

Sécurité des machines
d'extraction commandées
par systèmes programmables



ÉTUDES ET
RECHERCHES

Joseph-Jean Facon
Luis Garcia

RF-412

NOTE TECHNIQUE

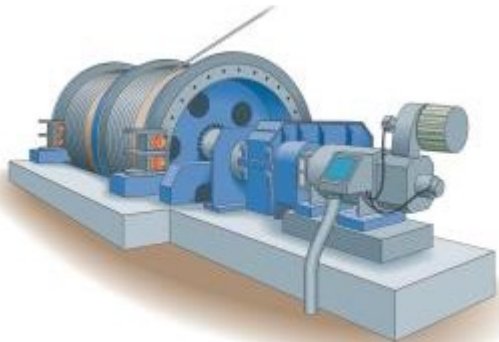


irst



Sécurité des machines d'extraction commandées par des systèmes programmables – Mise à jour de la fiche technique RF-412

*Les Rendez-vous de la science
Novembre 2019*



12 novembre 2019



Déroulement de la présentation

- Introduction
- Objectifs théoriques
- Méthodologie utilisée
- Objectifs pratiques
- Visites préliminaires et bilan des installations minières
- Analyse du risque formelle
- Structure générale de la nouvelle fiche technique RF-1049
- Structure générale du rapport annexe RA-1049
- Valorisation de la recherche

Un ascenseur rudimentaire, format XXL

Profondeur

- De 500 à plus de 1500 m

Âge de la partie mécanique

- De 1930 à 2016

Vitesse maximale*

- 28,8 km/h

Capacité des cages

- De 4/5 à +100 personnes

1 seul câble



Un ascenseur rudimentaire, format XXL

Profondeur

- De 500 à plus de 1500 m

Âge de la partie mécanique

- De 1930 à 2016

Vitesse maximale*

- 28,8 km/h

Capacité des cages

- De 4/5 à +100 personnes

1 seul câble





Objectif théorique de la mise à jour

- Améliorer la sécurité des travailleurs en
 - Prenant en compte l'évolution des normes
 - Prenant en compte l'évolution des pratiques minières
 - Prenant en compte l'évolution de la technologie des systèmes de commande
 - Supprimant les « zones grises » de la RF-412
 - Incluant une analyse formelle du risque
 - Ajustant les mesures de maîtrise du risque aux résultats de l'analyse de risque



Méthodologie utilisée

1. **Bilan des installations minières québécoises**
2. **Revue la littérature**
 - A. Recommandations et exigences dans les autres juridictions sur les machines d'extraction
 - B. Normes de sécurité machine / systèmes de commande
 - C. Travaux de recherche récents sur les machines d'extraction et sur les systèmes de commande
 - D. Évolution des machines d'extraction
 - E. Méthodes d'évaluation globale de la sécurité des systèmes
3. **Analyse et estimation du risque** formelles et génériques pour les machines d'extraction
4. **Synthèse des données** et rédaction de la nouvelle fiche technique qui est appelée à remplacer la fiche technique actuelle RF-412

Objectifs pratiques de la nouvelle fiche technique

Cette nouvelle fiche technique contient

- une liste de définitions
- les résultats et les paramètres utilisés pour l'analyse du risque générique
- deux figures illustrant la structure générale des systèmes de commande et de supervision d'une machine d'extraction (ancienne et nouvelle structure)
- les principes généraux prescrits et recommandés pour la structure générale des systèmes de commande et de supervision d'une machine d'extraction
- une liste d'essais et de vérifications périodiques
- une liste de documents de référence

Visites préliminaires et bilan des installations minières

- Trois visites préliminaires ont été réalisées par l'équipe de recherche pour ajuster la grille de collecte d'information
 - Vieille machine avec Lilly Langlois — juin 2016
 - Machine moderne Éléonore — octobre 2016
 - Machine rénovée Niobec — janvier 2017

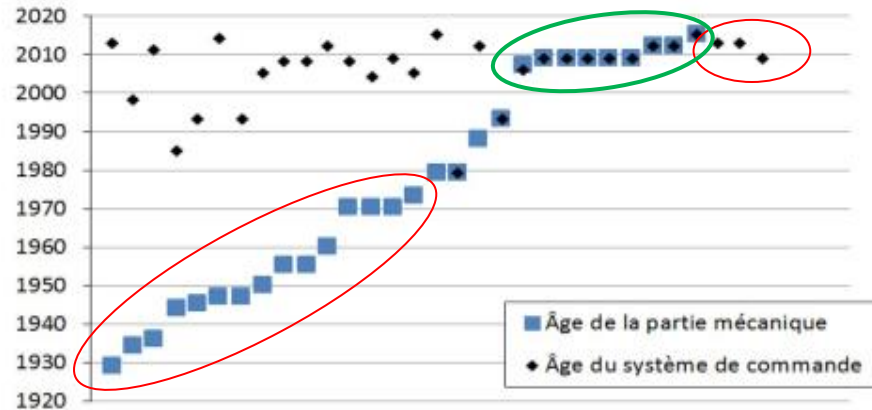


Figure 3. Âge de la partie mécanique et du système de commande.



Analyse du risque formelle

Réalisée les 7-8 juin 2017 sous la direction de Réal Bourbonnière, ing.

Origine	Fonction
IRSST	Chercheur
IRSST	Chercheur
CanmetMINES Ressources naturelles Canada	Technicien sénior en machines d'extraction
CNESST	Inspecteur et conseiller expert de la CNESST, secteur mines
Association patronale	Surintendant maintenance des machines d'extraction
Syndicat	Électronicien, secteur minier
Fabricant	Superviseur de l'ingénierie, système de treuils – fabricant de systèmes de commande pour machines d'extraction
Firme de génie-conseil	Consultant, directeur de projet – Électricité et automatisation pour firme d'ingénierie minière

Analyse du risque formelle

Utilisation du cadre de la norme ISO 12100

- Analyse du risque
 1. Détermination des limites de la machine
 2. Identification des phénomènes dangereux
 3. Estimation du risque (calcul de probabilité de défaillance, avec la norme IEC 62061)
- Niveau de fiabilité du système de commande
 - ⇒ **SIL 3** pour la plupart des fonctions de sécurité (**très exigeant**)

Bilan le 8 novembre 2017 à la demande des experts invités

Structure générale de la nouvelle fiche RF-1049

1. Introduction
2. Définitions
3. Exigences générales des systèmes de commande et de supervision des machines d'extraction
4. Fonctions de sécurité, types d'arrêt ou d'actions associées, essais et vérifications périodiques
5. Exigences techniques relatives aux PES de commande, de supervision et SRECS
6. Exigences procédurales et organisationnelles





2. Définitions RF-1049

2.1 Système électronique programmable (PES)

2.2 PES de commande

2.3 PES de supervision (hoist monitor)

2.4 Profil de vitesse

2.5 Profil de supervision

...

2.8 Fonction de sécurité

2.9 Types d'arrêts de sécurité et d'actions de sécurité

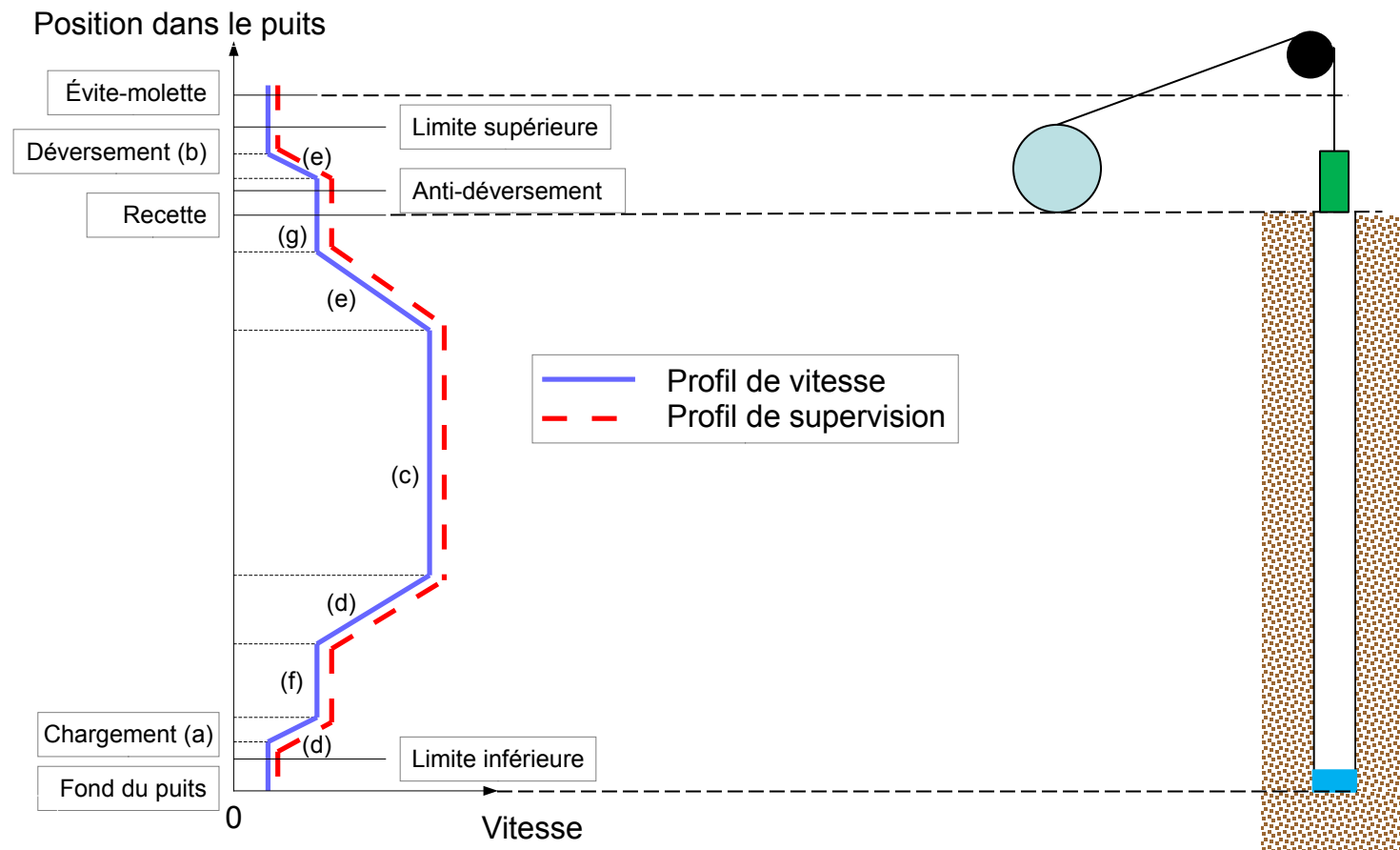
2.10 Système de commande relatif à la sécurité (SRECS et SRP/CS)

...

2.15 Contrôle des énergies — Méthodes alternatives au cadenassage

2.16 Chien de garde

Définitions: profil de vitesse et de supervision



Définitions RF-1049

- 2.8 Fonction de sécurité

Fonction d'une machine dont la défaillance peut provoquer un accroissement immédiat du (des) risque(s)

- 2.9 Types d'arrêts de sécurité et d'actions de sécurité

Arrêt de type 1 : Arrêt d'urgence et blocage de la machine

Arrêt de type 2 : Arrêt immédiat puis blocage de la machine

Arrêt de type 3 : Arrêt normal de la machine ...

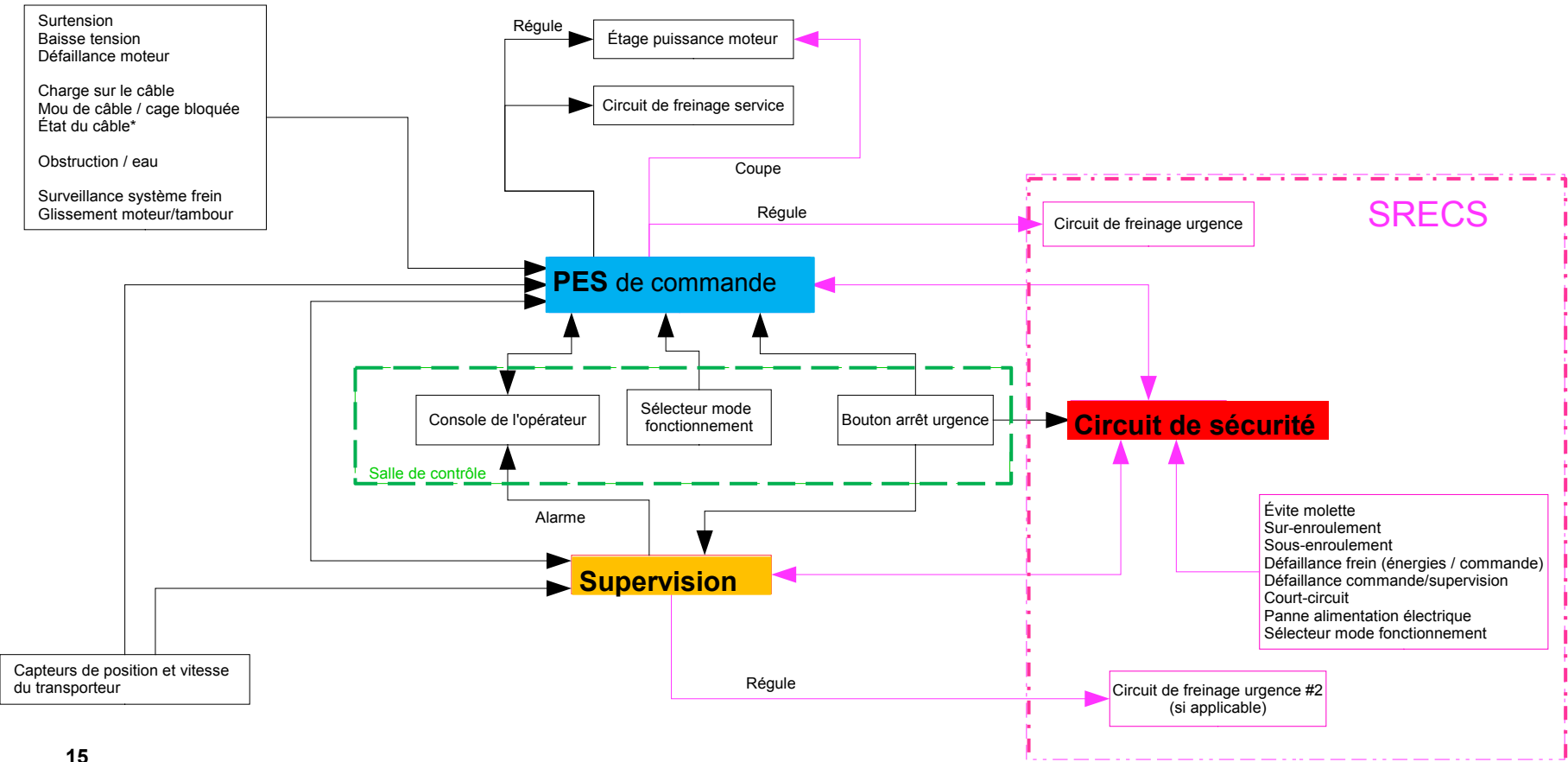
Action de type 4 : Alarme indiquant à l'opérateur ...

Action de type 5 : Modification d'un (ou plusieurs) des paramètres ...

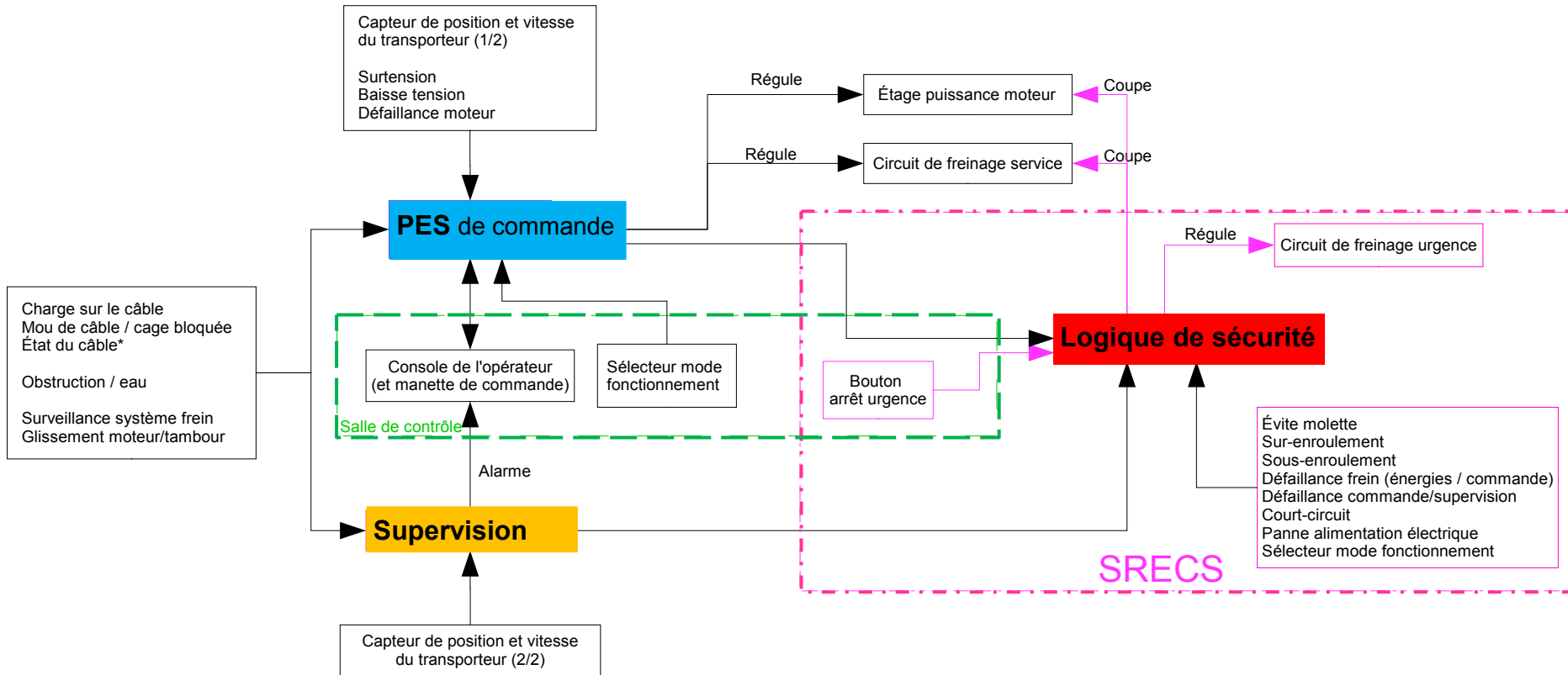
- 2.10 Système de commande relatif à la sécurité (SRECS — *safety related electric command system*)

Système de commande électrique d'une machine dont la défaillance peut provoquer un accroissement immédiat du (des) risque(s).

Schématisation des systèmes de commande actuels



Schématisation d'un principe de commande proposé



Fonctions de sécurité

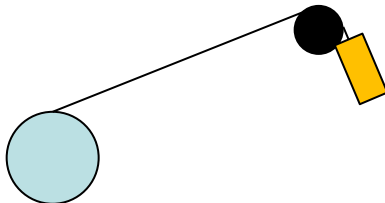
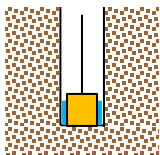
Évolution entre celles utilisées lors de l'analyse du risque et les 10 mentionnées dans le document, essentiellement pour des raisons d'organisation des tests et essais périodiques avec le registre actuel

- 1) Protection de la vitesse et de la course du ou des transporteur(s) (limite supérieure et inférieure de parcours du puits)
- 2) Protection contre une collision du transporteur avec tout obstacle dans le puits ou zone inondée
- 3) Protection et dispositifs de sécurité pour le personnel (mode automatique et mode manuel)
- 4) Dispositif d'arrêt d'urgence et dispositif de validation
- 5) Protection du réarmement du circuit de sécurité
- 6) ...

Illustration de deux fonctions de sécurité

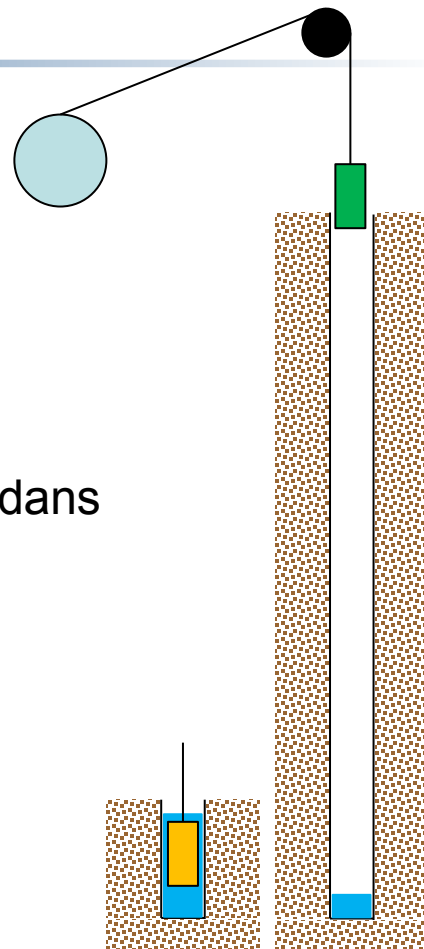
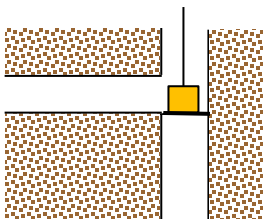
Protection de la vitesse et de la course du ou des transporteur(s)
(limite supérieure et inférieure de parcours du puits)

- Écrasement de la cage au fond du puits ou contre la molette



Protection contre une collision du transporteur avec tout obstacle dans le puits ou zone inondée

- Écrasement de la cage contre une porte ouverte dans le puits
- Immersion de la cage dans l'eau au fond du puits



Registre des essais et des vérifications périodiques

Les fonctions de sécurité ont été associées aux essais et vérifications périodiques existantes: une dizaine de vérifications journalières, une centaine d'entretiens hebdomadaires et une centaine d'entretiens mensuels

Registre	Fréquence	Sous-fonction/Dispositif de protection	Article	Arrêt/ action
550	1/sem	Évite-molette et dispositifs de dérivation pour l'essai de l'évite-molette	227, 232 (2), 233 (2)	1
552	1/sem	Limites de fin de course supérieure	232 (3), 233 (2)	1
553	1/sem	Limites de fin de course inférieure	232 (3), 233 (2)	1
554	1/sem	Excès de vitesse aux limites de parcours du puits	232 (4), 242	-
555	1/sem	Dispositifs de retour (sélecteur ou animation)	232 (5)	1

Chapitre 5 – Exigences techniques

Reprises de la RF-412 avec des ajustements

- Programmation et paramétrage
- Réseaux de communication (*cybersécurité*)
- Enregistrement d'événements (*n'est plus optionnel*)
- Point de vérification (*2 points au lieu de 1 seul*)
- ...

Ajouts d'exigences

- Console(s) d'opération
- Sélecteur des modes de commande
- Mode de commande automatique ou semi-automatique
- Interventions spéciales

Chapitre 6 – Exigences procédurales et organisationnelles

- Basées sur les normes SABS (Afrique du Sud) pour le responsable de la machine d'extraction et la documentation
- Contrôle des énergies dangereuses
- Basées sur la norme ISO 12100 pour la neutralisation des sécurités
- Conditions de réarmement
- Analyse du risque

Structure générale du rapport annexe RA-1049

- A. Méthodologie
- B. Statistiques sur les machines d'extraction utilisées au Québec
- C. Évolution des machines d'extraction
- D. Normes et règlements relatifs à la gestion du risque et aux SRECS
- E. Analyse du risque



Rapport annexe RA-1049

- A. Description de la méthodologie utilisée
- B. Statistiques sur le parc de machines d'extraction en service au Québec
- C. Évolution des machines d'extraction et des pratiques minières au Québec
 Information historique
- D. Normes et règlements relatifs à la gestion du risque et aux SRECS
- E. Analyse du risque générique
 Détails de l'analyse du risque effectuée

Valorisation de la recherche

- Fiche technique RF-1049
- Rapport annexe RA-1049

- Fault tree analysis and risk mitigation strategies for mine hoists, Laurent Giraud, Bertrand Galy, *Safety Science* 110 (218) 222-234
- Risk mitigation strategies for automated current and future mine hoists, Laurent Giraud, Bertrand Galy, *Safety Science* (en préparation).

- Secteur minier – Sécurité des machines d'extraction, *Prévention au travail*, Automne 2019, 32 (3) 28-29



Remerciements

- Équipe de recherche = travail de groupe, comme l'analyse du risque
 - Laurent Giraud (IRSST)
 - Bertrand Galy (IRSST)
 - Louis Germain (CanMet)*
 - Réal Bourbonnière (Consultant)*
- Merci à toutes les personnes rencontrées lors de ce travail de mise à jour de la fiche technique, spécialement aux personnes qui ont participé à l'analyse du risque
- Merci aux mines visitées
- **Questions / commentaires?**

Cette recherche est financée par :

