

É

Sécurité des outils, des machines et des procédés industriels

Études et recherches

RAPPORT R-671



Intervenir sur les presses à imprimer

Validation d'un arbre de défaillance
associé aux risques mécaniques

*Laurent Giraud
Sabrina Jocelyn
Barthélemy Aucourt
Serge Massé
Renaud Daigle*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2011
ISBN : 978-2-89631-580-2 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
novembre 2011



Sécurité des outils, des machines et des procédés industriels

Études et recherches

■ RAPPORT R-671

Intervenir sur les presses à imprimer

Validation d'un arbre de défaillance associé aux risques mécaniques

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Laurent Giraud
Service de la recherche, IRSST

Sabrina Jocelyn
Service soutien à la recherche et à l'expertise, IRSST

Barthélemy Aucourt
ÉCAM

Serge Massé
Sécurité – Machines S. Massé

Renaud Daigle
IRSST

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche tient à remercier l'ASP *imprimerie* d'avoir rendu possible la réalisation des visites d'imprimeries et d'avoir contribué à l'avancement du projet en général. Nous remercions principalement Thierry Tollis, conseiller en prévention à cette ASP, qui s'est fortement impliqué pour contacter les représentants d'imprimeries afin de planifier les visites. Son service a grandement été apprécié tant pour la réalisation des visites que pour sa participation aux réunions liées au projet et sa disponibilité pour répondre aux questions de l'équipe.

Nous remercions également la directrice générale de l'ASP, Marie Ménard et les autres conseillers en prévention : Catherine Woods, Dany Mailloux et Tommy Lupien, pour leur aide dans le cadre de ce projet. Certains nous ont accompagnés lors de nos visites, d'autres se sont rendus disponibles pour des réunions de validation de l'arbre de défaillance. Finalement, nous remercions toutes les imprimeries, dont Au Point Reprotech et Transcontinental Litho Acmé, qui nous ont offert la possibilité d'entreprendre des visites dans leurs locaux.

Merci au personnel de ces entreprises qui nous a consacré plusieurs heures de leur précieux temps afin de répondre à nos questions et nous partager leurs expériences de travail. Ce partage s'est avéré bénéfique pour l'amélioration de l'arbre de défaillance. Finalement, nous remercions Damien Burlet-Vienney, assistant de recherche en sécurité des machines à l'IRSST, pour sa collaboration au début du projet quant à l'élaboration de l'arbre de défaillance.

Les auteurs remercient aussi l'IRSST pour son soutien financier à cette recherche.

SOMMAIRE

En 2006, un recensement des pratiques d'usage les plus sécuritaires, relatives à des interventions sur des presses à imprimer, a été effectué par l'*Association paritaire de santé et de sécurité du travail secteur imprimerie et activités connexes (ASP imprimerie)*, dans le but d'établir une procédure de travail sécuritaire propre à ces machines qui comportent plusieurs zones dangereuses. À partir de cela, l'ASP a construit un arbre de défaillance retraçant les combinaisons de causes engendrant l'écrasement d'une partie du corps d'un travailleur dans un angle rentrant de presse à imprimer. Par conséquent, cette étude se concentre sur les risques d'écrasement liés aux angles rentrants de ces machines.

Grâce à cet arbre de défaillance, l'*ASP imprimerie* a conçu une méthode d'évaluation de risques liés à des opérations sur ces presses. Mise à l'épreuve lors de visites auprès d'environ 25 entreprises du secteur, l'application de cette méthodologie s'est avérée concluante. Propulsée par ce résultat positif, l'*ASP imprimerie* a adressé une demande d'expertise à l'équipe de recherche de l'IRSST afin de valider la logique et l'exhaustivité de l'arbre pour que l'ASP puisse le diffuser par la suite, avec une méthodologie d'évaluation des risques et de procédures sécuritaires quant à l'exécution des quatre opérations suivantes :

1. Le nettoyage et le lavage des rouleaux et des blanchets,
2. L'insertion et le retrait des plaques,
3. L'insertion et le retrait des blanchets,
4. L'enfilage du papier.

La présente étude visait à valider la logique et l'exhaustivité de l'arbre de défaillance initial par l'équipe de l'IRSST. Cette validation a été réalisée selon la méthodologie suivante :

1. Recherche documentaire pour s'informer davantage sur la notion d'arbre de défaillance, sur les presses à imprimer, sur les quatre opérations à l'étude ainsi que sur les normes et la réglementation en vigueur applicables aux presses à imprimer;
2. Validation sur le terrain : visites de huit presses à imprimer pour mieux comprendre le danger relatif aux angles rentrants auquel fait face l'opérateur lors des quatre opérations;
3. Achèvement et correction de l'arbre de défaillance de l'ASP, vérification de sa structure pour y apporter des corrections;
4. Validation de l'arbre de défaillance corrigé avec l'*ASP imprimerie*.

De l'application de cette méthodologie, découle le résultat de l'étude soit un arbre de défaillance final avec 300 causes combinées, occupant 10 niveaux et pouvant expliquer l'écrasement d'une partie du corps d'un travailleur par un ou des rouleaux/cylindres de presse à imprimer lors d'une opération. Cet arbre est un outil utile. D'une part, il permet de visualiser les causes et conséquemment de trouver des solutions pour éviter un tel écrasement lors d'une opération. L'efficacité des solutions dépendra de la catégorie d'appartenance des causes sur lesquelles on décidera d'agir. D'autre part, bien que cet arbre de défaillance ne soit pas directement transposable à d'autres machines ayant des angles rentrants et pour lesquelles on voudrait étudier les causes d'un écrasement dans un angle rentrant, il reste un très bon modèle de départ et pourrait être adapté, moyennant un minimum d'effort.

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
1.1	Historique/origine du projet.....	1
1.2	Problématique SST	1
1.3	Des procédures sécuritaires, pourquoi?	2
1.4	Objectifs et limites du projet.....	3
2.	RECHERCHE DOCUMENTAIRE.....	5
2.1	Arbre de défaillance.....	5
2.1.1	Définition et utilité d'un arbre de défaillance.....	5
2.1.2	L'AdD original proposé par l'ASP Imprimerie.....	7
2.2	Les presses à imprimer et leurs phénomènes dangereux	8
2.2.1	Les presses à feuilles.....	8
2.2.2	Les presses rotatives	9
2.2.3	Définition d'un angle rentrant.....	10
2.3	La réglementation et les normes en vigueur	11
2.3.1	Le RSST.....	11
2.3.2	Les normes	13
3.	MÉTHODOLOGIE.....	15
3.1	Méthodologie utilisée.....	15
3.2	Validation de l'AdD avec l'ASP imprimerie.....	16
4.	VISITES SUR LE TERRAIN.....	17
4.1	Déroulement des visites	17
4.2	Informations recueillies lors des visites.....	17
4.2.1	Zones dangereuses et tâches correspondantes	18
4.2.2	Mise en mouvement de la machine.....	20
4.2.3	Moyens de réduction du risque.....	24
4.2.4	Organisation du travail : difficultés possibles.....	30
4.2.5	Les opérations observées	33
4.3	Constatations générales par rapport aux visites.....	35
5.	PRINCIPALES ÉVOLUTIONS DE L'ADD	37
5.1	Analyse de la forme de l'AdD initial.....	37
5.2	Analyse du contenu de l'AdD.....	39
5.3	Évolutions subséquentes de l'AdD	39

5.3.1	Évolution #1	39
5.4	Évolution #2	40
5.4.1	Évolution #3	41
5.4.2	Évolution #4	42
5.4.3	Évolution #5	43
5.4.4	Évolution #6	44
6.	RÉSULTATS	46
6.1	L'Add final	46
6.1.1	Sommet de l'Add	47
6.1.2	Sous-grappe « A » : phénomène dangereux	48
6.1.3	Sous-grappe « B » : accès volontaire	48
6.1.4	Sous-grappe « C » : accès involontaire	48
6.1.5	Sous-grappe « D » : impossibilité d'évitement	49
6.2	Add final : discussion et limites	49
6.3	Possibilité d'analyse de l'Add final	49
6.3.1	Concept de défense en profondeur	50
6.3.2	Analyse	50
7.	CONCLUSION ET DISCUSSION	55
8.	RÉFÉRENCES	57
	ANNEXE 1 : ARBRE DE DEFAILLANCE INITIAL	60
	ANNEXE 2 : PROCESSUS ACCIDENTEL ET COMPOSITION DU RISQUE [37]	65
	ANNEXE 3 : ARBRE DE DÉFAILLANCE FINAL	66
	ANNEXE 4 : RENCONTRES AVEC L'ASP IMPRIMERIE	82
	Première rencontre	82
	Deuxième rencontre	82
	Troisième rencontre	83
	Quatrième rencontre	83

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Symboles généraux utilisés dans un AdD.....	6
Tableau 2 : Symboles de renvoi utilisés dans un AdD	6
Tableau 3 : Symboles des portes logiques utilisés dans un AdD.....	7
Tableau 4 : Angles rentrants - Configurations possibles	11
Tableau 5 : Normes consultées pour élaborer l'AdD.....	14
Tableau 6 : Visites réalisées.....	16
Tableau 7 : Phénomènes dangereux – Rouleaux ou cylindres en rotation formant un angle rentrant	18
Tableau 8 : Phénomènes dangereux - Lame coupante.....	18
Tableau 9 : Phénomènes dangereux - Rapprochement d'un élément en mouvement avec une pièce fixe	19
Tableau 10 : Phénomènes dangereux - Gravité terrestre (chute de hauteur d'un travailleur)	19
Tableau 11 : Phénomènes dangereux - Gravité terrestre (chute de même niveau d'un travailleur)	19
Tableau 12 : Modes normalisés de la commande de la vitesse lente.....	21
Tableau 13 : Utilisation des termes <i>jog</i> et <i>inch</i> selon les sources.....	22
Tableau 14 : Légende de l'AdD.....	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Configuration des rouleaux et des cylindres dans une unité de presse à imprimer.....	10
Figure 2 : Moyens de protection contre les angles rentrants	24
Figure 3 : Aspect du bouton de commande du mode <i>safe</i>	27
Figure 4 : Insertion d'une plaque.....	33
Figure 5 : Bout de papier collé (dans le cercle) sur un blanchet.....	35
Figure 6 : Exemple de modification de l'arbre pour qu'il vérifie les critères de forme	38
Figure 7 : Exemple de modification de l'arbre pour qu'il corresponde aux critères de forme	38
Figure 8 : 1 ^{ère} version du sommet de l'arbre	40
Figure 9 : 2 ^e version du sommet de l'arbre	41
Figure 10 : 3 ^e version du sommet de l'arbre.....	42
Figure 11 : 4 ^e version du sommet de l'arbre.....	43
Figure 12 : 5 ^e version du sommet de l'arbre.....	43
Figure 13 : 6 ^e version du sommet de l'arbre.....	45
Figure 14 : AdD abrégé.....	47

1. INTRODUCTION

1.1 Historique/origine du projet

En 2006, un recensement des pratiques d'usage les plus sécuritaires, relatives notamment au lavage des cylindres et des blanchets de presses à imprimer, a été effectué par l'*Association paritaire de santé et de sécurité du travail secteur imprimerie et activités connexes (ASP imprimerie)*, dans le but d'établir une procédure de travail sécuritaire propre à ces machines. À partir de ce recensement, l'ASP a construit un arbre de défaillance (AdD) retraçant les combinaisons de causes engendrant l'écrasement d'une partie du corps d'un travailleur dans un angle rentrant de presse à imprimer lors de ces opérations : nettoyage et lavage des rouleaux et des blanchets, changement (insertion et retrait) des plaques. Sur la base de cet AdD, l'ASP a par la suite conçu une méthode d'évaluation de risques liés aux opérations précédentes. Mise à l'épreuve lors de visites auprès d'environ 25 entreprises du secteur, l'application de cette méthodologie s'est avérée concluante et quelques lacunes ont été identifiées dans l'AdD. Propulsée par ce résultat positif, l'*ASP imprimerie* a adressé, en 2007, une demande d'expertise à l'équipe de recherche de l'IRSST afin que celle-ci valide la logique et l'exhaustivité de l'AdD pour que l'ASP le diffuse à ses membres, avec une méthodologie d'évaluation des risques et de procédures sécuritaires quant à l'exécution de ces tâches. L'ASP a également demandé à l'équipe de recherche d'inclure l'opération d'alimentation/enfilage du papier, de commenter les corrections apportées à l'arbre et d'y inscrire des références à la réglementation et aux normes en vigueur (surtout celles en imprimerie).

1.2 Problématique SST

Une synthèse des lésions indemnisées par la CSST¹, dans le secteur de l'imprimerie pour l'année 2006, indique que 118 accidents sont survenus directement au niveau des machines² et 8 autres ont été causés par des chutes dues aux dénivellations possibles entre le sol et ces machines. Ces 118 accidents avaient coûté 786 586 \$ à la CSST et représentaient 7 663 jours perdus en 2008, lors de la réalisation de cette recherche. Les 8 autres totalisaient 25 252 \$ et 244 jours perdus en 2008. La présente étude, répondant à la demande d'expertise de l'*ASP imprimerie*, est donc d'intérêt : en répondant à cette demande, l'IRSST apporte des précisions aux différentes causes de défaillance composant les niveaux successifs de l'arbre. Cet arbre permettra de réduire les accidents liés aux presses à imprimer en conscientisant, lors de formations, les travailleurs du secteur de l'imprimerie par rapport aux dangers induits par ces machines. Ces précisions concernent des causes de défaillance non mentionnées dans l'AdD initial, des normes ou règlements prescrivant des mesures de sécurité ou toute autre correction ou commentaire assurant une clarté de l'information véhiculée dans l'arbre de défaillance.

La présente étude se concentre sur des pratiques d'usage, liées au travail du secteur de l'imprimerie, au cours desquelles les opérateurs s'exposent à des phénomènes dangereux lors des quatre opérations suivantes :

¹ Production statistique de la CSST pour l'ASP Imprimerie, année de référence 2006, produite en 2008.

² Des accidents sur des presses à imprimer ont été enquêtés ces dernières années par la CSST : rapport EN-003662 (2006), [15, 16].

- nettoyage et lavage des rouleaux et des blanchets,
- changement (insertion et retrait) des plaques,
- changement (insertion et retrait) des blanchets,
- alimentation/enfilage du papier³.

Ces quatre opérations exposent l'opérateur principalement au phénomène dangereux suivant : la rotation de rouleaux et de cylindres formant des angles rentrants. En effet, lors de ces opérations, les opérateurs interviennent près ou dans les angles rentrants. Malheureusement, tel que l'ASP a mentionné à l'équipe de recherche, l'exécution de ces quatre tâches nécessite la rotation des rouleaux et des cylindres de la machine. La réglementation québécoise en matière de SST préconise de nombreuses solutions pour prévenir les accidents, dont le cadenassage des machines. Cependant, dans ce cas, selon l'ASP (ce point sera détaillé plus loin dans le rapport), l'utilisation de procédures de cadenassage n'est pas le moyen le plus approprié pour gérer le risque d'écrasement. L'AdD élaboré permettra donc, à la suite de cette étude, de cibler les points sur lesquels agir afin de proposer des procédures génériques sécuritaires quant à l'exécution de ces quatre opérations.

1.3 Des procédures sécuritaires, pourquoi?

Dans le cadre des quatre opérations susmentionnées, développer des méthodes de travail sécuritaires, autres que le cadenassage, est important afin de respecter le règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) puisque :

- Le cadenassage ne colle pas à la réalité de l'exécution de ces opérations car la rotation des rouleaux et cylindres, donc le fonctionnement de la machine, est requise à des instants différents pour les réaliser. De ce fait, l'article 185 du RSST ne peut pas être appliqué;
- À part le lavage automatique des rouleaux (option de commande présente sur certaines presses⁴), il n'existe pas encore de solutions techniques intrinsèques (supprimant le phénomène dangereux) pouvant assurer la sécurité des opérateurs lors de ces interventions⁵;
- Il faut trouver un moyen de garantir la sécurité des travailleurs lorsqu'ils effectuent l'une de ces quatre opérations pour lesquelles ils doivent souvent enlever un protecteur (l'article 184 du RSST, demandant la mise en place des protecteurs, est non applicable).

L'article qui s'adapte à la présente situation est l'article 186 du RSST⁶ [25]. Cependant, ces méthodes ne pourront s'appliquer que sur des presses à imprimer déjà sécurisées avec des protecteurs et/ou des dispositifs de protection afin qu'elles soient conformes à cet article:

³ Le terme « alimentation du papier » est utilisé pour les presses alimentées par feuilles, tandis que le terme « enfilage du papier » est employé pour les presses alimentées par une bobine de papier).

⁴ Le lavage automatique réduit fortement le besoin de lavages manuels mais sans le supprimer totalement. Des nettoyages manuels sont donc nécessaires mais à une fréquence plus faible.

⁵ Sur certaines presses récentes, l'insertion et le retrait des plaques est réalisé automatiquement ce qui réduit le risque.

⁶ L'article 186 du RSST est semblable sur le fond à la section 4.11.9 de la norme ISO 12100-2 :2003.

Article 186. Réglage, déblocage, maintenance, apprentissage et réparation : *Lorsqu'un travailleur doit accéder à la zone dangereuse d'une machine à des fins de réglages, de déblocage, de maintenance, d'apprentissage ou de réparation, incluant la détection d'anomalie de fonctionnement, et que, pour ce faire, il doit déplacer ou retirer un protecteur, ou neutraliser un dispositif de protection, la machine ne doit pouvoir être mise en marche qu'au moyen d'un mode de commande manuel ou que conformément à une procédure sécuritaire spécifiquement prévue pour permettre un tel accès. Ce mode de commande manuel ou cette procédure doit présenter les caractéristiques suivantes :*

- 1° *il rend inopérant, selon le cas, tout autre mode de commande ou toute autre procédure ;*
- 2° *il ne permet le fonctionnement des éléments dangereux de la machine que par l'intermédiaire d'un dispositif de commande nécessitant une action continue ou un dispositif de commande bimanuel ;*
- 3° *il ne permet le fonctionnement de ces éléments dangereux que dans des conditions de sécurité accrue, par exemple, à vitesse réduite, à effort réduit, pas à pas ou par à-coups.*

Après lecture de l'article 186, il va sans dire que les zones dangereuses des presses à imprimer doivent être sécurisées (RSST, article 182) avant même que les mesures sécuritaires autres que le cadenassage soient applicables. Ceci est le cas sur les machines récentes munies de protecteurs mobiles verrouillés ou interverrouillés. Cependant, compte tenu de la nature de ces opérations, l'article 185 du RSST – qui traite du cadenassage - n'est pas applicable, car la rotation contrôlée des cylindres est nécessaire à la bonne réalisation des opérations. De plus, enlever les protecteurs (RSST, article 184) est nécessaire pour accomplir ces quatre tâches. C'est donc l'article 186 du RSST qui s'applique dans ces quatre cas. Il faut donc, conformément à l'article 186, qu'une procédure sécuritaire propre à chacune de ces opérations soit prévue. Ces procédures sont définies selon le principe de la norme CSA Z460-05 (notamment l'article 7.2) [8], norme qui prévoit des mesures alternatives lorsque le cadenassage ne s'applique pas.

1.4 Objectifs et limites du projet

Ce projet vise à améliorer l'arbre de défaillance soumis par l'ASP *imprimerie* à l'IRSST, en validant sa logique et son exhaustivité. L'AdD corrigé doit être accompagné de références aux normes ou règlements en vigueur. Cet arbre de défaillance, destiné principalement aux opérateurs de presses à imprimer, permet d'identifier les différentes combinaisons de causes pouvant aboutir à un écrasement d'une partie du corps. L'arbre a été élaboré afin d'en tirer, après cette étude, des méthodes de travail sécuritaires lors d'interventions proches ou dans un angle rentrant au cours des quatre opérations suivantes :

1. Le nettoyage et le lavage des rouleaux et des blanchets,
2. L'insertion et le retrait des plaques,
3. L'enfilage du papier,
4. L'insertion et le retrait des blanchets⁷.

L'arbre de défaillance final de ce projet regroupe le plus d'informations possible. Il a été choisi afin de limiter l'arbre à un niveau de détails satisfaisant, c'est-à-dire permettant à son utilisateur d'en tirer des solutions adéquates. Par ailleurs, l'utilisateur peut toujours, s'il le désire,

⁷ L'ASP *imprimerie* avait demandé initialement d'élaborer l'AdD autour des opérations 1, 2 et 3. Cependant, l'équipe de recherche a décidé d'inclure l'opération 4 suite à une observation sur le terrain.

approfondir le contenu de l'arbre, en cherchant le pourquoi de certaines causes non développées dans le dernier niveau de détails de l'arbre. L'arbre de défaillance a été validé selon les étapes de la méthodologie de recherche.

2. RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Dans un premier temps, une recherche documentaire a été entreprise afin de mieux comprendre en quoi consistent le projet et son contexte. Des ouvrages, des normes, le RSST, des rapports d'accidents, des articles scientifiques ainsi qu'une dizaine de rapports de visites antérieures de l'ASP *imprimerie* ont été consultés. La recherche documentaire a permis de comprendre le risque et les opérations liés aux presses à imprimer et d'apporter les premières corrections à l'AdD de l'ASP *imprimerie*.

2.1 Arbre de défaillance

2.1.1 Définition et utilité d'un arbre de défaillance

L'arbre de défaillance, ou arbre des fautes, est un outil graphique permettant de retracer les combinaisons de causes [24, 40, 42] engendrant un événement indésirable (ici, un accident) lié à un système analysé donné. Cet arbre est représenté sous forme de diagramme logique : les combinaisons de causes sont établies grâce à des portes logiques (ET, OU, conditionnelle, etc.). Ce diagramme logique peut être lu de manière inductive ou déductive :

- La lecture « inductive » consiste à prendre connaissance de différentes combinaisons de causes de défaillance situées dans le bas pour arriver à l'événement final, situé dans le haut et occasionné par ces derniers. Cet événement final est ce qu'on appelle l'événement indésirable.
- La lecture « déductive » consiste à partir de l'événement indésirable, le premier en haut, afin d'en retracer les causes de défaillance, situées en bas.

La lecture « inductive » de l'arbre part de l'origine du problème pour arriver à son effet indésirable; tandis que la lecture « déductive » de l'arbre part de l'effet indésirable pour retracer son origine. La relation cause-conséquence doit donc toujours être vérifiée dans l'arbre de défaillance afin que, lors de la lecture déductive ou inductive, le lien logique entre les différents événements demeure.

Par ailleurs, en matière de construction de l'arbre, c'est la méthode déductive [24] qui s'applique, car pour élaborer cet outil graphique il faut, à partir de l'événement indésirable, se demander à chaque niveau subséquent (inférieur) quelle combinaison de causes provoque l'événement ou la cause du niveau supérieur. Les symboles intervenant dans la construction d'un tel outil sont présentés dans les trois tableaux suivants (Tableau 1 à Tableau 3).

L'arbre de défaillance est un outil utile : il sert de garde-fou pour la conception et la maintenance (ou autre opération) au niveau d'un système [18]. Dans les deux cas, il joue un rôle avant-gardiste. D'une part, il informe le concepteur des causes de défaillance générant un événement dangereux, tout en lui indiquant les points sur lesquels il doit agir afin d'éradiquer ou réduire le risque de défaillance dans la conception même du système en question. D'autre part, il prévient le travailleur (opérateur ou personne d'entretien) lors de l'exécution de ses tâches, par rapport aux zones dangereuses présentes sur la machine où il travaille et par rapport aux causes possibles d'accident, que celle-ci soit d'origine technique, humaine ou organisationnelle. En troisième lieu, l'AdD sert à retracer les causes d'un événement ou d'un accident ayant déjà eu lieu. En effet le

technicien qui connaît sa presse et les détails entourant cet événement ou accident, va pouvoir, en voyageant de haut en bas de l'arbre, reconnaître les événements intermédiaires chapeautant les causes possibles et, en tenant compte des portes ET et OU, arriver aux causes premières dans le bas de la ou des grappes en question.

Tableau 1 : Symboles généraux utilisés dans un AdD

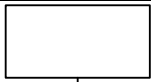
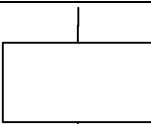

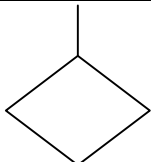
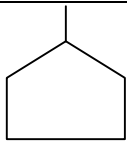
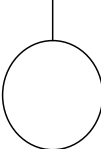
SYMBOLES GÉNÉRAUX :	
	Symbole de l'événement indésirable (l'accident).
	Symbole de cause (ou événement) intermédiaire. Celle-ci est développée par des causes (ou événements) subséquentes.
	Symbole de condition, il se greffe à la porte d'inhibition.
	Symbole d'une cause non développée par manque d'information, ou dans le but d'alléger l'arbre lorsque suffisamment de détails sont connus (on retrouve ce symbole au dernier niveau présenté dans une branche de l'arbre).
	Symbole d'une cause reliée à une action ou un état normal (p. ex. une activité d'entretien sur la presse à imprimer).
	Symbole d'une cause élémentaire, i.e. ne nécessitant aucun développement (on retrouve ce symbole au dernier niveau présenté dans une branche de l'arbre).

Tableau 2 : Symboles de renvoi utilisés dans un AdD

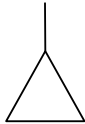
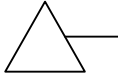


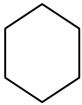
SYMBOLES DE RENVOI:	
	Renvoie à la sous-grappe (identifiée) correspondante dans l'arbre de défaillance. On désigne par sous-grappe une partie d'un AdD qui est un regroupement de causes liées (ceci simplifie l'AdD en évitant la répétition).
	Identifie la sous-grappe (identifiée) à laquelle le symbole précédent renvoie.

Tableau 3 : Symboles des portes logiques utilisés dans un AdD

PORTES LOGIQUES :	
	<p>Porte indiquant que l'existence de toutes les causes à son entrée est nécessaire à l'obtention de la conséquence en sortie.</p>
	<p>Porte indiquant que l'existence d'une des causes à son entrée suffit pour avoir la conséquence en sortie.</p>
	<p>Porte d'inhibition à laquelle se rattache(ent) la(les) condition(s) pouvant permettre l'événement du niveau supérieur.</p>

Dans ce même esprit, apporter des corrections à l'arbre de défaillance proposé par l'ASP *imprimerie*, permet d'améliorer les conditions de travail des opérateurs et personnes d'entretien de presses à imprimer, en les informant des causes d'écrasement d'une ou de plusieurs parties du corps d'un travailleur dans un angle rentrant de presse à imprimer.

S'informer sur le fonctionnement d'un arbre de défaillance (sa lecture et sa construction) a permis, dans un premier temps, de mieux comprendre l'arbre original de l'ASP *imprimerie* (voir la section suivante) et dans un deuxième temps, d'y apporter les premières corrections de forme et de contenu (cf. sections 5.1 et 5.2).

2.1.2 L'Add original proposé par l'ASP Imprimerie

L'arbre initialement⁸ élaboré par l'ASP *imprimerie* (Annexe 1) est composé des éléments suivants :

- Le sommet de l'arbre : dont l'événement indésirable servant de base à la construction de l'arbre est « **Ecrasement entre deux rouleaux/cylindres de presse lors d'une opération** » (Annexe 1.1). Ici, l'étude se limite aux risques d'écrasement dans un angle rentrant. D'après cet arbre initial, l'écrasement n'aura lieu que si les trois conditions suivantes sont rencontrées (porte logique ET) : il y a **présence d'un angle rentrant**, les **cylindres ou rouleaux sont en mouvement** (sous-grappe « A ») et **le travailleur accède à une zone dangereuse** (sous-grappes « B »). Dans le sommet de l'arbre, la présence d'un angle rentrant est expliquée soit parce qu'il n'y a **aucune protection**, soit parce que **le protecteur est inadéquat** ;
- Sous-grappe « A »: « **Cylindres ou rouleaux en mouvement** » (Annexe 1.2) ; l'origine de la rotation des cylindres ou rouleaux peut être due au fait que **le mouvement a été**

⁸ Remarque : Dans un objectif de clarté, il y a le sommet de l'arbre et tous les autres arbres sont des arbres annexes (sous-grappes) qui sont des renvois depuis le sommet de l'arbre ou depuis un autre arbre annexe.

initié en mode d'action commandée, ou (porte logique OU) parce qu'il a été **initié en mode de production** ;

- Sous-grappe « B-insertion des plaques » : « **Travailleur accède à une zone dangereuse** » (Annexe 1.3) ;
- Sous-grappe « B-nettoyage des blanchets » : « **Travailleur accède à une zone dangereuse** » (Annexe 1.4) ;
- Sous-grappe « C » : « **Accès aux zones dangereuses par un opérateur** » (Annexe 1.5) ;

L'ASP, par souci d'assurer la sécurité des méthodes de travail lors de chacune des opérations suivantes: lavage des rouleaux et des blanchets, insertion et retrait des plaques, a voulu séparer les risques qui leur sont liés, comme on peut le remarquer dans les sous-grappes « B ». Or, l'équipe de recherche s'est rendu compte que les causes d'écrasement dans un angle rentrant (causes citées dans les sous-grappes « B ») sont applicables quelle que soit l'opération effectuée sur la machine. Ce qui peut changer d'une opération à une autre, c'est le temps d'exposition au phénomène dangereux ainsi que la nécessité plus ou moins fréquente d'intervenir dans l'angle rentrant en cours d'intervention. Il a donc été décidé par l'équipe de recherche de réaliser un seul arbre de défaillance couvrant les quatre opérations étudiées.

Par ailleurs, soulignons que l'arbre original de l'ASP *imprimerie* a été un bon outil de base pour démarrer l'étude, en raison de la quantité d'information intéressante qu'il apporte. Cependant, leur organisation en termes de relation cause-conséquence n'étant pas toujours vérifiée et le contenu de certaines cases n'étant pas toujours clair, l'équipe de recherche, à la demande de l'ASP, s'est donc mise au travail afin de réorganiser la logique de l'arbre de défaillance en conformité avec les principes qui régissent sa construction et de le rendre plus complet.

2.2 Les presses à imprimer et leurs phénomènes dangereux

Afin de corriger l'AdD initial, il faut comprendre le risque d'écrasement auquel les opérateurs sont confrontés lors des interventions près ou dans un angle rentrant de presse à imprimer. Pour ce faire, la compréhension de la machine elle-même est nécessaire, tel est le but de cette sous-section.

La différence principale entre les deux types de presses étudiés, les presses à feuilles et les presses rotatives, réside dans le fait que les presses à feuilles impriment sur des feuilles de papier déjà découpées au format final (ou à un multiple du format final), tandis que les presses rotatives impriment sur une bande de papier continue, qui doit être découpée après impression.

Les presses à imprimer comportent de multiples phénomènes dangereux [39]. Cependant, rappelons que dans le cadre de cette étude, le phénomène dangereux étudié est uniquement celui lié aux angles rentrants.

2.2.1 Les presses à feuilles

Une presse *offset* [4] feuille à feuille dispose d'une pile de papier à partir de laquelle la presse est alimentée. La feuille du dessus de la pile est aspirée par les ventouses de la tête d'aspiration. Les feuilles sont entraînées une à une par un "gripper" sur la table de marge puis dans le groupe

imprimant en passant successivement en autant d'unités d'impression qu'il y a de couleurs (figure 1).

Il existe plus particulièrement trois systèmes de machines à feuilles :

- L'offset à nappe où chaque feuille, sur la table de marge, se superpose légèrement à la précédente. Actuellement, la majorité des presses offset intègre ce procédé, car il est plus rapide que le suivant.
- L'offset feuille à feuille où les feuilles sont envoyées l'une après l'autre sur la table de marge, les feuilles ne se chevauchant pas. Ce système équipe généralement de petites presses offset, quelquefois nommées duplicateurs.
- L'offset en alimentation directe (direct feed) où les feuilles passent directement sous le cylindre blanchet, sans passer par une table de marge.

2.2.2 Les presses rotatives

Une presse *offset* rotative est alimentée par une bobine de papier, contrairement à une presse à feuilles qui imprime directement sur une feuille de papier prédécoupée. L'avantage d'une telle presse est sa grande vitesse d'impression.

Une presse rotative comprend les différentes parties principales suivantes :

- **Système de guidage** : la bande de papier passe tout d'abord par une suite de rouleaux en « S », ceci permet d'uniformiser la tension du papier sur toute la largeur de la bande.
- **Groupes d'impression** : en général, il y a 4 unités d'impression, pour 4 couleurs (noir, bleu, jaune et rouge), autorisant une très grande variété de nuances de couleurs. L'ordre des couleurs peut varier. Par exemple, le noir est généralement placé en premier dans les imprimeries nord-américaines, avant le cyan (bleu), le magenta (rouge), puis le jaune. L'ordre des couleurs peut aussi être influencé par la couleur dominante du document à imprimer.
- **Sécheurs** : permettent de sécher très rapidement l'encre en sortie des unités d'impression et d'en extraire les solvants ; en sortie du sécheur, le papier a une température de 90-100°C.
- **Refroidisseur** : refroidit et prépare le papier pour le pliage.
- **Découpage-plier** : la plieuse tire la bande de papier pour toute la ligne, plie et découpe le papier. En sortie de cette unité, les documents (journaux, publicités, livres, etc.) sont prêts à être livrés.

L'opération d'enfilage du papier sur ce type de presse est longue et dangereuse. En effet, il faut faire cheminer le début de la bande de papier à travers chaque unité, jusqu'à la livraison, c'est-à-dire à la sortie de l'unité de découpage et pliage. Ceci implique que les opérateurs accèdent aux zones dangereuses (angles rentrants) pendant toute l'opération et, sur les grosses presses, doivent travailler en hauteur (les unités d'impression peuvent être placées l'une au-dessus de l'autre pour un travail en parallèle). C'est lors de l'alimentation en papier de ces presses que le plus grand nombre d'accidents est recensé. Le plieur, qui découpe et plie la bande, présente des zones dangereuses dues aux différents couteaux, bras rabatteur et rouleaux en rotation. Il faut que cette opération soit effectuée avec précision, sinon cela peut provoquer le bourrage ou le déchirage du papier lors de la production.

En résumé, il y a plusieurs zones dangereuses sur les presses à imprimer. Cependant, dans le cadre du projet, il a été décidé de focaliser sur les zones dans lesquelles il y a le plus d'accidents : les angles rentrants, en particulier ceux se trouvant entre deux unités consécutives. La majorité des accidents ont lieu dans ces zones dangereuses, car il est nécessaire d'y accéder lors des interventions courantes sur les presses : le nettoyage des rouleaux et blanchets, le changement des plaques, le changement des blanchets et l'insertion du papier. Dans chaque unité, on retrouve des rouleaux et des cylindres configurés comme le montre la Figure 1 suivante. Cette configuration est typique des presses dont le procédé d'impression est l'*offset*. Le papier illustré sur cette figure est transféré à l'unité suivante par un cylindre de transfert (absent sur la figure) situé à gauche du cylindre de pression.

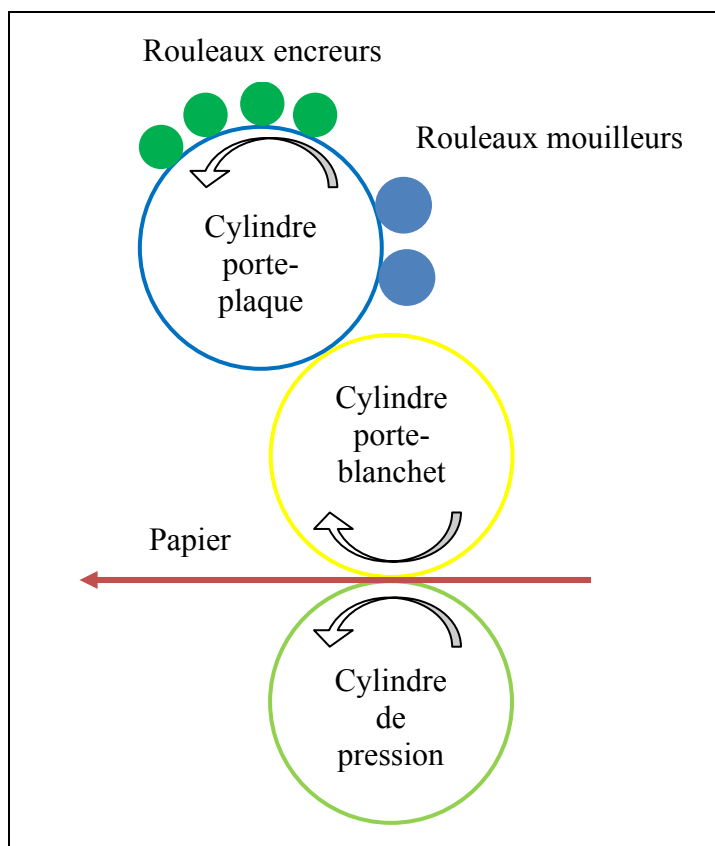


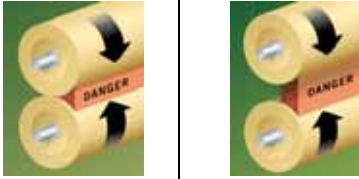

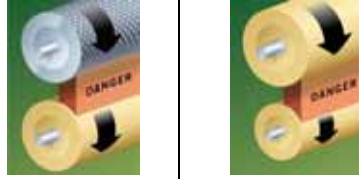

Figure 1 : Configuration des rouleaux et des cylindres dans une unité de presse à imprimer

2.2.3 Définition d'un angle rentrant

Un angle rentrant est une zone dangereuse caractérisée par une région de rétrécissement suivant le mouvement d'un rouleau vers une pièce fixe ou de deux rouleaux qui se rencontrent et pouvant entraîner un objet (ex : papier), tout comme une partie du corps qui y est présent volontairement ou involontairement [20, 22, 23]. Le mouvement entraînant provient de la rotation de rouleaux disposés selon l'une des configurations du Tableau 4.

Les deux premières illustrations représentent les principales zones dangereuses présentes sur les presses à imprimer de type « à feuilles » et de type « rotative ». Les autres cas de figure sont moins présents sur les presses à imprimer.

Tableau 4 : Angles rentrants - Configurations possibles

<p>Deux rouleaux tournant en sens opposé.</p>	
<p>Un rouleau tournant et une pièce de machine fixe.</p>	
<p>Des rouleaux tournant dans le même sens et dont la vitesse ou les surfaces sont différentes.</p>	
<p>Un rouleau et une courroie de transmission ou une bande de papier par exemple.</p>	

2.3 La réglementation et les normes en vigueur

2.3.1 Le RSST

Le Règlement sur la Santé et la Sécurité du Travail (RSST) [25] est le règlement de base en SST pour les entreprises du Québec. La section XXI du règlement est plus particulièrement intéressante dans le cadre de cette étude, car il s'agit de la section « machines ». Dans cette section, les articles 175, 176, 182, 184 et 185, en plus de l'article 186 cité en introduction, sont importants dans le cadre de cette recherche, car ils concernent directement la réalité des presses à imprimer et des opérations étudiées.

Article 175 : Protecteur à interverrouillage: *Un protecteur muni d'un dispositif d'interverrouillage doit présenter les caractéristiques suivantes :*

- 1° il provoque l'arrêt de la machine ou du fonctionnement des éléments dangereux de celle-ci, lorsqu'il est déplacé ;*
- 2° il rend impossible la mise en marche de la machine ou le fonctionnement des éléments dangereux de celle-ci tant et aussi longtemps qu'il est déplacé ;*
- 3° il ne provoque pas la mise en marche de la machine ou des éléments dangereux de celle-ci, lorsqu'il est replacé.*

Article 176 : Protecteur à enclenchement: *Un protecteur à enclenchement muni d'un dispositif d'interverrouillage doit présenter les caractéristiques suivantes:*

- 1° *il demeure en place et enclenché tant que la machine ou les éléments dangereux de celle-ci restent en marche ;*
- 2° *il rend impossible la mise en marche de la machine ou le fonctionnement des éléments dangereux de celle-ci tant et aussi longtemps qu'il n'est pas remis en place et enclenché ;*
- 3° *il ne provoque pas la mise en marche de la machine ou des éléments dangereux de celle-ci, lorsqu'il est remplacé et réenclenché.*

Article 182 : Contrôle de la zone dangereuse : *Sous réserve de l'article 183, une machine doit être conçue et construite de manière à rendre sa zone dangereuse inaccessible, à défaut de quoi celle-ci doit être munie d'au moins un des protecteurs ou des dispositifs de protection suivants :*

- 1° *dans le cas où aucune personne n'a accès à la zone dangereuse de la machine durant son fonctionnement :*
 - a) *un protecteur fixe ;*
 - b) *un protecteur muni d'un dispositif d'interverrouillage ;*
 - c) *un protecteur à enclenchement muni d'un dispositif d'interverrouillage ;*
 - d) *un dispositif sensible.*

- 2° *dans le cas où au moins une personne a accès à la zone dangereuse de la machine durant son fonctionnement :*
 - a) *un protecteur muni d'un dispositif d'interverrouillage ;*
 - b) *un protecteur à enclenchement muni d'un dispositif d'interverrouillage ;*
 - c) *un protecteur à fermeture automatique ;*
 - d) *un protecteur réglable ;*
 - e) *un dispositif sensible ;*
 - f) *une commande bimanuelle.*

Article 184 : Mise en place : *Sous réserve de l'article 186, avant la mise en marche d'une machine, les protecteurs doivent être mis en place ou les dispositifs de protection doivent être en fonction.*

Article 185 : Cadenassage : *Avant d'entreprendre tout travail de maintenance, de réparation ou de déblocage dans la zone dangereuse d'une machine, les mesures de sécurité suivantes doivent être prises, sous réserve des dispositions de l'article 186 :*

- 1° *la mise en position d'arrêt du dispositif de commande de la machine ;*
- 2° *l'arrêt complet de la machine ;*
- 3° *le cadenassage, par chaque personne exposée au danger, de toutes les sources d'énergie de la machine, de manière à éviter toute mise en marche accidentelle de la machine pendant la durée des travaux.*

Comme cela a été mentionné précédemment, les quatre opérations étudiées nécessitent l'accès à des zones dangereuses (normalement protégées en vitesse de production) ainsi que la mise en mouvement des rouleaux et des cylindres. Il n'est donc pas possible de recourir au cadenassage

et, pour avoir accès aux zones dangereuses, il faudra enlever les protecteurs, ce qui mène à l'article 186. Tel que mentionné en introduction, l'article 186 du RSST ne s'applique que dans la situation où la zone dangereuse possède initialement un protecteur ou un dispositif de protection, mais que quelqu'un a dû déplacer, retirer ce protecteur ou neutraliser ce dispositif de protection, afin d'accéder à la zone pour effectuer une des tâches suivantes : réglage, déblocage, maintenance, apprentissage et réparation. Trois des opérations étudiées (changements de plaques, de blanchets et insertion du papier) sont des activités de réglage et la dernière (nettoyage et lavage des rouleaux et des blanchets) peut être incluse comme de la maintenance même si c'est une tâche qui est réalisée par les opérateurs de production.

2.3.2 Les normes

Les normes ISO ou CEN relatives aux machines [11, 13, 27, 30] sont classées selon trois catégories : les normes de type A, de type B et de type C (allant du plus général au plus spécifique) :

- Normes de type A (normes fondamentales) : contiennent des notions fondamentales de sécurité, des principes de conception et des aspects généraux relatifs aux machines;
- Normes de type B (normes génériques) : abordent un aspect de la sécurité ou un moyen de protection valable pour une large gamme de machines :
- Normes de type B1 traitent d'aspects particuliers de la sécurité;
- Normes de type B2 traitent de moyens de protection;
- Normes de type C (normes de sécurité par catégorie de machines) : traitent des prescriptions de sécurité détaillées s'appliquant à une machine particulière ou à un groupe de machines particulier;
- Lorsqu'une norme de type C recommande des dispositions s'éloignant de celles d'une norme de type A ou B, les dispositions de la norme de type C prévalent sur celles des autres normes.

Les principales normes ayant servi de référence pour la sécurité des presses à imprimer sont identifiées dans le Tableau 5. Elles proviennent essentiellement de l'ISO ou du CEN ainsi que de l'ANSI ou du CSA.

Tableau 5 : Normes consultées pour élaborer l'Add

NORME	TYPE	TITRE	RÉFÉRENCE
ANSI B11.19	--	Performance criteria for safeguarding	[7]
ANSI B65.1	--	Graphic technology – Safety standard – Printing press systems	[6]
AS 1755	--	Conveyors - Safety requirements	[41]
CSA Z432	--	Protection des machines	[9]
CSA Z460	--	Maîtrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes	[8]
ISO 11161	B	Sécurité des machines - Systèmes de fabrication intégrés - Prescriptions fondamentales	[36]
ISO 12100-1	A	Sécurité des machines - Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 1 : terminologie de base, méthodologie	[30]
ISO 12100-2	A	Sécurité des machines - Notions fondamentales, principes généraux de conception - Partie 2 : principes techniques	[31]
ISO 13850	B	Sécurité des machines - Arrêt d'urgence - Principes de conception	[27]
ISO 14118	B	Sécurité des machines : Prévention de la mise en marche intempestive	[32]
ISO 14119	B	Sécurité des machines : Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs -principes de conception et de choix	[29]
ISO 14120	B	Sécurité des machines : Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles	[34]
ISO 14121	A	Sécurité des machines - Principes pour l'appréciation du risque	[33]
NF EN 1010:1	C	Sécurité des machines - Prescriptions de sécurité pour la conception et la construction de machines d'impression et de transformation du papier - Partie 1 : prescriptions communes	[12]
NF EN 1010:2	C	Sécurité des machines - Prescriptions de sécurité pour la conception et la construction de machines d'impression et de transformation du papier - Partie 2 : Machines d'impression et de vernissage y compris les machines et les équipements de pré-presse	[13]
NF EN 418	B	Sécurité des machines - Équipement d'arrêt d'urgence, aspects fonctionnels - Principes de conception	[10]
PD 5304	--	Guidance on safe use of machinery	[14]

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Méthodologie utilisée

Après avoir pris connaissance de l'AdD original développé par l'ASP *imprimerie*, l'équipe a procédé à la correction et à la validation de l'arbre en appliquant la méthodologie suivante :

1. Recherche documentaire (voir le chapitre précédent) pour :
 - 1.1. s'informer davantage sur la notion d'arbre de défaillance,
 - 1.2. s'informer de la composition d'une presse à imprimer, de son fonctionnement et des procédures généralement appliquées pour exécuter les quatre opérations à l'étude,
 - 1.3. connaître les normes et la réglementation en vigueur, applicables aux presses à imprimer;
2. Validation sur le terrain : visites de huit entreprises possédant des presses à imprimer (durée : environ trois heures chacune), afin de mieux comprendre le risque relatif aux angles rentrants auquel fait face l'opérateur lors des quatre opérations mentionnées à la section 1.4;
3. Achèvement et correction de l'arbre de défaillance de l'ASP, vérification de sa structure pour y apporter des corrections;
4. Validation de l'arbre de défaillance corrigé avec l'ASP *imprimerie*.

Les éléments suivants précisent la méthodologie :

- La sélection des entreprises a été réalisée par le partenaire de recherche (ASP *imprimerie*). Ce choix s'est effectué visite après visite pour s'adapter aux contraintes temporelles et de production des imprimeries tout en tenant compte des observations restantes par rapport aux objectifs.
- Une quatrième opération, l'insertion et le retrait des blanchets, a été ajoutée.
- La correction de l'arbre de défaillance a été réalisée parallèlement à l'exécution des autres points de la méthodologie. Au lieu d'une réunion de validation finale de l'arbre de défaillance, il y a eu quatre réunions au cours de la recherche.
- En raison de diverses contraintes, il n'a pas été possible d'effectuer toutes les visites prévues. Les visites réalisées sont présentées au Tableau 6. La validation sur le terrain de l'arbre de défaillance a été effectuée lors des huit visites, une première de familiarisation et sept autres d'observation. La visite de familiarisation a servi de prise de contact avec le secteur de l'imprimerie et des presses à imprimer, afin d'en comprendre davantage le fonctionnement général (procédés d'impression, commandes pour réduire le risque) et d'identifier les phénomènes dangereux présents lors de l'accomplissement des opérations. Il a été plus facile de trouver des grandes presses que des petites presses. Lors de ces visites en entreprise, l'équipe de l'IRSST était toujours accompagnée d'au moins un conseiller en prévention de l'ASP *imprimerie*, qui agissait à titre d'intermédiaire entre l'équipe de recherche et les opérateurs.

Tableau 6 : Visites réalisées

# Visite	Type	Taille	Caractéristiques techniques	Année de fabrication	Opérations	Produit imprimé
0 (visite de familiarisation)	Rotative (2 niveaux)	grande		Inconnue	Nettoyage	Brochures publicitaires
1	À feuilles (1 niveau)	grande	Chaque station est mue par l'arbre principal et est non débrayable	Inconnue	Insertion et retrait de blanchet Insertion et retrait de plaque Nettoyage Alimentation du papier	Brochures publicitaires et autres
2	À feuilles (1 niveau)	grande		≈1980	Insertion et retrait de blanchet Insertion et retrait de plaque Nettoyage Alimentation du papier	Non connu
3	Rotative (1 niveau)	petite	Chaque station est mue individuellement et en synchrone avec les autres	2007	Insertion et retrait de blanchet Insertion et retrait de plaque Nettoyage	Étiquettes pour bouteilles de vin
4	Rotative (2 niveaux)	grande	Chaque station est mue par l'arbre principal et est débrayable individuellement	1982	Nettoyage Enfilage du papier	Journaux
5	À feuilles (1 niveau)	grande	Deux stations (couleurs), entièrement mécanique non débrayable	Entre 2000 et 2001	Insertion et retrait de blanchet Insertion et retrait de plaque Alimentation du papier	Non connu
6	À feuilles (essentiellement mécanique)	petite	Chaque station est mue par l'arbre principal et est non débrayable	Entre 1990 et 1995	Insertion et retrait de blanchet Insertion et retrait de plaque Nettoyage Alimentation du papier	Cartes professionnelles
7	Rotative (2 niveaux)	grande	Chaque station est mue par l'arbre principal et est non débrayable	1970	Enfilage du papier	Brochures publicitaires et autres

3.2 Validation de l'AdD avec l'ASP imprimerie

Afin de valider l'AdD, l'équipe de recherche s'est réunie avec des représentants de l'ASP *imprimerie* à quatre reprises (Annexe 4) :

- les deux premières réunions, avec deux conseillers en prévention de cette ASP ;
- la troisième, avec la directrice générale de l'ASP *imprimerie*, Mme Marie Ménard et un pressier d'expérience (25 années) rencontré lors de l'une de nos visites ;
- la quatrième, avec tous les conseillers en prévention de cette ASP.

Tout comme pour les visites, ces réunions de validation ont permis de vérifier la logique et le contenu de l'AdD, de le compléter, d'y clarifier certains points et de simplifier la formulation de certaines causes, afin que le langage adopté soit le moins possible sujet à interprétation et qu'il convienne à tous les lecteurs.

4. VISITES SUR LE TERRAIN

4.1 Déroutement des visites

Avant les sept visites (Tableau 6), une visite de familiarisation a été réalisée. Elle a servi de prise de contact avec les entreprises possédant des presses à imprimer, afin d'en comprendre le fonctionnement général (procédés d'impression, système de commande, stratégies de réduction du risque) ainsi que d'identifier rapidement les phénomènes dangereux présents, notamment lors de l'accomplissement des tâches.

La durée moyenne des visites était de 3 heures et elles se sont déroulées selon le format suivant :

- Réunion de départ pour établir les objectifs du projet et de la visite, signature des fiches de consentement et du formulaire d'autorisation pour l'utilisation des photographies et des vidéos ;
- Démonstration dans l'atelier par un pressier de la méthode appliquée pour l'exécution d'une ou plusieurs des quatre opérations à l'étude;
- Période de questions au cours des démonstrations (les personnes interviewées sont des pressiers ; en plus des pressiers, il est arrivé lors d'une visite de questionner un contremaître et lors d'une autre visite, un formateur de pressiers). Les personnes rencontrées lors des visites étaient également des représentants de l'employeur et des membres du comité de santé et de sécurité des imprimeries.
- Réunion, à la fin de la visite, pour poser les dernières questions et valider l'arbre évoluant d'une visite à l'autre.

Au cours de ces visites, notre cueillette de données s'est effectuée notamment lors de la démonstration, au moyen de photos, de vidéos et de questionnaires. Deux imprimeries n'ont pas accepté la prise de photos et de vidéos. Les questionnaires ont permis d'obtenir des réponses par rapport aux interrogations de l'équipe sur des points précis de l'arbre de défaillance, sur le fonctionnement de la machine, sur le système de commande et la fonction « *safe* », ainsi que sur les difficultés rencontrées par les opérateurs interviewés dans le cadre de leur travail sur les presses. Lors des visites, les échanges avec les travailleurs ont permis de compléter l'arbre de défaillance et d'en valider certaines parties. Les questionnaires ont été bonifiés de visite en visite en profitant du retour d'expérience de l'équipe de recherche.

4.2 Informations recueillies lors des visites

L'information est présentée dans l'ordre suivant :

1. Description des zones dangereuses;
2. Les commandes de mise en mouvement de la presse;
3. Les moyens de réduction du risque (ordonnés selon la norme ISO 12100 :2010);
4. L'organisation du travail;
5. Les observations relevées.

4.2.1 Zones dangereuses et tâches correspondantes

Quoique le but de l'étude fût de se focaliser sur les angles rentrants, l'équipe de recherche a aussi répertorié les autres zones dangereuses présentes sur les presses à imprimer. Ces informations (description de la zone dangereuse, tâches pouvant nécessiter un accès à la zone dangereuse, dommage possible) sont résumées dans les tableaux suivants (Tableau 7 à Tableau 11).

Tableau 7 : Phénomènes dangereux – Rouleaux ou cylindres en rotation formant un angle rentrant



Description de la zone dangereuse : angle rentrant formé par :	Tâches ou autre motif au cours desquels l'accès au phénomène dangereux est possible	Dommages ⁹
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rouleaux encreurs, ▪ Cylindre porte-plaque et cylindre porte-blanchet ▪ Cylindre d'environ 1 pouce de diamètre contribuant au guidage de la plaque autour du rouleau porte-plaque ▪ Cylindre porte-blanchet et cylindre de pression (cet angle rentrant est présent quand les rouleaux tournent en marche-arrière ; une barre sensible se loge automatiquement dans la zone d'entraînement lors de l'ouverture du plancher) ▪ Cylindre de pression et cylindre de transfert (sous le plancher de certaines presses à feuilles) ▪ Les 2 cylindres de transfert (sous le plancher, lors de la rotation en marche arrière dans certaines presses à feuilles) ▪ Certains rouleaux (p. ex. : rouleaux mouilleurs) et le châssis de la presse ▪ Rouleaux au niveau du plieur ▪ Rouleaux du convoyeur de sortie d'une presse rotative 	Nettoyage et lavage des rouleaux et des blanchets Insertion et retrait de plaque Insertion et retrait de blanchet Enfilage du papier (presses rotatives) Enlèvement de saletés sur un rouleau pour ne pas altérer la qualité de l'impression Étalage de l'encre sur les rouleaux encreurs avec la spatule Déblocage du papier coincé, entassé ou déchiré Maintenance préventive (p. ex. lubrification, changement d'eau dans le système d'eau intervenant lors de l'impression) Maintenance corrective (p. ex. Interventions pour solutionner des pannes)	Écrasement 

Tableau 8 : Phénomènes dangereux - Lame coupante

Description de la zone dangereuse	Tâches ou autre motif au cours desquels l'accès au phénomène dangereux est possible	Dommages
À la sortie du plieur (presses rotatives)	Prise des feuilles imprimées pour en évaluer la qualité d'impression	Coupure 

⁹ Les symboles sont tirés des normes ISO 3864 [35] et ANSI Z535-3 [5].

Tableau 9 : Phénomènes dangereux - Rapprochement d'un élément en mouvement avec une pièce fixe


Description de la zone dangereuse	Tâches ou autre motif au cours desquels l'accès au phénomène dangereux est possible	Dommages
<p>Barres de <i>gripper</i> se déplaçant (p. ex. à vitesse de production) dans l'enceinte partiellement fermée où s'empilent les feuilles imprimées</p> <p>Plateforme mobile à l'entrée et à la sortie des feuilles</p>	<p>Prise des feuilles imprimées pour en évaluer la qualité d'impression</p> <p>Insertion automatique des feuilles par les ventouses (ou « suces »)</p> <p>Cueillette des feuilles (presses à feuilles)</p>	<p>Coincement</p> <p>Écrasement</p> <p>Coup</p> 

Tableau 10 : Phénomènes dangereux - Gravité terrestre (chute de hauteur d'un travailleur)

Description de la zone dangereuse	Tâches ou autre motif au cours desquels l'accès au phénomène dangereux est possible	Dommages
<p>Niveau supérieur d'une presse rotative</p>	<p>Enfilage du papier (presses rotatives) notamment</p> <p>Enlèvement de saletés sur un rouleau pour ne pas altérer la qualité de l'impression</p> <p>Déblocage du papier coincé, entassé ou déchiré</p> <p>Maintenance</p>	<p>Fracture</p> <p>Ecchymose</p>

Tableau 11 : Phénomènes dangereux - Gravité terrestre (chute de même niveau d'un travailleur)

Description de la zone dangereuse	Tâches ou autre motif au cours desquels l'accès au phénomène dangereux est possible	Dommages
<p>Surfaces irrégulières</p>	<p>Déplacement du travailleur sur cette surface</p>	<p>Fracture</p> <p>Ecchymose</p>

Cependant, l'arbre de défaillance ne porte que sur la zone dangereuse : zone de rétrécissement créée par un angle rentrant. L'accès aux angles rentrants est possible si le travailleur s'y rend volontairement ou involontairement (cf. sous-grappes « B » et « C » de l'AdD final, Annexe 3.2 et Annexe 3.3).

Au départ, nous comptions étudier les risques d'écrasement dans un angle rentrant lors de l'alimentation en papier sur les presses à feuilles et rotatives. Cependant, les visites nous ont

permis de constater qu'un tel risque n'existe que pour les presses rotatives, car l'insertion du papier sur une presse à feuilles est automatique et est réalisée par des ventouses. Par contre, pour les presses à feuilles, le mécanisme de transfert des feuilles d'une unité à l'autre peut être considéré comme une zone dangereuse. Ce mécanisme¹⁰ est souvent non accessible en production, mais le devient lors d'interventions de maintenance.

Le réglage des paramètres de fonctionnement d'une presse ne nécessite pas l'accès à une zone dangereuse. Il s'effectue sur un panneau de commande situé à l'extérieur de la zone dangereuse. En fonction de la taille de la presse, la personne qui commande la presse peut ne pas voir les autres travailleurs qui accèdent à la machine. Des miroirs sont souvent placés près du panneau de commande pour améliorer la vue sur la presse, mais des zones non visibles demeurent.

4.2.2 Mise en mouvement de la machine

La mise en mouvement de la machine peut se faire à vitesse lente (vitesse réduite), à vitesse de production ainsi qu'à une vitesse de mise en train, dont la rapidité est comprise entre les deux vitesses précédentes.

4.2.2.1 Vitesse lente et commandes de la vitesse

La vitesse lente peut avoisiner 276 impressions (ou révolutions complètes du blanchet) par heure. Généralement, la vitesse lente est commandée localement (sur chaque unité) au moyen d'un ou de deux panneaux de commande locaux. Pour ce faire, le système de commande de la plupart des machines nécessite une première activation locale du panneau de commande via une fonction appelé *safe*¹¹, afin de rendre inopérants tous les autres modes de commande¹², puis l'activation de la vitesse lente par l'un des trois modes de commande suivants : action maintenue, marche par à-coups ou vitesse lente continue (Tableau 12). Les deux premiers modes de commande sont définis dans la norme ISO 12100-2 :2003 [31]. Les définitions données dans la norme CSA Z432-2004 [9] sont équivalentes, tant en français qu'en anglais.

La commande « action maintenue » est celle qui ordonne la rotation des rouleaux et cylindres de la presse tant que l'organe de commande est actionné (maintenu). La commande « par à-coups » est la commande qui ordonne la rotation d'une fraction de tour prédéterminée des rouleaux et cylindres, suite à l'actionnement non nécessairement maintenu¹³ de l'organe de commande. Sur toutes les presses sauf une, ces deux modes de commande sont activés en appuyant d'une seule main sur un bouton¹⁴, ce qui laisse l'autre main de l'opérateur libre. Les deux premiers modes de commande, « action maintenue » ou « par-à-coups » permettent aux cylindres de tourner dans les deux sens, avant ou arrière. Dans le cas d'une rotation arrière, les angles sortants qui ne sont

¹⁰ Généralement des cylindres de transfert, mais il peut aussi prendre la forme d'un prisme de transfert.

¹¹ Cette fonction de sécurité est définie à la section 4.2.3.4.

¹² Point 1 de l'article 186 du RSST.

¹³ Ici, le mode de commande utilisé dans le secteur de l'imprimerie diffère légèrement des prescriptions de la norme ISO 12100-2.

¹⁴ Une seule presse nécessite l'utilisation d'une commande bimanuelle.

généralement pas protégés deviennent des angles rentrants. Ils doivent donc être considérés comme de nouvelles zones dangereuses.

Tableau 12 : Modes normalisés de la commande de la vitesse lente

Mode de commande	Version anglaise	Abréviation correspondante utilisée dans le texte
Dispositif de commande nécessitant une action maintenue (ISO 12100-2:2003, 3.26.3) : dispositif de commande qui met et maintient en marche une ou plusieurs fonctions dangereuses d'une machine seulement lorsque l'organe de service est actionné	Hold-to-run control device	Action maintenue
Dispositif de commande de marche par à-coups (ISO 12100-2:2003, 3.26.9) : dispositif de commande dont chaque actionnement ne permet d'obtenir, par l'intermédiaire du système de commande, qu'un déplacement limité d'un élément de machine	Limited movement control device	par à-coups
Vitesse lente continue en mode de commande à action non maintenue	crawl	vitesse lente continue

Cependant, sur certaines presses à feuilles, le dernier mode de commande (vitesse lente continue) n'exige pas l'activation du *safe* pour être actionné. Généralement, le mode vitesse lente continue ne fait tourner les cylindres que dans un seul sens : sens avant (sens dans lequel tournent les cylindres en vitesse de production).

4.2.2.2 Action maintenue, par à-coups, jog et inch

Les différentes visites dans les imprimeries font ressortir la grande confusion qui entoure l'utilisation de ces deux premiers modes de commande, tant en langue française qu'en langue anglaise. En effet, au cours des visites, l'équipe s'est rendu compte que la signification des termes en anglais (termes *jog* et *inch* plus utilisés que les termes en français) variait d'une imprimerie à l'autre, tandis que la signification des termes en français variait moins. Par exemple, pour certains pressiers, les termes *jog* et *inch* étaient synonymes, pour d'autres, ces termes étaient différents. Cependant, aucun pressier n'utilise les termes normalisés.

Cette confusion se retrouve aussi dans d'autres sources telles que « Le petit Gutenberg », « Le grand Dictionnaire terminologique », le « Harrap's shorter » ou un document du HSC¹⁵ (Tableau 13). Le petit Gutenberg¹⁶, un recueil du vocabulaire de l'imprimerie réalisé par le comité sectoriel de main-d'œuvre des communications graphiques du Québec, indique :

- *Par à-coups (Jog) : Action qui consiste à faire avancer ou à faire rouler les équipements de presses et de finition-reliure selon le désir de l'opérateur afin de faire les ajustements de la mise en train ou de faire une vérification.*

¹⁵ Joint Standing Committee for the Wool Textile Industry, Safety in early processes (page 1), Health and Safety Commission, London, 1990.

¹⁶ Le petit Gutenberg, vocabulaire de l'imprimerie, Comité sectoriel de main-d'œuvre des communications graphiques du Québec, Montréal, 2007.

Il n'y a donc aucune référence ni au fait que le mouvement est limité, ni que l'action sur le bouton doit être maintenue, ce qui se traduit par deux cases vides dans le Tableau 13.

Pour sa part, le grand dictionnaire terminologique¹⁷ donne deux définitions de « à-coups » avec une traduction différente :

- *bouton d'avance par à-coups (synonyme(s) bouton d'avance par impulsions) – secteur imprimerie : Équivalent(s) en anglais - inch pushbutton ;*
- *bouton À-coup – chemin de fer : Bouton qui met en branle un mécanisme faisant avancer (ou reculer) une locomotive, un wagon par à-coup, lors de manœuvres, Équivalent(s) en anglais jog button.*

Le dictionnaire anglais-français « Harrap's shorter » donne les sens suivants pour les mots *jog* et *inch* :

- *jog : vt (push) pousser (d'un coup sec), (shake) secouer*
- *inch along, inch forward : vi avancer tout doucement, vtsep (sth) faire avancer tout doucement*

Finalement, le document « Safety in early processes » du HSC indique dans le premier chapitre relatif aux principes généraux de sécurité des machines que *Inching* correspond à un mouvement limité, en opposition à *jog* ou *crawl* qui permettent le mouvement de la machine aussi longtemps que l'on appuie sur le bouton de marche.

Tableau 13 : Utilisation des termes *jog* et *inch* selon les sources

Mode de commande	Le Petit Gutenberg	Grand dictionnaire terminologique	Harrap's shorter	Safety in early processes
Dispositif de commande nécessitant une action maintenue			<i>Inch</i>	<i>Jog ou Crawl</i>
Dispositif de commande de marche par à-coups		<i>Inch</i> (imprimerie) <i>Jog</i> (ferroviaire)	<i>Jog</i>	<i>Inch</i>

Il ressort donc que la variation d'interprétation des deux premiers modes de commande (*jog* et *inch*) dans le secteur de l'imprimerie est très grande et que les mêmes termes vont avoir un sens différent selon les entreprises. Cependant, au sein d'une même entreprise, le sens de ces deux termes était le même. Le seul terme qui avait le même sens dans toutes les entreprises est le terme *crawl*. Pour une meilleure compréhension et pour éviter toute confusion, nous utiliserons donc la terminologie du Tableau 12 dans la suite du rapport.

L'activation de la vitesse lente est seulement possible à partir d'un panneau de commande local pour chaque unité d'impression. Sur les grandes presses à feuilles observées, deux panneaux étaient présents par unité (un principal et un secondaire), tandis que pour les presses rotatives (grandes comme petites) il n'y avait qu'un seul panneau par unité. La présence de deux panneaux de commande par unité présente des avantages, mais aussi des inconvénients :

¹⁷ Le grand dictionnaire terminologique : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>, visité en février 2010.

- **Avantage :**
 - Lorsque l'opérateur travaille seul sur son unité, il a accès à deux panneaux, l'un à droite et l'autre à gauche de la zone de travail. Cela lui facilite la tâche en lui évitant d'aller obligatoirement sur le même côté de l'unité pour activer la commande. Cependant, le panneau principal a plus de fonction que le panneau secondaire (par exemple, la vitesse lente continue n'est souvent présente que sur le panneau principal) ;
 - Lorsque deux opérateurs travaillent ensemble, l'un peut se concentrer sur l'intervention près ou dans l'angle rentrant, tandis que l'autre peut commander la machine ;
 - Les deux opérateurs ont directement accès à un bouton d'arrêt ou un bouton d'arrêt d'urgence.
- **Inconvénient :**
 - Lorsque deux opérateurs travaillent ensemble, il est possible que l'un des deux commande la mise en marche de la machine, même en vitesse lente, alors que le second travaille dans l'angle rentrant. Ceci peut résulter d'une erreur de communication ou d'une erreur humaine. Il est aussi possible que le travailleur proche du panneau principal désactive le *safe*, laissant alors le contrôle à une autre personne qui peut alors démarrer la presse en mode normal.

Les opérateurs rencontrés lors des visites ont indiqué que la vitesse lente, quel que soit le mode de commande (action maintenue ou non), est généralement utilisée pour les interventions près ou dans les angles rentrants telles que :

- maintenance préventive ou corrective,
- insertion et retrait des plaques ou des blanchets,
- nettoyage et lavage des rouleaux et des blanchets,
- enfilage du papier (sur les rotatives).

Sur certaines presses, la vitesse lente est fixe et dépend du fabricant de la presse. Sur d'autres presses, la vitesse lente est ajustable via le panneau de commande principal de la machine. Pour une presse en particulier, cette modification de la vitesse lente peut être réalisée à partir du panneau de commande principal de la machine lorsque la machine fonctionne en vitesse lente continue. L'accélération inattendue de la vitesse peut alors être un facteur d'accident car l'opérateur qui a commandé la vitesse lente non maintenue depuis l'unité peut ne pas être informé de la variation subite de la vitesse lente.

4.2.2.3 Vitesse de production et mise en train

La vitesse de production peut avoisiner 4000 à 8000 impressions (ou révolutions complètes) par heure. Une autre vitesse, la vitesse de mise en train, peut avoisiner 2500 à 3500 impressions par heure. Cette dernière est utilisée pour faire les réglages de la presse avant de lancer la production ou entre deux productions si l'on ne veut pas arrêter totalement la machine.

Généralement, une presse récente et protégée ne peut démarrer en vitesse de production que si tous ses protecteurs sont fermés et que tous les *safe* sont désactivés. L'activation de cette vitesse est possible seulement à partir du panneau de commande principal de la presse.

4.2.3 Moyens de réduction du risque

Différents moyens de réduction du risque sont utilisés sur les presses à imprimer pour réduire l'accès à la zone dangereuse. Il peut s'agir de protecteurs fixes (ex. : protecteurs d'angles rentrants), de protecteurs mobiles généralement verrouillés ou de barre sensible (Figure 2). Nous incluons aussi dans cette section l'arrêt d'urgence. Cependant, de nombreuses presses, surtout les plus anciennes, disposent de peu de moyens de réduction du risque ce qui a pour effet de laisser de nombreux accès aux différentes zones dangereuses. Ceci a été constaté lors des différentes visites.


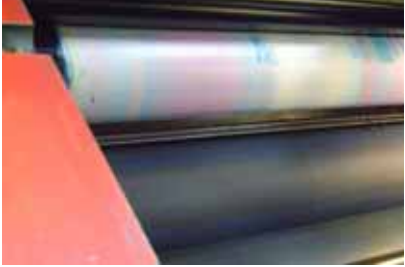

		
Protecteur mobile verrouillé empêchant l'accès aux cylindres porte-plaque et porte-blanchet	Protecteur d'angle rentrant (entre les deux cylindres) empêchant l'accès à la zone de rétrécissement entre les cylindres	Barre sensible (en rouge) protégeant l'accès à la zone de rétrécissement entre les cylindres

Figure 2 : Moyens de protection contre les angles rentrants

4.2.3.1 Protecteurs fixes

Les presses qui ont été observées étaient munies de protecteurs fixes, c'est-à-dire de protecteurs qui ne pouvaient être enlevés qu'avec des outils. Cependant, sur la presse de la visite #4, certains protecteurs fixes n'étaient pas en place. De plus, sur certaines machines, les éléments de liaison (boulons) n'étaient pas complètement vissés, a priori afin de pouvoir être enlevés plus rapidement et peut-être même sans l'aide d'un outil. Plus les presses étaient récentes, plus les protecteurs semblaient respecter les exigences de sécurité (fabrication des protecteurs, dimensions des ouvertures, positionnement par rapport à la zone de danger, etc.) qui sont détaillées dans les normes telles que ISO 14120 et ISO 13857.

4.2.3.2 Protecteurs d'angles rentrants

De même, les presses étaient souvent munies de protecteurs fixes d'angles rentrants [20]. Par exemple, la grande presse rotative observée lors de la visite #7 possédait des protecteurs d'angles rentrants entre les cylindres porte-plaque et porte-blanchet. Cependant, et cela est identique aux

protecteurs fixes précédents, le retrait d'un protecteur fixe d'angle rentrant n'empêche pas à la presse de fonctionner.

Lors des visites, tous les angles rentrants n'étaient pas toujours protégés de façon efficace car les protecteurs d'angles rentrants n'étaient pas installés conformément aux distances prescrites [20]. Sur certaines presses, nous avons aussi observé des cylindres escamotables au niveau des rouleaux encres. L'objectif du cylindre escamotable est de se déplacer sous l'effet d'un effort généré par une partie du corps humain entraîné dans l'angle rentrant, annulant du même coup les effets néfastes de l'angle rentrant [20]. La force maximale nécessaire pour que le cylindre s'escamote doit être inférieure à 110N, afin qu'il puisse jouer son rôle protecteur.

4.2.3.3 Protecteurs mobiles

La majorité des presses à imprimer modernes est maintenant munie de protecteurs mobiles à verrouillage ou interverrouillage¹⁸. De ce fait, pour les protecteurs à verrouillage, dès que le protecteur est déplacé, la machine est mise à l'arrêt automatiquement. Ensuite, selon les caractéristiques de la machine, il peut être possible de faire fonctionner la presse à vitesse réduite, ce qui va être détaillé dans la section suivante. C'est dans cette situation que l'accès à un angle rentrant alors non protégé devient possible.

Les presses rotatives observées lors des visites #4 et #7 étaient équipées de protecteurs mobiles interverrouillés au niveau de leur plieur. Cependant, pour une de ces deux presses, le protecteur à interverrouillage utilisait une temporisation (de 5 secondes) pour autoriser l'accès à la zone dangereuse. Le hic est qu'au bout de 5 secondes, le phénomène dangereux n'avait pas disparu... il aurait été plus opportun et plus sécuritaire dans ce cas de détecter la non-rotation des lames rotatives comme condition d'ouverture du protecteur interverrouillé.

Des protecteurs mobiles, essentiellement des protecteurs à verrouillage, empêchant l'accès aux angles rentrants ont été repérés dans les zones suivantes :

- Devant les cylindres porte-plaque, porte-blanchet, de pression, de transfert (les cylindres de transfert sont présents dans le plancher de toutes les grandes presses à feuilles visitées) ;
- Devant les rouleaux encres ;
- Au-dessus des rouleaux encres.

Sur les presses à feuilles observées lors des visites, lorsqu'un protecteur mobile d'une unité est ouvert, un voyant lumineux du panneau de commande principal témoigne de cette situation et la mise en marche de la machine depuis le panneau principal n'est plus autorisée. Ceci remplit donc les conditions #1 et #2 de l'article 175 du RSST ou la condition #2 de l'article 176 du RSST. L'ouverture de la majorité des protecteurs à verrouillage ordonne l'arrêt immédiat de la machine, même en vitesse de production¹⁹. Cependant, cette situation idéale n'est pas présente sur l'ensemble des machines. En effet, sur la majorité des presses à feuilles et des presses rotatives observées, les rouleaux encres situés au-dessus de chaque unité étaient protégés par un

¹⁸ Au sens des normes EN ou ISO [20].

¹⁹ La fiabilité de tous les systèmes destinés à arrêter ou à maintenir l'arrêt est nécessaire afin d'assurer la sécurité des intervenants sur les machines, d'où la responsabilité des intégrateurs et des concepteurs de ces machines [26].

protecteur mobile sans dispositif de sécurité. De fait, l'ouverture du protecteur ne provoquait pas l'arrêt de la machine. Une seule presse, celle de la visite #4, était équipée d'un protecteur mobile verrouillé devant les rouleaux encres, protecteur qui respectait les trois conditions de l'article 175.

Une autre presse, celle de la visite #7, possédait aussi quelques défauts au niveau des protecteurs mobiles. Tous les protecteurs mobiles de cette presse n'étaient pas nécessairement instrumentés, ce qui permettait de faire fonctionner la machine avec les protecteurs ouverts ou fermés. Enfin, un des protecteurs mobiles de la petite presse à feuilles observée lors de la visite #6 était contourné. L'interrupteur du protecteur était maintenu enfoncé avec une bande adhésive pour simuler la fermeture du protecteur et permettre ainsi, en tout temps, le fonctionnement de la machine, que le protecteur soit effectivement fermé ou qu'il soit ouvert, rendant ainsi possible l'accès aux zones dangereuses initialement protégées.

4.2.3.4 Fonction *safe* associée aux protecteurs mobiles

La fonction *safe* est un mode de commande de la machine associé à certaines tâches qui nécessitent de mettre en marche toute la machine ou seulement une partie. Dans ce cas, le fonctionnement de la machine n'est autorisé qu'en vitesse lente, ce qui va dans le sens de l'article 186 du RSST ou dans le sens de la section 4.11.9 de la norme ISO 12100-2 :2003 [31]. Ce mode de commande n'a été repéré que sur les grandes presses à feuilles visitées et sur la grande presse rotative lors de la visite de familiarisation. Ceci correspond à des machines à plusieurs unités, quatre ou cinq, où il est impossible, du poste de commande principal ou du poste de commande secondaire, de voir l'ensemble de la machine et surtout les différentes zones entre les unités d'impression.

L'aspect physique des boutons *safe* observés variait selon les presses (Figure 3). De façon générale, le bouton de ce mode de commande ne ressortait pas de façon évidente sur les panneaux de commande locale. Il en était de même de son activation. Le mode de commande *safe* ne peut être actionné que si la presse est déjà à l'arrêt et qu'un dispositif de protection a été activé ou que certains protecteurs ont été déplacés. Le mode de commande *safe* n'est donc pas activable lorsque la presse est en arrêt normal et n'est pas applicable dans toutes les situations de travail²⁰. L'activation du mode de commande *safe* est généralement signalée sur le panneau de commande principal de la presse par un voyant lumineux. Une fois ce mode de commande activé localement sur une unité, tous les autres modes de commande doivent être inopérants et seule la vitesse lente est fonctionnelle. La vitesse de production est donc non atteignable dans ce mode.

²⁰ C'est le concepteur de la machine qui décide si l'ouverture d'un protecteur peut servir de condition pour ensuite permettre d'actionner le mode de commande *safe*.

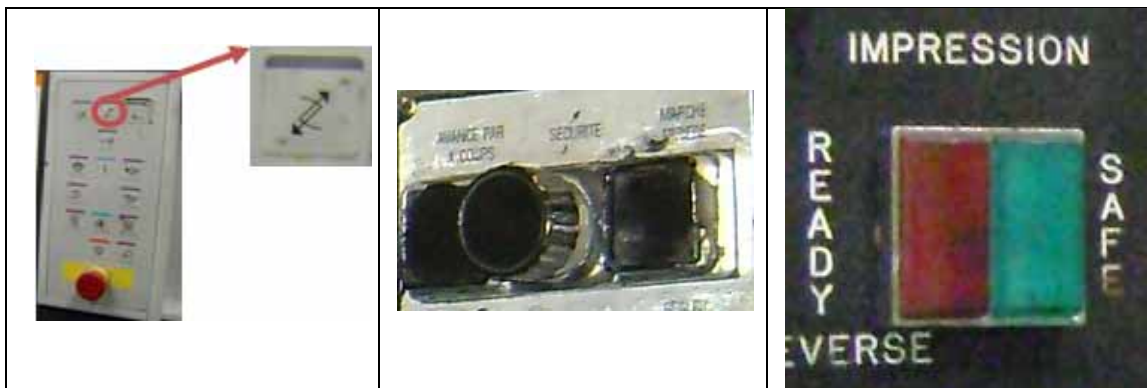


Figure 3 : Aspect du bouton de commande du mode *safe*.

Les conditions de l'article 186 du RSST sont généralement toutes suivies sauf pour le *crawl* (vitesse lente continue). En effet, dans ce cas-là, le maintien de la commande n'est pas nécessaire, donc toutes les conditions ne sont pas respectées. Enfin, il reste une autre petite zone de flou : dans le cas d'une commande par à-coups, est-ce que le maintien de la commande est nécessaire ? L'équipe de recherche ne peut répondre à cette question, car cette situation n'a pas été testée lors des visites. Enfin, il reste que l'opérateur qui travaille près de l'angle rentrant maintenant non protégé est en situation dangereuse même si la presse fonctionne à vitesse lente. La sécurité de ces machines pourrait donc être améliorée moyennant l'utilisation d'un protecteur d'angle rentrant ou d'un dispositif de protection d'angle rentrant, tel une barre sensible. Ces deux derniers moyens de protection assureraient la sécurité de l'opérateur par rapport au risque d'écrasement dans un angle rentrant, lorsque le protecteur mobile verrouillé est ouvert.

Sur les grandes presses à feuilles visitées, le mode de commande *safe* est présent sur chaque unité. Les commandes de vitesse lente locales ne peuvent être activées qu'à partir de l'unité où le *safe* a déjà été activé. Si on désactive le *safe* alors que la presse fonctionne en vitesse lente, la presse s'arrête. De même, si un protecteur sur une autre unité est déplacé, la machine s'arrête.

Sur la grande presse rotative, lors de la visite de familiarisation, et contrairement aux grandes presses à feuilles, une fois le mode de commande *safe* activé, la mise en marche en vitesse lente est autorisée à partir d'une poignée de commande à trois positions (arrêt, marche, arrêt d'urgence). Ce dispositif de commande à trois positions est usuellement utilisé en robotique. Il faut maintenir une légère pression sur la poignée pour rester dans la position intermédiaire qui autorise la mise en marche. Dès que l'on relâche ou resserre la poignée, ceci active l'arrêt normal (relâchement) ou l'arrêt d'urgence (serrage). Cependant, après l'activation de l'arrêt d'urgence, il est nécessaire de réenclencher la machine.

Quant à la petite presse à feuilles de la visite #6, elle est la seule presse à feuilles visitée à ne pas posséder de mode de commande *safe*. Cependant, un bouton d'arrêt simple du système mécanique est présent. Une fois le mécanisme arrêté par ce bouton, la presse est bridée de manière à permettre la mise en mouvement de la machine, mais à vitesse lente uniquement. La vitesse lente sur cette petite presse à feuilles n'est permise qu'en mode à action maintenue, par l'appui de l'un des deux boutons prévus à cet effet : un pour la marche avant, l'autre pour la marche arrière. Compte tenu de la taille de la machine, l'opérateur a le contrôle total sur toutes les zones dangereuses de la machine depuis l'unique poste de commande.

Cette notion de mode de commande *safe* nous amène à parler de dépendance et d'indépendance entre les unités d'impression, tant au niveau de la puissance motrice qu'au niveau de la commande. En effet, toutes les presses visitées, sauf la petite presse rotative de la visite #3, ont des unités d'impression dépendantes mécaniquement. Ceci veut dire qu'un ou deux moteurs principaux entraînent mécaniquement toutes les unités, et qu'il n'est pas possible physiquement de ne faire tourner qu'une seule unité en laissant les autres à l'arrêt. Cependant, selon la configuration de la presse, il peut être possible de désembrayer mécaniquement les unités lorsque la presse est à l'arrêt. Mais cette possibilité est principalement réservée pour arrêter une seule unité alors que les autres fonctionnent plutôt que l'inverse (toutes les unités sauf une sont arrêtées). De fait, si une unité est mise en marche à vitesse réduite, les autres unités le seront aussi.

Pour ce qui est de la dépendance au niveau de la commande, une lacune concernant la sécurité a été observée lors des visites de presses à feuilles non récentes. Il n'existe pas d'indicateur local sur les unités d'activation du *safe*. Ceci veut dire que si deux travailleurs sur deux unités différentes enclenchent le mode de commande *safe* en même temps, seul le travailleur qui aura enclenché le *safe* le premier sera protégé, le second n'ayant pas la priorité de commande. Dans le cas des presses récentes, si un protecteur est ouvert sur une autre unité, la presse s'arrête, ce qui est sécuritaire. Pour les presses plus anciennes et moins protégées, cette situation est plus critique car des zones dangereuses sont accessibles et le second travailleur est alors en situation dangereuse. Dans ce cas, seul le premier opérateur aura le contrôle de sa zone de travail car la mise en mouvement de la presse ne peut être ordonnée par des commandes externes à cette unité.

Une seule presse ressortait de ce schéma. En effet, pour la petite presse rotative de la visite #3, aucun lien mécanique n'existe entre les unités car elles sont toutes entraînées par un servomoteur dédié à chaque unité. La seule dépendance des unités entre elles est celle de la commande qui est centralisée. Cependant, lors de l'ouverture d'un protecteur mobile d'une unité, les unités deviennent indépendantes l'une de l'autre pour ce qui est de la commande. Cela permet d'assurer la sécurité des travailleurs opérant simultanément sur des unités différentes, car chacun a le contrôle sur l'activation en vitesse lente de son unité (seul mode activable lors de l'ouverture d'un protecteur).

4.2.3.5 Barre sensibles

La barre sensible est un dispositif de sécurité qui ordonne l'arrêt de la presse lorsqu'une pression y est exercée. Ce dispositif est mentionné dans de nombreuses normes du secteur de l'imprimerie [12]. Lors des visites, des barres sensibles ont été essentiellement repérées sur les grandes presses à feuilles dans les angles rentrants créés par :

- La zone de rétrécissement entre les cylindres porte-plaque et porte-blanchet ;
- La zone de rétrécissement entre les cylindres porte-blanchet et de pression.

L'utilisation des barres sensibles variait d'une presse à l'autre. C'est un dispositif qui est moins utilisé que les protecteurs mobiles. Une barre sensible bien positionnée dans l'angle rentrant permet d'empêcher l'écrasement d'une partie du corps du travailleur lors de tâches telles que l'insertion et le retrait de blanchet ou de plaque, où le travailleur intervient sur les rouleaux, très proche de la zone de rétrécissement de l'angle rentrant. Par ailleurs, ces barres sensibles peuvent aussi protéger un angle sortant qui n'est alors pas protégé par un protecteur fixe ou mobile.

L'arrêt est ordonné par la barre subissant une pression, seulement si la machine est actionnée en marche arrière, car l'angle sortant devient alors un angle rentrant.

Cependant, pour être efficaces, elles doivent être bien positionnées, ce qui ne semblait pas toujours être le cas. Sur l'une des presses, l'espace disponible entre la barre sensible et le rouleau était assez grand pour que les doigts puissent commencer à accéder à l'angle rentrant sans toucher la barre.

4.2.3.6 Arrêt d'urgence

L'arrêt d'urgence doit permettre d'éviter des situations dangereuses qui risquent de se produire de façon imminente. L'arrêt du processus dangereux doit se faire le plus rapidement possible sans créer d'autres dangers et en mettant en place un mouvement de sauvegarde [27, 31]. Le RSST mentionne à l'article 192 que « *toute machine dont le fonctionnement nécessite la présence d'au moins un travailleur doit être pourvue d'un dispositif d'arrêt d'urgence. [...].* ».

Toutes les presses observées, sauf une, disposaient d'arrêt d'urgence. La seule presse qui ne disposait pas d'un arrêt d'urgence était la petite presse à feuilles observée lors de la visite #6 (elle n'était équipée que de boutons d'arrêt simple). Sur les huit presses visitées, seule la petite presse rotative observée lors de la visite #3 possédait un câble sous tension comme organe d'arrêt d'urgence. Ce câble de couleur rouge longeait la base de la presse et était facilement accessible.

Les presses équipées de boutons d'arrêt d'urgence, donc six sur huit, comportaient au minimum un bouton d'arrêt d'urgence à chacune de ses unités. Sept presses sur huit comprenaient aussi un bouton d'arrêt d'urgence, de modèle champignon sur fond jaune, localisé sur le panneau de commande principal.

Les boutons d'arrêt d'urgence étaient essentiellement localisés à proximité des rouleaux et cylindres de chaque unité, près du plieur et sur le panneau de commande principal. Malgré la disponibilité des boutons d'arrêt d'urgence sur chaque unité, il peut être difficile pour l'opérateur, voire impossible, d'atteindre le bouton selon sa position de travail et la taille de l'unité. Cette situation a été observée principalement sur les grandes presses rotatives ou à feuilles.

Des opérateurs rencontrés qui travaillaient sur une grande presse rotative ont mentionné à l'équipe de recherche que les procédures d'opérations de l'entreprise nécessitent d'utiliser le bouton d'arrêt d'urgence comme moyen de sécurisation de leurs tâches. En effet, une fois l'arrêt d'urgence actionné, le fonctionnement de la presse devient impossible, que ce soit depuis une autre unité ou depuis le panneau de commande principal. Cependant, pour minimiser les pertes de temps, ils préfèrent se fier à la coordination verbale entre opérateurs plutôt que d'activer le bouton d'arrêt d'urgence avant chaque intervention dans une zone dangereuse, tout en sachant que cette pratique rend possible un démarrage inopiné de la presse²¹. Dans ce cas, la sécurité

²¹ Un autre opérateur peut activer soit la vitesse lente en mode de commande à action maintenue à partir de son unité, soit la vitesse lente continue à partir de son unité, soit la vitesse de production à partir du panneau de commande principal.

repose seulement sur la communication verbale entre les opérateurs, car il leur est impossible de se voir compte tenu de la taille et de la disposition des différentes unités.

4.2.3.7 Signal sonore

Toutes les presses observées à l'exception d'une (une petite) possèdent un signal sonore qui avertit les opérateurs de la mise en marche imminente de la machine [12]. Ce signal sonore se déclenche avant chaque démarrage de la machine, et ce peu importe la vitesse commandée. Le démarrage survient à peine 1 seconde après la fin du signal sonore qui, lui-même, dure environ 2 à 3s. Lorsque plusieurs presses sont proches les unes des autres, l'utilisation d'un tel signal doit être bien pensée afin que les signaux sonores soient toujours perçus et distincts. Bien que cela ne soit pas mentionné dans la norme EN 1010-1 [12], il pourrait être pertinent d'utiliser le même principe lors de l'augmentation de la vitesse de la presse, par exemple lors du passage de la vitesse de mise en train à la vitesse de production.

4.2.3.8 Détection d'absence ou du guidage inadéquat du papier

Deux dispositifs améliorant la sécurité étaient disponibles seulement sur deux presses. L'un détectait l'absence de papier et l'autre son mauvais positionnement. Dans les autres cas, cette tâche incombait à l'opérateur de la presse.

Dans le premier cas, sur la grande presse rotative observée lors de la visite #4, des détecteurs de présence de papier sont installés à différents endroits. Ces détecteurs ordonnent automatiquement l'arrêt de la presse en cas d'absence de papier (casse ou fin de bobine). Cependant, l'inertie de certains rouleaux libres fait en sorte qu'un enroulement ou un bourrage de papier autour de ces éléments rotatifs est possible. Ceci nécessite ensuite l'intervention des opérateurs, en mode correctif, pour remettre le plus vite possible la presse en production, avec les risques associés, si les opérateurs oublient de se mettre en sécurité. De plus, l'inertie en rotation de certains rouleaux libres est telle que des risques de coincements dans des angles rentrants subsistent même lorsque la presse est à l'arrêt depuis plusieurs secondes.

Dans le second cas, sur la petite rotative observée lors de la visite #3, il est possible de détecter l'enfilage ou le guidage inadéquat du papier. Cette détection ordonne l'arrêt de la machine.

4.2.4 Organisation du travail : difficultés possibles

Au cours des différentes visites, l'équipe de recherche a identifié des facteurs d'ordre organisationnel qui peuvent influencer le déclenchement d'un événement dangereux puis la possibilité d'un dommage dans un angle rentrant. Ces différents événements dangereux sont :

- une communication et une coordination inadéquates entre les travailleurs ;
- un environnement de travail non favorable ;
- la possibilité d'être entraîné par les objets manipulés.

Lors des visites et des discussions, les pressiers ont confirmé l'existence de ces événements dangereux possibles.

4.2.4.1 Communication et coordination non adéquates

Quelques exemples de problème de communication ont été répertoriés lors des visites effectuées et au cours des discussions avec les pressiers rencontrés.

Le premier exemple est le manque d'uniformisation des termes utilisés dans l'imprimerie. Ceci a déjà été mentionné pour les termes « *jog* » et « *inch* » précédemment²², mais l'équipe de recherche s'est aussi aperçu que le terme « *safe* » était employé par certains pressiers pour désigner à la fois le bouton d'arrêt d'urgence et le mode de commande local permettant de prendre la main sur la machine²³. Dans les deux cas, la signification des termes attribués à ces modes variait d'une imprimerie à l'autre et était assez stable au sein d'une même entreprise. Cette confusion possible peut être à l'origine d'événements dangereux qui peuvent conduire à un accident dans un angle rentrant. Les pressiers rencontrés ont admis ce fait, mais ont convenu que l'élément le plus important était qu'ils se comprenaient tous lors de l'exécution des tâches.

Cependant, cette absence d'uniformisation des termes représente un risque, surtout lorsque vient le temps pour une équipe d'opérateurs, habitués à travailler ensemble, de coordonner leurs tâches avec de nouveaux travailleurs, du secteur de l'imprimerie ou non, ainsi qu'avec d'autres travailleurs externes à l'entreprise (sous-traitants pour certaines tâches de maintenance par exemple). En effet, dès que d'autres travailleurs externes à l'entreprise doivent travailler sur les presses avec les pressiers, le manque d'uniformisation des termes sera automatiquement source d'erreurs qui pourront ou non conduire à un dommage. Il serait donc opportun que le sens des différents termes utilisés soit clarifié.

En ce qui concerne la coordination, les pressiers rencontrés ont mentionné qu'il était possible que deux travailleurs opèrent simultanément sur la même unité ou que plusieurs travailleurs opèrent sur différentes unités simultanément. Dans les deux cas de figure, les travailleurs doivent se coordonner autour de « l'opérateur maître » (celui qui commande l'unité maîtresse), c'est-à-dire celle qui a la priorité de commande via le mode de commande *safe*, afin que « l'opérateur maître » sache quand démarrer ou arrêter la rotation de la presse. Lors de nos visites, ces situations ont été observées lors du nettoyage des blanchets, de l'insertion et du retrait des plaques, lors de l'enfilage du papier (insertion du papier sur les rotatives). Les pressiers rencontrés, notamment un pressier rencontré lors de la visite #4, ont mentionné qu'exécuter des tâches simultanément sur différentes unités n'est pas sécuritaire pour les opérateurs en raison de l'absence de contrôle par rapport aux décisions de « l'opérateur maître ». L'analyse qui peut en être faite est que la sécurité des opérateurs « non maîtres » dépend uniquement de la bonne communication entre eux et « l'opérateur maître », ainsi que des non-erreurs de ce dernier.

Finalement, une communication ou coordination non adéquate peut être à l'origine du fait qu'un opérateur soit surpris par une accélération de la machine.

²² Voir les sections 4.2.2.1 et 4.2.2.2.

²³ Voir la section 4.2.3.4.

4.2.4.2 Environnement de travail

Pour toutes les grandes presses rotatives ou à feuilles, la configuration physique des unités d'impression les unes par rapport aux autres ne facilite pas la communication visuelle et auditive, ainsi que la coordination des opérateurs travaillant simultanément sur des unités différentes. En effet, sur la majorité des grandes presses, l'opérateur ne peut voir ce qui se passe sur l'unité voisine, même s'il se tient debout face aux cylindres d'impressions. Il est donc obligé de se déplacer sur le côté des unités pour arriver à observer l'ensemble de la presse, mais son champ de vision reste restreint car les espaces entre les unités restent partiellement hors de vue. De plus, l'équipe de recherche a observé que lors de certaines visites, la luminosité ne semblait pas adéquate par rapport à la nature des tâches effectuées [3]. Ce manque de luminosité a été identifié récemment dans un rapport de la CSST comme une des causes d'un accident sur une presse à imprimer²⁴.

S'ajoutent à ce problème de visibilité le bruit ambiant, l'entretien des lieux de travail [1] ainsi que la configuration physique des grandes presses. Ces trois facteurs peuvent eux aussi contribuer en tant qu'événements déclencheurs d'un dommage par écrasement. Le bruit ambiant peut altérer la communication entre les travailleurs ou masquer la signalisation sonore qui indique le démarrage de la presse. Des planchers peu ou mal entretenus, donc glissants, peuvent engendrer une perte d'équilibre de l'opérateur lors de ses nombreux déplacements autour ou à l'intérieur de la presse. Enfin, pour les grandes presses, les écarts de niveau entre les différentes zones de la machine obligent l'opérateur à régulièrement utiliser les escaliers ou les marches. Tous ces éléments de l'environnement de travail ont des effets isolés, mais leurs effets conjoints ont plus d'impact : un sol glissant combiné à un manque de visibilité et une dénivellation engendrent un risque plus important de chute, d'où la possibilité plus grande d'accès involontaire à un angle rentrant.

4.2.4.3 Manipulation d'objets

Différents outils sont utilisés par les pressiers dans le cadre de leur travail. Il peut s'agir de spatules ou de guenilles, pour ne citer que certains d'entre eux. Un pressier rencontré lors de la visite #4 a mentionné qu'il lui arrivait d'échapper des outils (spatule pour étendre l'encre) dans ou près de l'angle rentrant créé par des rouleaux encres, alors que ceux-ci tournent. Essayer de récupérer immédiatement l'outil, par réflexe, tandis que la machine est en fonctionnement expose alors l'opérateur à ce que sa main soit entraînée dans l'angle rentrant. La solution mentionnée par le pressier est d'arrêter la machine avec l'arrêt d'urgence avant de retirer l'outil.

Une situation analogue, mentionnée lors de plusieurs visites, se retrouve lors du lavage manuel des rouleaux ou des blanchets. Dans ce cas, il est possible que le pressier échappe partiellement le tissu utilisé pour nettoyer (couramment appelé « guenille » par les opérateurs) dans l'angle rentrant alors que la machine est en mouvement. Dans le cas où le réflexe du pressier est de tirer sur le torchon pour empêcher son insertion complète dans l'angle rentrant, la main peut, elle aussi, être rapidement entraînée dans la zone dangereuse. La solution mentionnée est la même que dans le cas de la perte d'une spatule.

²⁴ Rapport d'enquête d'accident : accident grave survenu à un travailleur le 29 novembre 2006 à l'entreprise Québecor World inc., 8000, rue Blaise-Pascal à Montréal, section 4.1 « chronologie de l'accident ».

Même sans outil, la manipulation d'éléments de la presse (plaque d'impression ou revêtement des blanchets) peut, elle aussi, être source d'accès à un angle rentrant. Par exemple, lors de l'insertion d'une plaque (Figure 4) ou du revêtement d'un blanchet, il y a possibilité que la main de l'opérateur soit entraînée dans l'angle rentrant, si ce dernier n'est pas protégé adéquatement et qu'une erreur humaine survienne. En effet, lors de ces opérations et selon les machines, il peut être nécessaire que l'opérateur soutienne la plaque ou le blanchet pour guider précisément son enroulement autour du cylindre, ce qui nécessite un accès proche de l'angle rentrant.



Figure 4 : Insertion d'une plaque

4.2.5 Les opérations observées

Les observations lors des visites sur le terrain ont permis à l'équipe de recherche de comprendre comment les quatre opérations s'effectuent. Aussi, elles nous ont permis d'approfondir la compréhension du risque d'écrasement dans un angle rentrant auquel le pressier est confronté lors de son travail. Les quatre opérations sont décrites ci-après.

4.2.5.1 Changements des plaques et des blanchets

Pour les deux types de presses, le changement des plaques et le changement des blanchets constituent le même type d'opération. Il s'agit de desserrer les fixations de la plaque (ou du blanchet), de faire tourner les rouleaux pour la (ou le) retirer et ensuite de faire l'opération inverse pour insérer le nouvel élément. La séquence de base est la suivante :

- Arrêt de la presse
- Ouverture du protecteur mobile
- Rotation de la presse en vitesse lente (commande locale) pour rendre accessible la fixation
- Arrêt de la presse
- Desserrage de la fixation (plaque ou blanchet)
- Rotation de la presse en vitesse lente (arrière) pour sortir la plaque ou le blanchet
- Arrêt de la presse
- Desserrage de la seconde fixation de la plaque
- Fixation de la nouvelle plaque (rapide) ou du nouveau blanchet
- Rotation de la presse en vitesse lente pour enrouler la plaque ou le blanchet sur le cylindre
- Arrêt de la presse
- Serrage des fixations de la plaque ou du blanchet
- Fermeture du protecteur mobile

Les changements de plaques sont cependant nettement plus nombreux que les changements de blanchets car les plaques sont changées minimalement à chaque nouvelle production, alors que les blanchets sont changés après plusieurs milliers de copies. Selon l'âge et la marque de la presse utilisée, le changement de plaque peut être manuel, semi-automatisé ou automatisé. La

taille des plaques influe sur le nombre d'opérateurs nécessaires pour l'opération : le changement s'effectue seul pour les petites plaques et à deux pour les grandes plaques. Lors de l'insertion d'une plaque, il est souvent nécessaire pour l'opérateur d'appuyer légèrement sur celle-ci lorsqu'elle s'enroule autour du cylindre : c'est à ce moment que la ou les mains du pressier sont proches de l'angle rentrant, qui souvent n'est plus protégé (le protecteur mobile étant ouvert).

Le changement des blanchets nécessite souvent la présence de deux opérateurs à cause de leur souplesse. De plus, une opération supplémentaire est nécessaire pour les blanchets, car ils doivent être fixés solidement au cylindre à leurs deux extrémités : ceci implique donc un travail de serrage-desserrage des fixations avant et après la rotation du blanchet. De ce fait, la durée de l'opération est plus grande et le temps passé proche de l'angle rentrant l'est aussi.

4.2.5.2 Nettoyage et lavage des rouleaux et des blanchets

Le nettoyage et le lavage des rouleaux et des blanchets est nécessaire lors d'un changement de série pour éviter la contamination des différentes couleurs entre elles lors de l'impression. Le nettoyage peut aussi être requis au cours d'une même production pour préserver une bonne qualité d'impression. S'il n'est pas automatisé, le nettoyage est réalisé manuellement avec la « guenille ». Deux modes de nettoyage ont été identifiés lors de nos rencontres avec les pressiers : le nettoyage peut être réalisé avec les rouleaux et cylindres à l'arrêt ou en rotation.

Dans le premier cas, la portion de cylindre visible est nettoyée par le pressier, puis le cylindre est tourné d'une fraction de tour afin de rendre visible une nouvelle portion non nettoyée. Ce cycle est répété autant de fois que nécessaire pour nettoyer toute la circonférence du cylindre, ce qui rend l'opération longue. Le seul événement dangereux, qui peut entraîner un dommage à la main du pressier, est le démarrage inopiné de la rotation de la presse. Ceci peut se réaliser lorsque plusieurs unités sont nettoyées simultanément, car un seul pressier devient « l'opérateur maître » (cf. section 4.2.4.1.).

Dans le second cas, le nettoyage est effectué alors que le cylindre tourne à vitesse lente, ce qui rend l'opération plus rapide. Deux événements dangereux principaux sont alors redoutés : l'entraînement dans l'angle rentrant de la « guenille » et le réflexe du pressier de la retirer ou le déplacement de la main vers l'angle rentrant dû au frottement de la « guenille » sur le cylindre.

Par ailleurs, il y a de temps en temps des petites saletés qui se collent sur les rouleaux, créant ainsi de petites taches²⁵ sur l'imprimé. La plupart du temps, les opérateurs vont essayer de retirer les débris collés sur les rouleaux à l'aide d'un outil en le passant au travers d'un protecteur fixe sans arrêter la production. Si cela ne produit pas l'effet escompté, le nettoyage des rouleaux est alors nécessaire et la production est donc stoppée.

4.2.5.3 Insertion du papier

Sur les presses à feuilles, l'opération d'insertion du papier ne présente pas de risque particulier, hormis les risques de pincement par les ventouses ou la descente inopinée, ou chute, de la plateforme supportant la pile de feuilles, car cette opération est automatisée.

²⁵ Ces taches sont communément appelées « pétouilles » dans le secteur.

En revanche, sur les presses rotatives, cette opération est nettement plus risquée, car elle est manuelle. En effet, cette opération consiste à insérer la première extrémité de la bande de papier à travers toute la machine depuis la bobine et le système de guidage jusqu'au plieur. L'insertion du papier se fait manuellement et implique donc que les opérateurs doivent placer leurs mains dans les angles rentrants qui sont arrêtés, puis les pressiers doivent mettre en route temporairement la presse pour faire avancer le papier. Cette avance se fait généralement en mode de commande à action maintenue. Le risque de chute de hauteur mentionné plus tôt est présent lors de l'enfilage du papier sur des rotatives à plusieurs niveaux. L'enfilage du papier est réalisé suite à un changement de format de bobine (changement de papier planifié) ou suite à une casse de papier en cours de production (action corrective sous pression temporelle). Le passage d'une bobine à une autre en cours de production est généralement réalisé en mode automatique avec peu d'intervention humaine, donc peu de risque.

Lors d'une visite, en plus de participer à un enfilage de papier sur une grande rotative à deux niveaux, l'équipe de recherche a aussi été témoin d'un bourrage important du papier au niveau du plieur. L'enfilage de papier a été dirigé par un formateur. La participation active de l'équipe de recherche à cette opération nous a permis de réaliser la complexité de cette intervention et les risques associés : risque d'écrasement dans les angles rentrants, risque de chute de hauteur, etc. La complexité provient de divers facteurs dont : la coordination nécessaire entre les différents intervenants, l'alignement requis de la bande de papier pour éviter son bourrage, l'accès aux angles rentrants non protégés, l'enfilage en hauteur (p. ex. : au niveau du plieur).

Le bourrage de papier observé au plieur, lors de cette visite, a fait prendre conscience à l'équipe de recherche que le cadenassage n'est pas le moyen le plus pratique et le plus efficace en matière de gain de temps et d'allers-retours répétitifs requis, pour faire un déboufrage sur cette machine. Le formateur rencontré a aussi indiqué qu'une tension inadéquate au niveau du papier ou que les propriétés intrinsèques du papier, telles que son humidité, son taux de fibres recyclées, etc., peuvent occasionner une casse du papier. Utiliser du papier résistant, donc contenant moins de fibres recyclées, réduit les risques de déchirures du papier²⁶ et, conséquemment, la nécessité d'intervention s'y rattachant. Le collage du papier ou de bout de papier sur différents rouleaux peut aussi être la cause de la casse du papier (Figure 5).



Figure 5 : Bout de papier collé (dans le cercle) sur un blanchet

4.3 Constatations générales par rapport aux visites

De manière générale, il est ressorti de nos visites que le vocabulaire et le sens lié à ce vocabulaire pouvait changer d'une imprimerie à l'autre. Par exemple, pour certains pressiers, les termes *jog* et *inch* n'ont pas la même signification alors que pour d'autres, les deux termes sont

²⁶ Ceci réduit aussi la présence de fibres dans l'air ambiant (poussières de papier).

synonymes. Ce manque d'uniformisation des termes utilisés dans l'imprimerie est donc un risque d'erreur dans les communications fréquentes entre les pressiers.

L'environnement de travail est aussi sujet à amélioration en terme de luminosité, de bruit et surtout en terme d'accessibilité physique pour les presses plus anciennes (marches, dénivellations, etc.). Sur les presses modernes dans des locaux récents, ces contraintes physiques tendent à diminuer.

Malgré beaucoup d'améliorations apportées, les presses les plus anciennes présentaient généralement des angles rentrants dont l'accès n'était pas sécurisé, tandis que les presses plus récentes étaient équipées de protecteurs fixes et mobiles ainsi que de dispositifs de protection (p. ex. : barre sensible) intégrés dès la conception de la machine. Cependant, certaines anciennes presses observées avaient été rénovées avec plus ou moins de succès : angles rentrants encore accessibles, protecteurs mobiles sans dispositif, etc. Il reste donc du travail de rénovation à faire sur les anciennes presses, surtout si elles doivent rester en production encore quelques années.

Rappelons que ces visites avaient pour but premier de permettre à l'équipe de recherche de valider le contenu et la logique de l'arbre initial de défaillance de *l'ASP imprimerie*, tout en y ajoutant de l'information. Ce but a été totalement atteint grâce à la collaboration de l'ASP imprimerie et des entreprises du secteur de l'imprimerie. En parcourant l'arbre de défaillance final disponible en annexe, il est possible au lecteur de retrouver, d'une manière ou d'une autre, les différentes informations présentées dans cette section, souvent sous la forme d'une cause pouvant mener à l'écrasement d'une partie du corps d'un travailleur dans un angle rentrant.

5. PRINCIPALES ÉVOLUTIONS DE L'ADD

Avec toutes les informations recueillies lors des différentes visites, l'équipe de recherche a pu améliorer et valider l'arbre de défaillance. Ces informations ont été complétées par quatre réunions de validation avec l'ASP imprimerie, par diverses réunions de l'équipe de recherche ainsi que par la consultation de documents tels que livres, normes, fiches et rapports d'accidents de la CSST.

5.1 Analyse de la forme de l'AdD initial

Un arbre de défaillance doit être composé de niveaux séparés par des portes logiques. Pour cela, il faut toujours respecter l'enchaînement « cellule - porte logique - cellule », et donc avoir au moins deux cellules pour expliquer une cellule du niveau supérieur. Or, l'arbre initial de l'ASP contient des branches où plusieurs cellules se succèdent l'une après l'autre. Prenons un exemple (Figure 6) : dans le sommet original de l'arbre initial (Annexe 1.1), « **l'installation non conforme du dispositif de sécurité asservi au protecteur mobile** » est expliquée par la « **méconnaissance/non respect des normes établies pour la sécurité des presses** », qui est elle-même expliquée par une « **déficience organisationnelle au niveau de la gestion des risques** », le tout sans porte logique entre elles. L'enchaînement est tout à fait logique, mais si plusieurs cellules se suivent, cela signifie qu'il y en a en trop. Les trois cellules ont donc été remplacées par une seule. Cela simplifie l'arbre, tout le rendant moins encombrant.

Dans la première évolution de l'AdD, il y a eu quelques changements de terminologie : « **fixation incorrecte du protecteur** » est devenu « **protecteur mal fixé** » qui est dû soit à un « **problème de vibrations** », soit aux « **attaches non conformes à la conception** » (ou les deux). Dans la version finale de l'AdD, cette même cause est un peu plus développée. Une première étape de reconstruction de l'arbre a donc été de respecter la règle « cellule - porte logique - cellule ».

Ensuite, l'équipe de recherche a supprimé les branches convergentes présentes dans l'AdD initial (Figure 7). Pour être rigoureux et utiliser la même logique partout, les causes ont été développées dans une seule branche et des renvois ont servi pour les autres branches. Une fois que l'arbre correspondait aux critères de construction, une étude plus approfondie du contenu des cellules a pu être effectuée.

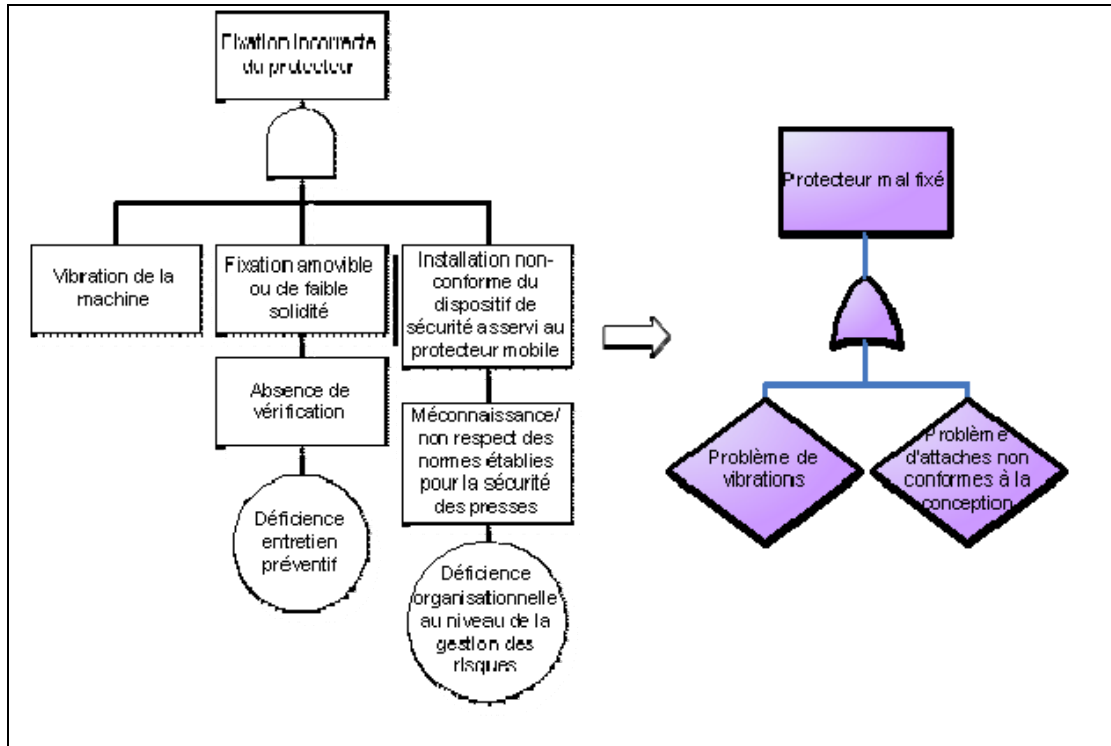


Figure 6 : Exemple de modification de l'arbre pour qu'il vérifie les critères de forme

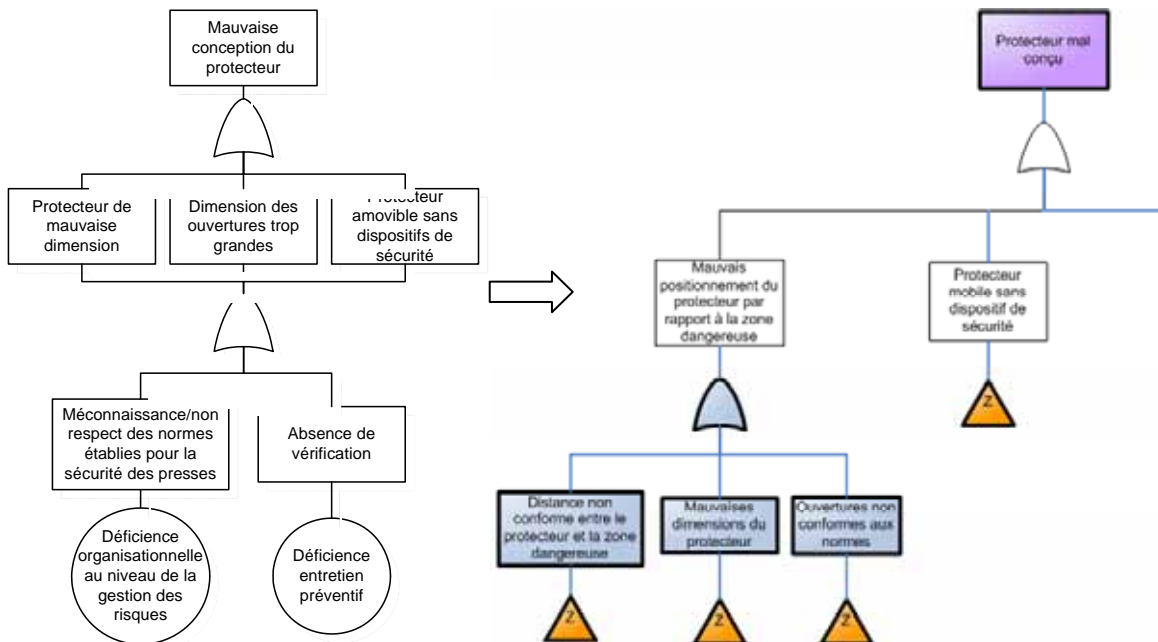


Figure 7 : Exemple de modification de l'arbre pour qu'il corresponde aux critères de forme

5.2 Analyse du contenu de l'AdD

Le contenu des cellules doit permettre de répondre à la question « Pourquoi ? » en lisant l'arbre de haut en bas, et à la question « Quelle est la conséquence de ? » pour la lecture de bas en haut. La seconde étape de vérification de l'AdD initial a donc été de s'assurer que ces relations soient bien vérifiées partout.

Prenons l'exemple de la sous-grappe « A » de l'AdD initial (Annexe 1.2). Il indique que le **mouvement a été initié en mode d'action commandée** (A2) (i.e. à vitesse limitée, par opposition au mode de production), soit parce que le **mouvement a été initié en vitesse limitée** (p. ex. : **Crawl**) (A5), soit parce que le **mouvement est contrôlé par l'opérateur** (p. ex. : **jog**) (A4). Si l'on regarde la relation « Pourquoi? » entre (A2) et (A4), on se rend compte qu'elle n'est pas vérifiée : ce n'est pas parce que l'opérateur peut contrôler le mouvement, que le mouvement sera commandé. En fait, la relation serait vérifiée si l'on comprend le mot « contrôlé » dans le sens « actionné ». Après vérification auprès d'un conseiller de l'ASP *imprimerie* qui travaille sur le projet, c'est effectivement dans ce sens qu'il avait été mis.

Un gros travail a donc été fait pour bien comprendre et être certain du sens des termes utilisés dans la version initiale de l'AdD. En effet, par souci de simplicité et de clarté, les intitulés des cellules sont le plus concis possible, ce qui peut porter à confusion ou interprétation. Tout l'art du rédacteur de l'arbre est de faire le plus concis possible, tout en étant le plus fiable possible à la lecture, sans interprétation possible. Ce travail a été important compte tenu de l'absence du concepteur de l'AdD initial. Dans l'optique d'éviter toute erreur d'interprétation, l'équipe de recherche s'est rendue à l'ASP *imprimerie*, afin de clarifier le contenu et la relation logique entre certaines cellules de l'arbre original. Cela a permis de réorganiser de manière appropriée la disposition de ces cellules et d'en reformuler le contenu lorsque nécessaire.

5.3 Évolutions subséquentes de l'AdD

Comme expliqué précédemment, des modifications de fond et de forme ont d'abord été apportées à la suite de l'analyse de l'arbre original et de la cueillette d'informations depuis diverses sources. Les principales évolutions décrites dans cette section concernent surtout le haut de l'arbre, car le haut influe sur tout le reste de l'arbre.

5.3.1 Évolution #1

Les changements suivants ont été effectués dans le cadre de la première évolution de l'AdD initial (Figure 8) :

- Le titre de l'événement indésirable : « **Écrasement entre deux rouleaux/cylindres des presses lors d'une opération** » a été remplacé par « **Écrasement d'un travailleur par un (des) rouleaux/cylindres de presse lors d'une opération** ». Justification : un angle rentrant n'est pas formé uniquement de deux rouleaux ou cylindres, mais peut être constitué d'un seul rouleau en rotation formant une zone de pincement avec un objet fixe ou en mouvement (p. ex. une feuille de papier).

- Ajout de la condition « **Forte adhérence...** », car à cette étape de réflexion on s'est dit que pour être écrasé, il faut non seulement être entraîné, mais aussi qu'une force suffisamment grande nous retienne à la paroi du ou des cylindre(s).
- Le troisième niveau de cette version intermédiaire de l'arbre reprend essentiellement le contenu du deuxième niveau de l'arbre initial. Cependant, le mot « rotation » vient préciser le type de mouvement du rouleau ou du cylindre.
- Une autre cellule précise qu'un travailleur peut accéder à plus d'une zone dangereuse à la fois, contrairement à ce qui était inscrit dans l'arbre initial.
- Dans l'arbre de l'ASP, la « **présence d'un angle rentrant** » s'explique par les causes : « **Aucune protection** » et « **Protecteur inadéquat** ». Dans cette première évolution de l'arbre la même idée est gardée, mais réorganisée : ces deux causes se combinent sous l'intitulé « **Manque de protection** ». À cette cause, s'ajoute la « **disposition des rouleaux/cylindres formant l'angle rentrant** », qui évoque les différentes géométries possibles pouvant expliquer la présence d'un angle rentrant.

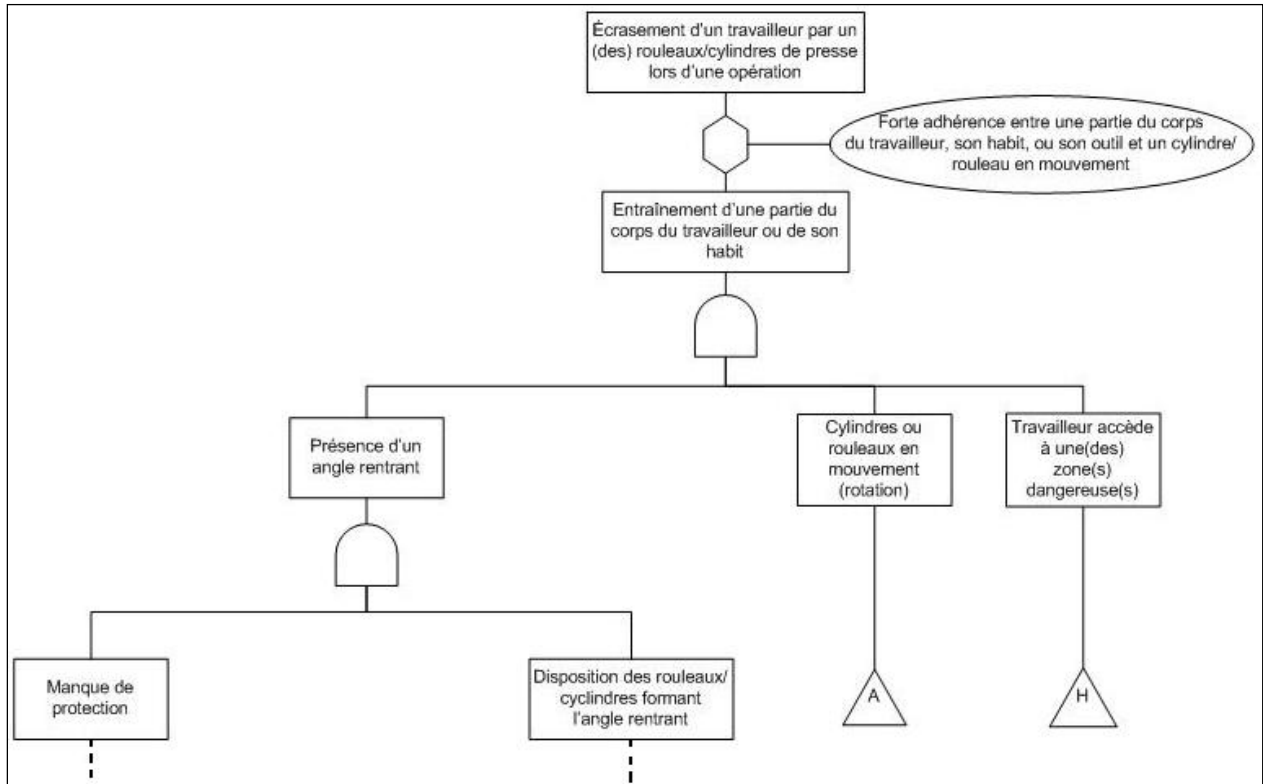


Figure 8 : 1^{ère} version du sommet de l'arbre

5.4 Évolution #2

Jusque-là, dans l'AdD, subsistaient des points pas très précis ou qui ne respectaient pas rigoureusement les relations entre les niveaux (cause/conséquence). Par exemple, la porte logique utilisée étant un ET, ceci supposait que toutes conditions suivantes devaient être remplies pour qu'il y ait entraînement du travailleur, alors que ce n'était pas forcément le cas. Sur ce

niveau du sommet de l'arbre à l'aspect un peu fourre-tout, se trouvaient des causes en trop qui seraient mieux placées à un autre niveau plus bas (Figure 9).

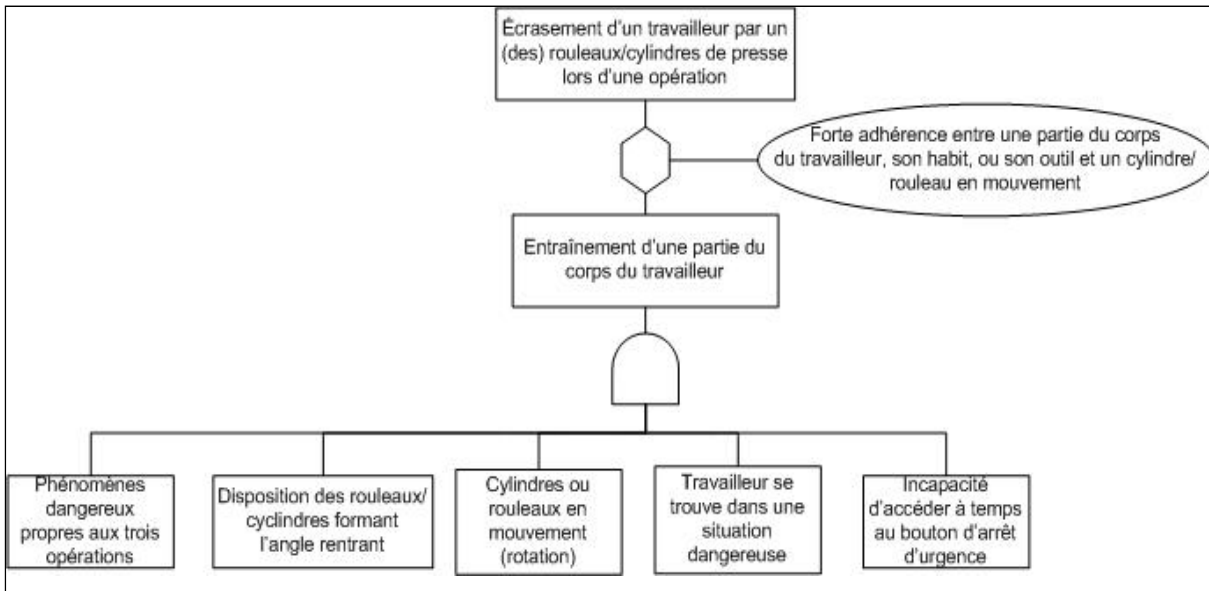


Figure 9 : 2^e version du sommet de l'arbre

5.4.1 Évolution #3

De plus, les notions de phénomène dangereux et de situation dangereuse se trouvent au même niveau, alors que ce n'est pas possible d'après le processus accidentel (Annexe 2). C'est pourquoi le haut de l'arbre a été changé comme le montre l'évolution #3 (Figure 10).

L'entraînement est maintenant expliqué seulement par l'existence d'une zone d'entraînement et la présence d'une partie du corps dans la zone dangereuse. On retrouvera la disposition des rouleaux formant un angle rentrant²⁷ et le mouvement des rouleaux dans l'explication de l'existence d'une zone d'entraînement.

Par ailleurs, la cellule « **phénomènes dangereux propres aux trois opérations** » de l'évolution précédente disparaît. Cette cellule était, au départ, censée faire la séparation des risques par opération. Or, faire la description des phénomènes dangereux à ce niveau ne permettait pas de répondre à la question « Pourquoi ? » en descendant l'arbre, ni à la question « Quelle est la conséquence de ? » en remontant. De plus, le phénomène dangereux étudié principalement est le même pour toutes les opérations, il s'agit de la rotation de rouleaux formant un angle rentrant.

²⁷ La question de savoir s'il fallait mettre « zone dangereuse », « zone d'entraînement » ou encore « angle rentrant » s'est posée pendant longtemps. C'est seulement pour l'évolution #6 de l'arbre que le choix s'est porté sur « angle rentrant » car d'une part, dans les entreprises, les gens parlent « d'angles rentrants » (rarement de « zone d'entraînement ») et d'autre part, le terme « zone dangereuse » est trop vague à ce niveau dans l'arbre.

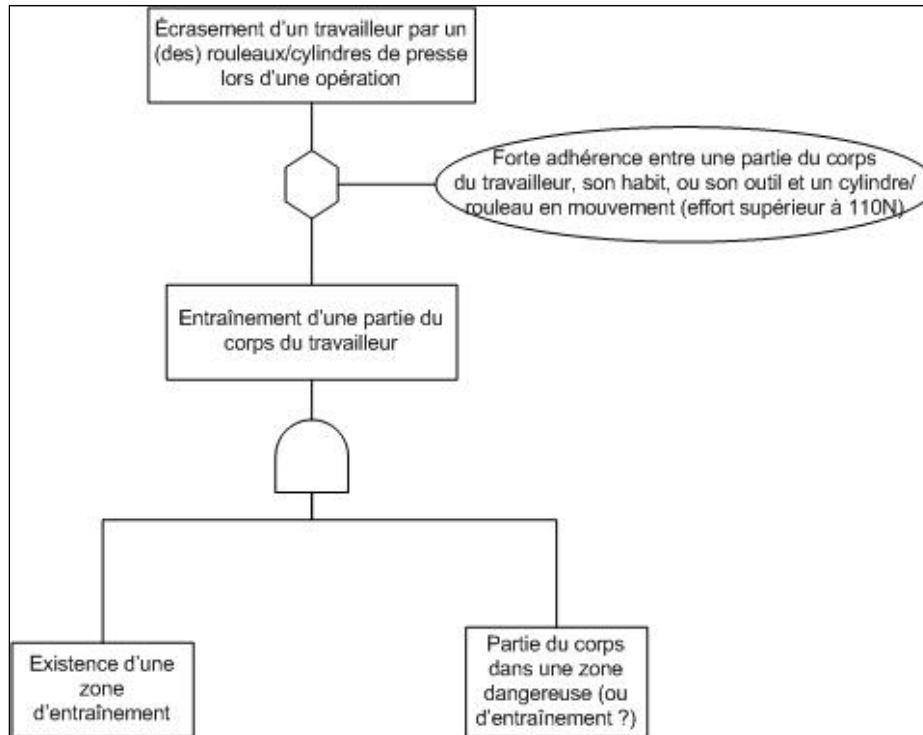


Figure 10 : 3^e version du sommet de l'arbre

5.4.2 Évolution #4

En cherchant où placer la cellule « **Incapacité d'accéder à temps au bouton d'arrêt d'urgence** » de l'évolution #2, la notion d'évitement présentée dans le processus accidentel (Annexe 2) est apparue. Lorsqu'un événement dangereux survient (dans notre cas, entraînement dans l'angle rentrant), la seule possibilité de ne pas arriver jusqu'au dommage est de l'éviter, d'une manière ou d'une autre. De plus, nous nous rendons compte que la condition « **Forte adhérence...** » fait allusion également à la notion de possibilité d'évitement, d'où un nouveau changement du haut de l'arbre (Figure 11).

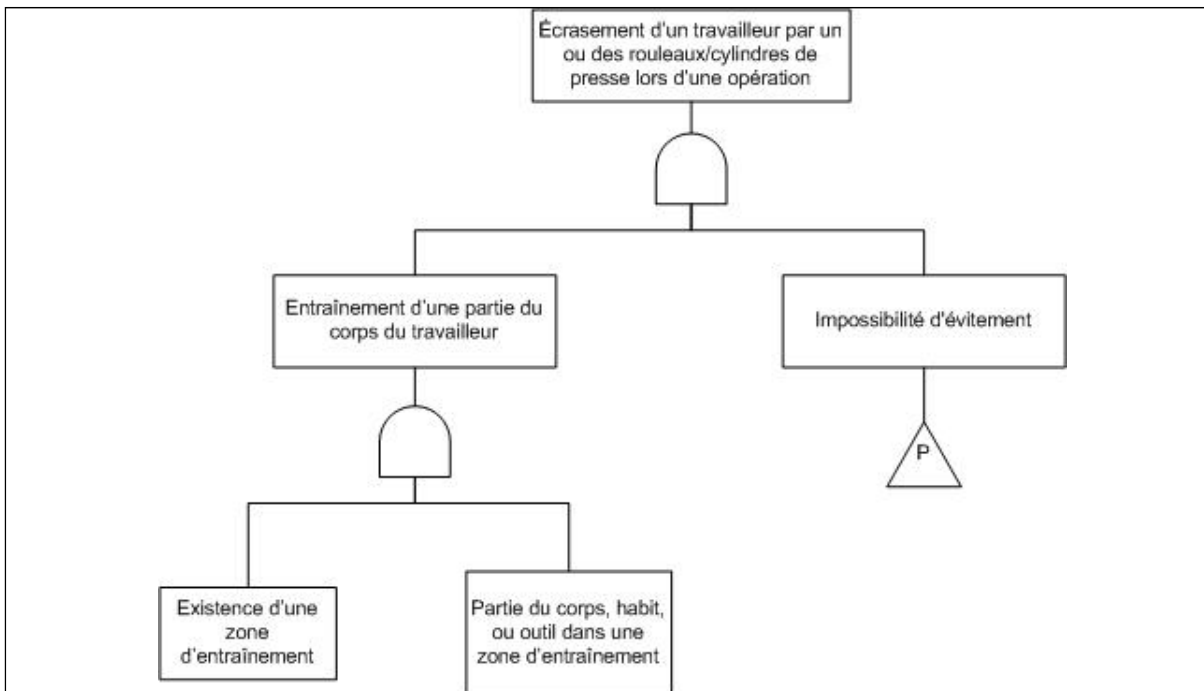


Figure 11 : 4^e version du sommet de l'arbre

5.4.3 Évolution #5

Avec la disposition précédente, il s'avérait que le contenu des niveaux inférieurs succédant à la cellule « **Partie du corps, habit ou outil dans une zone d'entraînement** » posait problème. En effet, il y avait des confusions possibles entre l'entraînement direct d'une partie du corps prise dans l'angle rentrant d'une part et l'entraînement indirect d'une partie du corps par un outil pris dans l'angle rentrant d'autre part. L'arbre de défaillance doit être clair et ne pas porter à confusion. Le sommet de l'arbre a donc été changé une nouvelle fois (Figure 12).

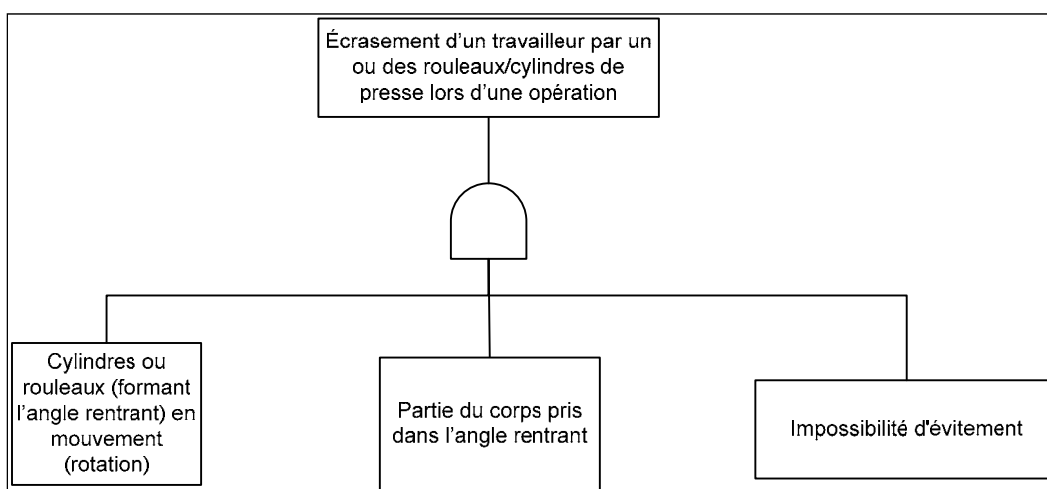


Figure 12 : 5^e version du sommet de l'arbre

Dans cette figure, les notions « **Cylindres ou rouleaux en mouvement** » et « **Présence d'un angle rentrant** » de l'arbre original ont été combinées ici dans une même cellule. Cette fusion s'explique comme suit : dans les évolutions #3 et #4, l'**existence d'une zone d'entraînement** s'expliquait par la présence d'une **géométrie d'angle rentrant** ET par celle de **cylindres ou rouleaux en mouvement (rotation)**. La géométrie d'un angle rentrant est la zone de pincement créée par deux rouleaux ou, par un rouleau et un objet fixe ou mobile. Nous avons trouvé superflu d'expliquer une telle géométrie dans l'arbre, ce qui explique la fusion des cellules.

Par ailleurs, un problème réside dans cette configuration, car l'événement dangereux n'apparaît pas. On passe directement de la situation dangereuse (cylindres en mouvement + partie du corps dans l'angle rentrant) au dommage. La version précédente était plus rigoureuse de ce point de vue. En la reprenant et en ajustant le texte des cellules, l'arbre devient plus clair et rigoureux par rapport au processus accidentel. Ces modifications nous amènent à la sixième évolution de l'arbre.

5.4.4 Évolution #6

Nous avons jugé de réorganiser le sommet de l'arbre (Figure 13) de manière plus simple, afin de rendre l'information véhiculée plus compréhensible par l'opérateur ou la personne d'entretien de presse ou par toute autre personne s'intéressant aux causes d'écrasement dans un angle rentrant d'une presse à imprimer. La simplicité de ce nouvel agencement du haut de l'arbre réside dans sa présentation plus systématique : tout dommage (l'accident) se produit à cause d'un événement dangereux qui n'a pu être évité par la victime. Cet événement dangereux²⁸ a lieu suite à une situation dangereuse : personne en contact ou proche du phénomène dangereux.

Dans les versions subséquentes de l'arbre, de manière générale, les deux premiers niveaux suivant le sommet de l'arbre n'ont pas subi de changements majeurs. Des modifications ont surtout été apportées à certaines combinaisons logiques de causes aux niveaux plus inférieurs de l'arbre. Ces modifications ont été apportées suite à des questions soulevées, notamment lors des réunions de validation avec des représentants de l'ASP *imprimerie*.

28 Les numéros 1 et 2 (Figure 13) ont été rajoutés respectivement aux causes « accès volontaire... » et « accès involontaire... ». Ceci afin de permettre au lecteur d'associer les circonstances de mise en rotation des rouleaux au type d'accès à l'angle rentrant. Par exemple, en consultant la sous-grappe « A », on constate que le numéro 1 réfère à un démarrage inattendu, tandis que le numéro 2 réfère à un démarrage déjà en cours et connu de tous les opérateurs.

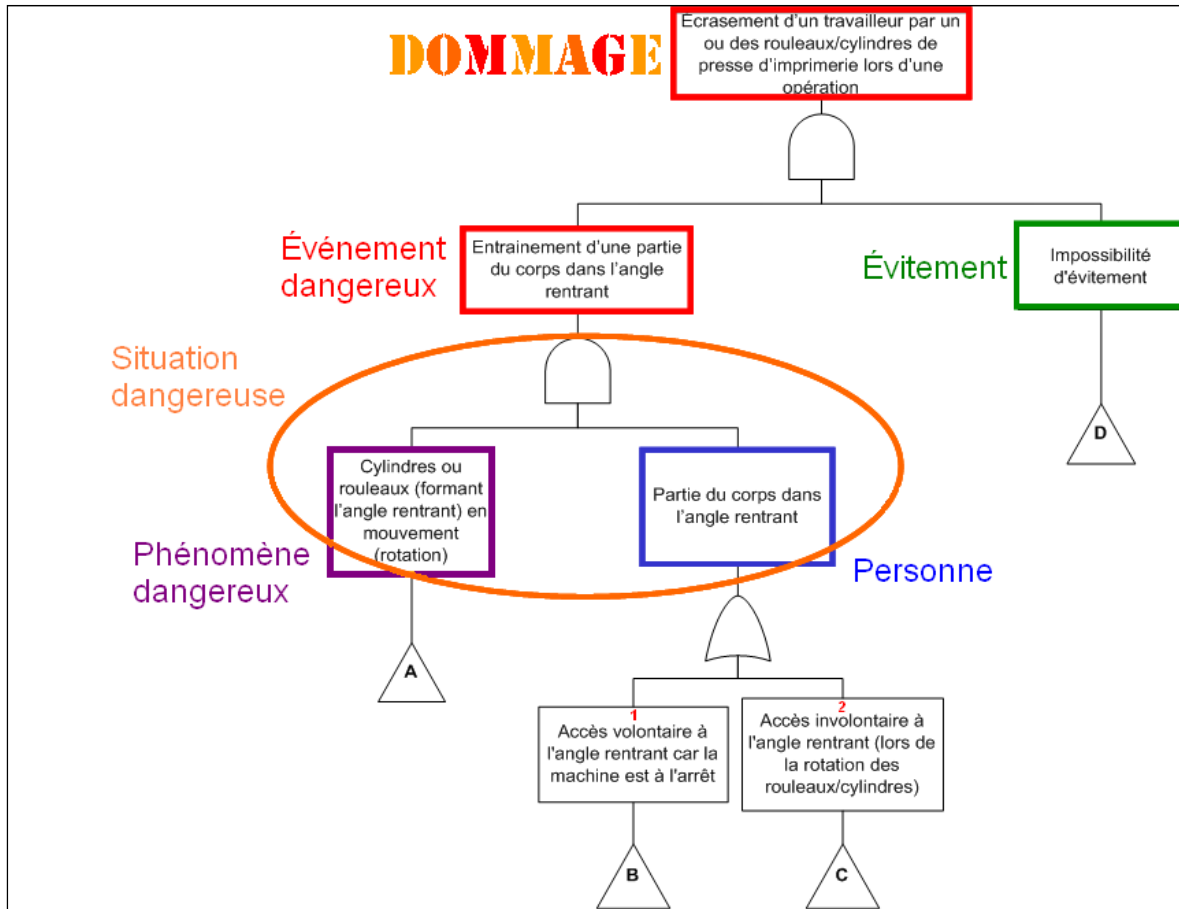



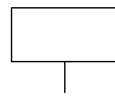

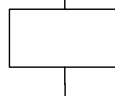


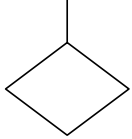

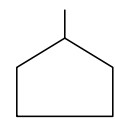

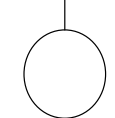
Figure 13 : 6^e version du sommet de l'arbre

6. RÉSULTATS

6.1 L'AdD final

L'AdD final comprend 10 niveaux et 300 causes pour l'événement indésirable. On y trouve également des références normatives et réglementaires prescrivant des directives ou une situation permettant d'éliminer la cause mentionnée. Tenant compte de l'ampleur de l'AdD et par souci d'alléger le texte, une version abrégée (Figure 14) de l'AdD final est présentée ci-après. L'arbre intégral se trouve en annexe (Annexe 3) : la première partie étant l'arbre abrégé, tandis que les annexes subséquentes en présentent les ramifications. Ces dernières sont scindées en quatre sous-grappes principales : « A », « B », « C » et « D », composées à leur tour d'un certain nombre de sous-grappes. Par souci de clarté, des icônes ont été rajoutées à l'arbre abrégé afin de visualiser la séquence conduisant à l'événement indésirable. La légende de l'AdD est détaillée au Tableau 14.

Tableau 14 : Légende de l'AdD

PORTES LOGIQUES		SYMBOLES GÉNÉRAUX	
	Porte indiquant que l'existence de toutes les causes à son entrée est nécessaire à l'obtention de la conséquence en sortie.		Symbole de l'événement indésirable (l'accident).
	Porte indiquant que l'existence d'une des causes à son entrée suffit pour avoir la conséquence en sortie.		Symbole de cause (ou événement) intermédiaire. Celle-ci est développée par des causes (ou événements) subséquentes.
	Porte d'inhibition à laquelle se rattache(ent) la(les) condition(s) pouvant permettre l'événement du niveau supérieur.		Symbole de condition, il se greffe à la porte d'inhibition.
SYMBOLES DE RENVOI			Symbole d'une cause non développée par manque d'information, ou dans le but d'alléger l'arbre lorsque suffisamment de détails sont connus (on retrouve ce symbole au dernier niveau présenté dans une branche de l'arbre).
	Renvoie à la sous-grappe (identifiée) correspondante dans l'arbre de défaillance. On désigne par sous-grappe une partie d'un AdD qui est un regroupement de causes liées (ceci simplifie l'AdD en évitant la répétition).		Symbole d'une cause reliée à une action ou un état normal (p. ex. : une activité d'entretien sur la presse à imprimer).
	Identifie la sous-grappe (identifiée) à laquelle le symbole précédent renvoie.		Symbole d'une cause élémentaire, i.e. ne nécessitant aucun développement (on retrouve ce symbole au dernier niveau présenté dans une branche de l'arbre).

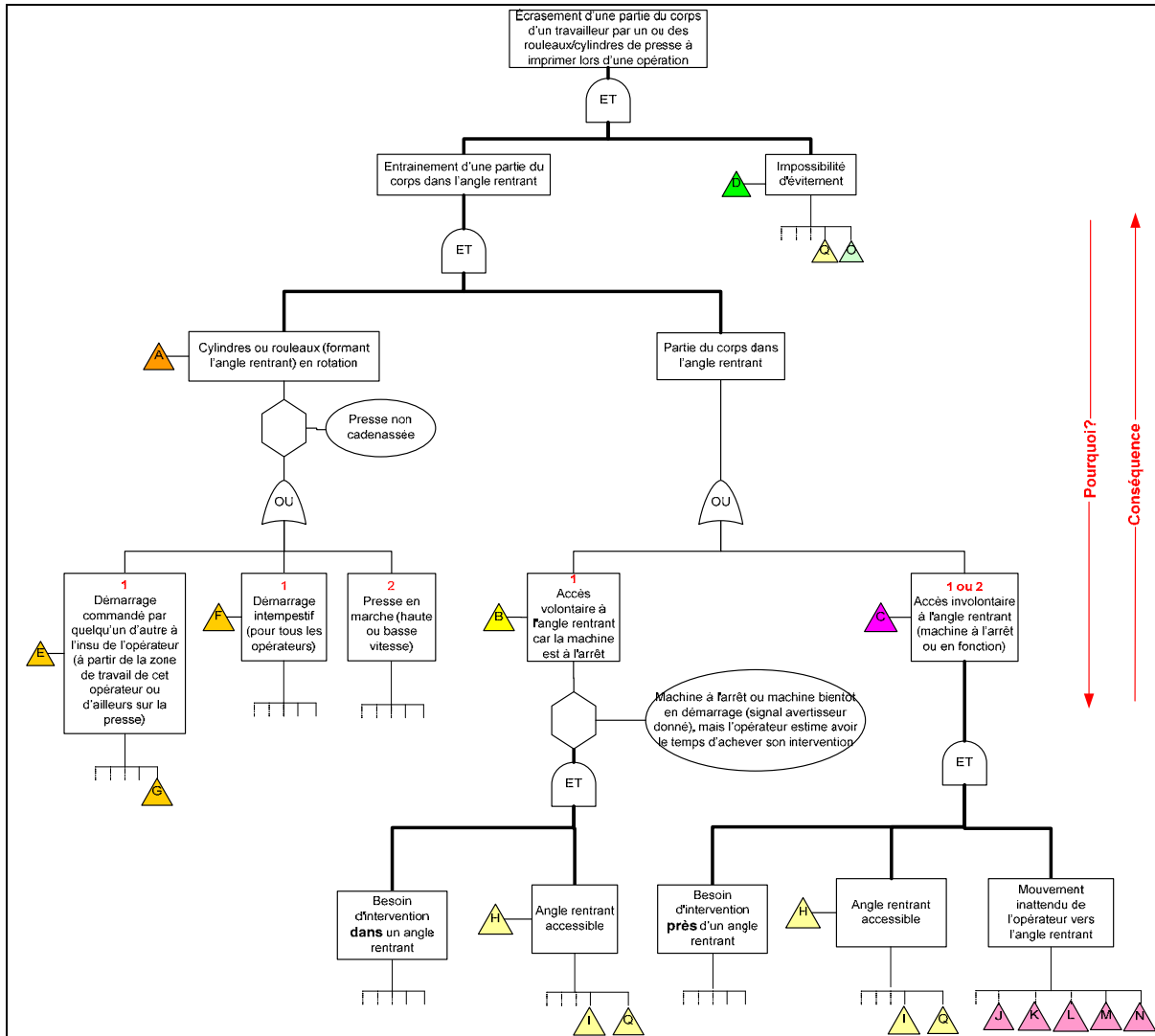


Figure 14 : Add abrégé

6.1.1 Sommet de l'Add

Le sommet de l'Add (Figure 14) débute par l'événement indésirable susmentionné (le dommage) et présente les premiers niveaux de combinaisons de causes liées à ce dommage. Si un dommage survient, c'est qu'il y a eu un événement dangereux (entraînement dans l'angle rentrant) **ET** que l'opérateur n'a pu éviter le dommage potentiel (impossibilité d'évitement) - développé en "D". L'entraînement dans l'angle rentrant ne pourra se faire que si les cylindres sont en rotation (phénomène dangereux) - développé en "A" - **ET** qu'il y a une partie du corps dans l'angle rentrant. La situation dangereuse est constituée de la présence d'une partie du corps humain (la main) proche ou dans l'angle rentrant.

Enfin, seulement deux possibilités permettent d'expliquer que la main de l'opérateur soit prise dans l'angle rentrant : soit qu'il y a accédé volontairement car les rouleaux étaient initialement à l'arrêt - développé en "B" -, soit qu'il y a accédé involontairement alors que les rouleaux tournaient déjà,- développé en "C".

6.1.2 Sous-grappe « A » : phénomène dangereux

La sous-grappe « A » développe la cause « **Cylindres ou rouleaux (formant l'angle rentrant en rotation)** » (Annexe 3.1). Cette sous-grappe informe que les rouleaux ne peuvent tourner que si la presse n'est pas cadencée (condition). La rotation des cylindres ou rouleaux s'explique selon trois cas de figure:

- soit par un démarrage commandé par quelqu'un d'autre à l'insu de l'opérateur dans la zone dangereuse - cette cause est développée par la sous-grappe « E » dont une partie de son développement se déploie dans « G » pour ce qui est du non-contrôle de l'arrêt de la presse par l'opérateur ;
- soit par un démarrage intempestif (du point de vue de tous les opérateurs) - cette cause est développée par la sous-grappe « F » ;
- soit par le fait que la presse était déjà en mouvement, à haute ou à basse vitesse (vitesse lente).

Séparer ces trois cas permet à l'utilisateur de l'arbre de comprendre comment naît le phénomène dangereux « cylindres ou rouleaux en rotation ». Le premier point montre l'importance d'avoir une communication adéquate entre les différents intervenants sur la presse, surtout pour un opérateur qui accède à une zone dangereuse, et montre aussi l'importance du mode de commande locale *safe*.

6.1.3 Sous-grappe « B » : accès volontaire

La sous-grappe « B » développe la cause « **Accès volontaire à l'angle rentrant (machine à l'arrêt)** » (Annexe 3.2). Pour qu'un opérateur accède volontairement à un angle rentrant, il faut d'une part, qu'il ait besoin de le faire (p. ex. effectuer une opération, chercher un objet nuisant à la production) **ET** d'autre part, que l'angle rentrant soit accessible. S'il veut y aller, mais que l'angle rentrant est protégé par un protecteur ou une barre sensible, il en sera empêché. Toutefois, un opérateur n'ira exposer une partie de son corps dans un angle rentrant que si la machine est arrêtée (condition) **OU** s'il pense avoir le temps d'effectuer son action même s'il est averti que la machine sera bientôt en démarrage (condition).

Les causes de l'accès à un angle rentrant sont expliquées dans la sous-grappe « H » (Annexe 3.8). On y trouve que cet accès peut être dû, par exemple, à la protection inefficace reliée, entre autres, à un protecteur mal conçu (cf. sous-grappe « I », Annexe 3.9). L'accès peut aussi être possible si le dispositif de protection ne détecte pas la présence d'une partie du corps. Cette non-détection peut s'expliquer, entre autres, par une déficience du système de sécurité (cf. sous-grappe « O » Annexe 3.15).

6.1.4 Sous-grappe « C » : accès involontaire

La sous-grappe « C » (Annexe 3.3) développe la cause « **Accès involontaire à l'angle rentrant (machine en rotation)** ». Une partie du corps (la main) peut être introduite involontairement dans un angle rentrant seulement si l'opérateur intervient près de l'angle rentrant **ET** que ce dernier est accessible **ET** qu'un mouvement inattendu de l'opérateur vers l'angle rentrant survient. Si l'une de ces trois conditions n'est pas remplie, alors l'opérateur n'accèdera pas à la zone dangereuse. Le mouvement inattendu est provoqué par un ou plusieurs événements fortuits

développés dans les sous-grappes « J » à « N » (Annexe 3.10, Annexe 3.11, Annexe 3.12, Annexe 3.13, Annexe 3.14). Dans le développement de « C » la sous-grappe « H » réapparaît pour expliquer l'accessibilité à l'angle rentrant.

6.1.5 Sous-grappe « D » : impossibilité d'évitement

La sous-grappe « D » (Annexe 3.4) développe la cause « **Impossibilité d'évitement** ». Dans cet arbre sont détaillées plusieurs raisons qui, combinées ou non, peuvent faire que le travailleur ne peut éviter le dommage. Parmi ces raisons, on retrouve l'incapacité de donner un ordre d'arrêt à la machine (développée par la sous-grappe « O » - Annexe 3.15). Les moyens d'évitement sont les derniers recours pour l'opérateur lorsqu'un événement dangereux survient, pour éviter un dommage.

6.2 AdD final : discussion et limites

L'AdD final est l'arbre le plus exhaustif possible que l'équipe de recherche a pu construire dans le cadre de cette recherche. Toutefois, il se peut que certaines causes y soient absentes, car c'est un exercice réalisé a priori de façon déductive. La consultation d'autres pressiers ou d'autres techniciens de presses à imprimer pourrait permettre d'identifier d'autres causes pour l'événement indésirable étudié.

La présence des losanges dans les derniers niveaux de l'arbre final témoigne qu'on pourrait approfondir davantage les causes possibles de l'accident traité. Cependant, dans le cadre de notre étude, le niveau de détails atteint dans ces losanges est satisfaisant, car l'arbre de défaillance élaboré est destiné à des pressiers, dans le but de les mettre en garde face aux différentes actions et situations pouvant les amener à l'accident susmentionné. Si l'AdD avait été développé pour un personnel spécialisé en systèmes de commande, les losanges de la sous-grappe « F » (Annexe 3.6) auraient été développés pour aller plus en profondeur dans la recherche des causes originelles d'un démarrage intempestif. Comme ce n'est pas la vocation de cet AdD, l'équipe de recherche a décidé de limiter la profondeur de l'arbre en fonction des objectifs.

De l'avis de l'équipe de recherche, l'AdD final est adaptable à d'autres types de machines ayant des angles rentrants et pour lesquelles il est demandé d'étudier les causes d'écrasement d'une partie du corps d'un travailleur dans ce type de zone dangereuse.

6.3 Possibilité d'analyse de l'AdD final

En nous basant sur la section 2.1.1 « Définition et utilité d'un arbre de défaillance », rappelons qu'un AdD est un outil qui, en plus d'informer sur les défaillances ou causes conduisant à un événement indésirable, est un moyen efficace pour repérer sur quoi agir, afin de réduire ou d'éliminer un risque d'accident donné [42]. Pour savoir sur quoi agir, des méthodes existent, dont celle appelée « défense en profondeur ».

6.3.1 Concept de défense en profondeur

La défense en profondeur est une démarche de maîtrise et de contrôle des risques [19, 21]. Elle consiste à utiliser plusieurs techniques de sécurité afin de réduire le risque, lorsqu'un composant particulier de sécurité est compromis ou défaillant. Ainsi, les concepteurs imaginent des systèmes de protection qui éviteront une succession d'événements indésirables conduisant à l'événement final non voulu. Ces systèmes de protection représentent des barrières, directement liées aux options prises en conception et en exploitation, qui sont mises en place pour réduire les risques identifiés. Les barrières peuvent être de plusieurs types :

- Un dispositif technologique (protecteurs fixes, protecteurs mobiles, etc.) ;
- Une disposition procédurale (vérification régulière du système de freinage d'urgence) ;
 - L'homme peut constituer une barrière (qui repose sur les sens, p. ex. : un opérateur stoppe une machine à cause de bruits anormaux) ;
- Une disposition organisationnelle (p. ex. : séparation des tâches).

La construction d'un AdD est une très bonne base de départ qui permet par la suite de repérer rapidement les différents points où une barrière peut être installée.

6.3.2 Analyse

L'analyse de l'arbre peut se faire selon quatre logiques différentes, mais qui répondent au même objectif ultime, qui est de supprimer ou de réduire le risque associé aux angles rentrants des presses à imprimer. Ceci peut se traduire, en termes de défense en profondeur, en trouvant à quels endroits il est le plus judicieux de placer une barrière et de quel type. La suppression du risque ne pouvant se faire qu'en supprimant le phénomène dangereux (l'angle rentrant), il apparaît que cette solution n'est pas réalisable, ici, car les presses à imprimer sont actuellement conçues avec des angles rentrants.

En conséquence, la première piste pour réduire le risque serait d'influencer sur les différents paramètres du risque : fréquence, gravité ainsi que sur l'apparition de l'événement dangereux ou sur la possibilité d'évitement. C'est cette piste qui est détaillée dans la suite de cette section.

Le travail consiste donc, pour chacune des zones à risque, à se poser les questions suivantes :

- Y a-t'il des moyens techniques, humains ou organisationnels (ou autres) permettant :
 - de réduire la gravité du dommage ;
 - de réduire la fréquence d'exposition ;
 - de réduire la probabilité d'occurrence de l'événement dangereux ;
 - d'améliorer la possibilité d'évitement.

La seconde piste consiste à suivre une logique de raisonnement différente. Le questionnement peut se faire aussi suivant la logique hiérarchique de réduction du risque [37] :

- Est-il possible ?
 - de réduire la gravité du dommage ;
 - d'utiliser des protecteurs fixes ;
 - d'utiliser des protecteurs mobiles ;
 - d'utiliser des dispositifs de protection ;
 - d'avertir ou de signaler les risques aux utilisateurs de la presse ;

- d'utiliser des méthodes de travail ;
- d'utiliser des équipements de protection individuels.

Une troisième piste, qui peut aussi être utilisée, est de catégoriser les facteurs contributifs (les causes) de l'événement indésirable mentionnés dans l'Add. Pérusse [38] suggère de classifier les facteurs contributifs en cinq groupes reliés²⁹ :

- au matériel ;
- au milieu ;
- à l'organisation ;
- à la tâche
- aux individus.

Dans un deuxième temps, le choix des barrières sur lesquelles il faudra agir sera guidé par l'efficacité relative de ces cinq groupes : les trois premiers groupes (reliés au matériel, au milieu et à l'organisation) étant plus efficaces que celui lié à la tâche, lequel étant lui aussi plus efficace que celui lié à l'individu. En effet, il est plus efficace selon Pérusse d'agir sur les facteurs matériels (donc les machines, les dispositifs de sécurité, etc.), idéalement de manière intrinsèque, plutôt que de miser davantage sur la tâche (qui peut être influencée par la machine) ou sur les pressiers, afin de sécuriser les interventions sur les presses à imprimer.

Enfin, la quatrième piste est plutôt basée sur le concept de l'arbre de défaillance. En effet, un arbre de défaillances rassemble les diverses causes possibles d'un accident organisées avec des portes logiques. Réduire le risque qu'un accident arrive consiste donc à éliminer l'apparition d'un maximum de ces causes. Concrètement, l'analyse de l'arbre est donc tout d'abord basée sur le repérage des portes logiques **ET**. En effet, lorsqu'un événement a plusieurs causes devant absolument être rassemblées pour qu'il survienne, il suffit d'en éliminer une pour que cet événement n'ait jamais lieu. Ensuite, il n'est pas nécessairement possible de travailler sur toutes les causes, donc de là, il faut choisir les causes qui permettront d'être efficace pour la réduction des risques. La notion de coupe minimale [43] peut alors être utilisée pour identifier les associations minimales de causes menant au dommage.

Cependant, il ne faut pas oublier que chaque fois que le concepteur installe un protecteur (barrière technique), il crée un obstacle pour les exploitants ainsi que pour les opérateurs de maintenance. De plus, les procédures peuvent ne pas toujours être faciles à faire respecter, car elles peuvent entraîner des changements pour les opérateurs ou ralentir la production. Enfin, les moyens organisationnels doivent être maintenus en place tout au cours de la vie de l'organisation, ce qui nécessite des moyens non négligeables. Il est donc important de mettre en place le minimum de barrières possibles et de faire en sorte que celles qui sont choisies soient le plus efficaces possible ou que leur combinaison soit la plus efficace possible.

6.3.2.1 Réduction de la gravité du dommage

La réduction de la gravité du dommage va pouvoir se traduire sur les presses à imprimer par l'utilisation d'une vitesse lente. En effet, il est difficile, voire impossible, de modifier la géométrie de l'angle rentrant sur une presse à imprimer, si tant que la modification de la

²⁹ Selon une méthode d'analyse d'accidents conçue par l'INRS.

géométrie puisse entraîner une réduction de la gravité. Il est également très difficile de modifier une presse pour y inclure des rouleaux escamotables [41], sachant que cette solution est déjà utilisée par les concepteurs de presse pour quelques rouleaux.

Si l'utilisation d'une vitesse lente [6] est la seule solution actuelle qui puisse être utilisée pour réduire la gravité du dommage, il faut alors que des efforts soient mis en œuvre pour garantir le maintien de cette vitesse lente lorsqu'elle est sélectionnée par le pressier. C'est le sens de l'article 186 du RSST et de la section 4.11.9 de la norme ISO 12100-2 :2003 [31]. La sélection de la vitesse lente peut par exemple se faire automatiquement lorsqu'un protecteur verrouillé ou interverrouillé et identifié au préalable est ouvert (barrière technique).

6.3.2.2 Réduction de la fréquence d'exposition

La réduction de la fréquence d'exposition va principalement être réalisée sur les presses à imprimer par la non-exposition du pressier au phénomène dangereux. Cette non-exposition peut être réalisée au moyen de l'utilisation de protecteurs fixes [28, 34] d'angles rentrants ou mobiles, ainsi que par l'utilisation de dispositifs de protection, tels que des faisceaux optiques, une barre sensible, commande bimanuelle, etc. La question principale est de savoir si l'accès à l'angle rentrant est nécessaire et le cas échéant, à quel moment.

Généralement, tous les angles rentrants des anciennes machines ne sont pas protégés. Le premier travail consiste à limiter l'accès à ces angles rentrants par le biais de protecteurs ou de dispositifs de protection. Ceci doit être réalisé suite à une analyse de risque. Il faut cependant prendre garde à la recommandation précédente et ne pas oublier que des protecteurs restreignent l'accès à la machine. Si les tâches ne sont pas adaptées ou ne tiennent pas compte de l'accès restreint à la machine, il y aura contournement³⁰ volontaire ou involontaire.

Il est cependant clair que la présence d'un pressier est, à l'heure actuelle, indispensable pour assurer une bonne marche de la machine et même si des opérations peuvent encore être automatisées, la surveillance du bon fonctionnement de la machine reste nécessaire par un opérateur. Effectivement, l'humain peut jouer le rôle d'une barrière, comme mentionné précédemment : « malgré une automatisation croissante des systèmes, l'homme reste indispensable pour surveiller et intervenir en cas de dysfonctionnement. [17] ». Afin de fiabiliser la barrière humaine, il est important de s'y prendre par des moyens organisationnels, tels que la formation adéquate, la communication adéquate et régulière, l'assurance de l'appropriation des connaissances et l'expérience afin d'optimiser, voire assurer, la qualité du travail et de la sécurité. Les procédures de travail sécuritaires et claires doivent être intégrées aux formations.

Mais il reste aussi à se questionner afin de savoir si la présence du pressier à côté d'un angle rentrant est justifiée en tout temps. S'il est possible de limiter son accès, ceci est gagné sur l'exposition du pressier au phénomène dangereux.

³⁰ Un responsable de production rencontré a mentionné à l'équipe de recherche qu'avec l'amélioration de la sécurité des presses à imprimer, les accidents arrivent souvent à cause du facteur humain : soit les protecteurs ne sont pas remis à leur place, soit la sécurité est contournée, ou encore les opérateurs prennent de gros risques pour ne pas avoir à arrêter la machine.

6.3.2.3 Réduction de la probabilité d'occurrence de l'événement dangereux

Travailler sur la réduction de la probabilité d'occurrence de l'événement dangereux est aussi une solution. Ceci peut être réalisé de plusieurs façons, mais on se retrouve rapidement face aux questionnements initiaux liés à l'accès volontaire ou involontaire, eux-mêmes reliés à la notion de machine à l'arrêt ou de machine en rotation.

Première hypothèse : l'opérateur accède volontairement à l'angle rentrant, car les rouleaux sont à l'arrêt (sous-grappe « A » du sommet de l'AdD). Dans ce cas, l'opérateur est capable d'accéder à un angle rentrant, dont les protections ont été enlevées pour l'occasion. Le risque vient alors d'un éventuel démarrage intempestif, de son point de vue, de la presse. En effet, tant que les rouleaux sont à l'arrêt, la zone n'est pas dangereuse comme le mentionne la cause « Cylindres ou rouleaux (formant l'angle rentrant) en rotation ». Dans ce cas-là, il faut mettre les moyens nécessaires pour empêcher tout démarrage intempestif. La norme ISO 14118 [32], par exemple, énumère plusieurs possibilités. Le problème peut être organisationnel (cas du démarrage à l'insu de l'opérateur), ou plus technique (cas du démarrage intempestif pour tous les opérateurs). Les fabricants peuvent aussi concevoir des machines les plus automatisées possible, réduisant ainsi les besoins d'intervention manuelle dans les angles rentrants.

La question du cadenassage vient à ce niveau. Idéalement, un cadenassage bien accompli permet de garantir la sécurité des travailleurs, lors de toute intervention dans une zone dangereuse de presse à imprimer. Cependant, lors des visites sur le terrain, nous avons remarqué que pour plusieurs raisons techniques, le cadenassage représente un obstacle majeur lorsque les quatre opérations étudiées doivent être exécutées. En effet, les quatre opérations observées requièrent la rotation des rouleaux lorsqu'elles sont en cours. Cette rotation peut se faire minimalement pas à pas ou par à-coups, mais elle est nécessaire au bon déroulement des quatre opérations. Appliquer le cadenassage dans ce contexte reviendrait à régulièrement cadenasser et decadenasser la presse pour réaliser les quatre opérations, ce qui apparaît à l'équipe de recherche comme non réaliste. L'option la plus réaliste est de rechercher une méthode alternative au cadenassage, au sens de la norme CSA Z460 [8], pour ces opérations. Bien entendu, il faudra absolument que cette méthode alternative soit sécuritaire et respecte l'article 186 du RSST.

Seconde hypothèse : l'opérateur accède involontairement à un angle rentrant pendant la rotation des rouleaux (sous-grappe « C »). Trois conditions sont nécessaires : un besoin d'intervention proche (et non « dans ») d'un angle rentrant, un mouvement inattendu du travailleur vers l'angle rentrant et le fait que l'angle rentrant soit accessible. Il semble plus judicieux à l'équipe de recherche de commencer à trouver des pistes de solution par rapport à ce dernier point (cf. section précédente). En effet, intervenir proche d'une zone dangereuse, sans avoir besoin d'y accéder, sera sécuritaire du moment que la zone dangereuse est inaccessible. Il peut être ensuite pertinent de travailler sur les causes de l'événement dangereux (glisser, tomber, etc.) ainsi que sur les besoins de travailler proche d'un angle rentrant (cf. section précédente).

6.3.2.4 Amélioration de la possibilité d'évitement du dommage

Dans le sommet de l'AdD, il est finalement possible de travailler sur les moyens d'évitement du dommage. Il est par exemple possible d'utiliser la fonction d'arrêt d'urgence [10, 12, 27] ou le

principe de la barre sensible, ainsi que le principe de commande locale à action maintenue permettant de travailler à vitesse lente [6].

Pour ce qui est de l'arrêt d'urgence, il pourrait y avoir un questionnement sur l'accessibilité de cette fonction :

- Les boutons sont-ils accessibles depuis tous les postes de travail ?
- Est-il plus judicieux d'utiliser un câble d'arrêt d'urgence ?
- Est-il plus judicieux d'utiliser un pendant ou une poignée de validation à trois positions comme dans le secteur de la robotique ou des systèmes de fabrication intégrés ?

Pour ce qui est de l'utilisation d'une barre sensible [12, 13], il convient de bien mettre en œuvre les prescriptions d'un tel dispositif. La section 5.2.10 de la norme NF EN 1010-1 :2004 [12] détaille bien les exigences de mise en œuvre.

Pour ce qui est de la commande locale maintenue à vitesse lente, qui permet à l'opérateur d'arrêter la rotation des rouleaux lui-même dès qu'il sent un début d'entraînement, la même réflexion sur l'accessibilité de la commande s'applique. Cette réflexion permettrait peut-être aussi d'améliorer l'ergonomie de la tâche associée, par exemple en utilisant un pendant permettant au pressier de se déplacer librement devant la zone de travail, plutôt que d'avoir à actionner un bouton de commande dont le positionnement spatial est figé.

7. CONCLUSION ET DISCUSSION

Cette recherche, issue d'une demande de l'Association sectorielle paritaire du secteur de l'imprimerie (*ASP Imprimerie*), consistait à valider la logique et l'exhaustivité d'un arbre de défaillance élaboré par l'*ASP Imprimerie*. Cet arbre est un schéma logique, qui retrace les différentes combinaisons de causes pouvant aboutir à l'événement indésirable, qui est l'« **écrasement d'une partie du corps d'un travailleur par un ou des rouleaux/cylindres de presse à imprimer lors d'une opération** ». En effet, dans ce secteur d'activité, de nombreux accidents graves surviennent aux opérateurs de ces machines (appelés pressiers), que ce soient pour les presses à imprimer rotatives ou pour les presses feuilles à feuilles. Le but de cet arbre de défaillance, une fois corrigé et finalisé, est de formaliser les différentes causes qui peuvent être à l'origine d'un accident et, par la même occasion, de permettre la génération de procédures de travail sécuritaires applicables lors des quatre opérations au cours desquelles la rotation des rouleaux et des cylindres de presse à imprimer est requise :

1. Le nettoyage et le lavage des rouleaux et des blanchets,
2. L'insertion et le retrait des plaques,
3. L'insertion et le retrait des blanchets,
4. L'enfilage du papier.

Sachant que le fonctionnement de la machine est nécessaire, l'application du cadenassage n'est donc pas une solution possible dans ce cas. Reste donc l'application de l'article 186 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST), qui mentionne que si un protecteur ou un dispositif de protection est déplacé ou neutralisé, des moyens supplémentaires doivent être mis en œuvre pour garantir la sécurité des travailleurs. C'est dans ce sens qu'avance actuellement l'*ASP Imprimerie* et c'est aussi ce que l'équipe de recherche a observé comme comportement sur le terrain, lors des visites.

Pour valider l'arbre, l'équipe de recherche a défini une méthodologie de recherche qui lui permettait de s'informer sur les presses à imprimer, de visiter des entreprises utilisant ces machines, de rencontrer des pressiers et de discuter avec eux de leur travail et de leur sécurité. En parallèle, l'arbre de défaillance initial a été analysé suivant un processus logique et rigoureux, tout en utilisant les normes disponibles afin de le faire évoluer, étape par étape, comme cela est rapporté au chapitre 5 de ce rapport.

Les visites sur le terrain ont été l'occasion d'observer des machines récentes ou non en fonction, rotatives ou feuilles à feuilles et de tailles très variées. De fait, l'équipe de recherche pense que l'échantillon de presses utilisé pour la validation de l'arbre est représentatif des machines utilisées au Québec. D'un point de vue technique, de nombreux faits saillants ressortent des différentes visites effectuées. Une grande confusion entoure le sens du mode de commande nécessitant une action maintenue et du mode de commande de marche par à-coups, tant dans la langue française qu'anglaise. Différentes interprétations ont été recueillies dans les entreprises : au cours des visites, l'équipe de recherche s'est rendu compte que la signification des termes en anglais (termes *jog* et *inch* plus utilisés que les termes en français) variait d'une imprimerie à l'autre, tandis que la signification des termes en français variait moins. L'utilisation d'un vocabulaire uniforme dans le secteur permettrait de limiter les confusions dans les différents modes de commande. Certaines zones dangereuses des machines, surtout anciennes, n'étaient pas protégées par le biais de protecteurs fixes, de protecteurs mobiles ou de dispositifs de

protection. Enfin, quelques caractéristiques du mode de commande *safe*, associé aux protecteurs mobiles, variaient suivant les presses observées.

D'un point de vue organisationnel, d'autres points saillants ressortent aussi des visites effectuées. La communication et la coordination inadéquates ont été reconnues, par les pressiers, comme étant des facteurs contributifs à la survenue d'événements dangereux. L'environnement de travail, dont le bruit ambiant, la luminosité, la configuration physique des machines, ainsi que les dénivellations fréquentes ont aussi été reconnus, par les pressiers, comme des facteurs contributifs à des événements dangereux. Enfin, les objets utilisés lors des différentes tâches observées peuvent eux aussi être la source d'événements dangereux. L'ensemble de ces points est repris dans la section 4.3 du rapport.

Du point de vue logique, l'arbre de défaillance initial a été profondément remodelé. Les évolutions ont été basées sur les observations effectuées lors des visites par l'équipe de recherche, sur les discussions menées en entreprises avec les pressiers, sur les discussions menées avec les employés de l'ASP Imprimerie ainsi que sur les commentaires du pressier expert, lors de l'une des réunions de validation. Pour ce qui est de la logique, toutes les relations entre les différents niveaux peuvent s'expliquer par les deux questions fondamentales : « pourquoi » et « quelles sont les conséquences de ». Finalement, les cellules sont toujours reliées entre elles par des portes logiques. L'arbre de défaillance a aussi été enrichi par des références législatives et normatives relatives aux presses à imprimer. L'utilisateur dispose, en plus de la logique d'enchaînement des causes, d'informations variées sur des éléments de sécurité pouvant être sélectionnés pour améliorer la sécurité de ces machines.

A partir de toute cette information, il sera possible d'élaborer des procédures sécuritaires conformes à la réglementation en vigueur ou aux concepts véhiculés par les normes du secteur de l'imprimerie. Il sera aussi possible pour les différents utilisateurs de l'arbre de sécuriser les presses et leur fonctionnement selon le concept de défense en profondeur. Le choix des barrières caractéristiques de ce concept – barrières matérielles, humaines ou organisationnelles - sera facilité par la classification des causes (facteurs contributifs de l'événement indésirable) citées dans l'arbre de défaillance et guidé par l'une ou l'autre des quatre méthodes de raisonnement mentionnées dans le chapitre précédent.

Enfin, l'équipe de recherche est d'avis que cet arbre peut être adapté à d'autres machines qui possèdent de nombreux angles rentrants. En effet, la logique accidentelle ainsi que les moyens de protection des angles rentrants resteront les mêmes et seules les informations relatives à la présence nécessaire dans la zone dangereuse ou proche de cette dernière ainsi que certains événements dangereux devront être adaptés aux nouvelles machines.

8. RÉFÉRENCES

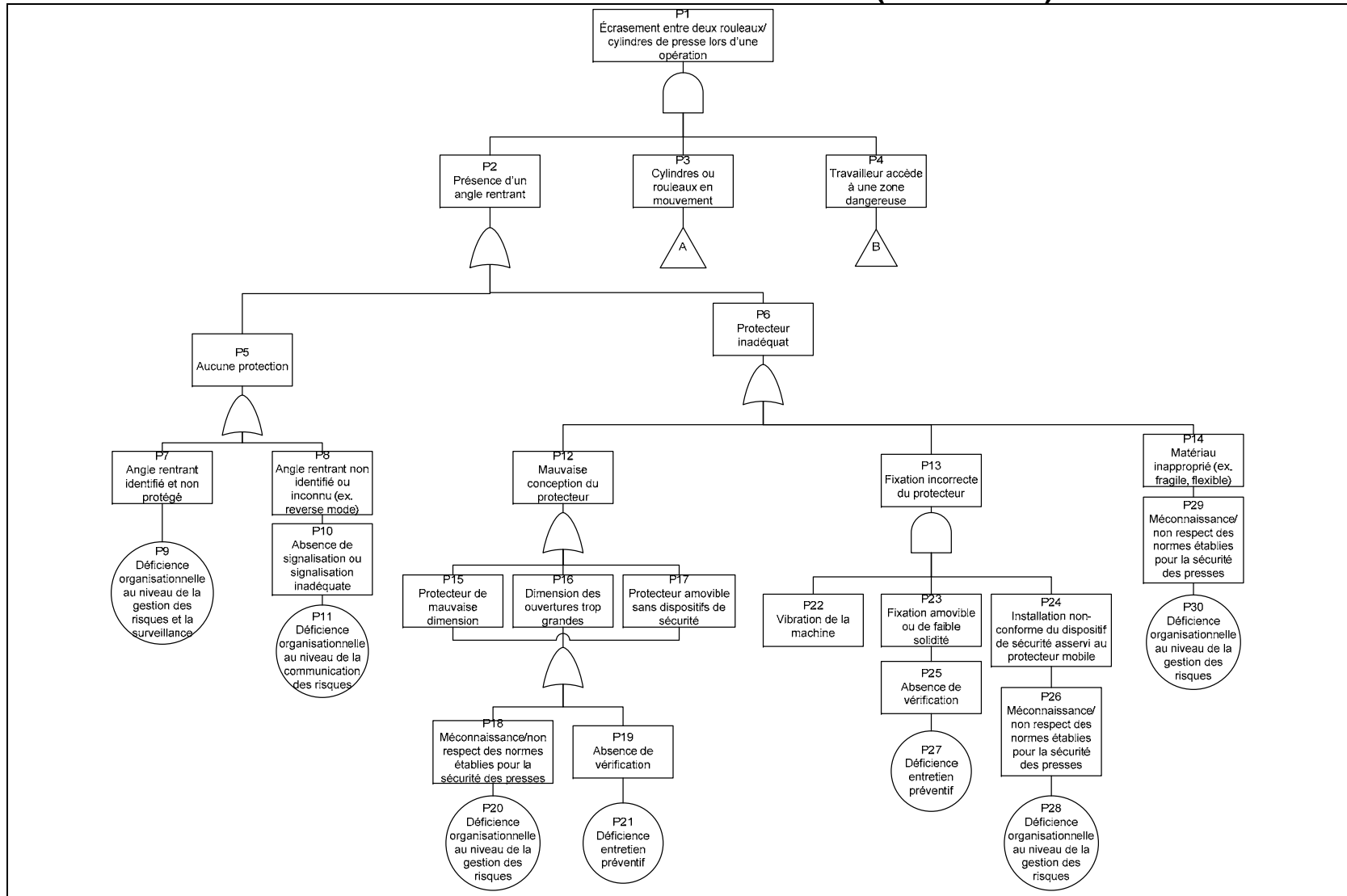
- [1] "Les machines à imprimer rotatives à bobines", Travail & Sécurité, 1970, p 603 à 610.
- [2] "Offset imprimerie", Wikipédia. {[http://fr.wikipedia.org/wiki/Offset_\(imprimerie\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Offset_(imprimerie))} (19 novembre 2009)
- [3] ABECASSIS, P., Andeol, B., Auburtin, G., Beaumont, N., Bediot, G. et coll. "Évaluation et prévention des risques dans les petites imprimeries offset", 2003, Institut national de recherche et de sécurité (INRS), pp. 109-150.
- [4] ALSACE SANTÉ AU TRAVAIL. "Fiche métiers de l'impression - Technique de l'offset", 2007, 11 pages.
- [5] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. "Criteria for safety symbols ", ANSI Z 535-3 (2007)
- [6] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. "Graphic technology – Safety standard – Printing press systems", ANSI B65.1 (2005)
- [7] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. "Performance criteria for safeguarding", ANSI B11.19
- [8] ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. "Maîtrise des énergies dangereuses : cadencage et autres méthodes", CSA Z460 (2005)
- [9] ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. "Protection des machines", CSA Z432 (2004)
- [10] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. "Equipements d'arrêt d'urgence, aspects fonctionnels", NF EN 418
- [11] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. "Exigences de sécurité - Partie 1: exigences communes", NF EN ISO 11111-1
- [12] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines - Prescriptions de sécurité pour la conception et la construction de machines d'impression et de transformation du papier - Partie 1 : prescriptions communes", NF EN 1010-1 (2004)
- [13] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines : Prescriptions de sécurité pour la conception et la construction de machines d'impression et de transformation du papier - Partie 2 : Machines d'impression et de vernissage y compris les machines et les équipements de pré-press", NF EN 1010-2 (2004)
- [14] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. "Guidance on safe use of machinery", PD 5304 (2005)
- [15] COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC. Rapport d'enquête d'accident : accident avec blessures survenu le 24 août 1981 (sommaire : un pressier a les deux mains écrasées entre deux cylindres d'une presse d'imprimerie), EN-001082 Québec, CSST, 1981.
- [16] COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC.

- Rapport d'enquête d'accident : accident avec blessures survenu le 27 mai 1984 (sommaire : un pressier a le pouce gauche arraché dans l'angle rentrant de rouleaux en réglant une presse), EN-001544, Québec, CSST, 1984.
- [17] DIDELOT, Armelle. Contribution à l'identification et au contrôle des risques dans le processus de conception, Thèse de Doctorat en Génie des Systèmes Industriels, Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2002, 229p.
- [18] GAGNÉ, Nicolas, Massé, Serge, Turcot, Denis, Giraud, Laurent et Sirard, Christian. "La sécurité des cardes - Identification des risques et exploration des possibilités d'amélioration", Montréal, IRSST, 2004, 182 pages.
- [19] GARBOLINO, Emmanuel. "La défense en profondeur - Contribution de la sûreté nucléaire à la sécurité industrielle", Paris, Éditions TEC & DOC, 2008, 66 pages.
- [20] GIRAUD, Laurent. "Sécurité des machines – Prévention des phénomènes dangereux d'origine mécanique, protecteurs fixes et distances de sécurité", Montréal, 2008, 69 pages.
- [21] HOLLNAGEL, Erik. "Barriers and Accident Prevention", Hampshire, Ashgate Publishing, 2006, 208 pages.
- [22] LAURENZI, Nathalie. Fiche technique : "Action sur les machines - Angles rentrants : les repérer pour se protéger", Montréal, Association paritaire de santé et de sécurité du travail, secteur imprimerie et activités connexes, 2009, 4 pages.
- [23] LAURENZI, Nathalie. Guide : "Comprendre les risques associés aux machines en imprimerie pour agir en prévention", Montréal, Association paritaire de santé et de sécurité du travail, secteur imprimerie et activités connexes, 2006, 67 pages.
- [24] LIEVENS, C. "Sécurité des systèmes", Toulouse, Cépaduès - Édition, 1976, 341 pages.
- [25] LOIS ET RÈGLEMENTS DU QUÉBEC. "Règlement sur la santé et la sécurité du travail" (RSST), 2008.
- [26] MARSOT, J., Klein, R., Pagliero, D. et Dei-Svaldi, D. "Sécurité des machines et des équipements de travail - Circuits de commande et de puissance. Principes d'intégration des exigences de sécurité", Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2003, 35 pages.
- [27] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines - Arrêt d'urgence – Principes de conception", ISO, ISO 13850 : 2006
- [28] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines – Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses", ISO, ISO 13857 : 2008
- [29] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines : Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs -principes de conception et de choix", ISO, ISO 14119 : 1998
- [30] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines : Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 1 : terminologie de base, méthodologie", ISO, ISO 12100-1 : 2003
- [31] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Sécurité des

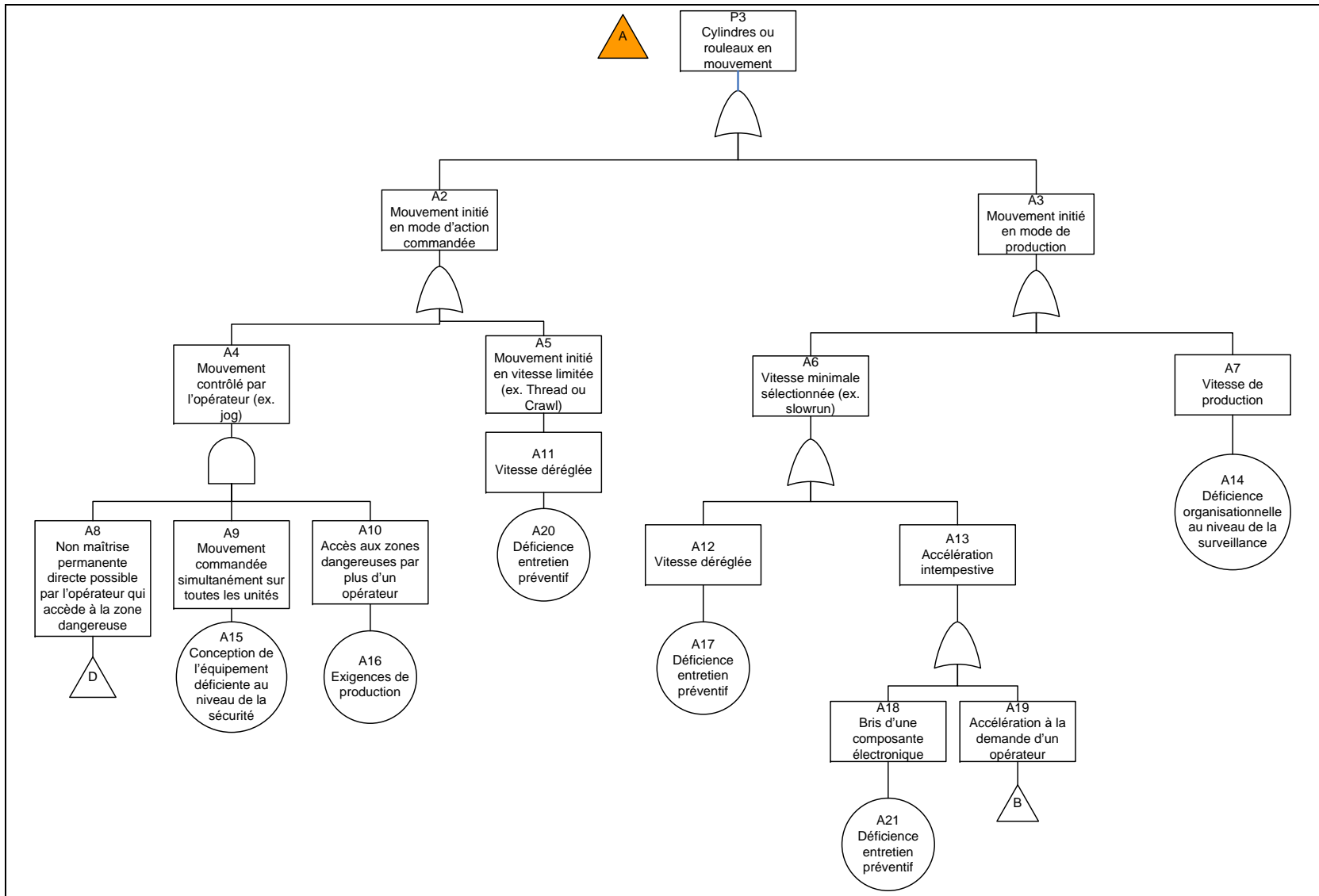
- machines : Notions fondamentales, principes généraux de conception –Partie 2 : principes techniques", ISO, ISO 12100-2 : 2003
- [32] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines : Prévention de la mise en marche intempestive", ISO, ISO 14118 : 2000
- [33] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines : Principes pour l'appréciation du risque", ISO, ISO 14121 : 2007
- [34] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Sécurité des machines : Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles", ISO, ISO 14120
- [35] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Symboles graphiques - Couleurs de sécurité et signaux de sécurité - Partie 3: Principes de conception des symboles graphiques utilisés dans les signaux de sécurité", ISO, ISO 3864 - 3 : 2006
- [36] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. "Système d'automatisation industrielle – Sécurité des systèmes de fabrication intégrés – Prescriptions fondamentales", ISO, ISO 11161:2007
- [37] PAQUES, J.-J., BOURBONNIÈRE, R., DAIGLE, R., DUCHESNE, D., TTRUDEL, C., HUNYNH, T., ELISKOF, S. et SCHREIBER, L. "Sécurité des machines : phénomènes dangereux, situations dangereuses, événements dangereux, dommages," Pochette Montréal, CSST, IRSST, 2004.
- [38] PÉRUSSE, Michel. "Le coffre à outils de la prévention des accidents en milieu de travail", Napierville, Groupe de communication Sanssectra, 1995, 302 pages.
- [39] RAVALLEC, Céline. "Le Monde Imprimerie - La réduction des risques a bonne presse", Travail & Sécurité, juin 2008, p. 2-11.
- [40] RELIABILITY ANALYSIS CENTER (RAC). "Fault tree analysis application guide", 1990, 55 pages.
- [41] STANDARDS AUSTRALIA. "Conveyors - Safety requirements", AS 1755 (2000)
- [42] ANDÉOL-AUSSAGE, B., MONTEAU, M., Risques professionnels : analyse et évaluation, Techniques de l'Ingénieur, SE3920, 2007.
- [43] MORTUREUX, Y., Arbres de défaillance, des causes et d'événement, Techniques de l'Ingénieur, SE4050, 2002.

ANNEXE 1 : ARBRE DE DEFAILLANCE INITIAL

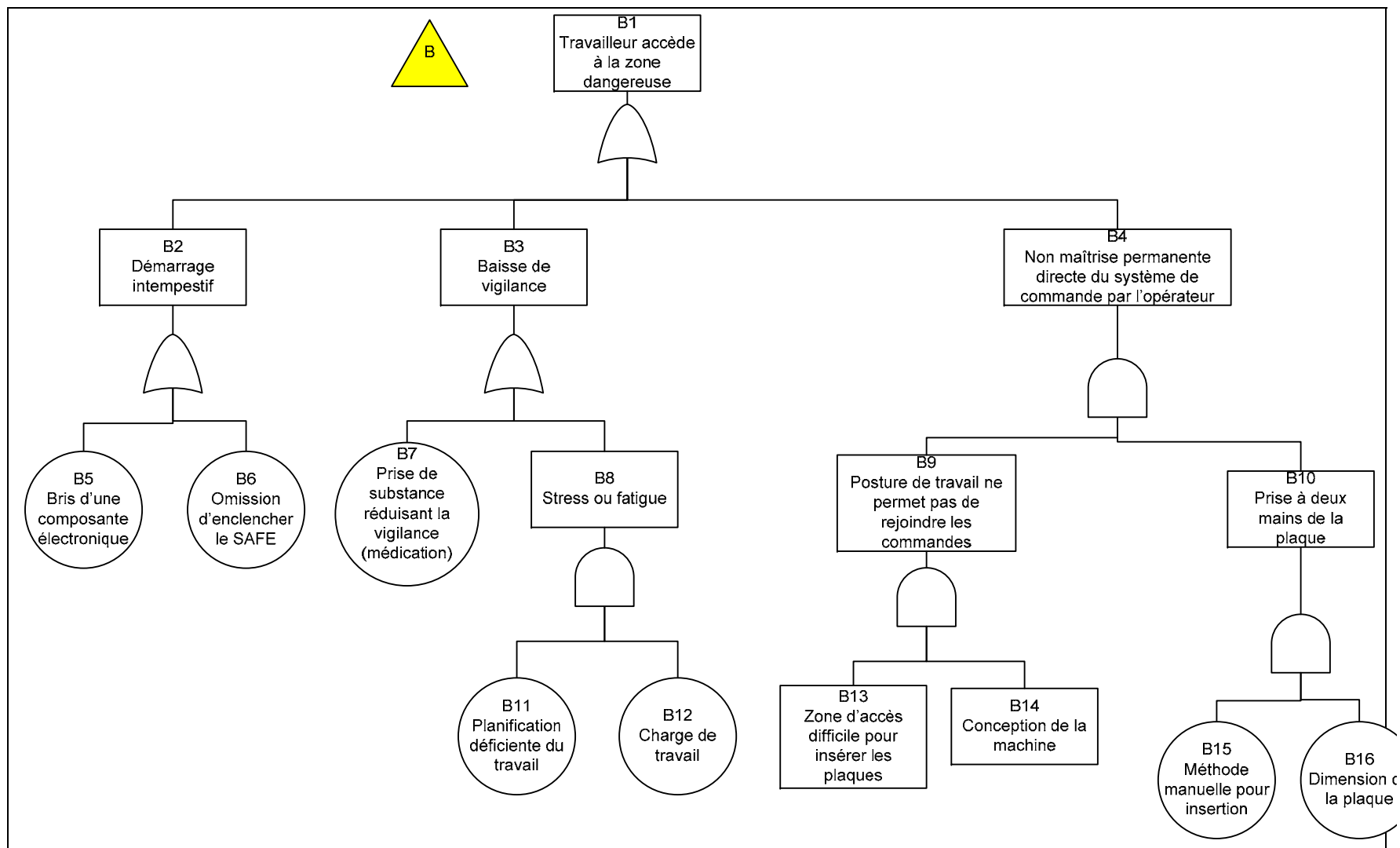
Annexe 1.1 : Arbre de défaillance initial (Le sommet)



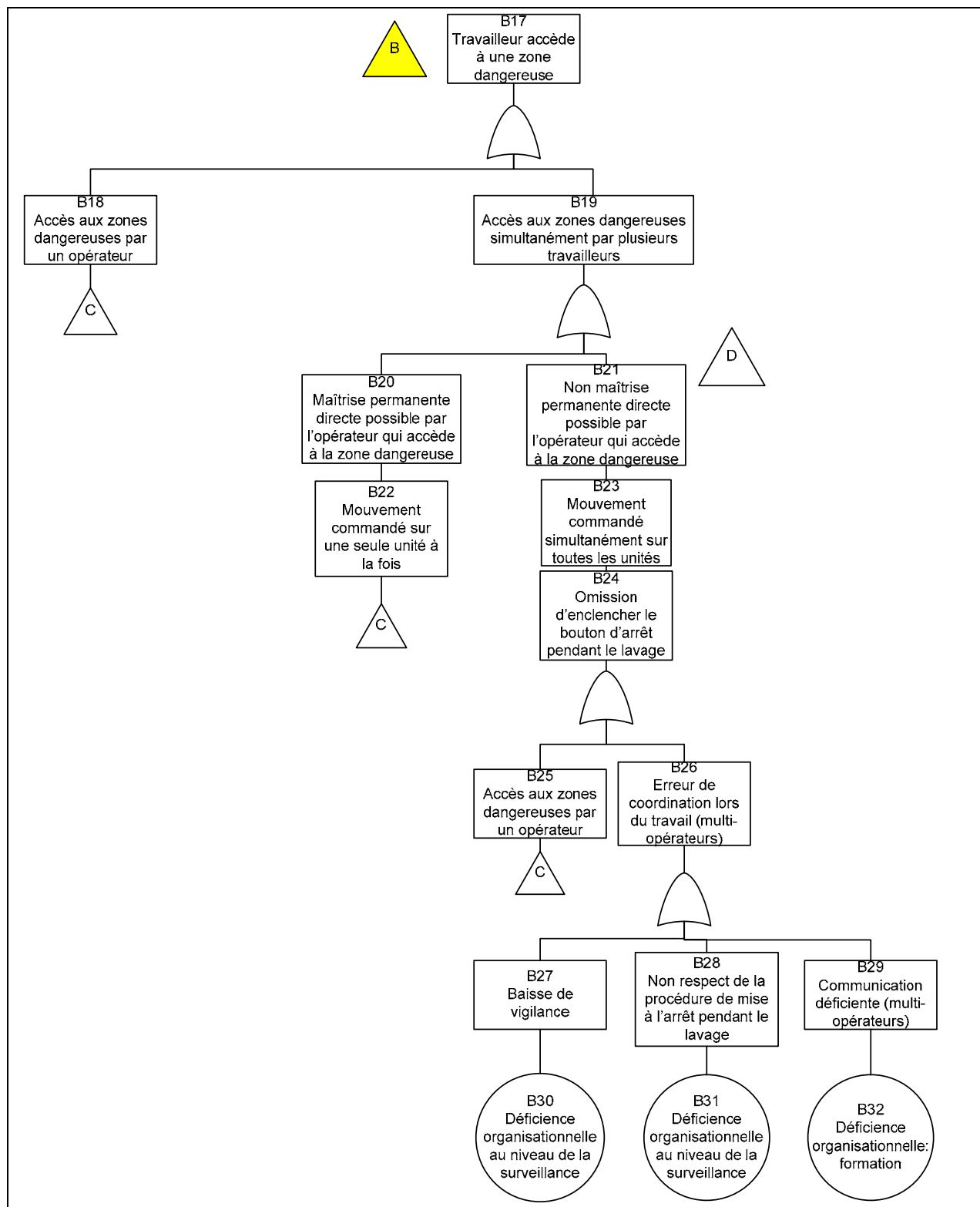
Annexe 1.2 : Arbre de défaillance initial (A – cylindres ou rouleaux en mouvement)



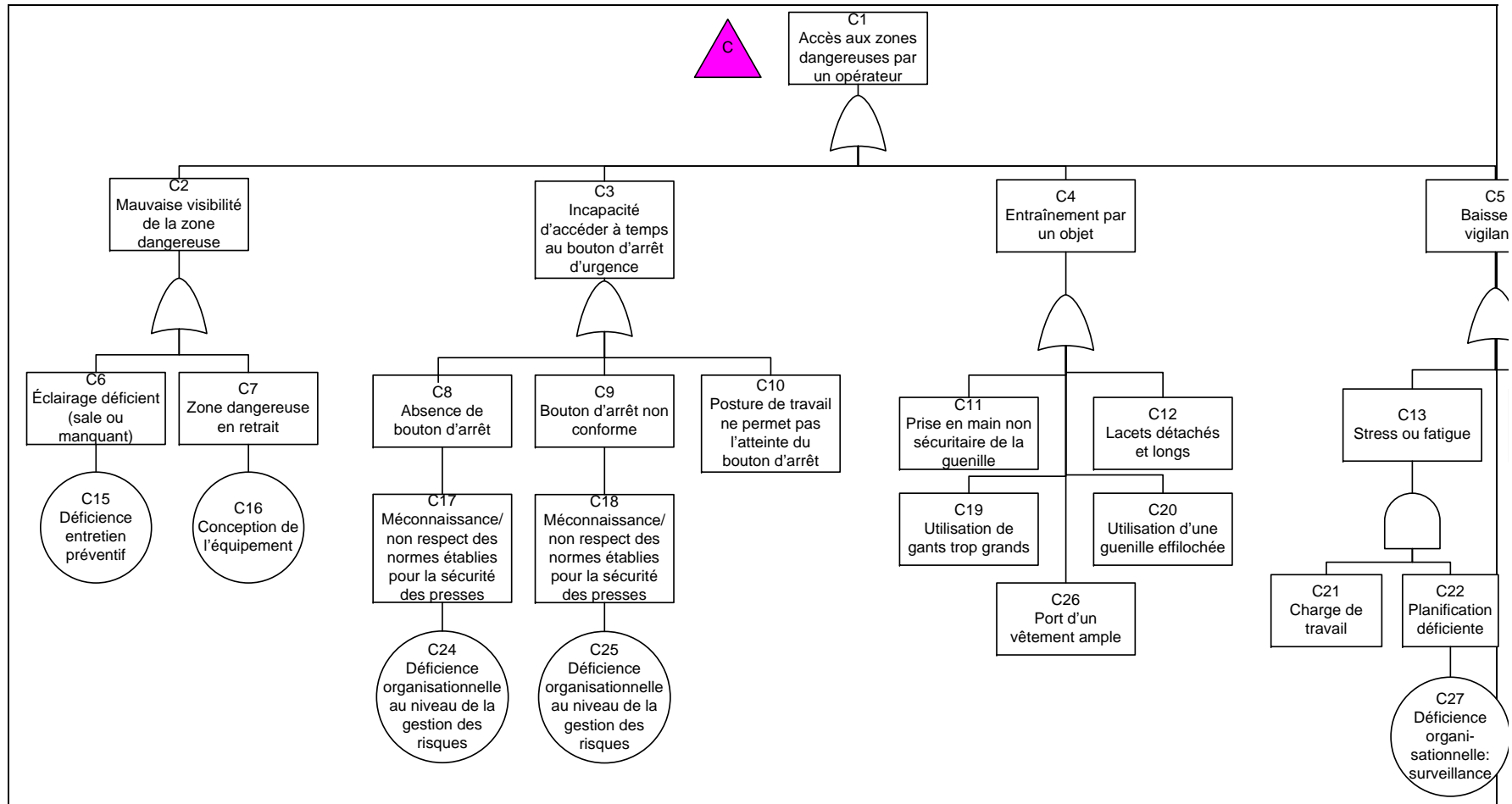
Annexe 1.3 : Arbre de défaillance initial (B1 – Travailleur accède à la zone dangereuse, insertion des plaques)



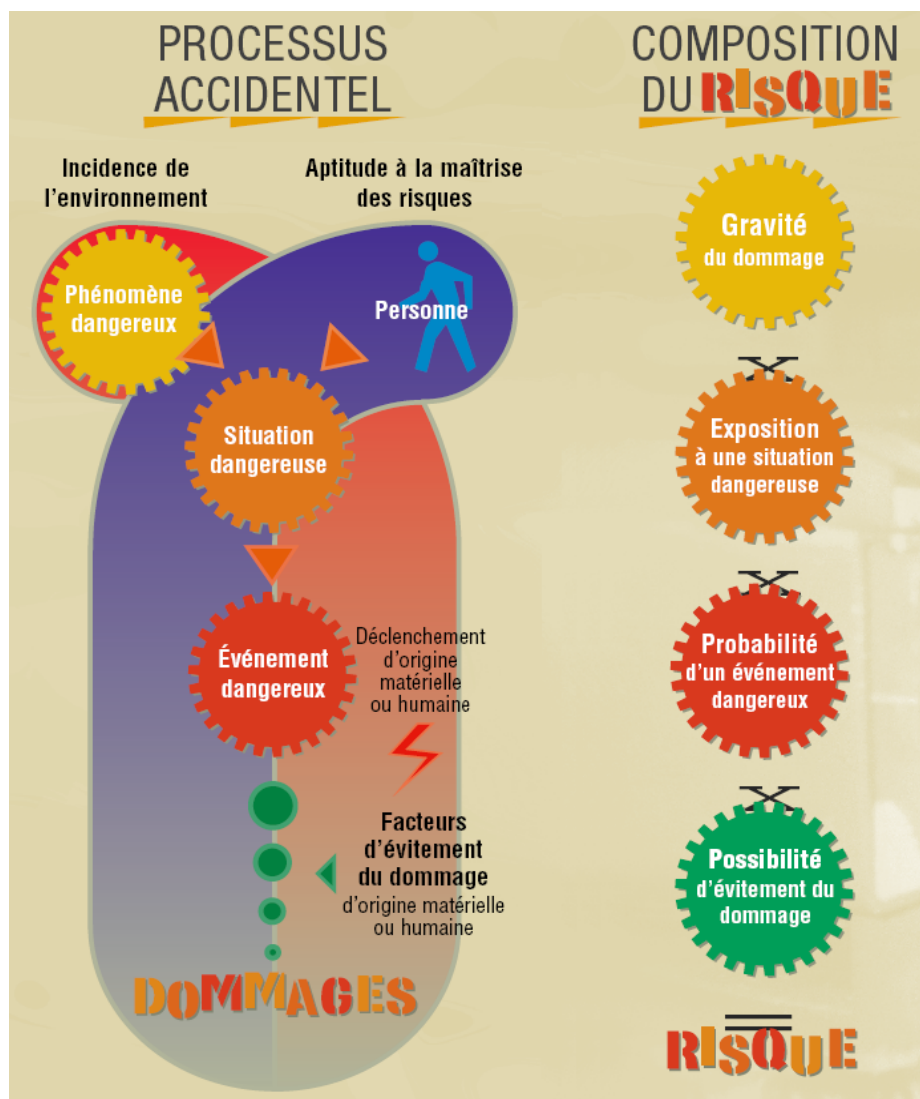
Annexe 1.4 : Arbre de défaillance initial (B2 – Travailleur accède à la zone dangereuse, nettoyage des blanchets)



Annexe 1.5 : Arbre de défaillance initial (C – Accès aux zones dangereuses par un opérateur)

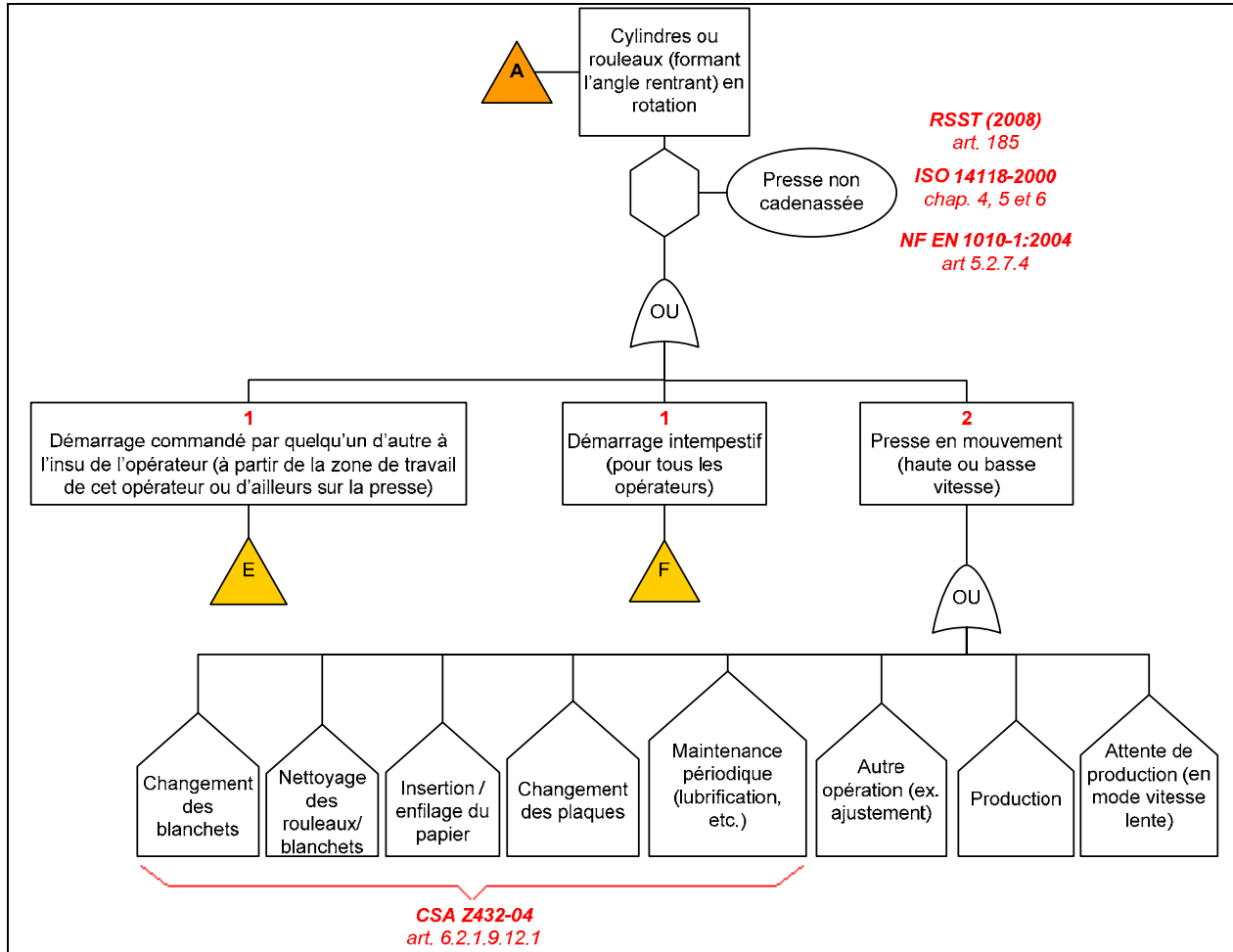


ANNEXE 2 : PROCESSUS ACCIDENTEL ET COMPOSITION DU RISQUE [37]

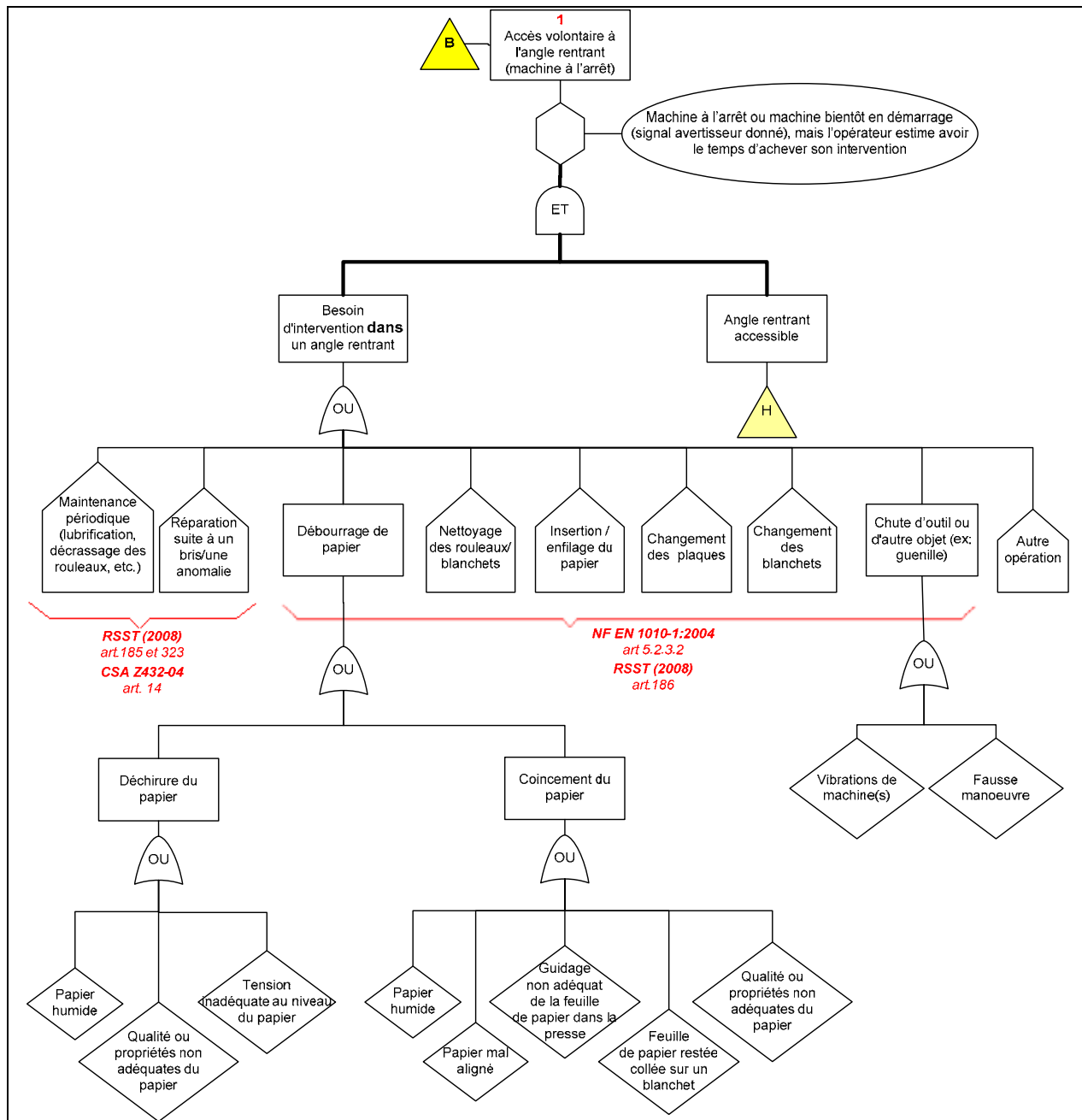


ANNEXE 3 : ARBRE DE DÉFAILLANCE FINAL

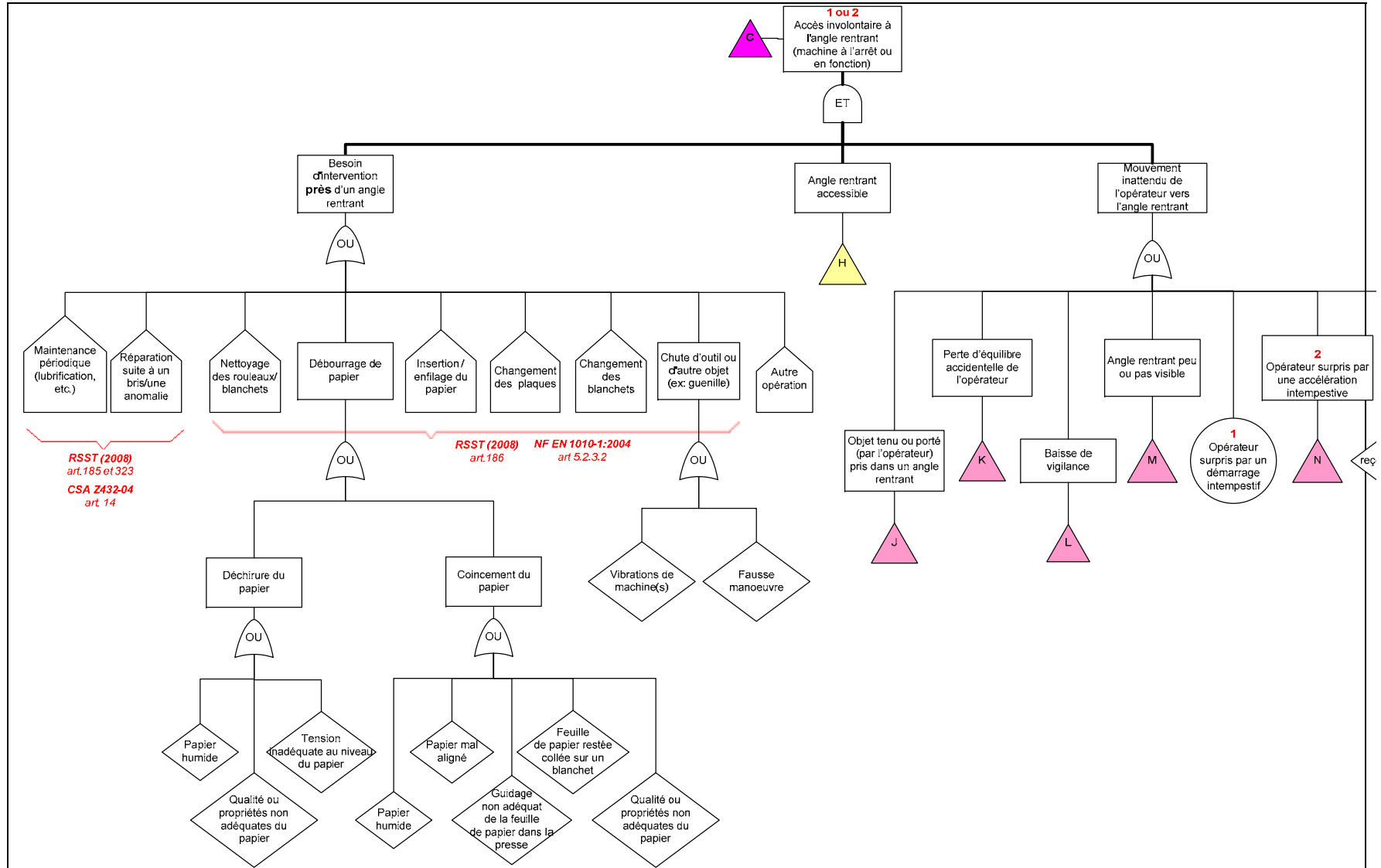
Annexe 3.1 : AdD final (sous-grappe « A »)



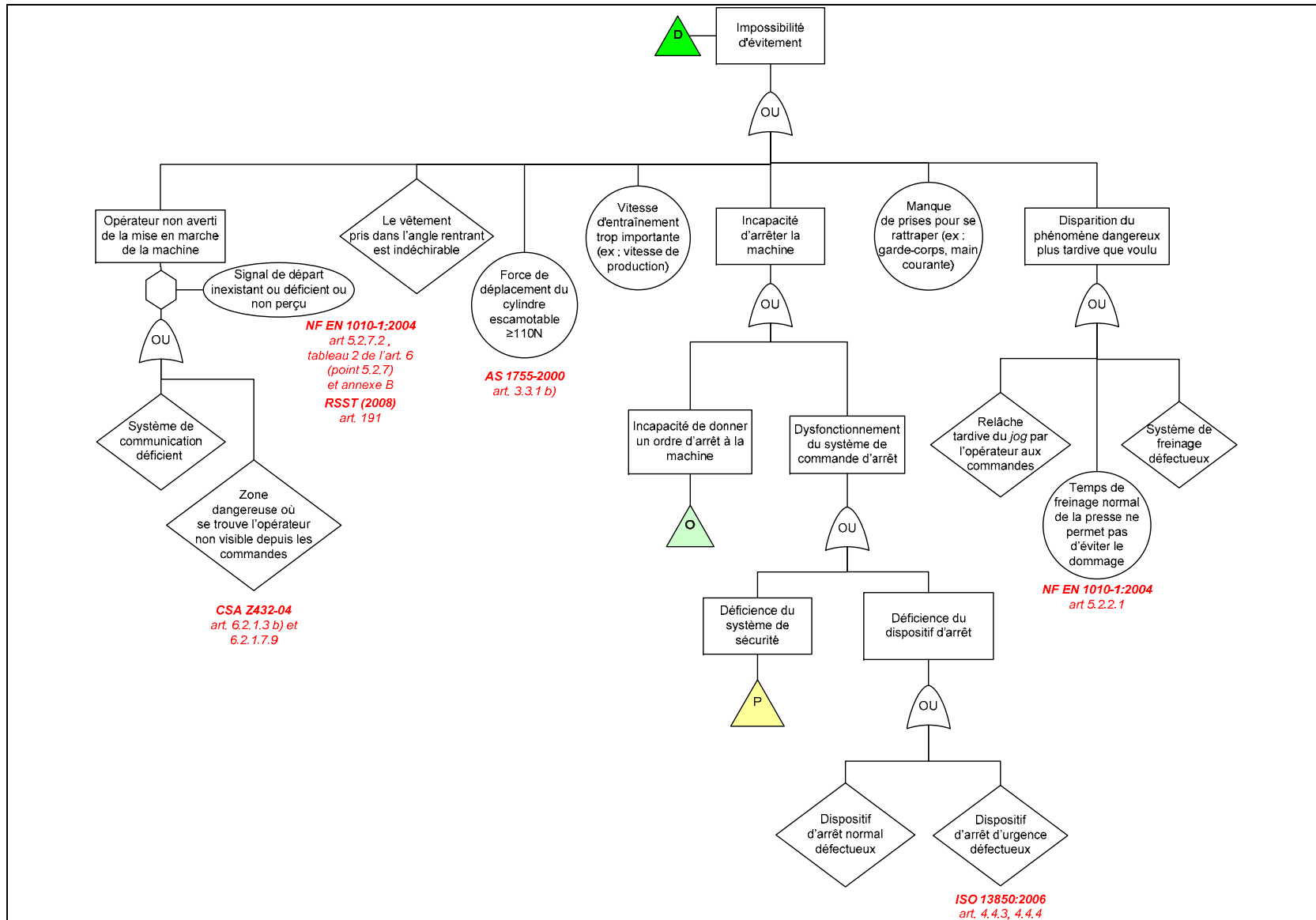
Annexe 3.2 : AdD final (sous-grappe « B »)



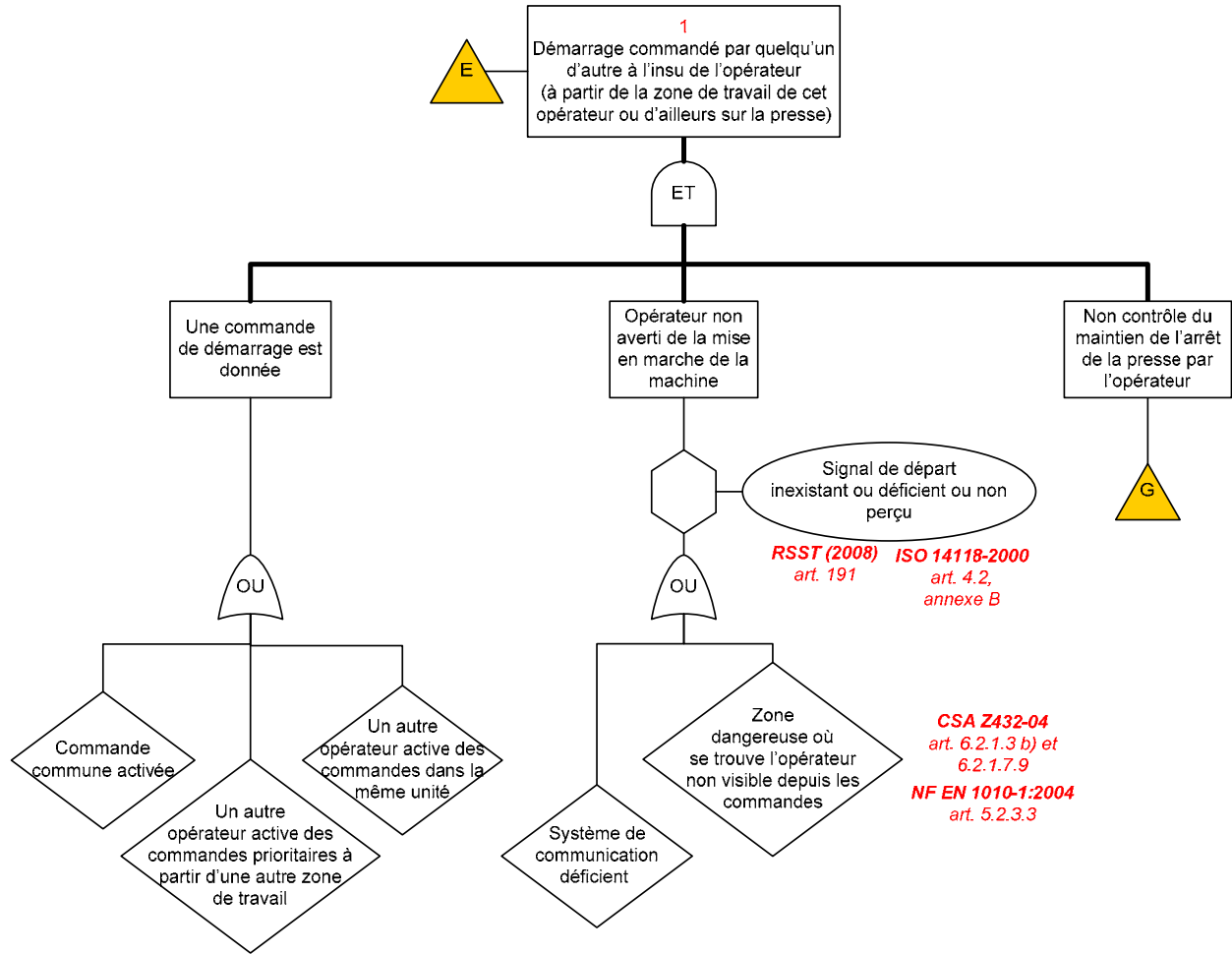
Annexe 3.3 : AdD final (sous-grappe « C »)



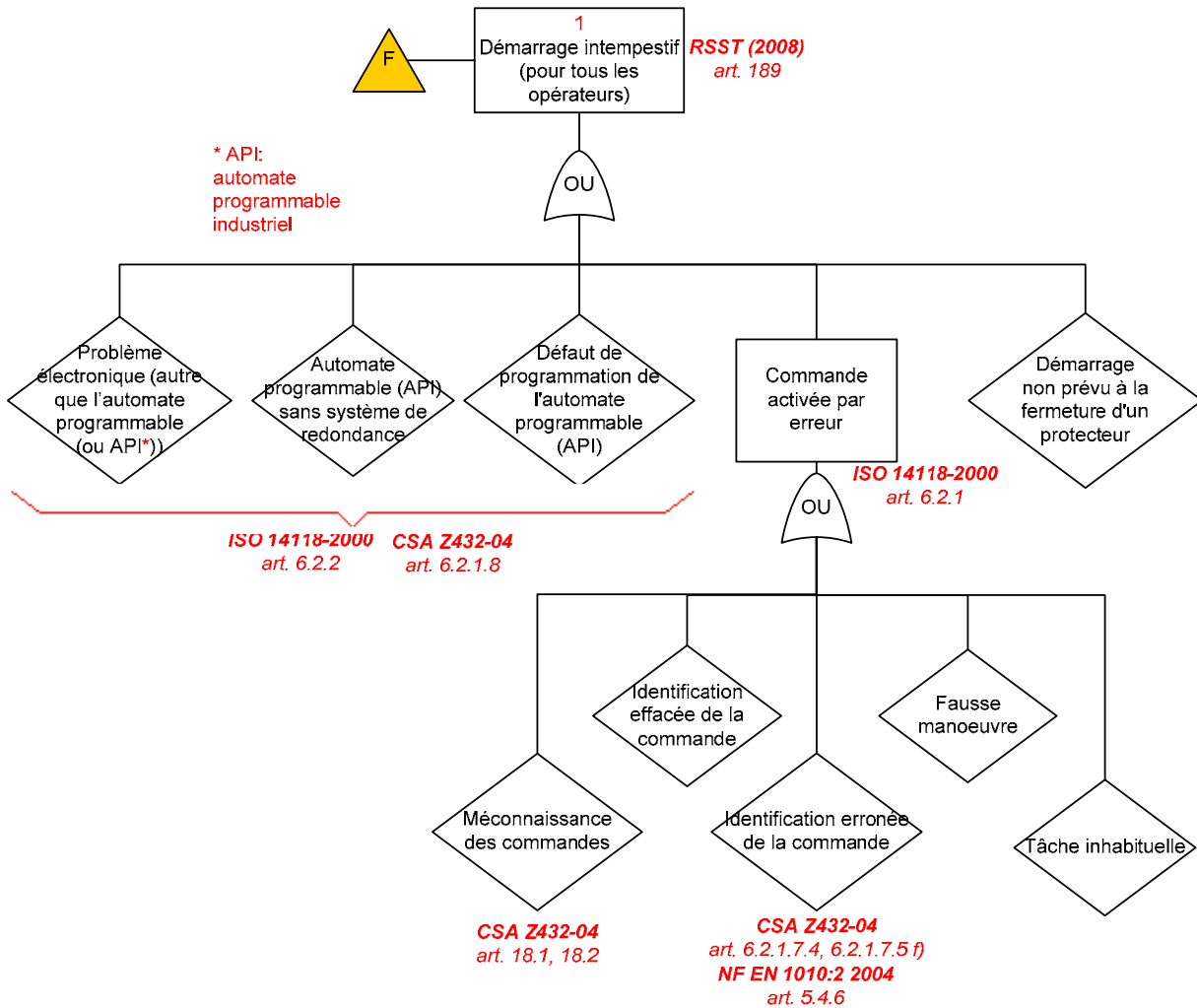
Annexe 3.4 : AdD final (sous-grappe « D »)



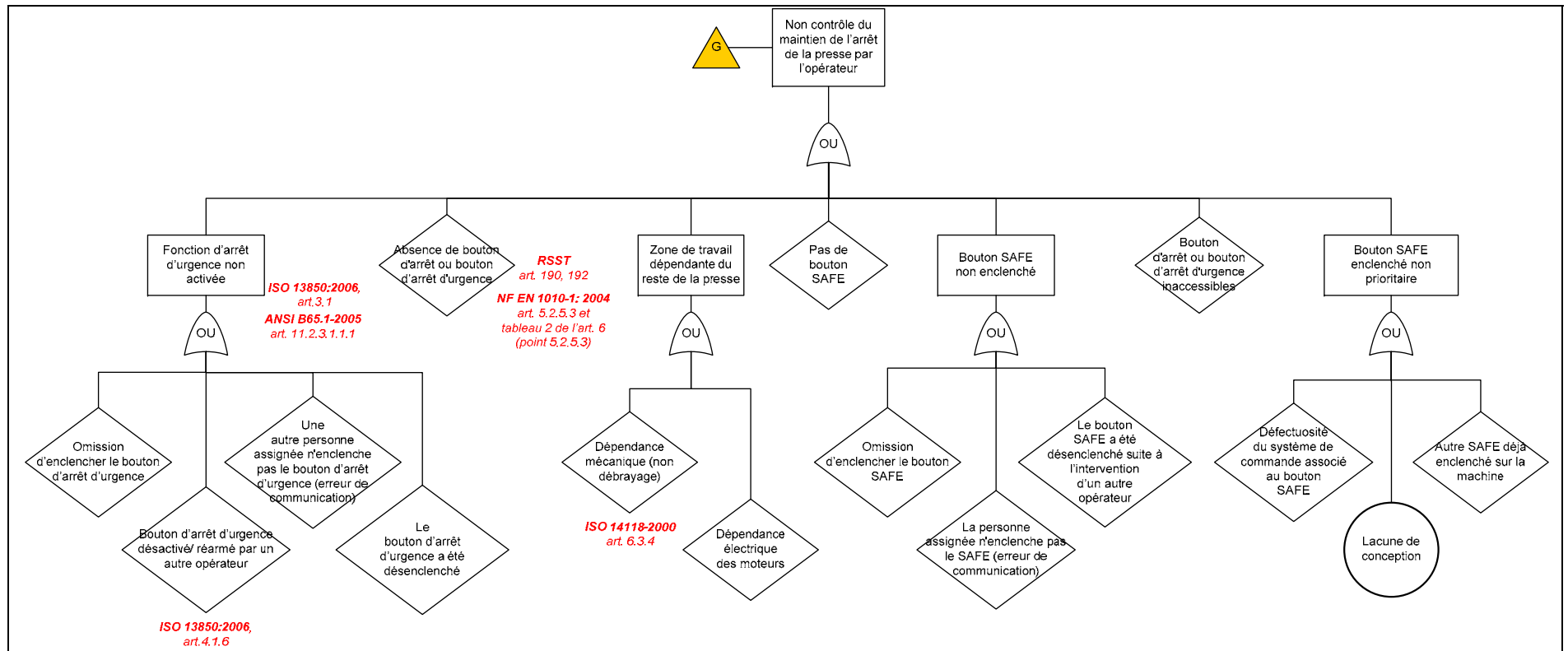
Annexe 3.5 : AdD final (sous-grappe « E »)



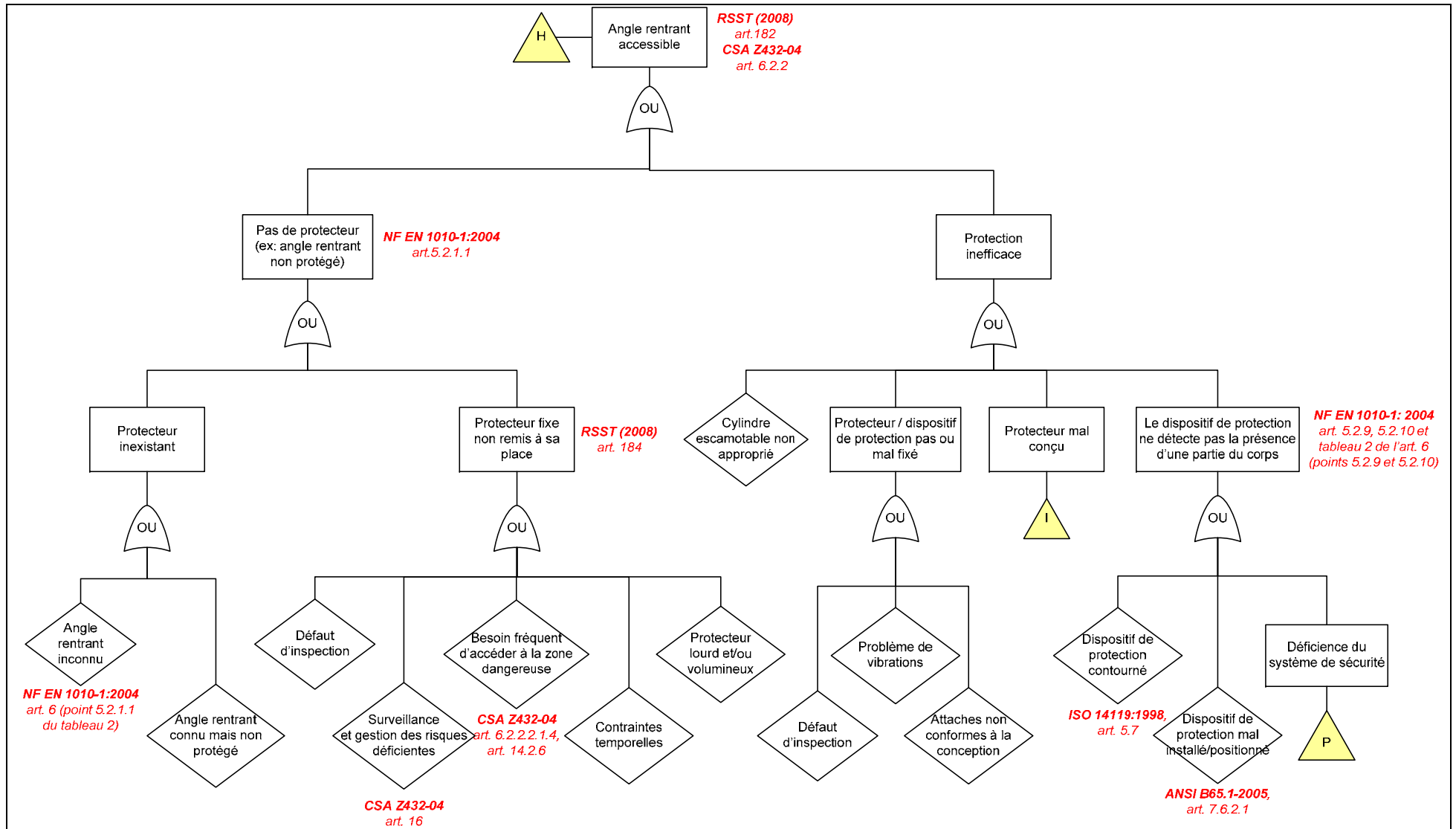
Annexe 3.6 : AdD final (sous-grappe « F »)



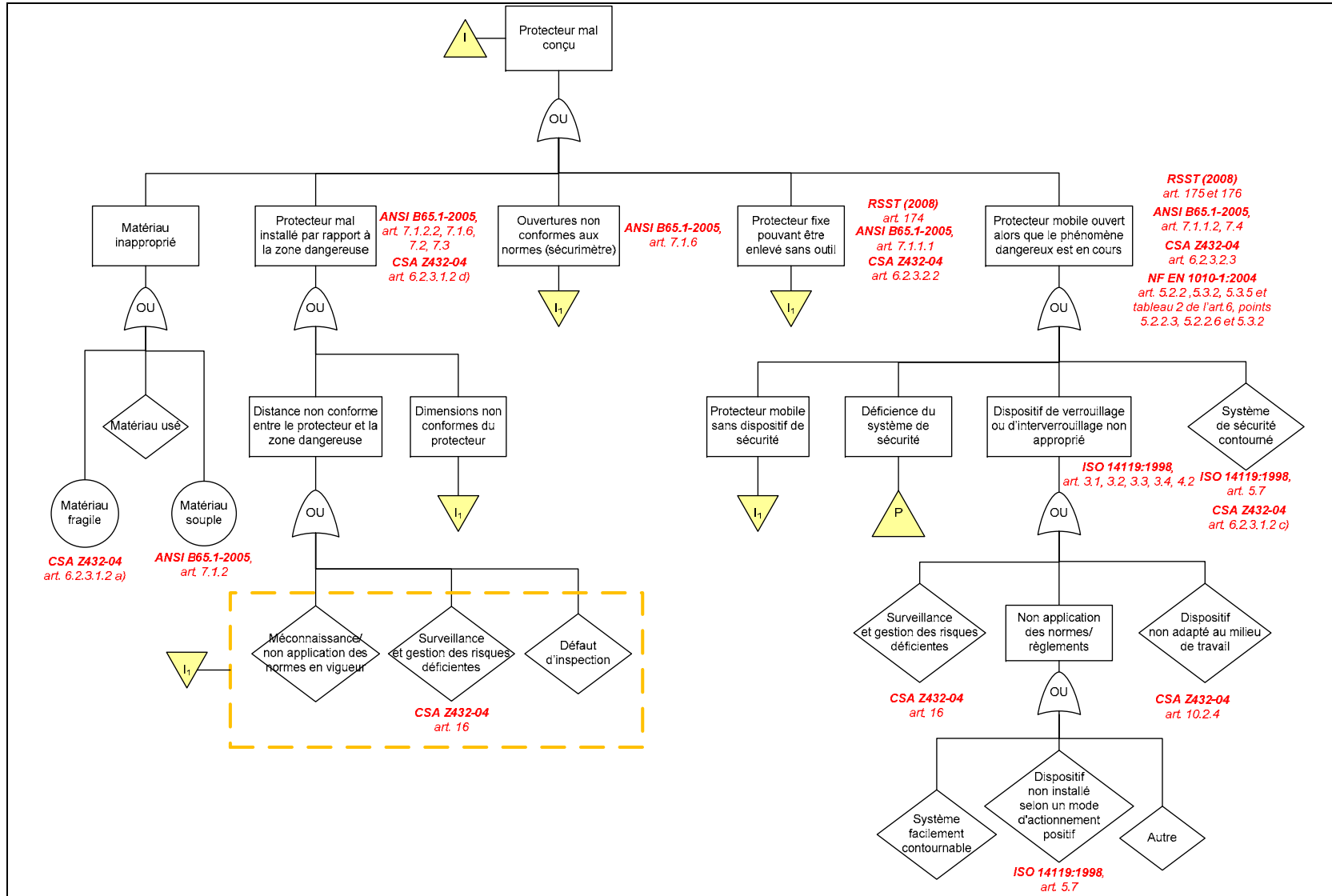
Annexe 3.7 : AdD final (sous-grappe « G »)



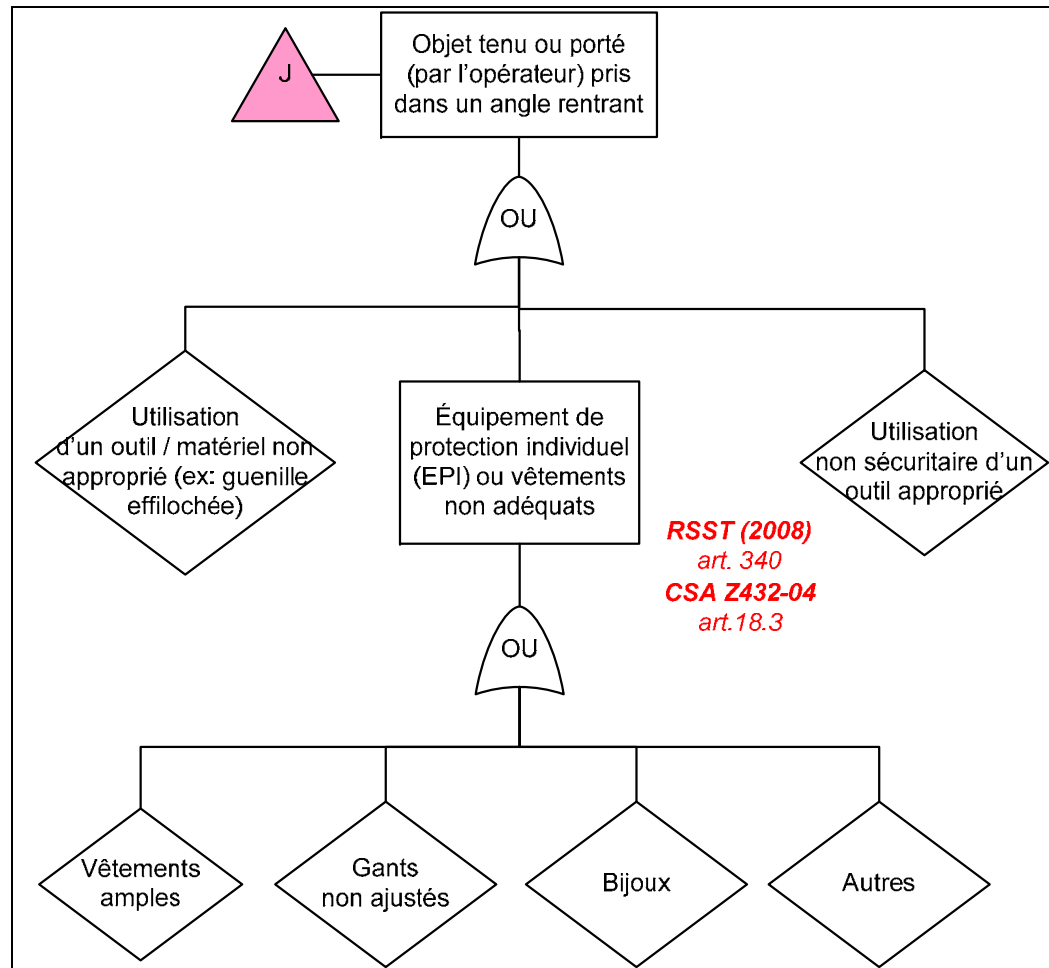
Annexe 3.8 : AdD final (sous-grappe « H »)



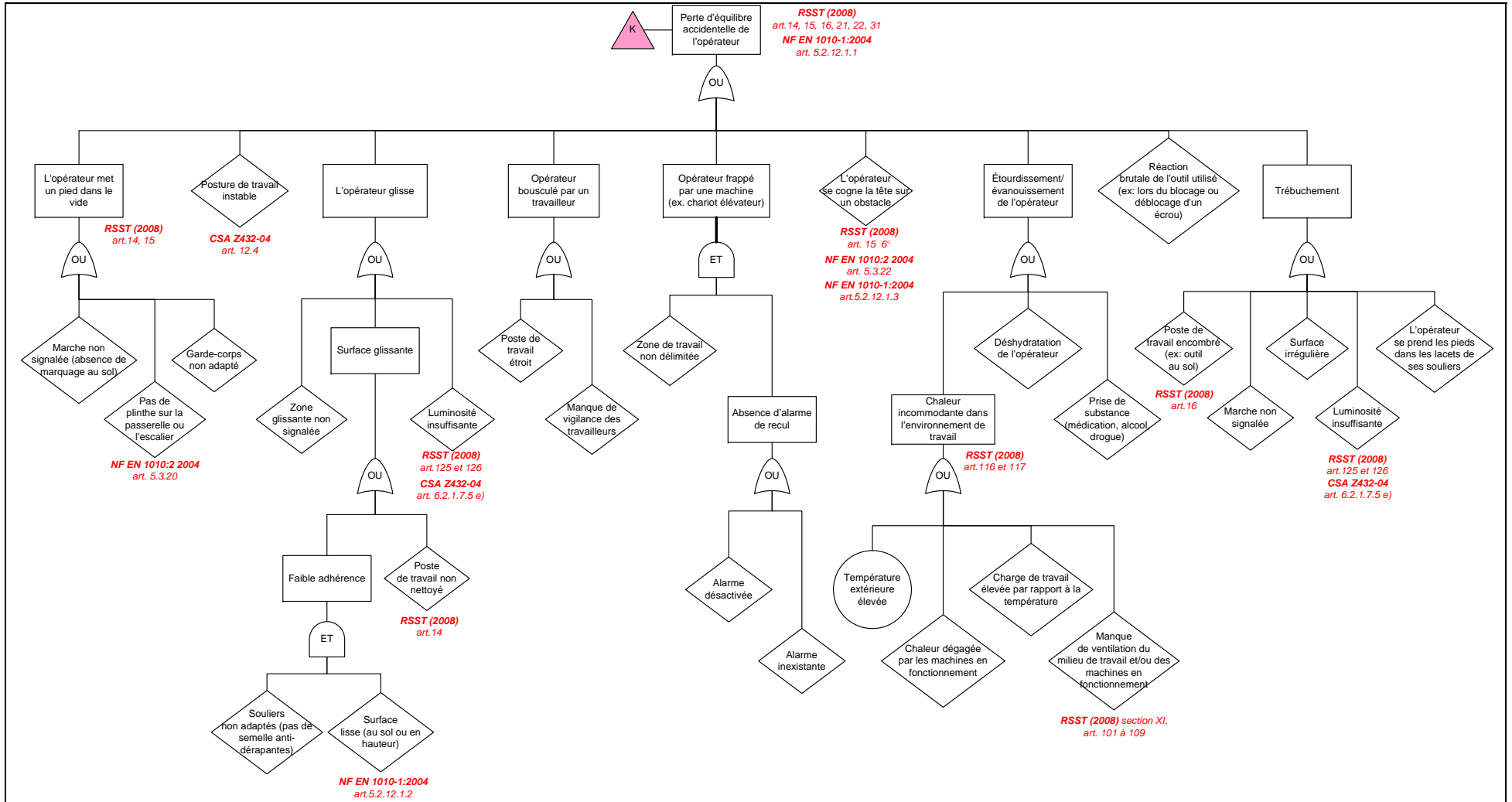
Annexe 3.9 : Add final (sous-grappe « I »)



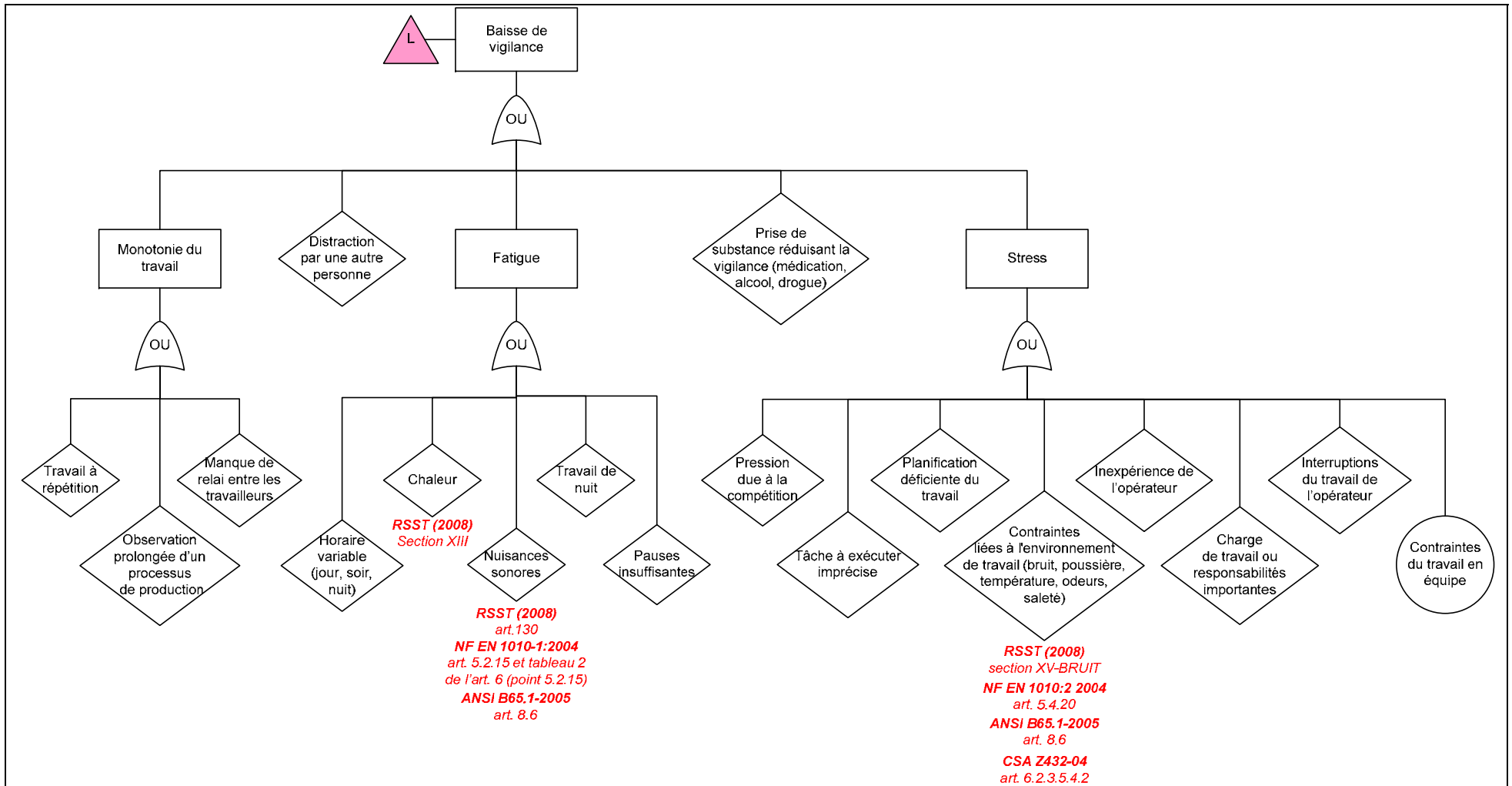
Annexe 3.10 : AdD final (sous-grappe « J »)

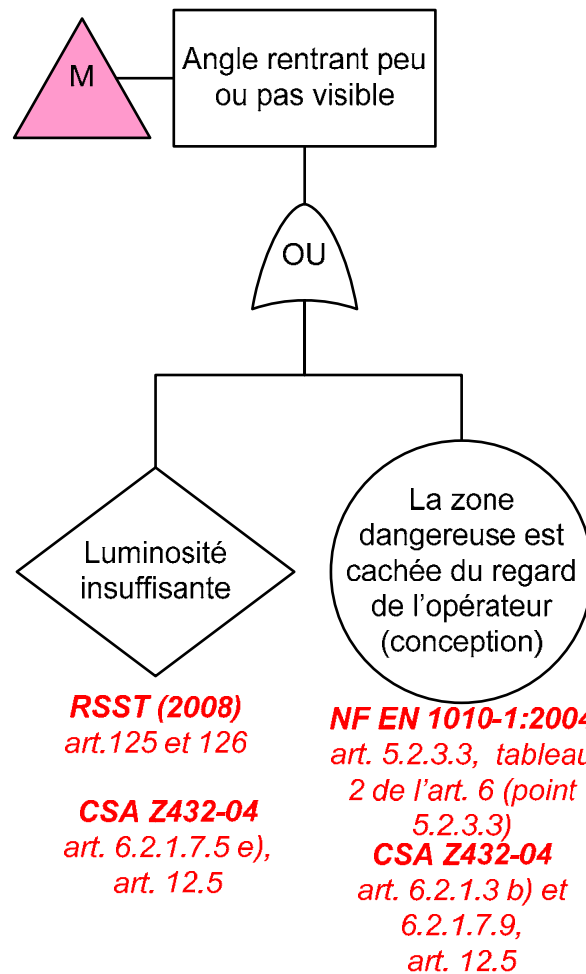


Annexe 3.11 : AdD final (sous-grappe « K »)

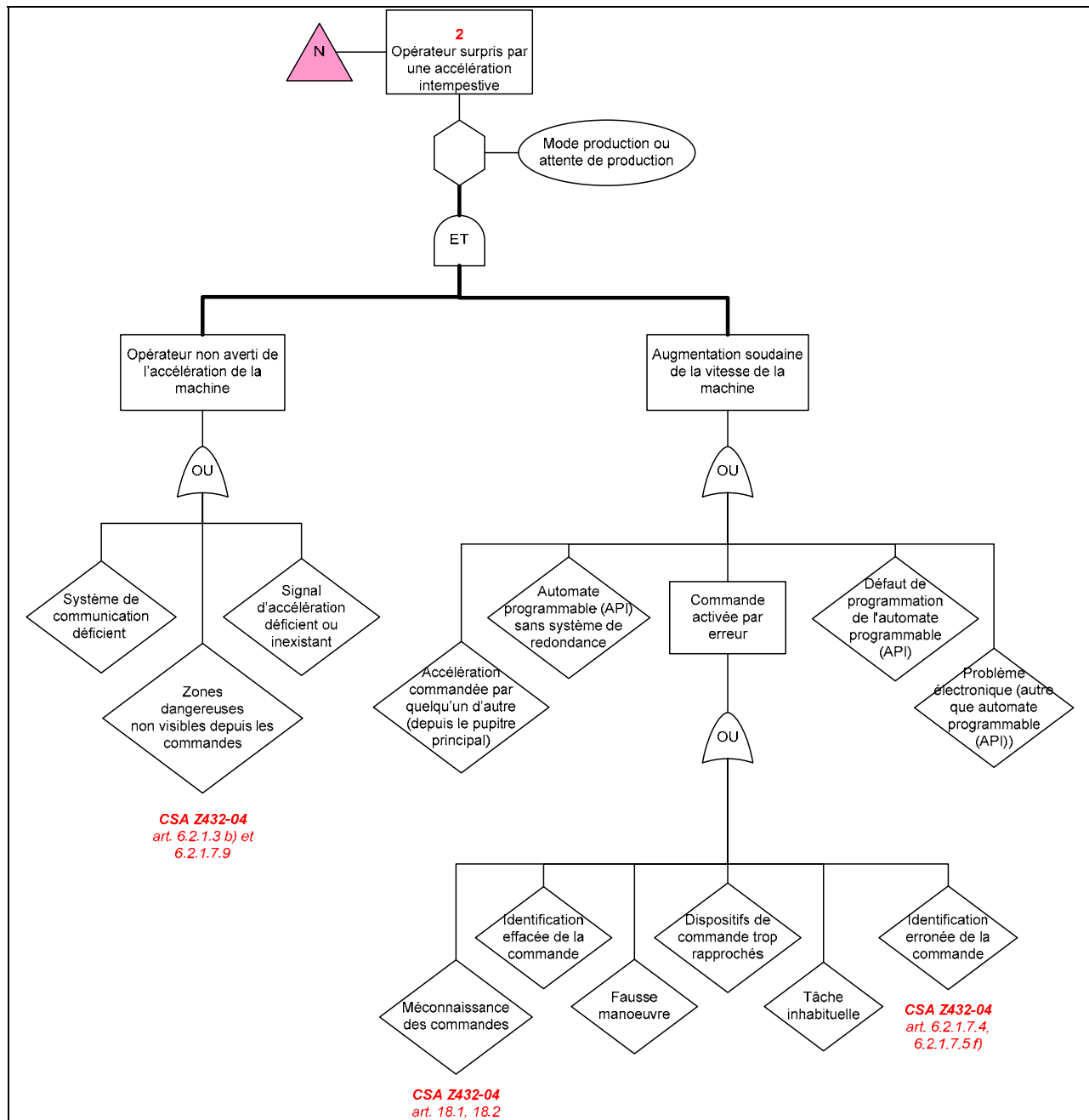


Annexe 3.12 : AdD final (sous-grappe « L »)

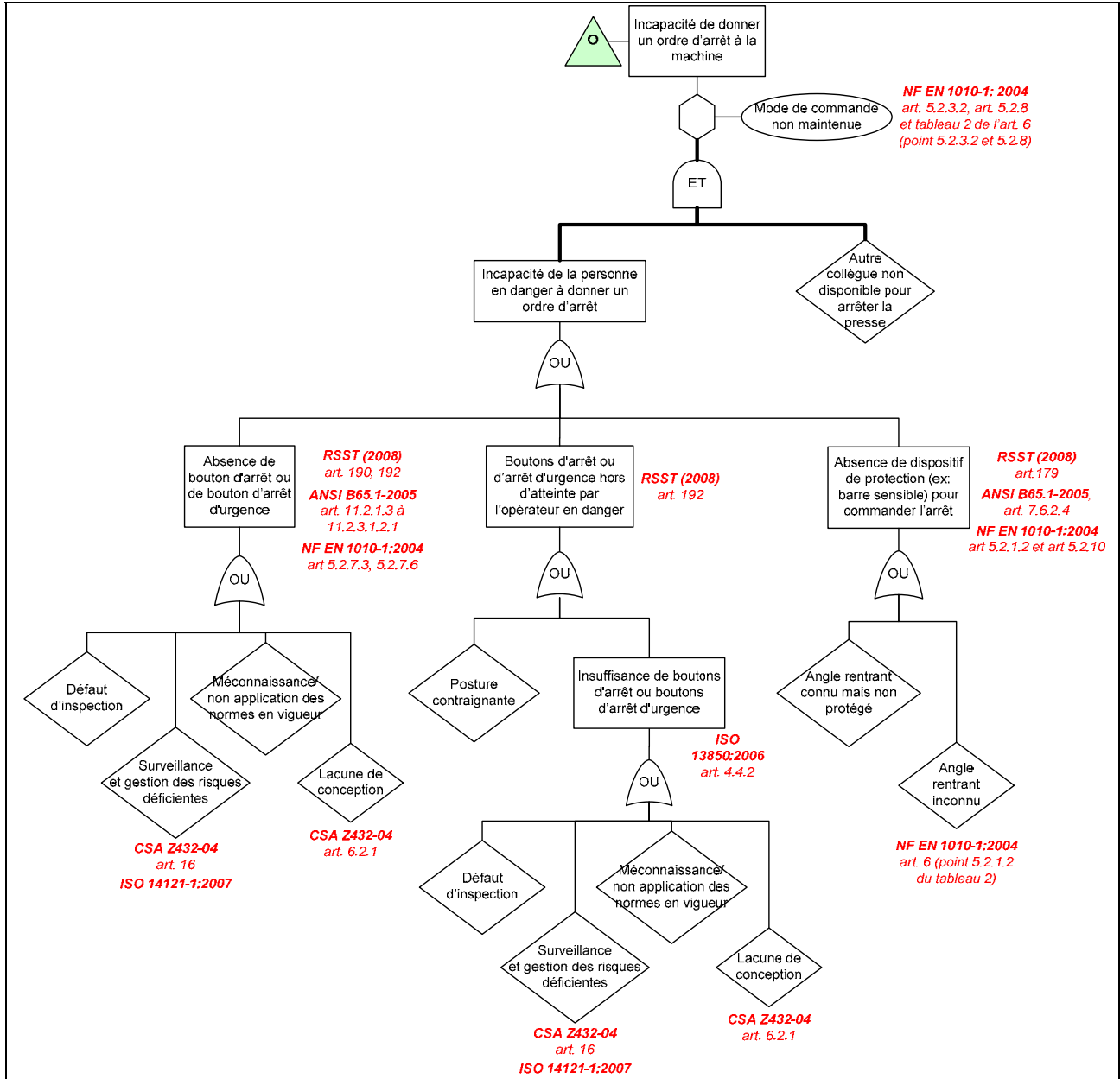


Annexe 3.13 : AdD final (sous-grappe « M »)

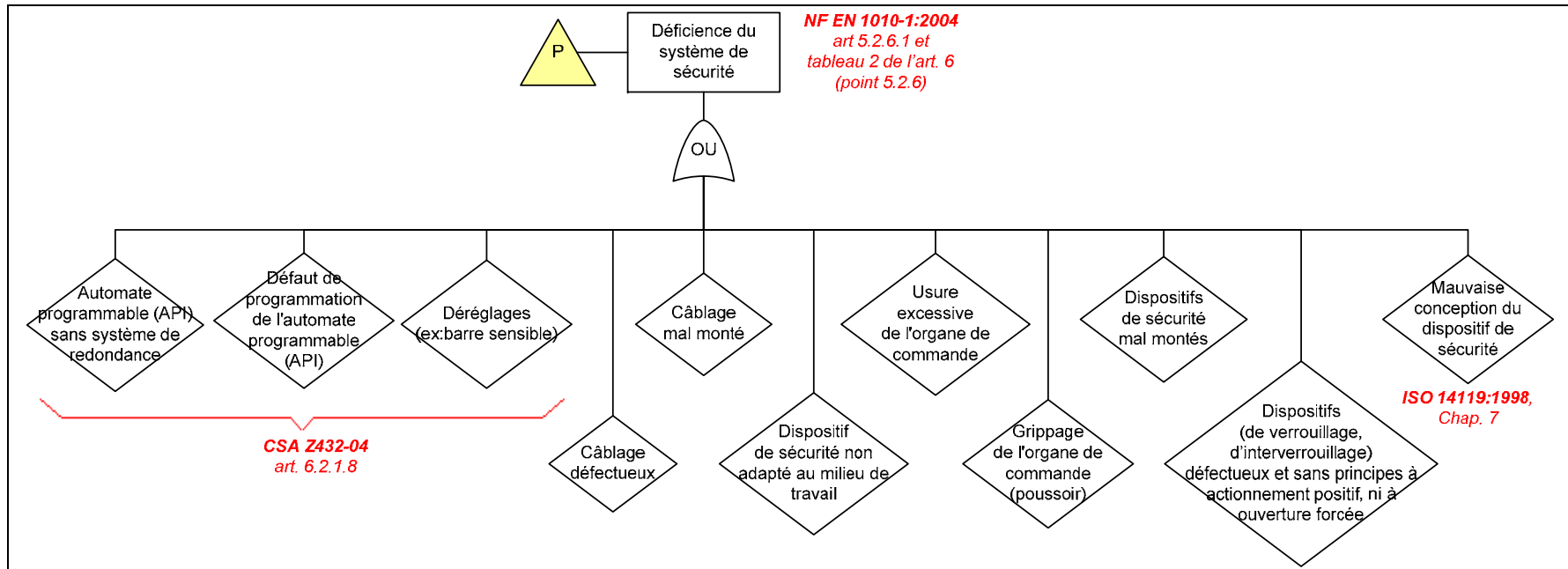
Annexe 3.14 : AdD final (sous-grappe « N »)



Annexe 3.15 : AdD final (sous-grappe « O »)



Annexe 3.16 : AdD final (sous-grappe « P »)



ANNEXE 4 : RENCONTRES AVEC L'ASP IMPRIMERIE

Première rencontre

Première réunion de validation de l'arbre de défaillance avec l'équipe de recherche et deux conseillers en prévention de l'ASP *imprimerie*. L'équipe de recherche visait par cette réunion à :

1. Exposer aux représentants de l'ASP l'évolution de l'arbre jusqu'à cette date;
2. Expliquer aux conseillers l'évolution générale de l'arbre depuis sa version originale;
3. S'assurer que le contenu des cellules est facilement compréhensible pour les opérateurs des presses;
4. S'assurer que les causes mentionnées aux différents niveaux de l'arbre sont justes et plausibles;
5. S'assurer que les portes logiques reliant les causes sont justes;
6. S'assurer que l'arbre obtenu satisfait les conseillers de l'ASP *imprimerie*.

Tous les points ont été parcourus et les six objectifs ont été atteints. Les conseillers de l'ASP ont été satisfaits de l'évolution de l'arbre jusqu'à cette date. Des modifications ont été proposées telles que : des reformulations de contenu de cellules afin de faciliter la compréhension de l'arbre, l'ajout ou le retrait de causes, le déplacement de causes d'un niveau à un autre pour mieux respecter l'ordre logique de la lecture de l'arbre.

Deuxième rencontre

Lors de cette deuxième réunion entre l'équipe de recherche et deux conseillers en prévention de l'ASP *imprimerie*, les visites avaient été effectuées. Cependant, malgré les informations récoltées auprès des pressiers lors des visites, trois points nécessitaient encore des améliorations.

L'équipe de recherche visait par cette 2^e réunion de validation à :

1. Présenter aux représentants de l'ASP *imprimerie* l'arbre de défaillance corrigé suite à la 1^{re} réunion de validation et aux sept visites d'imprimeries;
2. Clarifier les trois points problématiques susmentionnés :
 - a. Les combinaisons de causes liées à l'incapacité d'arrêter la machine dans le cadre d'une impossibilité d'évitement (sous-grappe « D »),
 - b. Les raisons pour lesquelles un angle rentrant peut être accessible (sous-grappe « H »),
 - c. Toutes les causes relatives au démarrage inattendu (sous-grappe « E ») et à une accélération intempestive (sous-grappe « N »).
3. S'assurer de la justesse des combinaisons de causes des portions de l'AdD traitant du fonctionnement des commandes de démarrage, d'accélération et d'arrêt;
4. Vérifier encore une fois les points 3 à 6 mentionnés lors de la première réunion.

Généralement, les objectifs de la réunion ont été atteints, sauf la justesse des portions de l'arbre traitant de la commande des presses. Alors, il a été convenu de clarifier ces interrogations lors de la réunion de validation prévue avec les participants interrogés lors des visites.

Troisième rencontre

Une réunion de validation avec les participants rencontrés lors de nos visites (pressiers, contremaîtres) avait été prévue dans le cadre du projet. Le but de cette réunion était de valider la logique, l'exhaustivité de l'arbre de défaillance et d'obtenir des réponses à nos questions concernant le fonctionnement des commandes de démarrage, d'accélération et d'arrêt des presses à imprimer. Cependant, un seul participant rencontré lors de nos visites a pu répondre à l'invitation, mais son apport a été très bénéfique.

Bien que l'objectif n'ait pas été atteint en termes de participation, cette réunion nous a permis d'améliorer l'arbre afin de rendre sa compréhension plus facile. Pour ce faire, la reformulation du contenu de certaines cellules a été suggérée par le pressier et la PDG de l'ASP *imprimerie*. Ces derniers ont également réfléchi sur la logique des combinaisons de causes mentionnées dans l'arbre et la raison d'être de ces causes. Cette réflexion a permis de repositionner certaines causes, d'en rajouter, ou d'en éliminer lorsqu'elles ne s'appliquaient pas au contexte. C'est au moment de cette réunion que l'équipe a obtenu les réponses claires et justes quant au fonctionnement des commandes de démarrage, d'accélération et d'arrêt. Des corrections ont été apportées à l'AdD en conséquence.

Quatrième rencontre

La quatrième réunion de validation consistait en une révision complète et ultime de l'AdD par les quatre conseillers en prévention de l'ASP *imprimerie*. Ces conseillers ont émis quelques commentaires mineurs quant à la formulation de certaines causes pour des raisons de simplification ou de précision. Ces commentaires, tout comme ceux convenus lors des réunions précédentes, ont été pris en compte dans la version finale de l'AdD.

Lors de cette réunion, un document détaillant et justifiant l'évolution de l'AdD depuis sa version originale a été remis en guise de commentaires explicatifs.