

# UNE PROGRAMMATION THÉMATIQUE : PROJETS INTÉGRÉS SUR LES MÉTHODES D'APPRÉCIATION DES RISQUES ASSOCIÉS AUX MACHINES INDUSTRIELLES

Devant la diversité des méthodes et outils d'appréciation des risques associés aux machines industrielles et la divergence parfois observée des résultats (inter et intra - opérateurs), il a été entrepris d'analyser en profondeur les caractéristiques des méthodes et outils proposés dans la littérature ou utilisés dans les industries à travers une programmation thématique de projets de recherche. Les projets proposés traiteront de l'aspect théorique et pratique des méthodes et outils pour apprécier les risques associés aux machines industrielles ainsi que des formations habituellement données dans ce domaine. Les méthodes et outils seront comparés entre eux ainsi que les stratégies de formation associées. Des expérimentations basées sur des mêmes situations dangereuses permettront ensuite d'en comparer les résultats. Des recommandations seront produites sous la forme de guides pratiques et techniques relatifs au choix et à l'utilisation d'outils pour apprécier les risques associés aux machines industrielles ainsi qu'à la formation requise pour les utiliser. Finalement, dans la phase ultime de cette programmation thématique, un projet sera proposé pour faire un suivi des pratiques réelles suivies dans les industries du Québec pour apprécier les risques associés aux machines industrielles. Cet article présente les questionnements posés et les projets de recherche proposés pour y apporter des réponses. Un état de la situation des projets est également présenté.

## ORIGINE ET ENJEU DE LA PROBLÉMATIQUE EN SANTÉ ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL

Afin de réduire les situations dangereuses qui entraînent des accidents graves dans les industries du Québec, les machines doivent être conçues ou modifiées en intégrant des moyens de réduction du risque. Sans faire une démarche précise et rigoureuse d'appré-

ciation de risque, il est difficile de choisir des moyens de réduction du risque optimisés.

En vue de former les intervenants du Québec à une telle démarche, des formations sur l'appréciation du risque machine ont été conçues et présentées par l'IRSST. Un projet spécifique [1] a permis de former des relayeurs qui ont à leur tour présenté ces formations dans des entreprises du Québec. C'est ainsi que plus de 560 personnes ont participé aux 16 sessions de sensibilisation présentées par les relayeurs du projet.

- Analyse des risques
- Machine
- Industrie

- *Joseph-Jean PAQUES,*  
*Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, IRSST, Québec, Canada*
- *François GAUTHIER,*  
*Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada*

## THEMATIC PROGRAM : INTEGRATED PROJECTS ON RISK ASSESSMENT TOOLS FOR INDUSTRIAL MACHINERY

In front of the diversity of the methods and tools for assessment of the risks associated with industrial machinery and the divergence of results sometimes observed (inter and intra - operators), it has been undertaken to analyze in depth the characteristics of the methods and tools proposed in the literature or used in the industries through a thematic program of research projects. The proposed projects will deal with the theoretical and practical aspects of methods and tools for assessing the risks associated with industrial machines as well as the training currently given in this field. The analyzed methods and tools as well as the related training strategies will be compared between them. Experiments based on the same hazardous situations will then allow a comparison of the results. Recommendations will be produced in the form of practical technical guides relating to the choice and use of tools for assessing the risks associated with industrial machines in addition to the training required to use them. Finally, in a subsequent phase of this thematic program, a project will be proposed for following up the practices followed in Québec industries for assessing the risks associated with industrial machines. This paper presents the main questions and the research projects proposed to bring answers. The state of the current situation of the projects will be exposed too.

- Risk assessment
- Machinery
- Industry

Au-delà de l'intérêt que ces formations suscitent, des questions ont aussi été révélées durant ces formations. Il est en effet ressorti que les besoins des entreprises du Québec, principalement des PME, peuvent varier de façon importante et qu'une méthode utilisée avec succès dans une usine ne correspond pas nécessairement aux besoins d'une autre usine. Il est probable que la diversité des variantes des outils proposés ou utilisés pour effectuer la phase d'estimation du risque s'explique par la diversité des besoins ressentis d'une usine à une autre.

Dans le domaine des risques associés aux machines elles-mêmes, en dehors des procédures de cadenassage, peu de directives précises sont accessibles aux entreprises locales pour analyser ces risques, qui sont en général d'ordre mécanique. Seules quelques grandes entreprises ont investi les ressources nécessaires pour développer des méthodes systématiques d'analyse des risques associés aux machines dangereuses. Il est toutefois difficile de pouvoir accéder directement à ces méthodes qui sont souvent considérées comme essentielles pour la stratégie de gestion interne de l'entreprise et, donc, de nature confidentielle.

Face à une telle diversité, les préventeurs, qui désirent accomplir une analyse des risques associés aux machines dangereuses se trouvent démunis pour choisir et appliquer une méthode optimale qui apporte des résultats utiles avec un minimum d'efforts. Ces choix sont encore plus difficiles pour les PME qui ne disposent que de peu ou pas de ressources dans ce domaine.

## ÉTAT ACTUEL DES CONNAISSANCES

Des études ont révélé que les résultats d'une démarche d'appréciation des risques effectuée à partir d'une même machine, incluant leur identification et leur estimation, par différents sous-groupes, peuvent présenter des différences importantes d'un groupe à l'autre au niveau de l'estimation de l'indice des risques de certaines des activités ou sous-activités de la machine [2]. Une certaine variabilité des résultats peut être

jugée « naturelle » selon Parry [3] donc tolérable, mais une trop grande dispersion peut éventuellement entraîner une mauvaise estimation des mesures de réduction des risques.

Dans les pays européens, les experts s'intéressant aux démarches d'appréciation des risques arrivent au même constat :

« Les méthodes d'appréciation des risques d'une machine utilisées dans les différents pays européens, quand elles existent, peuvent conduire à des résultats différents, voire contradictoires. Dans certains cas, elles peuvent potentiellement conduire, pour une même machine, à requérir des niveaux de sécurité différents [...] » [4].

Abrahamsson [5] critique, lui aussi, sévèrement le problème de validité des outils existants en soulignant que ces derniers en viennent ainsi souvent qu'à être perçus, par les utilisateurs potentiels, comme peu crédibles ou inutilisables.

Ces questionnements face à la validité des outils d'appréciation des risques sont étonnamment récents. En Amérique et en Europe, ces dernières années, ils ont donné lieu à une multiplication importante des outils, le tout avec le postulat implicite, digne de la pensée magique, que toute démarche entraîne inévitablement une estimation valide des risques d'une machine. Toutefois, notre expérience nous amène à constater que le tout est beaucoup plus complexe et que plusieurs variables peuvent venir influencer l'estimation adéquate des indices de risque de chacune des activités ou sous-activités d'une machine.

Très peu de recherches se sont attardées à valider un ou des outils d'appréciation des risques dans le domaine de la sécurité des machines et ce, tout en tentant d'identifier les variables qui peuvent venir influencer l'estimation adéquate des indices de risque d'une machine. Nous avons seulement identifié les travaux de Abrahamsson [5] qui a tenté de valider divers outils d'appréciation des risques (s'appliquant à différents contextes mais, plus particulièrement, au contexte de travail de contacts avec des substances chimiques). Mais ce dernier se centre exclusivement sur l'analyse des variables reliées à l'outil d'appréciation des risques (le modèle, les paramètres, etc...) n'analysant pas

d'autres variables pouvant venir moduler une estimation adéquate des risques d'une machine (variables provenant de la formation préalable, des caractéristiques individuelles de la personne qui effectue l'analyse, etc.).

Un exemple de recherche plus avancée a été conduit par Wallstein et al. [6] qui ont clairement montré, à travers une méthode expérimentale soigneusement validée, que "non numerical probability expressions convey vague uncertainties". Il a ainsi montré que la définition de la probabilité sous forme verbale n'est pas fiable.

En Europe, aux États-Unis et au Canada, des outils sont proposés par les organismes concernés par la sécurité des machines industrielles. Certaines entreprises ont mis sur pied leurs propres méthodes et outils d'analyse. Toutes ces démarches sont basées sur les mêmes principes illustrés à la *Figure 1*, dérivée de la norme internationale ISO 12100-1 [7].

L'analyse du risque comprend trois aspects :

- détermination des limites de la machine et de son fonctionnement,
- identification des phénomènes dangereux,
- estimation des risques.

La norme internationale ISO 12100-1 [7] spécifie les définitions suivantes :

- « 3.13 appréciation du risque : Processus global d'analyse et d'évaluation du risque.
- 3.14 analyse du risque : Combinaison de la détermination des limites de la machine, de l'identification des phénomènes dangereux et de l'estimation du risque.
- 3.15 estimation du risque : Définition de la gravité probable d'un dommage et de la probabilité de ce dommage.
- 3.16 évaluation du risque : Jugement destiné à établir, à partir de l'analyse du risque, si les objectifs de réduction du risque ont été atteints ».

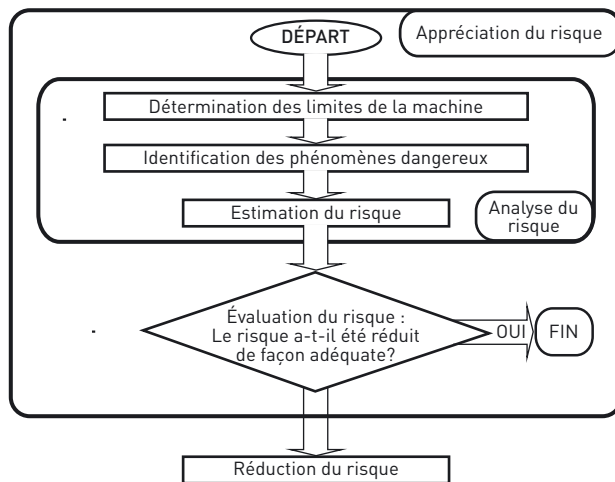
La *Figure 1* représente le modèle, tiré de la norme ISO 12100-1 [7] et utilisé pour représenter l'appréciation du risque machine.

Même si la plupart des méthodes et outils adaptés aux machines dangereuses se réfèrent plus ou moins à ce modèle, ils se présentent sous des formes

FIGURE 1

### Appréciation du risque basée sur la norme ISO 12100-1

Risk assessment based on standard ISO 12100-1



très différentes. Il n'est donc pas aisé de choisir celle qui est la mieux adaptée aux besoins de chaque entreprise qui veut s'impliquer dans un tel procédé.

En fait, le grand nombre d'outils proposés ou utilisés pour ces analyses montre qu'il n'y a pas d'approche simple et universelle. Comme Main [8] et Worsell [9] l'ont noté, il y a de nombreuses méthodes et outils pour effectuer la démarche en tout ou en partie. De nouvelles formes d'outils pour estimer ou évaluer les risques associés aux machines industrielles sont aussi régulièrement proposées.

Une étude terminée récemment [10] a montré la grande diversité des méthodes et outils utilisés ou proposés pour l'estimation et l'évaluation des risques dans le domaine de la machinerie industrielle.

## MÉTHODE

À partir des observations précédentes, une série de questions a été identifiée :

■ Quelles sont les différentes méthodes d'appréciation des risques associés aux machines dangereuses utilisées en industrie ?

■ Ces méthodes d'appréciation des risques associés aux machines dangereuses apportent-ils des réponses objectives aux situations observées ?

■ Quels sont les critères à utiliser pour choisir une méthode d'appréciation des risques associés aux machines dangereuses ?

■ Quels sont les différents outils d'estimation des risques associés aux machines dangereuses utilisés en industrie ?

■ Ces outils sont-ils équivalents théoriquement, dans leur application et dans leurs résultats ?

■ Quels sont les paramètres déterminants de ces outils ?

■ Comment doit-on mettre en œuvre ces méthodes afin de garantir un résultat optimal vis-à-vis des ressources qu'elles nécessitent ?

■ Quelle est la formation minimale requise pour utiliser ces méthodes de façon optimale ?

■ De quelle façon une démarche d'appréciation des risques associés aux machines peut-elle s'intégrer dans des démarches d'analyse déjà existantes en entreprise (analyse ergonomique de postes de travail, analyse des tâches, etc.) ?

■ Comment se fait le lien entre la démarche d'appréciation du risque et la démarche de réduction du risque ?

Afin d'apporter des réponses à ces questions, une programmation thématique de projets de recherche a été mise

en place, basée sur les méthodes et outils disponibles (normes et guides) et utilisés (procédures internes des entreprises) extraits des 275 documents analysés et classés dans un premier projet [10].

Cette programmation thématique a été développée selon les aspects et questions suivantes, puisque l'utilisation et le résultat de méthodes et outils d'appréciation du risque dépendent de plusieurs facteurs différents :

■ Inventaire : Quels méthodes et outils sont couramment disponibles (ou utilisés) ? Comment ces outils peuvent-ils être classés ? Sur quelles bases peut-on les comparer ? Lesquels sont les plus représentatifs ?

■ Aspect théorique : Comment les paramètres des outils peuvent-ils être comparés ? Comment les résultats de ces outils peuvent-ils être comparés dans l'absolu ? Quelles peuvent être les différences de résultats pour des outils différents appliqués à des situations identiques ?

■ Aspect pratique : Quel genre de dispersion peut-on attendre entre différents utilisateurs de méthodes et outils pour des situations identiques ? Comment des résultats obtenus par les mêmes utilisateurs pour des situations différentes peuvent-ils être comparés ? Comment des jugements répétés seront portés par les mêmes utilisateurs pour les mêmes situations ? Quelles sortes de méthodes et outils ont la préférence des utilisateurs ? Quelles sont les raisons de leurs choix ?

■ Aspects formation : Quel genre de formation est requis pour chaque participant, selon leur rôle dans une équipe d'appréciation de risques ?

■ Suivi de l'application des résultats des projets : Une fois que les guides auront été produits et diffusés pour application dans les usines, comment sont-ils utilisés dans la réalité ? Que faudrait-il adapter dans les guides pour les rendre plus appropriés aux besoins des utilisateurs ? Quel lien peut être fait avec les méthodes générales d'analyse déjà existantes dans les industries (analyse sécuritaire des tâches, groupe Six Sigma, ISO 9000, etc.) ?

# RÉSULTATS ET DISCUSSION

La programmation thématique de projets est proposée comme le résultat de cette réflexion. La *Figure 2* montre la planification générale ainsi que les liens entre les différents projets de cette programmation thématique.

## PREMIER PROJET : BILAN RAISONNÉ DES OUTILS D'APPRÉCIATION DES RISQUES ASSOCIÉS AUX MACHINES INDUSTRIELLES

### Contenu

Le premier projet de la programmation thématique est maintenant terminé [10]. Son objectif était d'analyser la littérature disponible de façon à classer les différents outils d'estimation et d'évaluation du risque et de préparer la sélection des méthodes et outils jugés les plus

représentatifs pour des essais subséquents. Plus précisément, cela incluait d'identifier les caractères spécifiques de chacune de ces méthodes, de ces outils ou types d'outils.

Dans ce projet, 275 documents décrivant des méthodes et outils pour apprécier les risques associés aux machines industrielles ou d'autres secteurs tels que nucléaire, militaire, aéronautique, etc. ont été rassemblés. Ces documents se présentaient sous la forme de livres ou d'articles publiés, de normes, de guides techniques et de procédures d'entreprises collectés dans l'industrie. À partir des documents rassemblés, 112 documents furent choisis et codés dans une base relationnelle de données. Le codage détaillé des documents était basé sur leur origine et leur usage. Le codage détaillé des méthodes et outils était basé sur le type d'outil de détermination du niveau de risque, les paramètres utilisés, la graduation ou la pondération des paramètres, la caractérisation du risque, le type d'application, l'usage attendu de la

méthode ou de l'outil, le stade d'usage dans la durée de vie de la machine.

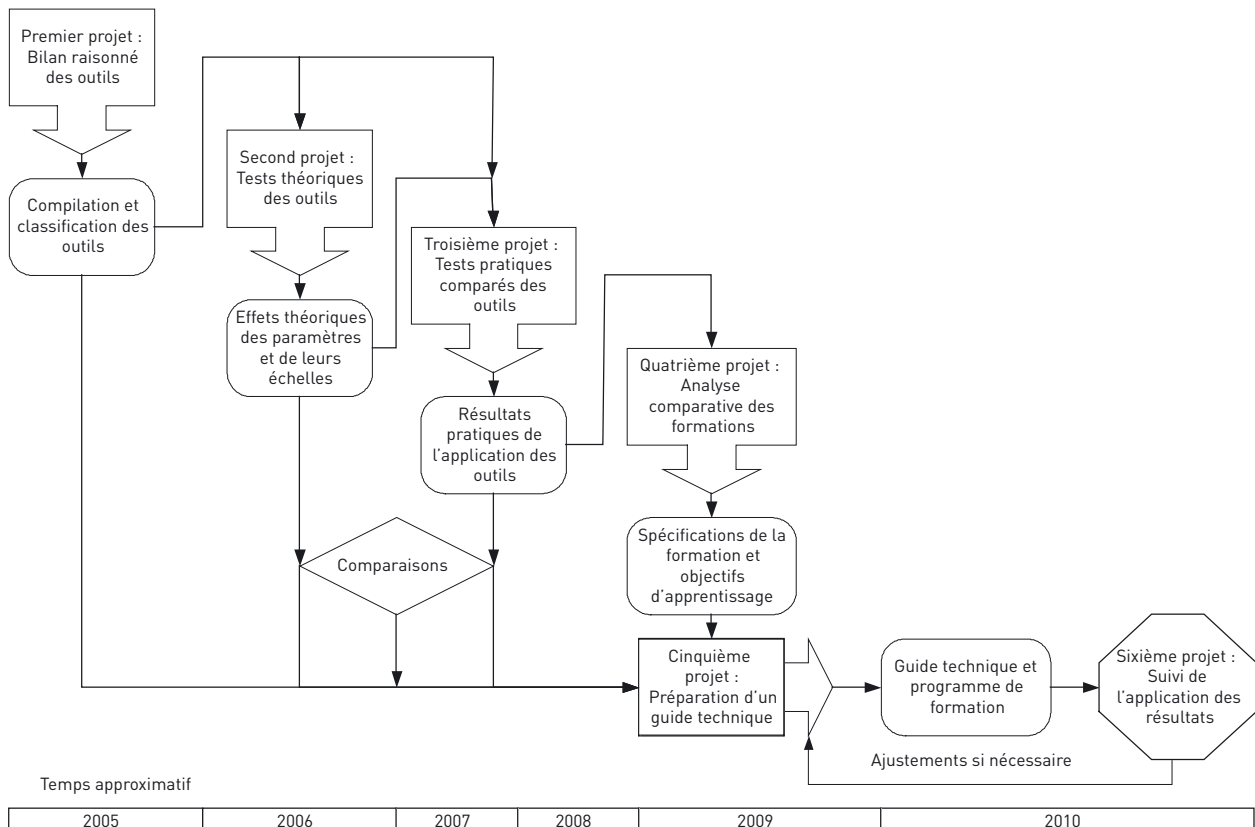
Finalement, 108 méthodes ou outils d'estimation ou d'évaluation du risque utilisables ou utilisés sur des machines de production industrielle ont été codés dans la base de données et analysés de façon à montrer leur répartition.

### Résultats

L'élément le plus frappant de l'analyse des résultats réside dans la diversité à tous les niveaux : diversité des types de documents analysés, des personnes auxquelles ils sont destinés, des objectifs d'utilisation des méthodes et des phases de la vie de la machine et enfin du type d'application. La nature même de chaque méthode ou outil pour estimer ou évaluer les risques présente une grande diversité : la façon de décrire et de définir chaque paramètre et leur le nombre, de calculer et de qualifier le risque, classer ou d'évaluer le résultat final, etc.

FIGURE 2

Planification estimée des activités et des liens entre les différents projets de la programmation thématique  
Estimated planning of activities and links between the different projects of the thematic program



Toutefois, cette diversité observée n'empêche pas d'identifier de façon certaine des tendances générales sur la structure des méthodes et outils étudiés.

La classification des méthodes et outils selon leur type montre une large majorité d'outils (53, 7 %) qui font appel à une présentation matricielle à deux paramètres pour déterminer le niveau de risque. Seulement 6, 5 % des méthodes et outils utilisent une présentation matricielle à plus de deux paramètres.

Le paramètre « gravité » est présent dans toutes les méthodes et outils étudiés mais selon une graduation qui peut varier de deux seuils (4 % des cas) à dix seuils (2 % des cas), la plus grande partie d'entre eux utilisant quatre seuils (43 % des cas). Il est en majorité (71, 3 %) exprimé de façon qualitative détaillée. La gravité est donc un paramètre considéré comme incontournable pour effectuer une estimation des risques associés aux machines.

Le paramètre « fréquence d'exposition » est diversement utilisé, soit de façon unique (18 cas, soit 16, 7 %) soit décomposé en sous-paramètres (56 cas soit 51, 8 %). Ce paramètre est exprimé en général de façon semi-quantitative (39, 2 %) ou qualitative détaillée (35, 1 %).

Le paramètre « probabilité d'occurrence de dommage ou d'événement dangereux » est utilisé dans 53, 6 % des outils et méthodes. Il est en général exprimé de façon qualitative détaillée (53, 6 %).

## Conclusion

Il est intéressant de constater que, lorsque la base théorique est mentionnée dans le document, implicitement ou explicitement, elle se réfère pratiquement toujours à la conception générale du risque comme une combinaison de conséquences (ou dommages) avec une probabilité de survenue d'événement ou d'exposition.

Le paramètre « gravité » est présent dans toutes les méthodes. La gravité est donc un paramètre considéré comme incontournable pour effectuer une estimation des risques associés aux machines. Par contre, le paramètre « possibilité d'évitement » n'est utilisé que dans 16, 7 % des méthodes. De même, le paramètre « probabilité de survenue de dommage » (utilisé par 24 %

des méthodes) ainsi que le paramètre « probabilité d'apparition d'événement dangereux » (30, 5 % des méthodes), ne sont pas largement représentés. Alors que ces paramètres sont définis dans la norme ISO 14121 [11], il serait intéressant de comprendre pourquoi ils sont si peu utilisés.

Une analyse plus détaillée permet de constater que 82 % des méthodes utilisent entre deux et cinq niveaux de risque. 47, 2 % des méthodes utilisent des méthodes matricielles à deux paramètres. Seulement 6, 5 % des méthodes et outils utilisent une présentation matricielle à plus de deux paramètres. Ceci tend à montrer que pour des raisons de simplicité et d'appropriation des méthodes par les entreprises, il est peut-être plus judicieux d'avoir des méthodes simples, facilement exploitables plutôt que des méthodes complexes.

La comparaison des résultats d'estimation du risque effectuée avec des outils différents présente plusieurs obstacles, principalement à cause de la variation dans la nature et le nombre de paramètres, de la notation des paramètres, de la façon de calculer le résultat final et de la terminologie utilisée pour qualifier le résultat.

## SECOND PROJET : EXPÉRIMENTATION THÉORIQUE DES OUTILS D'APPRÉCIATION DES RISQUES ASSOCIÉS AUX MACHINES INDUSTRIELLES

### Contenu

Ce projet sera entrepris pour analyser et comparer les performances théoriques de certaines méthodes ou outils d'estimation ou d'évaluation des risques associés aux machines dangereuses, qui ont été identifiés et analysés durant le projet précédent [10].

La méthodologie de ce projet présente quatre phases principales :

#### ■ Sélection des méthodes et outils qui seront utilisés dans la recherche

Comme le nombre des méthodes et outils (108) identifiés et analysés durant le projet précédent est trop élevé, une sélection de ceux à conserver pour l'analyse (vraisemblablement entre 10 et 20) sera effectuée parmi les 108 qui ont été identifiés et analysés durant le projet précédent [10].

#### ■ Définition d'échelles d'équivalence pour les méthodes sélectionnées

À cause de la très grande variété des outils, la comparaison des résultats de l'application théorique de chaque outil constituera la difficulté majeure du projet. Ceci sera traité en utilisant des échelles d'équivalence définies pour chaque paramètre de chaque méthode sélectionnée.

Les outils d'estimation du risque (ou outils d'évaluation du risque dans certains cas) seront comparés en utilisant des échelles d'équivalence basées sur les différents paramètres qu'ils impliquent, la façon dont ces paramètres sont exprimés et la façon dont le résultat final d'estimation (ou d'évaluation) est obtenu.

Les paramètres utilisés seront les suivants :

- gravité du dommage,
- probabilité du dommage, exposition, événement dangereux ou autres,
- exposition au phénomène dangereux,
- possibilité d'éviter le phénomène dangereux ou l'accident.

La façon dont les paramètres sont définis pourra prendre les cinq formes suivantes, selon les résultats du projet précédent PR 99 343 [10] :

- qualitatif,
- qualitatif détaillé,
- semi-quantitatif,
- quantitatif,
- hybride.

Des échelles d'équivalence seront établies pour chaque paramètre de chaque outil choisi. L'équivalence des paramètres définis de façon quantitative ou semi – quantitative, comme dans le précédent projet PR 99 343 [10], sera facile à établir.

Pour les paramètres définis qualitativement ou semi – quantitativement, une table d'équivalence des qualificatifs utilisés en langage naturel sera établie et utilisée, en conformité avec les bases testées ou utilisées par d'autres chercheurs [12, 13, 14]. Des essais préliminaires ont montré que de telles tables d'équivalence peuvent traduire efficacement les résultats d'une méthode à une autre. Le *Tableau 1* montre un exemple de table d'équivalence pour la gravité du dommage entre quatre outils d'estimation/évaluation différents.

## TABLEAU I

### Exemple d'équivalence d'échelle de gravité du dommage Example of equivalence scale of severity of harm

Equivalence Gravité	Outil A Gravité	Outil B Gravité du dommage	Outil C Gravité (Se)	Outil D Gravité (Se)
G1	S1 : Blessure légère (Normalement réversible ou nécessitant seulement des premiers soins.	V : Très faible (Blessure sans arrêt de travail)	Se = 1 : Égratignures, écorchures, soignées par des premiers soins ou équivalent.	G1 : Lésion légère (normalement réversible) ; exemples : écorchure, lacérations, bleus, blessure légère qui requiert les premiers soins, etc.
G1		IV : Faible (Blessure avec arrêt de travail)		
G3	S2 : Blessure grave (Normalement irréversible, mortelle ou nécessitant plus que des premiers soins).	III : Moyen (Invalidité légère, note 2)	Se = 2 : Égratignures, écorchures plus graves, perforation, qui requièrent des soins par des professionnels médicaux.	G2 : Lésion grave (normalement irréversible, y compris décès) ; exemples : membre brisé, arraché ; grave blessure avec points de suture, TMS, décès, etc.
G4		II : Grave (Invalidité grave, note 1)	Se = 3 : Blessures normalement irréversibles ; il sera un peu difficile de reprendre le travail après traitement.	
G5		I : Très grave (Décès)	Se = 4 : Blessures irréversibles de façon à ce qu'il soit très difficile de reprendre le travail après traitement, si même c'est possible.	

Note :

1 Invalidité grave = incapacité de travail pour la profession acquise ou pour une profession équivalente ; influe sur la qualité de vie.

2 Invalidité légère = capacité de travail pour la profession acquise ou pour une profession équivalente ; influe peu sur la qualité de vie.

Une fois que des échelles ou des tables d'équivalence auront été établies pour chaque paramètre (gravité du dommage, probabilité du dommage, de l'exposition, de l'événement dangereux, exposition au phénomène dangereux, possibilité d'éviter le phénomène dangereux ou l'accident), une comparaison sera effectuée pour chaque paramètre de même nature pour tous les outils analysés. Toutefois, il est possible que plusieurs tables d'équivalence soient requises pour certains paramètres de tous les outils choisis. Dans ce cas, des sous – catégories seront créées et traitées séparément tout au long de la programmation thématique de recherche. Ceci ne devrait pas affecter les résultats de la recherche.

#### ■ Comparaison des résultats théoriques de l'usage des outils

Les résultats possibles des outils d'estimation du risque seront comparés sur le plan théorique en utilisant le modèle d'équivalence, après application à la sélection représentative des outils d'estimation ou d'évaluation du risque. Cette comparaison montrera les effets du nombre de paramètres et de leurs échelles sur les résultats possibles (équivalence théorique des outils), comme certains chercheurs l'ont déjà montré dans des contextes plus spécifiques [15].

Une fois ces équivalences établies entre les différents outils, une comparaison systématique des résultats sera effectuée avec toutes les valeurs de chaque paramètre afin de détecter principalement les biais intrinsèques de chaque outil de calcul de risque analysé.

#### ■ Application des outils à des situations de référence

Les outils d'estimation ou d'évaluation du risque choisis et d'analyses seront alors appliqués sur 10 à 20 situations dangereuses de référence, associées à des machines et choisis en raison de leur diversité et de leur représentativité de situations réelles. Ce processus d'estimation du risque sera également effectué afin d'identifier les différences des résultats obtenus avec certains outils d'estimation, selon qu'ils sont utilisés avant ou après l'implantation de mesures de réduction du risque.

#### Résultats attendus

Les conclusions de ces analyses aideront à préparer des recommandations dans le guide final sur les outils destinés à estimer ou évaluer les risques associés aux machines, disponibles ou utilisés dans l'industrie. Ces conclusions seront également utilisées pour établir

les bases scientifiques des étapes subséquentes de la programmation thématique de recherche.

### TROISIÈME PROJET : EXPÉRIMENTATION PRATIQUE COMPARÉE DES OUTILS D'APPRÉCIATION DU RISQUE MACHINE

#### Contenu

Cette expérimentation permettra d'analyser et de comparer les performances pratiques des outils d'estimation ou d'évaluation des risques associés aux machines dangereuses qui auront déjà été identifiés, choisis et testés sous l'aspect théorique et pour lesquels des échelles d'équivalence auront été établies dans le projet précédent.

Dans ce projet, des populations désignées seront formées à l'utilisation d'outils d'estimation ou d'évaluation des risques associés aux machines dangereuses. Elles seront exposées ensuite aux mêmes situations dangereuses reliées à des machines industrielles et invitées à appliquer les outils. Les résultats de ces applications des outils seront comparés sous différents aspects : facilité d'utilisation, cohérence ou dispersion des résultats, etc. L'opinion des populations exposées sur les tests et les outils utilisés

sera recueillie et analysée. Au stade actuel, l'ampleur des populations exposées n'est pas encore définie. Les résultats des projets précédents et les ressources disponibles au moment du déroulement du projet auront une grande influence sur l'étendue des populations exposées.

Un soin particulier sera apporté au choix des situations à risque. Cette sélection sera faite en tenant compte de difficultés taxonomiques associées à la description des composantes du risque et de leurs paramètres, comme cela a été identifié [16]. Cette sélection constituera un des principaux défis de ce projet et nécessitera une contribution active de spécialistes en psychologie.

En particulier, la sélection des populations cibles devra tenir compte du fait que les personnels impliqués dans des démarches d'analyse de risque machine occupent habituellement des fonctions de type :

- opération (opérateur, aide - opérateur, etc.),
- entretien (réparation, maintenance, réglage, nettoyage, etc.),
- maîtrise (contremaîtres, gestionnaires, ressources humaines, etc.),
- SST (préventeur, responsable SST à plein temps ou à temps partiel, patronal ou syndical, etc.),
- conception (bureau d'ingénierie d'usine ou extérieur, dans certains cas partie du service d'entretien, etc.).

Il faudra également tenir compte de l'expérience passée en SST des populations cibles (âge, nombre d'années sur le marché du travail, participation à des comités de SST, formation, etc.). L'organisation de ces tests devra également tenir compte du fait qu'habituellement les résultats de démarche d'appréciation du risque sont obtenus par consensus à l'intérieur d'équipes. Ces précautions sont nécessaires sachant que des recherches ont mis en évidence la subjectivité des experts qui analysent des accidents du travail, afin d'éviter par exemple l'effet « self-serving bias » [17].

### Résultats attendus

La comparaison des résultats de ces tests permettra de confirmer ou d'infirmier les résultats de l'expérimentation théorique effectuée dans le précédent projet. L'analyse de la variance montrera la gamme de dispersion qui peut être

attendue avec différents outils et idéalement d'aider à choisir les outils les plus fiables. Ceci conduira directement à des recommandations pour la sélection et l'application de ces outils.

### QUATRIÈME PROJET : ANALYSE COMPARATIVE DES FORMATIONS ASSOCIÉES À L'APPRÉCIATION DU RISQUE DES MACHINES

#### Contenu

Ce projet comparera différentes formations en méthode d'appréciation des risques associés aux machines dangereuses afin d'en définir les paramètres clé et de faire des recommandations aux organismes susceptibles de présenter ce genre de formation.

L'information sur les programmes existants de formation sur l'appréciation des risques associés aux machines industrielles sera collectée.

Des données et l'évaluation de certains programmes de formation sur l'appréciation du risque ont déjà été décrites dans un projet précédent [1]. Il sera nécessaire d'adapter ce modèle d'évaluation de façon à inclure de l'information relative aux populations exposées telle que mais non limitée à :

- liens avec les connaissances antérieures,
- interactions entre les participants,
- expertise des participants,
- participation active,
- compétences requises et développées,
- contextualisation initiale et nombre de recontextualisations,
- similitudes entre les contextualisations offertes pendant la formation et celle de l'expérimentation,
- organisation des connaissances dans la mémoire à long terme,
- construction des trois types de connaissances (déclaratives, procédurales et conditionnelle).

#### Résultats attendus

Basées sur le modèle d'évaluation, des conclusions et des recommandations seront produites à propos de programmes de formation futurs sur l'appréciation des risques associés aux machines industrielles. Ceci pourra se faire sous la forme de recommandations de compétences et d'objectifs d'apprentissage sur des éléments spécifiques à incorporer dans la formation.

### CINQUIÈME PROJET : PRÉPARATION D'UN GUIDE SUR LE CHOIX DES MÉTHODES ET OUTILS ET DES FORMATIONS ASSOCIÉES

#### Contenu

Ce projet constitue l'aboutissement de la programmation puisqu'il fera la synthèse et la transcription dans la pratique des résultats des phases précédentes.

#### Résultats attendus

L'objectif de ce projet est de préparer un guide technique incluant du matériel de formation pour des utilisateurs potentiels (préventeurs et concepteurs de machine), afin de faciliter le choix et l'application de méthodes d'estimation et d'évaluation du risque machine. Ce guide technique s'inspirera d'autres documents de même nature édités par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) [18, 19]. Le contenu détaillé de ce guide sera défini lorsque les résultats des précédents projets seront connus.

À ce stade-ci, il n'est pas possible de prévoir si de nouvelles méthodes et outils seront créés, basés sur des méthodes existantes ou si les recommandations s'appliqueront seulement à des outils existants qui auront été testés intensivement durant les précédents projets.

### SIXIÈME PROJET : SUIVI DES PRATIQUES RÉELLES DES ÉVALUATIONS DE RISQUE MACHINE INDUSTRIELLES

#### Contenu

Un projet final traitera du suivi et de l'évaluation des retombées de l'application des résultats des précédents projets. Ceci comprendra des entrevues et des visites d'industries qui auront démarré des démarches d'appréciation du risque et en collectant leurs commentaires à l'aide d'outils analogues à ceux qui ont déjà été utilisés antérieurement [20]. Il est, à l'heure actuelle, difficile de décrire en détail ces outils car ils dépendront aussi des objectifs détaillés de ce projet et leurs applications. Une sélection sera opérée à l'intérieur d'une gamme d'outils telle qu'entrevues, observations de terrain, analyses statistiques, etc.

Ce projet tiendra compte aussi d'une recherche qui vient de se terminer sur le même sujet [21].

### Résultats attendus

Ce projet permettra d'apprécier les changements dans les cultures d'entreprises et les résultats sur les accidents observés après l'introduction de démarche d'appréciation des risques associés aux machines industrielles.

## CONCLUSION

À partir du résultat de ces recherches, les préventeurs et les concepteurs de machines auront accès à de l'information théorique et pratique sur les méthodes et outils pour effectuer l'appréciation des risques associés aux machines dangereuses. Les préventeurs seront en capacité de sélectionner et de recommander aux industries les métho-

des et outils les plus appropriés. Les concepteurs de machine devraient pouvoir choisir et utiliser les méthodes et outils les plus adaptés à leurs besoins.

Une meilleure connaissance des méthodes et outils disponibles pour apprécier et estimer les risques associés aux machines industrielles sera ainsi accessible.

Révisé le : 26/04/2006

Accepté le : 16/06/2006

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Transfert de compétences en formation sur la gestion de la sécurité des machines et les moyens de protection. (099-216). Projet IRSST, 2002-2004.

[2] PAQUES J.-J. - Results of exploratory tests on tools for assessing the risks associated with industrial machines, 4th International Conference. Safety of Industrial Automated Systems, Chicago, September 26-28, 2005, 7 p.

[3] PARRY, G.W. - Uncertainty in PRA and its implications for use in Risk-informed decision making. Proceedings of the 4th International conference on probabilistic safety assessment and management, PSAM 4, Edited by Mosleh, A. & Bari, R.A., New York, 1998.

[4] CHARPENTIER, P. (2003) - Projet européen RAMSEM - Développement et validation d'une méthode d'appréciation du risque machine basée sur les principes de la normes EN 1050. Projet A.5/1,058 de l'INRS.

[5] ABRAHAMSSON, M. (2002) - Uncertainty in quantitative risk analysis-characterisation and methods of treatment. Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, Sweden, 2002.

[6] WALLSTEIN T.S., BUDESCU D.V., RAPPAPORT A., ZWICK R., FORSYTH B. - Measuring the Vague Meanings of Probability Terms. Journal of Experimental Psychology: General, 1986, 115, 4, pp. 348-365.

[7] Sécurité des machines, Notions fondamentales, principes généraux de conception - Partie I: Terminologie de base, méthodologie, norme internationale, ISO 12100-1 : 2003.

[8] MAIN B. - Risk Assessment: Basics and Benchmarks, Design safety engineering, Ann Arbor, 2004, 485 p.

[9] WORSELL N., WILDAY J. - The application of risk assessment to machinery safety - Review of risk ranking and risk estimation techniques, Health and Safety Laboratory, Sheffield, 1997, 130 p.

[10] PAQUES J.-J., PEREZ A., LAMY P., GAUTHIER F., CHARPENTIER P., DAVID R. - Reasoned review of the tools for assessing the risks associated with industrial machines: Preliminary results. 4th International Conference Safety of Industrial Automated Systems, Chicago, September 26-28, 2005, 10 p.

[11] Sécurité des machines, Principes pour l'appréciation du risque, norme internationale, ISO 14121, 1999, 18 p.

[12] BEYTH-MAROM, R. - How Probable is Probable? A Numerical Translation of Verbal Probability Expressions. Journal of Forecasting, Vol. I, 1982, 257-269.

[13] STEVEN KMENTA, KOSUKE ISHII - Scenario-based FMEA: a life cycle cost perspective, DETC2000 /RSAFP-14478, 2000 ASME Design Engineering Technical Conferences, September 10 - 14, Baltimore, Maryland, 2000.

[14] MARX M., KNETSCH T., HAUPTMANN U. - Analysis of occupational hazards using fault trees, Probabilistic Safety Assessment and Management - ESREL '04, Berlin, 2004, pp. 52-57.

[15] SCHÄBE H. - Definition of Safety Integrity Levels and the Influence of Assumptions, Methods and Principles Used, Probabilistic Safety Assessment and Management - ESREL '04, Berlin, 2004, pp. 1020-1025.

[16] ROSS A.J., WALLACE B., DAVIES J.B. - Technical note: measurement issues in taxonomic reliability. Safety Science, 2004, 42, pp. 771-778.

[17] DAVIES J., ROSS A., WALLACE B., WRIGHT L. - Safety Management: A Qualitative Systems Approach. Taylor and Francis (ed.), UK, 2003, 220 p.

[18] GIRAUD L., MASSÉ S., DUBÉ J., SCHREIBER L., TURCOT A. - Sécurité des convoyeurs à courroie : généralités, protection contre les phénomènes dangereux - Guide de l'utilisateur, Guide R-385, Montréal, IRSST, Montréal, CSST, 2004, 85 pages.

[19] BOURBONNIÈRE R., PAQUES J.-J., MONETTE C., DAIGLE R. - Guide de conception des circuits de sécurité - Introduction aux catégories de la norme ISO 13849-1:1999, Études et recherches / Guide technique R-405, Montréal, IRSST, 2005, 76 pages.

[20] GAUDET C. - Un état de la situation par rapport aux pratiques d'analyse de risque en usage. Rapport synthèse de Forma Change Inc. à l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. 20 février 2004, 36 p.

[21] ETHERTON J., MAIN B., CLOUTIER D., CHRISTENSON W. - Automation Risk Reduction Lessons from a NIOSH Evaluation of Using ANSI B11 TR3 for Machine Risk Reduction in the Workplace. 4th International Conference, Safety of Industrial Automated Systems. Chicago, September 26-28, 2005, 8 p.