

INTÉGRATION DE LA SÉCURITÉ DES MACHINES DÈS LEUR CONCEPTION ÉTUDE EXPLORATOIRE SUR LES PRATIQUES DES FABRICANTS AU QUÉBEC

Rendez-vous de la science

11 février 2020

Yuvin A. Chinniah , ing., Ph. D.	Polytechnique Montréal
François Gauthier , ing., Ph. D.	UQTR
Georges Abdul-Nour , ing., Ph. D.	UQTR
Sabrina Jocelyn , ing., Ph. D.	IRSST
Barthélemy Aucourt , ing.	Polytechnique Montréal
Guy Bordeleau , ing., M. Sc.	UQTR

Introduction et Objectifs

- **Introduction**
 - Les accidents liés aux machines sont nombreux au Québec
 - Les lacunes dans la conception font partie des causes
 - Les employeurs tenus à fournir des équipements sécuritaires à leurs travailleurs
 - En 2015, 858 entreprises dans la catégorie fabrication de machines
- **Objectifs de l'étude**
 - Prévenir à **la source** les accidents liés à des machines
 - Comprendre les **pratiques** réelles et les **besoins** des fabricants de machines au Québec

Méthodologie en bref *

Sélection des participants

Conception et validation des outils de collecte de données

Entrevues et observation d'équipements

Traitement des données
analyse des données

* Pour tous les détails, voir le **rapport R-1082** sur le site www.irsst.qc.ca

3/28

Méthodologie en bref

- 17 entreprises (3 GE, 6 ME et 8 PE) et 52 répondants

Secteur d'activité	Nombre de fabricants rencontrés
Manufacturier général	5
Automobile et utilitaire	3
Chimique, alimentaire et pharmaceutique	3
Agricole	1
Aviation et aérospatiale	1
Horticulture et agroalimentaire	1
Manufacturier spécialisé	1
Manutention	1
Transformation du bois	1

Résultats

- Présentés en onze thèmes :
 1. Identification des besoins des clients
 2. Documentation, outil et logiciel
 3. Appréciation du risque
 4. Stratégies de réduction du risque
 5. Mesures de prévention envisagées
 6. Mesures contre le contournement des moyens de protection
 7. Conception du système de commande relatif à la sécurité
 8. Prise en compte de la maintenance
 9. Ergonomie, bruit et contaminants
 10. Prise en compte des phases autres que l'utilisation normale
 11. Industrie 4.0

Identification des besoins des clients

- **Approche standard :**
 - Appel d'offre du client pour une machine répondant à ses besoins de production
 - Cahier des charges établi par le fabricant et le client
 - Conception, ingénierie avec échanges et ajustements avec le client
 - Fabrication (parfois avec des ajustements en cours de fabrication)
 - Tests fonctionnels après fabrication (soit chez le fabricant, soit chez le client)
- **Demandes en termes de SST :**
 - Clients du Québec : soucieux des coûts et des exigences de la CNESST
 - Clients du reste du Canada : d'avantage préoccupés par la qualité des produits fabriqués et la rentabilité
 - Clients d'Europe et des États-Unis : exigences en SST parfois supérieures à celles en vigueur au Québec

6/28

Documentation utilisée et contraintes

- Plus de 30 normes et règlements
- L'ensemble des fabricants consulte en moyenne 5 documents normatifs ou réglementaires
- Les documents les plus utilisés : documents spécifiques; CSAZ432; ISO12100; RSST; ISO13849 et CSAZ434
- Pas de difficulté à les obtenir mais plutôt à les choisir
- Peut être dispendieux si beaucoup de projets variés
- Parfois les documents normatifs et ou réglementaires sont contradictoires
- Terminologies des versions françaises diffèrent des versions originales anglaises
- Exigences normatives trop académiques et des exemples concrets et réalistes seraient souhaités

Documentation – Veille documentaire

- **Qualité** de la veille documentaire (fonction de la méthode et la fréquence d'utilisation)
 - Élevé (7) ; Moyenne (7) ; Faible (3)
- **Méthodes** utilisées :
 - Salons professionnels
 - Alertes courriel (infolettres des associations)
 - Normes sur l'intranet avec un département (p. ex. qualité) chargé de la mise à jour
 - Formations
 - Renseignements auprès des fournisseurs de composants
 - Bouche à oreilles
 - Centre de documentation de la CNESST
 - Pas de veille chez certains fabricants

Documentation – les outils et logiciels

- Outils
 - Grilles d'analyse et de réduction du risque basés sur CSA, ISO, OSHA, etc. (15)
 - Grille Excel d'analyse du risque proposée par la CNESST-IRSST (7)
 - Sécurimètre (5)
- Logiciels
 - Solidworks, Autocad, Solid Edge autres logiciels de conception 3D (14)
 - ABAQUS, NX Conception et autres (6)
 - SISTEMA (6)
 - Excel (4)
 - Programmation des contrôles (3)

Appréciation du risque

- Rappel des étapes (ISO 12100, CSA Z432, CNESST-IRSST)
 1. Limites de la machine
 2. Identification des phénomènes dangereux
 3. Estimation du risque
 4. Évaluation du risque
- 9/17 entreprises font les 4 étapes
- 13/17 font les 3 premières (donc pas d'évaluation du risque)
- Démarche formelle documentée (14/17)
- **Fabrication de machines quasiment identiques : appréciation du risque est simplifiée**

Stratégies de réduction des risques

- Les 17 fabricants connaissent la **hiérarchie des moyens** de réduction des risques
- Pratiques les plus courantes rapportées pour réduire les risques
 - **Mesures de prévention intrinsèques** : généralement la moins chère des options, mais mise en œuvre difficile
 - **Protecteurs** : ne doivent pas nuire aux opérations
 - **Dispositifs de protection** : en commençant par les plus simples et le moins coûteux car sont vite dispendieux
 - Plus le risque est élevé, plus les exigences pour le système de commande sont élevées
 - **Informations pour l'utilisation et formation** : transmises en usine ou chez le client

Stratégies de réduction des risques

- **Les demandes spécifiques des clients** sont générales et pas toujours acceptées par les fabricants. La négociation exige de tenir compte des coûts, de faisabilité technique et les effets sur l'utilisation et la sécurité de la machine.
 - **Ajout de mesures de prévention**
 - Uniformiser leur parc (1 très fréquent, 2 souvent, **9 rarement, 5 jamais**)
 - **Retrait de mesures de prévention**
 - Le client va le faire. Le fabricant informe officiellement des risques et demande une décharge de responsabilité (1 très fréquent, 3 souvent, **6 rarement, 7 jamais**)
 - **Modification de mesures de prévention**
 - Standardiser couleur, accès etc. (**6 souvent, 9 rarement, 2 jamais**)
 - **Modification intrinsèque à la machine**
 - (1 souvent, **7 rarement, 6 jamais, 3 ne sais pas**)
 - **Conformité à certaines normes ou règles**
 - Machines destinées à l'extérieur du Canada (2 toujours, 2 très fréquent, 4 souvent, 5 rarement, 1 jamais, 3 ne sais pas)

12/28

Mesures de prévention envisagées par les fabricants

- Suppression du risque par conception (15/17)
- Réduction du risque par conception (14/17)
- Protecteurs (17/17)
- Dispositifs de protection (16/17)
- Mesures de prévention complémentaires (14/17)
- Informations sur l'utilisation (16/17)
- EPI (10/15, 2 NSP)

Contraintes ou difficultés pour la mise en place de mesures de prévention

- Coûts, productivité et temps d'opération
- Compétitivité (fabricants assument les dépassements de prix et délais)
- Ne pas gêner l'opération et considérer le procédé (client guide fabricant ou refuse la proposition)
- Espace limité (ergonomie, visibilité, accès, distances de sécurité)
- Peu de composants dédiés à la sécurité pour les circuits pneumatiques et hydrauliques
- Contraintes pour l'assainissement et le nettoyage (pharmaceutique et alimentaires)
- Intégration dans des chaînes de production (nouvelles machines et vieux équipements)
- Comportement des travailleurs à prévoir, difficile pour les nouvelles machines
- La perception des risques est subjective

14/28

Contournement des mesures de prévention par les utilisateurs : solutions des fabricants pour l'éviter

- **Dissuasion** (15/17)
 - Utilisation de vis spéciales (*tamper proof*)
 - Composantes en redondance
 - Interrupteurs magnétiques codés/aimants codés
 - Principe de l'actionnement positif pour les interrupteurs mécaniques
 - Mode de passe pour accéder au programme de l'API
- S'assurer de l'**adéquation** des mesures de prévention (5/17) (p. ex. bonne visibilité)
- **Formation des utilisateurs** (2/17)
- **Suppression** du besoin (1/17) (p. ex. graissage automatique, instrumenter pour des mesures à distance)

Contournement des mesures de prévention

- Préoccupations exprimées par les fabricants
 - Mesures anticcontournement perçues comme pouvant empêcher le bon fonctionnement des machines et réduire la productivité
 - Convaincre les clients
 - Crainte que le client ne se tourne vers d'autres fabricants ne proposant pas ces mesures pourtant importantes
- Difficile d'avoir un retour d'expérience de la part des clients sur cet aspect
 - Or connaître les besoins et les tendances comportementales de travailleurs aiderait beaucoup

Éléments sur les systèmes de commande de sécurité

- Documents les plus utilisés
 - Manuel d'installation des dispositifs de sécurité (12)
 - Schémas fournis par le vendeur de composants (11)
 - CSA Z432 (11)
 - ISO 13849 (9)
 - CSA Z434 (8)
 - CEI 62061 (2)
- Quelques principes de base de conception des systèmes de commande sont respectés par l'ensemble des fabricants
 - Séparation fonctions de sécurité/fonctions standards (14)
 - Utilisation de composants certifiés (15)
 - Redondance (13)
 - Surdimensionnement (8)

Éléments sur les systèmes de commande de sécurité

- **Difficultés techniques**
 - « Peu de composants de sécurité existent pour les circuits hydrauliques »
- **Difficultés financières**
 - Le coût des composants certifiés peut être prohibitif
- **Difficultés liées au client**
 - « Certains clients exigent des composantes particulières »
 - « Les besoins et demandes des clients évoluent durant le projet, en plus d'éventuels oublis de leur part »
- **Difficulté liées aux connaissances nécessaires**
 - Notion complexe à comprendre au début, formation spécifique nécessaire
- **Difficultés liées au délais**
 - « Manque de temps et les délais de conception et de fabrication pour identifier et atteindre les niveaux de sécurité que les normes exigent »

Éléments sur les systèmes de commande de sécurité

- **Détermination du niveau de fiabilité**
 - 10 fabricants déterminent et valident un niveau de fiabilité (PL ou SIL) pour chaque fonction de sécurité en utilisant ISO 13849 ou CEI 62062
 - Certains utilisent le même niveau de fiabilité pour toutes les fonctions de sécurité : celui qu'exigent les risques les plus élevés sur la machine
 - Certains fabriquent la même machine depuis des années et savent par expérience
- **Validation du système de commande**
 - Tests de fonctionnement (6)
 - Validation théorique (4)
 - Tests de fonctionnement et validation théorique (5)
 - Ne sais pas (2)

Prise en compte de la maintenance durant la conception

- Faciliter le cadenassage
 - Positionnement adapté des sources d'isolement d'énergie (16/17)
 - Mise en place d'un dispositif d'isolement pour chaque source d'énergie (17/17)
 - Dispositif d'isolement cadenassable (17/17)
- Faciliter la maintenance
 - Positionnement des points de maintenance (12/17)
 - Mode de commande spécifique pour la maintenance (13/17)
- Méthodes alternatives au cadenassage peu considérées (3/17)

Prise en compte de l'ergonomie

- Principales méthodes recensées (combinées ou non)
 - Respecter les recommandations normatives
 - Former ou initier les concepteurs aux principes de base de l'ergonomie
 - Recourir ponctuellement à un ou une ergonomiste à l'externe
 - Utiliser des mannequins virtuels dans les logiciels de CAO
 - Aborder des points à respecter concernant l'ergonomie dans la grille d'analyse du risque

Prise en compte de l'ergonomie

- Principaux points considérés par les fabricants
 - Dimensions des postes de travail
 - Ergonomie cognitive (p. ex. pour la clarté des panneaux de commande et la facilité de compréhension des autocollants, ou stickers, d'avertissement de danger)
 - Visibilité
 - Accès aux différentes parties de la machine
 - Facilité pour le démontage et le montage de pièces fréquemment changées

Prise en compte du bruit et des contaminants

- Aspects liés au **bruit** :
 - Choix des matériaux (5/17)
 - Modification du procédé de fabrication (2/17)
 - Recouvrir la machine de panneaux acoustiques (4/17)
 - EPI (car les solutions précédentes sont impossibles ou insuffisantes (6/17))
- Aspects liés aux **contaminants** :
 - Confinement
 - Système d'aspiration à la source et de filtration
 - Consignes pour la ventilation ou ventilation intégrée
 - Aspiration des vapeurs d'huile
 - Filtre pour le liquide de refroidissement
 - Pression négative
 - ...

Prise en compte des autres phases de vie d'une machine (transport, montage, installation, démantèlement)

- Ces risques concernent principalement les employés des fabricants et sont peu considérés
- Solutions utilisées par les fabricants
 - Procédures ou méthodes de travail (12)
 - Signalisation, restriction d'accès (8)
 - Formation, communication (5)
 - Moyens techniques temporaires (4)
 - Tests de fonctionnement des moyens de protection (3)
 - Analyse de risque (2)
 - Dispositions techniques pour le transport (2)
 - Utilisation des moyens de réduction du risque de la machine (2)

Situation par rapport à l'industrie 4.0

- Trois groupes chez les fabricants rencontrés
 - Ceux qui sont en phase d'apprentissage, qui ont des concepts en place, en cours de développement, mais qui ne les ont pas encore concrétisés (11/17)
 - Ceux pour qui des technologies de l'industrie 4.0 sont déjà disponibles sur leurs machines (5/17)
 - Ceux qui considèrent que l'industrie 4.0 n'est pas encore une avenue à considérer dans la conception (1/17)
- Impacts sur la SST peu évalués
 - « ...plus c'est automatisé, plus c'est difficile à sécuriser... »
 - Cybersécurité
 - Potentielle source d'informations précieuses à exploiter pour la sécurité des machines

Conclusion

- Cette étude impliquant les fabricants de machines est une première
 - Habituellement, ce sont les utilisateurs qui sont consultés
- Malgré l'échantillon restreint, l'étude permet d'avoir une idée du portrait de la situation
- Le constat est plutôt positif du point de vue de l'intégration de la sécurité dès la conception
- Attention à ne pas faire de lien avec l'état de la sécurité des machines au Québec
 - Les études menées auprès des utilisateurs montrent des lacunes
 - Toutes les machines concernées par l'étude sont neuves, alors que les utilisateurs en ont de plus anciennes

Conclusion

- **Réflexions**
 - Un cadre réglementaire clair invitant à la standardisation ou la certification des équipements
 - Intégration de cours en sécurité des machines à la formation de tout ingénieur du Québec
 - Concepteurs, acheteurs, gestionnaires, etc.
 - Guide de bonnes pratiques pour les concepteurs et clients (acheteurs)
 - Guide illustrant une démarche concrète de conception et de validation de système de commande pour des circuits aux technologies diverses
 - Guide pour identifier et supprimer les incitatifs au contournement des moyens de protection
 - Étude ou guide sur la gestion des risques lors du transport, montage, installation et démantèlement des machines

Merci pour votre aimable attention.

28/28