.13, à jour au 15 juin 2010, Québec, Éditeur officiel du Québec, c 2010, vii, 116 p.

Annexe 1 Rapport d'expertise de Michel Blouin, ingénieur et inspecteur CSST



RÉSEAU D'EXPERTISE
EN PRÉVENTION-INSPECTION

Avis, opinion, question-réponse

Dans le cadre des mandats du réseau d'expertise en prévention-inspection de la CSST

Sujet : Analyse dossier usine Neptune

Demandeur : Jean Lapointe

Région : DGRIP

Domaine d'expertise : Mécanique du bâtiment

Dossier : Enquête usine Neptune Technologies

Date : 3 mars 2014

QUESTION : Suite à la demande de M. Jean Lapointe de fournir une opinion concernant les caractéristiques reliées à la mécanique du bâtiment abritant les installations de l'usine Neptune Technologies et Bioressouces, les dispositifs anti-débordement d'acétone, la ventilation générale et la gestion des risques d'incendie doivent être analysés en fonction des dessins et informations reçus.

RÉPONSE

Basé sur les information reçues des inspecteurs au dossier lors de la rencontre du 6 septembre 2013 et les documents identifiés en annexe, la production d'huile de krill est réalisée à partir de blocs congelés de krill (12 kg). Le procédé de fabrication comprend les étapes suivantes :

- a) Extraction (broyage et mélange avec acétone) (environ 2250 litres d'acétone)
- b) Filtration
- c) Distillation (récupération séparée de l'huile de krill et de l'acétone)
- d) Décantation (seulement des traces d'acétone)
- e) évaporation (séchage) (seulement des traces d'acétone)
- f) formulation
- g) mise en baril

Les étapes a) à c) impliquent la présence d'acétone.

Basé sur la description du procédé (usine chimique) et l'utilisation d'une grande quantité de liquides inflammables dans le procédé, la classification du bâtiment a été définie pour un usage principal du groupe F division 1. (Voir analyse de Jean Lapointe)

Le CNB 1985 définit un établissement industriel à risques très élevés comme étant : « un établissement industriel contenant une quantité suffisante de matières combustibles, inflammables ou explosives pour constituer un danger particulier d'incendie. »

Basé sur les informations reçues et le dessin de Cie 20 (projet 08-11-06), le bâtiment possède une superficie de 1226 mètres carrés sur deux étages et deux voies donnent accès à l'établissement.

Selon l'article 3.2.2.40 du Code du Bâtiment 1985 (CNB 1985), tableau 3.2.2.O, le bâtiment devrait être de construction incombustible

De plus, l'article 3.3.7.2 du CNB 1985 stipule que dans les établissements industriels:

« Dans un usage principal du groupe F, division 1, toutes les aires de plancher doivent être munies d'un réseau d'extincteurs automatiques approprié à la nature du risque et conforme aux règlements provinciaux ou municipaux, ou, en l'absence d'une telle réglementation, conformément au Code national de prévention des incendies du Canada 1985. »

Basé sur les informations reçues, aucun système d'extincteurs automatiques n'est installé dans l'établissement.

Acétone :

Basé sur les caractéristiques identifiées dans la fiche sur l'acétone (CAS- 67-64-1) du Répertoire toxicologique (Reptox), ce produit possède la classification 1B (liquide inflammable) en fonction de son point éclair (-20 C) et son point d'ébullition à 56,29 C. Selon la classification et la fiche signalétique Simdut (D2B). L'acétone est considérée liquide inflammable et toxique.

De plus, l'acétone est miscible dans l'eau et demeure inflammable à des concentrations dans l'eau inférieure à 2 %.

Les activités de production contenant des usages F-1 sont localisées aux niveaux 10000 et 14000 des axes c à d et 3 à 4.6 du bâtiment (référence : document - localisation des réservoirs pouvant contenir de l'acétone). Cette section est nommée usine de transformation où les activités à haut risque d'incendie et d'explosion sont réalisées. (Usage principal)

RSST

La section X du RSST traite de l'entreposage et la manutention de matières dangereuses.

L'article 70 stipule que les matières inflammables sont incluses à cette section du RSST.

L'article 82 stipule que : *« L'entreposage, la manutention et l'usage des matières inflammables et combustibles, à l'état liquide, doivent s'effectuer conformément à la norme Code des liquides inflammables et combustibles, NFPA 30 – 1996. »*

Puisque l'acétone est aussi classifiée comme matière toxique D2B. L'article 93 établit que les réservoirs et les cuves contenant des matières toxiques à l'état liquide doivent être munis de dispositifs anti-débordement. Les indicateurs de niveau de ces réservoirs et cuves doivent être pourvus d'écrans protecteurs.

Le dispositif anti-débordement installé sur un réservoir doit être indépendant du système de contrôle du niveau du réservoir. Il permet d'assurer qu'en cas de défaillance de la boucle de contrôle de niveau, des dispositifs d'isolation des entrants au réservoir sont activés pour que le niveau maximal d'ajustement du dispositif anti débordement ne soit pas dépassé. Ces dispositifs permettent de réduire au minimum la possibilité de déversement du réservoir.

Basés sur les informations recueillies, les réservoirs n'étaient pas munis de dispositifs anti-débordement. Selon les inspecteurs, des déversements d'acétone se seraient déjà produits.

NFPA 30 – 1996 :

Le chapitre 5 de cette norme concerne les opérations dont l'activité principale ou secondaire fait appel à l'emploi ou à la manipulation de liquides (article 5-1.1).

Les dispositions du présent chapitre portent sur la limitation des risques d'incendie imputables aux liquides.... (article 5-1.2)

Les opérations de traitement des liquides doivent être situées et exécutées de manière à ne pas exposer les personnes, les propriétés adjacentes, les bâtiments importants ou les autres installations de l'établissement à des risques significatifs d'incendie ou d'explosion. (article 5.2)

A. Déversement d'acétone

Basée sur l'information obtenue, l'acétone se serait déversée de la partie supérieure du broyeur. Elle se serait étendue sur le plancher de la mezzanine du broyeur et aurait migrée vers le passage en s'immisçant sous la porte d'accès. Un drain était présent devant la porte (côté broyeur), mais celui-ci n'aurait pas suffi à gérer la quantité de liquide déversée. Basé sur les articles suivants, le déversement aurait dû être confiné au plancher de la mezzanine des broyeurs.

Selon l'article 5-3.3.2 (NFPA 30- 1996), « *Les éléments porteurs des bâtiments ainsi que les supports des réservoirs et des équipements susceptibles de laisser s'écouler des quantités appréciables de liquides qui risquent de provoquer un incendie d'intensité et de durée suffisante pour provoquer d'importants dégâts matériels doivent être protégés par un ou plusieurs des moyens suivants :*

- a) *Installation de drainage vers un endroit sûr afin de prévenir toute accumulation de liquides sous les réservoirs et les équipements;*
- b) *Construction résistante au feu;*
- c) *Revêtements ou systèmes résistants au feu;*
- d) *Systèmes d'extinction par pulvérisation conçus et installés conformément à la norme NFPA 15; ou*
- e) *tout autre moyen acceptable pour l'autorité compétente. »*

De plus, l'article 5-3.5.1 stipule que *des systèmes de drainage doivent être prévus pour évacuer dans un endroit sécuritaire les fuites de liquide ainsi que l'eau de lutte contre l'incendie.*

L'article 5-3.7.2 « Lors de l'utilisation ou la manipulation de liquides, on doit prendre les dispositions nécessaires pour éliminer rapidement et en toute sécurité une fuite ou un déversement. »

Dans le cas actuel, je n'ai pas eu accès aux procédures prévues pour éliminer rapidement et en toute sécurité la fuite ou déversement.

L'équipement doit être conçu et disposé de manière à prévenir ou à réduire au minimum les fuites accidentelles de liquides et de vapeurs. (Article 5-3.5)

Installation de drainage au plancher principal. Au broyeur, l'expérience a démontrée que le drain existant est inadéquat pour évacuer la fuite de liquide (mélange acétone/ krill) vers un endroit sécuritaire, car le liquide aurait coulé dans le passage.

D'après le CNPI (4.1.6.3 1), il faut établir des méthodes d'entretien et d'exploitation pour empêcher les liquides inflammables ou les liquides combustibles de s'échapper et de pénétrer là où ils peuvent constituer un risque d'incendie ou d'explosion.

Basé sur les documents définissant les règles de l'art tel que « FM Global – Property loss prevention data sheets 7-83 » – « Drainage and containment systems for ignitable liquids », recommande les spécifications de construction des dispositifs pour contenir les déversements. Il est aussi recommandé de réduire au minimum la surface d'étalement du déversement pour ainsi réduire les risques de propagation de l'incendie ou explosion.

Les inspecteurs nous ont mentionné qu'un système d'aspiration à la source était installé au niveau de la mezzanine des broyeurs. Les buses d'aspiration étaient ajustables. Basées sur les recommandations de FM Global, ces buses d'aspiration devraient être intégrées aux chutes d'alimentation des broyeurs et être mises en opération lorsque les couvercles des chutes sont ouverts. De plus, des buses d'aspiration auraient dû aussi être installées au niveau du plancher de la mezzanine des broyeurs.

Les équipements composant le système d'aspiration doivent respecter les spécifications du Code de construction du Québec – chapitre V – Électricité en fonction des classes identifiées, incluant l'électricité statique.

Selon l'article 5-12.5.2, « Les zones et les bâtiments où un déversement de liquide inflammable risque de se produire doivent être surveillés adéquatement par, notamment :

- a) Le personnel, pendant son travail ou dans le cadre de rondes;
- b) Des appareils de détection des déversements ou des fuites;
- c) Des détecteurs de gaz en service constant placés dans les zones où les installations sont sans surveillance. »

B. Ventilation générale:

Basé sur les dessins et les informations reçus, il est impossible de conclure que les installations existantes respectaient la réglementation et les normes en vigueur. Nous ne pouvons déterminer si le local de production était en pression négative pour empêcher les vapeurs d'acétone de se disperser vers les autres sections du bâtiment.

C. Gestion des risques d'incendie

Selon l'article 5-11.2 (NFPA 30 – 1996), « *les opérations utilisant des liquides inflammables ou combustibles doivent être passées en revue afin de veiller à ce que les risques d'incendie ou d'explosion découlant d'une défaillance des dispositifs de confinement fassent l'objet de plans de prévention et d'intervention.* »

L'article 5-11.3 stipule que : « *Le degré de prévention et de protection contre le feu doit être établi par une étude technique des opérations ainsi que l'application de solides principes de lutte contre l'incendie et d'ingénierie de procédés. L'étude doit comprendre notamment les points suivants :*

- a) *Analyse des dangers d'incendie et d'explosion des opérations.*
- b) *Analyse des matières dangereuses, des produits chimiques dangereux ou des réactions dangereuses durant les opérations, et mesures de sécurité à prendre à leur égard;*
- c) *Analyse des exigences de conception des installations spécifiées aux sections 5-3 à 5-7.*
- d) *Analyse des exigences relatives à la manipulation, au transvasement et à l'utilisation des liquides spécifiés aux sections 5-3 à 5-7.*
- e) *Analyse des conditions locales, comme les risques de voisinage, d'inondation, de tremblement de terre et de tempêtes de vent*
- f) *Analyse des capacités des services d'intervention d'urgence locaux.* »

Je n'ai pas obtenu d'informations relatives à l'existence d'un plan de prévention et de protection contre le feu. Basée sur les informations obtenues, aucune analyse de risques concernant les déversements d'acétone n'a été effectuée. (situations avec déversements, solutions possibles, prévention , etc). Ce plan devrait aussi permettre d'établir les priorités d'intervention (évacuation , etc) selon les risques identifiés.

La fiche « FM Global 7-32 – Ignitable liquid operations » définit les bases reliées à la possibilité d'explosion dans un environnement utilisant les liquides inflammables (2.1.4). La table 1 établit les besoins de résistance des murs en fonction des niveaux d'explosion possible et des murs extérieurs qui doivent être munis de mécanisme pour permettre d'évacuer la pression de l'explosion.

Des marches à suivre doivent être établies pour l'interruption sécuritaire de l'exploitation en cas d'urgence. (5-12.6.3)

Au niveau du plan d'intervention, l'article 5-11.4 (NFPA 30 – 1996) stipule qu'un plan

d'intervention d'urgence écrit, compatible avec le personnel et l'équipement disponibles, doit être établi en prévision des cas d'urgence – incendie ou autres. Ce plan doit, entre autres, définir la marche à suivre en cas d'incendie.

Le plan d'intervention en cas d'urgence, reçu dans le cadre de l'enquête, a été révisé en avril 2007. Selon ce plan, le document aurait dû être révisé trois fois par année. Basée sur les informations reçues, en date de l'accident, aucune révision n'avait été réalisée. Dans le plan d'intervention, l'employeur avait identifié que : « la présence d'une grande quantité d'acétone est la plus grande source de danger ». La situation no 4 du plan concernait les déversements et / ou fuites de matière dangereuse. Elle identifie certaines actions à prendre en cas d'incident mineur ou majeur. Les inspecteurs me confirment que les travailleurs n'ont pas reçu la formation concernant le plan d'intervention en cas d'urgence, tel que stipulé dans ce plan. De plus, les exercices de simulation n'avaient pas été réalisés.

Réseaux détecteurs et avertisseurs d'incendie :

L'article 3.2.4.1 du CNB 1985 établit qu'un réseau d'avertisseurs d'incendie doit être installé lorsque plus de 25 personnes sont présentes dans un bâtiment dont l'usage principal est du groupe F division 1.

De plus, d'après le Code national du bâtiment 1985, article 3.2.4.3, alinéa 1(a), ce réseau avertisseur doit être à signal simple dans les usages du groupe F, division 1.

Trois détecteurs thermiques sont du type à l'épreuve des explosions, soit :

- Local filtre-presses usine étage
- Salle de décantation
- Mezzanine formulation petit local

Les autres détecteurs thermiques n'étaient pas du type à l'épreuve des explosions.

Les zones présentant des risques d'explosion devraient être équipées de détecteurs à l'épreuve des explosions pour assurer que ces détecteurs ne sont pas la source d'ignition en cas de présence de vapeurs inflammables.

Note :

Ce rapport ne traite pas des dangers reliés aux installations électriques.



RÉSEAU D'EXPERTISE
EN PRÉVENTION-INSPECTION

Avis, opinion, question-réponse

Dans le cadre des mandats du réseau d'expertise en prévention-inspection de la CSST

Sujet : *Analyse dossier usine Neptune*

Demandeur : *Jean Lapointe*

Région : *DGPIP*

Domaine d'expertise : *Mécanique du bâtiment*

Dossier : *Enquête usine Neptune Technologies*

Date : *3 mars 2014*

Rédigé par : *Michel Blouin, ing.*

Date : *03 /03/ 2014*

CSST

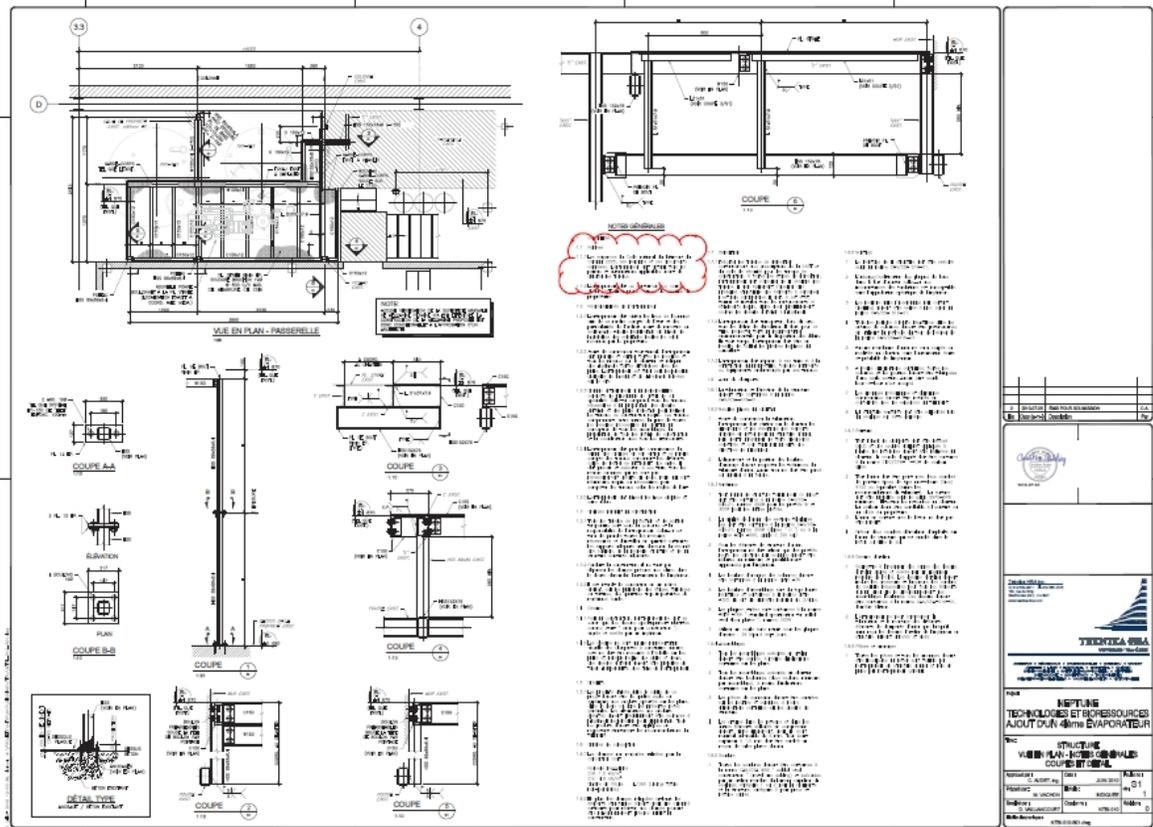
Annexe 2

Photographie 1 Poteaux et mezzanine d'entrepôt sans degré de résistance au feu



Annexe 3 Procédé de production

Annexe 6 Référence au CNB 2005



NOTES GÉNÉRALES

1. Généralités

1.1 Normes

1.1.1 Les exigences du Code national du bâtiment du Canada 2005, ses révisions et ses documents connexes. L'entrepreneur doit obtenir tous les permis et autorisations applicables avant de débiter les travaux.

1.1.2 L'entrepreneur doit se conformer aux normes de la CSST ainsi qu'aux normes de sécurité du propriétaire.

1.2 Responsabilités de l'entrepreneur

1.2.1 L'entrepreneur doit visiter les lieux de l'ouvrage afin de se rendre compte de l'état et des

1.7 D

1.7.1 E

c

d

l'

t'

n

f

s

1.7.1

ANNEXE E

Rapport d'expertise sur la programmation du système de contrôle

**RAPPORT D'ANALYSE DES FONCTIONS ET DES
DÉFAILLANCES POSSIBLES DU SYSTÈME DE RÉGULATION**

Merle

Projet # 10517-02

**Présenté à
Monsieur Robert Beaudette
Madame Johanne Marquis**



Direction régionale de l'Estrie
Place Jacques Cartier, Bureau 204
1650, rue King Ouest
Sherbrooke (Québec) J1J 2C3

Par :
M. A, ing jr.

Approuvé par :
M. B, ing.
M. C, ing.

18 décembre 2013

TABLE DES MATIÈRES

1.1	Équipe d'analyse	6
1.2	Méthodologie d'analyse.....	7
2.1	Définitions.....	8
3.1	Valve d'évent 120-YV6.....	10
3.1.1	Général.....	10
3.1.2	Surveillance d'état de la valve	10
3.1.3	Contrôle séquentiel de la valve	10
3.1.4	Module de contrôle FBD.....	10
3.1.5	Hypothèses de défaillance locale	12
3.1.5.1	<i>Détection d'un niveau supérieur à 2550 litres.</i>	<i>12</i>
3.1.5.2	<i>Valve défectueuse, sortie contrôleur défectueuse ou problème de câblage</i>	<i>12</i>
3.2	Valve d'acétone distillée 120-YV4.....	13
3.2.1	Général.....	13
3.2.2	Surveillance d'état de la valve	13
3.2.2.1	<i>Détection d'ouverture</i>	<i>13</i>
3.2.2.2	<i>Détection de fermeture.....</i>	<i>13</i>
3.2.3	Contrôle séquentiel de la valve	13
3.2.4	Module de contrôle FBD.....	15
3.2.5	Hypothèses de défaillance locale	17
3.2.5.1	<i>Défaillance du détecteur de niveau 120-LT.....</i>	<i>17</i>
3.2.5.2	<i>Défaillance du capteur de position 120-YV-ZSL.....</i>	<i>17</i>
3.2.5.3	<i>Absence de redondance de la vanne 120-YV4.....</i>	<i>19</i>
3.2.5.4	<i>Bloc DO1 en mode manuel</i>	<i>19</i>
3.3	Valve d'acétone distillée 120-YV3.....	19
3.3.1	Général.....	19
3.3.2	Surveillance de l'état de la valve	19
3.3.3	Contrôle séquentiel de la valve	19
3.3.4	Module de contrôle FBD.....	20
3.3.5	Hypothèses de défaillance locale	22
3.3.5.1	<i>Absence de surveillance de l'état de la valve.....</i>	<i>22</i>
3.3.5.2	<i>Absence de redondance de la valve</i>	<i>23</i>
3.4	Valve d'acétone usée 120-YV9	23
3.4.1	Général.....	23
3.4.2	Surveillance de l'état de la valve	23
3.4.3	Contrôle séquentiel de la valve	24
3.4.4	Module de contrôle FBD.....	24
3.4.5	Hypothèses de défaillance locale	25

3.5	Valve de vapeur 120-YV8	25
3.5.1	Général.....	25
3.5.2	Surveillance de l'état de la valve	25
3.5.2.1	<i>Détection d'ouverture</i>	25
3.5.2.2	<i>Détection de fermeture</i>	25
3.5.3	Contrôle séquentiel de la valve	25
3.5.4	Module de contrôle FBD.....	27
3.5.5	Hypothèses de défaillance locale	29
3.5.5.1	<i>État du SFC</i>	29
3.5.5.2	<i>Interlock manquant</i>	29
3.6	Valve de contrôle de température TIC-120	29
3.6.1	Général.....	29
3.6.2	Surveillance de l'état de la valve	30
3.6.3	Contrôle séquentiel de la valve	30
3.6.4	Module de contrôle FBD.....	30
3.6.5	Hypothèses de défaillance locale	31
3.7	Pompe d'acétone distillée 145-PMP	31
3.7.1	Général.....	31
3.7.2	Surveillance d'état de la pompe	31
3.7.2.1	<i>Détection d'une faute à la pompe</i>	31
3.7.2.2	<i>Détection du mode de la pompe au CCM</i>	31
3.7.3	Contrôle séquentiel de la pompe.....	32
3.7.4	Module de contrôle FBD.....	32
3.7.5	Hypothèses de défaillance locale	35
3.8	Pompe d'acétone distillée 110-PMP	35
3.8.1	Général.....	35
3.8.2	Surveillance d'état de la pompe	36
3.8.2.1	<i>Détection d'une faute à la pompe</i>	36
3.8.2.2	<i>Détection du mode de la pompe au CCM</i>	36
3.8.3	Contrôle séquentiel de la pompe.....	36
3.8.4	Module de contrôle FBD.....	36
3.8.5	Hypothèses de défaillance locale	38
4.1	Arrêt d'urgence du broyeur 120-BRO	39
4.1.1	Général.....	39
4.1.2	Module de contrôle FBD.....	39
4.1.3	Hypothèses de défaillance locale	40
4.2	Arrêt d'urgence de la pompe 145-PMP	41
4.2.1	Général.....	41
4.2.2	Utilisation dans le SFC-000.....	41
4.2.3	Module de contrôle FBD.....	41
4.2.4	Hypothèses de défaillance locale	42

4.3	Arrêt d'urgence de la salle des opérateurs	43
4.3.1	Général.....	43
4.3.2	Utilisation dans le SFC-000.....	43
4.3.3	Module de contrôle FBD.....	43
4.3.4	Hypothèses de défaillance locale.....	44
5.1	Redondance sur le capteur de niveau	44
5.2	Capteurs de position sur les valves de contrôle	44
5.3	Redondance sur les vannes	45
5.4	Surveillance de la pression interne du réservoir	45
5.5	Arrêt d'urgence	45
6.1	Défaillance des organes de contrôle de l'alimentation en acétone distillée du broyeur 120-BRO	46
6.1.1	Dysfonctionnements possibles.....	46
6.2	Défaillance des organes de contrôle de l'alimentation en acétone usée du réservoir 120-RES et redémarrage de la pompe 145-PMP	47
6.2.1	Dysfonctionnements possibles.....	47
6.3	Chauffage du réservoir par TIC-120	48
6.3.1	Dysfonctionnements possibles.....	48
6.3.1.1	<i>Valve 120-YV8 en mode MAN ou valve proportionnelle TIC-120 en mode MAN</i>	48
6.4	Effet de l'arrêt d'urgence de la salle des opérateurs	49
6.4.1	Dysfonctionnements possibles.....	49
6.5	EXTRAIT : « Downloading Data »	49
6.5.1	Extrait #1.....	49
6.5.1.1	<i>Dysfonctionnements potentiels tirés de l'extrait # 1</i>	50
6.5.2	Extrait #2.....	50
6.5.2.1	<i>Dysfonctionnements potentiels tirés de l'extrait # 2</i>	50
7.1	Bonne pratique de conception	51
7.2	Bonne pratique de programmation	52

1 CADRE GÉNÉRAL DE L'ANALYSE

Dans le cadre d'une enquête d'accident, la Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (CSST) cherche à identifier l'ensemble des causes et des circonstances à l'origine du grave accident survenu dans les installations de Neptune à Sherbrooke, le 8 novembre 2012.

Dans cet objectif et afin d'être en mesure d'infirmier ou de confirmer certaines hypothèses quant aux causes de l'événement, la CSST nous a mandatés pour procéder à l'analyse des fonctions et des possibles défaillances du système de régulation Merle utilisé dans le processus de fabrication de l'entreprise.

Pour ce faire, la CSST nous a transmis un disque dur externe contenant la programmation et les données du système de régulation Merle et nous a précisé les éléments devant faire l'objet de cette analyse. Une copie de ce disque dur a été faite afin d'éviter la perte, l'endommagement ou tout autre incident qui aurait pu survenir en cours d'analyse.

Les éléments suivants ont été utilisés lors de l'analyse faisant l'objet du présent rapport :

- Programme analysé se trouvant dans le dossier « *Backup ancien usine Laurentides (Disque Luc B)* » :
 - Merle_System_NEW_Migrated_v1131.fhx (principalement)
 - Merle_System_NEW.fhx (en partie pour vérifier avec la version Merle_System_NEW_Migrated_v1131.fhx)
- Chronologie partielle des événements de Neptune jusqu'à l'explosion.pdf
- Modif programme contrôle.pdf
- Schema circulation mise à jour 02-mai-12.vsd
- Memo vannes 120_121-yv9.pdf
- Copies écran totales DV 10 oct 2012.pdf
- Configuration Extraction Merle.pdf
- Les PDF se retrouvant dans le dossier Merle- DCS – Proplus\CONFIG_120-121\PDF_120
- Les PDF se retrouvant dans le dossier Merle- DCS – Proplus\CONFIG_120-121\PDF_COMMON

À ces documents sont venus se greffer les réponses reçues de la CSST à la suite de questions, acheminées par courriel, visant à éclaircir ou à compléter certaines informations présentes dans les divers documents et programmes utilisés.

1.1 Équipe d'analyse

Monsieur C, ing., directeur de projet chez
comme chargé de projet.

agit

L'ensemble de l'analyse du système de régulation Merle a été réalisé par M. A, ing. jr. en programmation et contrôle sous la supervision de M. B, ing. Superviseur programmation et Contrôle

Madame D, CRHA, M.Sc., spécialiste en santé et sécurité et experte en analyse de risques, s'est jointe à l'équipe pour les séances de validation des hypothèses.

1.2 Méthodologie d'analyse

L'analyse a principalement ciblé le réservoir 120-RES soit, celui impliqué dans l'accident du 8 novembre 2012, ainsi que tout ce qui vient s'y connecter incluant les pompes 110-PMP et 145-PMP.

Les principales étapes de réalisation de cette analyse ont été les suivantes :

- Analyse des fichiers fournis en format fhx dans leur format txt.
- Élaboration d'une liste des I/O (input/output).
- Analyse de modules de contrôle « *function blocks* » de chacune des composantes figurant à la section 2 du présent rapport.
- Vérification des séquences SFC-120 et localisation dans le programme des demandes d'ouverture/fermeture des divers organes.
- Utilisation des PDF des modules de contrôle et des SFC permettant de visualiser les informations déjà identifiées dans le programme.
- Établissement de parallèles entre les événements décrits dans « *Historique et Chronologie Neptune.xls* » et les éléments pouvant avoir présenté des défaillances.
- Séances de remue-méninges pour la validation des défaillances possibles.

2 GÉNÉRALITÉS

Programme analysé : *Merle_System_NEW_Migrated_v1131.fhx*

Date de sauvegarde du programme: *16 août 2012, 11h25 AM*

Date de l'accident : *8 novembre 2012*

2.1 Définitions

Les définitions des types de « mode » sont les définitions usuelles en programmation pour les blocs de fonction. Celles des différents modes d'opération sont celles qui apparaissent dans les programmes analysés.

Explication des types de « mode » :

- | | |
|-------------------|---|
| ▪ « Normal Mode » | Mode dans lequel le bloc devrait fonctionner durant l'exécution normale. |
| ▪ « Target Mode » | Entrée manuellement ou à partir d'une fonction dans le programme. Il s'agit du mode que le bloc essaie d'atteindre. |
| ▪ « Actual Mode » | Mode d'opération actuel du bloc. |

Explication des différents modes d'opération (plus utilisé dans le cas présent) :

- | | |
|-----------------|---|
| ▪ MAN | Mode manuel d'un bloc permettant d'entrer manuellement la valeur de sortie du bloc. Ce mode ne tient aucunement compte de l'algorithme de contrôle du bloc (ex. : permissive, « interlock », ...). |
| ▪ AUTO | Mode automatique qui tient compte de l'algorithme de contrôle du bloc (permissive, « interlock », etc.). Le « setpoint » peut être entré manuellement par l'opérateur ou à partir d'une fonction dans le programme. |
| ▪ CAS | Mode cascade semblable au mode automatique, mais le « setpoint » provient d'un bloc en amont connecté à l'entrée CAS_IN. |
| ▪ Permissive | Condition nécessaire à l'activation d'une sortie, mais non essentielle au maintien de cette sortie (sauf en mode MAN). |
| ▪ « Interlock » | Condition nécessaire en tout temps pour l'activation et le maintien d'une sortie (sauf en mode MAN). |

Définitions des principaux acronymes

- | | |
|---------------------|---|
| ▪ CND | Bloc CONDITION accompagné d'un numéro unique au module de contrôle FBD. Ce bloc évalue une expression et donne un résultat VRAI ou FAUX basé sur cette expression (exemple : CND101). |
| ▪ DC | Bloc DEVICE CONTROL accompagné d'un numéro unique au module de contrôle FBD. Ce bloc gère une logique basée sur les demandes d'activation, les permissives, les « interlocks » et les « feedbacks », s'il y a lieu (exemple : DC1). |
| ▪ Device_Signal_Tag | Alias qui fait référence à une entrée ou une sortie spécifique d'un périphérique. |
| ▪ DI | Bloc DIGITAL INPUT accompagné d'un numéro unique au module de contrôle FBD (exemple : DI1). |
| ▪ DO | Bloc DIGITAL OUTPUT accompagné d'un numéro unique au module de contrôle FBD (exemple : DO1). |
| ▪ FBD | Function Block Diagram |
| ▪ « Interlock » | Condition nécessaire à l'activation et au maintien de la sortie d'un bloc DC (Device Control). |
| ▪ Permissive | Condition nécessaire à l'activation de la sortie d'un bloc DC (Device Control). |
| ▪ SFC | Sequential Function Chart |
| ▪ STEP | Étape d'un programme SFC |

3 ANALYSE DES CAPTEURS/ACTIONNEURS DU RÉSERVOIR 120-RES

3.1 Valve d'évent 120-YV6

3.1.1 Général

- Sortie discrète : card slot=10, IO1, CTL-1, DO, 32ch_HD, Channel 7;
- Device_Signal_Tag de la sortie discrète : 120-YV6_CDM;
- Valve normalement fermée;
- Aucun capteur de position pour connaître l'état réel de la valve.

3.1.2 Surveillance d'état de la valve

- Aucun capteur de position n'existe pour détecter l'état réel de la valve.

3.1.3 Contrôle séquentiel de la valve

- Demande d'ouverture et de fermeture de la valve à partir des actions du SFC;
- SFC : SFC-120;
- Variable locale : 120-YV6_CDM :
 - Utilisation locale au SFC;
 - Note : Il ne s'agit pas de la même variable que le Device_Signal_Tag de la sortie discrète mentionnée en 3.1.1 qui définit l'alias de la sortie alors que la variable décrite dans cet élément définit une variable locale au SFC-120.
- Demande d'ouverture de la valve « 120-YV6_CDM.CV :=1 » :
 - Step « INITIALISATION », Action « A2 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan de l'action seulement);
 - Step « WAIT_110-PMP », Action « A2 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement).
- Demande de fermeture de la valve « 120-YV6_CDM.CV :=0 » :
 - Step « START_BATCH », Action « A8 », action de type « PULSE » (action sur le premier scan de l'action seulement).

3.1.4 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : 120-YV6.
- Bloc condition « CND101 » :
 - Signal de demande d'ouverture de la valve;
 - Expression évaluée : //SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV6_CDM.CV;
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée.

- Bloc condition « CND201 » :
 - Signal de demande de fermeture de la valve;
 - Expression évaluée : NOT '//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV6_CDM.CV';
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée;
 - Expression inverse du bloc de condition CND101.
- Permissive :
 - Condition nécessaire à l'activation de la sortie du bloc DC1.
 - Condition provenant du bloc CND1 : NOT '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV' :
 - ✓ La permissive est valide tant qu'il n'y a pas de haut niveau de détecté sur le réservoir RES-120;
 - ✓ Haut niveau >= 2550 litres.
- « Interlock » :
 - Condition nécessaire à l'activation et au maintien de la sortie du bloc DC1;
 - Condition provenant du bloc CND1 : NOT '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV' :
 - ✓ L'« interlock » est valide tant qu'il n'y a pas de haut niveau de détecté sur le réservoir RES-120 par la sonde 120-LT;
 - ✓ Haut niveau >= 2550 litres.
- Bloc DC1 :
 - Algorithme de contrôle
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ AUTO;
 - ✓ CASCADE.
 - Normal Mode : AUTO
 - Dans ce cas-ci, la valve 120-YV6 est une valve normalement fermée, donc lorsque la sortie qui la contrôle est inactive (FALSE), la valve se ferme. Le bloc DC1 gère la logique pour activer (TRUE) et désactiver (FALSE) et le bloc DO1 active (OUVRIR) ou désactive (FERMER) la sortie sur laquelle la valve 120-YV6 est connectée en fonction de l'information reçue du bloc DC1 si le bloc DO1 est en mode CAS.
 - Lorsque l'entrée INTERLOCK_D est FALSE, la sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est mise à l'état passif. L'état passif de ce bloc est FALSE.
 - La sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est connectée à l'entrée CAS_IN du bloc DO1 qui contrôle la sortie qui actionne la valve 120-YV6.
- DEVICE_OPTS activée :
 - ✓ PERMISSIVE
 - ✓ SP Track (copie de OUT_D du bloc DC1 lors de changement de mode)
 - ✓ INTERLOCK

- Bloc DO1 :
 - Contrôle la sortie qui actionne la valve 120-YV6 : *CTL-1/IO1/C10/CH07/OUT_D*.
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Out Of Service (OOS)
 - ✓ Manual
 - ✓ Auto
 - ✓ Cascade
 - ✓ Remote Cascade
 - IO_OPTS activée :
 - ✓ SP-PV track in Man : Lorsque le bloc passe du mode auto/cascade au mode manuel, le PV (process value) est copié vers le SP (setpoint). Cela sert à éviter le changement d'état brusque entre le changement de mode. Par la suite, le SP peut être modifié manuellement par l'opérateur.

3.1.5 Hypothèses de défaillance locale

3.1.5.1 Détection d'un niveau supérieur à 2 550 litres.

- Dans l'éventualité où la sonde de niveau 120-LT détecte un niveau supérieur à 2 550 litres, l'« interlock » du bloc de contrôle DC1 de la valve 120-YV6 devient « FALSE » et la sortie qui commande la valve tombe, ce qui a pour effet de forcer la fermeture de la valve 120-YV6.
- Une fermeture forcée de la valve 120-YV6 durant la phase de remplissage du réservoir peut avoir pour effet de faire augmenter la pression à l'intérieur du réservoir si aucun autre point de sortie du produit n'est ouvert.

Tel que mentionné à la section 3.1.3, une demande d'ouverture est faite au STEP « INITIALISATION » qui est le 1er STEP du SFC-120. Par la suite, une demande de fermeture de la valve est faite à l'étape « START_BATCH » qui est le STEP où la batch démarre.

3.1.5.2 Valve défectueuse, sortie contrôleur défectueuse ou problème de câblage

- L'absence de surveillance d'état sur la valve 120-YV6 (à l'aide de capteurs ou tout autre système de détection) ne permet pas, dans l'éventualité où il y aurait un dysfonctionnement au niveau de la valve (bloquée ouverte ou bloquée fermée) et/ou de la sortie du contrôleur et/ou un problème de câblage (câble sectionné, mal branché, etc.), de détecter la faute.
- Il serait de bonne pratique de surveiller l'état de la vanne à l'aide de capteurs de position afin de détecter son état et d'enclencher des procédures adéquates advenant un dysfonctionnement de cette vanne.

3.2 Valve d'acétone distillée 120-YV4

3.2.1 Général

- Sortie discrète : card slot=11, IO1, CTL-1, DO, 32ch_HD, Channel 4.
- Device_Signal_Tag de la sortie discrète : 120-YV_CDM.
- Valve normalement fermée.
- Alimente directement en acétone distillée le réservoir 120-RES via la pompe 145-PMP.

3.2.2 Surveillance d'état de la valve

Il n'y a qu'une détection sur la valve 120-YV4 : détection d'ouverture. La détection d'ouverture n'est pas une détection de l'état sécuritaire de la valve. L'état fermé est l'état sécuritaire de la valve.

3.2.2.1 Détection d'ouverture

- Device_Signal_Tag : 120-YV_ZSL.
- Entrée discrète : card slot=4, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 18.
- Mauvaise description dans la configuration de l'entrée : on peut y lire « *Confirmation de fermeture vanne 120-YV* », mais il s'agit d'une confirmation d'ouverture de la vanne 120-YV. Cette erreur sur la description n'influence en rien la programmation puisqu'il ne s'agit que d'un texte descriptif, mais elle peut induire en erreur le programmeur sur la fonction du signal associé à cette entrée. Dans le cas étudié, rien n'indique qu'une erreur sur la description de l'entrée ait causé une erreur dans la programmation.

3.2.2.2 Détection de fermeture

- Aucune détection de fermeture de la valve. L'état (position) fermé de la vanne est l'état dit sécuritaire (fail safe) de la vanne.

3.2.3 Contrôle séquentiel de la valve

- Demande d'ouverture et de fermeture de la valve à partir des actions du SFC.
- SFC : *SFC-120*.
- Variable locale : *120-YV4_CDM*.
- Utilisation locale au SFC.
- Note : Il ne s'agit pas de la même variable que le *Device_Signal_Tag* de la sortie discrète mentionnée en 3.2.1 qui définit l'alias de la sortie alors que la variable décrite dans cet élément (3.2.3) définit une variable locale au SFC-120.
- Demande d'ouverture de la valve « *120-YV4_CDM.CV :=1* » :

- Step « CLEAN145 », Action « A2 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

✓ **EXPRESSION="if '//LI-120/AI1/PV.CV' < 'CLEAN145_VOL.CV' then '120-YV4_CDM.CV' := 1"**

Le type d'action « PULSE » signifie que l'expression définie dans l'action activée par le STEP en question n'est exécutée qu'une seule fois, et ce, lorsque le STEP devient actif. L'expression est donc évaluée une seule fois lors du scan suivant l'activation du STEP et ne sera évaluée de nouveau qu'à la prochaine activation du STEP. Particularité notée lors de l'analyse, mais pas un vice de programmation.

- Step « PREFILL », Action « A3 », type d'Action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

✓ **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 1"**

- Step « REMP_ACÉ », Action « A3 », type d'Action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

✓ **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 1"**

✓ **DELAY_EXPRESSION="NOT '//SFC-121/RUN_LOGIC/REMP_ACÉ/ACTIVE.CV"**

- Demande de fermeture de la valve « 120-YV4_CDM :=0 » :

- Step « S1 », Action « A1 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan de l'action seulement) dans SFC-120/STOP_LOGIC.

- Step « Fermer_120-YV4 », Action « A2 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

✓ **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 0"**

- Step « Fermer_Acétone », Action « A2 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

✓ **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 0"**

- Step « INITIALISATION », Action « A2 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) : **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 0"**

- Step « PRE_EXTRACT », Action « A5 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) : **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 0"**

- Step « Niv_Arrêt_Agt », Action « A5 », type d'Action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

✓ **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 0"**

- Step « TEMP_ATT_LOT », Action « A3 », type d'Action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

✓ **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 0"**

- Step « WAIT_LEVEL », Action « A3 », type d'Action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

✓ **EXPRESSION=""120-YV4_CDM.CV' := 0"**

3.2.4 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : 120-YV4
- Bloc condition « CND101 » :
 - Signal de demande d'ouverture de la valve;
 - Expression évaluée : '//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV4_CDM.CV' AND '//SFC-120/BSTATUS.CV' = '\$phase_state:Running';
 - Aucun mode, ni alarme pour les blocs condition (idem à 3.1.4 : caractéristique propre au bloc de fonction CND de ce logiciel);
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée.
- Bloc condition « CND102 » :
 - Signal de demande de fermeture de la valve;
 - Expression évaluée : NOT '//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV4_CDM.CV' OR '//SFC-120/BSTATUS.CV' != '\$phase_state:Running';
 - Aucun mode ni alarme pour les blocs condition;
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée;
 - Expression inverse du bloc de condition CND101.
- Permissive :
 - Nécessaire à l'activation de la sortie du bloc DC1.
 - Condition provenant du bloc CND1 : '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV' :
 - ✓ La permissive est valide tant qu'il n'y a pas de haut niveau de détecté sur le réservoir RES-120;
 - ✓ Haut niveau >= 2 550 litres.
 - Condition provenant du bloc CND2 : '//240-YV1/DC1/PV_D.CV' = 'vlvnc-pv:OPEN' :
 - ✓ La permissive est valide tant que le Process Variable du bloc DC1 de la valve 240-YV1 n'est pas OPEN;
 - ✓ OPEN = 1;
 - ✓ Process Variable (PV) est une copie du Feedback State (FV) de la composante;
 - ✓ La valeur FV est déterminée à partir de l'entrée F_IN_D1 du bloc DC1 qui est le signal inversé de 120-YV-ZSL.
- « Interlock » :
 - Nécessaire à l'activation et au maintien de la sortie du bloc DC1.
 - Condition provenant du bloc CND1 : '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV' :

- ✓ L'« interlock » est valide tant qu'il n'y a pas de haut niveau de détecté sur le réservoir RES-120 par la sonde 120-LT;
- ✓ Haut niveau \geq 2 550 litres.
- Condition provenant du bloc CND2 : '///240-YV1/DC1/PV_D.CV' = 'vlvnc-pv:OPEN' :
 - ✓ L'« interlock » est valide tant que le Process Variable du bloc DC1 de la valve 240-YV1 n'est pas OPEN;
 - ✓ OPEN = 1;
 - ✓ Process Variable (PV) est une copie du Feedback State (FV) de la composante;
 - ✓ La valeur FV est déterminée à partir de l'entrée F_IN_D1 du bloc DC1 qui est le signal inversé de 120-YV-ZSL.
- Bloc DC1 :
 - Algorithme de contrôle
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ AUTO
 - ✓ CASCADE
 - Normal Mode : AUTO
 - ✓ Le bloc démarre en mode auto.
 - Lorsque l'entrée INTERLOCK_D est FALSE, la sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est mise à l'état passif. L'état passif de ce bloc est FALSE.
 - La sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est connectée à l'entrée CAS_IN du bloc DO1 qui contrôle la sortie qui actionne la valve 120-YV4.
 - DEVICE_OPTS activée :
 - ✓ PERMISSIVE
 - ✓ SP Track (copie de OUT_D) du bloc DC1 lors de changement de mode)
 - ✓ INTERLOCK
- Bloc DO1 :
 - Contrôle la sortie qui actionne la valve 120-YV4 : CTL-1/IO1/C11/CH04/OUT_D.
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Out Of Service (OOS)
 - ✓ Manual
 - ✓ Auto
 - ✓ Cascade
 - ✓ Remote Cascade
 - ✓ Normal mode : CASCADE

- IO_OPTS activée :
 - ✓ SP-PV track in Man : Lorsque le bloc passe du mode auto/cascade au mode manuel, le PV (process value) est copié vers le SP (setpoint). Cela évite le changement d'état brusque entre le changement de mode. Par la suite, le SP peut être modifié manuellement par l'opérateur.

3.2.5 Hypothèses de défaillance locale

3.2.5.1 Défaillance du détecteur de niveau 120-LT

- Dans l'éventualité où le niveau détecté par la sonde est inférieur au niveau réel, les entrées INTERLOCK_D et PERMISSIVE_D seront valides même lorsque le niveau réel sera supérieur à 2 550 litres.
- La détection d'un niveau inférieur au niveau réel peut entraîner un remplissage plus important du réservoir 120-RES lorsque l'ouverture de la valve 120-YV4 est demandée.
- Un remplissage atteignant la capacité maximale du réservoir peut être possible dans ces circonstances.
- L'absence de redondance pour la détection d'un niveau haut ou d'un niveau maximal du réservoir 120-RES.

3.2.5.2 Défaillance du capteur de position 120-YV-ZSL

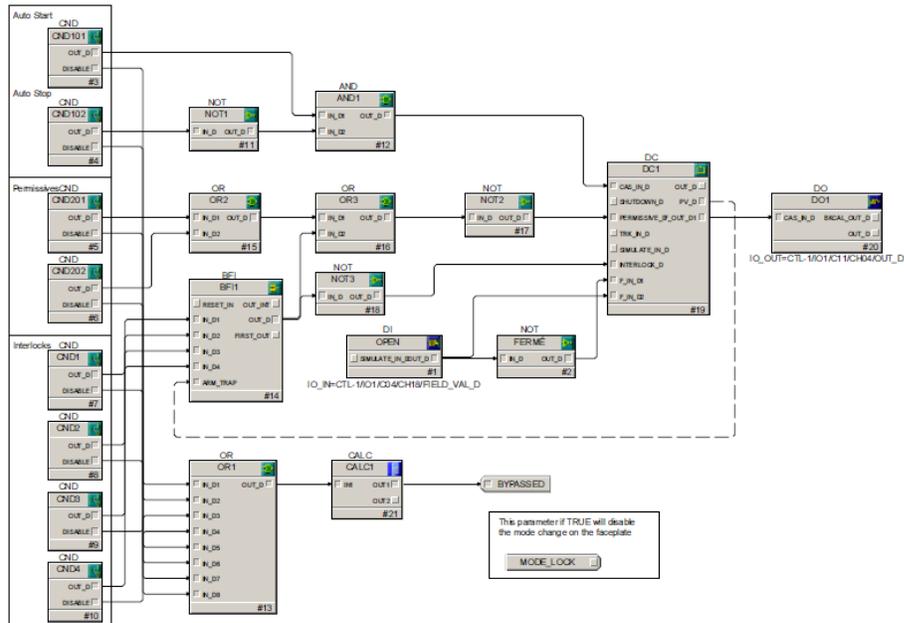
- Le capteur de position détecte l'état non sécuritaire de la valve 120-YV4.
- Dans le cas d'un mauvais branchement ou d'une défectuosité dans le câblage du capteur, qui aurait pour effet de ne pas acheminer le signal ON/OFF du capteur vers l'entrée discrète du contrôleur, l'état détecté de la valve sera FERMÉ.
- Dans ce cas, la valve 120-YV4 pourrait être bloquée en position OUVERTE sans qu'on ait cette information.
- Dans un tel cas, la pompe 145-PMP pourrait fonctionner en autant qu'une des conditions de démarrage soit valide et que les permissives ainsi que l'« interlock » aient aussi été valides. Si la vanne reçoit une commande de fermeture, l'« interlock » de la pompe 145-PMP en rapport avec le haut niveau du réservoir 120-RES sera toujours valide. Donc, un remplissage du réservoir 120-RES au-delà de sa capacité est possible si cet événement survient. Le capteur aurait dû détecter l'état sécuritaire de la valve, soit l'état FERMÉ.
- Le masque d'entrée configuré dans le bloc DC1 ne permet pas de détecter toutes les erreurs de « feedback ». Le masque n'utilise que l'état sur l'entrée F_IN_D1 (Inputs 1 du masque) pour déterminer si l'état de la vanne correspond à la commande envoyée. Le signal envoyé sur l'entrée F_IN_D1 du bloc DC1 est le signal inversé du signal de la carte d'entrée qui correspond au capteur de position de la vanne 120-YV4. Ce qui veut dire que lorsqu'il y a une demande d'ouverture (Output 1 = TRUE), le signal de « feedback » de

l'entrée F_IN_D1 doit être à FALSE (DI1 = TRUE donc Inputs 1=FALSE) et que lorsqu'il y a une demande de fermeture (Outputs 1 = FALSE), le signal de « feedback » de l'entrée F_IN_D1 doit être à TRUE (DI1 = FALSE donc Inputs 1 = TRUE). Dans le cas où le capteur de position ne peut détecter la position ouverte de la vanne (c'est-à-dire DI1 = FALSE donc Input 1 = TRUE même si la vanne est ouverte) due à un problème au niveau du câblage ou au niveau du capteur lui-même et que la vanne reste bloquée en position ouverte ou qu'elle ne peut fermer complètement malgré la demande de fermeture (Output 1 = False), aucune erreur ne sera détectée.

Figure 3-1: STATE_MASK du bloc DC1 de la vanne 120-YV4

Bit number	Inputs	Outputs
	1 2 3 4	1 2 3 4
Passive	T x x x	F x x x
Active1	F x x x	T x x x
Active2	x x x x	x x x x

Figure 3-2: Diagramme FBD de la vanne 120-YV4 (voir ANNEXE)



3.2.5.3 *Absence de redondance de la vanne 120-YV4*

- Une seule vanne est utilisée pour alimenter le réservoir 120-RES par le circuit de la pompe 145-PMP.
- Il y a présence d'un risque potentiel si la vanne tombe en défaut en position OUVERTE et que le capteur ne le détecte pas. Un remplissage non désiré du réservoir 120-RES peut survenir dans ce cas, si la pompe 145-PMP pompe de l'acétone distillée dans le circuit à ce moment.
- L'ajout d'une deuxième vanne en série avec la première (redondance) permettrait de réduire le risque d'un danger potentiel dû à un bris au niveau de la vanne.

3.2.5.4 *Bloc DO1 en mode manuel*

- Le bloc DO1 peut être mis en mode manuel, puisque ce mode est autorisé.
- Le mode manuel ne tient pas en compte l'algorithme de contrôle du bloc. Les permissives et les « interlocks » n'ont aucun effet.

3.3 **Valve d'acétone distillée 120-YV3**

3.3.1 *Général*

- Sortie discrète: card slot=11, IO1, CTL-1, DO, 32ch_HD, Channel 9.
- Device_Signal_Tag de la sortie discrète : 120-YV3_CDM.
- Vanne normalement fermée.
- Alimente directement en acétone distillée le broyeur 120-BRO via la pompe 110-PMP.

3.3.2 *Surveillance de l'état de la vanne*

- Aucun capteur de position n'existe pour détecter l'état réel de la vanne.

3.3.3 *Contrôle séquentiel de la vanne*

- Demande d'ouverture et de fermeture de la vanne à partir des actions du SFC.
- SFC : *SFC-120*.
- Variable locale : *120-YV3_CDM*.
- Utilisation locale au SFC.
- N'est pas la même variable que le Device_Signal_Tag de la sortie discrète.
- Demande d'ouverture de la vanne « 120-YV3_CDM.CV :=1 » :
 - Step « CLEAN145 », Action « A3 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :

- ✓ **EXPRESSION="if '//LI-120/AI1/PV.CV' < 'CLEAN145_VOL.CV' then '120-YV3_CDM.CV' := 1"**
- Step « PREFILL », Action « A4 », type d'Action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :
 - ✓ **EXPRESSION="if 'REMPLE_110PMP.CV' then '120-YV3_CDM.CV' := 1 endif"**
- Demande de fermeture de la valve « 120-YV3_CDM :=0 » :
 - Step « S1 », Action « A1 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan de l'action seulement) dans SFC-120/STOP_LOGIC;
 - Step « Fermer_120-YV4 », Action « A1, type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :
 - ✓ **EXPRESSION=""120-YV3_CDM.CV' := 0"**
 - Step « INITIALISATION », Action « A2 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :
 - ✓ **EXPRESSION=""120-YV3_CDM.CV' := 0"**
 - Step « PRE_EXTRACT », Action « A3 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :
 - ✓ **EXPRESSION=""120-YV3_CDM.CV' := 0"**
 - Step « TEMP_ATT_LOT », Action « A7 », type d'Action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :
 - ✓ **EXPRESSION=""120-YV3_CDM.CV' := 0"**
 - Step « WAIT_LEVEL », Action « A5 », type d'Action « PULSE » (action sur premier scan seulement) :
 - ✓ **EXPRESSION=""120-YV3_CDM.CV' := 0"**

3.3.4 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : 120-YV3
- Bloc condition « CND101 » :
 - Signal de demande d'ouverture de la valve;
 - Expression évaluée : '//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV3_CDM.CV' AND '//SFC-120/BSTATUS.CV' = '\$phase_state:Running';
 - Aucun mode, ni alarme pour les blocs condition;
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée.
- Bloc condition « CND102 » :
 - Signal de demande de fermeture de la valve;
 - Expression évaluée : NOT '//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV3_CDM.CV' OR '//SFC-120/BSTATUS.CV' != '\$phase_state:Running';

- Aucun mode, ni alarme pour les blocs condition;
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée;
 - Expression inverse du bloc de condition CND101.

 - Permissive :
 - Nécessaire à l'activation de la sortie du bloc DC1;
 - Condition provenant du bloc CND1 : '/// - ✓ La permissive est valide tant qu'il n'y a pas de haut niveau de détecté sur le réservoir RES-120.
 - ✓ Haut niveau >= 2 550 litres.
-
- « Interlock » :
 - Nécessaire à l'activation et au maintien de la sortie du bloc DC1;
 - Condition provenant du bloc CND1 : '/// - ✓ L'« interlock » est valide tant qu'il n'y a pas de haut niveau de détecté sur le réservoir RES-120 par la sonde 120-LT;
 - ✓ Haut niveau >= 2 550 litres.
-
- Bloc DC1 :
 - Algorithme de contrôle.
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ AUTO
 - ✓ CASCADE
 - Normal Mode : AUTO
 - ✓ Le bloc démarre en mode auto.
 - Lorsque l'entrée INTERLOCK_D est FALSE, la sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est mise à l'état passif. L'état passif de ce bloc est FALSE.
 - La sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est connectée à l'entrée CAS_IN du bloc DO1 qui contrôle la sortie qui actionne la valve 120-YV3.
 - DEVICE_OPTS activée :
 - ✓ PERMISSIVE
 - ✓ SP Track (copie de OUT_D du bloc DC1 lors de changement de mode)
 - ✓ INTERLOCK
-
- Bloc DO1 :
 - Contrôle la sortie qui actionne la valve 120-YV3 : CTL-1/IO1/C11/CH09/OUT_D.
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Out Of Service (OOS)

- ✓ Manual
- ✓ Auto
- ✓ Cascade
- ✓ Remote Cascade
- Normal mode : CASCADE.
- IO_OPTS activée :
 - ✓ SP-PV track in Man : Lorsque le bloc passe du mode auto/cascade au mode manuel, le PV (process value) est copié vers le SP (setpoint). Cela évite le changement d'état brusque entre le changement de mode. Par la suite, le SP peut être modifié manuellement par l'opérateur.

3.3.5 Hypothèses de défaillance locale

3.3.5.1 Absence de surveillance de l'état de la valve

- Aucun capteur n'est présent pour valider l'état de la valve.
- Une défaillance du fonctionnement de la valve ne peut être détectée.
- Si la valve est bloquée en position ouverte lorsqu'elle devrait être fermée et que la pompe 110-PMP pompe de l'acétone distillée dans son circuit, le réservoir 120-RES peut se remplir via la valve 120-YV3.
- La valve 120-YV3 reste en position OUVERTE.

La valve 120-YV3 ne possède aucun capteur de position qui peut être utilisé. Donc, selon la programmation, le départ de la pompe 110-PMP par la valve 120-YV3 est fonction de l'état de la sortie du bloc DC1 de la valve 120-YV3 qui est contrôlé de façon séquentielle par le SFC-120. L'état physique de la valve n'a pas d'influence sur l'arrêt ou le départ de la pompe 110-PMP (voir sections 3.3.4 et 3.8.4).

- Dans ce cas-ci, l'« interlock » de la pompe 110-PMP n'est pas valide même sur une détection de haut niveau puisque l'expression est : **EXPRESSION='//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV3_CDM.CV' AND '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV'**.

Plus précisément, l'« interlock » de la pompe 110-PMP utilise la variable « '//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV3_CDM.CV' » combinée avec l'alarme de haut niveau « '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV' » au lieu d'utiliser des capteurs de positions, qui sont inexistantes, pour la valve 120-YV3 combinée à l'alarme de haut niveau '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV'. Donc, lorsque la variable « '//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV3_CDM.CV' = 0 » et que la valve 120-YV3 reste bloquée ouverte (dysfonctionnement) l'expression de l'« interlock » de la pompe 110-PMP ne reflète pas la réalité.

- L'ajout d'un capteur pour détecter, au minimum, l'état sécuritaire de la valve pourrait permettre d'éliminer ce problème si la programmation l'accompagnant est adéquate.

3.3.5.2 *Absence de redondance de la valve*

- Une seule valve est utilisée pour alimenter le broyeur 120-BRO.
- Il y a présence d'un risque d'un danger potentiel si la valve tombe en défaut en position OUVRETE. Un remplissage non désiré du réservoir 120-RES peut survenir dans ce cas, si la pompe 110-PMP pompe de l'acétone distillée dans le circuit à ce moment.
- L'absence de surveillance de la valve empêche de détecter ce risque potentiel.
- L'ajout d'une deuxième valve en série avec la première (redondance) permettrait de réduire le risque d'un danger potentiel dû à un bris au niveau de la valve, mais ne permettrait pas de détecter ce bris.
- L'ajout d'un capteur pour détecter, au minimum, l'état sécuritaire de la valve pourrait permettre d'éliminer ce problème si la programmation l'accompagnant est adéquate.

3.4 **Valve d'acétone usée 120-YV9**

3.4.1 **Général**

- Nouvelle valve mentionnée dans la note de service du 21 septembre 2012.
- Aucune trace de cette valve dans le programme analysé datant du mois d'août 2012.
- **Contrairement à la note de service**, le schéma de valves de l'interface opérateur montre que la valve 120-YV9 est connectée sur le même circuit que la valve 120-YV4 qui alimente directement le réservoir 120-RES sans passer par le broyeur 120-BRO. Dans les faits, la vanne 120-YV9 alimente directement le réservoir 120-RES sans passer par le broyeur 120-BRO.
- Si l'on se fie à la note de service et aux schémas des valves de l'interface opérateur, l'acétone usée de la valve 120-YV9 provient de la pompe 335-PMP qui alimente également le réservoir 305-RES.
- D'après les données de la note de service, tout porte à croire que la valve était de type normalement fermé, mais une vérification physique pourrait le confirmer. Cette information a été confirmée par Neptune.

3.4.2 **Surveillance de l'état de la valve**

Aucune information disponible.

Une expertise physique de cette valve pourrait fournir plus d'information, car la valve n'existait pas dans la version du programme analysé et qu'aucune mention à propos de capteurs de position de cette valve n'est faite dans la note de service du 21 septembre 2012.

3.4.3 *Contrôle séquentiel de la valve*

D'après la note de service du 21 septembre 2012 :

- Valve ouverte en tout temps sauf sous les conditions suivantes :
 - Séquence arrêtée
 - ✓ Quelle séquence ?
 - Séquence désactivée (CIP)
 - ✓ Quelle séquence ?
 - Broyage en cours (vapeurs d'acétone remontent)
 - Niveau d'extraction atteint

On ne peut définir avec certitude sur quelle étape du SFC-120 le niveau d'extraction est atteint puisque l'information est tirée de la note de service et que cette valve est inexistante dans la version du programme analysé.
 - Réservoir en vidange

On ne peut définir avec certitude de quel réservoir il s'agit puisque l'information est tirée de la note de service et que cette valve est inexistante dans la version du programme analysé.

3.4.4 *Module de contrôle FBD*

- Auto Start :
 - Séquence en marche
 - ✓ Quelle séquence ?
- Auto Stop :
 - Séquence en arrêt
 - ✓ Quelle séquence ?

Il s'agit des conditions pour activer ou désactiver la valve 120-YV9 en mode CASCADE. L'information de la note de service à ce propos est incomplète puisqu'on ne mentionne pas de quelle séquence il s'agit.

- Permissive :
 - Aucune permissive mentionnée.
- « Interlock » :
 - LI-120 > Niveau d'extraction :
 - ✓ Est-ce le 800 litres du PREFILL ?
 - 120-RES en vidange

- Séquence désactivée
 - ✓ Quelle séquence ?
- Broyage de bloc

3.4.5 Hypothèses de défaillance locale

Se référer à la section 6.2 : *Défaillance des organes de contrôle de l'alimentation en acétone usée du réservoir 120-RES et redémarrage de la pompe 145-PMP.*

3.5 Valve de vapeur 120-YV8

Il est nécessaire d'ouvrir la vanne 120-YV8 pour calibrer le module FBD TIC-120 qui gère le pourcentage d'ouverture de la vanne de contrôle de température 120-TV en fonction de la température du réservoir. Le module FBD TIC-120 contient le « fonction block » PID1 qui utilise le signal analogique de la sonde de température 120-TT du réservoir 120-RES pour moduler le niveau du signal de sortie analogique qui contrôle l'ouverture de 120-TV. Par contre, pour ce qui est de la calibration du pourcentage d'ouverture de la vanne 120-TV seulement, il n'est pas nécessaire d'ouvrir la vanne 120-YV8.

3.5.1 Général

- Sortie discrète : card slot=16, IO1, CTL-1, ASI, port=2, type OUTPUT, index=2
- Fieldbus AS-i
- Device_Signal_Tag de la sortie discrète : 120-YV8_CDM
- Valve normalement fermée
- Installée physiquement en amont de la valve proportionnelle TIC-120
- Alimentation en vapeur

3.5.2 Surveillance de l'état de la valve

3.5.2.1 Détection d'ouverture

- Device_Signal_Tag : 120-YV8_FOP
- Entrée discrète : card slot=16, IO1, CTL-1, ASI, Port=2, Type = Input, Index=2

3.5.2.2 Détection de fermeture

- Device_Signal_Tag : 120-YV8_FCL
- Entrée discrète : card slot=16, IO1, CTL-1, ASI, Port=2, Type = Input, Index=1

3.5.3 Contrôle séquentiel de la valve

- Demande d'ouverture et de fermeture de la valve à partir des actions du SFC
- SFC : SFC-120

- Contrôler par la valeur de la variable //SFC-120/RUN_LOGIC/RL_NUMÉRO.CV qui représente le numéro de séquence.
- Demande d'ouverture de la valve en fonction de la variable //SFC-120/RUN_LOGIC/RL_NUMÉRO.CV (NUMERO.CV indique une variable du SFC-120 qui est une représentation numérique de l'étape en cours).
- Demande d'ouverture : $2 < \text{RL_NUMÉRO.CV} < 7$
 - Step « PREFILL », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 3**
 - Step « TEMP_ATT_LOT », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 4**
 - Step « START_BATCH », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 5**
 - Step « WAIT_110-PMP », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 6**
- Demande de fermeture de la valve en fonction de la variable //SFC-120/RUN_LOGIC/RL_NUMÉRO.CV
- Demande de fermeture : $0 \leq \text{RL_NUMÉRO.CV} < 3$ OU $\text{RL_NUMÉRO} > 6$
 - Step « INITIALISATION », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 0**
 - Step « VÉRIFICATION », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 1**
 - Step « WAIT_LEVEL », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 2**
 - Step « CLEAN145 », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 7**
 - Step « WAIT_TRANS_RCT », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 8**
 - Step « 130-RCT_TRANS », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 9**
 - Step « 133-RCT_TRANS », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 9**
 - Step « 135-RCT_TRANS », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 9;**
 - Step « EMPTY_TANK_VOL », Action « A1 », Type d'action « PULSE »
✓ **EXPRESSION=""RL_NUMÉRO.CV" := 10**

3.5.4 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : 120-YV8
- Bloc condition « CND101 » :
 - Signal de demande d'ouverture de la valve
 - Expression évaluée : `EXPRESSION="//SFC-120/RUN_LOGIC/RL_NUMÉRO.CV' > 2 AND '//SFC-120/RUN_LOGIC/RL_NUMÉRO.CV' < 7"`
 - Aucun mode ni alarme pour les blocs condition.
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée.
- Bloc condition « CND102 » :
 - Signal de demande de fermeture de la valve
 - Expression évaluée : `EXPRESSION="//SFC-120/RUN_LOGIC/RL_NUMÉRO.CV' < 3 or '//SFC-120/RUN_LOGIC/RL_NUMÉRO.CV' > 6"`
 - Aucun mode ni alarme pour les blocs condition.
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée.
- Permissive :
 - Nécessaire à l'activation de la sortie du bloc DC1.
 - Condition provenant du bloc CND201 : `NOT"//TIC-120/AI1/PV.CV' > 25"`
 - ✓ Permis si la température est inférieure ou égale à 25°C
 - Condition provenant du bloc CND1 : `NOT"//012-AAI/DI3/DISC_ACT.CV"`
 - ✓ Le bloc DI3 du module 012-AAI correspond au signal provenant de l'entrée « Card slot=4, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 10 » ayant 011-013_ASHH comme « DEVICE_SIGNAL_TAG ».
- Pour résumer, la permissive est non valide si : la température de TIC-120 est supérieur à 25°C OU si le signal provenant de l'entrée « Card slot=4, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 10 » est égale à 0.
- Interlock :
 - Nécessaire à l'activation et au maintien de la sortie du bloc DC1.
 - Condition provenant du bloc CND1 : `NOT"//012-AAI/DI3/DISC_ACT.CV"`
 - ✓ Le bloc DI3 du module 012-AAI correspond au signal provenant de l'entrée « Card slot=4, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 10 » ayant 011-013_ASHH comme « DEVICE_SIGNAL_TAG ». Le paramètre DISC_LIM du bloc DI3 du module 012-AAI est égal à 0. Ce qui signifie que lorsque le signal de l'entrée est à 0, la variable « //012-AAI/DI3/DISC_ACT.CV » est égale à 1, mais est inversé par le bloc NOT.
 - ✓ Pour résumer, l'« interlock » est non valide si : le signal provenant de l'entrée « Card slot=4, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 10 » est égale à 0.

- Bloc DI1 :
 - État de l'entrée : CTL-1/IO1_C16/P02/120-YV8/I1/FIELD_VAL_D
 - État détecté (PASSIF) : Valve 120-YV8 FERMÉE
 - Branchement sur l'entrée F_IN_D1 du bloc DC1

- Bloc DI2 :
 - État de l'entrée : CTL-1/IO1_C16/P02/120-YV8/I2/FIELD_VAL_D
 - État détecté (ACTIF): Valve 120-YV8 OUVERTE
 - Branchement sur l'entrée F_IN_D2 du bloc DC1

- Bloc DC1 :
 - Algorithme de contrôle
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ AUTO
 - ✓ CASCADE
 - Normal Mode : AUTO
 - ✓ Le bloc démarre en mode auto.

D'après la documentation et le programme analysé, dans la phase « RUN LOGIC » du SFC-120, chaque module FBD associé au SFC-120 est activé. Lors de l'activation des modules FBD, les blocs fonctions à l'intérieur de ceux-ci tentent d'atteindre leur mode de fonctionnement normal (Normal Mode) en suivant la hiérarchie des modes (moins évolués vers plus évolués). Dans ce cas-ci, le bloc démarre en mode OOS (Out Of Service) et si aucune erreur n'est présente, il change au mode supérieur autorisé, soit le mode AUTO.

- Lorsque l'entrée INTERLOCK_D est FALSE, la sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est mise à l'état passif. L'état passif de ce bloc est FALSE.
- La sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est connectée à l'entrée CAS_IN du bloc DO1 qui contrôle la sortie qui actionne la valve 120-YV8.
- DEVICE_OPTS activée :
 - ✓ PERMISSIVE
 - ✓ SP Track (copie de « OUT_D » du bloc DC1 lors de changement de mode)
 - ✓ INTERLOCK
- Bloc DO1 :
 - Contrôle la sortie qui actionne la valve 120-YV8 : CTL-1/IO1/C16/P02/120-YV8/O2/OUT_D

- Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Out Of Service (OOS)
 - ✓ Manual
 - ✓ Auto
 - ✓ Cascade
 - ✓ Remote Cascade
- Normal mode : CASCADE
- IO_OPTS activée :
 - ✓ SP-PV track in Man : Lorsque le bloc passe du mode auto/cascade au mode manuel, le PV (process value) est copié vers le SP (setpoint). C'est pour éviter le changement d'état brusque entre le changement de mode. Ensuite, le SP peut être modifié manuellement par l'opérateur.

3.5.5 Hypothèses de défaillance locale

3.5.5.1 État du SFC

- L'état du SFC-120 n'est pas pris en compte dans les conditions de démarrage ou d'arrêt. On ne tient compte que du RL_NUMÉRO pour ouvrir ou fermer la valve. Si le RL_NUMÉRO se trouve dans la plage d'ouverture de la valve et que le SFC-120 n'est plus en état « \$Phase_State:RUNNING », la valve restera ouverte et se fermera seulement si l'«interlock» tombe, que l'opérateur la ferme manuellement ou que le système soit redémarré (retour à l'étape « INITIALISATION » du SFC-120).

3.5.5.2 « Interlock » manquant

- Température trop élevée : le capteur existe, mais n'est pas utilisé dans les « interlocks » .
- Pression trop élevée : aucun capteur pour détecter une pression trop élevée.
- Niveau du réservoir 120-RES trop élevé : le capteur existe, mais n'est pas utilisé.

Afin de pouvoir contrôler les cas à risques hors séquence, on utilise des « interlocks » surveillés en tout temps. Dans le cas présent, si les « interlocks » s mentionnés ci-dessus étaient présents; ceci aurait pour effet de forcer la fermeture de la valve 120-YV8 si une température trop élevée et/ou une pression trop élevée et/ou un niveau du réservoir trop élevé, était détecté.

3.6 Valve de contrôle de température TIC-120

3.6.1 Général

- Sortie analogique : card slot=31, IO1, CTL-1, AO, 8ch_HART, 4-20, Channel 6.

3.6.2 Surveillance de l'état de la valve

- Readback : CTL-1/IO1/C31/CH06/HART_FV.

Il s'agit du signal de « feedback » du positionneur de la valve qui permet de connaître l'ouverture réelle de la valve.

3.6.3 Contrôle séquentiel de la valve

- D'après les données du programme, le « set point » du PID1 est de 12°C.
- Le bloc PID1 est mis en mode MAN lorsque :
 - SFC-120, Step « TEMP_ATT_LOT », Action « A3 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement)
 - SFC-120, Step « ARR_CHAUFFE », Action « A3 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement)
 - SFC-000, Step « CHANGEMENT_MODE », Action « A1 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement)
- Le bloc « PID1 » est mis en mode AUTO lorsque :
 - SFC-120, Step « PREFILL », Action « A5 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement)
 - SFC-120, Step « START_BATCH », Action « A3 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement)
 - SFC-000, Step « REMISE_CAS », Action « A1 », type d'action « PULSE » (action sur premier scan seulement)

3.6.4 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : TIC-120
- Bloc « AI1 » :
 - Signal analogique provenant de la sonde TT-120 : Card slot : 19, IO1, CTL-1, AI_8CH_HART_4-20, channel 3
 - Scale : EU100=30°C, EU0=(-10)°C¹
- Bloc « PID1 » :
 - Le bloc fonctionne en mode AUTO ou MAN. Le changement de mode est, entre autres, contrôlé séquentiellement par le SFC-120.
 - Lors du passage en mode MAN, la sortie du PID1 est forcée à la valeur de TRACK_VAL qui est égale à 0 selon les paramètres dans le programme analysé.
 - En mode MAN, la valeur de sortie du PID1 peut être forcée à une autre valeur que 0.

¹ Il s'agit de la mise à l'échelle entre le signal électrique à l'entrée analogique et sa valeur significative en °C

- En mode AUTO, le PID1 est opérationnel et utilise le signal analogique d'entrée pour générer le signal de sortie.
- Bloc « AO1 » :
 - Signal analogique de sortie contrôlant l'ouverture/fermeture de la valve : CTL-1/IO1/C31/CH06/OUT.

3.6.5 Hypothèses de défaillance locale

Se référer à la section 6.3 : *Chauffage du réservoir par TIC-120*

3.7 Pompe d'acétone distillée 145-PMP

3.7.1 Général

- Sortie discrète : card slot=9, IO1, CTL-1, DO_32ch_HD, Channel 10
- Device_Signal_Tag de la sortie discrète : 145-PMP_CDM
- Alimentation principale en acétone distillée du réservoir 120-RES
- Alimente les réservoirs :
 - 120-RES via 120-YV4
 - 121-RES via 121-YV4
 - 130-RES via 130-YV4
 - 133-RES via 133-YV4
 - 135-RES via 135-YV4
 - 240-RES via 240-YV1
 - 310-RES via 310-YV1
 - 305-RES via ??? (la vanne n'est pas identifiée sur le P&ID)
- Dans la version du programme analysé, la pompe 145-PMP pompe l'acétone provenant du réservoir 145-RES.
- Lors de l'incident, la pompe 145-PMP pompe l'acétone provenant du réservoir 7400-RES.

3.7.2 Surveillance d'état de la pompe

Il n'y a aucun dispositif de détection du fonctionnement (marche/arrêt) de la pompe.

3.7.2.1 Détection d'une faute à la pompe

- Device_Signal_Tag : 145-PMP_EA
- Entrée discrète : card slot=1, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 22

3.7.2.2 Détection du mode de la pompe au CCM

- Device_Signal_Tag : 145-PMP_LOC.

- Entrée discrète : card slot=1, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 23.

Un seul signal est utilisé pour détecter si la pompe est en mode local (0) ou « remote » (1) au CCM (1 signal pour 2 états). Donc, dans ce cas-ci, l'état normal d'opération du moteur est détecté (Mode remote).

3.7.3 Contrôle séquentiel de la pompe

- La pompe fonctionne principalement en esclave des valves en amont et non de manière séquentielle.

Cependant, le mode « manual » est un mode autorisé pour le bloc DO1 qui active ou désactive la sortie qui contrôle la pompe 145-PMP. Donc, il pourrait être possible d'activer manuellement la sortie en mettant le bloc DO1 en manuel.

3.7.4 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : 145-PMP

Module fonctionne selon les blocs de contrôle et non pas en fonction des capteurs de position. Par contre, dans le cas de la valve 120-YV4, le signal du capteur de position ouverte est raccordé en surveillance sur l'entrée F_IN_D1 du bloc de contrôle DC1 de la valve 120-YV4. Dans la logique du bloc, seul l'état passif de la valve est surveillé en fonction de ce capteur, c'est-à-dire que lorsque le bloc demande une fermeture de la valve, celui-ci vérifie que la valve est vraiment fermée. Si elle ne l'est pas, la sortie reste à l'état passif et le bloc tombe en erreur. Par contre, si le capteur est défectueux ou que le câblage est défectueux et que le bloc reçoit toujours l'information comme quoi la valve est fermée, aucune erreur ne sera détectée.

- Bloc condition « CND101 » :
 - Signal de demande de marche **si l'une** des conditions suivantes est satisfaite :
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 120-YV4 est égale à 1
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 121-YV4 est égale à 1
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 130-YV4 est égale à 1
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 133-YV4 est égale à 1
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 135-YV4 est égale à 1
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 240-YV1 est égale à 1
 - ✓ Valeur de la variable 310-RES.CV est égale à 1
 - ✓ Commande provenant de SFC-305/RUN_LOGIC/145-PMP_CDM.CV est égale à 1
 - Aucun mode, ni alarme pour les blocs condition.
 - OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée.
- Bloc condition « CND102 » :
 - Signal de demande d'arrêt **si toutes** les conditions suivantes sont satisfaites :
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 120-YV4 est égale à 0

- ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 130-YV4 est égale à 0
- ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 133-YV4 est égale à 0
- ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 135-YV4 est égale à 0
- ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 240-YV1 est égale à 0
- ✓ Valeur de la variable 310-RES.CV est égale à 0
- ✓ Commande provenant de SFC-305/RUN_LOGIC/145-PMP_CDM.CV est égale à 0.
- **IMPORTANT** Malgré le fait que la valve 121-YV4 soit une des valves qui démarre la pompe 145-PMP, elle ne fait pas partie des conditions de fermeture de la pompe.

Cependant, selon la programmation, l'arrêt de la pompe s'effectue si les conditions décrites dans CND101 sont toutes fausses et que toutes les conditions dans CND102 sont satisfaites ou que l'« interlock » du bloc DC1 n'est plus valide.

- Permissive : Correspond à l'« interlock »
- « Interlock » :
 - Nécessaire à l'activation et au maintien de la sortie du bloc DC1.
 - Condition provenant du bloc CND1 : NOT '^/DI2/OUT_D' OR NOT '//SFC-000/ATTENTE/ACTIVE.CV'.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si une faute au moteur est détectée ou que le SFC d'arrêt d'urgence n'est plus à l'étape d'attente, c'est-à-dire que l'arrêt d'urgence HS-145 ou HS-000 est été activé.
 - Condition provenant du bloc CND2 : NOT '^/DI3/OUT_D'.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si le moteur est en mode local au CCM.
 - Condition provenant du bloc CND3 : '//012-AAI/DI3/OUT_D.CV'.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé s'il y a un déversement d'acétone. Dans le programme, on n'utilise que le signal sur l'entrée DI3 du module FBD 012-AAI qui correspond au « très haut niveau acétone secteur usine » 011_013_ASHH.
 - Condition provenant du bloc CND4 : '//LI-145/AI1/LO_LO_ACT.CV'.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé s'il y a un très bas niveau au réservoir 145-RES.
 - Condition provenant du bloc CND5 : '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV' AND '//120-YV4/DC1/PV_D.CV' = 1.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si un haut niveau est détecté au réservoir 120-RES et que la valve 120-YV4 reçoit sa commande d'ouverture.
 - Condition provenant du bloc CND6 : '//LI-130/AI1/HI_ACT.CV' AND '//130-YV4/DC1/PV_D.CV' = 1.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si un haut niveau est détecté au réservoir 130-RES et que la valve 130-YV4 reçoit sa commande d'ouverture.

- Condition provenant du bloc CND7 : '///
YV4/DC1/PV_D.CV' = 1.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si un haut niveau est détecté au réservoir 135-RES et que la valve 135-YV4 reçoit sa commande d'ouverture.
- Condition provenant du bloc CND8 : '///
YV4/DC1/PV_D.CV' = 1.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si un haut niveau est détecté au réservoir 133-RES et que la valve 133-YV4 reçoit sa commande d'ouverture.
- Condition provenant du bloc CND9 : '///
YV4/DC1/PV_D.CV' = 1.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si un haut niveau est détecté au réservoir 250-RES.
- **IMPORTANT** Malgré le fait que la valve 121-YV4 soit une des valves qui démarre la pompe 145-PMP, aucun « interlock » provenant de cette valve et du haut niveau du réservoir 121-RES n'existe comme c'est le cas pour les autres réservoirs.

Le module qui contrôle la valve 121-YV4 possède un « interlocks » pour le haut niveau du réservoir 121-RES, en conséquence même si la pompe 145-PMP déverse dans le réservoir 121-RES, la valve se ferme si le haut niveau est atteint. De plus, de façon séquentielle, le remplissage du 120-RES n'a pas lieu tant que la commande d'ouverture de la valve 121-YV4 est active et vice et versa. Donc à moins d'un élément défectueux le remplissage simultané des deux réservoirs ne peut avoir lieu.

- Bloc DC1 :
 - Algorithme de contrôle
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ AUTO
 - ✓ CASCADE
 - Normal Mode : AUTO
 - ✓ Le bloc démarre en mode auto.
 - Lorsque l'entrée INTERLOCK_D est FALSE, la sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est mise à l'état passif. L'état passif de ce bloc est FALSE.
 - La sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est connectée à l'entrée CAS_IN du bloc DO1 qui contrôle la sortie qui actionne la pompe 145-PMP.
 - DEVICE_OPTS activée :
 - ✓ Passive on Active Timeout
 - ✓ PERMISSIVE
 - ✓ SP Track (copie de OUT_D) du bloc DC1 lors de changement de mode)
 - ✓ INTERLOCK

- Bloc DO1 :
 - Contrôle la sortie qui actionne la pompe 145-PMP : *CTL-1/IO1/C09/CH10/OUT_D*.
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Out Of Service (OOS)
 - ✓ Manual
 - ✓ Auto
 - ✓ Cascade
 - ✓ Remote Cascade
 - Normal mode : CASCADE
 - IO_OPTS activée (paramètres optionnels du bloc de fonction DO1) :
 - ✓ SP-PV track in Man : Lorsque le bloc passe du mode auto/cascade au mode manuel, le PV (process value) est copié vers le SP (setpoint). Cela évite le changement d'état brusque entre le changement de mode. Par la suite, le SP peut être modifié manuellement par l'opérateur.

3.7.5 Hypothèses de défaillance locale

- Absence d'« interlocks » en rapport avec la valve 121-YV4 et le haut niveau du réservoir 121-RES.
- En raison de l'absence de surveillance du fonctionnement de la pompe (en marche / en arrêt), il est possible que celle-ci ait été en marche sans que le DCS ne le sache suite, par exemple, à un défaut de la sortie qui contrôle le fonctionnement de la pompe.

3.8 Pompe d'acétone distillée 110-PMP

3.8.1 Général

- Sortie discrète : card slot=9, IO1, CTL-1, DO_32ch_HD, Channel 21
- Device_Signal_Tag de la sortie discrète : 145-PMP_CDM.
- Alimentation secondaire du réservoir 120-RES via le broyeur 120-BRO.
- Alimente les réservoirs :
 - 120-RES via 120-YV3 par le broyeur 120-BRO
 - 121-RES via 121-YV3 par le broyeur 121-BRO
 - 320-CND via valve ???
 - 325-CND via valve ???
 - 330-CND via valve ???
 - 331-RES via 331-YV12
- Dans la version du programme analysé, la pompe 110-PMP pompe l'acétone provenant du réservoir 145-RES.

- Lors de l'incident, la pompe 110-PMP pompe l'acétone provenant du réservoir 7400-RES.

3.8.2 Surveillance d'état de la pompe

Il n'y a aucun dispositif de détection de fonctionnement (marche/arrêt) de la pompe.

3.8.2.1 Détection d'une faute à la pompe

- Device_Signal_Tag : 110-PMP_EA
- Entrée discrète : card slot=2, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 23

3.8.2.2 Détection du mode de la pompe au CCM

- Device_Signal_Tag : 110-PMP_LOC
- Entrée discrète : card slot=2, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 24

Un seul signal est utilisé pour détecter si la pompe est en mode local (0) ou remote (1) au CCM (1 seul signal, 2 états).

3.8.3 Contrôle séquentiel de la pompe

- La pompe fonctionne principalement de manière séquentielle, mais également en esclave des valves 120-YV3 et 121-YV3.

3.8.4 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : 110-PMP
- Bloc condition « CND101 » :
 - Signal de demande de marche si l'une des conditions suivantes est satisfaite :
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 120-YV3 est égale à 1
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 121-YV3 est égale à 1
 - ✓ Commande provenant de SFC-320/RUN_LOGIC/110-PMP_CDM.CV est égale à 1
 - ✓ Commande provenant de SFC-325/RUN_LOGIC/110-PMP_CDM.CV est égale à 1
 - ✓ Commande provenant de SFC-330/RUN_LOGIC/110-PMP_CDM.CV est égale à 1
 - ✓ Commande provenant de SFC-331/RUN_LOGIC/331-YV12_CDM.CV est égale à 1

D'après le programme analysé, il y a une variable REMPL_110PMP qui est utilisée pour sélectionner si OUI ou NON on désire utiliser la pompe 110-PMP pour remplir les réservoirs 120-RES et 121-RES. Si OUI, lors du STEP « PREFILL » de la séquence SFC-120, la valve 120-YV3 recevra une commande d'ouverture. La même variable est utilisée au STEP « PREFILL » de la séquence 121-RES pour ouvrir la valve 121-YV3. La sélection semble être faite à partir de l'interface opérateur.

- Aucun mode ni alarme pour les blocs condition.
- OUT_D est le résultat direct de l'expression évaluée.
- Bloc condition « CND102 » :

- Signal de demande d'arrêt si toutes les conditions suivantes sont satisfaites :
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 120-YV3 est égale à 0
 - ✓ Sortie PV_D du bloc de contrôle DC1 de la valve 121-YV3 est égale à 0
 - ✓ Commande provenant de SFC-320/RUN_LOGIC/110-PMP_CDM.CV est égale à 0
 - ✓ Commande provenant de SFC-325/RUN_LOGIC/110-PMP_CDM.CV est égale à 0
 - ✓ Commande provenant de SFC-330/RUN_LOGIC/110-PMP_CDM.CV est égale à 0
 - ✓ Commande provenant de SFC-331/RUN_LOGIC/331-YV12_CDM.CV est égale à 0
- Permissive : Correspond au « interlock ».
- « Interlock » :
 - Nécessaire à l'activation et au maintien de la sortie du bloc DC1.
 - Condition provenant du bloc CND1 : NOT '^/DI2/OUT_D'
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si une faute au moteur est détectée.
 - Condition provenant du bloc CND2 : NOT '^/DI3/OUT_D'
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si le moteur est en mode local au CCM.
 - Condition provenant du bloc CND3 : '//012-AAI/DI3/OUT_D.CV'
 - ✓ L'« interlocks » est invalidé s'il y a un déversement d'acétone. Dans le programme, on n'utilise que le signal sur l'entrée DI3 du module FBD 012-AAI qui correspond au « très haut niveau acétone secteur usine » 011_013_ASHH dans les « interlocks » pour détecter un niveau d'acétone trop élevé.
 - Condition provenant du bloc CND4 : '//LI-145/AI1/LO_LO_ACT.CV'
 - ✓ L'« interlock » est invalidé s'il y a un très bas niveau au réservoir 145-RES.
 - Condition provenant du bloc CND5 : '//HS-145/DI1/PV_D.CV'
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si l'arrêt d'urgence de la pompe 145-PMP est activé.
 - ✓ L'arrêt d'urgence HS-145 n'est pas branché « fail safe », ni en redondance.
 - Condition provenant du bloc CND6 : NOT '//SFC-000/ATTENTE/ACTIVE.CV'
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si le SFC d'arrêt d'urgence n'est plus à l'étape d'attente, c'est-à-dire que l'arrêt d'urgence HS-145 ou HS-000 a été activé.
 - ✓ L'arrêt d'urgence HS-145 n'est pas branché « fail safe », ni en redondance.
 - ✓ L'arrêt d'urgence HS-000 est branché « fail safe » mais aucune redondance.
 - Condition provenant du bloc CND7 : '//SFC-120/RUN_LOGIC/120-YV3_CDM.CV' AND '//LI-120/AI1/HI_ACT.CV'.
 - ✓ L'« interlock » est invalidé si un haut niveau est détecté au réservoir 120-RES et que la valve 120-YV3 reçoit sa commande d'ouverture.
 - Condition provenant du bloc CND8 : '//SFC-121/RUN_LOGIC/121-YV3_CDM.CV' AND '//LI-121/AI1/HI_ACT.CV'.

- ✓ L'« interlock » est invalidé si un haut niveau est détecté au réservoir 121-RES et que la valve 121-YV3 reçoit sa commande d'ouverture.
- Bloc DC1 :
 - Algorithme de contrôle.
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ AUTO
 - ✓ CASCADE
 - Normal Mode : AUTO
 - ✓ Le bloc démarre en mode auto.
 - Lorsque l'entrée INTERLOCK_D est FALSE, la sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est mise à l'état passif. L'état passif de ce bloc est FALSE.
 - La sortie F_OUT_D1 du bloc DC1 est connectée à l'entrée CAS_IN du bloc DO1 qui contrôle la sortie qui actionne la pompe 110-PMP.
 - DEVICE_OPTS activée :
 - ✓ Passive on Active Timeout
 - ✓ PERMISSIVE
 - ✓ SP Track (copie de OUT_D du bloc DC1 lors de changement de mode)
 - ✓ INTERLOCK
- Bloc DO1 :
 - Contrôle la sortie qui actionne la pompe 110-PMP : *CTL-1/IO1/C09/CH21/OUT_D*.
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Out Of Service (OOS)
 - ✓ Manual
 - ✓ Auto
 - ✓ Cascade
 - ✓ Remote Cascade
 - Normal mode : CASCADE
 - IO_OPTS activée :
 - ✓ SP-PV track in Man : Lorsque le bloc passe du mode auto/cascade au mode manuel, le PV (process value) est copié vers le SP (setpoint). Cela évite le changement d'état brusque lors du changement de mode. Par la suite, le SP peut être modifié manuellement par l'opérateur.

3.8.5 Hypothèses de défaillance locale

- En raison de l'absence de surveillance du fonctionnement de la pompe (en marche / en arrêt), il est possible que celle-ci ait été en marche sans que le DCS ne le sache suite, par exemple, à un défaut de la sortie qui contrôle le fonctionnement de la pompe.

- Se référer à la section 5.1 : *Défaillance des organes de contrôle de l'alimentation en acétone distillée du broyeur 120-BRO.*

4 ARRÊT D'URGENCE

Suite à l'analyse du programme, il a été constaté qu'il y a trois dispositifs d'arrêt d'urgence auxquels il est fait référence dans le programme, soit :

- HS1-120 : Arrêt d'urgence du broyeur 120-BRO
- HSS-145 : Arrêt d'urgence de la pompe 145-PMP
- HSS-000 : Arrêt d'urgence de la salle des opérateurs

4.1 Arrêt d'urgence du broyeur 120-BRO

4.1.1 Généra

- Entrée discrète : card slot=6, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 8
- Device_Signal_Tag de l'entrée discrète : 120-HS_URG
- Un seul contact est utilisé.
- Le contact est de type normalement ouvert.
- Signal d'entrée utilisé seulement dans le bloc DI1 du module de contrôle HS1-120.

4.1.2 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : HS1-120
- Bloc DI1 :
 - Entrée discrète : card slot=6, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 8
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Auto
 - Normal Mode :
 - ✓ Auto
 - Sortie OUT_D du bloc DI1 est connecté à l'entrée IN_1 du bloc CALC1.
- Bloc CALC1 :
 - Exécute l'expression suivante si l'entrée IN_1 est égale à 1 :
 - ✓ '//SFC-120/XCOMMAND.CV' := '\$phase_command:Hold'
 - ✓ '//SFC-120/RUN_LOGIC/RL_NOM.CV' := ""Arrêt d'urgence enfoncé

4.1.3 Hypothèses de défaillance locale

- La défaillance que nous pouvons envisager ici est liée à l'absence de redondance (un seul contact utilisé plutôt que deux contacts) et l'utilisation d'un contact normalement ouvert plutôt qu'un contact normalement fermé, que l'on dit « *fail safe* ».
 - L'utilisation d'un contact normalement ouvert n'est pas considérée « *fail safe* » pour un arrêt d'urgence :
 - ✓ Si un fil connecté sur une borne de l'arrêt d'urgence est abîmé, voir sectionné, l'enclenchement de l'arrêt d'urgence n'aura aucun effet puisque l'action dans le programme est déclenchée sur un niveau haut (1) de l'entrée sur laquelle l'arrêt d'urgence est connecté. Par contre, l'utilisation d'un contact normalement fermé permet de pallier au problème si l'action dans le programme est déclenchée sur un niveau bas (0). À ce moment, l'enclenchement du circuit d'arrêt d'urgence où un bris au niveau du câblage ouvre le circuit et permet d'exécuter l'expression dans le bloc CALC1.
 - Dans le cas d'un arrêt d'urgence, la redondance permet de diminuer le risque lié au mauvais fonctionnement d'un élément en doublant les capteurs de celui-ci. De cette façon, si un élément est en défaut, l'autre pourra prendre le relais et permettre l'action prévue.
- Fonctionnement normal de l'arrêt d'urgence 120-HS_URG :
 - Sur appui de l'arrêt d'urgence, le SFC-120 qui gère la « batch » du réservoir 120-RES est mis en phase « HOLD ». Aucune logique programmée dans la phase « HOLD ».
 - Par contre, les valves 120-YV4 et 120-YV3 requièrent, dans leur module de contrôle FBD respectif, que le SFC-120 soit en phase « RUNNING ». Donc, la commande de fermeture des valves est effective à cet instant.
 - S'il n'y a aucun bris mécanique, les valves devraient se fermer.

L'arrêt d'urgence HS1-120 n'a pas pour effet direct d'arrêter les pompes. Lorsque l'arrêt d'urgence HS1-120 est actif, les valves 120-YV3 et 120-YV4 reçoivent une commande de fermeture. En opération normale, les pompes 145-PMP (voir section 3.7) et 110-PMP (voir section 3.8) se fermeront si leurs conditions d'arrêt sont rencontrées ou que leur «interlock» respectif est invalide ou que l'arrêt d'urgence HSS-145 (voir section 4.2) ou HSS-000 (voir section 4.3) est actif.

L'arrêt d'urgence HS1-120 n'est pas utilisé pour démarrer la séquence SFC-000 comme le sont les arrêts d'urgence HSS-000 et HSS-145. On peut dire que l'arrêt d'urgence HS1-120 est utilisé de façon locale seulement pour fermer les valves 120-YV4 et 120-YV3 et aussi sortir la séquence SFC-120 de sa phase RUNNING pour la mettre en phase HOLD ce qui a pour effet d'empêcher la transition de la séquence SFC-120 vers un STEP suivant.

L'arrêt d'urgence HS1-120 n'arrête pas directement le broyeur 120-BRO, mais en mettant la séquence SFC-120 en phase HOLD, la demande d'arrêt du broyeur devient active.

4.2 Arrêt d'urgence de la pompe 145-PMP

4.2.1 Général

- Entrée discrète : card slot=3, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 29
- Device_Signal_Tag de l'entrée discrète : HSS-145
- Un seul contact est utilisé.
- Le contact est de type normalement ouvert.
- Signal d'entrée utilisé seulement dans le bloc DI1 du module de contrôle HS-145.

4.2.2 Utilisation dans le SFC-000

Le SFC-000 est une séquence d'arrêt contrôlée. L'appui sur l'arrêt d'urgence HS-145 démarre la séquence d'arrêt contrôlé :

- Pause des séquences;
- Changement de mode de plusieurs modules de contrôle FBD;
- Arrêt des pompes;
- Fermeture des valves;
- Étape où l'usine est arrêtée et attend que les arrêts d'urgence soient réarmés;
- Remise en mode cascade de plusieurs modules de contrôle FBD;
- Redémarrage : Le redémarrage semble nécessiter une action à l'interface de la part de l'opérateur. La transition « E-STOP_RETIRÉ1 » du SFC-000 nécessite les conditions suivantes : NOT '//HS-145/DI1/OUT_D.CV' and 'ANNULATION.CV' and '//HS-000/DI1/PV_D.CV. La variable 'ANNULATION.CV' est mise à « FALSE » au « STEP » ATTENTE du SFC-000, mais n'est jamais mise à TRUE dans le programme ce qui laisse supposer qu'il s'agissait d'une entrée à l'interface opérateur qui nécessitait l'intervention de l'opérateur.
- Attente d'un arrêt d'urgence.

Il est important de se rappeler que les deux (2) arrêts d'urgence (HS-145 et HS-000) sont utilisés comme conditions dans le SFC-000.

4.2.3 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : HS-145
- Bloc DI1 :
 - Entrée discrète : card slot=3, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 29.
 - Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Auto

- Normal Mode :
 - ✓ Auto
 - Niveau de l'entrée est utilisé dans le bloc CALC1.
- Bloc CALC1 :
 - Exécute l'expression suivante si l'entrée est égale à 1 :
 - ✓ '//SFC-140/XCOMMAND.CV' := '\$phase_command:Stop'

4.2.4 Hypothèses de défaillance locale

- La défaillance que nous pouvons envisager ici est liée à l'absence de redondance (un seul contact utilisé plutôt que deux contacts) et l'utilisation d'un contact normalement ouvert plutôt qu'un contact normalement fermé, que l'on dit « *fail safe* ».
 - L'utilisation d'un contact normalement ouvert n'est pas considérée « *fail safe* » sur un arrêt d'urgence :
 - ✓ Si un fil connecté sur une borne de l'arrêt d'urgence est abîmé, voir sectionné, l'enclenchement de l'arrêt d'urgence n'aura aucun effet puisque l'action dans le programme est déclenchée sur un niveau haut (1) de l'entrée sur laquelle l'arrêt d'urgence est connecté. Par contre, l'utilisation d'un contact normalement fermé permet de pallier au problème si l'action dans le programme est déclenchée sur un niveau bas (0). À ce moment, l'enclenchement du circuit d'arrêt d'urgence où un bris au niveau du câblage ouvre le circuit et permet d'exécuter l'expression dans le bloc CALC1 et de démarrer la séquence d'arrêt contrôle du SFC-000.
- Dans le cas d'un arrêt d'urgence, la redondance permet de diminuer le risque lié au mauvais fonctionnement d'un élément en doublant les capteurs de celui-ci. De cette façon, si un élément est en défaut, l'autre pourra prendre le relais et permettre l'action prévue.
- Fonctionnement normal de l'arrêt d'urgence HS-145 :
 - Sur appui de l'arrêt d'urgence, le bloc CDN5 du module de contrôle 110-PMP est activé et invalide l'interlock du bloc de contrôle DC1 De la pompe 110-PMP. Si le bloc DC1 est en mode AUTO ou CAS, la sortie du bloc DC1 tombe et la pompe 110-PMP devrait arrêter.
 - Sur appui de l'arrêt d'urgence, le SFC-140 est mis en phase « STOP ». Le SFC-140 n'a pas été analysé.
 - Sur appui de l'arrêt d'urgence, la séquence d'arrêt contrôlé SFC-000 démarre et exécute les différentes actions liées aux étapes du SFC-000.
 - Rien n'indique dans l'historique des événements que l'arrêt d'urgence HS-145 n'ait été utilisé lors des événements.

4.3 Arrêt d'urgence de la salle des opérateurs

4.3.1 Général

- Entrée discrète : card slot=6, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 25
- Device_Signal_Tag de l'entrée discrète : HSS-000
- Un seul contact est utilisé.
- Le contact est de type normalement fermé (« *fail safe* »).
- Signal d'entrée utilisé seulement dans le bloc DI1 du module de contrôle HS-000 (constat seulement).
Par la suite c'est //HS-000/DI1/PV_D.CV qui est utilisé dans le SFC-000. //HS-000/DI1/PV_D.CV est, en quelque sorte, une copie du signal d'entrée.

4.3.2 Utilisation dans le SFC-000

Le SFC-000 est une séquence d'arrêt contrôlé. L'appui sur l'arrêt d'urgence HSS-000 démarre la séquence d'arrêt contrôlé :

- Pause des séquences;
- Changement de mode de plusieurs modules de contrôle FBD;
- Arrêt des pompes;
- Fermeture des valves;
- Étape où l'usine est arrêtée et attend que les arrêts d'urgence soient réarmés;
- Remise en mode cascade de plusieurs modules de contrôle FBD;
- Redémarrage;
- Attente d'un arrêt d'urgence.

4.3.3 Module de contrôle FBD

- Nom du module de contrôle : HS-000.
- Bloc DI1 :
 - Entrée discrète : card slot=6, IO1, CTL-1, DI_32ch_HD, Channel 25.
- Modes de fonctionnement autorisés :
 - ✓ Auto
 - ✓ Normal Mode
 - ✓ Auto
 - Niveau de l'entrée est utilisé dans le bloc CALC1.
- Bloc CALC1 :
 - Exécute l'expression suivante si l'entrée est égale à 0 :

✓ '//SFC-140/XCOMMAND.CV' := '\$phase_command:Stop'.

4.3.4 Hypothèses de défaillance locale

- La défaillance que nous pouvons envisager ici est liée à l'absence de redondance (un seul contact utilisé plutôt que deux contacts).
- Dans le cas d'un arrêt d'urgence, la redondance permet de diminuer le risque lié au mauvais fonctionnement d'un élément en doublant les capteurs de celui-ci. De cette façon, si un élément est en défaut, l'autre pourra prendre le relais et permettre l'action prévue.
- Fonctionnement normal de l'arrêt d'urgence HS-000 :
 - Sur appui de l'arrêt d'urgence, le SFC-140 est mis en phase « STOP ». Le SFC-140 n'a pas été analysé cependant, la description retrouvée dans le programme analysé est « REMPLISSAGE 145-RES ». Il semble donc que ce soit la séquence qui gère le remplissage du réservoir 145-RES.
 - Sur appui de l'arrêt d'urgence, la séquence d'arrêt contrôlé SFC-000 démarre et exécute les différentes actions liées aux étapes du SFC-000.
- Se référer à la section 6.4 Effet de l'arrêt d'urgence de la salle de contrôle.

5 REDONDANCE ET SÉCURITÉ

5.1 Redondance sur le capteur de niveau

Le réservoir 120 ne possède qu'un seul capteur : 120-LT. Cette sonde est de type radar à ondes guidées. **Il est de bonne pratique** qu'un réservoir possède **au moins** deux sondes de niveau. La seconde est normalement de type mécanique avec flotte ou un modèle avec tige conductrice. Cette sonde est dite fixe, car elle ne détecte qu'un niveau physique prédéterminé selon sa position. En cas de défaillance de la première sonde, la seconde permet d'aviser le système que la limite extrême a été atteinte. Il n'est pas rare de rencontrer en industrie cette deuxième sonde reliée à un système gérant la sécurité indépendamment du contrôleur et qui achemine et enclenche une série d'alarmes variées, **selon la criticité du procédé**.

5.2 Capteurs de position sur les valves de contrôle

Nous constatons que la majorité des valves reliées au réservoir 120 ne comportent pas de capteurs de position. Seule la valve de vapeur 120-YV8 possède deux capteurs de position. La valve 120-YV4 en possède une pour la position ouverte. L'utilisation de capteur de position est fort utile ou même essentielle dans les procédés critiques pour valider physiquement la position et le mouvement d'une valve. Ces capteurs permettent de les inclure dans les permissives et/ou les « interlocks ». Il est possible de fonctionner sans capteur, mais ce n'est pas recommandé. Un système sans capteur est un système dit « *aveugle* » dont la fiabilité repose essentiellement sur le bon fonctionnement de la composante. Les validations des

positions reposent uniquement sur l'activation des blocs de fonction de sortie et sur le bon fonctionnement des relais de contrôle de sortie qui transmettent le signal électrique à la valve. Les valves d'alimentation en acétone sont dépourvues de capteurs. La valve 120-YV4 possède un capteur. Cependant ce capteur ne permet pas de détecter la position dite « *sécuritaire* » de la valve, soit la position fermée. Il est de bonne pratique de concevoir un système de commande afin de prévenir les défaillances probables. Il serait de bonne pratique d'effectuer une analyse de risques sur un procédé afin de connaître les risques potentiels des dangers présents.

5.3 Redondance sur les vannes

Selon la criticité du procédé, il peut être nécessaire d'avoir une redondance au niveau des vannes. L'installation de deux vannes en série permet de réduire les risques liés à la défaillance d'une de ces vannes. Si l'une d'elles tombe en défaillance en position ouverte (état non sécuritaire de la vanne dans le cas des vannes qui alimentent en acétone) suite à un bris mécanique, la deuxième vanne pourra fermer le circuit. Il serait de bonne pratique d'effectuer une analyse de risques sur un procédé afin de connaître les risques potentiels des dangers présents.

5.4 Surveillance de la pression interne du réservoir

En fonction de l'analyse de risques, il pourrait être possible qu'une surveillance de la pression interne du réservoir ait été nécessaire. Cependant, par manque d'information, nous ne pouvons conclure sur la nécessité d'un tel capteur de pression.

5.5 Arrêt d'urgence

Les différents arrêts d'urgence semblent être branchés et reliés uniquement au contrôleur Merle. Une analyse des plans électriques permettrait de valider cette hypothèse. Selon les bonnes pratiques, un système d'arrêt d'urgence ne devrait pas uniquement reposer sur l'aspect logiciel dit « *software* ». Il doit être constitué d'un système indépendant de surveillance des défaillances tout en étant redondant, soit par des relais de sécurité reconnus, soit par un contrôleur programmable de sécurité reconnu. Un contrôleur « *standard* » ne peut être utilisé pour faire de la sécurité. Il ne permet pas la redondance et la surveillance des signaux.

Un arrêt d'urgence doit toujours utiliser des contacts normalement fermés. Ceci permet d'éviter les défaillances de filage et câblage (fil coupé/débranché), conception de type « *fail-safe* ». Seul l'arrêt d'urgence de la salle de contrôle utilise un contact fermé. De plus, il est fortement recommandé de faire une conception en double contacts fermés afin d'assurer une certaine redondance en cas de défaillance d'un contact.

6 SOMMAIRE DES DÉFAILLANCES POSSIBLES

Les résultats de cette analyse ne concluent en aucun cas sur la ou les cause(s) réelle(s) de l'accident, mais font plutôt état de défaillances possibles du système de contrôle et de failles existantes qui auraient pu mener à un tel événement.

Rappelons que le programme analysé est la version du mois d'août 2012 et non celle en vigueur en date du 8 novembre 2012 qui a été détruite lors de l'événement.

6.1 Défaillance des organes de contrôle de l'alimentation en acétone distillée du broyeur 120-BRO

6.1.1 Dysfonctionnements possibles

- Lors du remplissage du réservoir 120-RES, le broyeur 120-BRO peut se faire alimenter en acétone distillée par la pompe 110-PMP via la valve 120-YV3 si l'opérateur l'a autorisé.
- La séquence normale de remplissage se termine lorsque le réservoir a atteint le niveau requis, soit 800 litres selon les données retrouvées dans le programme, et passe ensuite aux étapes d'attente de lot. Selon toute vraisemblance, la séquence du réservoir 120-RES, contrôlée par le SFC-120, s'est déroulée normalement jusqu'à l'étape *ATT_LOT1* et *ATT_LOT4*. Les étapes *ATT_LOT1* et *ATT_LOT4* étant les étapes d'attentes qui désactivent et activent respectivement (action de flash) la lumière du broyeur indiquant que celui-ci est prêt pour recevoir un bloc de krill.
- Normalement, la valve 120-YV3 reçoit une commande de fermeture à l'étape *TEMP_ATT_LOT* qui suit immédiatement l'étape de remplissage *PREFILL* (*étape qui remplit le réservoir jusqu'à 800 litres selon la programmation évaluée*). Cependant, puisqu'aucun capteur de position n'existe sur la valve 120-YV3 pour nous indiquer l'état réel de la valve, un dysfonctionnement de la valve ne peut être détecté. Dans le cas où la valve 120-YV3 aurait été bloquée en position ouverte, le broyeur 120-BRO aurait pu continuer à être alimenté en acétone distillée par la pompe 110-PMP, sans que le système le sache, si une autre valve sollicitant la pompe 110-PMP était en fonction à ce moment-là.
- L'« interlock » de la pompe 110-PMP en rapport avec la valve 120-YV3 n'est invalidé que si la commande d'ouverture de la valve provenant du SFC-120 est active et que l'alarme de haut niveau du réservoir (2 550 litres selon les données du programme analysé) est aussi active. Nous savons que cette valve ne possède aucun capteur de position. L'« interlock » de la pompe 110-PMP est surveillé en continu. Donc, si une alarme de haut niveau survient lorsque la commande d'ouverture de la valve 120-YV3 est active, l'« interlock » sera invalidé ce qui aura pour effet d'arrêter la pompe 110-PMP, mais si la vanne 120-YV3 est bloqué en position ouverte même si elle reçoit une commande de fermeture, l'« interlock » ne sera jamais invalidé.

6.2 Défaillance des organes de contrôle de l'alimentation en acétone usée du réservoir 120-RES et redémarrage de la pompe 145-PMP

6.2.1 Dysfonctionnements possibles

- D'après la note de service du 21 septembre 2012, « l'acétone usée utilisée pour le trempage des équipements est maintenant dirigée vers les broyeurs ». En vérité, cette acétone usée est redirigée directement vers les réservoirs 120-RES et 121-RES via les nouvelles valves 120-YV9 et 121-YV9 respectivement.
- La vanne 120-YV9 est un point d'entrée d'acétone usée pour le réservoir 120-RES.
- La vanne 121-YV9 est un point d'entrée d'acétone usée pour le réservoir 121-RES.
- Puisque la version du programme analysée date du mois d'août et que les modifications mentionnées dans la note de service du 21 septembre 2012 n'ont eu lieu qu'en septembre, il est impossible de tirer des conclusions à propos de ces deux vannes (120-YV9 et 121-YV9).
- Avec l'ajout de la valve 120-YV9 au réservoir 120-RES, il y a trois points d'entrée au total pour l'acétone en comptant les valves 120-YV4 et 120-YV3. Selon les captures d'écrans de l'interface opérateur, l'acétone usée semble provenir de la pompe 335-PMP qui semble également alimenter le réservoir 305-RES via une autre valve (305-YV4 selon le P&ID).
- Lors des événements du 8 novembre 2012, on mentionne que le liquide s'écoulant du 2^e au 1^{er} plancher est de couleur orangée. Il est fait également mention que le chef d'équipe dit : « ma séquence (de ?) est comme remise à zéro ». Dans la liste de *Questions spécifiques* fournie en annexe du document *Expertise logiciel*, on mentionne qu'il s'agit probablement de la séquence de décantation.
- La séquence de décantation fait référence au SFC-305 qui contrôle les séquences reliées au réservoir 305-RES. Notez bien que le SFC-305 change le mode de la pompe 145-PMP pour le mode CASCADE. La séance de décantation doit être mise en phase RUNNING par l'opérateur pour démarrer.
- Notons également qu'une partie de la production a été redémarrée avant le décadénassage de la pompe 145-PMP. Celle-ci a redémarré lors de son décadénassage et l'opérateur a dû la mettre en mode AUTO pour pouvoir l'arrêter.
- La séquence de décantation SFC-305 met la pompe 145-PMP en mode CASCADE.
- La séquence SFC-305 sollicite également la pompe 145-PMP (demande de marche) aux « STEP » : TREMP_LIGNE_305, TREMP_LIGNE_306.

6.3 Chauffage du réservoir par TIC-120

6.3.1 Dysfonctionnements possibles

6.3.1.1 Valve 120-YV8 en mode MAN ou valve proportionnelle TIC-120 en mode MAN

- La demande d'ouverture de la valve n'est effectuée, séquentiellement, qu'à partir de l'étape de « PREFILL » du SFC-120.
- Aucune vérification du mode de la vanne 120-YV8 n'est faite à la transition CAS_MODE du SFC-120, contrairement autres vannes et pompes. La transition vérifie si les vannes et les pompes sont dans le bon mode avant de démarrer procéder à l'étape « WAIT_LEVEL ». Donc, si la vanne a été mise en mode AUTO ou MAN, elle reste dans ce mode tant qu'il n'est pas modifié par la programmation ou l'opérateur.
- La vanne 120-YV8 est mise en mode CAS à l'étape « PREFILL » du SFC-120. En mode CAS, son fonctionnement est fonction des conditions d'ouverture, de fermeture, des permissives et des « interlocks » du module de contrôle FBD de la vanne 120-YV8.
- Si la vanne est mise en mode AUTO par l'opérateur et qu'une demande d'ouverture est faite par celui-ci, la vanne 120-YV8 s'ouvrira si les permissives et les « interlocks » sont valides. Elle ne se refermera que si la demande est faite par l'opérateur ou que les « interlocks » deviennent invalides ou que la vanne retourne en mode CAS et que les conditions de fermeture sont rencontrées.
- Si la vanne est mise en mode MAN par l'opérateur et qu'une demande d'ouverture est faite par celui-ci, la vanne 120-YV8 s'ouvrira. Elle ne se refermera que si la demande est faite par l'opérateur ou que la vanne retourne en mode CAS et que les conditions de fermeture sont rencontrées.
- La vanne modulante 120-TIC se trouve en aval de la vanne 120-YV8.
- Le module de contrôle TIC-120 du programme permet de faire la régulation du pourcentage d'ouverture de la vanne modulante TIC-120 à l'aide d'un PID.
- La logique du bloc PID du module de contrôle TIC-120 n'est fonctionnelle qu'en mode AUTO.
- La variable de procédé utilisée par le PID du module de contrôle TIC-120 est la température du réservoir qui provient de la sonde de température 120-TT.
- La valeur cible « set point » à atteindre est configurée à 12°C selon le programme analysé.
- Aucune vérification du mode de la vanne modulante 120-TIC n'est faite à la transition CAS_MODE du SFC-120, contrairement autres vannes et pompes. La transition vérifie si les vannes et les pompes sont dans le bon mode avant de démarrer procéder à l'étape « WAIT_LEVEL ». Donc, si la vanne a été mise en mode MAN, elle reste dans ce mode tant qu'il n'est pas modifié par la programmation ou l'opérateur.

- La vanne modulante 120-TIC est mise en mode AUTO à l'étape « PREFILL » du SFC-120 et à l'étape « START_BATCH » du SFC-120. En mode AUTO, la boucle PID est fonctionnelle et elle régule le pourcentage d'ouverture de celle-ci en fonction de la valeur cible « set point » et de la valeur lue par la sonde de température 120-TT.
- La vanne modulante 120-TIC est mise en mode MAN aux étapes « ARR_CHAUFFE » du SFC-120, « CHANGEMENT_MODE » du SFC-000 et « REMISE_CAS » du SFC-000. Lorsque la vanne modulante est mise en mode MAN, la sortie prend la valeur qui se trouve dans le paramètre « TRACK_VAL » du bloc PID du module de contrôle TIC-120. La valeur de « TRACK_VAL » dans le programme analysé est de 0 (zéro). Cette valeur peut ensuite être changée manuellement. En mode MAN, la régulation du pourcentage d'ouverture de la vanne modulante n'est pas fonctionnelle. Par exemple, si elle est en mode MAN et que l'opérateur demande une ouverture de 50%, la vanne s'ouvrira à 50% aussi longtemps que la commande ne change pas ou que le mode change pour AUTO de nouveau.
- Si la vanne 120-YV8 a été ouverte en mode AUTO ou MAN et que la vanne modulante 120-TIC a été ouverte en mode MAN, la vapeur peut chauffer le réservoir sans aucune régulation de la température.

6.4 Effet de l'arrêt d'urgence de la salle des opérateurs

6.4.1 Dysfonctionnements possibles

En fonctionnement normal, l'activation de l'arrêt d'urgence HSS-000 a pour effet de démarrer la séquence d'arrêt contrôlé SFC-000. S'il y a un dysfonctionnement de cet arrêt d'urgence lorsque celui-ci est actionné, il est possible que la séquence d'arrêt contrôlé SFC-000 ne démarre pas.

6.5 EXTRAIT : « Downloading Data »

Voici quelques extraits tirés de la section « Downloading Data » du manuel *Merle Books Online*.

6.5.1 Extrait #1

«Full (Total) Download (Workstation or Controller)

To download the entire configuration of a workstation or controller, select the item you want to download, right-click, and then click the Download option from the menu. This downloads the entire configuration for the node selected (workstation or controller) and is called a full (total) download.

Use a full download when the node has not yet been downloaded or has no configuration. Total controller downloads should be avoided when the process is running. If there is already configuration present in the controller, a total download will generally cause parameter values in the controller to be replaced with those from the configuration database. There are some

exceptions where matching behavior occurs, such as in controller function blocks directly connected to output channels and for fieldbus shadow blocks. Depending on your configuration you could experience an output disruption on a total controller download.

*Refer to [Preserving Configuration and Controller Date during Power Loss](#) for more information on **Restore parameter values after restart feature**.*

6.5.1.1 Dysfonctionnements potentiels tirés de l'extrait # 1

L'extrait #1 pourrait expliquer le fait que les numéros de « batch » ne correspondaient pas suite au remplacement du contrôleur et au « download » du programme. En effet, selon la documentation, il peut arriver, sur un « download » complet, que les valeurs des paramètres se trouvant dans le contrôleur soient remplacées par celles se trouvant dans la base de données. Ceci pourrait expliquer pourquoi le numéro de lot ne correspondait pas.

Il est également mentionné qu'une « output disruption » pourrait survenir lors d'un « download » complet du contrôleur. En d'autres termes, il pourrait être possible que les sorties du contrôleur passent d'un état à l'autre (ON à OFF ou vice-versa) durant ce « download ».

6.5.2 Extrait #2

«Caution for blocks assigned to non-bus I/O cards (excluding Provox and RS3 I/O), only the channels that have been modified will be affected by a download. All other channels will hold their values and status during the download to prevent disruption to the I/O. For blocks tied to bus cards (AS-I, DeviceNet, H1 fieldbus, Profibus DP, Serial), a download can potentially bump the I/O and cause the controller to hold values. To prevent bumped I/O or held values during a download, place the block producing the output in Manual mode before downloading. Be sure to determine if the process can withstand this temporary disruption. To ensure the safety of the process, it might be necessary to delay the download of the configuration changes until the process can be shut down».

6.5.2.1 Dysfonctionnements potentiels tirés de l'extrait # 2

L'extrait #2 suggère de placer les blocs en manuel avant le « download ». On dit également qu'un « download » peut faire en sorte que le contrôleur maintient les valeurs des I/O.

Selon la documentation, on suggère que les blocs de contrôle de sortie (module FBD qui contrôle les différentes sorties du système) soient placés en mode manuel. Il est aussi mentionné que sur un « download », le contrôleur peut maintenir les valeurs des I/O ce qui signifie que si une sortie était active avant le « download », celle-ci peut être maintenue active durant le « download »; ceci pourrait éviter un arrêt d'équipement sur simple « download ».

7 PRINCIPAUX CONSTATS

7.1 Bonne pratique de conception

Parmi l'ensemble des constats, certains nous apparaissent avoir une importance plus significative et méritent qu'on s'y attarde.

- Absence de redondance pour la sonde de niveau du réservoir 120-RES. Une seule sonde, de type radar à ondes guidées, était utilisée. Une deuxième sonde de type mécanique avec flotte ou un modèle avec tige conductrice assurerait une plus grande sécurité en cas de dysfonctionnement de la sonde principale.
- Absence de redondance sur les vannes d'alimentation en acétone. Une analyse de risques permettrait de déterminer quelles vannes auraient dû être en redondance. La redondance permet de réduire les risques liés au dysfonctionnement d'une composante.
- Manque de capteurs, sur les valves alimentant le réservoir 120-RES, pour vérifier l'état (position) des valves.
- La valve 120-YV3, qui alimente le broyeur en acétone distillée, n'a aucun capteur de position. Il n'y a donc pas moyen de connaître l'état dans lequel elle se trouve (ouvert/fermé).

La valve 120-YV4, qui alimente le réservoir en acétone distillée à partir de la pompe 145-PMP, a un seul capteur de position qui détecte uniquement la position ouverte ou partiellement ouverte. Il n'y a pas de détection de l'état sécuritaire de la valve c.-à-d. en position fermée. En cas de dysfonctionnement, on a comme information que la valve est fermée, ce qui ne correspond pas nécessairement à la réalité.

- La valve 120-YV9, permettant l'entrée de l'acétone usée dans le réservoir, apparaît uniquement sur les images d'écran total et sur les schémas des valves de l'interface opérateur. Il n'y a aucune trace de sa présence dans le programme analysé.
- Absence de capteur de pression dans le réservoir 120-RES. Ce capteur, combiné à la sonde de niveau ou à la sonde de température, pourrait servir comme redondance pour détecter une trop forte pression à l'intérieur du réservoir. S'il est bien utilisé, il pourrait être utilisé comme « interlock » pour couper l'alimentation en acétone du réservoir (pompes et vannes) et fermer le circuit de vapeur.
- Absence de redondance pour les arrêts d'urgence.
- Deux de ces arrêts utilisent un contact ouvert au lieu d'un contact fermé (*fail safe*).
- L'utilisation d'un contact ouvert correspond à la configuration d'un bouton d'arrêt normal, pas d'un bouton d'urgence.

- Le circuit d'urgence / sécurité devrait être de type câblé (*hardware*) avec signaux d'entrée de statut programmés afin de mettre en arrêt les séquences programmées (*software*). Le circuit câblé doit utiliser des contacteurs, relais de sécurité et autres composantes approuvés sécurité et qui permettent la coupure des alimentations des sorties des cartes de contrôles et/ou de l'alimentation des moteurs selon le cas.
- Procéder à une analyse de risques sur chacune des composantes du procédé et apporter les modifications, au besoin, afin de rendre sécuritaire cette partie du procédé.
- Définir une procédure de suivi pour les modifications futures au procédé et les tests à effectuer avant de remettre l'équipement en production.
- Garder un événement de sécurité ouvert en tout temps pour les réservoirs ne devant pas opérer sous pression.
- Utiliser les détecteurs qui sont à la disposition afin de contrôler le procédé.

7.2 Bonne pratique de programmation

Cette section ne fait pas état d'erreur de programmation, mais suggère plutôt de bonnes pratiques à suivre lors de la programmation d'un système de contrôle.

- Commenter le programme de manière simple et efficace. Par exemple, la description des entrées et des sorties est importante, car si elle est inexacte, elle peut induire en erreur le programmeur.
- Segmenter de manière efficace la programmation des séquences et des équipements. La segmentation permet, entre autres, d'améliorer la compression d'un programme, de diminuer le risque d'erreur et facilite le déverminage « troubleshooting ». Elle permet aussi, à un programmeur qui n'est pas familier avec le programme, de s'y retrouver plus facilement. Dans Merle, les « PHASE LOGIC » auraient pu être utilisées plus efficacement. Par exemple, plutôt que d'utiliser le SFC-000 pour faire la gestion de l'arrêt de tous les groupes d'équipements, la phase « STOPPING » de chaque groupe d'équipements (SFC-120 par exemple) aurait pu contenir la logique d'arrêt du groupe d'équipement auquel elle fait référence.
- Le programmeur doit avoir une bonne connaissance du procédé sur lequel il travaille ou avoir une personne en référence qui peut l'orienter.
- Utiliser autant que possible des capteurs de positions pour confirmer l'état des actionneurs plutôt que de programmer de façon dite « aveugle ». Une analyse de risques peut permettre d'évaluer quels actionneurs nécessitent une confirmation de position.
- Il est de bonne pratique d'instaurer une procédure qui spécifie la marche à suivre lors de la modification d'un programme :

- Remplir une demande de modification écrite décrivant le pourquoi et la nature des modifications. Détailler précisément les modifications qui seront faites au programme (le comment / méthode).
- Faire approuver, analyser et valider la modification par une personne compétente connaissant à fond le procédé et la programmation du système. Cette personne doit être en mesure d'évaluer le risque et les défaillances possibles que peuvent engendrer les modifications apportées au programme. Typiquement un ingénieur de procédé.
- Faire une sauvegarde du programme avant modification.
- Planifier un arrêt de production, si nécessaire, si la modification ne peut se faire en direct.
- Garder une trace écrite des modifications apportées et des problèmes rencontrés avec un numéro de référence pour faciliter le suivi. Associer le numéro de suivi à un fichier de sauvegarde avant modification et après modification.
- Planifier les tests appropriés, à la suite des modifications, afin de s'assurer du bon fonctionnement. Ne jamais négliger les tests.
- Lorsque les tests ont été approuvés, effectuer une sauvegarde du nouveau programme.
- Conserver les sauvegardes des programmes sur un serveur hors de la zone de production.

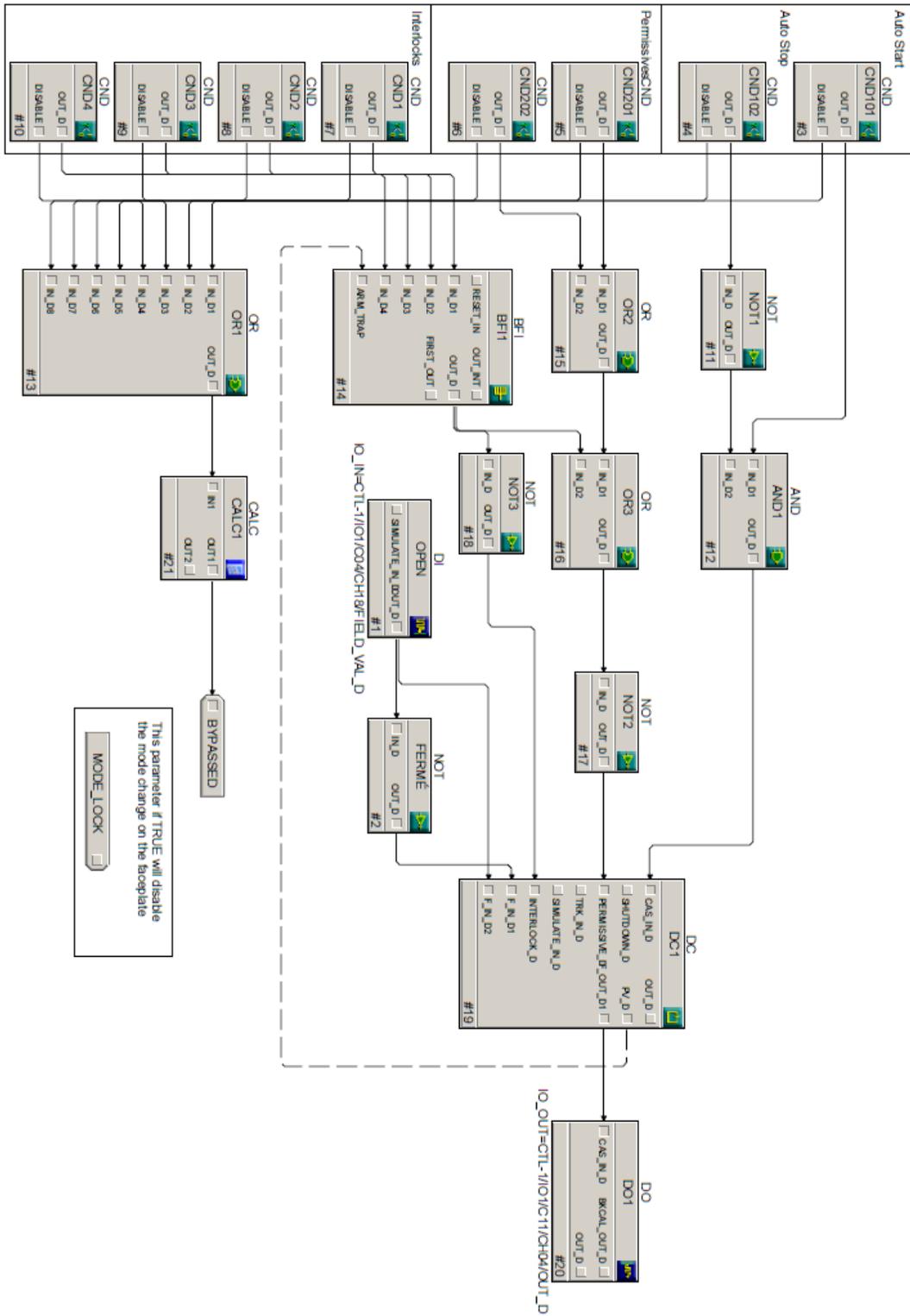
M.A. , ing. jr.
Réalisation de l'analyse et rédaction du rapport

M.B. ing.
Superviseur Programmation et Contrôle

M.C. , ing.
Chargé de projet

ANNEXE

**Rapport d'analyse du programme Merle
pour la CSST-Direction régionale de l'Estrie
Projet # 10517-02**



ANNEXE FListe des témoins et des autres personnes rencontrées ou contactées**Neptune Technologies et Bioressources inc.:**

M. C, production
M. D, production
M. E, production, réception et expédition
M. F, maintenance
M. G, opérateur
M. H, production
M. I, assurance qualité
M. J
M. K, technologies de l'information
M. L, chargé de projets
M. M, chargé de projets
M. N, expédition
M. O, instrumentation et contrôle
M. P, assurance qualité
M. Q, opérateur
M. R, opérations
M. S, expédition
M. T, électrotechnicien
M. U, électrotechnicien
M. V
M. W, ressources humaines
M. X, électrotechnicien
M. Y, assurance qualité
M. Y
M. Z, électricien
M. AA
M. BB, entretien
M. CC, recherche et développement
M. DD, ex-travailleur
M. EE, aide-technique
M. FF, industrialisation
M. GG, informatique
M. HH, production
M. II, opérateur
M. JJ, production
M. KK, entretien
M. LL, entretien
M. MM
M. NN
M. OO

Service de police de Sherbrooke

M. Franco Zol, sergent-déetective
Mme Christine Moreau, détective
M. Michel Couture, détective

Compagnie 5

M. OH, ing.

Service de prévention contre les incendies de Sherbrooke

M. Dany Robitaille, chef prévention
Mme Édith Vaillancourt, inspectrice

Compagnie 4

M. PP, planificateur/superviseur du groupe service
M. QQ, directeur de comptes stratégiques et administrateur
M. RR, directeur des finances, secrétaire et trésorier

Association de la construction du Québec

M. Benoit Bergeron, conseiller en santé et sécurité du travail

Compagnie 6

M. SS, directeur général
M. TT

Compagnie 7

M. UU, souscripteur

Compagnie 8

M. VV, président

Compagnie 9

M. WW

Ministère de l'environnement

M. Christian Blanchette, coordonnateur des mesures d'urgences
M. Jocelyn Déraps, technicien
M. Sylvain Perreault, technicien
M. Patrick Roy
Mme Lise Vaillancourt, directrice-adjointe, analyse

Compagnie 10

M. XX, expert en sinistres

Ville de Sherbrooke

M. Constant Beaudoin, inspecteur sénior en bâtiments

Compagnie 11

M. YY, président

Compagnie 12

M. ZZ, représentant

Compagnie 3

M. A1

Compagnie 13

M. B1, technicien en communications

Compagnie

M. C1, vice-président

M. D1, conseiller

Compagnie 14

M. E1, président

Compagnie 15

M. F1, ing.

Compagnie 16

M. G1, chargé de projets

M. H1, président

Compagnie 17

M. I1 ing., associé directeur structure-industrie

M. J1, technicien en structures

ANNEXE H

Références bibliographiques

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Protection des machines*, 2e éd., Mississauga, CSA, 2005, xi, 144 p. (CAN/CSA: Z432-04).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION, et RÉGIE DU BÂTIMENT DU QUÉBEC. *Code de construction du Québec. Chapitre V, électricité. Code canadien de l'électricité, première partie et modifications du Québec*, 19e éd., Montréal, Régie du bâtiment, 2004, xix, 597 p. (CSA : C22.10-04).

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL. RÉPERTOIRE TOXICOLOGIQUE. *Acétone*, [En ligne], 2011. [http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=430&no_seq=1#ref_35006] (Consulté le 9 avril 2014).

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. *Code national de prévention des incendies du Canada 1985*, Ottawa, CNRC, 1985, xx, 176 p.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. *Code national de prévention des incendies : Canada 1995*, 7e éd., Ottawa, CNRC, 1995, xviii, 179 p.

EMERSON INDUSTRIAL AUTOMATION. *Books on-line, v. 11.3*, St-Louis, Emerson Industrial Automation.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, et COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL. *Codes des liquides inflammables et combustibles*, Sainte-Foy, Publications du Québec, 1996, 91 p. (NFPA : 30-1996).

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *National Electrical Code, 2011*, Quincy, NFPA, 2011, 1 v. (NFPA : 70-2011).

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Recommended practice for the classification of flammable liquids, gases, or vapors and of hazardous (classified) locations for electrical installations in chemical process areas*, 2012 ed., Quincy, NFPA, 2012, 64 p. (NFPA : 497-2012).

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Electrical standard for industrial machinery*, Quincy, NFPA, 2012, 93 p. (NFPA: 79-2012).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines : arrêt d'urgence : principes de conception*, Genève, ISO, 2006, iv, 6 p. (ISO: 13850-2006).

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, c. S-2.1, à jour au 1er avril 2014*, [En ligne], 2014.

[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S_2_1/S_2_1.html] (Consulté le 9 avril 2014).

QUÉBEC. *Loi sur les ingénieurs, RLRQ, c. I-9, à jour au 1er avril 2014*, [En ligne], 2014.

[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/I_9/I9.html] (Consulté le 9 avril 2014).

QUÉBEC. *Règlement sur la santé et sécurité du travail, RLRQ, S-2.1, r.13, à jour au 1er avril 2014*, [En ligne], 2014.

[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=%2F%2FS_2_1%2FS2_1R13.htm] (Consulté le 9 avril 2014).