Colloque 2018 Santé et Sécurité de l'OIFQ

Québec – 26 avril 2018

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

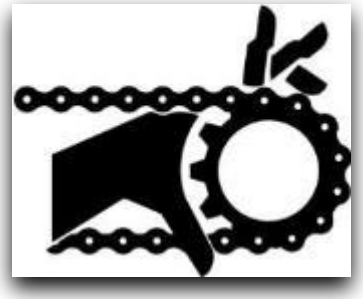
Le cadenassage et les méthodes alternatives pour les machines mobiles forestières

Laurent Giraud, ing., Ph. D. IRSST

Damien Burlet-Vienney, ing., Ph. D. IRSST

Plan

1. Mise en contexte et définitions
2. État des lieux législatif et normatif
3. Le cadenassage des machines mobiles
4. Les méthodes alternatives au cadenassage
5. L'application aux machines mobiles
6. La nouvelle programmation de recherche de l'IRSST sur les méthodes alternatives
7. Conclusion



Source: aem.org

Quelques définitions

- **Machine forestière** (RSSTAF)
  - «machine forestière»: tout véhicule automoteur utilisé pour les travaux d'aménagement forestier, tel une abatteuse, une ébrancheuse, une tronçonneuse, une chargeuse forestière ou un débardeur.
- **Machine présentant des dangers dus à sa mobilité** (Directive machine 2006/42/CE)
  - Machine dont le fonctionnement exige soit la mobilité pendant le travail, soit un déplacement continu ou semi-continu suivant une succession de postes de travail fixes, ou machine qui fonctionne sans déplacement, mais qui peut être munie de moyens permettant de la déplacer plus facilement d'un endroit à un autre.
- **Fonction de sécurité**
  - Fonction d'une machine dont la défaillance peut provoquer un accroissement immédiat du (des) risque(s) [ISO 12100-1 :2003, 3.28]
- **Véhicule automoteur** (RSST)
  - Tout véhicule à moteur monté sur roues, sur chenilles ou sur rails servant à transporter des objets ou des matériaux, ou à tirer ou pousser des remorques ou des matériaux, à l'exception d'un véhicule tout terrain et d'un appareil de levage

Équipements / machines mobiles?

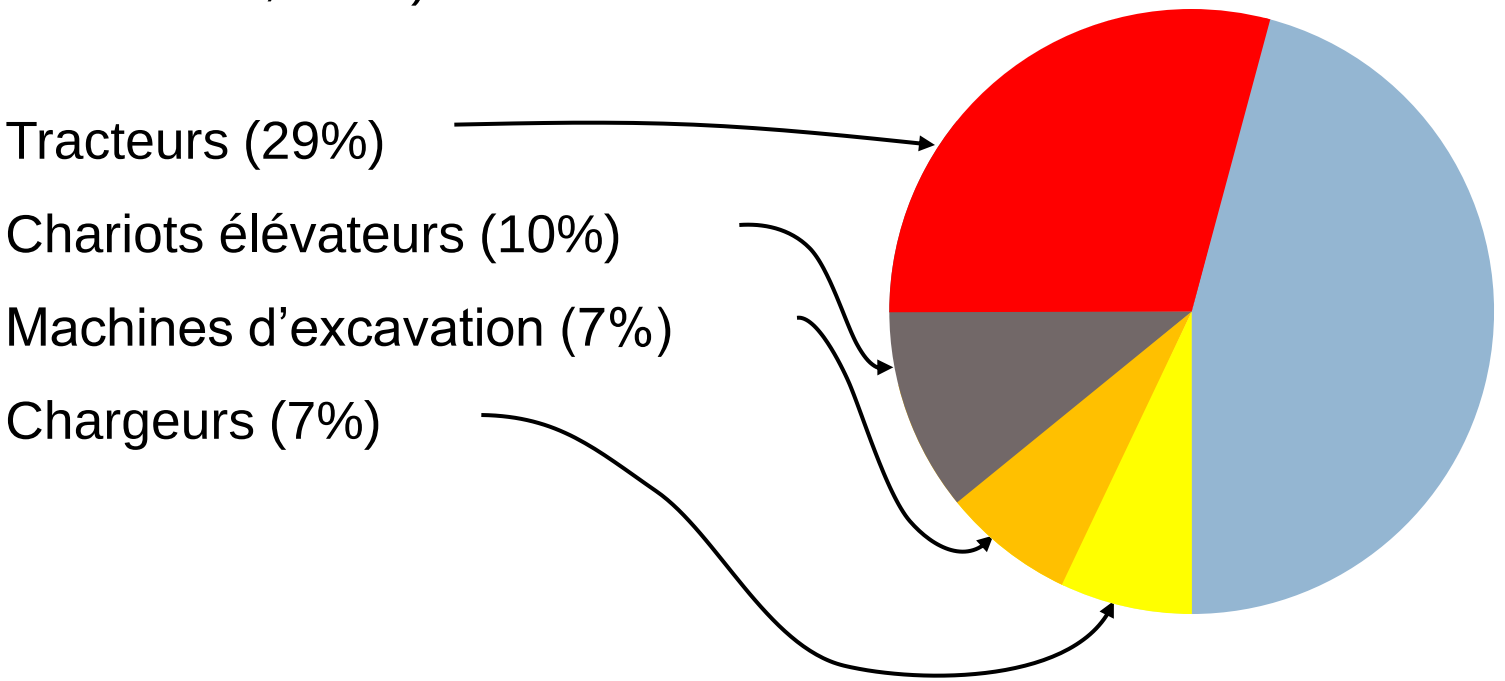
Équipement / machine

- Autopropulsé, remorqué ou transporté
- Non prévu uniquement pour le transport de personnes

Machines mobiles « forêt » - Exemples

Accidents machines aux États-Unis

- *Trends of Occupational Fatalities Involving Machines,* 1992-2010 (Marsh et coll., 2015)



Accidents machines aux États-Unis

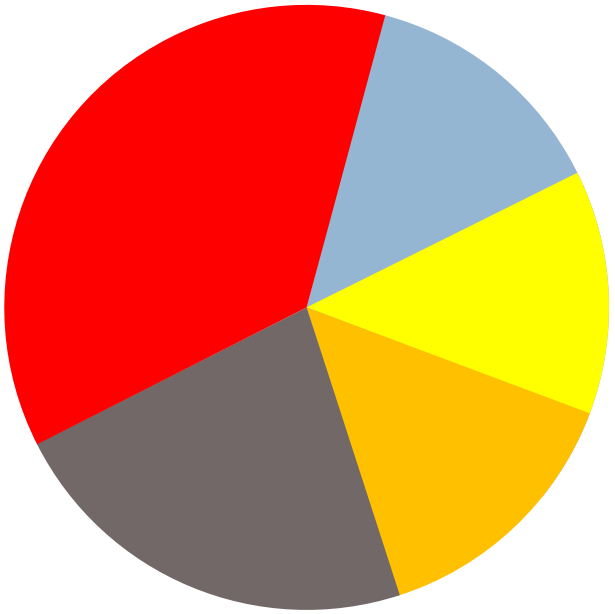
- *Trends of Occupational Fatalities Involving Machines,* 1992-2010 (Marsh et coll., 2015)

Agriculture/forêt/pêche (37%)

Construction (22%)

Manufacturier (14%)

Services (13%)

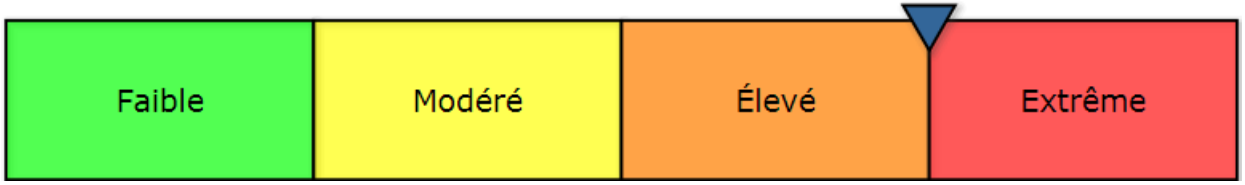


Secteur forêt au Québec– Degré de risque

- Petites et moyennes entreprises (PME)

- Petites et moyennes entreprises (PME) – 20 décès 2002/2011
  - 4 Coincé ou écrasé par de l'équipement ou des objets

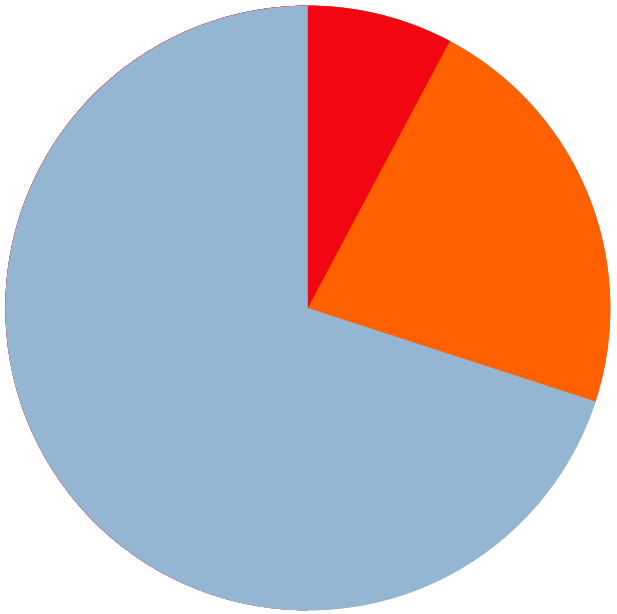
- Ensemble du secteur



Source: CNESST

Accidents au Québec – Machines mobiles

- 2000 à 2013
  - 813 rapports d'enquête
  - 306 (38%) concernent les équipements mobiles
    - En moyenne **4 décès/an** liés à la maintenance des équipements mobiles

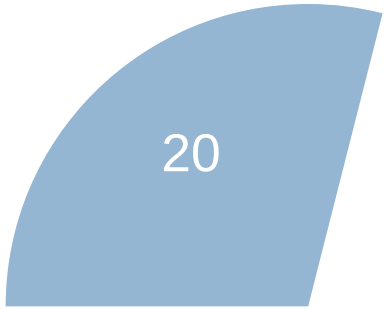


62 (20%) en maintenance

244 (80%) en exploitation

62 accidents – Maintenance machines mobiles

- Types d'accidents



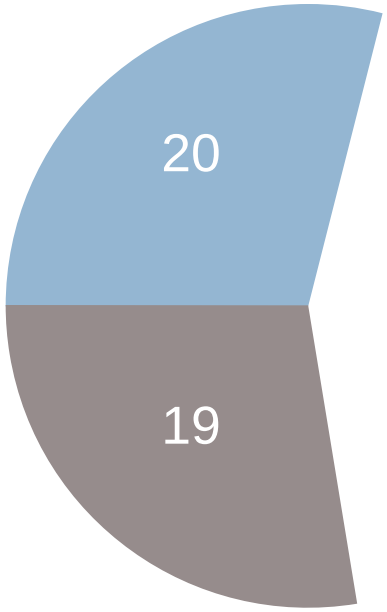
- Chute d'un équipement ou partie d'équipement en hauteur

- Chargeur avec godet (CNESST 2014, rapport EN-004045)
  - En essayant de démanteler le corps de soupape, le travailleur retire une demie-bride du circuit hydraulique.
  - La fuite hydraulique entraine la chute du godet.

Photo 1 : Lieu de l'accident (source : CSST)

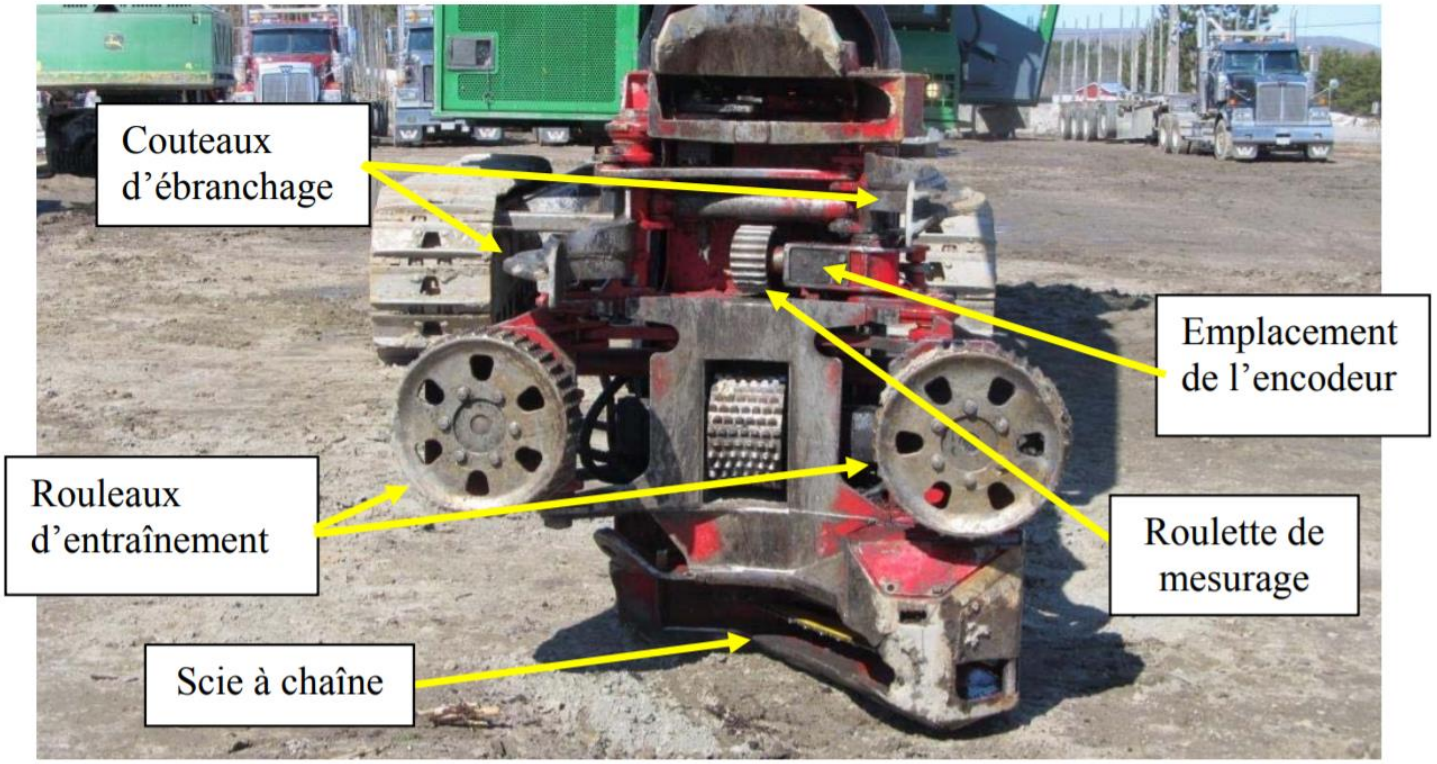
62 accidents – Maintenance machines mobiles

- Types d'accidents



- Chute d'un équipement ou partie d'équipement en hauteur
- Pièce en mouvement

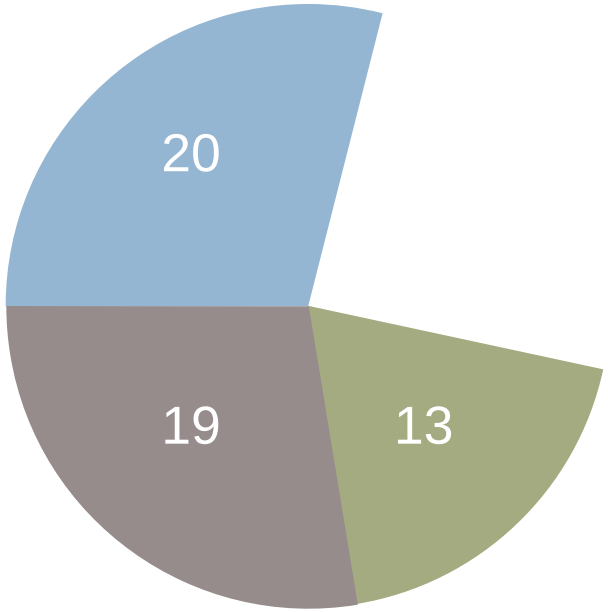
- Abatteuses avec tête multifonctionnelle (CNESST 2016, rapport EN-004107)
  - Réparation de l'encodeur de la roulette de mesurage pendant le fonctionnement
  - Fermeture des couteaux d'ébranchage de la tête



Source : CNESST

62 accidents – Maintenance machines mobiles

- Types d'accidents



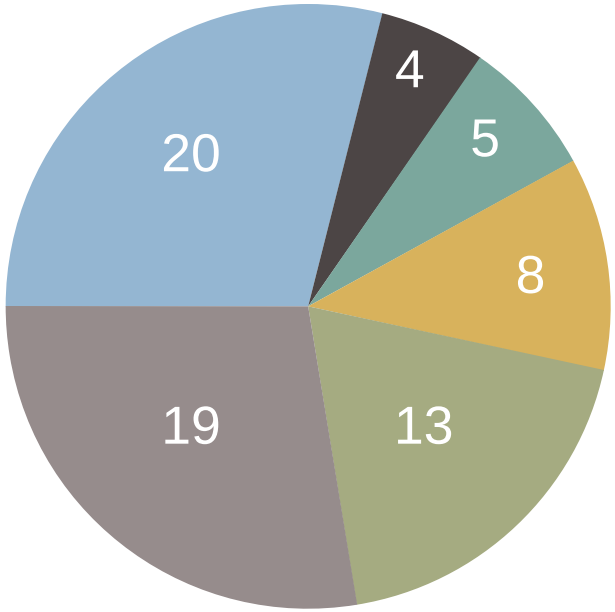
- Chute d'un équipement ou partie d'équipement en hauteur
- Pièce en mouvement
- Véhicule en mouvement

- Camion (CNESST 2016, rapport EN-004081)
  - Trois travailleurs effectuent des manœuvres afin de débloquer le frein d'une roue d'un tracteur semi-remorque. Un des travailleurs est dessous.
  - Soudainement, le véhicule se met en mouvement dans la pente et le travailleur est écrasé.

Photo 1 : Le lieu de l'accident
(Source : CSST)

62 accidents – Maintenance machines mobiles

- Types d'accidents



- Chute d'un équipement ou partie d'équipement en hauteur
- Pièce en mouvement
- Véhicule en mouvement
- Explosion de pneu/déjantage
- Explosion de réservoir
- Intoxication

Plan

1. Mise en contexte et définitions
2. État des lieux législatif et normatif
3. Le cadenassage des machines mobiles
4. Les méthodes alternatives au cadenassage
5. L'application aux machines mobiles
6. La nouvelle programmation de recherche de l'IRSST sur les méthodes alternatives
7. Conclusion

Règlement et normes – Cadenassage…

RSSTAF

- Blocage en position fixe du mécanisme hydraulique (art. 40)
- **Abatteuse – cadenassage** ou méthode de maîtrise des énergies (art. 41)
- Levage et blocage (art. 42)
- Application du RSST si dispositions conciliables avec celles du RSSTAF

RSST – Section XXI: MACHINES

- Contrôle de la zone dangereuse (art. 182)
- **Cadenassage et autres méthodes** (art. 188.1 à 188.13)
- Mode de commande spécifique (art. 189.1)

Règlement et normes – Cadenassage…

NORMES

- CSA Z432-16: Protection des machines
- **CSA Z460-13:** Maîtrise des énergies dangereuses - Cadenassage et autres méthodes

- ANSI Z244.1 Control of Hazardous Energy – Lockout/Tagout And Alternative Methods
- NF X60-400 Maintenance – Mise en sécurité des intervenants lors des opérations de maintenance – Processus de maîtrise des énergies

RSST/CSTC – Mise à jour (2016)

↓

Art. 188.2 : Avant d'entreprendre dans la zone dangereuse d'une machine tout travail, notamment de montage, d'installation, d'ajustement, d'inspection, de décoinçage, de réglage, de mise hors d'usage, d'entretien, de désassemblage, de nettoyage, de maintenance, de remise à neuf, de réparation, de modification ou de déblocage, le cadenassage ou, à défaut, toute autre méthode qui assure une sécurité équivalente doit être appliqué […].

RSST/CSTC – Mise à jour (2016)

Méthode de contrôle des énergies choisie?
Cadenassage, ou à défaut une autre méthode

Cadenassage

↓

1. Désactivation et arrêt complet de la machine
2. Contrôle de toute source d'énergie résiduelle ou emmagasinée
3. Isolation et condamnation des points de coupure des sources d'énergie de la machine
4. Vérification du cadenassage

[Travail à réaliser en sécurité]

5. Décadenassage et la remise en marche de la machine en toute sécurité

RSST/CSTC – Mise à jour (2016)

Méthode de contrôle des énergies choisie?
Cadenassage, ou à défaut une autre méthode

Autre méthode

↓

188.4. Lorsqu'un employeur ayant autorité sur l'établissement prévoit appliquer une méthode de contrôle des énergies autre que le cadenassage, il doit, au préalable, s'assurer de la sécurité équivalente de cette méthode en analysant les éléments suivants :

1° les caractéristiques de la machine;

2° l'identification des risques pour la santé et la sécurité lors de l'utilisation de la machine;

3° l'estimation de la fréquence et de la gravité des lésions professionnelles potentielles pour chaque risque identifié;

→ Analyse du risque

4° la description des mesures de prévention applicables pour chaque risque identifié, l'estimation du niveau de réduction du risque ainsi obtenue et l'évaluation des risques résiduels.

Les résultats de cette analyse doivent être consignés dans un écrit.

La méthode visée au premier alinéa doit être élaborée à partir des éléments mentionnés aux paragraphes 1° à 4°.

Art. 188.2 – Champ d'application du cadenassage

Art. 188.2 : Avant d'entreprendre dans la zone dangereuse d'une machine tout travail, notamment […], le cadenassage **ou, à défaut**, toute autre méthode qui assure une **sécurité équivalente** doit être appliqué […].

- **Exceptions** → qui sont d'autres méthodes de contrôle…
  - Débranchement de la machine à portée de main + contrôle exclusif + source d'énergie unique + aucune énergie résiduelle
  - Mode de commande spécifique (art. 189.1)

Contexte normatif

Travaux dans la zone dangereuse d'une machine

- Cadenassage et autres méthodes (RSST, art. 188 / CSTC, art. 2.20)
  - Équipements mobiles inclus
  - CSA Z460-13 / ANSI Z244.1-2016

Les modifications qui suivent ont été apportées à cette deuxième édition :

a) Le domaine d'application a été élargi et comprend maintenant l'équipement mécanique mobile et l'utilisation des bouchons de congélation.

b) Les définitions suivantes ont été ajoutées ou modifiées :

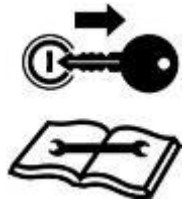
Plan

1. Mise en contexte et définitions
2. État des lieux législatif et normatif
3. Le cadenassage des machines mobiles
4. Les méthodes alternatives au cadenassage
5. L'application aux machines mobiles
6. La nouvelle programmation de recherche de l'IRSST sur les méthodes alternatives
7. Conclusion

Conscientisation des intervenants

- Problématique transversale
- Pas d'application de procédure de maîtrise des énergies
- Arrêt sécuritaire?
  - Moteur en marche
  - Clé d'ignition encore dans le démarreur
  - Énergie résiduelle non maîtrisée

- Conducteurs
  - Problématique d'arrêt de l'équipement
  - Hors atelier



- Mécaniciens
  - Problématique de blocage
  - En atelier

Fournisseurs - Manuel du fabricant

- Manuel n'est pas toujours disponible / accessible (cabine, atelier, sur le terrain, etc.)
- Si disponible…
  - Contenu très inégal d'un fabricant à l'autre
  - Souvent en anglais
  - Version papier ou version électronique
  - Volumineux, informations difficiles à localiser
  - Étape de condamnation absente

… manuels rarement consultés pour des aspects reliés à la sécurité

Procédure – Isolation et condamnation

- Clé d'ignition ou coupe-batterie

Procédure – Isolation et condamnation

- Clé d'ignition ou coupe-batterie

	Avantages	Inconvénients
Clé d'ignition	- Disponible sur les équipements - Suffisant dans la plupart des cas - Déjà utilisée par les mécaniciens	- N'est pas un dispositif d'isolement - Contrôle des doubles - Pas toujours disponible - Intervention à plusieurs intervenants
Coupe-batterie	- Dispositif d'isolement - Redémarrage du moteur impossible - Conforme aux exigences d'une procédure de cadenassage - Potentiellement cadenassable - Clé d'ignition disponible pour la vérification	- Pas toujours disponible - Coupe l'alimentation de certains éléments comme le GPS ou l'ordinateur de bord - Ajoute une étape alors qu'il n'est pas nécessaire de couper l'énergie électrique

Fournisseurs & coupe-batterie

- Machine sans coupe-batterie

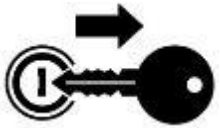
- Coupe-batterie pas cadenassable

- Coupe-batterie cadenassable

Démarche d'implantation – Élaboration procédure

- L'arrêt sécuritaire : L'étape clé

1. Stationner l'équipement sur un terrain adéquat
2. Appliquer le frein de stationnement
3. Mettre la transmission dans la position spécifiée
4. Abaisser les accessoires au sol ou dans la position désirée
5. Caler, bloquer ou attacher les accessoires qui ne sont pas au sol selon les recommandations du fabricant
6. Éteindre l'équipement
7. Retirer la clé d'ignition si l'équipement en requiert une
8. Placer des cales de roues si nécessaire
9. Délimiter la zone d'intervention et signaler l'intervention
10. Verrouiller la cabine si l'équipement n'a pas de clé d'ignition
11. Aviser le personnel concerné des travaux en cours



Plan

1. Mise en contexte et définitions
2. État des lieux législatif et normatif
3. Le cadenassage des machines mobiles
4. Les méthodes alternatives au cadenassage
5. L'application aux machines mobiles
6. La nouvelle programmation de recherche de l'IRSST sur les méthodes alternatives
7. Conclusion

Origines des méthodes alternatives

1. **Première apparition** dans la version de 2003 de la norme **ANSI/ASSE Z244.1 – Control of Hazardous Energy – Lockout/Tagout And Alternative Methods**
   - 5.4 Alternative Methods
   - "*alternative methods development for tasks that are routine, repetitive, and integral to the production process, or where traditional lockout/tagout prohibits the completion of those tasks* (5.4);" (citation d'une partie de l'introduction, chapitre 0).
   - En même temps que l'introduction de la hiérarchie de réduction du risque et de l'appréciation du risque.
2. **Deuxième apparition** dans la première version de la norme **CSA Z460-05 - Maîtrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes**
   - 7.4 Autres méthodes de maîtrise des énergies dangereuses

ANSI/ASSE Z244.1-2003 et 2016

- Pas de critères précis… (5.4)
  - […] When lockout/tagout is not used for tasks specified in 1.3 that are routine, repetitive, and integral to the production process (see 1.2), or traditional lockout/tagout prohibits the completion of those tasks, then an alternative method of control shall be used.[…] The alternative method selected shall have detailed procedures developed and documented for the control of hazardous energy.
  - NOTE – Activities that might be performed using alternative methods include die changing, jam clearing, make-ready, lubrication, tool changes, roll polishing, minor cleaning, adjustments and set-up. […]
- Mais **obligation** de faire une appréciation du risque qui peut-être qualitative (5.4.1)
- Et **obligation** de respecter la hiérarchie de réduction du risque pour sélectionner le moyen / la méthode alternative (5.4.2)
- En 2016, plus de formalisme / précisions
  - Notion de personne qualifiée pour concevoir la méthode alternative

CSA Z460-05 et 2013

- Logique décisionnelle (7.4.1)
- **Obligation** de faire une appréciation du risque (7.4.4)
- Et **obligation** de respecter la hiérarchie de réduction du risque pour sélectionner le moyen / la méthode alternative (7.4.5)
  - Conception
  - Mesures de protection ou de prévention
  - Contrôles administratifs ou autres moyens

7.4.2 Tâches appropriées aux autres méthodes de maîtrise

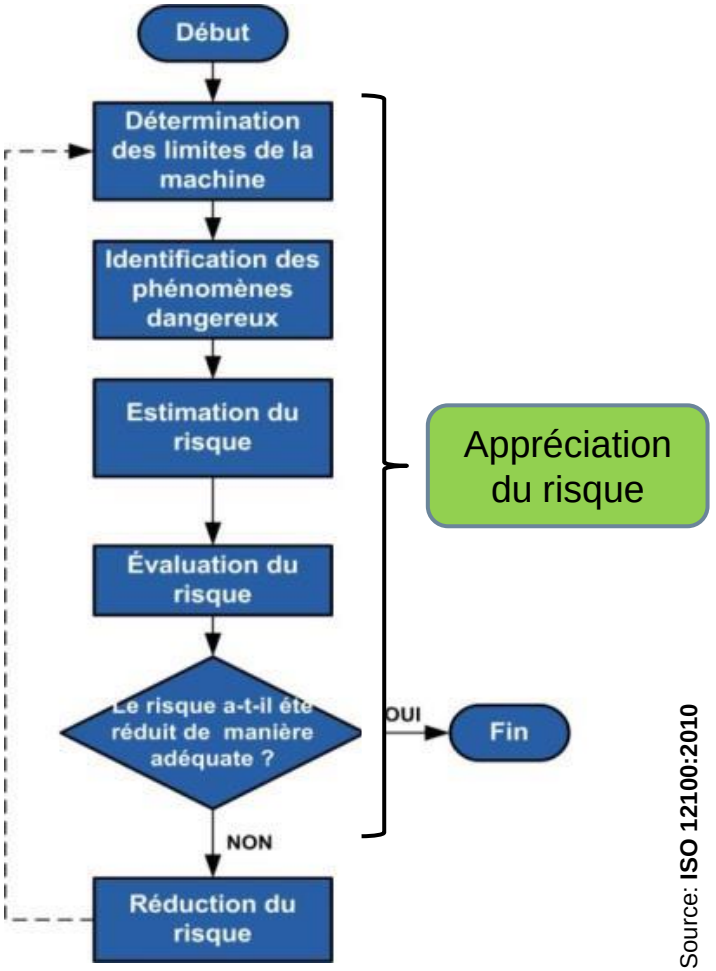
Pour être considérées comme parties intégrantes d'un processus de production, les tâches définies doivent présenter la plupart des caractéristiques suivantes :

a) être de courte durée ;
b) être d'envergure relativement mineure ;
c) se produire fréquemment au cours du quart de travail ou de la journée de production ;
d) être généralement exécutées par des opérateurs, les personnes chargées des réglages et le personnel d'entretien ;
e) représenter des activités cycliques prédéterminées ;
f) interrompre le moins possible le fonctionnement du processus de production ;
g) être nécessaires même lorsque les niveaux d'exploitation optimaux sont atteints ; et
h) exiger du personnel une formation particulière.

Source: **CSA Z460-13**

Gestion du risque – Rappel (ISO 12100)

1. **Analyse du risque**
   1. Limites du système étudié
   2. Identification des dangers
   3. Niveau de risques
2. **Évaluation du risque**
   - Risque acceptable?
3. **Réduction du risque**
   - Choix des moyens de prévention
   - Reprendre l'analyse

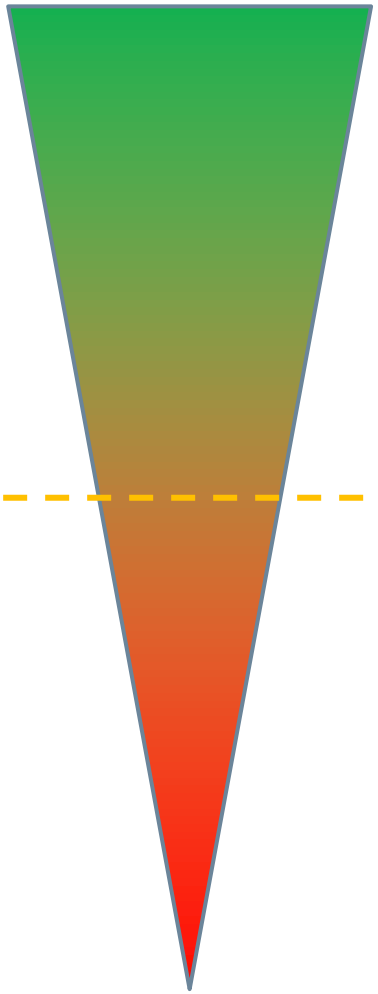


Source: **ISO 12100:2010**

Moyens de réduction du risque

Par ordre d'efficacité

- Supprimer le phénomène dangereux (conception)
- Réduire le phénomène dangereux (conception)
- Utiliser des protecteurs
  - Fixes ou mobiles
- Utiliser des dispositifs de protection
  - Rideau optique, scanner, tapis sensibles, etc.
- Avertissement / signalisation
- Méthode de travail
- ÉPI
- Formation /Information



Plan

1. Mise en contexte et définitions
2. État des lieux législatif et normatif
3. Le cadenassage des machines mobiles
4. Les méthodes alternatives au cadenassage
5. L’application aux machines mobiles
6. La nouvelle programmation de recherche de l’IRSST sur les méthodes alternatives
7. Conclusion

Méthodes alternatives et machines mobiles

- De nombreux exemples sont disponibles dans les normes
  - Sidérurgie / transformation de métaux
  - Machine fixe d'emballage
  - Industrie pharmaceutique, microélectronique
  - Industrie de la transformation du plastique
  - Secteur de l'imprimerie
  - Robotique
- Des moyens techniques sont proposés
  - Clés captives - dispositifs d'interverrouillage à clé retenue
  - Systèmes verrouillables basse tension distants
- Un exemple concerne le secteur forestier dans les normes citées
  - Annexe L de la norme CSA Z460-13

Annexe L (informative) – CSA Z460-13 😐

- Exemples d'application pour le matériel et la machinerie mobiles
- Processus proposé (sous-entendu tâche de maintenance) 😐
  1. Nommer et définir la tâche
     - Il convient de déterminer l'importance de l'entretien requis et si une alimentation du matériel sera nécessaire pour accomplir l'entretien.
  2. Repérer et évaluer les énergies dangereuses associées à la tâche
     - L'entretien du matériel mobile exige que le matériel soit au niveau d'énergie zéro avant de commencer le travail (à moins que l'alimentation ne soit nécessaire à l'exécution de la tâche), ce qui signifie que tous les phénomènes dangereux connexes doivent être pris en compte.
       - Sources d'énergie
       - Fluides sous pression
       - Gravité terrestre
       - Pièces libres ou mobiles
       - Possibilité de mise en marche à distance
       - Etc.

Annexe L (informative) – CSA Z460-13

- Processus proposé
  3. Effectuer la tâche
     - Les phénomènes dangereux identifiés doivent être cadenassés conformément à l'article 7.3.2.2 ou, si le cadenassage est impossible, ou si l'énergie est nécessaire à l'exécution de la tâche, effectuer une appréciation du risque (article 7.4.4) et utiliser d'autres méthodes de maîtrises appliquées, conformément à l'article 7.4.3.
     - Les autres méthodes de maîtrises pourraient être
       a) abaisser les stabilisateurs ;
       b) retirer la source de combustible ;
       c) neutraliser les circuits de démarrage ;
       d) effectuer un cadenassage mécanique ;
       e) caler les roues ; et
       f) dissiper l'énergie thermique.
  4. Tâche terminée
     - Remise en service de la machine

Annexe L - La moissonneuse d'arbres CSA Z460-13

Interventions	Soupape pilote mécanique hydraulique	Moteur	Interrupteur principal électrique	Soupape hydraulique manuelle	Ordinateur	Verrouillage mécanique (A-B-C-D)	Consignes de travail (1-2-3…)
Réparation mécanique	Cadenassée	À l'arrêt	Cadenassé	S. O.	S. O.		1-3-4-5-6-7-8+13
Entretien et lubrification	Cadenassée	À l'arrêt	Cade-nassé	S. O.	S. O.		1-3-4-5-6-7-8

1. Descendre le bras au sol
3. Placer la tête abatteuse face contre terre (rouleaux et pinces ouvertes).
4. Replier le bras de sécurité (bras électro-hydraulique, pilote hydraulique).

5. Fermer la soupape mécanique hydraulique principale.
6. Couper le moteur et verrouiller l'interrupteur principal au moyen de cadenas.

7. Vérifier qu'il n'y a plus de courant en essayant les commandes.
8. Signer et dater l'étiquette de cadenassage.

Annexe L - La moissonneuse d'arbres ☹

Interventions	Soupape pilote mécanique hydraulique	Moteur	Interrupteur principal électrique	Soupape hydraulique manuelle	Ordinateur	Verrouillage mécanique (A-B-C-D)	Consignes de travail (1-2-3…)
Réparation mécanique	Cadenassée	À l'arrêt	Cadenassé	S. O.	S. O.		1-3-4-5-6-7-8+13
Entretien et lubrification	Cadenassée	À l'arrêt	Cade-nassé	S. O.	S. O.		1-3-4-5-6-7-8
Remplacement d'une chaîne							
Remplacement d'une chaîne (seul)	Cadenas-sée	En marche	Dé-cade-nassé	S. O.	S. O.		12-4-5-7

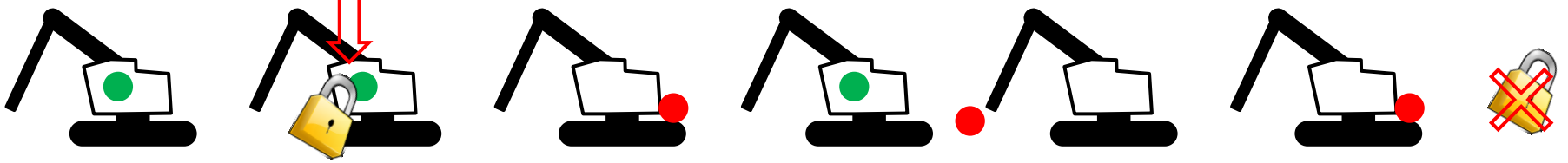
CSA Z460-13

12. Stabiliser le bras et la tête abatteuse (± 1 m du sol).

4. Replier le bras de sécurité (bras électro-hydraulique, pilote hydraulique).

5. Fermer la soupape mécanique hydraulique principale.

7. Vérifier qu'il n'y a plus de courant en essayant les commandes.



Protection technique comme alternative

2 points importants à ne pas oublier si le système de commande (**moyen technique**) est impliqué (ex. coupe-pilote ou ouverture de la porte de la cabine)

1. **Dispositif de commande individuel**
   - Avoir le contrôle de la situation

2. **Système fiable**
   - Plus le risque est grand, plus le système doit être fiable (ISO 13849)
   - Notion de fonction de sécurité

Procédure - Alternative au cadenassage

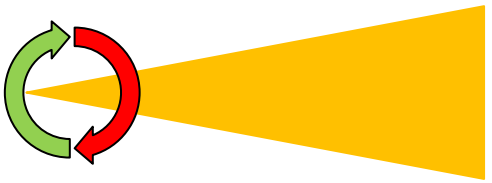
- Les alternatives au cadenassage sont régulièrement utilisées
  - Mais l'analyse de risque est-elle faite et écrite ?
- Types d'intervention (cf. §7.4.2, CSA Z460-13)
  - Besoin d'une source d'énergie
  - Intervention mineure de courte durée, en atelier ou non
  - Intervention de continuité de production hors atelier fréquente
    - Ex. abatteuse: validation longueur / diamètre de coupe, vérification des niveaux

Plan

1. Mise en contexte et définitions
2. État des lieux législatif et normatif
3. Le cadenassage des machines mobiles
4. Les méthodes alternatives au cadenassage
5. L’application aux machines mobiles
6. La nouvelle programmation de recherche de l’IRSST sur les méthodes alternatives
7. Conclusion

Cycle de vie théorique / réel

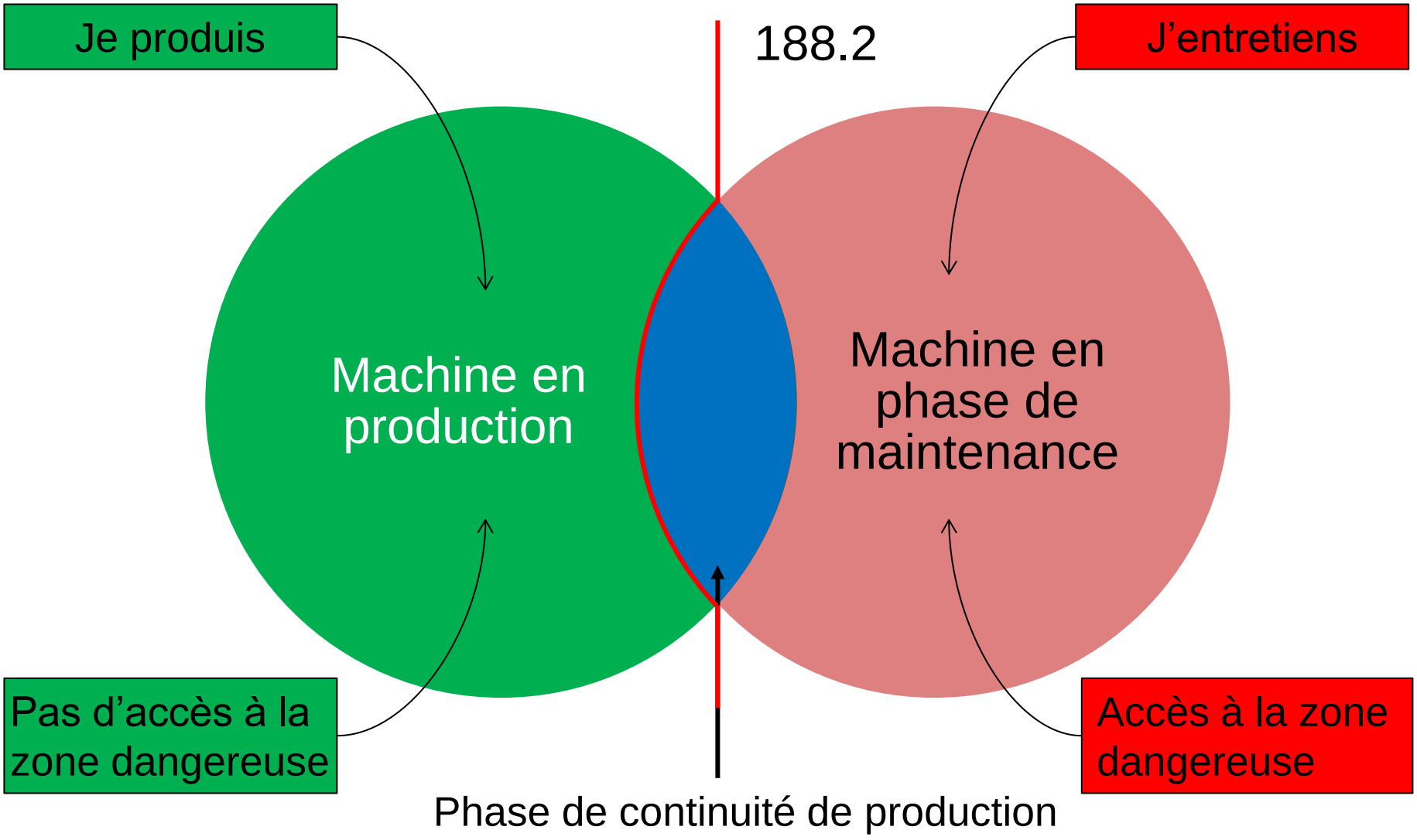
- Les différentes phases du cycle de vie d'une machine
  - Construction
  - Manutention, déplacements
  - Installation
  - Production
  - Maintenance



Déblocage
Débourrage
Nettoyage…

  - Démontage
  - Mise hors service, mise au rebut

La phase de continuité de production



Accidents graves et mortels

- Classement des accidents selon la tâche en cours (Qc – 2011/2015)

Tâche	Nb	%
Production	54	38
Continuité de production	31	**22**
Maintenance	30	21
Fortuit	19	14
Installation	6	4
Démantèlement	1	1
Total	141	100

Les continuités de production

Continuité de production	31	
Déblocage	**14**	45,2%
Qualité matière	6	19,4%
Nettoyage	4	12,9%
Chargement / déchargement	2	6,5%
Surcharge de l'alimentation	2	6,5%
Déplacement machine AR	2	6,5%
Continuité de matière	1	3,2%

Variabilité très grande, mais souvent **geste ou action spontanés** (non planifié – pas de recul) pour reprendre la production / l'utilisation de la machine: déblocage d'une porte de machine, d'une anode qui coince, d'un fil électrique qui gêne le passage, etc.

Autant à l'intérieur qu'à l'extérieur

Plan

1. Mise en contexte et définitions
2. État des lieux législatif et normatif
3. Le cadenassage des machines mobiles
4. Les méthodes alternatives au cadenassage
5. L’application aux machines mobiles
6. La nouvelle programmation de recherche de l’IRSST sur les méthodes alternatives
7. Conclusion

Conclusion

- La seule utilisation de la clé d'ignition
  - n'est pas du cadenassage
  - n'est pas en soit une procédure alternative de maîtrise des énergies dangereuses
- Les types d'interventions sont à définir
- Les critères de décision sont à préciser
  - Tâche, secteur, etc.
- **Si alternative, alors appréciation / analyse du risque**
- Intervenir en atelier, ou proche du camion atelier, le plus souvent possible

Conclusion

- **Ne pas oublier l'évolution de la technologie**
  - Logiciels, électronique embarquée (aujourd'hui)
  - Machines commandées à distance
  - Engins autonomes ou semi-autonomes (futur)
- **La cohabitation machine mobile / travailleur existera toujours**
  - Seule sa forme va changer
- Les critères de décision vont donc évoluer

Questions

Intérêt, suite à donner…

Laurent Giraud
laugir@irsst.qc.ca
(514) 288-1551 #396

Damien Burlet-Vienney
dambur@irsst.qc.ca
(514) 288-1551 #408