

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident ayant causé la mort d'un travailleur de
l'entreprise Groupe IMOG inc., survenu le 7 avril 2022 au
435, Port-Royal Ouest, à Montréal**

Version dépersonnalisée

**Service de la prévention-inspection – Montréal 1
Direction de la prévention-inspection - Montréal**

Inspecteurs :

Kevin Lanoix

Alain Lajoie

Date du rapport : 23 janvier 2023

Rapport distribué à :

- Monsieur Jean-Étienne Limoges, président Groupe IMOG inc.
 - Docteure Geneviève Richer, coroner
 - Docteure Mylène Drouin, directrice de la santé publique, Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal (CIUSSS)
-

TABLE DES MATIÈRES

1	RÉSUMÉ DU RAPPORT	1
2	ORGANISATION DU TRAVAIL	3
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	3
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	3
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	3
3	DESCRIPTION DU TRAVAIL	5
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	5
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	7
4	ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE	8
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	8
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	8
4.2.1	INFORMATIONS RELATIVES AU TRAVAILLEUR	8
4.2.2	INFORMATIONS RELATIVES AU COMPRESSEUR INGERSOLL-RAND P175WD (n°953)	9
4.2.3	INFORMATIONS RELATIVES À L'ACHAT DE L'ÉQUIPEMENT AUPRÈS DU FOURNISSEUR	11
4.2.4	INFORMATIONS RELATIVES AU RESPIRATEUR APOLLO 600 DE CLEMCO	12
4.2.5	INFORMATIONS RELATIVES AU POT DE JET D'ABRASIF CLASSIC BLAST MACHINE 3 CUFT DE CLEMCO	14
4.2.6	INFORMATIONS RELATIVES AU FILTRE DE PARTICULE CPF2-80 DE CLEMCO	16
4.2.7	INFORMATIONS RELATIVES À LA SÉQUENCE VIDÉO N° 1 DE CLEMCO REMIS À L'EMPLOYEUR	19
4.2.8	INFORMATIONS RELATIVES À LA SÉQUENCE VIDÉO N° 2 DE CLEMCO REMIS À L'EMPLOYEUR	20
4.2.9	INFORMATIONS RELATIVES À L'ENTRETIEN DU COMPRESSEUR INGERSOLL-RAND P175WD (N° 953)	21
4.2.10	INFORMATIONS RELATIVES AUX RÉSULTATS DE L'EXPERTISE TECHNIQUE DU COMPRESSEUR	22
4.2.11	INFORMATIONS RELATIVES À LA PLANIFICATION DES TRAVAUX	23
4.2.12	INFORMATIONS RELATIVES À LA SÉQUENCE VIDÉO DE LA CAMÉRA DE SURVEILLANCE	23
4.2.13	LA COMBUSTION DE L'HUILE	24
4.2.14	PROPRIÉTÉS TOXICOLOGIQUES DU MONOXYDE DE CARBONE (CO)	25
4.2.15	EXIGENCES LÉGALES, RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES	26
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	29
4.3.1	LA COMBUSTION DE L'HUILE, ATTRIBUABLE AU BAS NIVEAU D'HUILE ET À LA MODIFICATION DU CIRCUIT ÉLECTRIQUE QUI REND LE COMPRESSEUR ET SES COMPOSANTES INTERNES VULNÉRABLES À UNE SURCHAUFFE, GÉNÈRE UNE	

	CONCENTRATION MORTELLE DE MONOXYDE DE CARBONE ACHEMINÉ À L'APPAREIL DE PROTECTION RESPIRATOIRE À ADDUCTION D'AIR DU TRAVAILLEUR.	29
4.3.2	L'EMPLOYEUR N'ASSURE PAS UN ENTRETIEN ADÉQUAT DU COMPRESSEUR CONFORMÉMENT AUX PRESCRIPTIONS DU FABRICANT.	30
4.3.3	LA PLANIFICATION DES TRAVAUX LIÉE À L'UTILISATION DE L'AIR COMPRIMÉ RESPIRABLE QUI ALIMENTE L'APPAREIL DE PROTECTION RESPIRATOIRE À ADDUCTION D'AIR EST DÉFICIENTE.	31
5	CONCLUSION	34
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	34
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	34
5.3	SUIVIS DE L'ENQUÊTE	34

ANNEXES

ANNEXE A :	Accidenté	35
ANNEXE B :	Liste des personnes interrogées	36
ANNEXE C :	Rapport d'expertise	37
ANNEXE D :	Informations relatives à la norme CSA Z180.1 2019	73
ANNEXE E :	Liste de vérification de Clemco	74
ANNEXE F :	Contenu partiel de l'annexe de la norme CSA Z180.1 2000	75
ANNEXE G :	Conditions météorologiques	76
ANNEXE H :	La combustion de l'huile	77
ANNEXE I :	Références bibliographiques	79

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

Le 7 avril 2022, le travailleur s'installe dans la cour extérieure de l'entreprise Groupe IMOG inc. pour retirer la rouille présente sur des pièces d'acier. Pour traiter celles-ci, il utilise un équipement pour le décapage au jet d'abrasif. Afin de se protéger contre certains contaminants, il porte un appareil de protection respiratoire à adduction d'air, alimenté par un compresseur à l'huile fonctionnant au diesel. Alors qu'il décape les pièces, un bris survient dans le compresseur. À la suite du bris, l'air qui alimente l'appareil de protection respiratoire du travailleur est contaminé au monoxyde de carbone. Le travailleur tombe au sol quelques secondes plus tard et est retrouvé inconscient environ quatre minutes plus tard par A [REDACTED]. Le travailleur est transporté par les ambulanciers à l'hôpital.

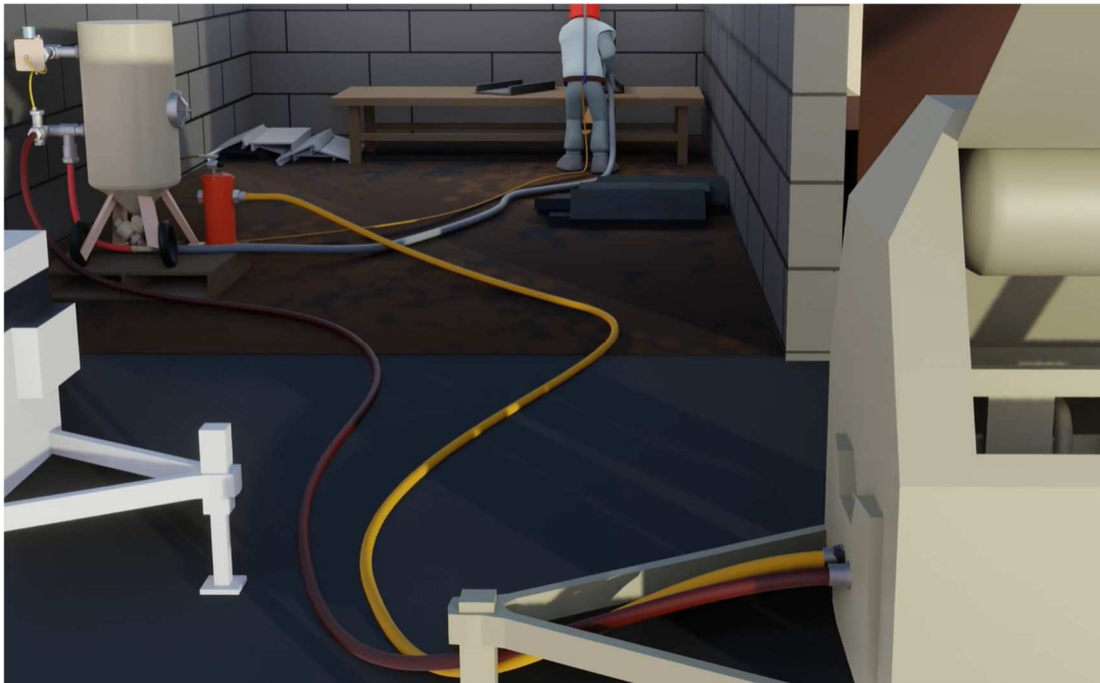


Figure 1 – *Installation décapage au jet d'abrasif*

Source : Animation de l'accident CNESST

Conséquences

Le travailleur meurt des suites d'une intoxication au monoxyde de carbone le 9 avril 2022.

Abrégé des causes

L'enquête a permis d'identifier trois causes à l'origine de l'accident :

- La combustion de l'huile, attribuable au bas niveau d'huile et à la modification du circuit électrique qui rend le compresseur et ses composantes internes vulnérables à une surchauffe, génère une concentration mortelle de monoxyde de carbone acheminé à l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air du travailleur.
- L'employeur n'assure pas un entretien adéquat du compresseur conformément aux prescriptions du fabricant.
- La planification des travaux liée à l'utilisation de l'air comprimé respirable qui alimente l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air est déficiente.

Mesures correctives

À la suite de l'accident, la CNESST a suspendu les travaux au jet d'abrasif à l'aide du compresseur et a saisi les équipements à des fins d'analyse (RAP1381745 et RAP1381748).

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

SECTION 2

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Structure générale de l'établissement

L'entreprise Groupe IMOG inc., existant depuis 2008, est spécialisée dans le déneigement auprès de trois principaux clients. Durant l'hiver, elle emploie 70 à 80 employés. La période estivale est consacrée à l'entretien des équipements et l'entreprise dénombre 10 à 15 employés, principalement des mécaniciens. Les travailleurs de l'établissement ne sont pas représentés par une association accréditée. L'entreprise est installée dans les locaux situés au 435 rue Port-Royal Ouest, à Montréal, depuis environ deux ans. Les activités de déneigement relèvent de monsieur Jean-Étienne Limoges, président du Groupe IMOG inc. Les activités de maintenance relèvent de monsieur Pierre-Olivier Limoges, vice-président.

Organigramme

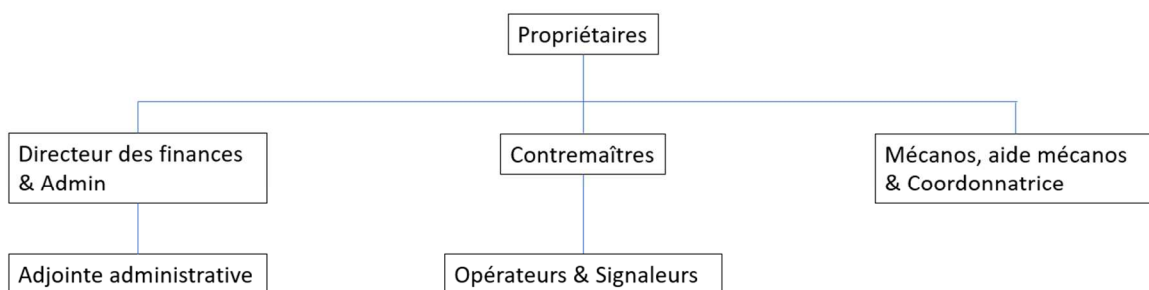


Fig. 2 - *Organigramme Groupe IMOG inc.*
Source : Groupe IMOG inc.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Un comité de santé et de sécurité est constitué depuis 2022, mais n'est pas encore actif.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Programme de prévention

L'employeur a un programme de prévention. Dès l'embauche, tous les travailleurs ont l'obligation d'en prendre connaissance et d'appliquer les règles de santé et de sécurité qui sont intégrées au dit programme. L'engagement au programme de prévention est signé par les travailleurs et est consigné dans un document intitulé *Engagement des employés*.

B [] ainsi que C [] de l'entreprise ont la responsabilité de mettre à jour le programme de prévention.

Le programme de prévention ne contient pas d'éléments de prévention en ce qui concerne les opérations de décapage au jet d'abrasif.

Supervision

La supervision s'effectue par les personnes en autorité. Le processus de supervision n'est pas documenté.

Formation des nouveaux travailleurs

La formation des nouveaux travailleurs se fait par compagnonnage.



SECTION 3**3 DESCRIPTION DU TRAVAIL****3.1 Description du lieu de travail**

- L'entreprise Groupe IMOG inc. est située au 435, Port-Royal Ouest, à Montréal.
- Sur le lieu de travail, il y a une cour d'environ 6 000 pi² pour l'entreposage des équipements de déneigement ainsi qu'un bâtiment comportant des bureaux administratifs et un garage pour la maintenance des véhicules lourds.
- L'accident s'est produit dans la cour extérieure, dans l'abri avec deux aires d'entreposage formées par des blocs de béton superposés. Une des deux aires d'entreposage sert de zone de travail pour effectuer du décapage au jet d'abrasif sur des pièces.

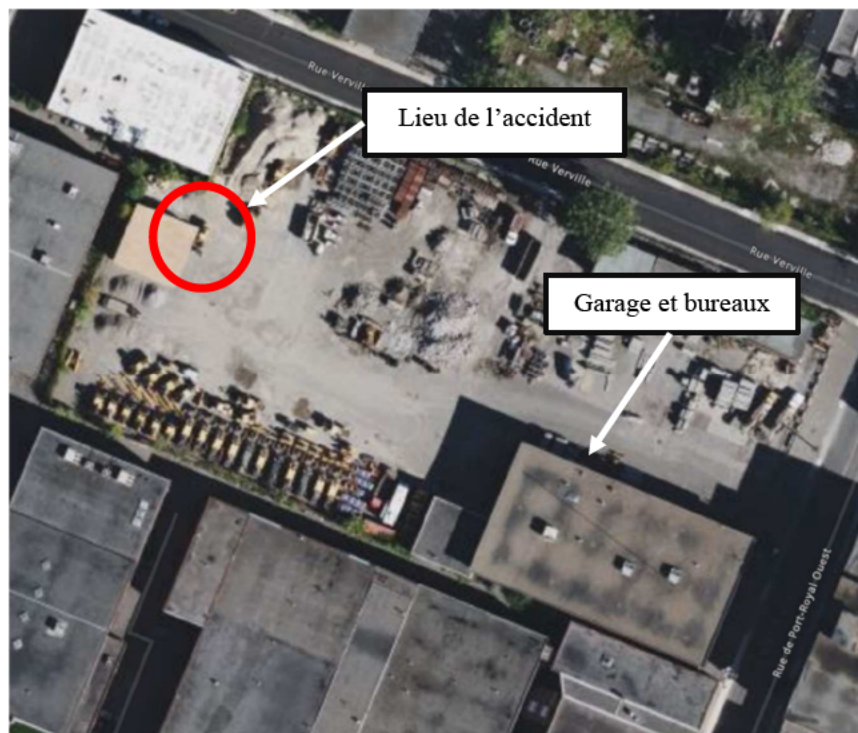


Fig. 3 - Installations Groupe IMOG inc.
Source : Google Earth modifiée par la CNESST

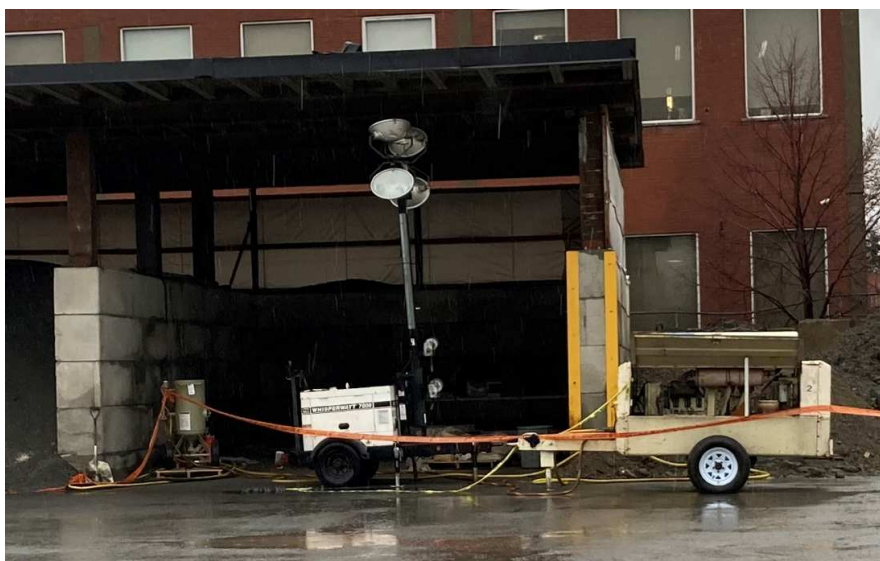


Fig. 4 - Aire d'entreposage
Source : CNESST

- Le compresseur à air et l'unité d'éclairage mobile sont situés à l'extérieur de l'aire d'entreposage et sont disposés selon la figure suivante :

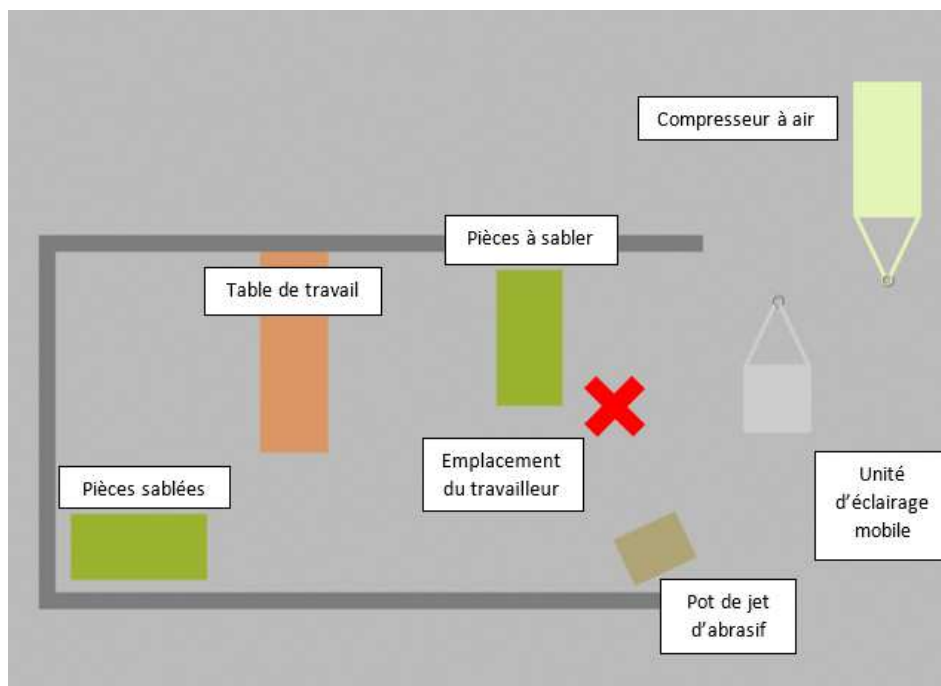


Fig. 5 - Schéma du lieu de l'accident
Source : CNESST

- Pour connaître les conditions météorologiques le jour de l'accident, consultez l'annexe G.

3.2 Description du travail à effectuer

Le travail consiste à retirer la rouille sur des composantes d'équipement motorisé servant au déneigement, dans un but de les repeindre. Le décapage au jet d'abrasif constitue la méthode choisie par l'employeur pour retirer la rouille.

Pour ce faire, le travailleur utilise une buse au jet abrasif reliée à un pot à jet d'abrasif de marque Clemco, modèle Classic Blast Machine 3 CUFT. Ce dernier est alimenté par un compresseur à l'huile fonctionnant au diesel de marque Ingersoll-Rand, modèle P175WD. Le compresseur génère une pression qui propulse l'abrasif de la buse à décaper sur la surface à traiter.

Le travailleur porte un appareil de protection respiratoire à adduction d'air de type cagoule, afin de se protéger contre les poussières et les projections d'abrasifs et de métaux. L'appareil de protection respiratoire à adduction d'air de marque Clemco, modèle Apollo 600 est alimenté en air par le compresseur à l'huile.

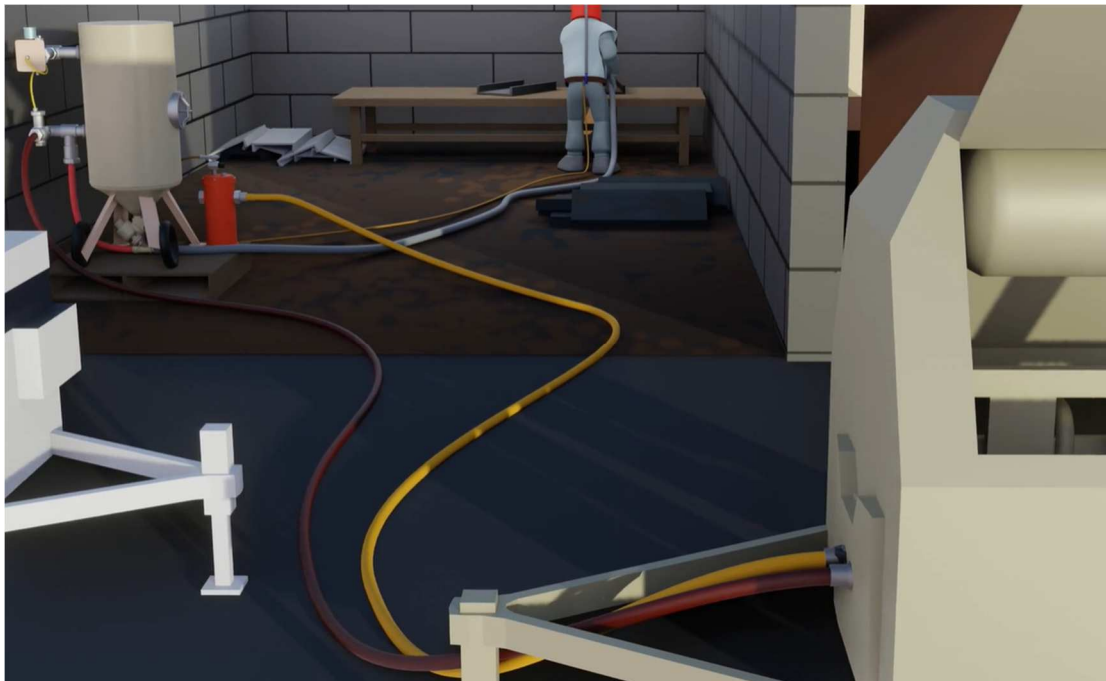


Fig. 6 – *Installation décapage au jet d'abrasif*
Source : Animation de l'accident CNESST

SECTION 4**4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE****4.1 Chronologie de l'accident**

Le matin du 7 avril 2022, vers 5 h 30, le travailleur se présente sur les lieux pour débiter son quart de travail. Vers 6 h 00, il installe les équipements nécessaires afin de reprendre les opérations de décapage au jet d'abrasif amorcées la veille. Notamment, il déplace une unité d'éclairage mobile fonctionnant au diesel devant l'aire de travail afin d'avoir un meilleur éclairage. L'unité d'éclairage mobile et le compresseur sont respectivement mis en fonction 37 et 29 minutes avant l'accident.

Vers 8 h 05, le vice-président observe le travailleur alors que ce dernier enfle ses vêtements de protection. Environ six minutes plus tard, le travailleur débute les travaux de décapage au jet d'abrasif. Aux alentours de 8 h 15, un bris survient dans le compresseur. Ce dernier génère un jet d'air pressurisé formant un nuage de fumée grise autour du compresseur. Malgré ce bris, le travailleur poursuit son travail. Quarante secondes plus tard, le travailleur s'écroule au sol.

Vers 8 h 19, D [REDACTED] se déplace avec une chargeuse pour déposer des roches près du compresseur. Lors de la manœuvre de recul, il constate que le travailleur est étendu au sol. Il sort pour aller le voir. Puisque ce dernier ne répond pas, il lui enlève l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air. Il appelle B [REDACTED], qui se déplace sur les lieux pour amorcer les manœuvres de réanimation. Il arrête ensuite le compresseur et l'unité d'éclairage mobile et contacte les services d'urgence. Le travailleur est transporté à l'hôpital par les ambulanciers, où il décèdera deux jours plus tard.

4.2 Constatations et informations recueillies**4.2.1 Informations relatives au travailleur**

- Monsieur E [REDACTED] [REDACTED] travaille pour Groupe IMOG inc. depuis le [REDACTED].
- Depuis son embauche, il occupe les fonctions d'opérateur de machinerie lors des activités de déneigement et d'aide-mécanicien pour les travaux de maintenance.
- [REDACTED]

4.2.2 Informations relatives au compresseur Ingersoll-Rand P175WD (n°953)



Fig. 7 - *Compresseur Ingersoll-Rand*
Source : CNESST

Groupe IMOG inc. a acheté le compresseur usagé il y a trois ans. Il a été utilisé pour alimenter un concasseur durant les étés 2020 et 2021 et par la suite, pour gonfler des pneus. Il s'agit d'un compresseur d'air à moteur diesel de type volumétrique à déplacement positif fabriqué en 1985. Le compresseur n'a jamais été utilisé pour fournir de l'air respirable depuis son acquisition par le Groupe IMOG inc.

Il possède deux composantes principales :

- Le bloc de compression d'air;
- le moteur au diesel.
- Chacune des deux composantes utilise une huile différente avec leur réservoir respectif.
- Le compresseur n'a aucune réserve d'air. Il génère de l'air à la demande lors du fonctionnement du moteur.
- Le bloc de compression est la partie qui comprime l'air, l'aspirant de l'atmosphère et le poussant dans un espace plus petit au moyen d'un système de deux vis tournant en sens inverse dans l'huile. L'air se mélange alors à l'huile et se rend dans un séparateur dont la fonction est de séparer l'air de l'huile. La majeure partie de celle-ci tombe immédiatement au fond du réservoir du séparateur. L'huile restante dans l'air est éliminée par le filtre du séparateur.

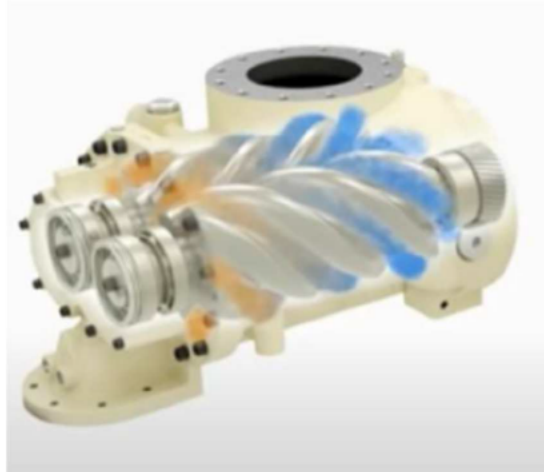


Fig. 8 - *Bloc de compression*
Source : Rapport d'expertise
Entreprises Larry Compresseurs

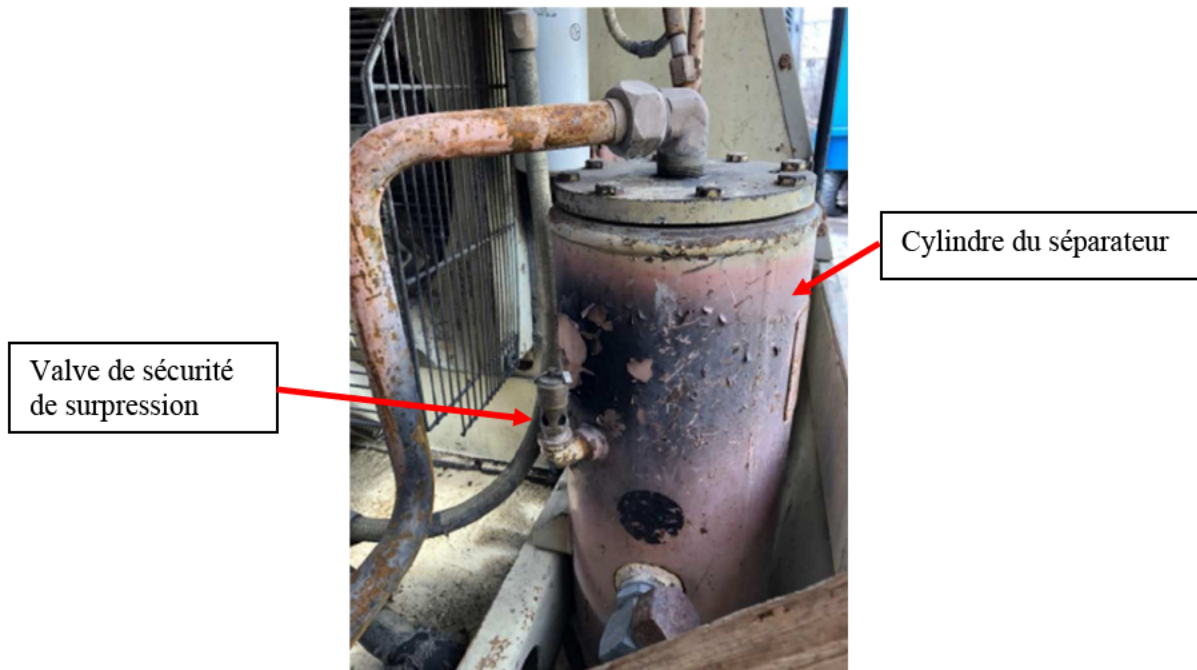


Fig. 9 - *Séparateur d'huile
du compresseur*
Source : CNESST

- Le séparateur d'huile est muni d'une valve de sécurité de surpression afin de libérer toute pression qui dépasse 1034 kilopascals (kPa).
- Le compresseur est muni de trois dispositifs de sécurité :
 - Une sonde de température de l'huile du compresseur afin d'arrêter le moteur lorsque la température dépasse 120 degrés Celsius;
 - une sonde de pression d'huile du moteur au diesel;
 - un système de détection de tension sur la courroie du radiateur.

- Le manuel du fabricant informe que (traduction libre de la version anglaise du manuel) :
 - Le numéro de série permet de confirmer que ce modèle n'est pas fabriqué pour fournir de l'air respirable de qualité;
 - des équipements additionnels spécialisés doivent être installés pour que le compresseur soit en mesure de fournir de l'air respirable de qualité de grade D¹, afin de rencontrer les exigences du règlement 29 CFR 1910-134 de *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA);
 - lorsque l'unité fonctionne pendant plusieurs heures, il est important de vérifier le niveau d'huile du compresseur;
 - le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité devrait être vérifié tous les trois mois.

De l'informations plus détaillées concernant l'air respirable de qualité de grade D est présentée à la section 4.2.15.

4.2.3 Informations relatives à l'achat de l'équipement auprès du fournisseur

- Le 21 mars 2022, F [REDACTED] du Groupe IMOG inc. a contacté l'entreprise Phil Expert par téléphone et a formulé une demande d'acquisition d'équipements pour faire du décapage au jet d'abrasif.
- L'entreprise Phil Expert a vendu, entre autres, à Groupe IMOG inc., un pot à jet d'abrasif, un tuyau à jet d'abrasif, une buse à induction d'eau, un appareil de protection respiratoire à adduction d'air, un filtreur pour l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air, un habit de décapage, des gants de décapage et une palette de sacs d'abrasif à base d'olivine.
- F [REDACTED] du Groupe IMOG inc. a précisé qu'il avait un compresseur diesel 5,1 mètre cube par minute (MCM). Le fournisseur a donné des conseils concernant la dimension de la buse pouvant être associée à ce compresseur.
- La livraison de l'équipement chez Groupe IMOG inc. a été effectuée le 30 mars 2022.
- L'entreprise Phil Expert a remis au Groupe IMOG inc. les manuels suivants :
 - *Respirateur Apollo 600 haute pression (Apollo supplied-air respirator Helmet model 600 high pressure 65 PSI to 100 PSI O.M. 23930);*
 - *Pot de jet d'abrasif Classic Blast Machine (Classic Blast Machine 2 CUFT to 20 CUFT capacity with pneumatic TLR remote controls O.M. 22501);*
 - *Filtre à particule CPF20/80 (CFP 20/80 particulate air filter O.M. 04143);*
 - DVD du fabricant Clemco expliquant l'utilisation de l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air (Clemco Apollo supplied-air respirators : A safety training guide);
 - *Contrôle pneumatique TLR 100/300 (TLR 100/300 Series pneumatic remote controls O.M 22428).*

¹ Pour plus d'informations concernant la qualité d'air de grade D, voir la section 4.2.15.

- Deux liens vers YouTube pour visionner des vidéos de formation en ligne ont également été transmis à l'employeur par le fournisseur. Ces derniers, tout comme les manuels remis en version papier, sont uniquement en anglais.

4.2.4 Informations relatives au respirateur Apollo 600 de Clemco



Fig. 10 - *Respirateur Apollo 600*
Source : Site internet de Clemco

- Au moment de l'accident, le travailleur portait un appareil de protection respiratoire à adduction d'air (respirateur Apollo 600). Ce dernier est composé d'un casque avec visière et d'une cagoule qui descend sur la poitrine portant la mention CE (Conformité Européenne) requise pour le décapage au jet d'abrasif.
- L'appareil de protection respiratoire est raccordé à un filtre de particule CPF2-80.
- Le manuel du fabricant du respirateur précise que (traduction libre de la version anglaise du manuel) :
 - L'opérateur doit consulter son employeur sur l'identification des risques et les mesures à prendre pour protéger le travailleur qui effectue le décapage au jet d'abrasif et tous autres travailleurs exposés à ces risques.
 - L'appareil, les composantes et les accessoires doivent être installés, testés, opérés et entretenus par des utilisateurs expérimentés, entraînés et ayant des connaissances.
 - Le respirateur Clemco ne retire pas ou ne protège pas contre le monoxyde de carbone (CO) ou tous autres gaz toxiques. De l'équipement qui retire ou mesure le monoxyde de carbone ou tous autres gaz toxiques doivent être utilisés en conjonction avec le respirateur pour assurer une qualité d'air respirable.
 - La qualité de l'air acheminé au respirateur doit être au moins de grade D tel que décrit dans la norme *Compressed Air Association Commodity Specification G-7.1* et tel que précisé par la réglementation de OSHA 1910-138 (d).
 - Toujours prévoir un emplacement du compresseur afin de prévenir que de l'air contaminé (par exemple par du monoxyde de carbone provenant d'un tuyau d'échappement) entre dans la prise d'air du compresseur.

- Liste d'inspection quotidienne :
 - [...]
 - 2. Le compresseur d'air comprimé respirable (sans huile) est en mesure de fournir de l'air respirable de grade D dans un environnement sans poussières et sans contaminant. Lors de l'utilisation d'un compresseur à l'huile, celui-ci devrait avoir un détecteur de haute température et un détecteur de CO ou les deux. Si le détecteur de CO n'est pas utilisé, la qualité de l'air doit être testée à une fréquence suffisante pour assurer un air de qualité.
 - 4. OSHA exige un filtre pour retirer l'humidité et les particules de l'approvisionnement en air. Cette composante ne retire pas et ne détecte pas la présence du monoxyde de carbone. Toujours utiliser un détecteur de CO.
- Ne jamais brancher une canalisation d'air à une source d'approvisionnement qui n'a pas été testé pour la présence de gaz et de particules toxiques. La présence de monoxyde de carbone ou autre gaz à un seuil inacceptable ou une déficience en oxygène dans l'air respirable peuvent entraîner la mort de l'utilisateur du respirateur.
- La bavette du respirateur Apollo 600 comporte une étiquette d'informations contenant plusieurs mises en garde, dont les suivantes (traduction libre de la version anglaise de l'étiquette de la bavette) :
 - S'informer préalablement sur tous les risques associés à l'air respirable acheminée par le compresseur et les poussières toxiques.
 - Le respirateur doit être alimenté par de l'air respirable qui rencontre les standards de grade D ou supérieur, tel que prescrit par *Compressed Air Associations Commodity Specification G-7.1* et tel que précisé par le règlement 29 CFR 1910.134(d) de OSHA.
 - L'importance de positionner stratégiquement le compresseur pour éviter l'introduction de contaminants comme le monoxyde de carbone dans le système à adduction d'air. Un lit absorbant de purification ou une surveillance de la concentration de monoxyde de carbone devrait être installé pour assurer la qualité de l'air respirable.
 - Ne jamais brancher un respirateur à une ligne d'approvisionnement d'air qui n'a pas préalablement été testée pour la présence de gaz ou de contaminants. La présence d'acétylène, de nitrogène ou un niveau inacceptable de monoxyde de carbone ou autre gaz vont causer la mort de l'utilisateur.

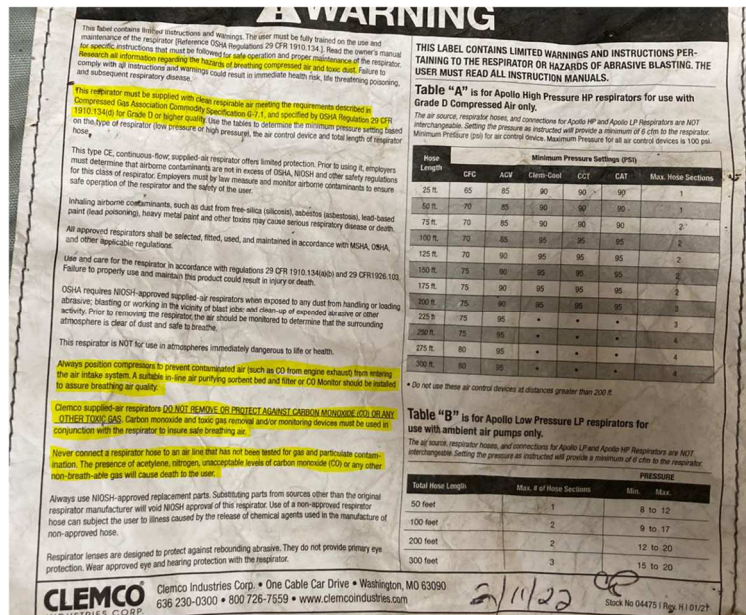


Fig. 11 - Étiquette sur la bavette
Source : CNESST

4.2.5 Informations relatives au pot de jet d'abrasif Classic Blast Machine 3 CUFT de Clemco



Fig. 12 - Pot à jet d'abrasif
Source : CNESST

- Le pot sert de réservoir au produit abrasif. Lorsqu'il est relié à un compresseur, l'air comprimé permet de propulser l'abrasif dans le boyau jusqu'à la buse. Celle-ci est munie d'une commande permettant d'amorcer et de freiner la projection de l'abrasif.
- Le travailleur a procédé lui-même à l'installation de l'équipement.

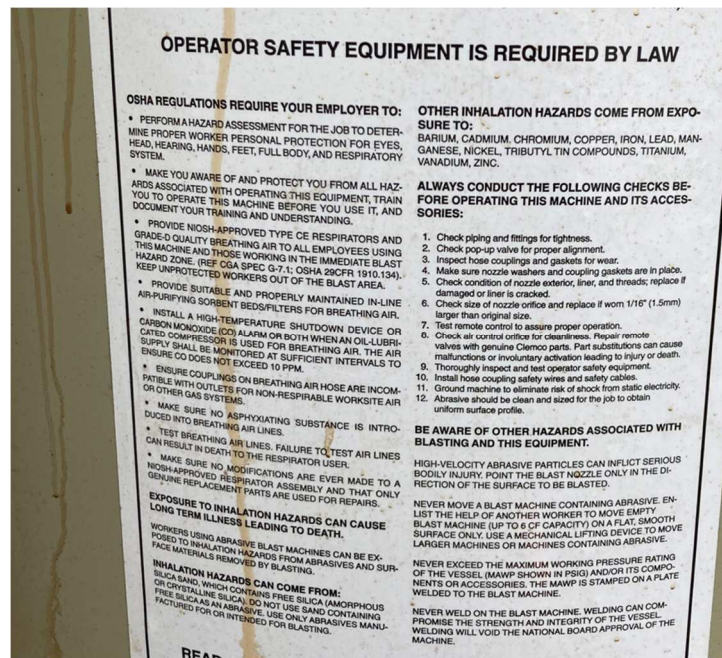


Fig. 13 - Étiquette sur le pot
Source : CNESST

- On retrouve sur l'unité une étiquette qui précise les conditions d'opération, dont les informations suivantes (traduction libre de la version anglaise du manuel) :
 - Fournir un respirateur CE approuvé par NIOSH et de l'air respirable de qualité D (ref. CGA Spec G-7.1; OSHA 29CFR 1910-134) à tous les employés utilisant cet équipement ou à ceux travaillant dans la zone hasardeuse de l'aire de pulvérisation.
 - Installer un dispositif de détection de haute température ou une alarme de détection de monoxyde de carbone, ou les deux, quand un compresseur à l'huile est utilisé pour générer de l'air respirable. L'air respirable doit être surveillé à des intervalles suffisamment fréquents pour s'assurer que la concentration de CO ne dépasse pas 10 ppm.
 - S'assurer qu'aucune substance asphyxiante ne s'introduise dans la ligne d'approvisionnement en air respirable.
 - Tester la ligne d'approvisionnement en air respirable. Ne pas tester la ligne d'approvisionnement en air respirable peut causer la mort de l'utilisateur de l'appareil de protection respiratoire.

4.2.6 Informations relatives au filtre de particule CPF2-80 de Clemco



Fig. 14 - *Filtre de particule CPF2-80 de Clemco*
Source : CNESST

- Le filtre de particule purifie l'air du compresseur respiré par l'opérateur. La cartouche filtrante élimine la vapeur d'eau, les brouillards, incluant le brouillard d'huile, et les particules plus grandes que 0,5 micron.
- L'air alimenté par le compresseur pénètre à l'intérieur du filtre par un orifice latéral. Il se répand ensuite dans la chambre extérieure où il perd de son humidité. L'air quitte la chambre extérieure pour passer au travers d'une cartouche filtrante. L'air filtré est ensuite acheminé à l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air de l'opérateur.
- Le 7 avril 2022, à la suite de l'accident, il est constaté que le filtre est raccordé, selon les recommandations du fabricant, au compresseur et à l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air du travailleur.
- Lors de l'inspection visuelle du filtre, à la suite de l'accident, il est constaté que le filtre est gorgé d'huile venant du compresseur.
- Le manuel du fabricant précise que (traduction libre de la version anglaise du manuel) :
 - Le filtre CPF est un filtre à particules. Il n'élimine pas le monoxyde de carbone ou autres gaz toxiques. L'air respirable approvisionné à l'entrée du filtre doit être au moins de grade D. Ne jamais relier le filtre CPF ou tout boyau d'air respirable à une source d'approvisionnement à moins d'avoir préalablement vérifié l'absence de contaminants gazeux. La présence de monoxyde de carbone (CO) à des valeurs inacceptables ou un manque d'oxygène peut causer la mort de l'utilisateur.

- Un dispositif de détection de CO doit être utilisé en surplus pour assurer une qualité de l'air respirable.
- La qualité de l'air respirable acheminé à l'appareil de protection respiratoire doit être de grade D comme prescrit par *Compressed Air Associations Commodity Specification G-7.1*, tel que précisé par l'article de OSHA 29 CFR 1910.134(d). Une mauvaise qualité de l'air peut causer une blessure respiratoire ou la mort de l'utilisateur.
- Un compresseur pour air respirable doit être utilisé. Le compresseur doit être muni d'une alarme de haute température ou d'une alarme de détection de monoxyde de carbone (CO), ou les deux. Si un détecteur de haute température est utilisé, la qualité de l'air générée par le compresseur doit être testée à une fréquence pour détecter la présence de monoxyde de carbone (CO).
- L'emplacement du compresseur doit être prévu de sorte qu'il prévienne que des contaminants tels que le monoxyde de carbone provenant du tuyau d'échappement, s'introduisent dans la prise d'air qui alimente le système à adduction d'air. La présence d'un système de détection du monoxyde de carbone devrait être installée pour assurer un air respirable de qualité.
- Il est de la responsabilité du propriétaire et de l'utilisateur de s'assurer que l'air approvisionné peut être respiré de façon sécuritaire. Le système d'approvisionnement d'air inclut le compresseur, l'alarme de monoxyde de carbone et les dispositifs de sécurité provoquant l'arrêt du compresseur. Un compresseur qui surchauffe ou un compresseur en mauvaise condition peut produire du monoxyde de carbone.
- Sur le caisson du filtreur, une étiquette fait une mise en garde concernant les points suivants (traduction libre de la version anglaise de l'étiquette):
 - Lire toutes les instructions pour l'utilisation de ce filtre et l'appareil de protection respiratoire qui y est raccordé. Ne pas suivre les instructions peut causer de sérieuses blessures respiratoires ou la mort par inhalation de monoxyde de carbone ou autres gaz toxiques. Les compresseurs d'air à l'huile peuvent générer du monoxyde de carbone.
 - Le filtre CPF ne retire pas le monoxyde de carbone ou autres gaz toxiques. Un dispositif de surveillance/alarme de CO devrait être utilisé.
 - L'air respirable acheminé à ce respirateur doit être de grade D tel que définie par la norme CGA spec G-7.1 and meet OSHA requirements 29 CFR 1910.134.(i).



Fig. 15 - Étiquette collée au filtre

Source : CNESST

- Une étiquette orange est fixée sur le filtreur et précise que le filtreur n'élimine pas le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO₂).

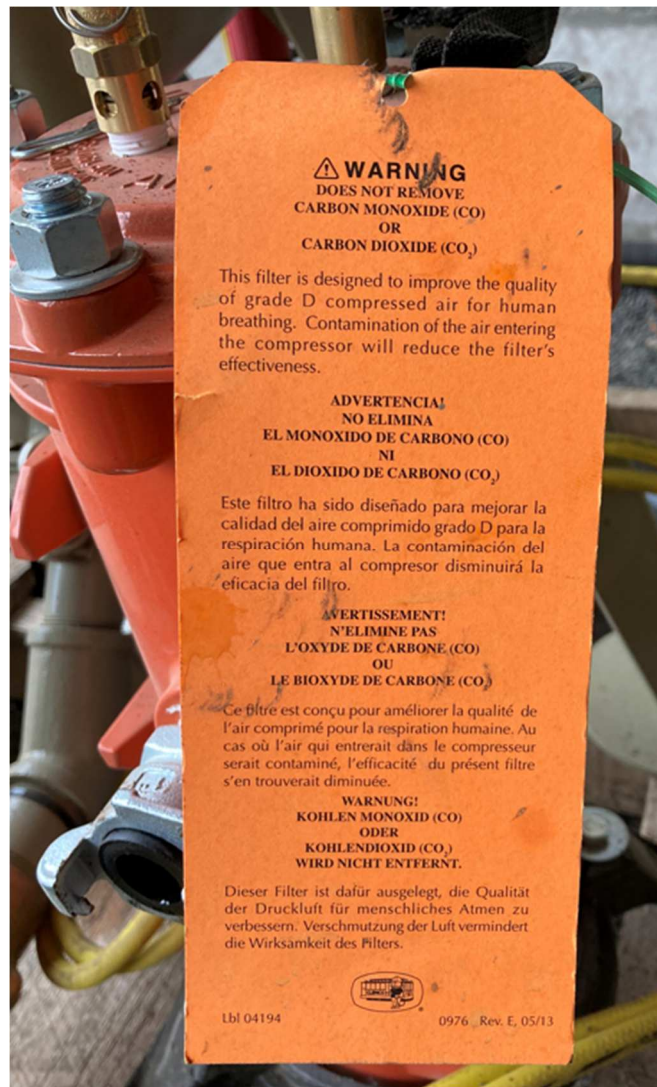


Fig. 16 - Étiquette attachée au filtre
Source : CNESST

4.2.7 Informations relatives à la séquence vidéo n° 1 de Clemco remis à l'employeur

La compagnie Clemco a produit une vidéo concernant l'installation et l'utilisation du pot à jet d'abrasif. Un lien pour la consulter a été remis à l'employeur par le fournisseur lors de l'achat des équipements² :

- La vidéo concerne l'installation du pot à jet d'abrasif servant de support visuel pour aider à la compréhension du manuel d'installation et d'utilisation.
- La vidéo recommande de positionner le compresseur face au vent afin de prévenir l'introduction de contaminants dans la prise d'air du compresseur.
- On précise que OSHA stipule que l'air acheminé soit de grade D et d'utiliser un détecteur de monoxyde de carbone.

² https://www.youtube.com/watch?v=Smxfv_i9orA

- La vidéo se termine en rappelant l'importance de lire le manuel, car une mauvaise installation ou une mauvaise utilisation du respirateur peut se traduire en blessure grave ou même mortelle.

4.2.8 Informations relatives à la séquence vidéo n° 2 de Clemco remis à l'employeur

La compagnie Clemco a également produit une vidéo concernant l'utilisation d'une protection respiratoire lorsque les travailleurs effectuent du décapage au jet d'abrasif dont le lien a également été remis à l'employeur par le fournisseur lors de l'achat des équipements.

La vidéo de Clemco concerne l'utilisation d'une protection respiratoire lorsqu'on effectue du décapage au jet d'abrasif et précise certains éléments, notamment³ :

- L'importance que l'employeur procède à une analyse de risque avant de débiter les travaux puisque le décapage au jet d'abrasif présente des risques évidents et d'autres moins évidents;
- l'importance que l'utilisateur consulte le manuel se rapportant à l'utilisation de l'appareil de protection respiratoire (APR);
- le tablier de la cagoule contient des mises en garde telles qu'utiliser un air de grade D, utiliser un détecteur de monoxyde de carbone et les limites d'utilisation de l'appareil de protection respiratoire;
- la section 7 précise que la qualité de l'air acheminé à la cagoule doit être de grade D;
- l'air acheminé au respirateur doit être filtré pour contrôler la présence d'huile, des poussières et des odeurs;
- l'utilisation d'un détecteur de monoxyde de carbone est recommandée, et ce, même si le compresseur est adéquatement entretenu. Il est possible que ce dernier achemine du CO vers l'APR, étant donné que le compresseur capte l'air dans l'environnement où il est situé. Par ailleurs, il est précisé que le filtre CPF ne filtre pas le CO;
- la vidéo fait référence à une liste de vérification disponible sur le site Internet de Clemco (voir annexe E). Le fabricant recommande d'utiliser la liste de vérification afin de s'assurer que le respirateur sera utilisé dans des conditions sécuritaires. Cette liste mentionne également les éléments de conformité liés à la qualité de l'air (grade D), à l'alarme de haute température, au détecteur de monoxyde de carbone (CO) et à la calibration de celui-ci.

³ <https://www.youtube.com/watch?v=NljysaMcL8I>

Air Supply	Pass	Fail
Oil Compressor Air Supply	_____	_____
High Temperature Alarm:	_____	_____
Carbon Monoxide Monitor:	_____	_____
120V (22894) 12V (25024)	_____	_____
CO Monitor Calibrated:	_____	_____
Grade D Air (per CGA Specification G-7.1):	_____	_____

Fig. 17 - Partie de la grille de vérification

Source : Clemco

4.2.9 Informations relatives à l'entretien du compresseur Ingersoll-Rand P175WD (n° 953)

Lors de l'achat du compresseur par Groupe IMOG inc. il y a près de trois ans, une modification du système électrique a été réalisée par G [REDACTED], car des problèmes sont survenus avec le démarreur du compresseur. La modification du système électrique consistait à l'ajout d'un fil électrique au bouton « push to start » ainsi qu'au remplacement de la carte imprimée.

Subséquentement, deux autres entretiens ont été effectués sur le compresseur. Le dernier a eu lieu deux semaines avant l'accident. Au cours de cet entretien, effectué par le travailleur avec l'aide H [REDACTED], les éléments suivants ont été réalisés :

- Le changement des filtres à air du compresseur;
- le changement des filtres à air du moteur au diesel;
- le changement du filtre à carburant du moteur au diesel;
- la vérification du niveau d'huile du moteur au diesel.

De plus, d'autres informations liées à l'entretien de l'équipement ont été recueillies :

- Une feuille de temps nous indique que le travailleur avait à effectuer, le mardi 29 mars 2022, une vérification des huiles turbines et moteur.
- Aucun des [REDACTED] ayant effectué des entretiens sur le compresseur n'a ajouté de l'huile dans le réservoir dédié au système d'air comprimé depuis l'acquisition du compresseur.
- Aucune vérification concernant le fonctionnement adéquat de la sonde de température du compresseur n'a été effectuée depuis son acquisition par l'employeur.
- Aucun entretien effectué depuis l'acquisition du compresseur n'a été consigné dans un registre.

4.2.10 Informations relatives aux résultats de l'expertise technique du compresseur

Une expertise a été réalisée par les Entreprises Larry Compresseurs, notamment afin d'évaluer la conformité du compresseur aux normes applicables et de documenter l'état (entretien, usure, bris, etc.) de l'ensemble des composantes et dispositifs relatifs au fonctionnement et à la sécurité des utilisateurs. Le rapport d'expertise est présenté à l'annexe C. Voici des extraits du rapport d'expertise :

[...]

Validation du circuit d'origine – Notre équipe a remarqué l'ajout d'un interrupteur qui contrôle l'ouverture et la fermeture de la valve solénoïde qui alimente le moteur diesel en carburant. Cet interrupteur n'est pas présent sur le schéma d'origine de l'équipement. L'ajout de cette composante permet de garder le moteur diesel fonction et empêche le compresseur de démarrer s'il n'est pas actionné car le carburant ne sera pas acheminé au moteur. Grâce à un multimètre, une validation des états initiaux des sondes a été conduite. La sonde de température du bloc de compression n'est pas branchée sur les borniers adéquats selon le schéma électrique d'origine. Cette même sonde n'est pas, non plus, branchée sur le bloc de compression comme il devrait l'être selon le schéma d'origine.

Conclusion à la suite de la validation du circuit – Selon le circuit électrique modifié du compresseur en analyse, une fois que l'interrupteur de carburant (solénoïde) est enclenché l'arrêt du compresseur ne peut se faire que manuellement. Dans l'éventualité où le compresseur manque d'huile ou que les composantes internes surchauffent, aucun signal ne serait envoyé. Le moteur diesel, ne recevant aucun signal, va continuer de faire tourner le bloc de compression et donc continuer de comprimer l'air.

[...]

Analyse de l'huile du compresseur

Le rapport d'analyse de l'huile du compresseur fait état de la viscosité de l'huile qui est inhabituellement élevée. Celle-ci peut s'expliquer par un manque généralisé de la maintenance, principalement le vidange d'huile et de changement d'huile aux intervalles prescrit par le manufacturier.

[...]

Voici un extrait de la conclusion du rapport d'expertise :

[...]

Il a été établi, entre-autres, que le circuit de protection de l'équipement n'est pas conforme selon la conception originale du manufacturier. La modification de ce circuit, dont le débranchement de la sonde de pression, rend possible la surchauffe incontrôlée du compresseur et de ses composantes internes. De plus, l'ajout de l'interrupteur contrôlant la valve solénoïde d'admission de diesel rend l'équipement dépendant à un arrêt manuel dans l'éventualité d'une situation critique.

Malgré les maintenances de base, le compresseur analysé dans ce rapport n'est pas en état d'utilisation. Il a cependant pu être mis en fonction durant une quinzaine (15) de minute ce qui

nous a permis de récolter les données requises pour notre analyse. Ces données, conjointement avec l'analyse de la vidéo de l'incident, nous ont permis de corroborer l'hypothèse qu'une combustion a eu lieu tel que présumé durant l'inspection visuelle. Il faut mentionner que l'état du compresseur à son arrivée et l'analyse d'huile laissent présumer que l'équipement n'a que peu ou pas été entretenu récemment.

Il faut aussi mentionner que les températures critiques qu'il est possible d'atteindre dans le séparateur d'huile due aux modifications sont au-delà du point d'ignition des vapeurs d'huile. Cependant, seule la convergence de ces deux circonstances ont permis la combustion. Si le circuit électrique du compresseur était resté d'origine, le compresseur se serait arrêté avant la combustion dû à la haute température de l'huile.

[...]

4.2.11 Informations relatives à la planification des travaux

Le décapage au jet d'abrasif ne faisait pas partie des activités effectuées normalement par Groupe IMOG inc. Cette activité était donnée en sous-traitance. Un peu avant l'accident, l'entreprise a décidé de l'intégrer à leurs activités en s'équipant entre autres d'un système au jet d'abrasif et d'un appareil de protection respiratoire à adduction d'air.

Une semaine avant l'accident, F [REDACTED] remet au travailleur l'ensemble de la documentation relative aux équipements reçus en version anglaise, en lui donnant la directive de prendre connaissance des instructions d'installation et d'utilisation et de s'installer en conséquence.

À la demande du travailleur, l'employeur lui remet une version française du manuel du fabricant sur l'utilisation du pot à jet d'abrasif de marque Clemco, modèle Classic Blast Machine 3 CUFT.

F [REDACTED] donne aussi la directive d'utiliser le compresseur Ingersoll-Rand P175WD (n° 953) pour l'exécution des travaux.

Il n'y a aucune validation quant à la conformité de l'installation et des conditions d'utilisation tel que recommandé dans la grille de vérification de Clemco de l'appareil de protection respiratoire pour effectuer le décapage au jet d'abrasif, notamment :

- Aucune vérification concernant le fonctionnement adéquat de l'alarme de haute température du compresseur à l'huile n'a été effectuée depuis son acquisition par l'employeur;
- Aucun test de qualité de l'air n'est effectué avant l'utilisation du compresseur à l'huile comme source d'alimentation en air respirable;
- Aucun détecteur de monoxyde de carbone n'est raccordé au système d'approvisionnement en air respirable au moment d'amorcer les travaux de décapage.

4.2.12 Informations relatives à la séquence vidéo de la caméra de surveillance

Une séquence vidéo prise par une des caméras de surveillance de la cour lors de l'accident nous permet d'observer la conséquence d'un bris sur le compresseur. Un bruit est émis suivi d'un nuage

de fumée grise tel qu'observé sur la deuxième image tirée de la séquence vidéo de la caméra de surveillance.



Fig. 18 - Captures tirées de la séquence vidéo
Source : Le Groupe IMOG inc.

4.2.13 La combustion de l'huile

La combustion est une réaction chimique d'oxydoréduction. Dans cette réaction, le carburant (ex. : l'huile du compresseur) se fait oxyder par l'oxygène. Ce dernier constitue le comburant dans le triangle de feu présenté ci-dessous. Pour démarrer cette réaction, la présence d'une source d'énergie est également nécessaire. Si l'une des trois composantes est absente ou en quantité insuffisante, la combustion s'arrête. La figure 19 ci-dessous illustre les trois composantes nécessaires pour une combustion.

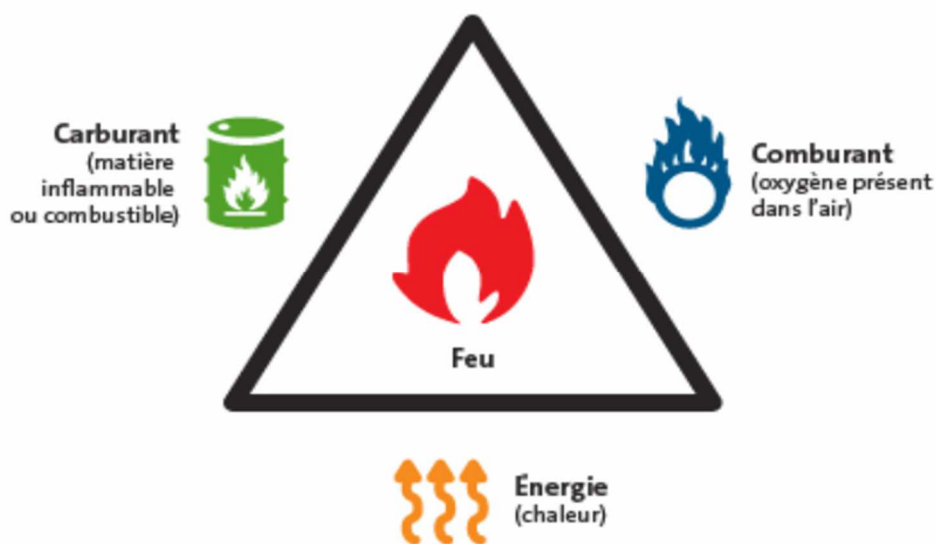


Fig. 19 - Triangle du feu
Source : Reptox (<https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/chimie/Pages/combustion-spontanee.aspx>)

La combustion incomplète :

La combustion incomplète se produit lorsque la quantité d'oxygène est insuffisante. Plusieurs sous-produits, comme le monoxyde de carbone (CO), sont générés lors d'une combustion incomplète.

Lorsqu'un compresseur d'air alimenté par un moteur à combustion interne continue de fonctionner en cas de surchauffe, il existe un risque que l'huile du compresseur brûle. Dans un milieu confiné pauvre en oxygène (apport insuffisant d'air frais), la combustion de l'huile peut produire une quantité excessive de CO. Des explications plus détaillées sont présentées à l'annexe H.

4.2.14 Propriétés toxicologiques du monoxyde de carbone (CO)

D'après le Répertoire toxicologique de la CNESST, le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore et sans saveur. Le CO est rapidement et largement absorbé par les poumons et principalement distribué dans le sang. Au moins 80 % du CO se lie à l'hémoglobine des érythrocytes (globules rouges) pour former la carboxyhémoglobine. L'affinité de l'hémoglobine pour le monoxyde de carbone est d'environ 240 à 250 fois supérieures à celle pour l'oxygène. Le CO peut donc déplacer l'oxygène et l'empêcher de se fixer à l'hémoglobine. La demi-vie de la carboxyhémoglobine chez l'humain est d'environ 3 à 5 heures. Elle peut augmenter avec l'âge et diminuer avec l'activité physique.

Le monoxyde de carbone (CO) est un asphyxiant chimique qui interfère avec la distribution de l'oxygène aux tissus et aux organes. Les organes ayant un besoin élevé en oxygène tel que ceux du système nerveux central et du système cardiovasculaire seront donc les premiers affectés.

Les premiers symptômes associés à l'exposition sont des maux de tête, de la fatigue et de la faiblesse. Ensuite peuvent apparaître des nausées, de l'irritabilité, des vertiges, une altération du jugement, des difficultés respiratoires, des douleurs thoraciques, une réduction de la performance lors de certains tests neurocomportementaux (vigilance, dextérité manuelle, perception visuelle), des vomissements, de la confusion, une désorientation, des troubles visuels, de l'arythmie cardiaque, une ischémie myocardique, des convulsions, une perte de conscience, un coma et possiblement la mort.

Le tableau suivant présente les effets de la concentration de la carboxyhémoglobine sur des adultes en bonne santé.

Concentration en (% de carboxyhémoglobine dans le sang)	Effets probables à la suite d'une exposition aiguë
0,3-0,7	Niveau normal chez une population non exposée, aucun effet attendu
3,5	Indice biologique d'exposition (pour une exposition à 25 ppm pendant 8 heures)
5-10	Diminution de la capacité à effectuer un effort physique intense, possibilité d'effets neurocomportementaux
10-20	Maux de tête légers, troubles visuels, fatigue, étourdissements
20-30	Maux de tête sévères, nausées, tachycardie
30-40	Maux de tête sévères, nausées, vomissements, faiblesse musculaire, confusion
50-60	Syncope, coma, convulsions
60-70	Coma, dépression cardiaque et respiratoire parfois fatale
> 66	Mort

Tableau 1 : Relation dose effet (exprimée en pourcentage de carboxyhémoglobine)
Source : Répertoire toxicologique de la CNESST

4.2.15 Exigences légales, réglementaires et normatives

Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) (Loi et Règlements du Québec, chapitre S-2.1)
L'employeur a des obligations générales en matière de santé et de sécurité du travail qui sont décrites à l'article 51 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) :

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique et psychique du travailleur. Il doit notamment:

[...]

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

[...]

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

[...]

9° informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié;

[...]

Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) (Recueil des Lois et des Règlements du Québec, chapitre S-2.1, r.13)

L'article 48 du RSST définit les mesures de sécurité à respecter pour l'utilisation d'une protection respiratoire à adduction d'air :

***Air d'alimentation:** L'air comprimé respirable qui alimente les appareils de protection respiratoire de type adduction d'air ou autonome visés à l'article 45 doit être conforme à la norme Air comprimé respirable et systèmes connexes, CAN/CSA-Z180.1-00. Les systèmes de production, de stockage et les systèmes de distribution de l'air doivent être conformes à la norme qui leur est applicable.*

Des échantillons d'air comprimé doivent être prélevés et analysés de manière à obtenir une précision équivalente à celle obtenue en appliquant les méthodes décrites dans le Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air publié par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Les analyses doivent être faites au moins tous les 6 mois, sauf pour les systèmes d'alimentation à air ambiant. Les résultats de ces analyses doivent être consignés dans un registre qui doit être conservé pendant une période d'au moins 5 ans.

Les systèmes de production et de distribution d'air comprimé respirable doivent être entretenus conformément aux instructions du fabricant. La date à laquelle a lieu un tel entretien de même que le nom de la personne l'ayant effectué doivent être consignés par l'employeur dans un registre que celui-ci doit conserver pendant une période d'au moins 5 ans.

Norme CSA Z180.1 2000 Air comprimé respirable et systèmes connexes

La norme CSA-Z180.1-00 est une référence réglementaire sur l'utilisation d'une protection respiratoire à adduction d'air. Les articles suivants décrivent les exigences concernant le système d'alimentation en air comprimé respirable :

[...]

4.2 L'air comprimé respirable produit par un système d'alimentation en air comprimé respirable doit être conforme à l'article 15.3.

[...]

5.1 On doit concevoir, construire, installer, mettre en service, exploiter et entretenir les systèmes d'alimentation en air comprimé respirable conformément aux instructions du fabricant.

5.2 Les systèmes d'alimentation en air comprimé respirable doivent pouvoir fournir à chaque utilisateur de l'air comprimé respirable conforme aux exigences de qualité, de volume et de pression(s) nominale(s), pour les conditions normales et pour les conditions d'urgence prévues.

5.3 Si des concentrations élevées de monoxydes de carbone peuvent être accumulées ou produites par le système d'alimentation en air comprimé respirable, on doit surveiller ces teneurs à des intervalles suffisamment rapprochés pour éviter qu'elles ne dépassent les limites du tableau 1 visant l'air respirable.

5.4 On doit mettre à l'essai les systèmes d'alimentation en air comprimé respirable pour garantir que leur mise en service et leur fonctionnement sont conformes à cette norme.

5.5 Après des modifications et des réparations, les systèmes en alimentations en air comprimé respirable doivent être conformes aux articles 5.1 à 5.4.

[...]

5.7 On doit effectuer l'installation, l'inspection, les essais, l'exploitation, l'entretien et les réparations des éléments d'un système d'alimentation en air comprimé respirable conformément aux exigences de leur fabricant.

5.8 On doit tenir des dossiers pour la mise en service, la mise à l'essai, l'exploitation, l'entretien et les résultats des analyses des systèmes d'alimentation en air comprimé respirable.

[...]

7.1 Généralités

On doit installer, entretenir et exploiter les compresseurs d'air conformément aux instructions du fabricant.

7.2 Compresseur d'air lubrifié à l'huile

7.2.1 Les compresseurs d'air lubrifiés à l'huile doivent être pourvus :

a) d'interrupteurs à sécurité intégrée qui activent des signaux d'alarme visible et audible, arrêtent le compresseur et empêchent son démarrage automatique quand survient l'une des conditions ci-dessous :

(i) basse pression d'huile ;

(ii) température élevée du compresseur ;

b) d'un interrupteur d'arrêt en cas de pression excessive;

c) d'un clapet de non-retour, pour éviter le reflux de l'air purifié;

d) d'un manuel d'instruction et d'un journal d'exploitation.

7.2.2 Les compresseurs d'air lubrifiés à l'huile devraient être pourvus d'un détecteur de monoxyde de carbone avec alarme, en plus d'une alarme en cas de température excessive. S'il n'y a que cette dernière, on doit surveiller à intervalle régulier la qualité de l'air sortant pour éviter que les teneurs en monoxyde de carbone dans l'air respirable ne dépassent les limites du tableau 1.

[...]

15.2.2 On doit recueillir et analyser un échantillon d'air comprimé respirable produit et acheminé par un système d'alimentation en air comprimé respirable au moins tous les 6 mois, ou à la fréquence prescrite par l'autorisé compétente.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 29 CFR 1910.134 Protection respiratoire

Le règlement 1910.134 définit la qualité de l'air de grade D :

[...]

1910.134(i)(1)(ii)

Compressed breathing air shall meet at least the requirements for Grade D breathing air described in ANSI/Compressed Gas Association Commodity Specification for Air, G-7.1-1989, to include:

1910.134(i)(1)(ii)(A)

Oxygen content (v/v) of 19.5-23.5%;

1910.134(i)(1)(ii)(B)

Hydrocarbon (condensed) content of 5 milligrams per cubic meter of air or less;

1910.134(i)(1)(ii)(C)

Carbon monoxide (CO) content of 10 ppm or less;

1910.134(i)(1)(ii)(D)

Carbon dioxide content of 1,000 ppm or less; and

1910.134(i)(1)(ii)(E)

Lack of noticeable odor.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 La combustion de l'huile, attribuable au bas niveau d'huile et à la modification du circuit électrique qui rend le compresseur et ses composantes internes vulnérables à une surchauffe, génère une concentration mortelle de monoxyde de carbone acheminé à l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air du travailleur.

L'huile du bloc de compression d'air assure deux fonctions, soit lubrifier les composantes en mouvement et dissiper la chaleur générée par le frottement des composantes en mouvement. Lorsque le niveau d'huile est insuffisant, la température de celle-ci augmente. Lorsque l'huile dépasse une certaine température, elle se décompose et génère du monoxyde de carbone.

Pour éviter que l'huile du bloc de compression surchauffe, une sonde de température, située sur le compresseur, déclenche l'arrêt du moteur dès que la température de l'huile dépasse 120 degrés Celsius. La sonde de température est présente, mais n'est toutefois pas branchée au circuit électrique. Elle n'est donc pas en mesure d'arrêter le compresseur lorsque la température de l'huile dépasse 120 degrés Celsius. Toutefois, même si la sonde de température est débranchée, elle ne joue pas un rôle dans cet accident.

En effet, une modification qui consiste à l'ajout d'un interrupteur au circuit électrique fait en sorte que le compresseur ne peut s'arrêter que manuellement, même si la sonde de température est fonctionnelle. De ce fait, le jour de l'accident, le compresseur a continué de fonctionner malgré le dépassement de température de 120 degrés Celsius, générant ainsi du monoxyde de carbone.

La température de l'huile a continué d'augmenter au point d'atteindre le point d'auto-ignition. Une combustion s'ensuit dans le séparateur du compresseur et toute l'huile sous forme de brouillard se consume et génère alors une quantité importante de contaminants, dont du monoxyde de carbone.

La vidéo permet d'observer un nuage de fumée généré par la combustion incomplète de l'huile dans le séparateur du compresseur.

Les contaminants générés par la combustion de l'huile dans le séparateur sont captés en partie par le filtre de particule CPF2-80 de Clemco de l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air. Cependant, ce dernier ne filtre pas le monoxyde de carbone. De ce fait, une forte concentration de monoxyde de carbone est acheminée dans l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air du travailleur.

L'article 48 du RSST stipule également que la date à laquelle a lieu un tel entretien ainsi que le nom de la personne l'ayant effectué, doivent être consignés par l'employeur dans un registre que celui-ci doit conserver pendant une période d'au moins cinq ans. Toutefois, l'employeur Groupe IMOG inc. n'a consigné aucun entretien effectué depuis l'acquisition du compresseur. Ceci constitue également un manquement lors de l'entretien de l'équipement.

Ainsi, l'expertise a démontré que l'employeur n'a pas effectué l'entretien du compresseur de façon adéquate, conformément aux instructions du fabricant.

Cette cause est retenue.

4.3.3 La planification des travaux liée à l'utilisation de l'air comprimé respirable qui alimente l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air est déficiente.

Le décapage au jet d'abrasif était une nouvelle activité intégrée dans l'entreprise. Lorsque la décision fut prise par l'employeur de procéder à l'achat de l'équipement nécessaire pour faire du décapage au jet d'abrasif, ce dernier a remis entre les mains du travailleur l'entière responsabilité d'installer les équipements et de consulter la documentation relative à ceux-ci, remise par le fournisseur. L'employeur a également décidé que le compresseur Ingersoll-Rand P175WD n° 953 sera utilisé pour fournir de l'air respirable.

L'entreprise Clemco recommande, dans sa vidéo d'information, qu'une analyse de risque soit effectuée préalablement au début des travaux. De plus, Clemco fournit une grille de vérification dans laquelle une section indique toutes les obligations nécessaires à rencontrer concernant l'approvisionnement en air respirable pour s'assurer de sa conformité.

Pourtant, aucune analyse de risque n'a été effectuée avant de débiter les travaux. L'utilisation de la grille de vérification aurait permis de constater les non-conformités de l'approvisionnement en air respirable aux points suivants :

Approvisionnement en air respirable	Conforme	Non-conforme
État du compresseur à l'huile		X
Alarme de détection de haute température		X
Détecteur de monoxyde de carbone		X
Air de grade D		X

Fig. 20 - *Partie de la grille de vérification*

Source : Clemco traduction libre par la CNESST

Les articles 5.1 et 5.7 de la norme CSA Z180.1 2000 précisent qu'on doit installer, mettre en service et exploiter les systèmes d'alimentation en air comprimé respirable conformément aux recommandations du fabricant. Le fabricant du compresseur précise que le modèle P175WD n° 953 n'est pas conçu pour fournir de l'air respirable, à moins que celui-ci n'ait des composantes spécialisées ajoutées pour filtrer ou purifier l'air, afin de rencontrer une qualité d'air respirable, telle que requise par la norme CSA Z180.1 et par le règlement 1910-134 appliqué par OSHA.

Toutefois, le compresseur n'avait pas de telles composantes spécialisées. L'employeur a indiqué au travailleur d'utiliser le compresseur sans considérer cette information apparaissant en page couverture du manuel du fabricant du compresseur.

L'article 48 du RSST précise que l'air comprimé respirable qui alimente les appareils de protection respiratoire de type à adduction d'air doit être conforme à la norme *Air comprimé respirable et systèmes connexes*, CAN/CSA-Z180.1-00. La section 15 de la norme CSA Z180.1-00 précise qu'on doit prélever un échantillon d'air et le faire analyser avant d'utiliser et mettre en service un compresseur à air respirable pour alimenter un équipement de protection respiratoire à adduction d'air.

Ce n'est qu'après avoir confirmé l'absence de contaminant excédant des seuils limites permis qu'on peut procéder au début des travaux. Or, la mise en service du compresseur P175WD n° 953 pour acheminer de l'air respirable à un équipement de protection respiratoire a été effectuée sans que l'employeur s'assure que la qualité de l'air acheminé à la protection respiratoire soit conforme.

L'employeur et le travailleur ont eu plusieurs opportunités de prendre connaissance des mises en garde concernant le danger d'intoxication au monoxyde de carbone avec l'utilisation d'un compresseur à l'huile et concernant l'importance d'assurer une qualité d'air de grade D.

À cet effet, plusieurs mises en garde sont accessibles, soient dans les manuels du compresseur, du respirateur Apollo 600, du pot de jet d'abrasif Classic Blast et du filtre à particule CPF2-80. De plus, ces mises en garde apparaissent également sur les étiquettes de certains équipements tels que la bavette du respirateur Apollo 600, le pot de jet d'abrasif Classic Blast, le filtre à particule CPF2-80, l'étiquette orange du filtre à particules. Aussi, les deux vidéos remises à l'employeur, contiennent des notices de sécurité. Les mises en garde concernent :

- L'importance de procéder à une analyse de risque et de s'informer sur les dangers liés à l'air respirable;
- le danger du monoxyde de carbone (CO) et autres gaz toxiques;
- l'importance de s'assurer que l'air respirable est de grade D;
- le danger de brancher un respirateur à un équipement d'approvisionnement en air respirable qui n'a pas préalablement été testé pour la présence de contaminants;
- le danger que présente le compresseur à l'huile pour générer du monoxyde de carbone;
- l'importance d'avoir des dispositifs de sécurité tel un détecteur de haute température ou un détecteur de monoxyde de carbone ou bien les deux.

Ces mises en garde n'ont toutefois pas été prises en considération ni par l'employeur ni par le travailleur.

En prenant connaissance des informations affichées à même les équipements et dans les manuels, l'employeur et le travailleur auraient été informés des risques. Ils auraient ainsi pu planifier les travaux pour s'assurer que le compresseur à air et le système de protection respiratoire à adduction d'air soient utilisés de façon sécuritaire. L'utilisation de la liste de vérification de Clemco aurait également permis de soulever plusieurs manquements avant d'amorcer les travaux.

Une fois les équipements achetés, l'employeur a remis l'entière responsabilité de la planification des travaux au travailleur. De ce fait, l'employeur n'a pas respecté son obligation de l'article 51.5 de la LSST qui consiste à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur.

Aussi, l'employeur ne s'est pas assuré que le travailleur avait assimilé, compris et appliqué les consignes de sécurité des différents manuels qui lui ont été remis. En effet, tel que spécifié dans l'article 51.9 de la LSST, il est de la responsabilité de l'employeur de s'assurer que le travailleur soit adéquatement informé sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés.

En raison d'une planification déficiente des travaux ayant mené à l'utilisation d'un compresseur à l'huile qui n'est pas conçu pour fournir de l'air respirable pour alimenter un appareil de protection respiratoire à adduction d'air, l'employeur a exposé le travailleur à un danger d'intoxication au monoxyde de carbone.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

- La combustion de l'huile, attribuable au bas niveau d'huile et à la modification du circuit électrique qui rend le compresseur et ses composantes internes vulnérables à une surchauffe, génère une concentration mortelle de monoxyde de carbone dans l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air du travailleur.
- L'employeur n'assure pas un entretien adéquat du compresseur conformément aux prescriptions du fabricant.
- La planification des travaux liée à l'utilisation de l'air comprimé respirable qui alimente l'appareil de protection respiratoire à adduction d'air est déficiente.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 7 avril 2022, la CNESST a suspendu les travaux au jet d'abrasif à l'aide du compresseur, tel que consigné dans le rapport d'intervention RAP1381745.

Le 12 avril 2022, la CNESST a saisi les équipements à des fins d'analyse, tel que consigné dans le rapport d'intervention RAP1381748.

Le 9 novembre 2022, la CNESST informe l'employeur sur le danger que représente l'utilisation du compresseur et l'informe également que la suspension des travaux au jet d'abrasif à l'aide du compresseur est toujours en vigueur, tel que consigné dans le rapport RAP1405398.

5.3 Suivis de l'enquête

À titre préventif et aux fins d'informations, la CNESST transmettra son rapport d'enquête aux associations sectorielles paritaires, au centre patronal, à l'association de location du Québec et aux gestionnaires de mutuelles afin qu'ils informent leurs membres pouvant être concernés par l'enquête et ses conclusions.

Dans le cadre de son partenariat avec la CNESST visant l'intégration de la santé et de la sécurité dans la formation professionnelle et technique, le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MEES) diffusera, à titre informatif et à des fins pédagogiques, le rapport d'enquête dans les établissements de formation qui offrent le programme d'étude lié à la Mécanique d'entretien.

ANNEXE A**Accidenté**

Nom, prénom : E [REDACTED]

Sexe : Masculin

Âge : [REDACTED]

Fonction habituelle : [REDACTED]

Fonction lors de l'accident : Opérateur de machine au jet d'abrasif

Expérience dans cette fonction : [REDACTED]

Ancienneté chez l'employeur : [REDACTED]

Syndicat : Aucun

ANNEXE B**Liste des personnes interrogées**

Monsieur Jean-Étienne Limoges, Président Groupe IMOG inc.

Monsieur Pierre-Olivier Limoges, VP Groupe IMOG inc.

G [redacted] Groupe IMOG inc.

H [redacted] Groupe IMOG inc.

D [redacted] Groupe IMOG inc.

B [redacted] Groupe IMOG inc.

Monsieur Frédéric St-Pierre, directeur atelier Les Entreprises Larry

Monsieur Philippe Ducharme, mécanicien de compresseur Les Entreprises Larry

Monsieur Louis-Philippe Laprade, mécanicien de compresseur Les Entreprises Larry

Monsieur Cletaine Matouba, conseiller technique Les Entreprises Larry

Monsieur Istvan-Tibor Kocsis, Ingénieur Les Entreprises Larry

I [redacted] Philexpert

J [redacted] Philexpert

K [redacted]

Docteure Geneviève Richer, coroner

Sergente détective Allard, SPVM

Sergent détective Scalzulli, SPVM

Sergent Brossard, SPVM

ANNEXE C

Rapport d'expertise

ENTREPRISES LARRY INC.
4200 rue Saint-Patrick, Montréal
Québec, Canada, H4E 1A5

Montréal, le 25 octobre 2022

Rapport d'expertise

Révision : 1

No projet : FLD-000000

Sujet : Évaluation du Compresseur Ingersoll-Rand P175WD (#953)

Demandeur : CNESST- Direction régionale de la prévention inspection

Rédigé par :	Clétaime Matouba Istvan-Tibor Kocsis, ing.
Technicien Atelier :	Phillip Ducharme Louis-Phillippe Laprade
Approuver par :	Istvan-Tibor Kocsis, ing. OIQ #5031747
Date :	mardi, 25 octobre 2022

Table des Matières

1	Introduction.....	3
2	Description d'un compresseur mobile modèle P175WD	4
2.1	Contrôle	6
2.2	Mécanique.....	8
2.3	Électrique.....	10
2.4	Sécurité.....	11
3	Inspection du compresseur – [N/S : 151452 U85 953]	12
3.1	Inspection visuelle	12
3.2	Remarques à la suite de l'inspection visuelle.....	13
3.3	Réflexion par rapport à l'inspection	14
3.3.1	Circuit de contrôle et circuit électrique.....	14
3.3.2	Cylindre séparateur	15
3.3.3	Cartouche de filtre.....	15
4	Réparation, test et démarrage	16
4.1	Réparation et remplacement des pièces, selon les recommandations après l'inspection visuelle.....	16
4.2	Test du circuit électrique	17
4.3	Test de démarrage.....	17
5	Analyse de la vidéo de l'incident	19
6	Analyse de l'huile du compresseur.....	20
7	Conclusion	21
8	ANNEXES.....	22

1 Introduction

Entreprises Larry démarre en 1963 dans le secteur industriel en relevant de nombreux défis où la fiabilité des équipements doit être jumelée aux talents et aux initiatives des techniciens pour satisfaire aux exigences de ses clients. Fort de son expertise et de ses réalisations dans le domaine de l'air comprimé, Entreprises Larry est devenu un fournisseur en tête de liste de nombreux comptes majeurs au Québec.

Ainsi, l'organisation d'un atelier performant a continuellement été maintenu et demeure, à ce jour, une priorité pour répondre adéquatement aux besoins de la clientèle. Plusieurs systèmes de compression âgés performant encore aujourd'hui grâce à leurs composants reconstruits par nos experts. En tant que leader des systèmes d'air comprimé, Entreprises Larry continue sa progression en relevant de nombreux défis d'optimisation de la performance des systèmes d'air comprimé

Entreprises Larry est le distributeur mandaté par le fabricant **Ingersoll Rand** pour la province du Québec depuis plus de 20 ans. Ingersoll Rand a prouvé son savoir-faire en œuvrant depuis plus de 160 ans dans le domaine de l'air comprimé avec d'importantes acquisitions et innovations technologiques. Les compresseurs issus de cette expérience sont fabriqués avec des composantes de qualité supérieure et sont soutenus par Ingersoll Rand au niveau du service et des pièces durant tout leur cycle de vie.

Ce document a pour **but** de faire une analyse détaillée de l'état du compresseur P175WD (#953) [N/S : 151452 U85 953], d'en vulgariser le fonctionnement théorique et d'en valider le fonctionnement réel. Cette analyse est faite à la suite de la demande et l'attribution du mandat par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST).

Entreprises Larry a été sélectionné pour effectuer l'analyse mécanique sur un modèle de compresseur anciennement fabriqué par Ingersoll Rand dû à notre vaste expertise par rapport à cette marque. Le type du compresseur issu du mandat est un compresseur mobile carburant au diesel. Pour faciliter la lecture et la compréhension de ce document, ce rapport se concentre seulement sur les compresseurs à air mobile au diesel. Dans le cadre de cette étude, l'appellation « **compresseur** » fera référence au compresseur mobile au diesel de modèle P175WD (#953) dont fait partie l'unité [N/S : 151452 U85 953].

En somme, le but de ce rapport est d'apporter notre expertise et notre compréhension par rapport à l'état du compresseur P175WD à son arrivée à nos locaux (4200 rue Saint-Patrick, Montréal, QC H4E 1A5). Dans la mesure du possible, les différentes étapes d'inspection et leurs résultats respectifs seront rapportées dans ce document dans l'ordre où ils ont été observés. Nos explications sont basées sur l'expérience et l'expertise de notre personnel qualifié en charge de l'analyse mécanique du compresseur.

2 Description d'un compresseur mobile modèle P175WD

Le modèle P175WD est un compresseur d'air qui tire sa puissance de son moteur diesel. Ces modèles sont souvent appelés « volumétrique à déplacement positif » et sont des systèmes complexes, avec de nombreuses composantes. Ce rapport ne va pas décrire le fonctionnement de toutes les composantes, mais juste celui des plus importants. Chaque compresseur du modèle P175WD possède deux composantes principales majeures : le **bloc de compression d'air** (Air End) et le **moteur diesel**.

Le bloc de compression est le cœur du compresseur d'air. C'est la partie qui aspire l'air de l'atmosphère ambiante et le poussant dans un espace beaucoup plus petit augmentant ainsi sa pression. Dans le compresseur d'air de type rotatifs à vis, le bloc de compression d'air est composé de deux rotors et du boîtier du rotor.

Le bloc de compression d'air a besoin d'une source d'énergie mécanique pour comprimer l'air ambiant. Le moteur diesel convertit le carburant en mouvement rotatif, entraînant le bloc de compression à comprimer l'air.



Figure A – Bloc de compression « [AirEnd](#) ». (Voir Annexe)

Voici une liste des composantes importantes dans un compresseur d'air au diesel. Chaque composante est accompagnée d'une description de l'objectif de celle-ci dans le processus de compression d'air.

Composantes importantes

Composante	Objectif
Panneau de service (Portes à charnière du compresseur)	Permet l'accès pour l'entretien. Protège le système contre les éléments et la contamination
Radiateur du moteur	Évacue la chaleur générée par le système

Composante	Objectif
Batterie	Démarre le moteur diesel et alimente les composants électroniques.
Panneau de configuration	Contrôle le fonctionnement du système et les paramètres enregistrés.
Filtre à carburant	Filtre les contaminants dans le carburant diesel.
Moteur Diesel	Fait tourner le bloc de compression.
Filtre à air du moteur et du compresseur	Filtre les contaminants dans l'air ambiant.
Bloc Compresseur (Air End)	Comprime l'air ambiant.
Filtre coalescent	Élimine les aérosols d'eau et d'huile de l'air comprimé.
Réservoir séparateur air/huile	Élimine l'huile de l'air comprimé, assurant la recirculation de l'huile dans le système.
Refroidisseur d'huile de compresseur	Aide à maintenir la température de l'huile de compresseur optimale.

Ci-dessous, une copie de la fiche technique du compresseur mobile modèle **P175WB**. L'année de construction du compresseur traité par ce rapport est 1985 selon le numéro de série #151452 U85 953.

GENERAL DATA

AIR COMPRESSOR.....	MODEL P-125A-W-D	MODEL P-150A-W-D	MODEL P-175A-S-D	MODEL P-175A-W-D
ACTUAL DELIVERY OF COMPRESSOR ...	125 cfm (59 litres per sec.)	150 cfm (70.8 litres per sec.)	175 cfm (82.6 litres per sec.)	175 cfm (82.6 litres per sec.)
RATED OPERATING PRESSURE	100 psi (7.03 kgf per cm ²)	100 psi (7.03 kgf per cm ²)	100 psi (7.03 kgf per cm ²)	100 psi (7.03 kgf per cm ²)
AIR CLEANER ELEMENT	PART NO. 35291970	PART NO. 35291970	PART NO. 35291970	PART NO. 35291970
COMPRESSOR OIL FILTER ELEMENT.....	PART NO. 35296920	PART NO. 35296920	PART NO. 35296920	PART NO. 35296920
COMPRESSOR OIL CAPACITY*.....	14 QTS. (13.25 litres)	14 QTS. (13.25 litres)	14 QTS. (13.25 litres)	14 QTS. (13.25 litres)
KLOCKER-HUMBOLDT-				
DEUTZ AG				
DIESEL ENGINE, SERIES	MODEL DEUTZ F3L912HO	MODEL DEUTZ F3L912HO	MODEL DEUTZ F3L912HO	MODEL DEUTZ F3L912HO
ENGINE SPEED AT FULL LOAD.....	1900 RPM	2300 RPM	2500 RPM	2500 RPM
ENGINE SPEED AT NO LOAD	1400 RPM	1400 RPM	1400 RPM	1400 RPM
ELECTRICAL STARTING SYSTEM.....	12 Volt	12 Volt	12 Volt	12 Volt
ENGINE LUBE OIL CAPACITY				
(INCLUDING OIL FILTER)	9.5 qts. (9 litres)	9.5 qts. (9 litres)	9.5 qts. (9 litres)	9.5 qts. (9 litres)
FUEL TANK CAPACITY**.....	24 US GALS. (90.8 litres)	24 US GALS. (90.8 litres)	24 US GALS. (90.8 litres)	24 US GALS. (90.8 litres)
LENGTH INCLUDING TOWBAR	12.0' (3.66 m)	12.0' (3.66 m)	12.0' (3.66 m)	12.0' (3.66 m)
HEIGHT	4.83' (1.47 m)	4.83' (1.47 m)	4.83' (1.47 m)	4.83' (1.47 m)
WIDTH	6.25' (1.91 m)	6.25' (1.91 m)	6.25' (1.91 m)	6.25' (1.91 m)
NET WEIGHT				
(INCLUDING LUBE OIL)	2600 lbs. (1179 kg)	2600 lbs. (1179 kg)	2600 lbs. (1179 kg)	2600 lbs. (1179 kg)
GROSS WEIGHT (INCLUDING FUEL AND COOLANT).....	2784 lbs. (1263 kg)	2784 lbs. (1263 kg)	2784 lbs. (1263 kg)	2784 lbs. (1263 kg)

*RECOMMENDED COMPRESSOR LUBRICANT: USE A HEAVY-DUTY, DETERGENT-TYPE OIL CONFORMING TO SPECIFICATION MIL-L-46152, GRADE SAE 10W FOR AN AMBIENT TEMPERATURE RANGE OF 125°F TO -10°F (52°C to -23°C). ASCERTAIN THAT MIL-L-46152 LUBRICANTS MEET API CLASS CC ONLY AND NOT CD. FOR AMBIENT TEMPERATURES BELOW -10°F (-23°C) AND FOR ALTERNATE TYPE COMPRESSOR LUBRICANTS, CONSULT COMPRESSOR OPERATING AND MAINTENANCE MANUAL.

CAUTION: DO NOT MIX OILS OF DIFFERENT TYPES OR BRANDS.

**USE NO. 2-D DIESEL FUEL OIL WITH MINIMUM CETANE NUMBER OF 45 AND SULFUR CONTENT NOT GREATER THAN 0.5%

THESE COMPRESSORS EQUIPPED WITH G78 x 15, LOAD RANGE "B" (OR EQUIVALENT) SIZE TIRES, AS DESCRIBED IN TRA 1980 YEARBOOK, TABLE PC-7. SERVICE LOAD AND INFLATION ARE IN COMPLIANCE WITH THE PROVISIONS AT THE RESTRICTED SPEED RANGE.

COLD INFLATION PRESSURE

MAXIMUM TOWING SPEED.....

CAUTION: ANY DEPARTURE FROM THE ABOVE RECOMMENDATIONS MAY MAKE THIS EQUIPMENT UNSAFE.

Figure D – Fiche technique P175WD. (Voir Annexe)

2.1 Contrôle

L'équipement est muni d'un panneau de contrôle simple et intuitif. Vu la complexité du fonctionnement de l'équipement, le panneau de contrôle ne donne accès qu'aux paramètres de fonctionnement général du compresseur tel qu'arrêt/départ, interrupteur de dérivation du démarrage, et câble de commande. La photo ci-dessous montrent ces éléments du panneau de contrôle du compresseur. Voir aussi l'annexe C pour un schéma relatif au panneau.



- - Bouton Départ/Arrêt
- - Interrupteur de dérivation du démarrage ou « Bypass Switch »
- - Câble de commande ou « Control Cable »

Figure C – Représentation du panneau de contrôle

Pour une modification majeure du fonctionnement de l'unité, l'opérateur doit ouvrir le panneau de service et procéder au changement derrière le panneau de contrôle. Un exemple de modification majeure qui nécessite l'ouverture du panneau de service : l'ajustement de la pression de service.

Dans le cadre de cet l'exemple, la modification se fait manuellement à l'aide d'outils. Les modifications majeures ne peuvent être faites directement à partir du panneau de contrôle. Le compresseur doit être ouvert pour accéder aux mécanismes de fonctionnement, voir la figure ci-dessous pour cette modification.

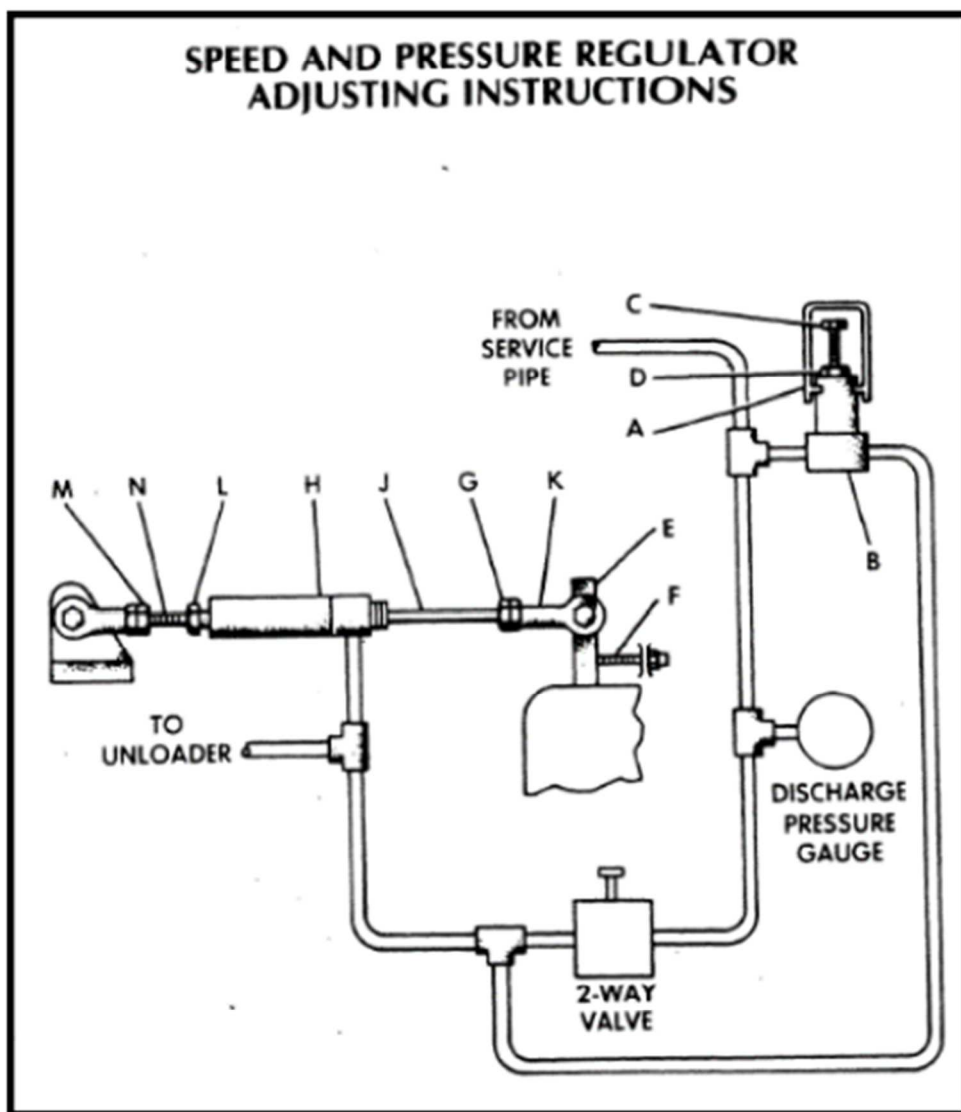


Figure D – Diagramme de régulation de la pression de service du compresseur (Voir Annexe)

2.2 Mécanique

Ci-dessous, le diagramme de la circulation de l'air et de l'huile dans un compresseur mobile au diesel typique et aussi spécifique au modèle P175WD à l'étude. Le débit d'air circulant à travers le compresseur est ajusté automatiquement (allant de nulle à pleine capacité de compression) en fonction de la demande d'air par l'utilisateur à la sortie de l'unité. L'ajustement à zéro capacité est réalisé par la « Inlet valve - (A) ». Cette soupape, installée sur l'orifice d'admission du châssis du bloc de compression « Rotor housing intake port », contrôle la capacité du compresseur par un effet d'étranglement. Cette action est accomplie grâce à l'utilisation d'un ressort calibré. Le ressort maintient une pression suffisante sur le diaphragme pour empêcher le mouvement de la soupape. La soupape de régulation signale au cylindre d'actionnement d'air de ralentir le moteur. Le bloc de compression « Compressor AirEnd – (B) » est composé de deux rotors hélicoïdaux engrenés dans une chambre de compression. Les rotors aspirent l'air par l'entrée supérieure, le compriment axialement et l'évacuent par le bas à l'extrémité opposée. L'huile refroidie est injectée dans la chambre de compression sous pression contrôlée pour remplir trois fonctions : **refroidir l'air, sceller et lubrifier** les surfaces internes.

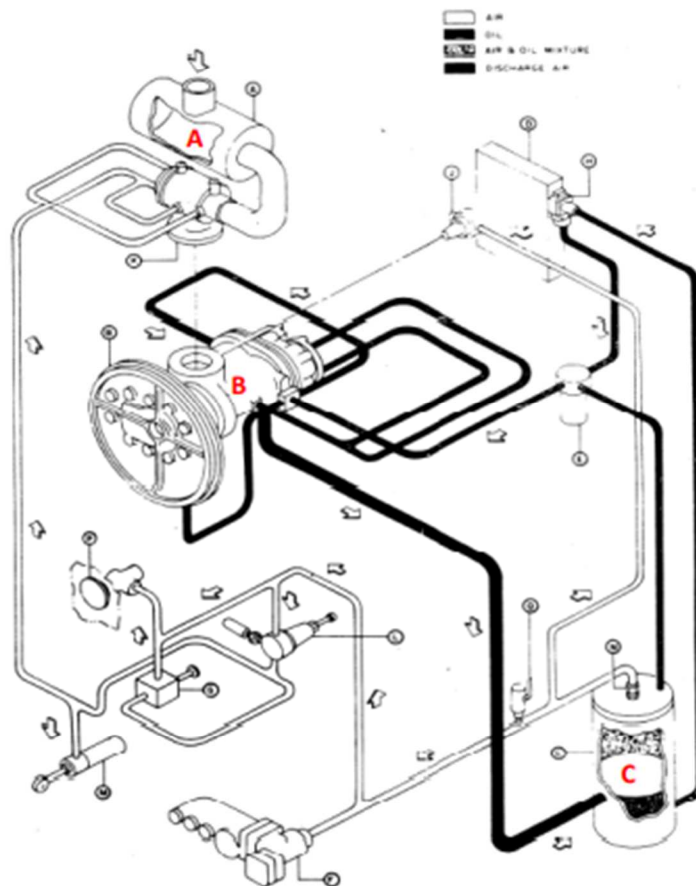


Figure E – Diagramme de débit d'air et d'huile (Voir Annexe)

Une lubrification sous pression est également fournie aux engrenages et aux roulements. L'huile qui se mélange à l'air lors de la compression passe ensuite dans le séparateur. Le réservoir du séparateur « Receiver-Separator – (C) » reçoit l'air comprimé et la brume d'huile. La majeure partie de l'huile tombe immédiatement au fond du réservoir du séparateur. L'huile restant dans l'air est éliminée par le filtre du séparateur d'huile. Le réservoir du séparateur sert majoritairement à stocker l'huile de lubrification et de refroidissement du compresseur. La pression de l'air comprimé dans le réservoir du séparateur est indiquée par le manomètre de décharge d'air sur le tableau de bord. L'air est ensuite envoyé dans le circuit de décharge. L'huile est envoyée dans un circuit de filtration et de refroidissement. Le fabricant a installé les valves, sondes, régulateurs et manomètres pour une **optimisation** du fonctionnement du compresseur en temps réel et une **protection** de l'équipement selon les paramètres de sa conception d'origine.

Le fabricant suggère plusieurs recommandations de maintenance pour bien opérer leurs équipements. Voici un bref résumé des recommandations principales par rapport à la lubrification du compresseur :

La **lubrification** et le refroidissement du compresseur sont assurés par l'huile de lubrification du compresseur. Lorsque le compresseur fonctionne à faible capacité, l'huile en circulation est maintenue à une température de 180 °F (82 °C). Cela réduit la possibilité de condensation de vapeur d'eau dans l'huile.

Faire une **vidange d'huile** après 500 heures de fonctionnement ou selon le lubrifiant utilisé. L'huile se détériore dans le temps et aussi selon les conditions de fonctionnement. Le remplacement complet de l'ancienne huile par une nouvelle huile propre toutes les 300 à 500 heures de fonctionnement (ou tous les six mois) n'est pas seulement souhaitable, mais constitue à assurer un bon fonctionnement.

Le même cycle de vie est recommandé pour le **filtre du séparateur d'huile**. S'assurer que le niveau de l'huile du compresseur ne dépasse jamais le centre de la jauge visuelle. Ajouter de l'huile uniquement si le niveau tombe au bas de la jauge visuelle et lorsque l'appareil est à l'arrêt.

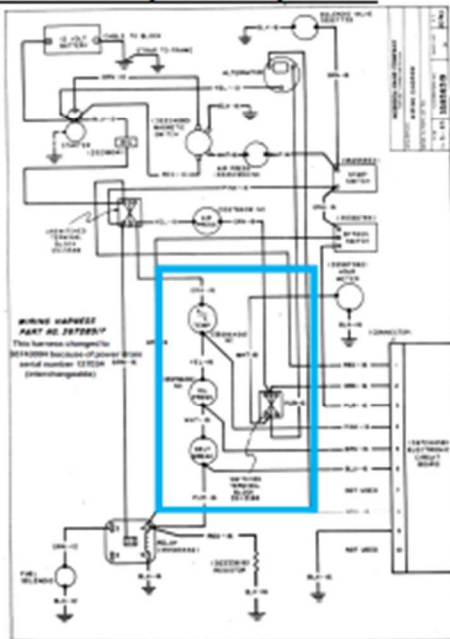
2.3 Électrique

Le fabricant inclut un mécanisme de sécurité sur le circuit électrique de ces types de compresseurs mobile au diesel. Cette sécurité électrique se compose de capteurs et d'actionneurs qui arrête l'équipement lorsqu'un état critique est atteint. Le manufacturier recommande de faire la vérification des interrupteurs et des sondes de sécurité tous les trois (3) mois. Voici certaines situations critiques pouvant survenir lorsqu'on opère un compresseur d'air au diesel :

- Surchauffe
- Bas niveau d'huile
- Haute pression à la sortie
- Haute pression d'huile
- Incapacité de monter en pression

Le schéma suivant est une représentation du circuit électrique d'origine sur le compresseur à air mobile de modèle P175WD alimenté par un moteur diesel. Par exemple, lorsque la température dépasse la limite de 248°F (120°C), la sonde de température interrompt le circuit et empêche le fonctionnement de l'unité.

Schéma électrique du compresseur



Agrandit sur la section Protection électrique du compresseur

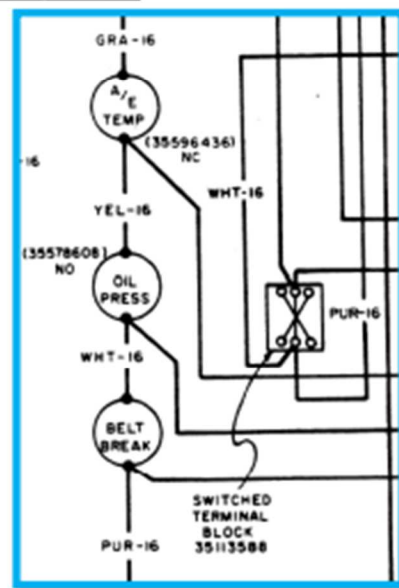


Figure F – Diagramme électrique (Voir Annexe)

ID	Logic	Code	Description
A/E – TEMP	N-C (Normally Closed)	35596436	Sonde de température
OIL PRESS	N-O (Normally Open)	35578608	Sonde de pression d'huile
BELT BREAK	N/A	N/A	Système de détection de tension sur la courroie

2.4 Sécurité

Le manuel de l'opérateur et de maintenance de l'équipement mentionne plusieurs recommandations sur l'utilisation des compresseurs de la série 953. Voici un résumé de certaines de ces recommandations :

AIR RESPIRABLE – Sur la page couverture du manuel de l'utilisateur, le fabricant affiche une déclaration sur l'utilisation de leurs équipements pour l'air respirable. Selon la déclaration du fabricant, la série de compresseurs 953 n'est pas considérée comme capable de produire de l'air de qualité respirable.

AVANT DE DÉMARRER LE COMPRESSEUR – Placez l'équipement dans une position aussi horizontale que possible. Lorsque l'unité doit fonctionner pendant de longues heures, il est important de vérifier le niveau d'huile du compresseur.

DÉMARRAGE DU COMPRESSEUR – Assurez-vous que la poignée d'arrêt manuel est complètement enfoncée. Appuyez simultanément sur l'interrupteur de démarrage et l'interrupteur de dérivation « Bypass ». Relâchez l'interrupteur de démarrage lorsque le moteur démarre. Relâchez l'interrupteur de dérivation lorsque la pression de refoulement de l'air atteint environ 40psig. Lorsque l'interrupteur de dérivation est relâché, tous les voyants lumineux du panneau doivent s'allumer. Une fois que le moteur est réchauffé, appuyez sur la soupape « start-run ». À ce stade du fonctionnement de l'unité, il est prudent d'appliquer une pleine charge au moteur.

PANNEAU DE LUMIÈRES – Dans des conditions de fonctionnement normales, tous les voyants du panneau doivent être éteints. Une fonction de test des lampes est incorporée dans le circuit du commutateur de dérivation. Lorsque l'interrupteur de dérivation est enfoncé, la température de refoulement d'air élevée et le bas niveau d'huile du moteur feront allumer les voyants du panneau. Si le moteur ne tourne pas, le voyant de l'alternateur s'allume également. Les lumières peuvent être testées à tout moment pendant le fonctionnement du compresseur.

ARRÊT DU COMPRESSEUR – Fermez toutes les vannes de service. Laissez l'équipement fonctionner sans charge pendant quelques minutes pour réduire la température du moteur. Il est important de faire tourner le moteur au ralenti pendant 3 à 5 minutes avant de l'arrêter pour permettre à l'huile de lubrification et à l'air de refroidissement d'évacuer la chaleur de la chambre de combustion, des roulements, des arbres, etc. Tirez la poignée d'arrêt manuel et maintenez-la jusqu'à ce que le moteur s'arrête complètement.

ARRÊT SÉCURITAIRE – Si l'un des trois échecs d'arrêt se produit, l'unité s'arrête automatiquement. Dans une situation d'arrêt, le voyant lumineux du panneau indique quelle panne spécifique du procédé a provoqué l'arrêt de l'équipement. Ces voyants restent allumés jusqu'à ce que l'unité termine son cycle de purge.

3 Inspection du compresseur – [N/S : 151452 U85 953]

Le mandat d'Entreprises Larry, dans le cadre de cette étude, est d'offrir un rapport détaillé de l'état du compresseur à son arrivé le **07-mai-2022**.

Pour compléter ce mandat, une inspection visuelle sera faite. Selon les remarques du technicien d'atelier Phillipe Ducharme, certaines recommandations seront proposées.

L'objectif de ces recommandations sera de remettre l'équipement analysé en état de marche de façon sécuritaire pour notre équipe d'atelier. Lorsque le compresseur sera déclaré sécuritaire, un démarrage pourra être effectué.

L'inspection initiale de l'équipement est faite selon les recommandations du fabricant. L'état général du compresseur à son arrivée au 4200 rue Saint-Patrick, Montréal, QC H4E 1A5 sera observé avant de proposer des recommandations. Une fois les recommandations respectée et appliquée à l'équipement analysé, le technicien planifie et effectue un démarrage. Le démarrage de l'équipement permet de diagnostiquer d'autres anomalies qui ne peuvent être perçues durant l'inspection visuelle à l'arrivée du compresseur.

Les recommandations faites par le technicien après l'inspection visuelle ne sont pas une garantie du bon fonctionnement de l'équipement après le démarrage.

3.1 Inspection visuelle

Le **07-mai-2022**, le technicien Phillipe Ducharme procède à l'inspection visuelle du compresseur P175WD. Voici un résumé détaillé du rapport d'inspection visuelle.

État général du compresseur à l'extérieur – Figure G (Voir Annexe)

Le compresseur est un peu de rouillé sur la carrosserie. La structure métallique du compresseur mobile est légèrement attaquée par la rouille, mais rien de critique pour le fonctionnement et le transport du compresseur P175WD. Les cylindres de retenue des portes à charnière du compresseur ne font plus leur travail efficacement. Il y a présence d'huile aux points de sortie du compresseur. La plaque protectrice des cadrans d'affichage des états du compresseur est très sale, mais la lecture des cadrans est possible.

- *Points critiques relevés* : Aucun

État général du compresseur à l'intérieure – Figure G1 et G2 (Voir Annexe)

Le compresseur est propre à l'intérieur, il n'y a presque pas de traces d'huile sur le plancher du compresseur. Une odeur de suie est facilement détectée lorsqu'on se rapproche des composantes internes du compresseur. Une décoloration sur le cylindre du séparateur d'huile indique potentiellement qu'il y a eu combustion passée. Les orifices de la valve de sécurité du cylindre du séparateur présentent aussi de la poussière possiblement issue de la combustion. Il y a présence d'huile sur le capteur de pression et autour de la connexion au manomètre. Le circuit électrique du compresseur semble inhabituel. Certaines connexions électriques sont

endommagées ou ne sont pas branchées. Il y a présence de rouille sur certaines composantes, mais rien de critique pour le fonctionnement du compresseur P175WD.

- *Points critiques relevés* : La sonde de température est débranchée sur le bloc de compression, le circuit interne diffère du circuit d'origine du fabricant, un fil de contrôle est dénudé et en contact avec du métal, il y a présence d'un interrupteur à l'intérieur du compresseur, il y a signe de possible combustion antérieure dans le cylindre du séparateur d'huile.

Niveau d'huile – Figure H (Voir Annexe)

Le compresseur possède un cylindre transparent, sur le bas du séparateur d'huile, pour voir le niveau d'huile dans le compresseur. Aucune présence d'huile n'a été décelée dans ce cylindre transparent pendant l'inspection. La quincaillerie pour la vidange d'huile est extrêmement rouillée.

- *Points critiques relevés* : Il y a signe de possible combustion antérieure dans le cylindre du séparateur d'huile. À l'arrêt de l'équipement, aucune huile n'est détectée dans le cylindre transparent.

Condition de démarrage

Selon les points critiques soulevés, le technicien en charge propose les recommandations pour être en mesure de redémarrer le compresseur sécuritairement et continuer l'analyse : effectuer une maintenance générale en remplaçant les composantes de la liste ci-dessous.

ID MFG	Description	Fournisseur	Qté	N/S#
Element Separator 35843341	Cartouche du filtre du séparateur	N/A	1	35843341 8-92T
N/A	Lubrifiant du moteur	N/A	N/A	N/A
Element Cartidge 35296920	Filtre d'huile	WIX Filters	1	061614A1
N/A	Valve de sécurité	N/A	1	N/A

3.2 Remarques à la suite de l'inspection visuelle

Voici les commentaires soulevés par notre équipe à la suite de l'inspection visuelle du compresseur en analyse.

- En raison du manque d'huile, la maintenance sur le compresseur ne semble pas à jour.
- On soupçonne qu'une combustion a eu lieu dans le cylindre du séparateur d'huile. Celui-ci doit être ouvert pour valider l'état de la cartouche du filtre du séparateur.
- On soupçonne des modifications au circuit électrique d'origine, une validation du circuit doit être faite.

- Faire un prélèvement de l'huile pour analyser ses propriétés. Voir la figure ci-dessous pour les caractéristiques de l'huile que le fabricant recommande d'utiliser.

Typical physical properties are given below. Consult Product Data Sheet for specific details.	
Appearance:	Liquid
Color:	Slightly Hazy Amber
Odor:	Mild
Odor Threshold-ppm:	NE
pH:	NA
Boiling Point C(F):	>316 (600)
Melting Point C(F):	NA
Flash Point C(F):	>175 (347) (ASTM D-92)
Flammability:	NE
Auto Flammability:	NE
Explosive Properties:	NA
Oxidizing Properties:	NA
Vapor Pressure –mmHg 20 c:	< 0.1
Vapor Density:	> 2.0
Evaporation Rate:	NE
Relative Density, 15/4 C:	0.87
Solubility in Water:	Negligible
Partition Coefficient:	> 3.5
Viscosity at 40 C, cSt:	40.0
Viscosity at 100 C, cSt:	7.4
Pour Point C(F):	-40 (-40)
Freezing Point C(F):	NE
Volatile organic Compound:	<8.00 (Wt. %); 0.574 lbs/gal
DMSO Extract, IP-346 (WT.%):	< 3, for mineral oil only
NA=NOT APPLICABLE NE=NOT ESTABLISHED D=DECOMPOSES	

Figure I – Fiche technique de l'huile (Voir Annexe)

3.3 Réflexion par rapport à l'inspection

Une réflexion additionnelle est requise pour voir le compresseur dans son ensemble. Ceci permet aussi de voir l'interaction entre les composantes non-conformes, leurs causes et leurs effets possibles dans le cadre du redémarrage du compresseur.

3.3.1 Circuit de contrôle et circuit électrique

Circuit de contrôle : présence de modifications et d'ajouts.

- Effets probables : Une modification du circuit électrique du compresseur n'est pas recommandée. La présence de fils électriques débranchés ne correspond pas à l'état initial de la conception du fabricant. Une modification mal faite peut amener à une faille dans le circuit de sécurité prévu par le fabricant.

Circuit électrique : la sonde de température n'est pas branchée.

- Causes probables: modifications.

- Effets probables : selon la conception d'origine du manufacturier, le moteur ne sera pas capable de démarrer. Ceci est un mécanisme de sécurité.

3.3.2 Cylindre séparateur

Odeur de suie à l'intérieur du compresseur et présence de poussières de combustibles.

- Causes probables:
 - L'air comprimé qui circule dans le séparateur rend ce milieu propice aux phénomènes de friction et de **charge électrostatique**.
 - Si la dernière maintenance n'a pas été faite, le compresseur peut **manquer d'huile** ce qui peut causer une surchauffe plus rapide que normale. L'huile, qui sert de fluide de refroidissement, ne sera plus en mesure de bien compléter sa tâche et la température de l'huile va grimper. Ceci aura comme effet d'augmenter la température de toutes les composantes lubrifiées et refroidies par cette huile.
 - La défaillance d'un système de sécurité du compresseur (tel que provoquée par la sonde de température déconnectée) permet une augmentation incontrôlée de de température.
 - Une température de l'huile trop élevée rend le milieu propice à une combustion (« Flash Point » à 175°C).

3.3.3 Cartouche de filtre

Combustion dans la chambre : le filtre du séparateur est installé au centre du cylindre du séparateur d'huile. Ils sont tous deux de construction métallique et la cartouche est constamment mise à la terre à l'aide d'une broche métallique selon la conception d'origine.

- Causes probables: si le changement du filtre n'est pas fait régulièrement, la broche de mise à la terre peut devenir défectueuse. Lorsque cette situation se produit, une charge électrostatique est accumulée sur la paroi du cylindre et sur la cartouche du filtre sans pouvoir être évacuée.

4 Réparation, test et démarrage

Une série de tests et de réparations est prévue pour donner suite au test visuel. Une fois les pièces remplacées, selon la recommandation initiale faite par notre équipe technique, le compresseur sera prêt pour un démarrage sécuritaire. La série de tests lors du démarrage, en collaboration avec la CNESST, aidera à répondre à certaines questions techniques. Les hypothèses posées lors de l'inspection visuelle seront soit validées ou écartées, grâce au test.

Ces tests et le remplacement des composantes du compresseur P175WD (#953) ont tous été faits en présence de l'équipe de la CNESST et de l'équipe d'Entreprises Larry.

Pour des raisons de sécurité, le circuit électrique doit être validé avant de démarrer le compresseur.

4.1 Réparation et remplacement des pièces, selon les recommandations après l'inspection visuelle

16 juin 2022

La **maintenance générale** et le remplacement des composantes est fait selon les recommandations issue de l'inspection visuels. Ces travaux sont faits en présence de l'inspecteur de la CNESST, Kevin Lanoix, du technicien Larry, Phillipe Ducharme, et du représentant Larry, Cletaine Matouba. Voici un descriptif chronologique de ce qui a été fait pendant la maintenance.

Vidange d'huile – Premièrement une vidange d'huile a été faite pour ne pas contaminer la nouvelle huile et pour avoir une mesure approximative de la quantité d'huile contenue dans le compresseur à son arrivée au 4200 rue Saint-Patrick. Un peu plus d'un litre et demi (1.5 litre) a été vidangé du compresseur à l'arrêt. Selon la fiche technique du compresseur, le fabricant recommande environ treize (13) litres d'huile. L'écrou du réservoir du séparateur a été difficile à dévisser pour la vidange.

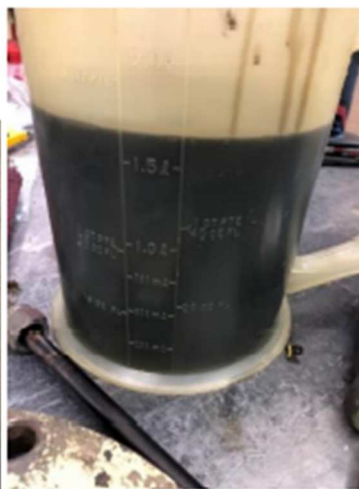


Figure H et Figure J – Photo vidange d'huile (Voir Annexe)

Remplacement des filtres – Le nouveau filtre du séparateur et le nouveau filtre à huile ont été installés pour garantir le bon fonctionnement. Une nouvelle valve de sécurité contre la surpression a été installée sur le réservoir du séparateur selon les recommandations du fabricant. *Figure K – (Voir Annexe).*

Huile de refroidissement et lubrification – Une fois la vidange terminée et le changement des composantes faits, douze (12) litres de l'huile « Doosan Pro-TEC Compressor Fluid » ont été ajoutés au compresseur. Selon le cylindre transparent sur le côté du réservoir du séparateur, cette quantité d'huile est raisonnable pour le compresseur à l'arrêt après une vidange.

4.2 Test du circuit électrique

21 juin 2022

La **validation** du circuit de sécurité électrique du fabricant est primordiale avant de démarrer le compresseur parce que nous avons remarqué une modification du circuit électrique. Cette validation va nous aider lors du démarrage et de l'arrêt du compresseur en cas d'incident. Si le compresseur ne peut pas s'éteindre sécuritairement tout seul, notre équipe doit être outillée en conséquence. Voici un descriptif chronologique de la journée.

Validation du circuit d'origine – Notre équipe a remarqué l'ajout d'un **interrupteur** qui contrôle l'ouverture et la fermeture de la valve solénoïde qui alimente le moteur diesel en carburant. Cet interrupteur n'est pas présent sur le schéma d'origine de l'équipement. L'ajout de cette composante permet de garder le moteur diesel fonction et empêche le compresseur de démarrer s'il n'est pas actionné car le carburant ne sera pas acheminé au moteur. Grâce à un multimètre, une validation des états initiaux des **sondes** a été conduite. La sonde de température du bloc de compression n'est pas branchée sur les borniers adéquats selon le schéma électrique d'origine. Cette même sonde n'est pas, non plus, branchée sur le bloc de compression comme il devrait l'être selon le schéma d'origine.

Conclusion à la suite de la validation du circuit – Selon le circuit électrique modifié du compresseur en analyse, une fois que l'interrupteur de carburant (solénoïde) est enclenché l'arrêt du compresseur ne peut se faire que manuellement. Dans l'éventualité où le compresseur manque d'huile ou que les composantes internes surchauffent, aucun signal ne serait envoyé. Le moteur diesel, ne recevant aucun signal, va continuer de faire tourner le bloc de compression et donc continuer de comprimer l'air.

4.3 Test de démarrage

21 juin 2022 (suite)

Premier démarrage – Une fois le circuit électrique validé et l'état sécuritaire confirmé, notre équipe démarre le compresseur pour la première fois depuis son acheminement à nos ateliers pour des fins d'analyse mécanique. Lorsque l'équipement est mis sous tension, celui-ci roule pendant environ une quinzaine (**15**) de **secondes** avant d'atteindre la pression maximum de la nouvelle valve de sécurité du réservoir du séparateur. Ce bref premier démarrage révèle des problématiques invisibles à l'inspection visuelle.

Problématiques rencontrées lors du 1^{er} démarrage :

- Fuites importantes d'huile.
- Plusieurs joints d'étanchéité fissurés à cause de la montée en pression.
- Régulateur de pression de l'équipement non conforme.
- Montée trop rapide de la pression.

Solutions à apporter au compresseur avant le 2^e démarrage : L'état du compresseur, après le premier démarrage, n'est pas sécuritaire pour effectuer un deuxième démarrage. Les problématiques rencontrées sont communes, donc notre équipe fait les propositions suivantes pour permettre de continuer la séance de tests :

- Ajouter de l'huile pour compenser les pertes.
- Remplacer les joints d'étanchéité problématique par de nouveaux, faits sur mesure.
- Réparer les composantes internes du régulateur de pression, pour empêcher la pression d'atteindre des valeurs critiques.
- Installer un silencieux à décharge d'air comprimé du compresseur pour permettre d'évacuer l'air en toute sécurité et, par ce fait, d'empêcher que la pression dans le séparateur ne dépasse la limite critique de la valve de sécurité.

Deuxième démarrage : vu l'état de l'équipement, plusieurs précautions sont mises en place pour un deuxième démarrage sécuritaire. Avec l'équipe de la CNESST qui était présente, nous avons convenu d'une durée de fonctionnement d'environ **15 minutes** pour recueillir le maximum d'informations requis au dossier et pour compléter le rapport d'expertise. Les réparations nécessaires pour effectuer un deuxième démarrage ont été faites avec l'accord de l'équipe de la CNESST présente sur les lieux. En raison de la sonde de température défectueuse sur le bloc de compression, un pistolet thermique sera utilisé pour surveiller manuellement la température des composantes internes du compresseur lors du démarrage et assurer la sécurité.

Problématiques rencontrées lors du 2^e démarrage :

- La température du bloc de compression a atteint une valeur maximale d'environ 300°C.
- L'huile sort par l'entrée d'air du bloc de compression.
- Plusieurs composantes perdent l'huile lors du fonctionnement et lorsque l'on arrête le compresseur.
- Vibration anormale du compresseur lorsqu'il s'arrête
- Présence de fumée blanchâtre à la décharge d'air comprimé

Solutions à apporter au compresseur avant un autre démarrage : Pour compléter le mandat de ce rapport, aucun autre démarrage n'est nécessaire. Notre équipe peut poser un diagnostic par rapport à l'état du compresseur à son arrivée. Pour un besoin de démarrage supplémentaire, Entreprises Larry devra fournir des recommandations afin de garantir la sécurité du personnel lors du démarrage.

5 Analyse de la vidéo de l'incident

La vidéo fournie par la CNESST a été analysé, les faits observables sont décrits ci-dessous.

0:00:00 à 0:05:10 – La présence d'un ouvrier vêtu de blanc en haut à gauche. Le compresseur a ses portes grandement ouvertes. Le compresseur semble être en fonction selon la traque sonore de la vidéo. On ne remarque rien d'anormale en raison de la qualité de la vidéo et de la distance entre la caméra et le compresseur en fonction.

0:05:10 à 0:05:18 – La présence d'une fumée dense s'émane du compresseur. Grâce au son et aux images issues de la vidéo, on identifie qu'une combustion se produit dans le cylindre du séparateur d'huile. Cette combustion a ouvert la valve de sécurité pour laisser échapper le surplus de pression causé par la combustion. La valve de sécurité étant ouverte, la fumée peut s'échapper.

0:05:18 à 0:05:53 – Avec la qualité de la vidéo, il est dure de voir les détails. Cependant, il semble que l'ouvrier vêtu de blanc est en mouvement et s'effondre brusquement. Selon le son de la vidéo, on remarque que le compresseur est toujours en fonction même si la combustion a eu lieu.

0:05:53 à 0:09:47 – Le compresseur est toujours en fonction. On remarque une présence de fumée blanche qui est constamment produit par le compresseur depuis la combustion.

6 Analyse de l'huile du compresseur

Le rapport d'analyse de l'huile du compresseur fait état de la viscosité de l'huile est qui est inhabituellement élevée. Celle-ci peut s'expliquer par un manque généralisé de la maintenance, principalement le vidange d'huile et de changement d'huile aux intervalles prescrit par le manufacturier.



Fluid Analysis Report



Account Information	Component Information	Sample Information
Account Number: ITSLAB-1038-0758 Customer Name: CNESST Service Location: ENTREPRISE LARRY	Serial Number: 151452U8595 Secondary ID: Model Number: 175 Unit Type: ROTARY SCREW COMPRESSOR Manufacturer: INGERSOLL RAND	Tracking Number: 21357R90388 Lab Number: E-853515 Lab Location: Edmonton Data Analyst: JAS Sampled: 2022 Received: 30-Jun-2022 Completed: 06-Jul-2022
Filter Information	Miscellaneous Information	Product Information
Filter Type: Micron Rating: 0	Taken By: N/A Customer Service: 1-866-341-4367	Fluid Manufacturer: Fluid Name: Viscosity Grade:
Comments:	Viscosity is high. ACTION SHOULD BE TAKEN TO INVESTIGATE ISSUE Check for source of CONTAMINATION; CHANGE COOLANT; Check running conditions of machine / life of the coolant TAN ELEVATED; Resample in 250 hours or 2 weeks of operation whichever occurs first; Improve operating conditions;	

Sample Information								Lubricant Health					Lubricant Health: Additives			
Sample #	Date Sampled	Date Received	Lube Time	Unit Time	Lube Change	Lube Added	Filter Change	Viscosity 40°C	Acid Number	Oxidation	Nitration	pH Oils	Water by Karl Fischer	Calcium	Barium	Phosphorus
			h	h		g/l		cSt	mg KOH/g	cts / cm	abs / 0.1mm		ppm	ppm	ppm	ppm
BL	N/A	19-Jul-2022	0	0	Unk	0	Unk	50.1	0.01	104	10	7.8	866	1	789	0
1	N/A	20-Jun-2022	0	0	Unk	0	Unk	85.0	1.63	41	3	5.1	1118	764	3	442

Mechanical Health																							
Sample #	Iron	Chromium	Nickel	Aluminum	Copper	Lead	Tin	Silver	Vanadium	Silicon	Sodium	Potassium	Titanium	Molybdenum	Antimony	Manganese	Lithium	Boron	Magnesium	Zinc	> 6 µm	> 38 µm	> 10 µm
BL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	326	2	121
1	115	1	1	22	11	20	3	0	0	67	21	12	1	1	26	2	0	2	24	520	54341	4	352

Comments are advisory only and are based on the assumption that the sample and data submitted are valid. Results relate only to the items tested. Missing fluid or component information limits the evaluation. No warranty is expressed or implied. Measurement uncertainty available upon request.

Figure L – Analyse d'huile (Voir Annexe)

7 Conclusion

Ce rapport est une analyse mécanique et une vulgarisation du fonctionnement d'un compresseur de type à vis qui est alimenté au diesel. Le rapport présente le fonctionnement idéal de ce type d'équipement, modèle P175WD, et le compare à l'unité spécifique P175WD (#953) [N/S : 151452 U85 953]. Dans le but de déterminer l'état du compresseur, Entreprises Larry conjointement avec la CNESST ont mené à terme plusieurs test et maintenances. Ce rapport présente celles-ci dans l'ordre chronologique autant que possible. Les recommandations posées dans ce rapport sont dans le but de permettre une utilisation sécuritaire de l'équipement qui doit être analysé.

Il a été établi, entre-autres, que le circuit de protection de l'équipement n'est pas conforme selon la conception originale du manufacturier. La modification de ce circuit, dont le débranchement de la sonde de pression, rend possible la surchauffe incontrôlée du compresseur et de ses composantes internes. De plus, l'ajout de l'interrupteur contrôlant la valve solénoïde d'admission de diesel rend l'équipement dépendant à un arrêt manuel dans l'éventualité d'une situation critique.

Malgré les maintenances de base, le compresseur analysé dans ce rapport n'est pas en état d'utilisation. Il a cependant pu être mis en fonction durant une quinzaine (15) de minute ce qui nous a permis de récolter les données requises pour notre analyse. Ces données, conjointement avec l'analyse de la vidéo de l'incident, nous ont permis de corroborer l'hypothèses qu'une combustion a eu lieu tel que présumé durant l'inspection visuelle.

Il faut mentionner que l'état du compresseur à son arrivée et l'analyse d'huile laissent présumer que l'équipement n'a que peu ou pas été entretenu récemment. Il faut aussi mentionner que les températures critiques qu'il est possible d'atteindre dans le séparateur d'huile due aux **modifications** sont au-delà du point d'ignition des vapeurs d'huile. Cependant, **seule la convergence** de ces deux circonstances ont permis la combustion. Si le circuit électrique du compresseur était resté d'origine, le compresseur se serait arrêté avant la combustion dû à la haute température de l'huile.

Selon les Entreprises Larry, le compresseur P175WD (#953) [N/S : 151452 U85 953] est mécaniquement en mauvais état. Les fuites importantes d'huile et le circuit électrique (non conforme) obligent le reconditionnement complet avant l'utilisation du compresseur.

8 ANNEXES

Figure A:

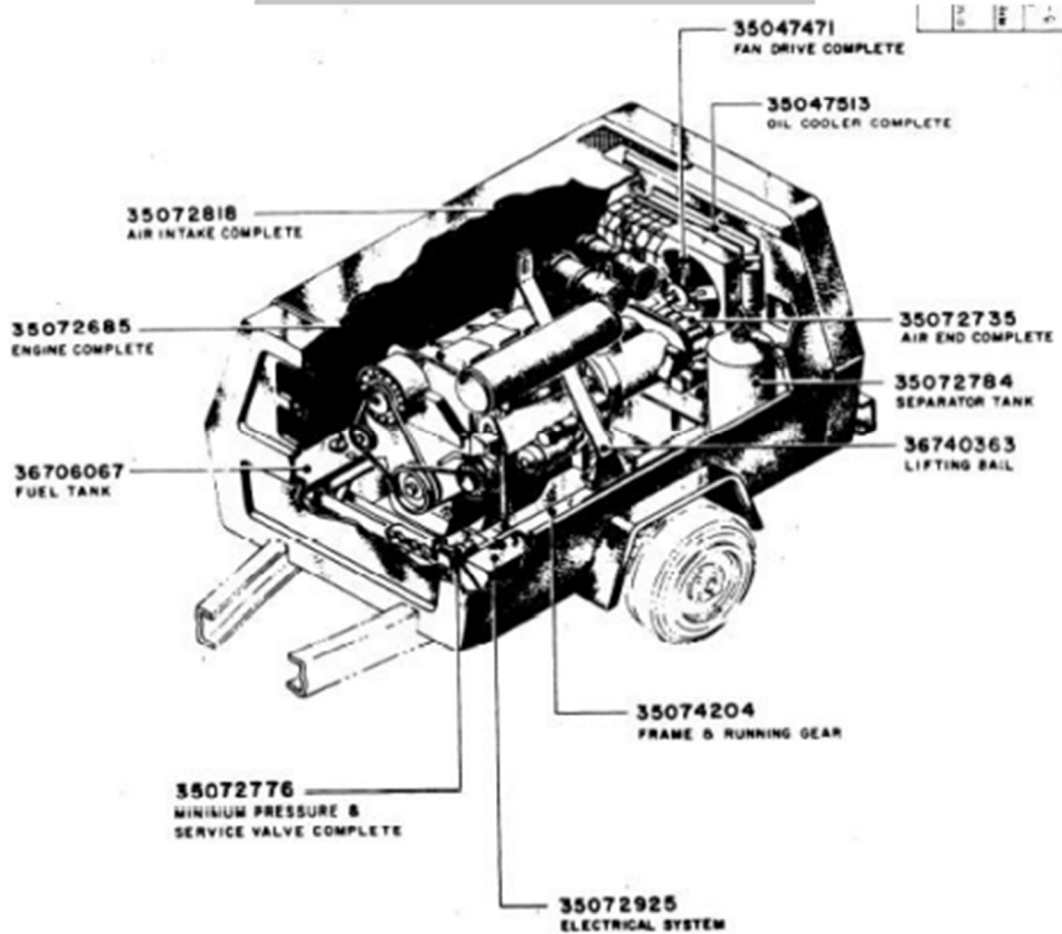
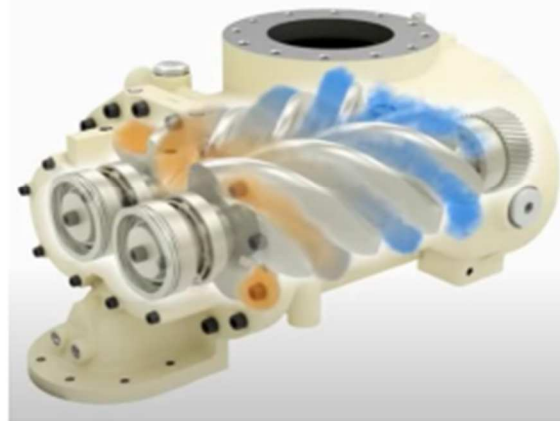


Figure B:

GENERAL DATA			
AIR COMPRESSOR.....	MODEL P-125A-W-D	MODEL P-150A-W-D	MODEL P-175A-W-D
ACTUAL DELIVERY OF COMPRESSOR ...	125 cfm (59 litres per sec.)	150 cfm (70.8 litres per sec.)	175 cfm (82.6 litres per sec.)
RATED OPERATING PRESSURE	100 psi (7.03 kgf per cm ²)	100 psi (7.03 kgf per cm ²)	100 psi (7.03 kgf per cm ²)
AIR CLEANER ELEMENT	PART NO. 35291970	PART NO. 35291970	PART NO. 35291970
COMPRESSOR OIL FILTER ELEMENT	PART NO. 35296920	PART NO. 35296920	PART NO. 35296920
COMPRESSOR OIL CAPACITY*.....	1.4 QTS. (13.25 litres)	14 QTS. (13.25 litres)	14 QTS. (13.25 litres)
KLOCKER-HUMBOLDT-			
DEUTZ AG			
DIESEL ENGINE, SERIES	MODEL DEUTZ F31912HO	MODEL DEUTZ F31912HO	MODEL DEUTZ F31912HO
ENGINE SPEED AT FULL LOAD.....	1900 RPM	2300 RPM	2500 RPM
ENGINE SPEED AT NO LOAD	1400 RPM	1400 RPM	1400 RPM
ELECTRICAL STARTING SYSTEM.....	12 Volt	12 Volt	12 Volt
ENGINE LUBE OIL CAPACITY (INCLUDING OIL FILTER)	9.5 qts. (9 litres)	9.5 qts. (9 litres)	9.5 qts. (9 litres)
FUEL TANK CAPACITY**.....	24 US GALS. (90.8 litres)	24 US GALS. (90.8 litres)	24 US GALS. (90.8 litres)
LENGTH INCLUDING TOWBAR	12.0' (3.66 m)	12.0' (3.66 m)	12.0' (3.66 m)
HEIGHT	4.83' (1.47 m)	4.83' (1.47 m)	4.83' (1.47 m)
WIDTH	6.25' (1.91 m)	6.25' (1.91 m)	6.25' (1.91 m)
NET WEIGHT (INCLUDING LUBE OIL)	2600 lbs. (1179 kg)	2600 lbs. (1179 kg)	2600 lbs. (1179 kg)
GROSS WEIGHT (INCLUDING FUEL AND COOLANT).....	2784 lbs. (1263 kg)	2784 lbs. (1263 kg)	2784 lbs. (1263 kg)
*RECOMMENDED COMPRESSOR LUBRICANT: USE A HEAVY-DUTY, DETERGENT-TYPE OIL CONFORMING TO SPECIFICATION MIL-L-46152, GRADE SAE 10W FOR AN AMBIENT TEMPERATURE RANGE OF 125°F TO -10°F (52°C to -23°C). ASCERTAIN THAT MIL-L-46152 LUBRICANTS MEET API CLASS CC ONLY AND NOT CD. FOR AMBIENT TEMPERATURES BELOW -10°F (-23°C), AND FOR ALTERNATE TYPE COMPRESSOR LUBRICANTS, CONSULT COMPRESSOR OPERATING AND MAINTENANCE MANUAL.			
CAUTION: DO NOT MIX OILS OF DIFFERENT TYPES OR BRANDS.			
**USE NO. 2-D DIESEL FUEL OIL WITH MINIMUM CETANE NUMBER OF 45 AND SULFUR CONTENT NOT GREATER THAN 0.5%			
THESE COMPRESSORS EQUIPPED WITH G78 x 15, LOAD RANGE "B" (OR EQUIVALENT) SIZE TIRES, AS DESCRIBED IN TRA 1980 YEARBOOK, TABLE PC-7. SERVICE LOAD AND INFLATION ARE IN COMPLIANCE WITH THE PROVISIONS AT THE RESTRICTED SPEED RANGE.			
COLD INFLATION PRESSURE	32 psi (2.25 kgf per cm ²)		
MAXIMUM TOWING SPEED.....	50 mph (80 km)		
CAUTION: ANY DEPARTURE FROM THE ABOVE RECOMMENDATIONS MAY MAKE THIS EQUIPMENT UNSAFE.			

Figure C:

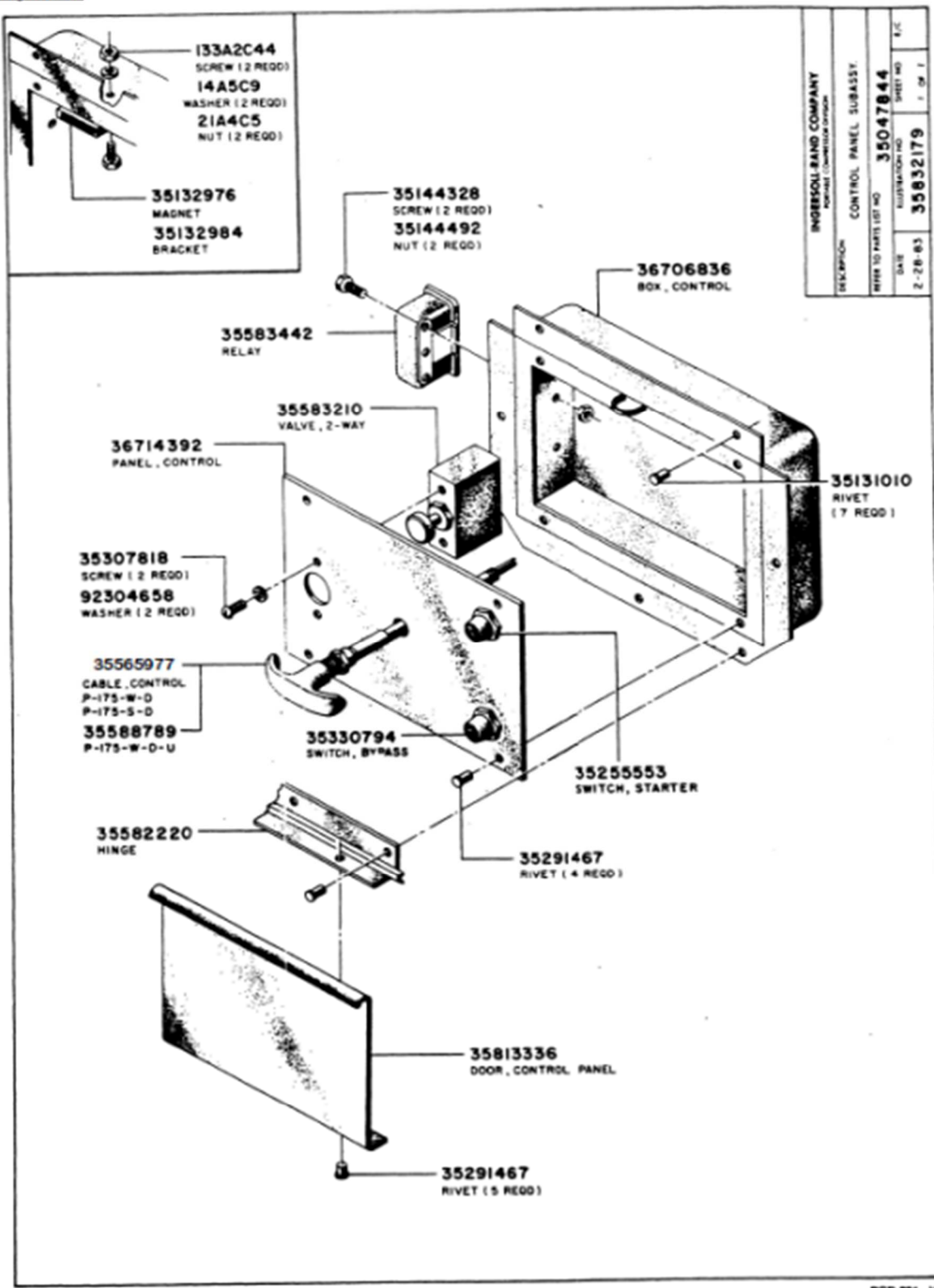


Figure D:

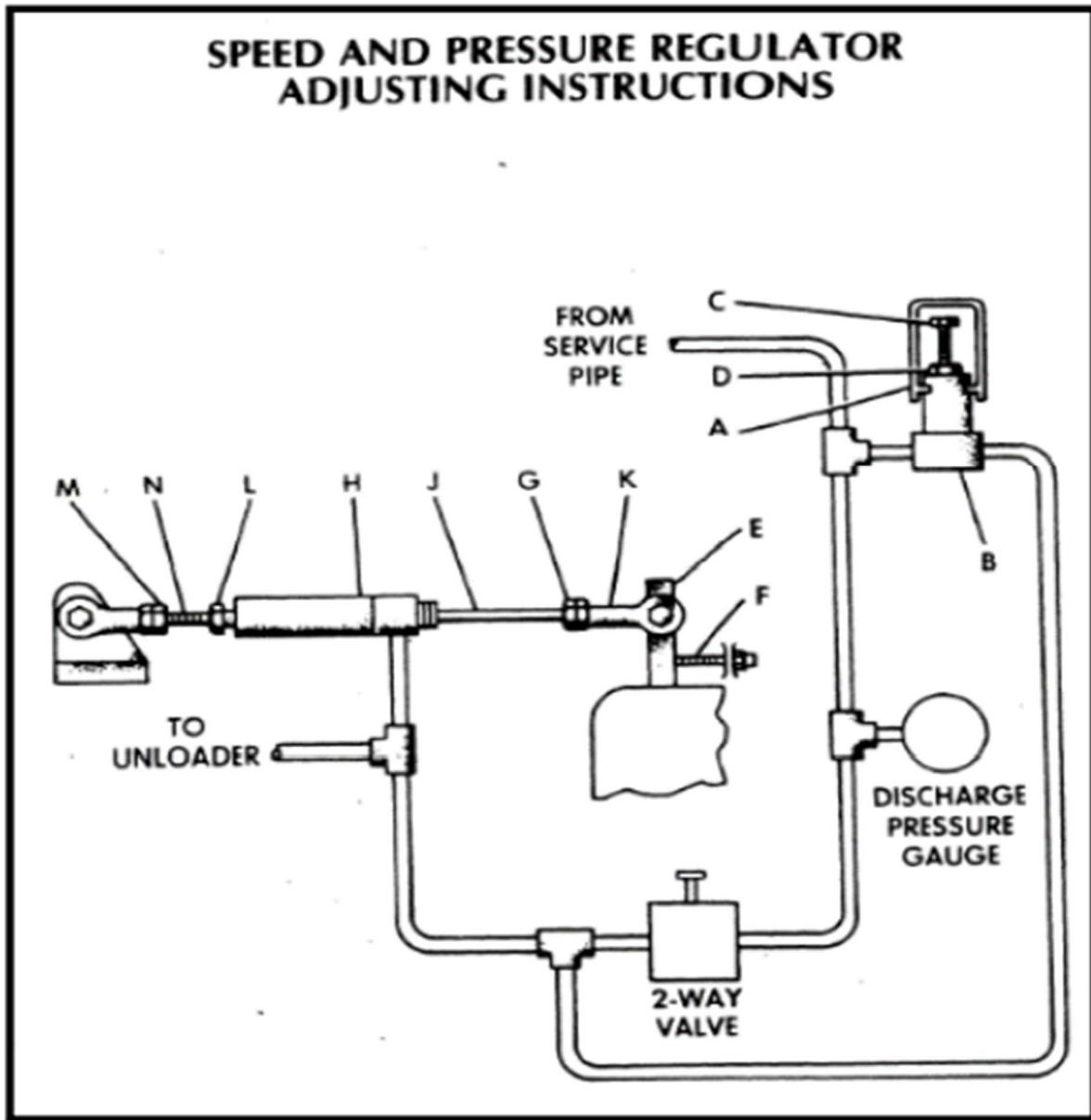
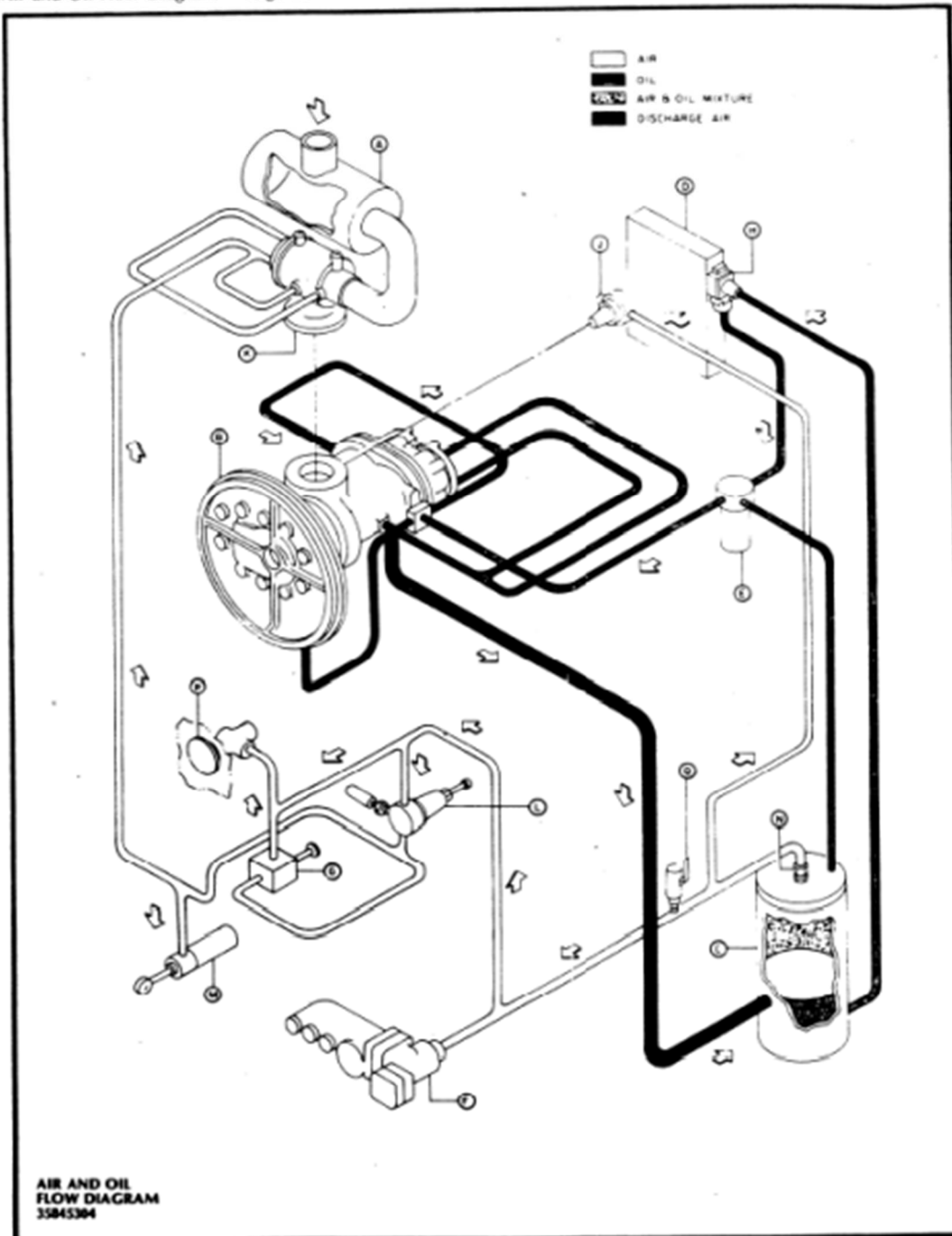


Figure E:
Air and Oil Flow Diagram — Page 10



PCD 884 V.1

Figure F:

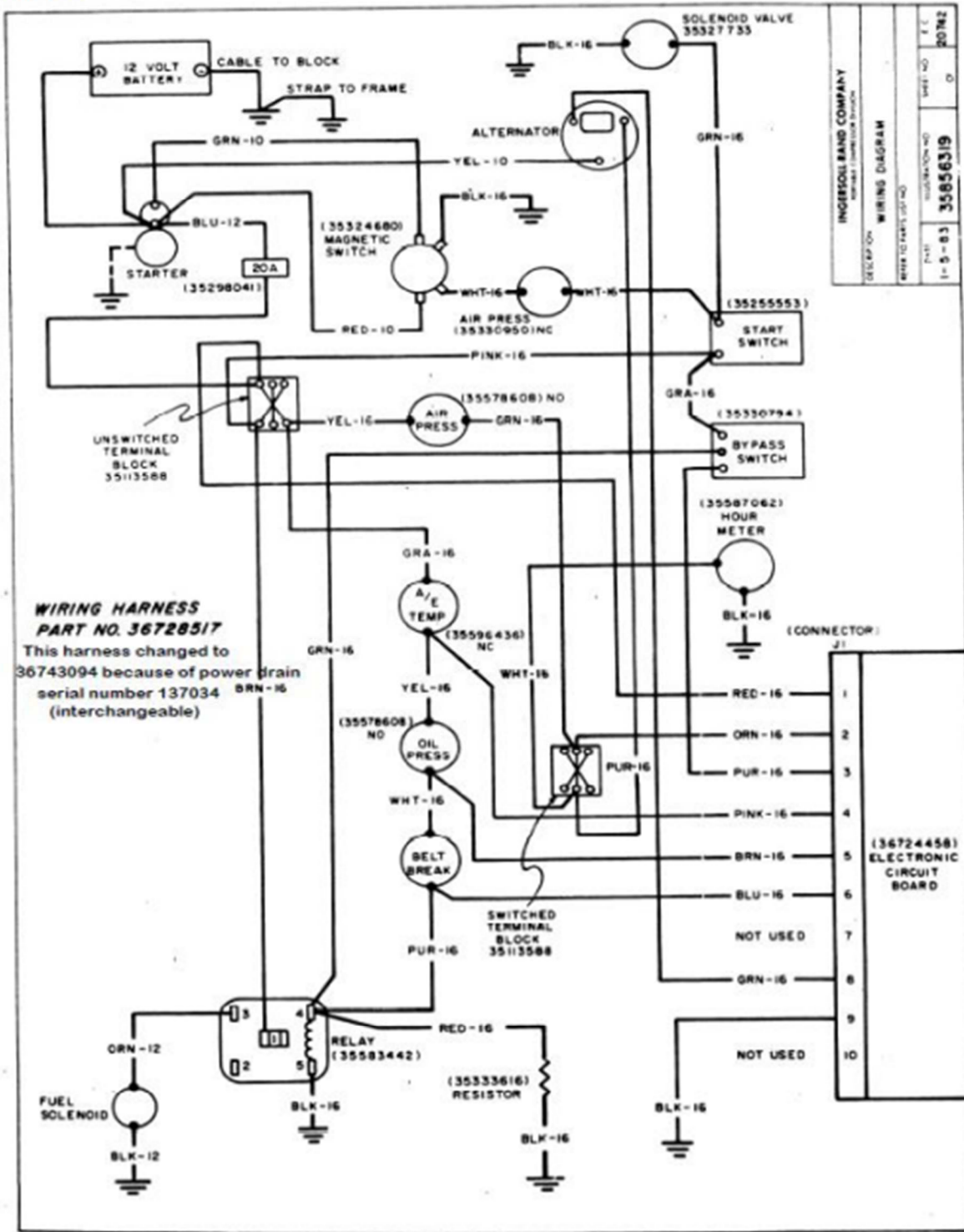


Figure G:



Figure G1:



Figure G2:

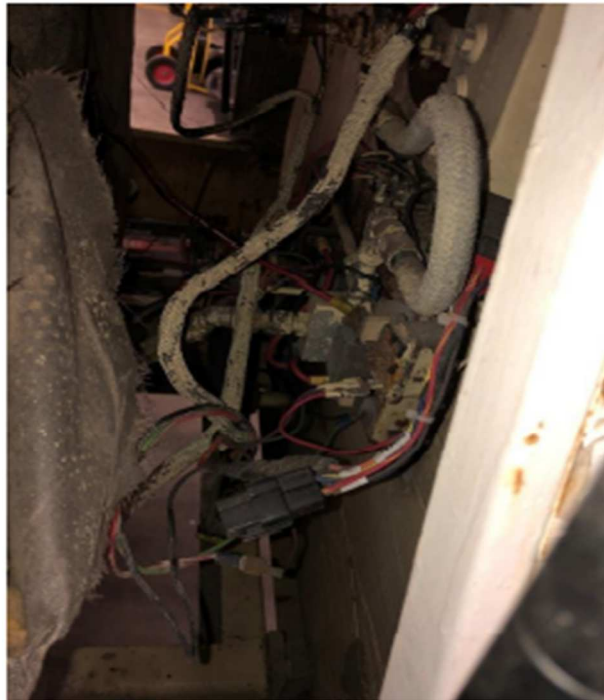


Figure H:



Figure 1:



Material Safety Data Sheet

Doosan Infracore Portable Power
1293 Glenway Drive
Statesville, NC 28625

Doosan Pro-TEC Compressor Fluid

Doosan Part #

36899698	1 Gal.
36899706	5 Gal.
36899714	55 Gal.
36899722	275 Gal. Tote

Transportation Emergency Response

CHEMTREC: (800) 424-9300 or 202-483-7616
Doosan Portable Power: (800) 633-5206

SECTION 1 COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical Names and Synonyms: Severe Treat Min. Oils & Additives

Ingredients Considered Hazardous to Health:

This product is not formulated to contain ingredients, which have exposure limits established by U.S. agencies. It is not hazardous to health as defined by the European Union Dangerous Substances/Preparations Directives.

SECTION 2 HAZARDS IDENTIFICATION

US OSHA Hazard Communication Standard: Product assessed in accordance with OSHA 29 CFR 1910.1200 and determined not to be hazardous.

Emergency Response Data: Slightly Hazy Amber Liquid. DOT ERG no. -NA

SECTION 3 FIRST AID MEASURES

Eye Contact: Flush thoroughly with water. If irritation occurs, call a physician.

Skin Contact: Wash contact areas with soap and water.

Inhalation: Not expected to be a problem.

Ingestion: Not expected to be a problem. However, if greater than ½ liter (pint) ingested, seek medical attention.

SECTION 4 FIRE-FIGHTING MEASURES

Special Fire Fighting Procedures: Water or foam may cause frothing. Use water to keep fire exposed containers cool. Water spray may be used to flush spills away from exposure. Prevent runoff from fire control or dilution from entering streams, sewers, or drinking water supply.

Special Protective Equipment: For fires in enclosed areas, fire fighters must use self-contained breathing apparatus.

Flammable limits – LEL: NA, UEL: NA.



Rev. A, 09/2010
Revised (01-13)

Doosan purchased Bobcat Company from Ingersoll-Rand Company in 2007. Any reference to Ingersoll-Rand Company or use of trademarks, service marks, logos, or other proprietary identifying marks belonging to Ingersoll-Rand Company in this manual is historical or nominative in nature, and is not meant to suggest a current affiliation between Ingersoll-Rand Company and Doosan Company or the products of either.

www.doosanportablepower.com

Page 1 of 3



NFPA Hazard ID: Health: 0, Flammability: 1, Reactivity: 0
 Hazardous Composition Products: Metal oxides, Carbon monoxide.

SECTION 5 ENVIRONMENTAL AND DISPOSAL INFORMATION

Steps to be Taken in Case of Spills: Soak up with suitable absorbent material, and then sweep into plastic bag for disposal.

Waste Disposal Method: Dispose in accordance with local, state, or federal regulations.

SECTION 6 HANDLING AND STORAGE

Handling: No special precautions are necessary beyond normal good hygiene practices.

Storage: Do not store in open or unlabelled containers. Store away from strong oxidizing agents or combustible material.

SECTION 7 EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Eye Protection: Normal industrial eye protection practices should be employed.

Skin Protection: No special equipment required. However, good personal hygiene practices should always be followed.

Exposure Limits: This product does not contain any components which have recognized exposure limits. However, an exposure limit of 5.00 mg/m³ is suggested for oil mist.

SECTION 8

Typical physical properties are given below. Consult Product Data Sheet for specific details.

Appearance:	Liquid
Color:	Slightly Hazy Amber
Odor:	Mild
Odor Threshold-ppm:	NE
pH:	NA
Boiling Point C(F):	>316 (600)
Melting Point C(F):	NA
Flash Point C(F):	>175 (347) (ASTM D-92)
Flammability:	NE
Auto Flammability:	NE
Explosive Properties:	NA
Oxidizing Properties:	NA
Vapor Pressure -mmHg 20 c:	< 0.1
Vapor Density:	> 2.0
Evaporation Rate:	NE
Relative Density, 15/4 C:	0.87
Solubility in Water:	Negligible
Partition Coefficient:	> 3.5
Viscosity at 40 C, cSt:	40.0
Viscosity at 100 C, cSt:	7.4
Pour Point C(F):	-40 (-40)
Freezing Point C(F):	NE
Volatile organic Compound:	<8.00 (Wt. %); 0.574 lbs/gal
DMSO Extract, IP-346 (WT.%):	< 3, for mineral oil only
NA=NOT APPLICABLE NE=NOT ESTABLISHED D=DECOMPOSES	

SECTION 9 STABILITY AND REACTIVITY





Stability(THERMAL, LIGHT, ETC.): Stable.
Conditions to Avoid: Extreme heat.
Incompatability (Materials to Avoid): Strong oxidizers.
Hazardous Decomposition Products: Metal oxides. Carbon monoxide.
Hazardous Polymerization: Will not occur.

SECTION 10 ECOLOGICAL INFORMATION

Environmental Fate and Effects: This product is expected to be inherently biodegradable. There is no evidence to suggest bioaccumulation will occur. It is not expected to be toxic to aquatic organisms. Accidental spillage may lead to penetration in the soil and groundwater. However, there is no evidence that this would cause adverse ecological effects.

The above information is based on the data of which we are aware and is believed to be correct as of the date hereof. Since this information may be applied under conditions beyond our control and with which we may be unfamiliar and since data made available subsequent to the date hereof may suggest modifications of the information, we do not assume any responsibility for the results of its use. This information is furnished upon condition that the person receiving it shall make his own determination of the suitability of the material for his particular purpose.

Figure J:

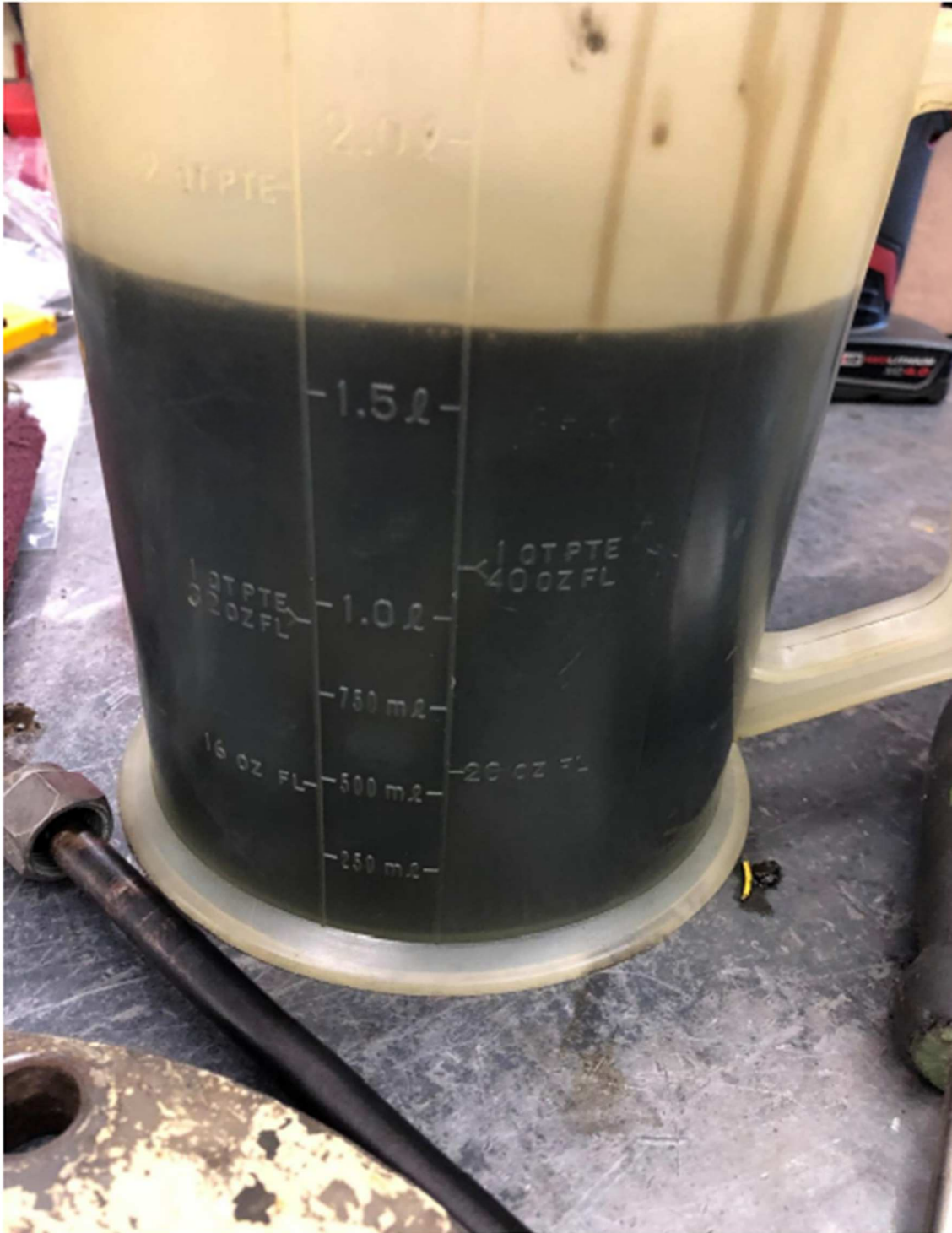


Figure K:



Figure L:



Fluid Analysis Report



Account Information	Component Information	Sample Information
Account Number: ITSLAB-1038-0758 Customer Name: CNESST Service Location: ENTREPRISE LARRY	Serial Number: 151452U8595 Secondary ID: Model Number: 175 Unit Type: ROTARY SCREW COMPRESSOR Manufacturer: INGERSOLL RAND	Tracking Number: 21357R90388 Lab Number: E-853515 Lab Location: Edmonton Data Analyst: JAS Sampled: 2022 Received: 30-Jun-2022 Completed: 06-Jul-2022
Filter Information	Miscellaneous Information	Product Information
Filter Type: Micron Rating: 0	Taken By: N/A Customer Service: 1-866-341-4367	Fluid Manufacturer: Fluid Name: Viscosity Grade:

Comments: Viscosity is high. ACTION SHOULD BE TAKEN TO INVESTIGATE ISSUE Check for source of CONTAMINATION, CHANGE COOLANT, Check running conditions of machine / life of the coolant TAN ELEVATED; Resample in 250 hours or 2 weeks of operation whichever occurs first; Improve operating conditions;

Sample #	Sample Information							Lubricant Health						Lubricant Health: Additives		
	Date Sampled	Date Received	Lube Time	Unit Time	Lube Change	Lube Added	Filter Change	Viscosity 40°C	Acid Number	Oxidation	Nitration	pH Oils	Water by Karl Fischer	Calcium	Barium	Phosphorus
			h	h		gal		cSt	mg KOH/g	abs / cm	abs / 0.1mm		ppm	ppm	ppm	ppm
BL	N/A	19-Jul-2016	0	0	Unk	0	Unk	50.1	0.01	104	10	7.8	866	1	789	0
1	N/A	20-Jun-2022	0	0	Unk	0	Unk	65.8	1.63	41	9	5.1	1118	764	3	442

Sample #	Mechanical Health																						
	Iron	Chromium	Nickel	Aluminum	Copper	Lead	Tin	Silver	Vanadium	Silicon	Sodium	Potassium	Titanium	Molybdenum	Antimony	Manganese	Lithium	Boron	Magnesium	Zinc	> 6 µm	> 38 µm	> 10 µm
BL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226	2	121
1	115	1	1	22	11	20	9	0 <td>0</td> <td>67</td> <td>21</td> <td>12</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>26</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>24</td> <td>520</td> <td>54341</td> <td>4</td> <td>952</td>	0	67	21	12	1	1	26	2	0	2	24	520	54341	4	952

Comments are advisory only and are based on the assumption that the sample and data submitted are valid. Results relate only to the items tested. Missing fluid or component information limits the evaluation. No warranty is expressed or implied. Measurement uncertainty available upon request.

ANNEXE D**Informations relatives à la norme CSA Z180.1 2019**

La norme CSA Z180.1 traite de l'air comprimé respirable et systèmes connexes. Les points suivants sont retenus parce qu'ils sont représentatifs de l'équipement utilisé pour générer l'air respirable. Certains articles sont écourtés pour garder seulement le contenu applicable :

- 5.1 Les systèmes d'alimentation en air comprimé respirable doivent être conçus, réalisés, installés, mis en service, étalonnés, mis à l'essai, utilisés, inspectés, entretenus, réparés par des personnes qualifiées conformément aux exigences de cette norme et aux instructions du fabricant.
- 5.6.1 Les concentrations de monoxydes de carbone produit par un système d'air comprimé respirable, c.-à-d., un système qui fait appel à un compresseur lubrifié à l'huile, doivent faire l'objet d'une surveillance en continu pour assurer que le monoxyde de carbone ne dépasse pas le niveau indiqué au tableau 1. Les systèmes de surveillance avec capteur inséré dans le circuit doivent :
 - a) être pourvus d'alarmes sonore et visuelle réglées à 5 ppm;
 - b) avoir une limite de détection de 1 ppm et une résolution d'au moins 1 ppm; et
 - c) être dotés d'un dispositif d'étalonnage efficace dans lequel, la concentration de gaz est conforme aux instructions du fabricant.
- 6.1 Sauf pour l'exception indiquée à l'article 6.2, l'entrée d'air de tout compresseur qui fournit son air ou une partie de celui-ci, à des fins d'air respirable, doit se trouver à l'extérieur du bâtiment, à au moins 15 m de toute sortie d'échappement (fixe, temporaire ou mobile) ou de toute source potentielle d'émissions de contaminants (gaz, vapeurs, particules) et à au moins 3 m au-dessus du sol.
- 7.2.1 À ajouter si non-conformité avec expertise.
- 7.2.2 À ajouter si non-conformité avec expertise.
- 8.1 L'air comprimé respirable fourni par un système d'alimentation en air ambiant doit être conforme, lors de la mise en service initiale du système, aux exigences de l'article 14.
- 8.5 Lorsque l'entrée d'air d'un système d'alimentation en air se retrouve à l'extérieur d'un bâtiment, un échantillon d'air respirable doit être prélevé et analysé, conformément à l'article 15, au moment où le système est installé puis à toutes les fois où se produit un changement de conditions atmosphériques qui pourrait causer des problèmes de santé aux utilisateurs du système.

ANNEXE E

Liste de vérification de Clemco

Apollo 600 HP
Stock No. 24002



APOLLO SUPPLIED-AIR RESPIRATOR SAFETY CHECKLIST

OSHA places responsibility for determining workplace hazards on the Employer. Refer to Guide on back for details

Employer: _____ Audit Date: _____
Workplace: _____ Auditor: _____

Respiratory Hazards			User Training & Pulmonary Fitness Test		
Contaminant	OSHA PEL	Measured Contaminant	Respirator User	Date Training Completed	Date PFT Performed

Respirator Inspection	Pass	Fail	NIOSH Approved Replacement Parts <small>(see owner's manual on www.clemcoindustries.com)</small>
Inspection Item:			
Proper Storage	_____	_____	
Cleanliness	_____	_____	
Suspension	_____	_____	Stock No. 23802
Chin Strap	_____	_____	Stock No. 04460
Inner Collar	_____	_____	Stock No. 08740
Cape	_____	_____	Stock No. 23818
Belt Assembly	_____	_____	Stock No. 04430
Air Control Valve (ACV)	_____	_____	Stock No. 100024
Breathing Air Tube	_____	_____	Stock No. 22811
Supplied-Air Respirator (Helmet)	_____	_____	<small>(If helmet is damaged, helmet must be replaced)</small>
Window Gasket	_____	_____	Stock No. 23819
Inner Lens (ANSI approved)	_____	_____	Stock No. 04367
Intermed. Lens (ANSI approved)	_____	_____	Stock No. 24943
Outer Tear-Off Lens (NIOSH approved)	_____	_____	Stock No. 04361
Window Frame & Latch	_____	_____	Stock No. 24012 & 24006
Air Supply Hose	_____	_____	Stock No. 04415 (50' standard)
Hose Fittings to ACV	_____	_____	Stock No. 00025 & 01019
Hose Fittings to CPF	_____	_____	Stock No. 00022 & 01020

Clemco Particulate Filters CPF-20 (03578) or CPF-80 (03527)	Pass	Fail	Air Supply	Pass	Fail
CPF is used with HP respirators only			Oil Compressor Air Supply	_____	_____
Filter Cartridge (03547) <small>(replace every 90 days)</small>	_____	_____	High Temperature Alarm:	_____	_____
Drain water through valve:	_____	_____	Carbon Monoxide Monitor:	_____	_____
Canister & Fittings:	_____	_____	120V (22894) 12V (25024)	_____	_____
Regulator: (03594)	_____	_____	CO Monitor Calibrated:	_____	_____
Maximum Air Pressure 125 PSI	_____	_____	Grade D Air <small>(per CGA Specification G-7.1):</small>	_____	_____

ANNEXE F**Contenu partiel de l'annexe de la norme CSA Z180.1 2000**

Le contenu de l'annexe n'est pas obligatoire.

Note : Cet appendice ne constitue pas une partie obligatoire de la norme, mais il est rédigé dans un style qui en permet l'adoption éventuelle par tout organisme intéressé.

A6.2 Dangers du monoxyde de carbone

Les moteurs à combustion interne peuvent produire des concentrations élevées de monoxyde de carbone létal dans leurs gaz d'échappement. Si on a opté pour un compresseur à moteur à combustion interne, il est très important de voir à ce que des gaz d'échappement ne soient pas aspirés par l'entrée d'air du compresseur.

Les systèmes mobiles de compresseurs d'air respirable actionnés par des moteurs à combustion interne doivent être pourvus d'un dispositif de surveillance pour détecter la pollution de l'air respirable par le monoxyde de carbone. Ces détecteurs doivent être pourvus d'un système d'alarme visuelle et audible, déclenché par une teneur en CO de 5 mL/m³ (ppm), et commander un dispositif automatique de coupure déclenché par les concentrations de monoxyde de carbone supérieures à la teneur d'exposition acceptable déterminée par l'autorité compétente.

Les détecteurs de monoxyde de carbone doivent être étalonnés conformément aux spécifications du fabricant, et on doit tenir des registres d'étalonnage.

A6.3 Autres caractéristiques

Il y a deux modèles de compresseurs à pistons : les systèmes refroidis à l'air et les systèmes refroidis à l'eau. Les équipements standard des compresseurs sont notamment :

- a) des refroidisseurs d'air intermédiaires et des refroidisseurs d'air à la sortie ;
- b) un interrupteur de coupure en cas de basse pression d'huile, avec alarme visible et audible ;
- c) un interrupteur de coupure en cas de forte température du compresseur, avec alarme visuelle et audible (cette exigence est obligatoire et figure dans la partie principale de cette norme) ;
- d) un compteur d'heures totalisant le temps de fonctionnement ;
- e) un manomètre indiquant la pression de l'étage final ;
- f) un interrupteur magnétique pour le démarrage ;
- g) un interrupteur automatique de coupure, déclenché par la pression ;
- h) des drains à siphon pourvus de robinets de vidange, avec des soupapes de décharge à chaque étage.

A7.3 Matériel supplémentaire

On doit envisager l'inclusion du matériel supplémentaire suivant :

- a) des clapets de retenue à l'entrée et à la sortie du système de purification, afin d'éviter les refoulements soudains qui pourraient endommager le milieu du filtre de purification et les lits de sorbants chimiques ;
- b) un indicateur de fin de vie pour les cartouches — par exemple, un indicateur électronique avec une alarme visuelle et audible intégrée, et une commande de fermeture ;
- c) un détecteur de monoxyde de carbone avec un capteur en ligne relié à la canalisation de sortie du système de purification, avec une alarme visuelle et audible intégrée, ainsi que la capacité de détecter et d'indiquer avec exactitude la présence de monoxyde de carbone dans l'air, dans les limites prescrites au tableau 1 de cette norme ;
- d) un robinet de compensation des fuites servant à maintenir le système en surpression, à prévenir les baisses de pression dans les chambres de purification et à maintenir le débit d'air jusqu'à ce qu'une pression de fermeture prédéterminée soit atteinte.

ANNEXE G

Conditions météorologiques

Le rapport météorologique de l'aéroport Montréal-Trudeau montre que le 7 avril 2022 :

- Le ciel est nuageux;
- Il y a précipitation de pluie;
- La température est de 4,7 degrés Celsius;
- La vitesse du vent à l'aéroport Montréal-Trudeau est de 18 km/h;
- Le vent se déplace direction sud-ouest.

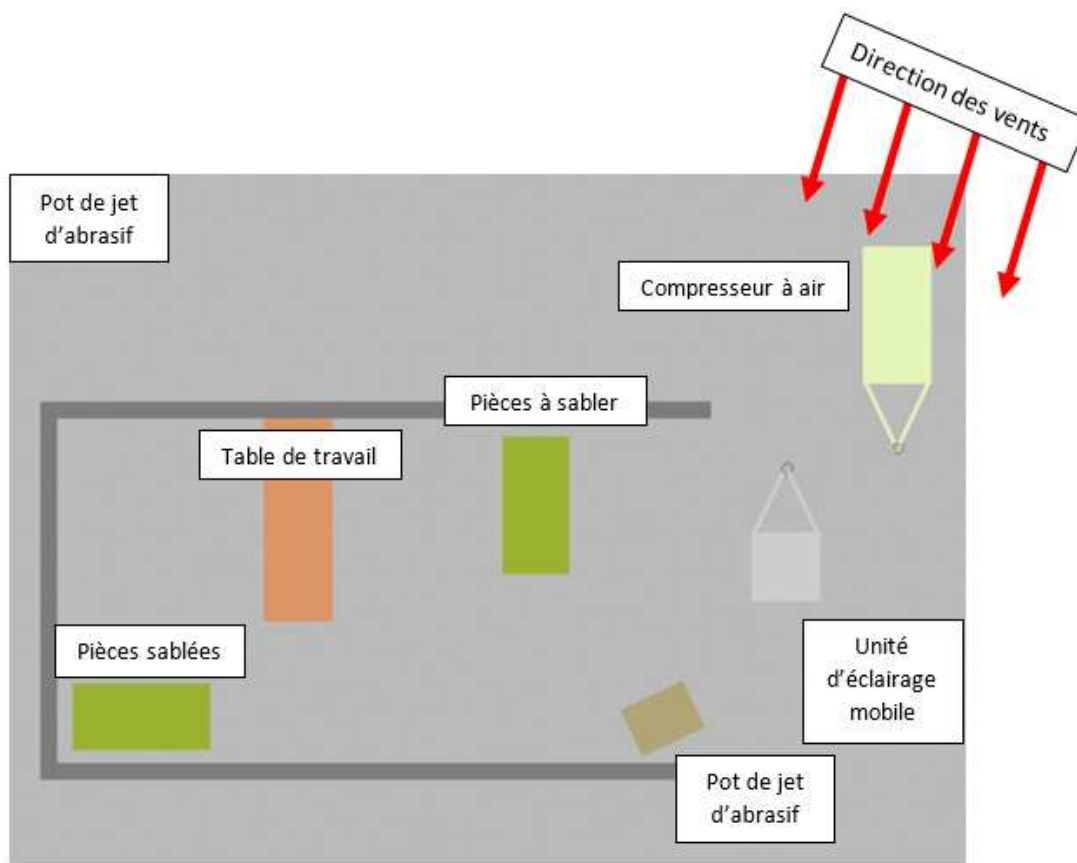


Fig. 22 - Schéma de la direction du vent

Source : CNESST

ANNEXE H

La combustion de l'huile

La combustion est une réaction chimique d'oxydoréduction. Dans cette réaction, le carburant (l'huile) se fait oxyder par l'oxygène. Ce dernier constitue le comburant dans le triangle de feu présenté ci-dessous. Pour démarrer cette réaction, la présence d'une source d'énergie est également nécessaire. Si l'une des trois composantes est absente ou en quantité insuffisante, la combustion s'arrête. La figure ci-dessous illustre les trois composantes nécessaires pour une combustion.

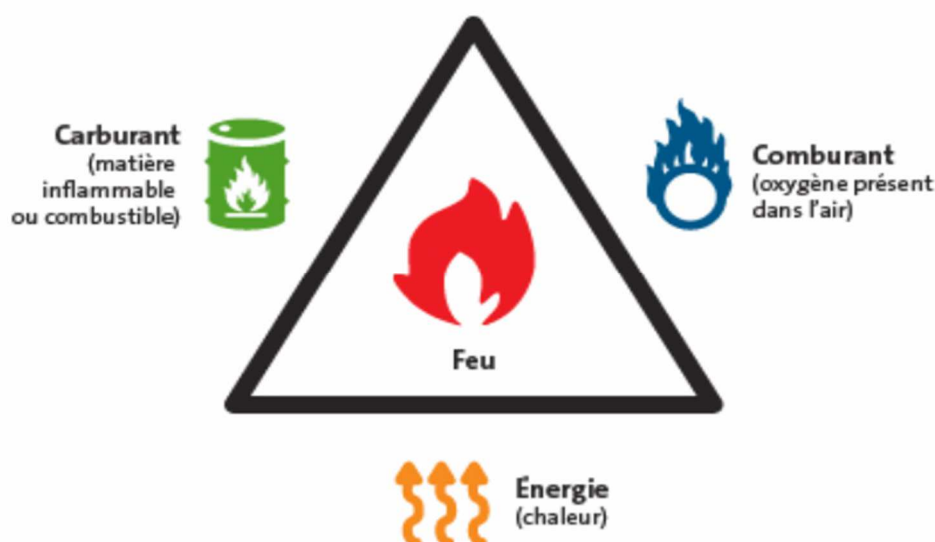


Fig. 21 - Triangle du feu

Source : Reptox (<https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/chimie/Pages/combustion-spontanee.aspx>)

La combustion complète :

Dans le cas des hydrocarbures à très haut poids moléculaire, comme l'huile, lors d'une réaction complète de combustion, seulement le dioxyde de carbone (CO₂) et l'eau sont produits. En règle générale, la réaction n'est jamais complète. Pour atteindre une réaction complète, l'oxygène (O₂) doit être en quantité suffisante pour compléter la réaction. Dans la majorité des cas pratiques, un excès d'O₂ est nécessaire (apport suffisant d'air frais) pour atteindre la balance stœchiométrique et ainsi générer du CO₂ qui contient 2 atomes d'oxygène par molécule.

Le CO₂ présente des effets toxicologiques qu'à très grande concentration, contrairement au monoxyde de carbone (CO), qui peut devenir mortel à plus faible concentration.

Les huiles lubrifiantes sont généralement de longues chaînes d'alcane.

L'équation chimique de la combustion complète d'un alcane s'écrit de la façon suivante, où *n* représente le nombre d'atomes de carbone dans la molécule d'alcane :

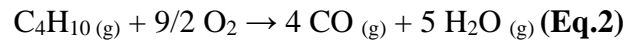


La combustion incomplète :

La combustion incomplète se produit lorsque la quantité d'oxygène est insuffisante. Plusieurs sous-produits, comme le monoxyde de carbone (CO), sont générés lors de cette combustion. Les hydrocarbures, tels que l'huile d'un compresseur, brûlent généralement selon une combustion incomplète.

Si la balance stœchiométrique de l'équation 1 n'est pas respectée, la combustion devient incomplète. Ce phénomène survient quand la quantité d'oxygène (O₂) n'est pas suffisante (apport insuffisant d'air frais) pour équilibrer l'équation 1. Le CO produit contient un seul atome d'oxygène par molécule.

Il est difficile de définir l'équation chimique d'une combustion incomplète. En revanche, dans un cas où seulement du CO et de l'eau sont produits, la réaction suivante pourrait illustrer la combustion incomplète du butane (alcane) dans l'air :



Lorsqu'un compresseur d'air alimenté par un moteur à combustion interne continue de fonctionner en cas de surchauffe, il existe un risque que l'huile du compresseur brûle. Dans un milieu confiné pauvre en oxygène (apport insuffisant d'air frais), une quantité excessive de CO peut être produit.

ANNEXE I**Références bibliographiques**

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. Air comprimé respirable et systèmes connexes, Toronto, CSA 2010, 71 p. (CSA Z180.1-00).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. Air comprimé respirable et systèmes connexes, Toronto, CSA 2010, 47 p. (CSA Z180.1-19).

Clemco industries Corp. 2013. Clemco Apollo Supplied-Air Respirators - A Safety Training Guide. [Clemco Apollo Supplied-Air Respirators - A Safety Training Guide - YouTube](#)

Fintec. 2020. CLEMCO Contractor Blast Machine Setup Video. https://www.youtube.com/watch?v=Smxfv_i9orA

Manuel Apollo Supplied-air respirator helmet model 600 high pressure 65 PSI to 100 PSI, Révisé 2011, O.M. 23930, 18 p.

Manuel Classic blast machine, 2 CUFT to 20 CUFT capacity with pneumatic TLR remote controls, O.M. 22051, révision 2018, 33 p.

Manuel CPF 20/80 Particulate air filter, O.M. 04143, Révisé 2007, 7 p.

Manuel TLR 100/300 series pneumatic remote controls, O.M. 2248. Révisé 2019. Clemco Industries Corp. Washington, MO 63090, 20 p.

Operating, maintenance & Parts manual, Model P-175A-W-D code 953, Ingersoll-Rand, Mai 1982, 83 p. (Consulté en mai 2022)

QUÉBEC. Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, à jour le 1^{er} juin 2022, En ligne, 2022. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/S-2.1>. (Consulté en juin 2022).

QUÉBEC. Règlement sur la santé et la sécurité du travail. RLRQ, chapitre S-2.1, r. 13, à jour le 1 juin 2022, En ligne 2022. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/s-2.1,%20r.%2013>. (Consulté en juin 2022).