



Expérimentation théorique avec des outils d'estimation du risque associé aux machines industrielles

Yuvin Chinniah: École Polytechnique, Montréal

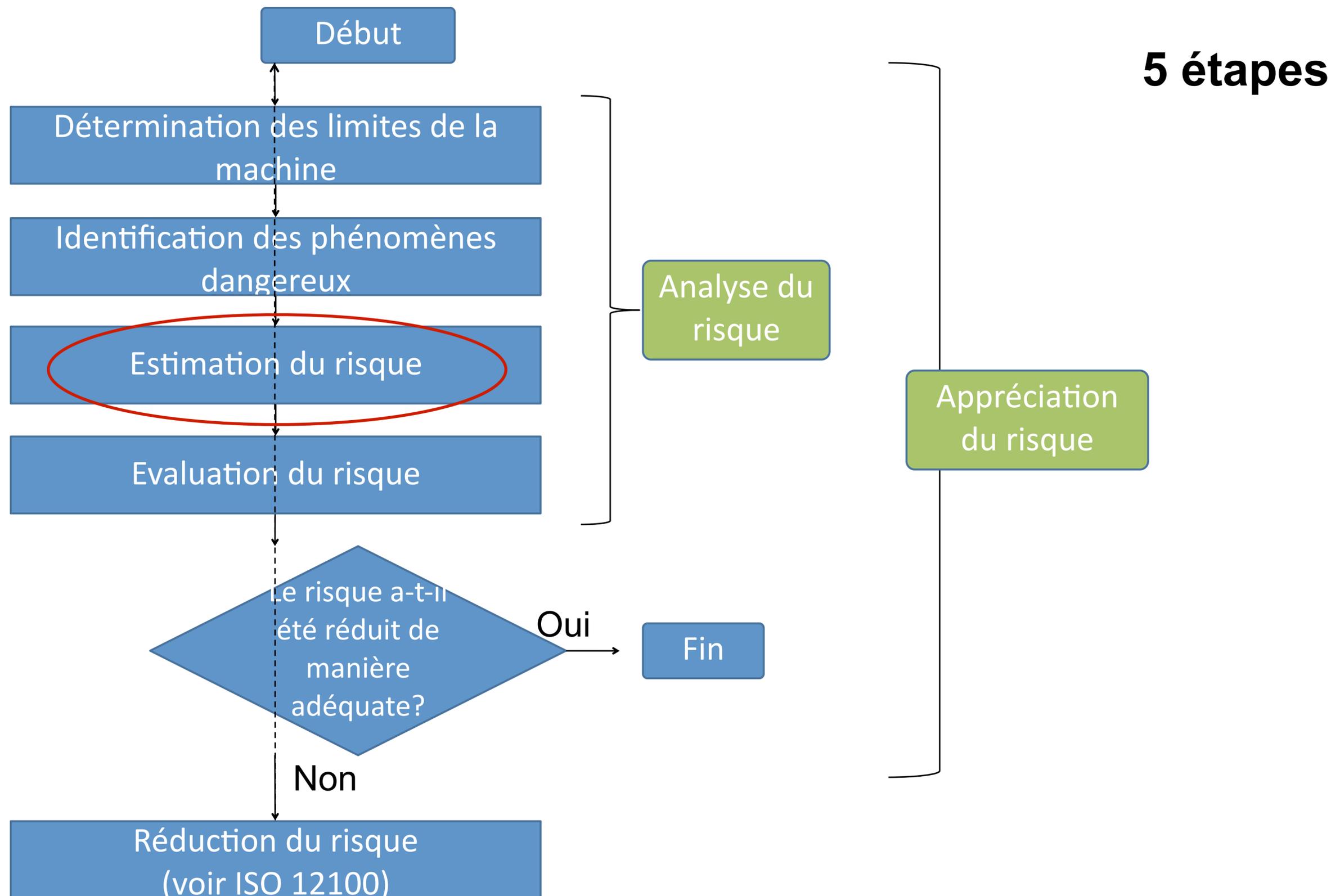
François Gauthier, Serge Lambert, Florence Moulet: UQTR, Trois-Rivières

Nicola Healy, Nicola Stacey, Simon Rice: HSL, Buxton

Plan de la présentation

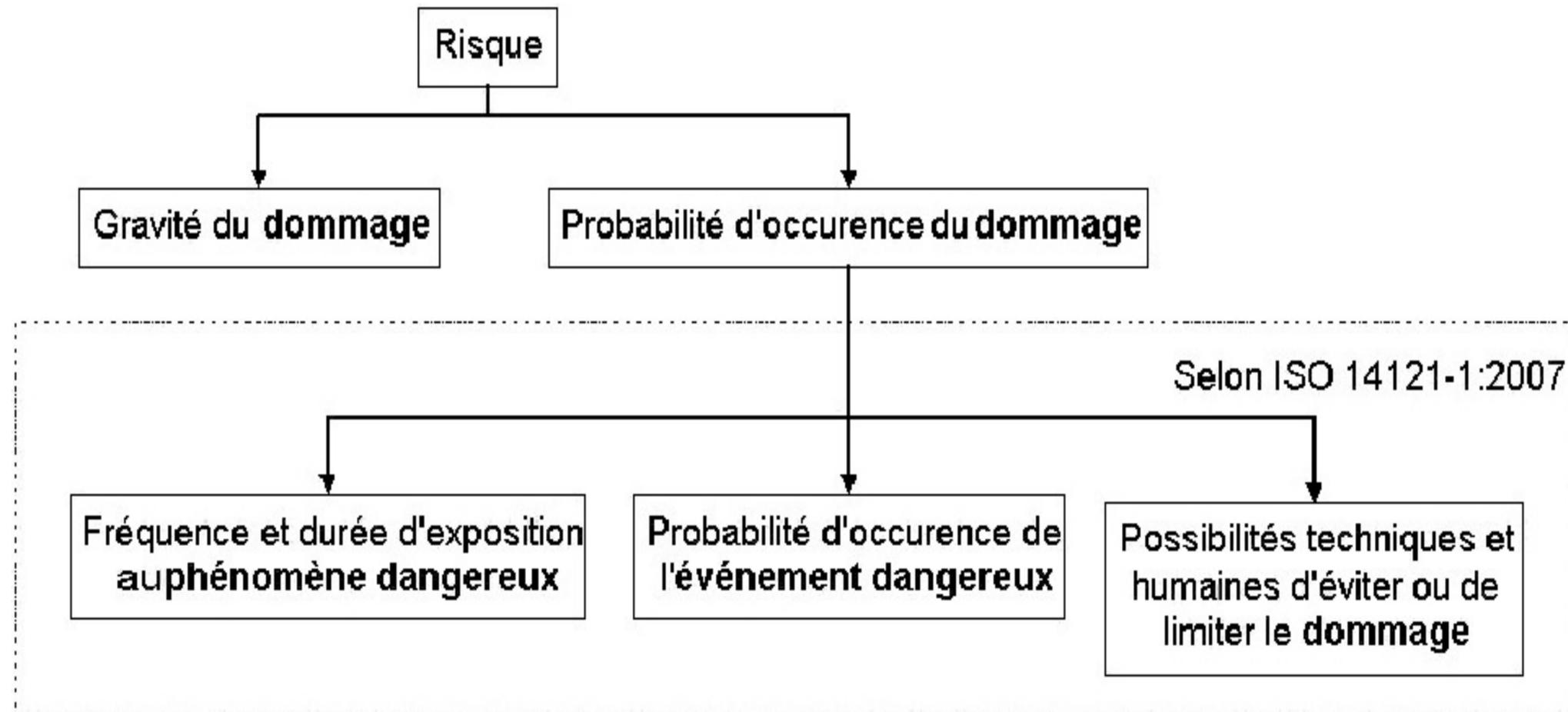
- Introduction à l'analyse et à l'appréciation du risque
- Thématique sur l'appréciation du risque
- Objectifs de recherche
- Méthodologie de la recherche
- Résultats:
 - Définitions des paramètres
 - Définition des niveaux ou seuils
 - Application des outils
 - Déviations et liens avec les biais dans les outils
 - Règles de construction
- Conclusions

Analyse et appréciation du risque



Définition du risque

- Combinaison de la probabilité d'un dommage et de la gravité de ce dommage. (ISO 12100: 2010)



Exemples d'outils: Matrices de risque

		Gravité				
		V	IV	III	II	I
Probabilité	E	3	3	3	2	2
	D	3	2	2	2	1
	C	3	2	2	1	1
	B	3	2	1	1	1
	A	3	2	1	1	1

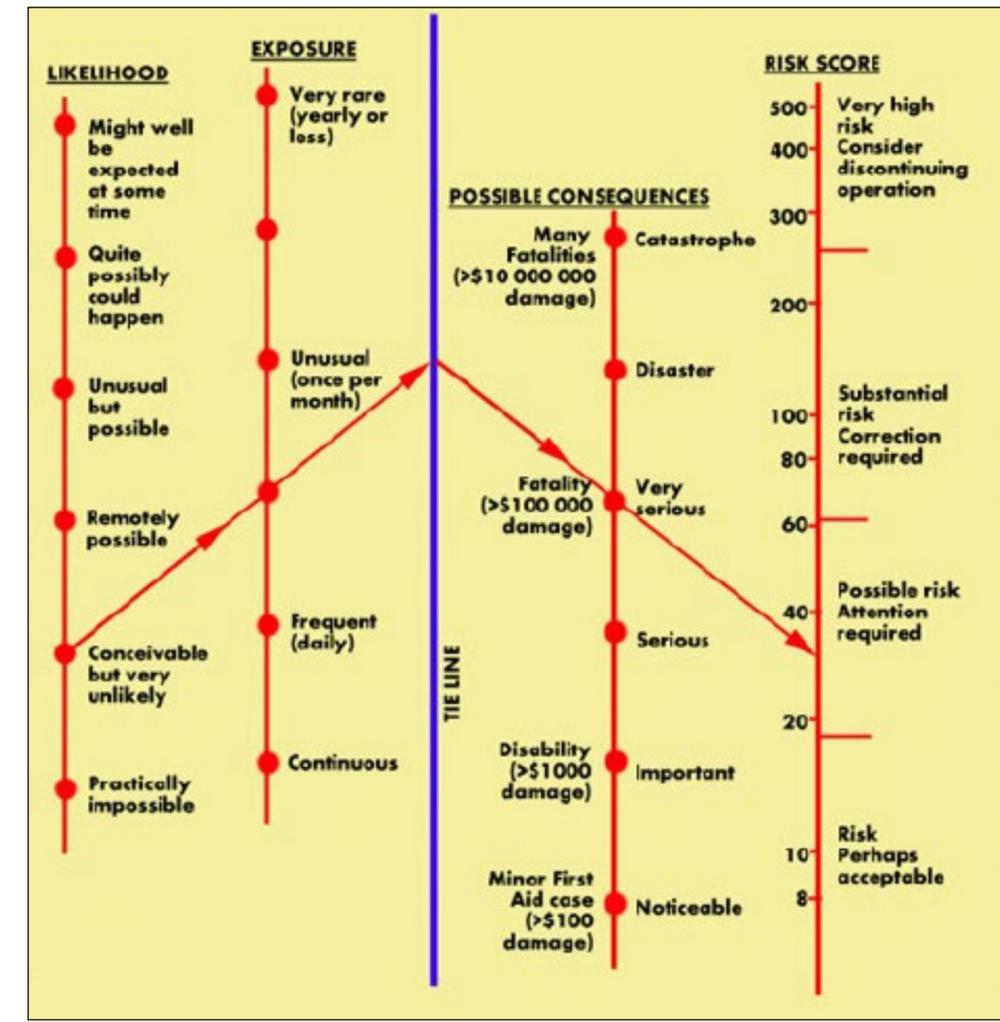
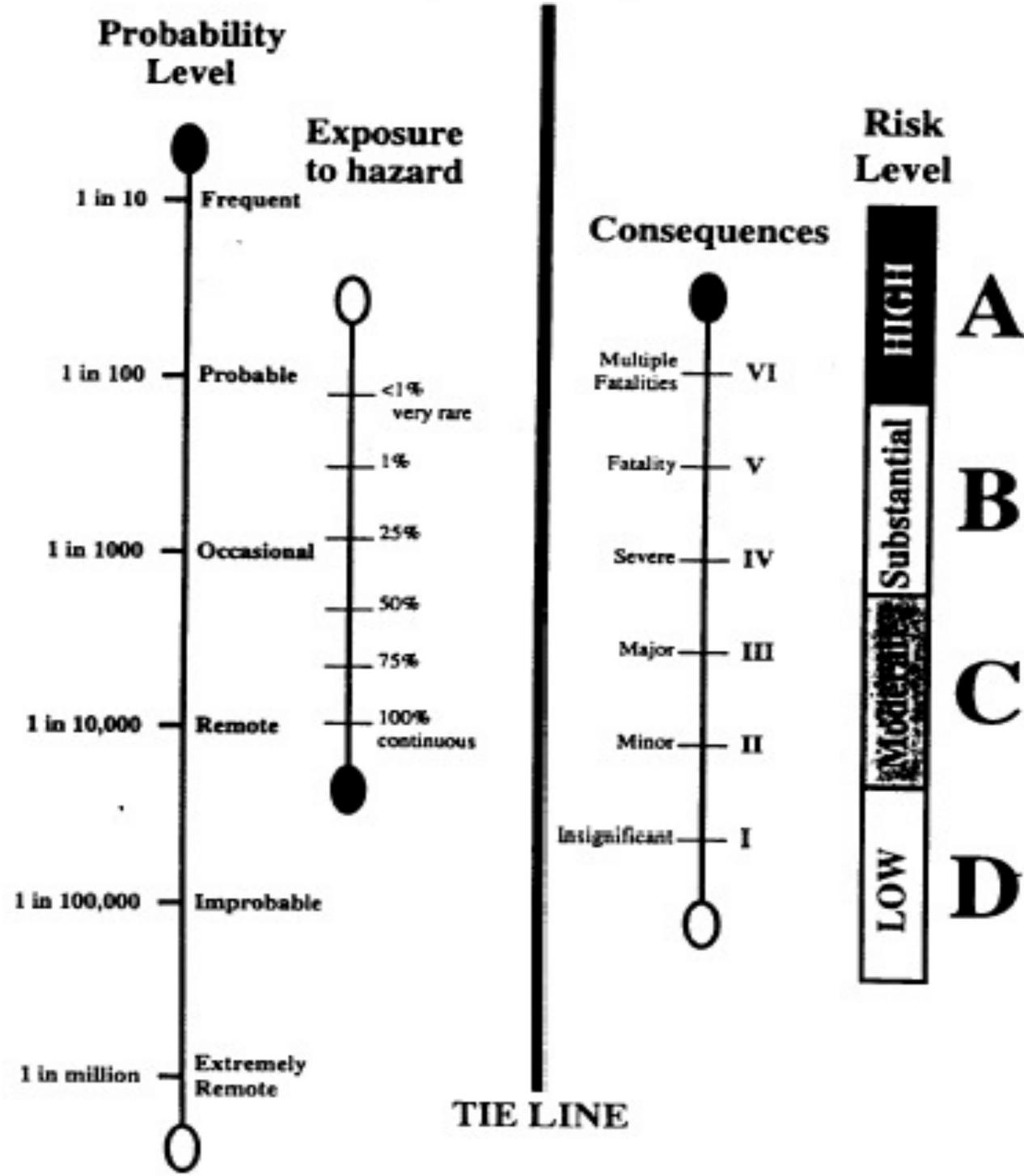
Gravité	Exposition	Évitement	Indice de réduction des risques
S2 Grave	E2 Fréquente	A2 Peu probable	R1
		A1 Probable	R2A
	E1 Peu fréquente	A2 Peu probable	R2B
		A1 Probable	R2B
S1 Légère	E2 Fréquente	A2 Peu probable	R2C
		A1 Probable	R3A
	E1 Peu fréquente	A2 Peu probable	R3B
		A1 Probable	R4

Exemples d'outils: Matrices de risque

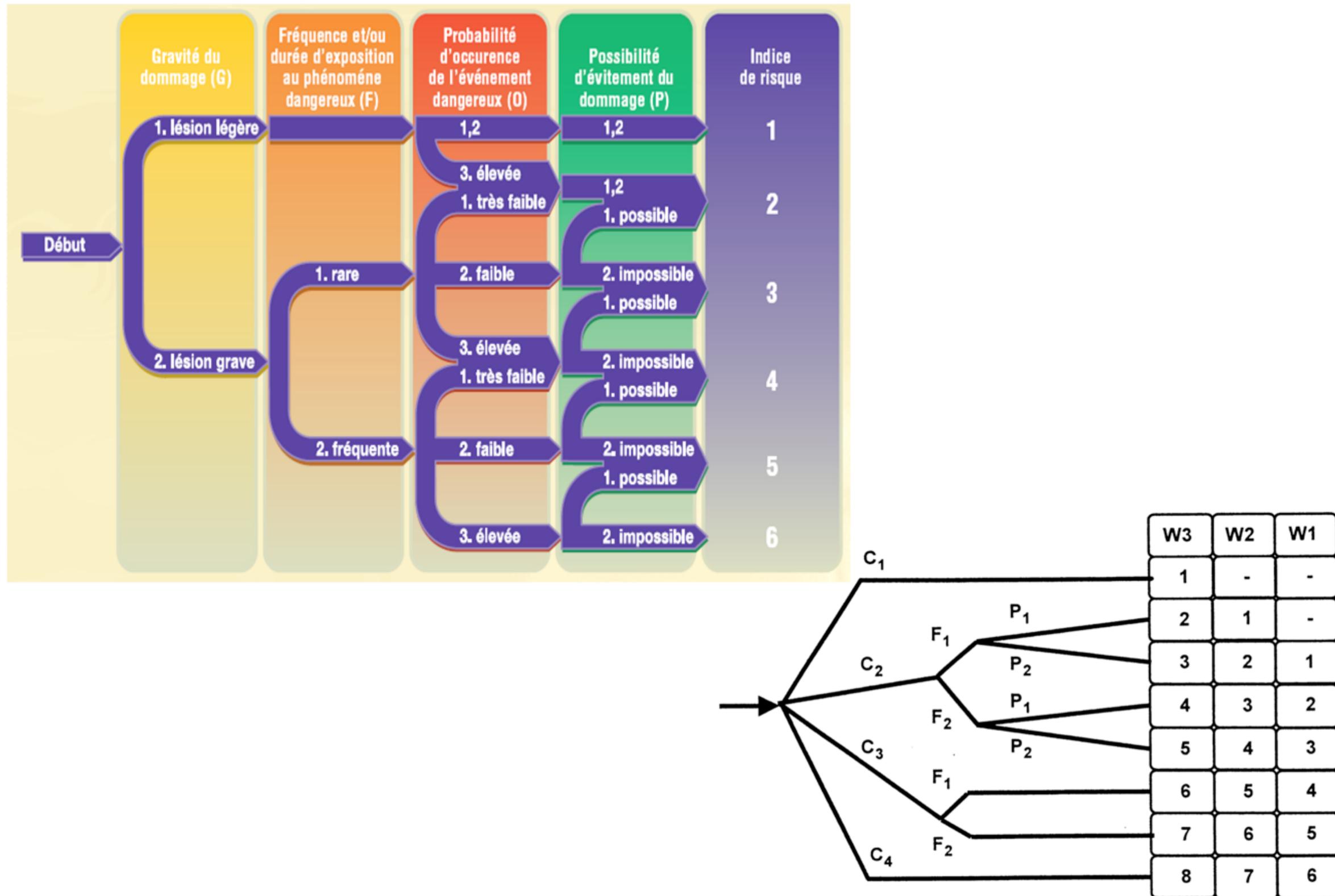
	CI=Fr+Pr+Av				
Gravité Se	3 - 4	5 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 15
4					
3					
2					
1					

Probability of Occurrence of Harm	Severity of Harm		
	Slightly harmful	Harmful	Extremely harmful
Highly unlikely	Trivial	Tolerable	Moderate
Unlikely	Tolerable	Moderate	Substantial
Likely	Moderate	Substantial	Intolerable

Exemples d'outils: Abaques



Exemples d'outils: Graphes de risque



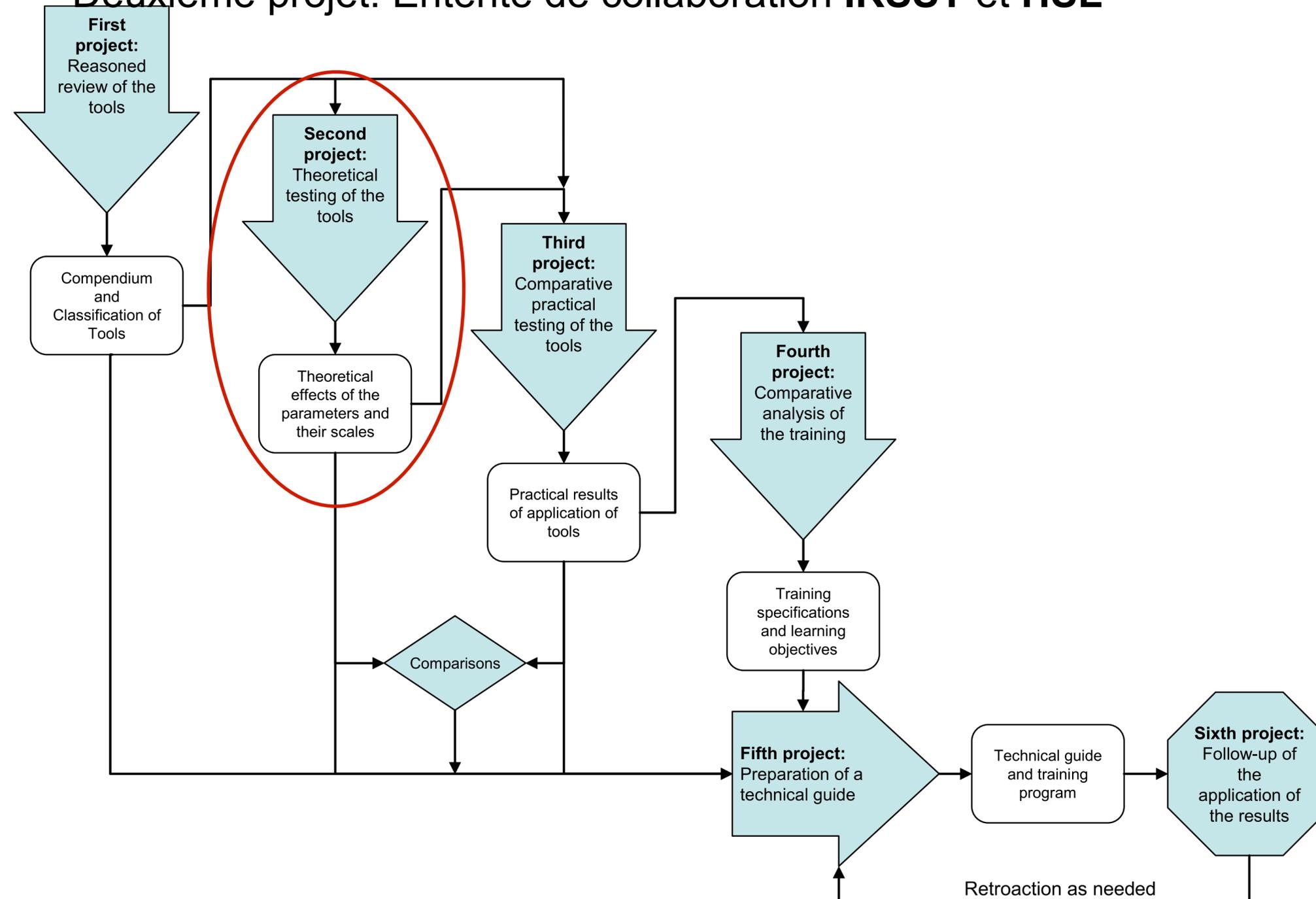
Outils d'estimation du risque

Bilan raisonné des outils d'appréciation des risques associés aux machines industrielles (Rapport IRSST: R-459, 2006)

- Grande diversité d'outils (plus de 108 répertoriés)
- Caractéristiques des outils:
 - Domaine d'application
 - Type
 - Matrice
 - Graphe
 - Opération numérique
 - Abaque
 - Combinaison
 - Nombre de paramètres
 - Nombre de niveaux de risque

Thématique sur l'appréciation du risque

Deuxième projet: Entente de collaboration IRSST et HSL



Objectifs de recherche

- Analyser les différents outils
 - Paramètres utilisés pour estimer le risque
 - Définitions des paramètres
 - Nombres de niveaux ou seuils des paramètres
 - Définitions des niveaux ou seuils
 - Structures (architectures)
 - Type d'outil
 - Nombre de paramètres
 - Nombre d'indices du risque
- Étudier les impacts potentiels de ces variables sur les résultats des estimations du risque (c.-à-d. indices du risque)
- Proposer des principes ou règles de conception d'outils d'estimation du risque pour corriger les déviations dans les résultats.

Méthodologie de la recherche

- Former un échantillon d'outils
- Mettre en place des échelles d'équivalence pour:
 - Gravité du dommage
 - Probabilité d'occurrence du dommage
 - Probabilité d'occurrence de l'évènement dangereux
 - Durée et/ou fréquence d'exposition
 - Possibilité d'évitement du dommage
 - Indices du risque
- Comparer et analyser les échelles d'équivalences
- Former un échantillon de situations dangereuses (scénarios) liées aux machines pour appliquer les outils
- Estimer le risque associé à ces scénarios
- Comparer et analyser les résultats

Méthodologie de la recherche

Échantillon de 31 outils d'estimation du risque

- Matrice ou graphe. Un outil abaque a été choisi.
- Outils respectant la norme ISO 14121 (2 paramètres ou plusieurs paramètres). Outils utilisant des paramètres non défini dans ISO 14121 sont exclus.
- Outils utilisant une probabilité non définie sont exclus (ex. confusion entre probabilité du dommage et de l'évènement dangereux)
- Outils à 2 paramètres qui n'utilisent pas la probabilité du dommage (ex. gravité du dommage et fréquence d'exposition) sont exclus.
- Etc.

Méthodologie de la recherche

Échelles d'équivalences pour les paramètres (Ex. Gravité du dommage)

Tool #	Definition of parameter	Universal levels							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
#48	Qualitative measures of impact	Insignificant – No injuries	Minor – First aid treatment	Moderate – Medical treatment required		Major – Extensive injuries		Catastrophic – Death	
#49	Severity of injury	- S1 : Slight Injury (Normally reversible; or requires only first-aid as defined in OSHA 1904.12)		- S2 : Serious Injury (Normally irreversible; or fatality; or requires more than first-aid as defined in OSHA 1904.12)					
#62	Gravité du dommage	- V : Très faible (Blessure sans arrêt de travail)		- IV : Faible (Blessure avec arrêt de travail)	- III : Moyen (Invalidité légère, note 2)	- II : Grave (Invalidité grave, note 1)		- I : Très grave (Décès)	
#67	Severity	1- Scratches, bruises that are cured by first aid or similar.		2- More severe scratches, bruises, stabbing, which require medical attention from professionals.		3- Normally irreversible injury. Slightly difficult to continue work after healing		4- Irreversible injury in a way that it will be very difficult to continue work after healing, if possible at all.	
#91	Gravité du dommage	- G1 : Lésion légère (normalement réversible); exemples: écorchure, lacérations, bleus, blessure légère qui requière les premiers soins, etc.		- G2 : Lésion grave (normalement irréversible, y compris décès); exemples: membre brisé, arraché; grave blessure avec points de suture, TMS, décès, etc.					

Méthodologie de la recherche

Échelles d'équivalence pour les indices du risque

Exemple d'échelle d'équivalence pour les indices du risque des outils
48 (4 niveaux), 62 (3 niveaux) et 91 (6 niveaux)

Tool risk levels			Equivalent risk level
48	62	91	
Low		1	16.7%
			25%
Medium	3	2	33.3%
		3	50.0%
High	2	4	66.7%
			75%
Extreme	1	5	83.3%
		6	100%

Méthodologie de la recherche

Format utilisé pour estimer le risque lié aux 20 situations dangereuses:

- 1.Photo;**
- 2.Description de l'activité;**
- 3.Information sur le phénomène, situation, évènement dangereux et dommage permettant d'estimer le risque.**

<p>Scenario R Thermal Hazard</p>	
<p>Activity</p>	<p>Cutting out thermo-formed panel.</p>
<p>Hazard</p>	<p>Elevated temperature of cut panel (60 °C).</p>
<p>Hazardous situation</p>	<p>Worker in the proximity of the panel.</p>
<p>Hazardous event (choose and define one specific hazardous event)</p>	<p>Worker is in extended contact with the panel.</p>
<p>Probability of occurrence of hazardous event (considering training, experience, reliability of safety and non safety components, safeguards, supervision, defeating of safety devices, procedures...)</p>	<p>The worker is experienced in undertaking this task. The cuts and the tools necessary for this task need to be as close as possible to the panel and done while the panel is still hot.</p>
<p>Possible harm</p>	<p>Recurrent light burns.</p>
<p>Exposure information</p>	<p>On average 5 hours a day during an 8 hour shift.</p>
<p>Avoidance information (considering information on time and speed, warnings, escape route, training, experience, ...)</p>	<p>The worker is experienced and aware of the danger. The nature of the work makes it difficult to avoid the contact with the hot panel. The worker is not wearing protective gloves.</p>

Méthodologie de la recherche

Application des outils 48, 62 et 91 au scénario R

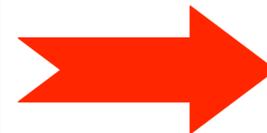
Tool #	Parameter	Parameter level	Resulting risk level	Equivalent risk level
48	S	3	E	100%
	Ph	A		
62	S	IV	2	66.7%
	A	5		
	Exd	4		
	Pe	II		
91	S	2	6	100%
	A	2		
	Exf	2		
	Pe	3		

Résultats: Définitions des paramètres

Severity of harm (*Gravité du dommage*):

- “*hazard in terms of the potential to cause harm*”
- “*consequences or potential severity of injury*”
- “*severity of injury or illness*”
- “*severity of harm*”

- “*consequences*”
- “*severity*”

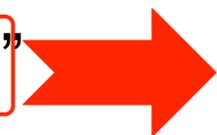


Conséquences de quoi ?
Gravité de quoi ?

Probability of harm (*Probabilité du dommage*):

- “*probability or likelihood of harm occurring*”
- “*qualitative measures of likelihood*”
- “*probability of occurrence of harm*”

- “*frequency of occurrence*”



Fréquence d'occurrence de quoi?

- “*probability of harm*”

- “*likelihood level*”
- “*likelihood*”



Probabilité de quoi ?

Résultats: Nombre de niveaux ou seuils

Pour la majorité des outils: Nombres de niveaux: 3 à 5

Tool #	Definition of parameter	Universal levels							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
#48	Qualitative measures of impact	Insignificant – No injuries	Minor – First aid treatment	Moderate – Medical treatment required		Major – Extensive injuries		Catastrophic – Death	
#49	Severity of injury	- S1 : Slight Injury (Normally reversible; or requires only first-aid as defined in OSHA 1904.12)		- S2 : Serious Injury (Normally irreversible; or fatality; or requires more than first-aid as defined in OSHA 1904.12)					
#62	Gravité du dommage	- V : Très faible (Blessure sans arrêt de travail)		- IV : Faible (Blessure avec arrêt de travail)	- III : Moyen (Invalidité légère, note 2)	- II : Grave (Invalidité grave, note 1)		- I : Très grave (Décès)	
#67	Severity	1- Scratches, bruises that are cured by first aid or similar.		2- More severe scratches, bruises, stabbing, which require medical attention from professionals.		3- Normally irreversible injury. Slightly difficult to continue work after healing		4- Irreversible injury in a way that it will be very difficult to continue work after healing, if possible at all.	
#91	Gravité du dommage	- G1 : Lésion légère (normalement réversible); exemples: écorchure, lacérations, bleus, blessure légère qui requière les premiers soins, etc.		- G2 : Lésion grave (normalement irréversible, y compris décès); exemples: membre brisé, arraché; grave blessure avec points de suture, TMS, décès, etc.					

Résultats: Définition des niveaux ou seuils

Utilisation d'un seul mot ou de termes imprécis pour définir les différents seuils ou niveaux des paramètres

Ex. Gravité du dommage

		Universal Levels							
Tools	Severity of Harm	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
7	Consequences (severity)	Minor			Major		Severe		Fatal
17	Consequences or potential severity of injury	VI – Insignificant	V – Minor	IV – Major		III – Severe		II – Fatality	I – Multiple fatalities

Ex. Prob. du dommage

		Universal Levels						
Tools	Probability of harm	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7
1	Likelihood to cause harm	1: Low – unlikely			2: Medium – possible	3: High – probable		
7	Likelihood (chances)	Remote	Improbable	Possible		Probable	Likely	

Ex. Durée de l'exposition

		Universal Levels				
Tools	Duration of exposure	Exd1	Exd2	Exd3	Exd4	Exd5
19	Duration of exposure of persons to the hazard	Seldom to quite often				Frequent to continuous

Résultats: Définition des niveaux ou seuils

Définitions détaillées expliquant les seuils

Ex. Probabilité de l'évènement dangereux

Tools	Probability of occurrence of hazardous event	Universal Levels				
		Pe1	Pe2	Pe3	Pe4	Pe5
67	Probability of occurrence of a hazardous event (Pr)	1: Negligible. E.g. this kind of component never fails so a hazardous event occurs. No possibility of human mistakes.	2: Rarely. E.g. it is unlikely this kind of component fails so a hazardous event occurs. Human mistakes are unlikely to occur.	3: Possible. E.g. this kind of component may fail so a hazardous event occurs. Human mistakes are possible to occur.	4: Likely. E.g. this kind of component will probably fail so a hazardous event occurs. Human mistakes are likely to occur.	5: Very high. E.g. this kind of component is not made for this application. It will fail so a hazardous event occurs. Human behaviour is such that the likelihood of mistakes is very high.
91	Probability of occurrence of the hazardous event (O)	O1: Mature technology, proven and recognised in safety application; robustness.	O2: Technical failure observed in last two years; inappropriate human action by a well-trained person, aware of the risks, with more than six months experience on the workstation	O3: Technical failure regularly observed (every six months or less); inappropriate human action by an untrained person, with less than six months experience on the workstation; similar accident observed in the plant since ten years.		

Résultats: Définition des niveaux ou seuils

Incohérence dans les définitions des seuils pour les paramètres

Ex. Gravité du dommage

Tools #	Severity of harm	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
#1	Hazard in term of the potential to cause harm	1: Slight – less than 3 days lost time			2: Serious – over 3 days lost time	3: Major – death or serious injury			
#41	Levels of severity of harm	4: Negligible – does not result in injury, occupational illness, or system or environmental damage	3: Low – Minor injury, minor occupational illness, or minor system or damage		2: Medium – severe injury, severe occupational illness, or major system or environmental damage		1: High – death, system loss, or severe environmental damage		
#89	How severe the injury could be (consequence)	Minor: first aid only, no lost time		Major: maiming, significant injury, not permanent	Catastrophic: kills, disables, permanent injury				

Ex. Prob. du dommage

		Universal levels							
Tool #	Definition of parameter	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7	
#3	Likelihood of harm	Very unlikely – Less than 1% chance of being experienced by an individual during their working lifetime				Unlikely – Typically experienced once during the working lifetime of an individual	Likely – Typically experienced once every five years by an individual	Very likely – Typically experienced at least once every six months by an individual	
#24	Probability of occurrence of harm	Remote – so unlikely as to be near zero	Unlikely – not likely to occur		Likely – may occur	Very likely – near certain to occur			
#48	Qualitative measures of likelihood	E – Rare – Occurs only in exceptional circumstances		D – Unlikely – Could occur but not expected	C – Possible – Could occur	B – Likely – Will probably occur in most circumstances	A – Almost certain – Is expected to occur in most circumstances		

Résultats: Définition des niveaux ou seuils

Trous (discontinuités) entre les niveaux

Si l'exposition est 2 fois par jour ou par quart de travail?

		Universal Levels							
Tools	Frequency of exposure	Exf1	Exf2	Exf3	Exf4	Exf5	Exf6	Exf7	Exf8
#49	Exposure	E1 : Infrequent exposure (Typically exposure to the hazard less than once per day or shift)				E2 : Frequent exposure (Typically exposure to the hazard more than once per hour)			
#55	Frequency of exposure	4 – improbable : so unlikely, it can be assumed occurrence may not be		3 – remote : 2 – occasional : <u>monthly</u>		1 – frequent : <u>daily</u>			

Si l'exposition est une fois par semaine?

Résultats: Gravité du dommage (niveaux universels)

Niveau universel	Description
S1	Égratignures, sans premiers soins (ex. coupures mineures)
S2	Notion de premiers soins, sans arrêt de travail (ex. brûlures superficielles)
S3	Arrêt de travail nécessitant plus que les premiers soins (ex. coupures profondes, fractures mineures, brûlures)
S4	Dommage irréversible : invalidité légère, retour au même poste de travail après rétablissement (ex. sectionnement d'un bout de doigt)
S5	Invalidité moyenne, retour au travail mais peut être pas au même poste (ex. fractures majeures, perte d'un œil)
S6	Incapacité permanente, ne peut plus travailler (ex. perte d'un bras ou jambe)
S7	Décès
S8	Décès multiples

Résultats: Prob. d'occ. du dommage (niveaux universels)

Ph1	Presque impossible de se produire (ex. Improbable, Unlikely)
Ph2	Peu probable mais possible
Ph3	Pourrait se produire mais ne s'attend pas
Ph4	Pourrait se produire, pas inattendu (ex. Possible)
Ph5	Presque certain de se produire (ex. Likely)
Ph6	Aura lieu au moins une fois
Ph7	Va se produire fréquemment (ex. Very likely)

Résultats: Les paramètres secondaires

Fréquence d'exposition

Exf1	Fréquence inférieure à une fois par an (< 1 fois/an)
Exf2	Fréquence annuelle
Exf3	Fréquence mensuelle
Exf4	Fréquence hebdomadaire
Exf5	Fréquence par jour, 1 à 2 fois par jour
Exf6	Fréquence entre 2 fois par jour à 1 fois par 2 heures
Exf7	Fréquence entre 1 fois par 2 heures et 1 fois par heure
Exf8	Fréquence de plusieurs fois par heure (>1 fois / heure, en continue)

Durée d'exposition

Exd1	< 1/20 du temps de travail
Exd2	1/10 du temps de travail (45 min par quart de travail de 8 heures)
Exd3	1/5 du temps de travail (90 min par quart de travail de 8 heures)
Exd4	la moitié du temps de travail (1/2) (4 heures par quart de travail de 8 heures)
Exd5	continu au temps de travail

Résultats: Les paramètres secondaires

Probabilité d'occurrence de l'évènement dangereux

Pe1	Négligeable
Pe2	Rare
Pe3	Possible
Pe4	Probable
Pe5	Courant/fréquent

Possibilité d'évitement du dommage

A1	Facile
A2	Probable
A3	Possible
A4	Possible sous certaines conditions
A5	Improbable
A6	Impossible

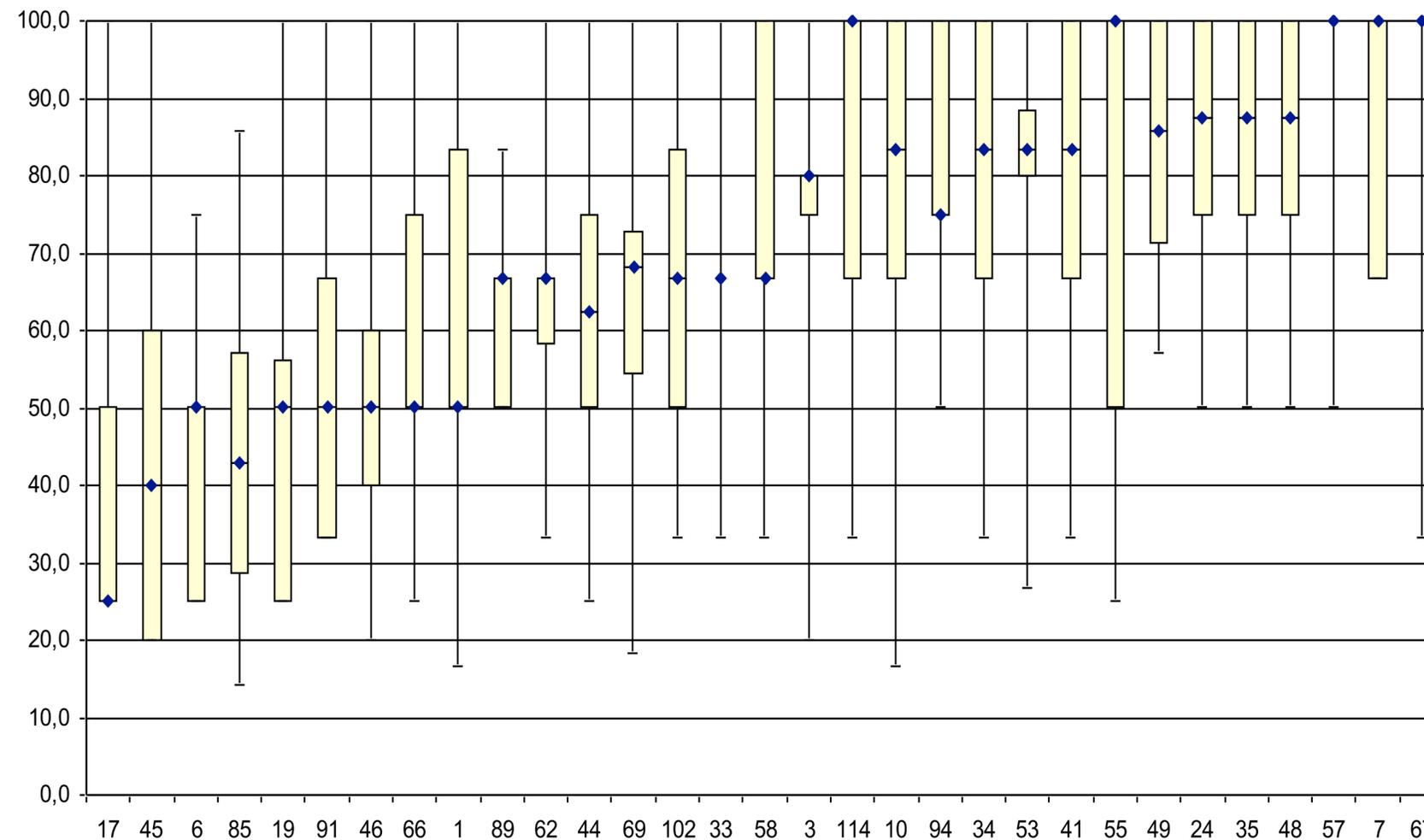
Résultats: Application des outils

- Les 31 outils sont appliqués aux 20 situations dangereuses.
- Deux équipes appliquent les outils simultanément et indépendamment (IRSST/UQTR/ Polytechnique et HSL).
- Les résultats sont comparés et un consensus est atteint pour chaque situation.
- Les indices du risque équivalentes sont calculées pour chaque estimation du risque (c.-à-d. % du risque maximal).
- La moyenne des indices du risque équivalentes pour chaque scénario est calculé.
- Les situations sont classées par rapport à la moyenne de leurs indices de risque équivalentes.
- La moyenne de l'indice du risque équivalente pour chaque outil est calculée.

Tool #	# Scenario																				Average by tool
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
17	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	50,0	25,0	50,0	100,0	25,0	50,0	75,0	25,0	75,0	37,5
45	20,0	20,0	20,0	40,0	20,0	20,0	40,0	40,0	20,0	40,0	60,0	60,0	40,0	40,0	60,0	40,0	40,0	80,0	60,0	100,0	43,0
6	50,0	25,0	25,0	50,0	25,0	25,0	50,0	50,0	25,0	25,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	75,0	75,0	45,0
85	28,6	14,3	14,3	28,6	42,9	42,9	28,6	28,6	42,9	42,9	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1	42,9	71,4	85,7	45,7
19	25,0	25,0	50,0	25,0	25,0	50,0	25,0	25,0	50,0	50,0	50,0	75,0	50,0	50,0	75,0	50,0	75,0	50,0	75,0	100,0	50,0
91	33,3	66,7	50,0	33,3	33,3	50,0	66,7	33,3	66,7	50,0	33,3	33,3	33,3	50,0	33,3	50,0	66,7	100,0	33,3	100,0	50,8
46	40,0	20,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	80,0	80,0	100,0	53,0
66	25,0	25,0	25,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	75,0	75,0	50,0	75,0	75,0	100,0	75,0	75,0	56,3
1	50,0	16,7	50,0	50,0	50,0	33,3	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	83,3	83,3	50,0	83,3	83,3	50,0	83,3	100,0	58,3
89	50,0	50,0	50,0	66,7	50,0	50,0	66,7	66,7	50,0	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	83,3	66,7	83,3	63,1
62	33,3	66,7	66,7	33,3	66,7	33,3	33,3	33,3	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	100,0	66,7	100,0	66,7	66,7	63,3
44	25,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	100,0	100,0	63,8
69	27,3	54,5	72,7	18,2	54,5	72,7	45,5	45,5	81,8	72,7	54,5	63,6	63,6	72,7	72,7	72,7	90,9	63,6	81,8	100,0	64,1
102	83,3	33,3	50,0	83,3	50,0	50,0	83,3	83,3	50,0	50,0	50,0	50,0	33,3	83,3	50,0	83,3	83,3	83,3	83,3	100,0	65,8
33	66,7	33,3	66,7	66,7	66,7	33,3	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	100,0	66,7	66,7	66,7	66,7	100,0	100,0	68,4
58	66,7	66,7	33,3	66,7	33,3	33,3	66,7	66,7	33,3	66,7	66,7	66,7	66,7	100,0	100,0	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	71,7
3	20,0	20,0	80,0	60,0	80,0	80,0	60,0	60,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	100,0	80,0	100,0	73,0
114	66,7	100,0	33,7	66,7	33,3	100,0	66,7	100,0	100,0	66,7	100,0	66,7	33,3	33,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	78,4
10	16,7	33,3	66,7	66,7	100,0	66,7	66,7	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	83,3	100,0	83,3	83,3	66,7	100,0	100,0	80,0
94	75,0	50,0	50,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	100,0	100,0	75,0	75,0	100,0	75,0	75,0	100,0	100,0	100,0	80,0
34	66,7	33,3	66,7	100,0	66,7	33,3	100,0	100,0	66,7	66,7	66,7	66,7	100,0	100,0	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	80,0
53	26,7	93,3	86,7	73,3	73,3	86,7	93,3	80,0	86,7	86,7	73,3	80,0	80,0	80,0	80,0	86,7	93,3	100,0	80,0	93,3	81,7
41	66,7	66,7	33,3	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	81,7
55	25,0	50,0	100,0	50,0	100,0	100,0	50,0	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	50,0	100,0	100,0	83,8
49	57,1	100,0	85,7	66,7	71,4	85,7	85,7	100,0	100,0	85,7	71,4	71,4	71,4	71,4	71,4	85,7	100,0	100,0	100,0	100,0	84,0
24	75,0	50,0	50,0	100,0	75,0	75,0	100,0	100,0	75,0	75,0	75,0	75,0	100,0	100,0	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	85,0
35	75,0	50,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	86,3
48	75,0	50,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	86,3
57	50,0	100,0	100,0	50,0	100,0	100,0	50,0	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0
7	66,7	66,7	66,7	100,0	66,7	66,7	100,0	100,0	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0
67	66,7	100,0	100,0	33,3	100,0	100,0	66,7	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	91,7
Average	47,7	50,2	56,7	57,6	59,4	59,5	61,9	61,9	65,6	66,6	72,5	73,6	74,8	76,4	77,4	78,5	82,9	83,3	85,0	96,4	69,4
Std dev	21,3	27,1	24,3	22,4	23,7	24,7	21,4	23,3	24,1	21,6	22,4	19,8	24,9	20,6	20,7	21,1	18,5	19,9	19,8	8,2	24,8

Résultats: Moyenne des estimations par outil

- 9 *low risk estimating tools (sousestimation)* (1, 6, 17, 19, 45, 46, 66, 85 et 91)
- 8 *intermediate risk estimating tools* (3, 33, 44, 58, 62, 69, 89 et 102)
- 14 *high risk estimating tools (surestimation)* (7, 10, 24, 34, 35, 41, 48, 49, 53, 55, 57, 67, 94 et 114).



Déviations et liens avec les biais dans les outils

Deviation	Low estimating tools (Tend to underestimate high risk scenarios)									High estimating tools (Tend to overestimate low to mid-low risk scenarios)														
	1	6	17	19	45	46	66	85	91	7	10	24	34	35	41	48	49	53	55	57	67	94	114	
Different configuration from the two proposed in ISO 14121-1 (e.g. one or more parameter absent)			X														X	X	X					X
Relative weight of one parameter is too important in the resulting risk level (e.g. parameter has more weight based on tool architecture)									X					X		X							X	
Less than 3 levels for the S parameter									X								X							
Less than 4 levels of risk										X			X		X						X	X		X
Distribution of risk levels not uniform (e.g. construction of the tool often leads to the same risk level)		X			X	X		X	X	X	X	X		X		X			X					
Discontinuities in risk matrix (e.g. leaps in risk levels)	X				X	X		X											X				X	
Not calibrated for safety of machinery (requires multiple deaths to achieve maximum risk)			X				X				X													

Règles de construction

➤ Paramètres des outils:

- Définir les paramètres de l'outil clairement (ex. probabilité du dommage)
- Définir les niveaux clairement:
 - Éviter l'utilisation d'un seul mot sans explication pour définir un seuil
 - Éviter les incohérences entre les définitions et le seuil en question
 - Éviter de mélanger les concepts dans les définitions des différents seuils pour un paramètre (ex. arrêt de travail et types de blessures)
 - Éviter d'utiliser des définitions qui se ressemblent (expriment les mêmes idées) pour des seuils différents pour un paramètre
- Éviter les trous (discontinuités) dans les différentes définitions pour les seuils
- Définir le paramètre d'exposition par rapport à une durée ou fréquence précise
- Utiliser un nombre de niveaux suffisant pour les paramètres. Un niveau trop faible peut mener à des définitions vagues ou à une pondération exagérée (lors de l'utilisation de l'outil)

Règles de construction

➤ Structure ou architecture de l'outil:

- Utiliser 2 ou 4 paramètres (ISO 14121). L'exclusion de paramètres tels que probabilité de l'évènement dangereux ou possibilité d'éviter le dommage peut mener à une surestimation du risque car certains moyens de réduction du risque sont exclus de l'estimation.
- Évaluer la contribution de chaque paramètre afin d'avoir un outil balancé ou équilibré
- Définir 3 à 5 niveaux pour la gravité du dommage (ex. 2 niveaux sont insuffisants car un décès ne doit pas se trouver au même niveau qu'une blessure grave)
- Définir 3 à 5 niveaux pour la probabilité du dommage
- Utiliser au moins 4 niveaux de risque (indice). Les outils ayant moins de 4 niveaux ont tendance à surestimer le risque.
- Utiliser des matrices ou graphes de risque. Les abaques sont plus compliqués (échelles des niveaux sont en continues)

Règles de construction

- **Structure ou architecture de l'outil (suite):**
 - Utiliser une distribution uniforme des indices du risque dans les matrices (des zones de risque ayant approximativement les mêmes dimensions dans les matrices)
 - Éviter des discontinuités ou des sauts dans les cellules des matrices (pas plus qu'un changement de niveau de risque d'une cellule à une autre adjacente)
 - Calibrer l'outil en conséquence. L'indice du risque maximal doit être atteint avec un décès et non des décès multiples (ex. éviter d'utiliser des outils pour les procédés chimiques où le risque maximal est atteint par des décès multiples).

Conclusions

- 31 outils d'estimation du risque associés aux machines industrielles ont été analysés.
- L'analyse porte sur leurs paramètres et sur leurs structures.
- Des défauts ou biais ont été identifiés.
- Des règles de conception d'outil ont été proposés.
- Ces règles doivent être validées dans leur l'application, dans le cadre du projet suivant de la programmation thématique.

Travaux Futurs

Expérimentation pratique d'outils d'estimation du risque appliqués à la sécurité des machines industrielles

Gauthier F., Chinniah Y., Stacey N.

Dans le troisième volet de cette programmation de recherche, les chercheurs tenteront de confirmer et valider certaines règles de construction des outils d'estimation du risque via leur application par différents utilisateurs provenant de l'industrie. Les chercheurs pourront ainsi identifier les outils les plus performants.

Une lettre d'intention est en rédaction.

Efforts de diffusion et de valorisation

➤ **Rapport IRSST**

- Chinniah Y., Gauthier F, Lambert S and Moulet F., *Experimental analysis of tools used for estimating risk associated with industrial machines*, Rapport IRSST a été évalué.

➤ **Revue avec comité de lecture**

- Gauthier F., Chinniah Y., Lambert S., *Experimental analysis of 31 risk estimation tools applied to safety of machinery*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (soumis sep 2010)
- Chinniah Y., Gauthier F., Stacey N., Moulet F., Healey N., *Theoretical analysis of the risk estimation parameters used in machine safety risk estimation tools* Journal of Risk Analysis (en rédaction)

➤ **Comptes rendu de conférence avec comité de lecture**

- Gauthier F., Chinniah Y., Healey N., Stacey N., Moulet F., *A comparative analysis of risk estimation tools*, Proceedings of 6th International Conference on the Safety of Industrial Automated Systems (SIAS), Helsinki, Finland, 2010.
- Stacey N., Healey N., Gauthier F., Chinniah Y., Rice S., *Theoretical Evaluation of Methods for the Qualitative Estimation of Risk* 19th Conference Society for Risk Analysis 'Risk, Governance and accountability', King's College, London, UK, June 2010.

➤ **Comité de normalisation**

- ISO TC199/WG5; CSA Z1002; CSA Z460.

Remerciements

- IRSST et HSL (financement et support logistique lors des rencontres)
- Joseph-Jean Paques
- Damien Burlet-Vienney et Renaud Daigle