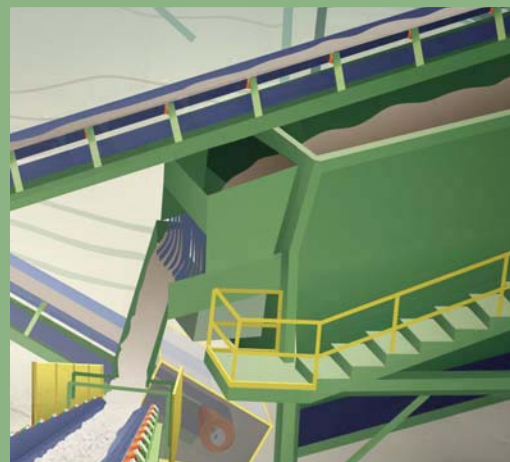


SÉCURITÉ DES CONVOYEURS À COURROIE

Principes de conception pour améliorer la sécurité



Guide du concepteur



La prévention, j'y travaille!



SÉCURITÉ DES CONVOYEURS À COURROIE

Principes de conception pour améliorer la sécurité

Guide du concepteur



La prévention, j'y travaille!

CSST
www.csst.qc.ca

Recherche et rédaction

Serge Massé, ingénieur, professionnel scientifique, IRSST
Laurent Giraud, Ph. D., ingénieur stagiaire, chercheur, IRSST
Julie Dubé, ingénieure stagiaire, professionnelle scientifique, IRSST
Guillaume Vernoux, étudiant à la maîtrise, génie mécanique, Université Laval, Québec
Luc Schreiber, ingénieur, M. Sc., inspecteur, Direction régionale de la Mauricie et du Centre-du-Québec, CSST
Yves Desrochers, inspecteur, Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue, CSST

Validation par le « Comité protection des convoyeurs » :

Serge Massé, ingénieur, professionnel scientifique, IRSST
Laurent Giraud, Ph. D., ingénieur stagiaire, chercheur, IRSST
Gilles Brouard, inspecteur, Direction régionale de l'Outaouais, CSST
Yves Desrochers, inspecteur, Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue, CSST
Donald Duchesne, ingénieur, conseiller en prévention-inspection, Direction de la prévention-inspection, CSST
Gilles Gagnon, ingénieur, conseiller en prévention-inspection, Direction de la prévention-inspection, CSST
Louise Gravel, ingénieure, conseillère en prévention-inspection, Direction de la prévention-inspection, CSST
Daniel Macleod, ingénieur, inspecteur, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, CSST
André Marchand, inspecteur, Direction régionale de la Mauricie et du Centre-du-Québec, CSST
Yvon Papin, conseiller en prévention-inspection, Direction de la prévention-inspection, CSST
Luc Schreiber, ingénieur, M. Sc., inspecteur, Direction régionale de la Mauricie et du Centre-du-Québec, CSST
André Turcot, ingénieur, conseiller en prévention-inspection, Direction de la prévention-inspection, CSST
Joseph Wigorski, inspecteur, Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue, CSST
Lyne Beaulé, conseillère en communication, Direction des communications, CSST

Gestion de projet

Donald Duchesne, ingénieur, conseiller en prévention-inspection, Direction de la prévention-inspection, CSST

Supervision et coordination de la conception-production

Lyne Beaulé, conseillère en communication, Direction des communications, CSST

Révision linguistique

Claudette Lefebvre, Direction des communications, CSST

Correction des épreuves

Fanny Provençal, Direction des communications, CSST

Conception graphique et infographie

Eykel Design

Illustrations

Steve Bergeron

Impression

J.B. Deschamps

Suivi d'impression et de distribution

Lise Tremblay, Direction des communications, CSST

Remerciements

Nous tenons à remercier plus particulièrement les représentants patronaux et syndicaux des établissements et organismes suivants de leur collaboration :

Les gravières de Beauce, Abitibi-Consolidated (division Belgo et division Laurentides), Produits forestiers Domtar (division Val-d'Or), Uniboard Canada (division Val-d'Or), Mine Jeffrey, ASSIFQ-ASSPPQ, CIFQ et AMQ.

La CSST garantit que le document est conforme aux lois et règlements qu'elle applique au moment précis de sa parution et non ultérieurement. Elle ne se porte nullement garante de la validité de son contenu si celui-ci est altéré ou modifié de quelque manière.

© Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2004
ISBN 2-550-41346-6

Table des matières

Introduction 7

Chapitre I Lois et règlements en vigueur

Chapitre II Définitions

1. Courroie (ou bande) 12
2. Rouleaux et autres dispositifs porteurs 14
3. Rouleaux de retour 17
4. Tambours 18
5. Dispositif de tension 18
6. Éléments mobiles de transmission d'énergie 19
7. Système de chargement 20
8. Système de déchargement 20
9. Dispositif de nettoyage de la courroie et des tambours 21
10. Zone d'inflexion 21
11. Zone de transition 21
12. Dispositif d'aiguillage 21
13. Antirecul 21
14. Plaque de protection du brin inférieur 22

Chapitre III Incidence des choix de conception sur la sécurité des convoyeurs

- 3.1 Caractéristiques et transportabilité des matériaux en vrac et des charges isolées 24
- 3.2 Types de convoyeurs et configuration 27
- 3.3 Courroie 32
 - 3.3.1 Capacité volumétrique 32
 - 3.3.1.1 Profils des courroies 33
 - 3.3.1.2 Vitesse de la courroie 34
 - 3.3.1.3 Largeur de la courroie 34
 - 3.3.1.4 Inclinaison du convoyeur 35
 - 3.3.2 Puissance et tension dans la courroie 36
 - 3.3.2.1 Puissance du moteur 37
 - 3.3.2.2 Tension dans la courroie 37
 - 3.3.3 Fabrication de la courroie 39
 - 3.3.4 Types d'épissures 41
 - 3.3.4.1 Épissures vulcanisées ou collées 41
 - 3.3.4.2 Épissures mécaniques 43
- 3.4 Rouleaux et autres supports de courroie 44
 - 3.4.1 Rouleaux et autres dispositifs porteurs 45
 - 3.4.2 Rouleaux porteurs d'alignement 47
 - 3.4.3 Rouleaux de retour et autres dispositifs 49
- 3.5 Tambours et arbres 50
 - 3.5.1 Caractéristiques des tambours 51
 - 3.5.2 Configuration des tambours 52
 - 3.5.3 Garnitures de tambours 53
- 3.6 Dispositifs de tension 54

3.7	Chargement et déchargement du convoyeur	57
3.7.1	Chargement de la courroie	57
3.7.2	Alimentateurs	63
3.7.3	Déchargement de la courroie	63
3.7.3.1	Chute de déchargement pour courroie en auge (vrac seulement)	64
3.7.3.2	Chute de déchargement pour courroie plate (vrac et charge isolée)	66
3.7.3.3	Chute d'abaissement	66
3.8	Dispositifs de nettoyage	67
3.8.1	Dispositifs de nettoyage de la courroie ou des tambours	68
3.8.2	Dispositifs de nettoyage des déversements (dispositifs autonettoyants)	72
3.8.3	Plaques de protection du brin inférieur	74
3.9	Éléments de contrôle du fonctionnement du convoyeur	75
3.9.1	Antireculs	75
3.9.2	Freins	76
3.9.3	Appareils de surveillance	76
3.10	Conditions environnementales	76

Chapitre IV Maintenance et sécurité

4.1	Dispositions à prendre pour assurer la maintenabilité	79
4.1.1	Lieu pour effectuer des épissures et pour remplacer la courroie	79
4.1.2	Lieux de nettoyage fréquent	80
4.2	Maintenance corrective	81
4.2.1	Dysfonctionnements du convoyeur et causes probables	81
4.3	Maintenance préventive	88
4.3.1	Maintenance des éléments en mouvement	88
4.4	Conception des protecteurs	88

Chapitre V Achat d'un convoyeur

5.1	Achat d'un convoyeur neuf	89
5.2	Achat d'un convoyeur d'occasion	92

Chapitre VI Arbre des fautes

6.1	Symboles de l'arbre des fautes	93
6.2	Principes d'élaboration de l'arbre des fautes	95
6.3	Utilisation de l'AdF	96
6.4	L'AdF des convoyeurs à courroie	96

Références et bibliographie

Liste des tableaux

Tableau 1-1	Lois et règlements en vigueur	10
Tableau 3-1	Incidences sur la sécurité des caractéristiques de la charge	25
Tableau 3-2	Incidences sur la sécurité des types et des configurations de convoyeurs pour le transport en vrac	30
Tableau 3-3	Incidences sur la sécurité des types de convoyeurs à courroie plate pour le transport de matériaux en vrac ou de charges isolées	31
Tableau 3-4	Incidences sur la sécurité des profils de courroies	33
Tableau 3-5	Incidences sur la sécurité de la vitesse de la courroie	34
Tableau 3-6	Incidences sur la sécurité de la largeur de la courroie	35
Tableau 3-7	Incidences sur la sécurité de l'inclinaison du convoyeur	35
Tableau 3-8	Incidences sur la sécurité de la puissance du moteur	37
Tableau 3-9	Exemples de calcul du rapport T_1/T_2	38
Tableau 3-10	Incidences sur la sécurité de la tension dans la courroie	38
Tableau 3-11	Incidences sur la sécurité de facteurs influençant localement la tension dans la courroie	39
Tableau 3-12	Incidences sur la sécurité de la fabrication de la courroie	40
Tableau 3-13	Incidences sur la sécurité des épissures vulcanisées	42
Tableau 3-14	Incidences sur la sécurité des épissures mécaniques	43
Tableau 3-15	Incidences sur la sécurité des rouleaux et des autres dispositifs porteurs	46
Tableau 3-16	Incidences sur la sécurité des rouleaux porteurs d'alignement	48
Tableau 3-17	Incidences sur la sécurité des rouleaux de retour	49
Tableau 3-18	Incidences sur la sécurité des caractéristiques des tambours	51
Tableau 3-19	Incidences sur la sécurité de la configuration des tambours	52
Tableau 3-20	Incidences sur la sécurité des types de garnitures de tambour	54
Tableau 3-21	Incidences sur la sécurité des caractéristiques et des types de dispositifs de tension	56
Tableau 3-22	Incidences sur la sécurité des caractéristiques des trémies	61
Tableau 3-23	Incidences sur la sécurité des caractéristiques de la chute de déchargement pour courroie en auge (vrac seulement)	65
Tableau 3-24	Incidences sur la sécurité des types de dispositifs de nettoyage	71
Tableau 3-25	Incidences sur la sécurité des types de dispositifs autonettoyants	73
Tableau 3-26	Incidences sur la sécurité des types de plaques de protection	75
Tableau 3-27	Incidences sur la sécurité des conditions environnementales	78
Tableau 4-1	Dysfonctionnements des convoyeurs et causes associées	82
Tableau 4-2	Causes de dysfonctionnement et solutions recommandées	83

Liste des figures

Figure 2-1	Schémas de convoyeurs à courroie	11
Figure 2-2	Types de supports de courroies	12
Figure 2-3	Coupe transversale de la courroie	13
Figure 2-4	Exemples de courroies	14
Figure 2-5	Angle nominal « A » d'une auge	14

Figure 2-6	Patins glissants	15
Figure 2-7	Berceau amortisseur	15
Figure 2-8	Rouleaux d'alignement	16
Figure 2-9	Soles de glissement	17
Figure 2-10	Exemples de rouleaux de retour autonettoyants	17
Figure 2-11	Tambours de forme biconique	18
Figure 2-12	Système de transmission à haute puissance	19
Figure 2-13	Système de transmission à faible puissance	19
Figure 2-14	Exemple d'un système de chargement	20
Figure 2-15	Exemple d'une chute sur chariot mobile	21
Figure 2-16	Exemples de plaques de protection du brin inférieur	22
Figure 3-1	Exemples de charges transportées	26
Figure 3-2	Types et configuration des courroies	28
Figure 3-3	Graphique de sélection des convoyeurs à courroie	29
Figure 3-4	Coincement possible entre les rouleaux et une charge isolée	31
Figure 3-5	Tensions de la courroie à la hauteur du tambour moteur	36
Figure 3-6	Épissures vulcanisées	42
Figure 3-7	Épissures mécaniques	43
Figure 3-8	Perte de la forme en auge lorsque l'espacement entre les rouleaux est trop grand	44
Figure 3-9	Rouleau défectueux	44
Figure 3-10	Rouleaux suspendus (<i>garland</i>)	47
Figure 3-11	Rouleaux spéciaux pour courroie en auge avec tasseaux	50
Figure 3-12	Tambour autonettoyant à ailettes	52
Figure 3-13	Types de garnitures de tambour	53
Figure 3-14	Types de dispositifs de tension	55
Figure 3-15	Fuites et déversements à la hauteur des chutes et des trémies	59
Figure 3-16	Exemples de trémies bien construites	60
Figure 3-17	Déchargement des convoyeurs à courroie en auge	63
Figure 3-18	Déchargement des convoyeurs à courroie plate	64
Figure 3-19	Ouverture de la chute pour déblocage et détecteur de blocage	66
Figure 3-20	Types de chutes d'abaissement	67
Figure 3-21	Accumulation non désirée de matériaux très humides	68
Figure 3-22	Accumulation non désirée de matériaux légèrement humides	68
Figure 3-23	Emplacement du dispositif de nettoyage de la courroie	69
Figure 3-24	Exemples de dispositifs de nettoyage de la courroie et des tambours	70
Figure 3-25	Tambour autonettoyant à ailettes à cônes intérieurs	72
Figure 3-26	Exemple de convoyeur à chaînes utilisé comme dispositif autonettoyant	73
Figure 3-27	Formes de plaques permettant de protéger le brin inférieur	74
Figure 3-28	Exemple de protection contre les intempéries	77
Figure 4-1	Exemple de plan incliné pour faciliter le nettoyage	81
Figure 5-1	Étapes conduisant à l'achat d'un convoyeur	90
Figure 6-1	Extrait de l'arbre des fautes	95

Introduction

De nombreux accidents sont imputables au fait que l'accès aux différentes zones dangereuses des convoyeurs à courroie est possible. La majorité de ces accidents survient au cours d'interventions de maintenance effectuées sur le convoyeur pendant qu'il fonctionne et que les zones dangereuses ne sont pas protégées.

Il est donc nécessaire de prévoir des moyens de prévention afin que tout travail effectué sur un convoyeur ou à proximité se fasse en toute sécurité. C'est cependant dès l'étape de la conception qu'il faut trouver des moyens de limiter l'exposition des travailleurs aux phénomènes dangereux en réduisant le nombre des interventions de nettoyage sous le convoyeur, de déblocage ou d'entretien du convoyeur, etc. Le présent guide porte sur la conception et la modification de convoyeurs dans le but de les rendre plus sécuritaires et s'adresse principalement aux ingénieurs, aux concepteurs, aux responsables de la maintenance et aux fabricants de convoyeurs à courroie.

En effet, nombreux sont les facteurs qui doivent être pris en considération durant la conception d'un convoyeur à courroie ou lorsqu'on prévoit en modifier l'usage. Ces facteurs se divisent en deux groupes : les facteurs liés aux fonctions du convoyeur, qui influencent sa fiabilité et sa disponibilité, et ceux qui visent la maintenabilité et la sécurité.

Réduire la nécessité d'intervenir aura pour effet d'augmenter la sécurité et permettra d'améliorer la productivité. Le but premier du présent document consiste à améliorer la sécurité intrinsèque du convoyeur en sélectionnant les composants adéquats et à diminuer le nombre des interventions d'entretien, de déblocage et de nettoyage, y compris celles qui nécessitent l'arrêt du convoyeur.

De telles interventions sont inévitables. Il est donc primordial de prévoir, à l'étape de la conception, le genre et le lieu des interventions afin de pouvoir intégrer aux convoyeurs les dispositifs nécessaires pour faciliter les interventions et assurer la sécurité des intervenants.

Le premier chapitre de ce guide rappelle brièvement les lois et règlements en vigueur. Le deuxième chapitre décrit les éléments des convoyeurs à courroie et explique leurs fonctions.

Afin de faire ressortir l'importance de la prévention à l'étape de la conception, le troisième chapitre, intitulé « Incidence des choix de conception sur la sécurité des convoyeurs », précise les facteurs à prendre en compte dans le but de rendre le convoyeur le plus sécuritaire possible. Le quatrième chapitre présente les principales sources des problèmes de fonctionnement des convoyeurs avec les solutions correspondantes et explique aussi les principes de conception des protecteurs. Le cinquième chapitre décrit les démarches à entreprendre au moment de l'achat d'un convoyeur. Finalement le sixième chapitre comprend un arbre des fautes (AdF) qui illustre graphiquement les événements pouvant entraîner un accident sur un convoyeur en marche.

De nombreux renvois entre les chapitres 3 et 6 permettent une meilleure compréhension des causes d'accidents.

Il est important de rappeler que le présent document n'a pas pour but de guider le concepteur en vue de la conception détaillée du convoyeur, mais bien de lui permettre d'ajouter un complément au processus de conception afin de rendre les convoyeurs sécuritaires.

Il pourra aussi être utile de se reporter au premier guide, intitulé *Sécurité des convoyeurs à courroie : guide de l'utilisateur*, pour tenir compte des mesures de protection contre les phénomènes dangereux qui y sont préconisées au cours des opérations de production et des interventions de maintenance.

CHAPITRE I

LOIS ET RÈGLEMENTS
EN VIGUEUR



Chapitre I

Lois et règlements en vigueur

Au Québec, l'article 63 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (L.R.Q., c. S-2.1) prévoit que « *Nul ne peut fabriquer, fournir, vendre, louer, distribuer ou installer un produit, un procédé, un équipement, un matériel, un contaminant ou une matière dangereuse à moins que ceux-ci ne soient sécuritaires et conformes aux normes prescrites par règlement.* »

De plus, les convoyeurs à courroie sont des machines dangereuses qui peuvent compromettre la sécurité des personnes. À ce sujet, la *Loi sur les ingénieurs* (L.R.Q., c. I-9) indique notamment que « *les ouvrages ou équipements industriels impliquant la sécurité du public ou des employés* » sont inclus dans le champ de la pratique de l'ingénieur.

Enfin, d'autres articles dans différents textes législatifs s'appliquent aux convoyeurs à courroie. Le tableau 1-1 présente les principaux articles s'appliquant aux convoyeurs.

TABLEAU 1-1 LOIS ET RÈGLEMENTS EN VIGUEUR

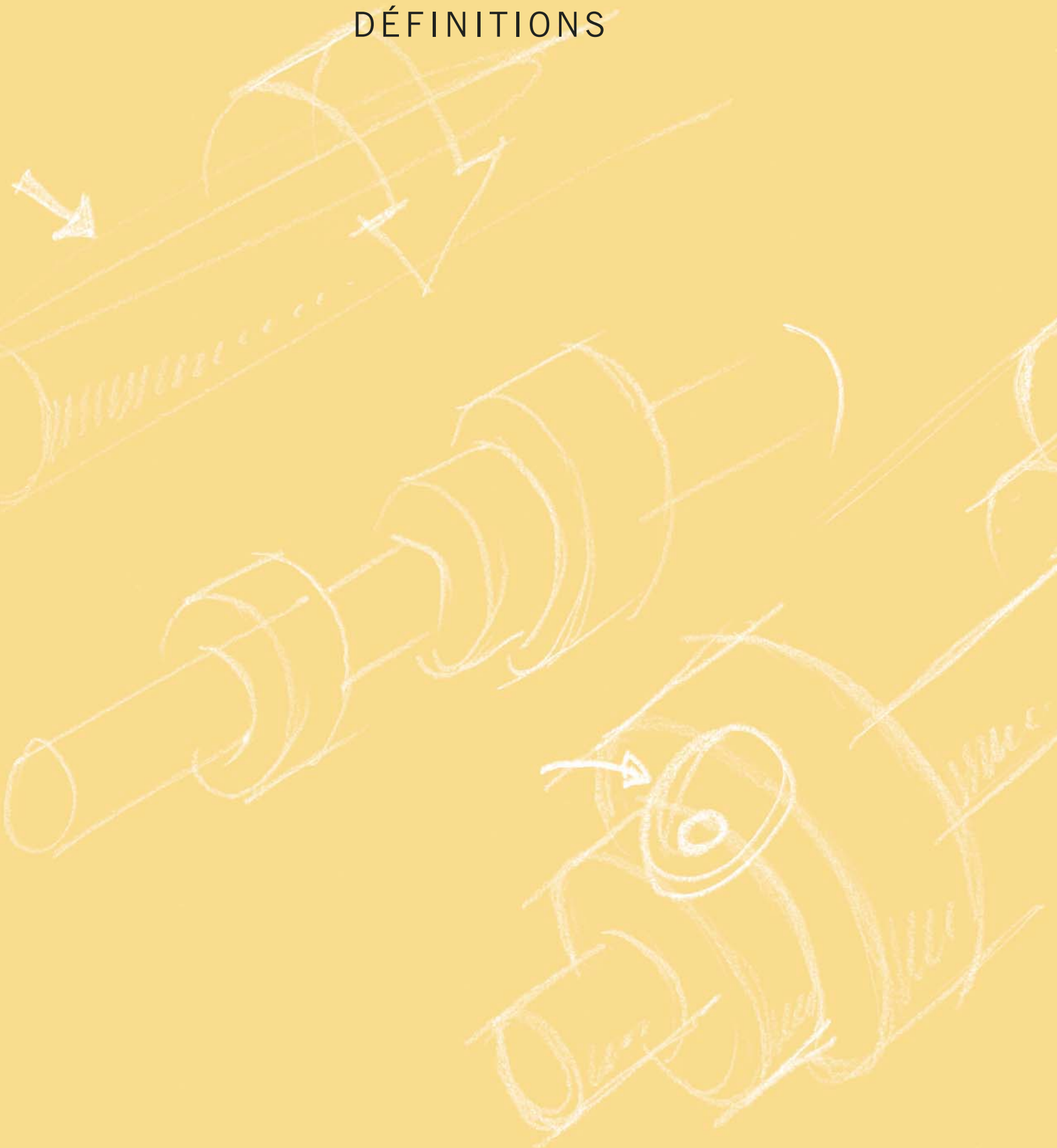
Texte législatif	Articles applicables aux convoyeurs et objet de l'article
<i>Loi sur la santé et la sécurité du travail</i> (L.R.Q., c. S-2.1)	Art. 2 Objet de la loi, participation des travailleurs
	Art. 51 Obligations de l'employeur
	Art. 63 Matière dangereuse (fournisseur)
<i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> (D. 885-2001)	Art. 20 Voies de guidage des machines
	Art. 172 (Zone dangereuse)
	Art. 173 Dispositions applicables
	Art. 174 Protecteur fixe
	Art. 175 Protecteur à interverrouillage
	Art. 176 Protecteur à enclenchement
	Art. 177 Protecteur à fermeture automatique
	Art. 178 Protecteur réglable
	Art. 179 Dispositif sensible
	Art. 180 Commande bimanuelle
	Art. 181 Commande bimanuelle multiple
	Art. 182 Contrôle de la zone dangereuse
	Art. 183 Mesure de sécurité équivalente
	Art. 184 Mise en place
	Art. 185 Cadenassage
	Art. 186 Réglage, déblocage, maintenance, apprentissage et réparation
	Art. 187 Attributs d'un protecteur
	Art. 188 Pièce de rechange
	Art. 189 Dispositifs de commande
	Art. 190 Dispositif de mise en marche et d'arrêt
	Art. 191 Appareil avertisseur
	Art. 192 Arrêt d'urgence
	Art. 193 Groupe de machines
	Art. 265 Éléments porteurs
	Art. 266 Organes de transmission
	Art. 267 Protection contre les chutes d'objets
	Art. 268 Convoyeur aérien
	Art. 269 Mesure de sécurité
	Art. 270 Arrêt d'urgence
	Art. 323 Travaux de maintenance ou de réparation
<i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines</i> (c. S-2.1, r. 19.1)	Art. 371 (Interdiction de monter sur un convoyeur)
	Art. 372 (Nettoyage à l'arrêt)
	Art. 373 (Protecteurs sur les convoyeurs)
	Art. 374 (Convoyeur dans une mine souterraine)
<i>Code de sécurité pour les travaux de construction</i> (c. S-2.1, r. 6)	Art. 3.10.13 Dispositifs de sécurité et protecteurs
	Art. 3.16.9 Convoyeur
<i>Loi sur les ingénieurs</i> (L.R.Q., c. I-9)	

On peut consulter la version la plus récente de certains de ces textes législatifs à l'adresse suivante : www.csst.qc.ca. Ils sont également en vente aux Publications du Québec.

Il existe également de nombreuses normes portant sur les convoyeurs à courroie et la sécurité des machines. Voir la liste à la fin du guide dans le chapitre *Références et bibliographie*.

CHAPITRE II

DÉFINITIONS



Chapitre II

Définitions

Les définitions qui suivent couvrent uniquement les termes qui sont utilisés dans le présent guide. À ce titre, elles ne prétendent pas être exhaustives sur le sujet. Pour des besoins plus précis, le concepteur est invité à consulter des manuels de conception ; voir le chapitre *Références et bibliographie* à la fin du guide.

La figure 2-1 illustre deux types de convoyeurs à courroie. Les chiffres et les lettres qui y figurent correspondent aux titres et aux éléments faisant l'objet des définitions ci-dessous.

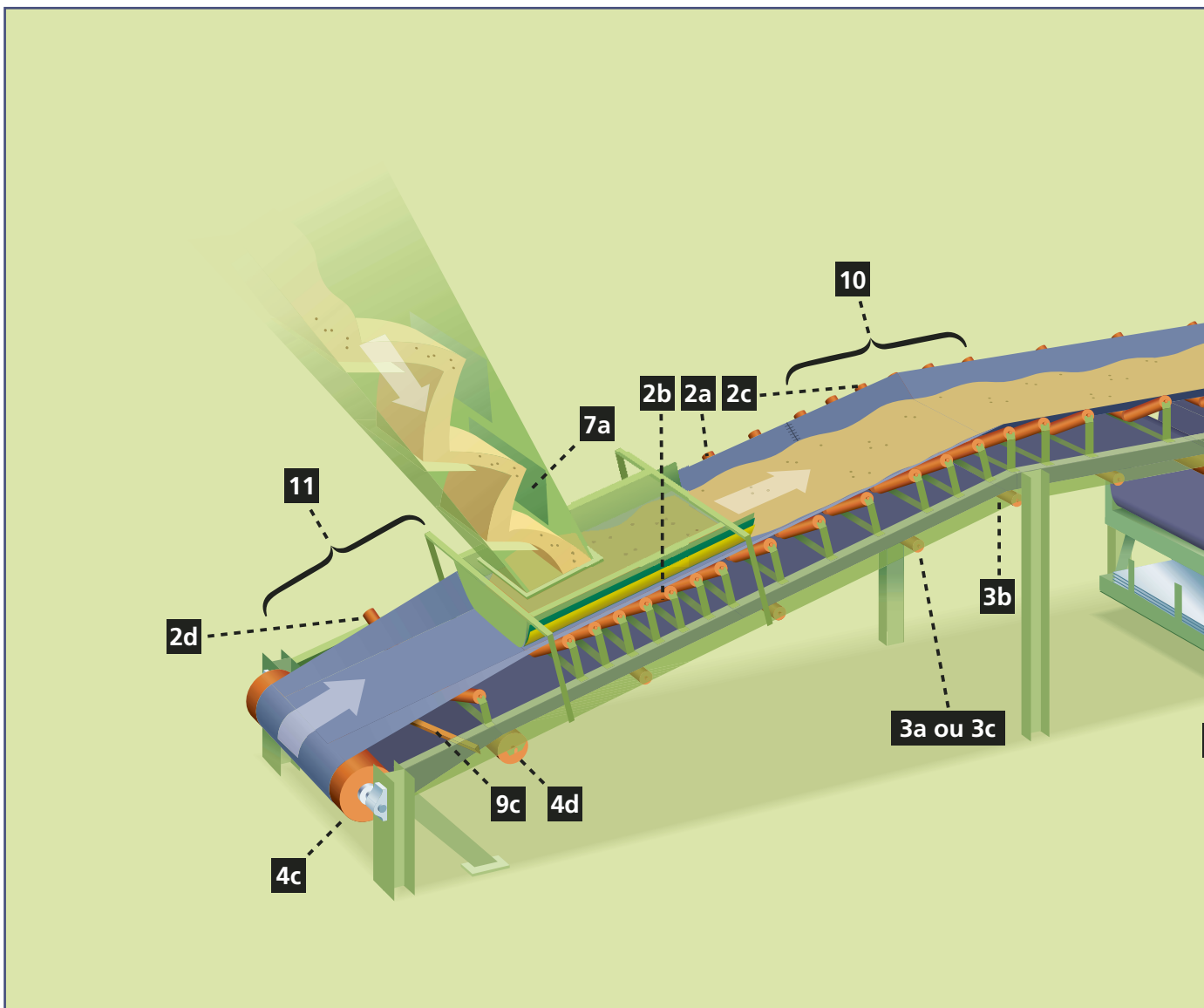
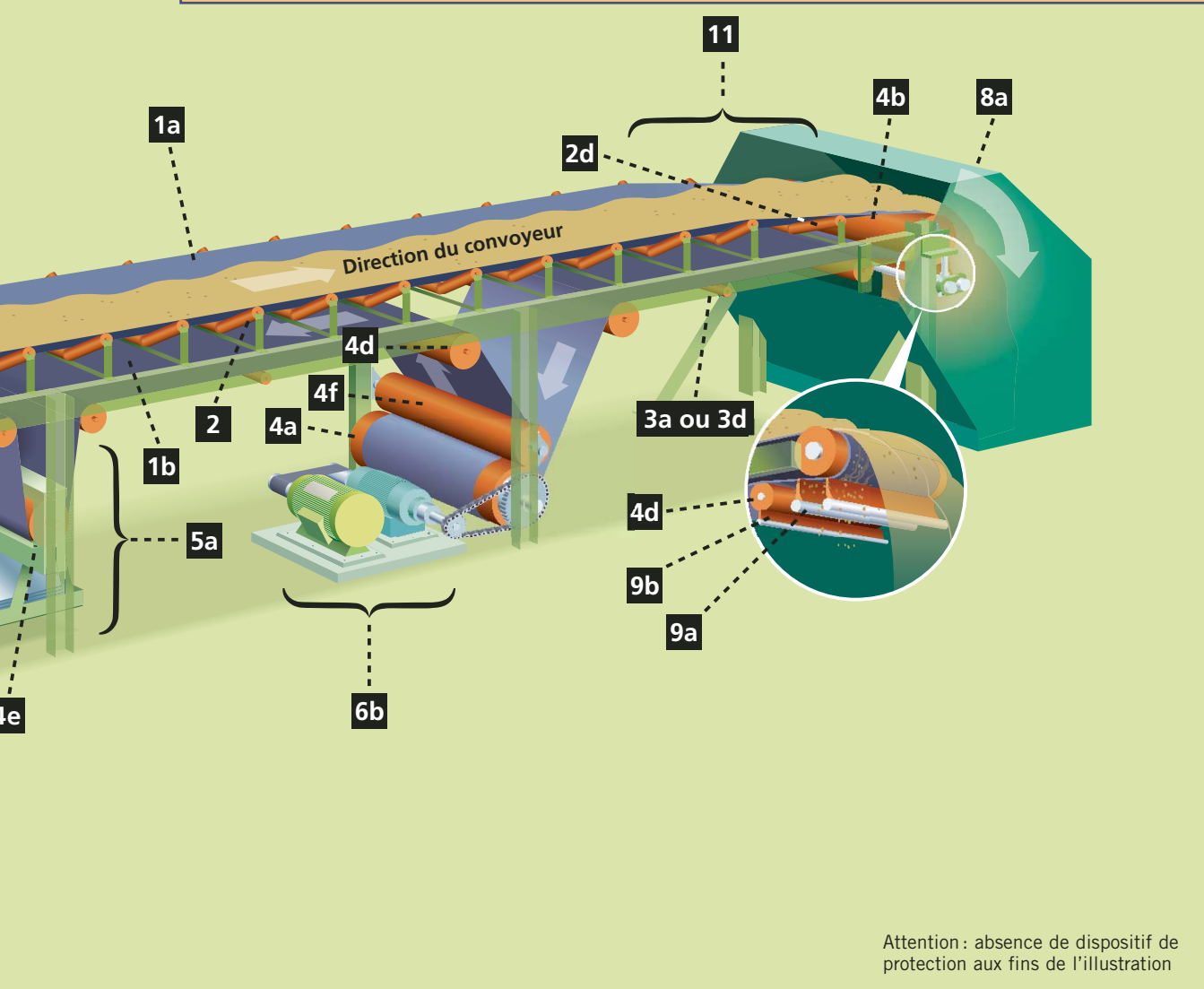
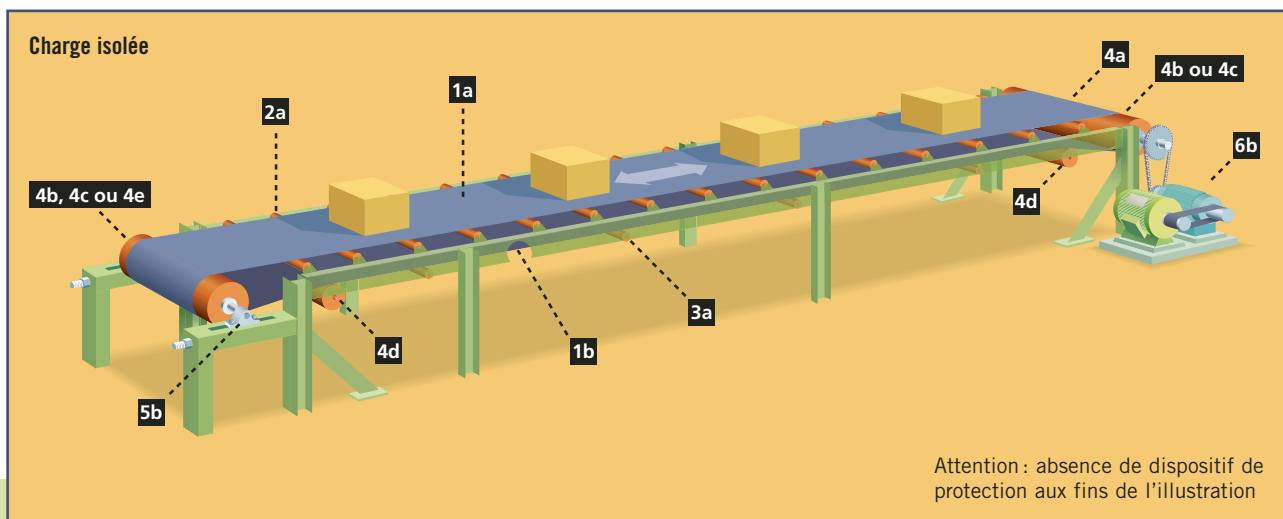


FIGURE 2-1 SCHÉMAS DE CONVOYEURS À COURROIE



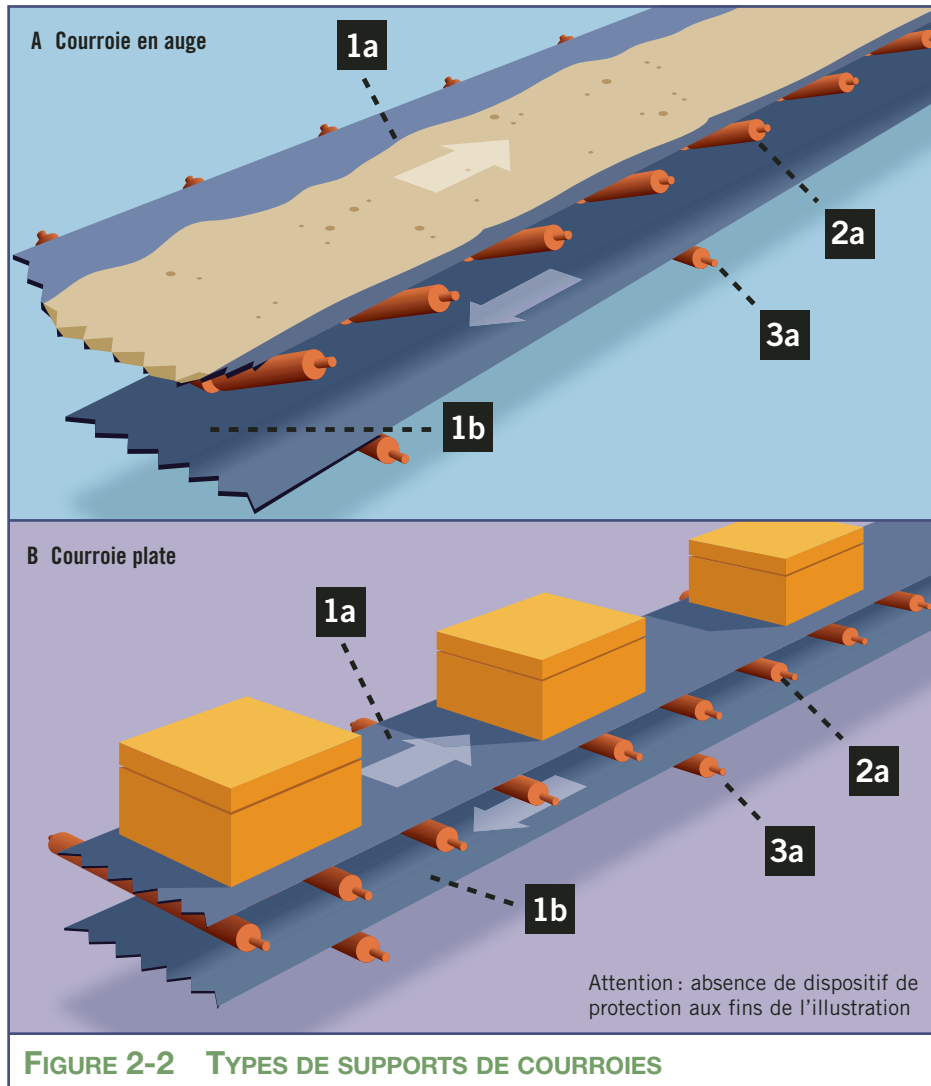
1. COURROIE (OU BANDE)

Fonction : transporter le matériau de la queue jusqu'à la tête du convoyeur. Se présente sous deux formes principales, plate et en auge (voir la figure 2-2). Toute courroie comporte deux faces : la face externe, qui est en contact avec les matériaux transportés, et la face interne, qui est en contact avec les rouleaux ou les tambours.

La courroie comporte aussi deux brins :

1a Brin supérieur (ou brin porteur) (figures 2-1 et 2-2).

1b Brin inférieur (ou brin de retour) (figures 2-1 et 2-2).



Pour les éléments suivants, voir la figure 2-3.

- 1c** Revêtement de protection de la face externe (contre l'abrasion, les piqûres, les produits chimiques, la chaleur, etc.). Il peut aussi être construit de façon à obtenir un grand coefficient de frottement entre la charge transportée et la courroie.
- 1d** Protecteur de la carcasse : sert, en option, dans des conditions extrêmes et est généralement fait d'un matériau industriel tissé, placé, puis vulcanisé sur le dessus (pour prévenir les impacts) ou sur le dessous (protection contre les abrasifs qui adhèrent aux tambours) de la carcasse.
- 1e** Carcasse : élément flexible qui résiste à la tension. Elle peut être faite d'un matériau industriel tissé ou de cordage d'acier ou d'une combinaison des deux.
- 1f** Revêtement de protection de la face interne (contre l'abrasion et le transfert des forces de cisaillement pour entraîner la courroie et sa charge). Il assure l'adhérence de la courroie au tambour moteur. Ce revêtement peut contenir du graphite afin de faciliter le glissement de la courroie sur une sole.

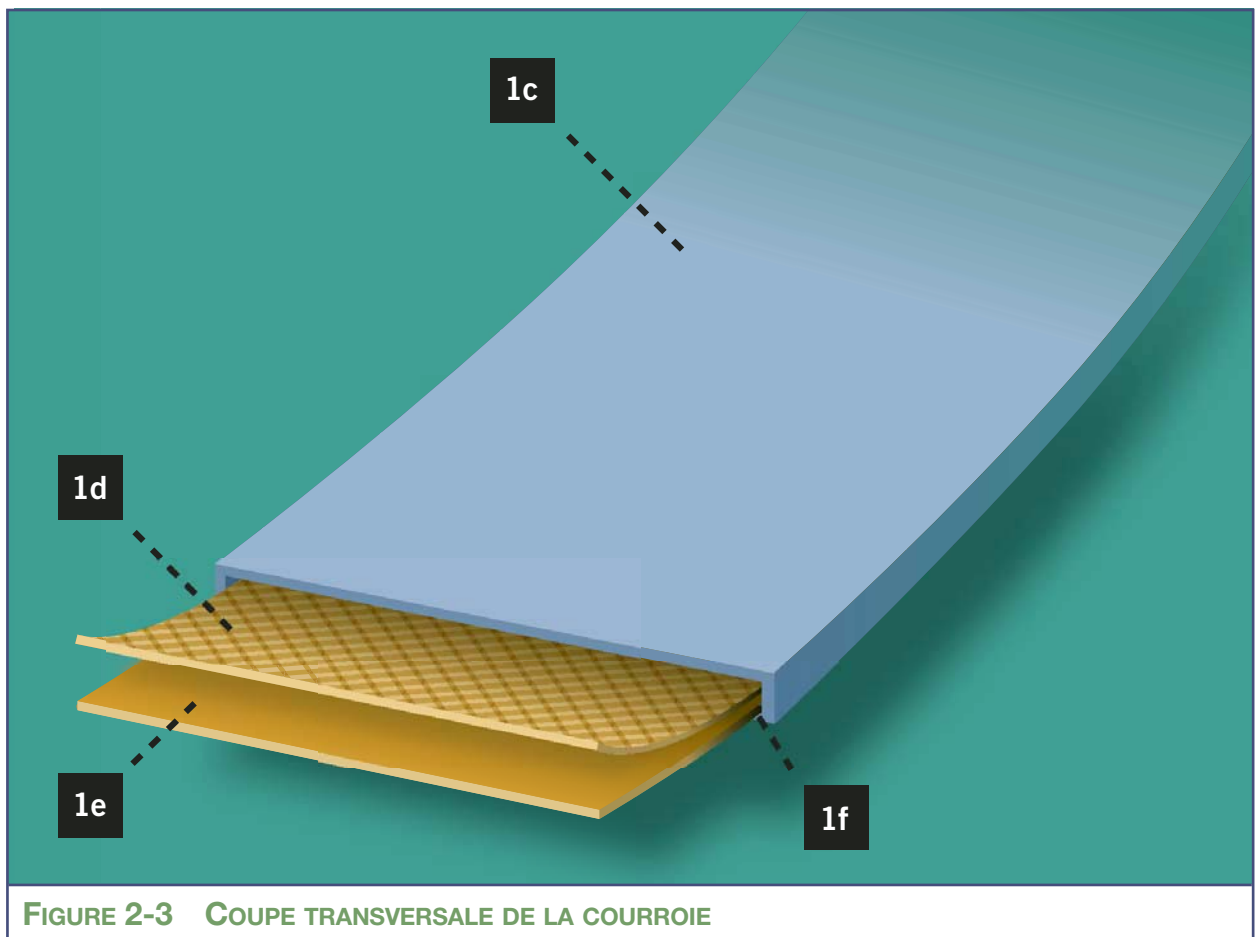
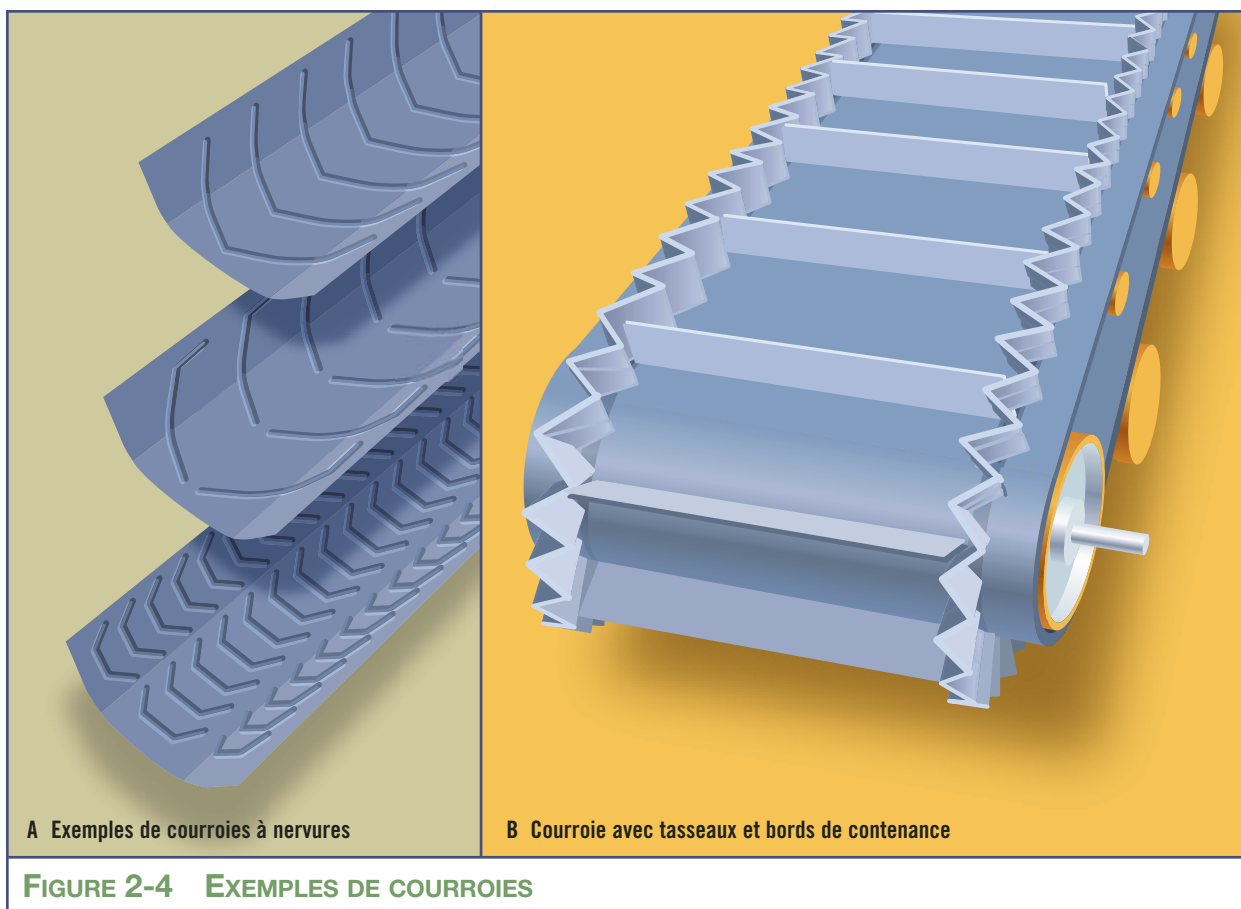


FIGURE 2-3 COUPE TRANSVERSALE DE LA COURROIE

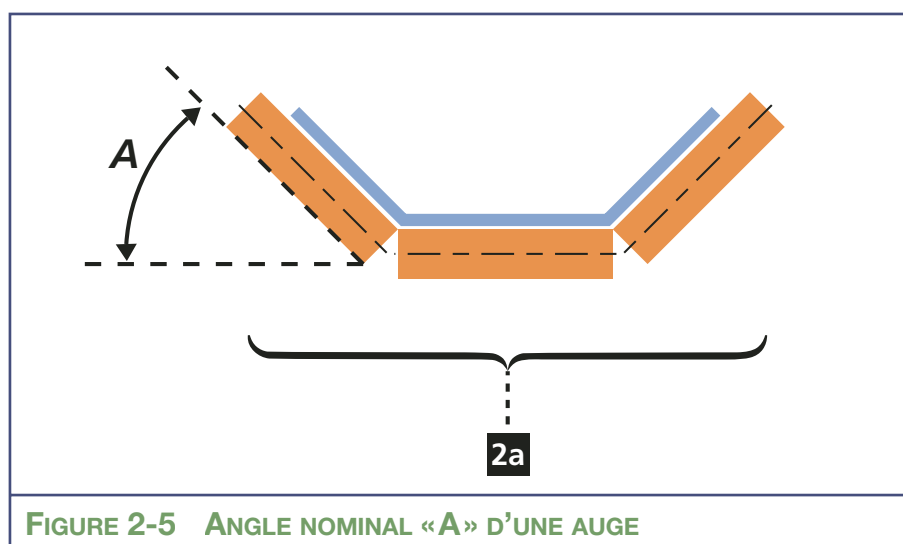
Note. – Pour faciliter le transport de matériaux ayant tendance à glisser vers l'arrière, les courroies peuvent aussi comporter sur leur face externe des nervures (voir la figure 2-4 A). Des tasseaux et des bords de contenance (voir la figure 2-4 B) ainsi que des godets peuvent aussi être utilisés.



2. ROULEAUX ET AUTRES DISPOSITIFS PORTEURS

Fonction : réduire la résistance au mouvement de la courroie chargée et la soutenir en produisant un mouvement doux et sans heurt. Certains rouleaux porteurs peuvent aussi servir à amortir les impacts, à aligner la courroie, à la former en auge ou à en changer la direction. Il existe différentes sortes de rouleaux et de dispositifs porteurs :

2a Rouleaux réguliers : supportent et alignent la courroie (figures 2-1 et 2-2). L'angle nominal « A » de l'auge peut se situer entre 0 (plat) et 45 degrés (figure 2-5). Ces rouleaux peuvent être remplacés par des patins en matériau glissant, ce qui permet d'éliminer l'angle rentrant formé par la courroie et le rouleau (figure 2-6).



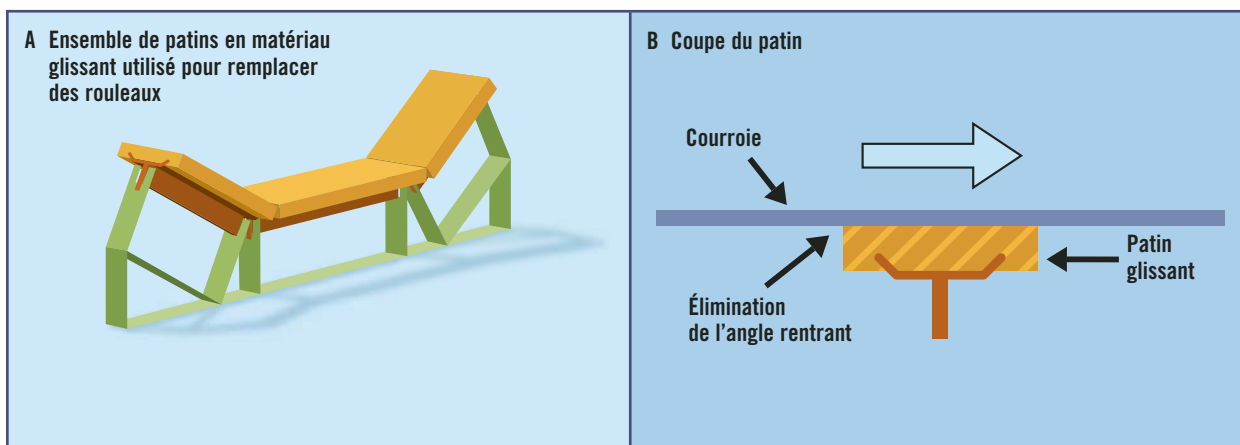
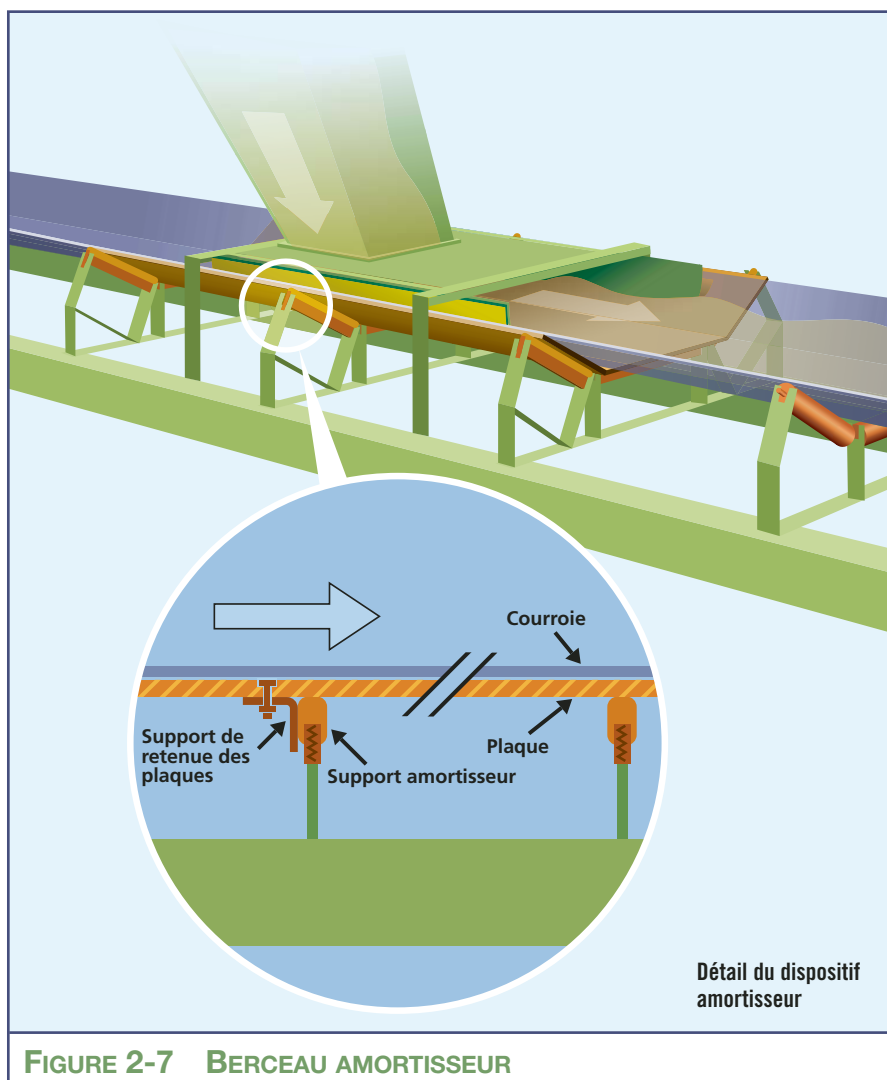


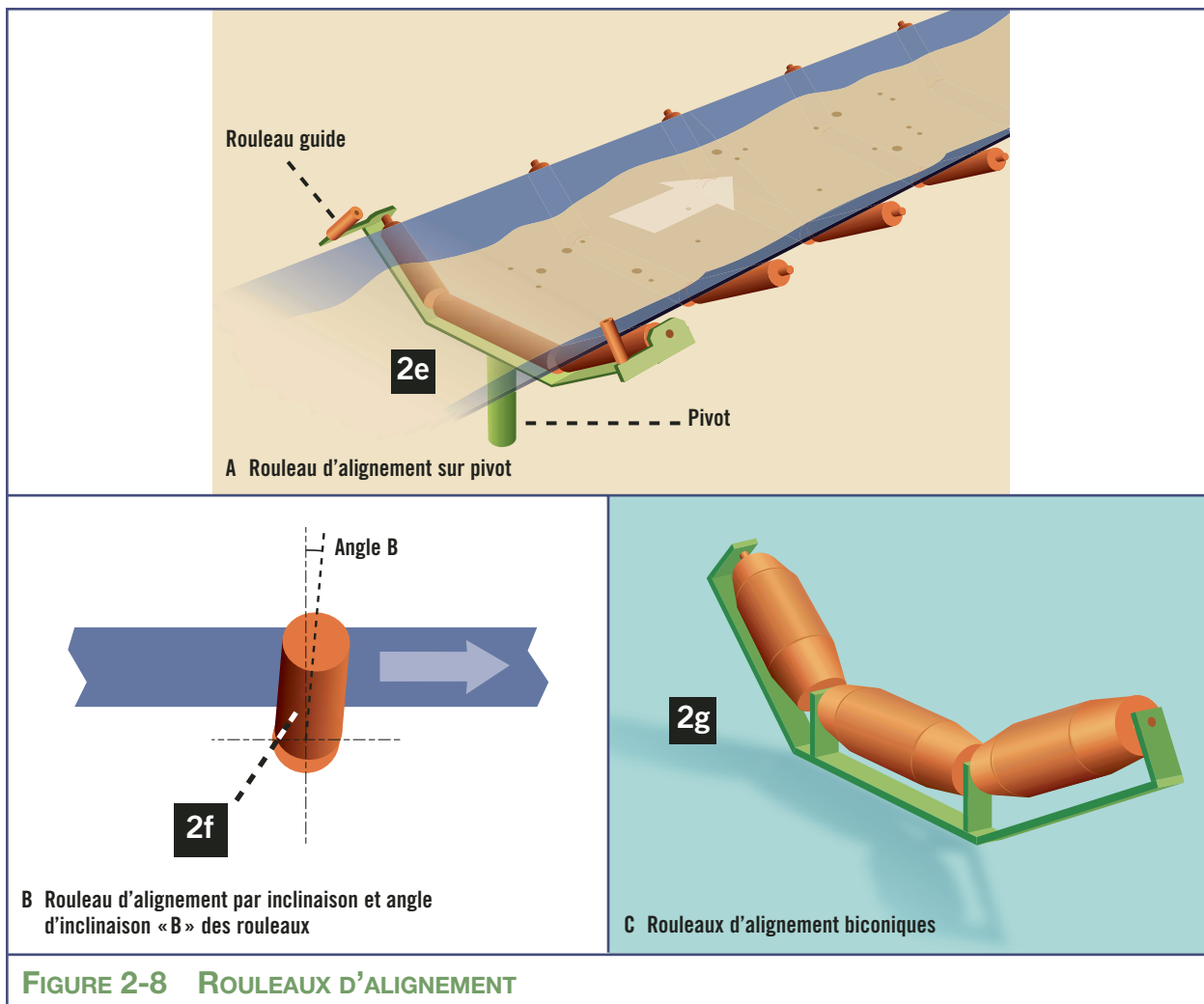
FIGURE 2-6 PATINS GLISSANTS

2b Rouleaux amortisseurs : conjointement avec certaines caractéristiques de la courroie, ils amortissent les impacts aux points de chargement. Les plus courants sont constitués de disques de caoutchouc. Les rouleaux amortisseurs peuvent être remplacés par une auge composée de plaques en matériau glissant appelée berceau amortisseur (figure 2-7).



- 2c** Rouleaux d'inflexion : modifient la pente de la courroie dans une zone d'inflexion (figure 2-1). De ce fait, ils sont soumis à des efforts plus importants que les rouleaux réguliers lorsqu'il y a une inflexion convexe (le centre d'inflexion est situé en dessous de la courroie). Pour une courroie en auge, l'angle de ces rouleaux est inférieur à l'angle nominal (figure 2-5) afin de limiter l'augmentation de tension dans les bords de la courroie lorsqu'il y a une inflexion convexe.
- 2d** Rouleaux de transition : assurent le passage progressif de la courroie d'une configuration plate à une configuration en auge et vice-versa (figure 2-1). De ce fait, ils sont soumis à des efforts plus importants que les rouleaux réguliers.
- 2e** Rouleaux d'alignement sur pivot : placés aux endroits critiques, ils assurent l'alignement de la courroie (figure 2-8 A).
- 2f** Rouleaux d'alignement par inclinaison : placés aux endroits critiques, ils assurent l'alignement de la courroie grâce à leur angle d'inclinaison « B », qui crée une force de centrage de la courroie (figure 2-8 B).
- 2g** Rouleaux d'alignement coniques : par leur géométrie (forme conique aux extrémités), ils centrent la courroie (figure 2-8 C).

Note. – Pour une courroie plate, les rouleaux porteurs sont d'une seule pièce (un seul cylindre, contre trois généralement pour une courroie en auge).



2h Sole de glissement : supporte et fait glisser la courroie. Pour les courroies en auge, la sole peut prendre la forme d'un « U » (figure 2-9). Le frottement entre la courroie et la sole peut être réduit par l'introduction d'air sous pression entre les deux éléments.

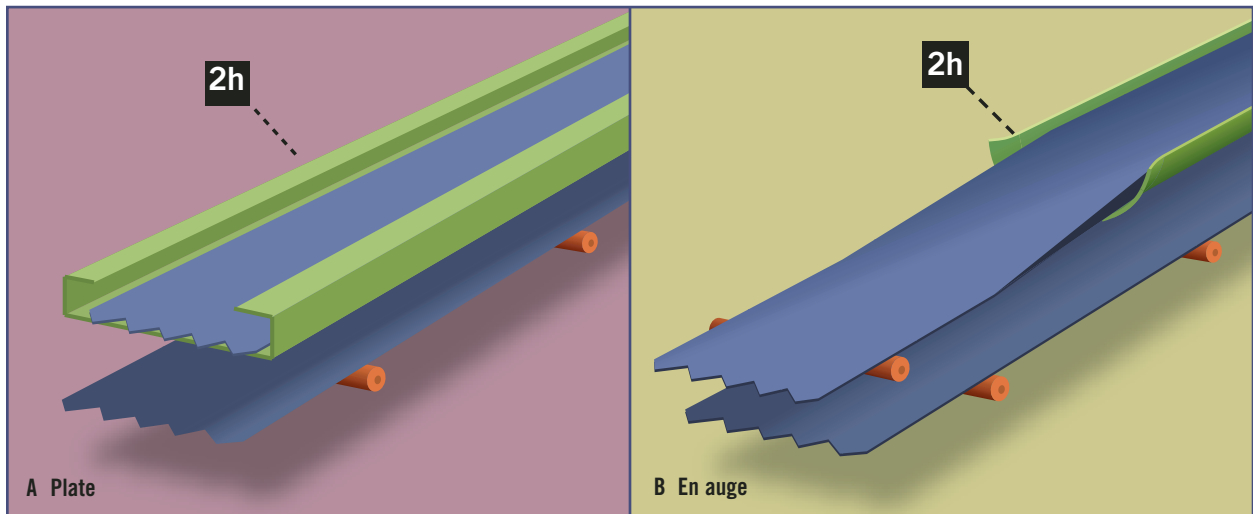


FIGURE 2-9 SOLES DE GLISSEMENT

3. ROULEAUX DE RETOUR

Fonction : réduire la résistance au mouvement de la courroie et la soutenir en produisant un mouvement doux. Certains peuvent aussi servir à aligner la courroie ou à en changer la direction. Il existe différentes sortes de rouleaux de retour :

3a Rouleaux réguliers (figures 2-1 et 2-2).

3b Rouleaux d'inflexion (figure 2-1).

3c Rouleaux d'alignement (figures 2-1, 2-8 A et 2-8 B). Le principe d'alignement de la figure 2-8 A s'applique aussi à une courroie plate. Celui de la figure 2-8 B ne s'applique qu'à un brin de retour formé en auge.

3d Rouleaux autonettoyants : ils sont conçus pour prévenir l'accumulation de matériaux sur eux-mêmes, accumulation qui entraîne le désalignement de la courroie (figures 2-1 et 2-10). Ils peuvent être à spirales ou à disques.

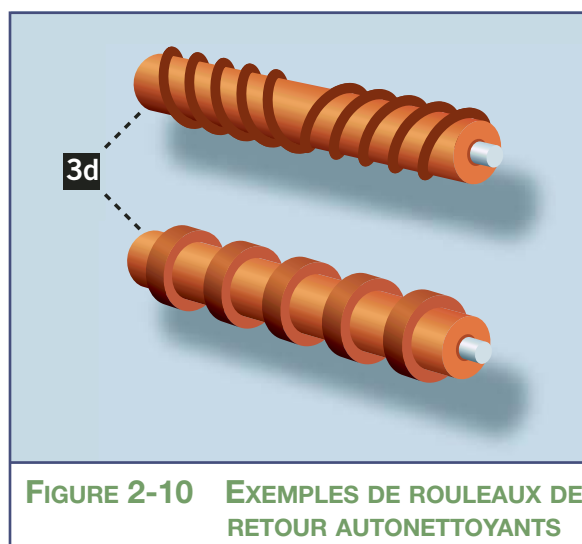
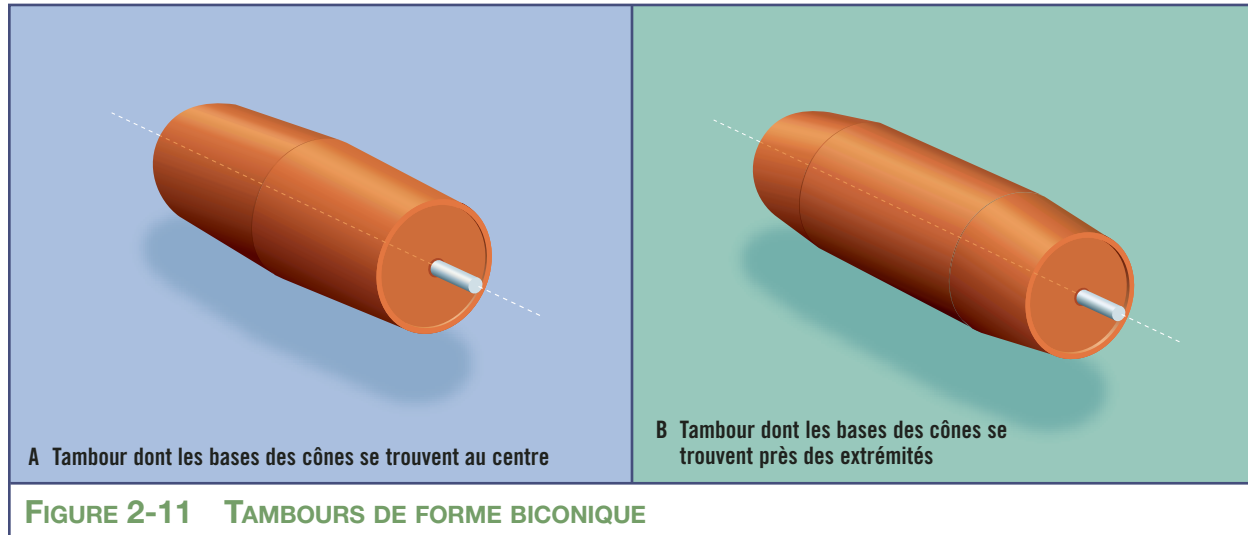


FIGURE 2-10 EXEMPLES DE ROULEAUX DE RETOUR AUTONETTOYANTS

4. TAMBOURS

Fonction : entraîner la courroie ou l'amener à changer de direction.

Les tambours peuvent être recouverts d'une garniture afin d'augmenter le coefficient de frottement entre la courroie et le tambour, de réduire l'usure par abrasion de ce dernier ou de créer un effet autonettoyant. La géométrie du rouleau ou de sa garniture peut aussi servir à centrer la courroie, comme le montre la figure 2-11.



Les différents types de tambour sont :

- 4a Tambour d'entraînement : mû par le moteur, il entraîne la courroie (figures 2-1, 2-12 et 2-13).
- 4b Tambour de tête : renvoie la courroie vers le brin de retour (peut aussi être un tambour d'entraînement) (figures 2-1, 2-12 et 2-13).
- 4c Tambour de queue : renvoie la courroie vers le brin porteur (figure 2-1) (peut aussi être un tambour d'entraînement).
- 4d Tambour de contrainte : en aval ou en amont d'un tambour, ramène ou maintient la courroie en ligne avec le brin de retour ou crée l'angle d'enroulement désiré autour du tambour d'entraînement (figure 2-1).
- 4e Tambour tendeur : maintient la tension de la courroie au moyen d'un dispositif de tension par gravité ou autre (figure 2-1).
- 4f Tambour d'enroulement : crée l'angle d'enroulement souhaité autour du tambour d'entraînement (figure 2-1).
- 4g Tambour de déviation : ramène la courroie à la hauteur du brin porteur (figure 2-15).

5. DISPOSITIF DE TENSION

Fonction : assurer la tension requise dans la courroie (pour éviter qu'elle ne glisse sur le tambour d'entraînement).

- 5a Par gravité : une masse guidée attachée au tambour tendeur assure la tension (figure 2-1).
- 5b Manuel ou automatique : actionné manuellement par des vis ou automatiquement par un système de commande (figure 2-1).

6. ÉLÉMENTS MOBILES DE TRANSMISSION D'ÉNERGIE

Fonction : produire et transmettre l'énergie nécessaire au tambour d'entraînement afin de mouvoir ou de retenir la courroie. Plusieurs configurations sont utilisées.

► Système de transmission à haute puissance qui comprend (figure 2-12) :

- 6a1 moteur ;
- 6a2 accouplement moteur-réducteur ;
- 6a3 réducteur ;
- 6a4 accouplement réducteur-tambour d'entraînement ;
- 4a tambour d'entraînement.

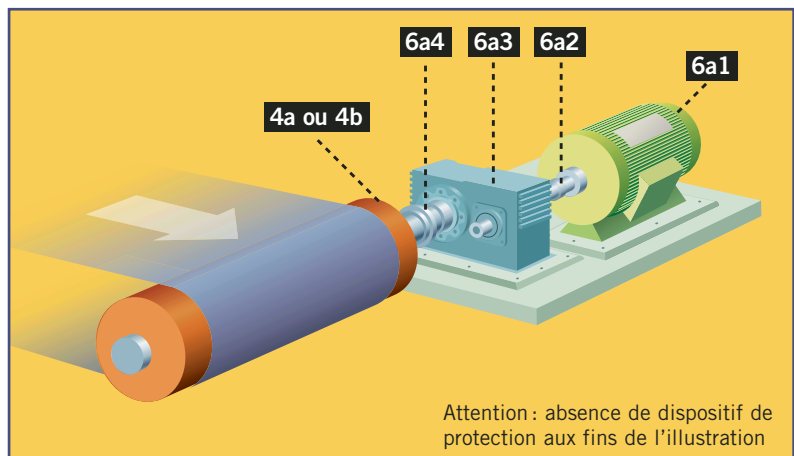


FIGURE 2-12 SYSTÈME DE TRANSMISSION À HAUTE PUISSANCE

► Système de transmission à faible puissance qui comprend (figure 2-13) :

- 6b1 moteur ;
- 6b2 poulie motrice en « V » ;
- 6b3 courroies en « V » ;
- 6b4 poulie en « V » mue ;
- 6b5 réducteur ;
- 6b6 pignon ;
- 6b7 chaîne à rouleaux ;
- 6b8 roue dentée ;
- 4a tambour d'entraînement.

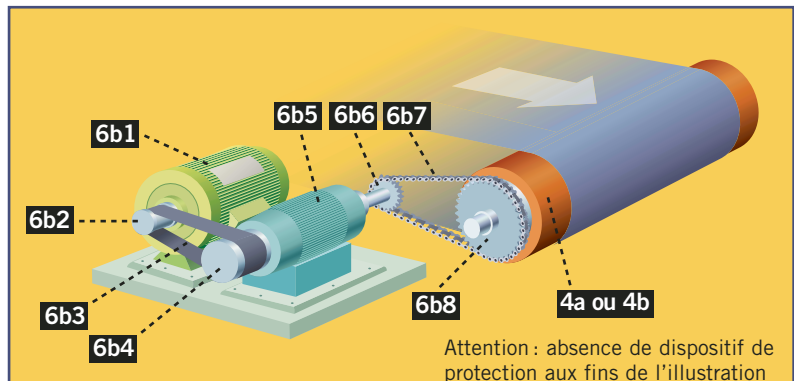


FIGURE 2-13 SYSTÈME DE TRANSMISSION À FAIBLE PUISSANCE

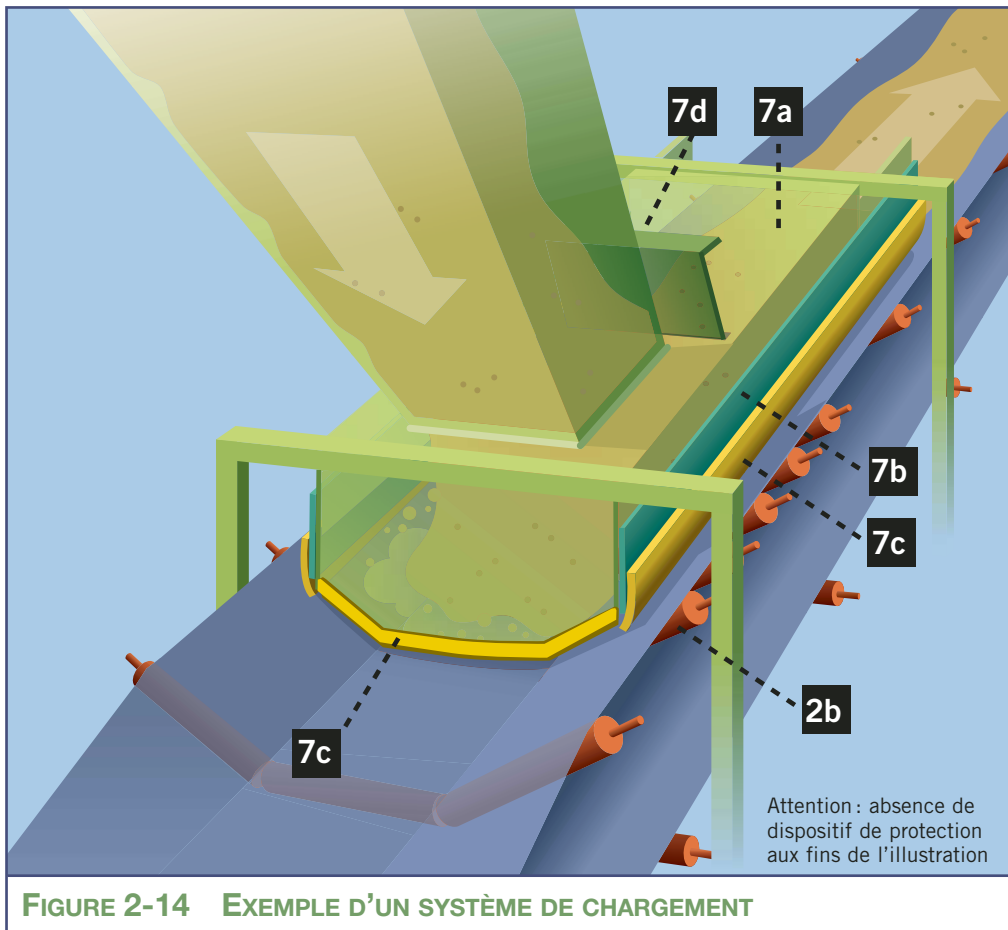
D'autres configurations sont aussi possibles (notamment l'utilisation de coupleurs ou de moteurs hydrauliques). Un frein peut être intégré aux éléments mobiles de transmission d'énergie si c'est nécessaire lorsque le convoyeur est en montée ou en descente.

7. SYSTÈME DE CHARGEMENT

Fonction : guider et contrôler le débit de matériaux vers la courroie. Il peut prendre plusieurs formes : trémie, glissière, chargeur automatique, poussoirs, etc. La trémie est constituée principalement des éléments suivants :

- 7a** Corps de la trémie : guide, contient et parfois contrôle le débit de matériaux (figures 2-1 et 2-14).
- 7b** Lisse de guidage : centre le matériau ou les charges isolées sur la courroie ou les dirige dans une direction donnée (figure 2-14).
- 7c** Bavette d'étanchéité : empêche la fuite du matériau par les côtés (bavette d'étanchéité latérale) ou par l'arrière (bavette d'étanchéité arrière) (figure 2-14).
- 7d** Porte de régulation : contrôle le débit (figure 2-14).

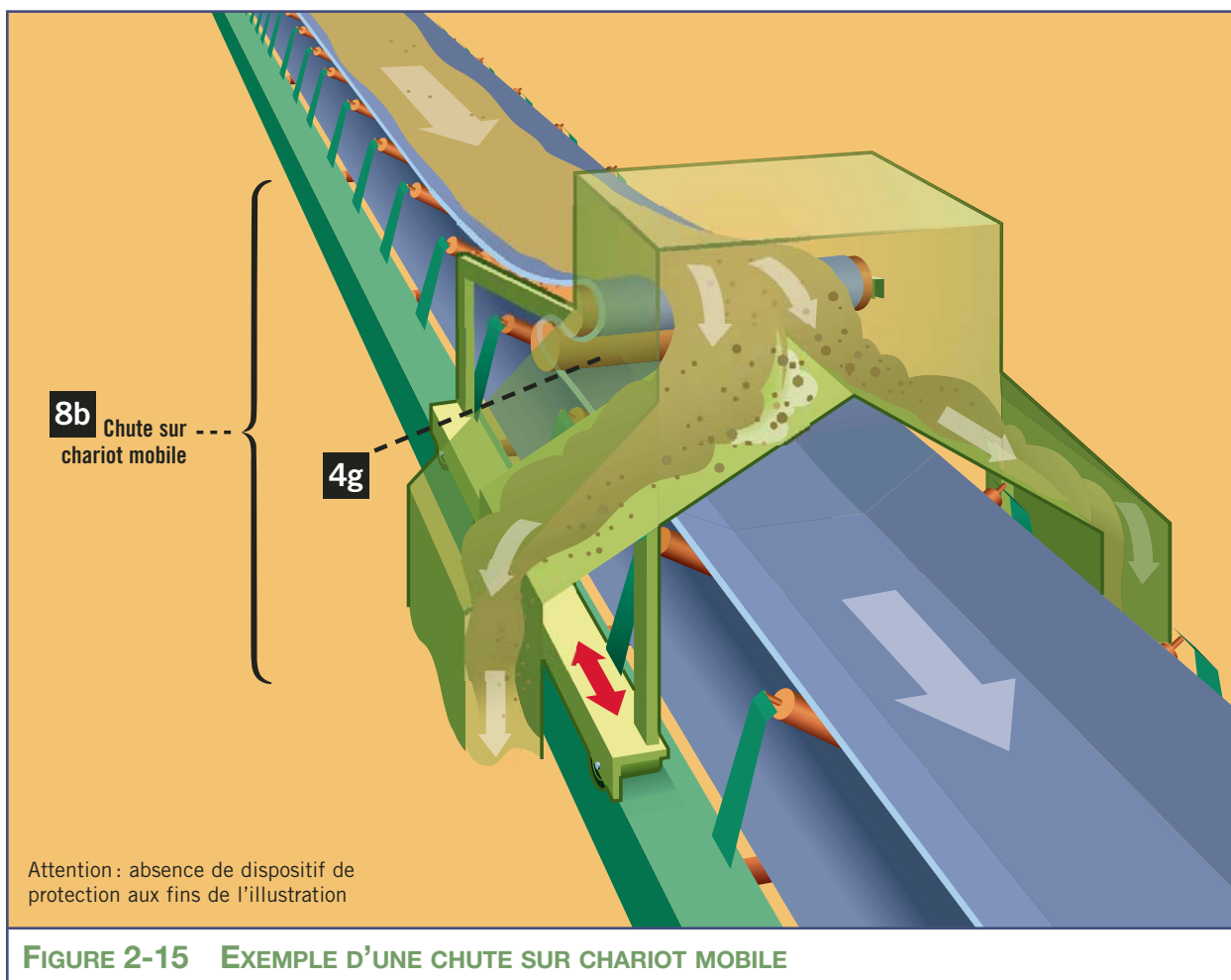
Des plaques anti-usure peuvent recouvrir les parois intérieures de la trémie pour les protéger.



8. SYSTÈME DE DÉCHARGEMENT

Fonction : guider les matériaux sortants. Ces systèmes peuvent prendre plusieurs formes pour les courroies en auge ou plates :

- 8a** Chute de tête fixe : pour une courroie en auge, voir la figure 2-1. Pour une courroie plate transportant des charges isolées, elle peut prendre la forme d'une simple glissière ou d'une goulotte.
- 8b** Chute sur chariot mobile (figure 2-15).
- 8c** Chute fixe le long du convoyeur, semblable à celle de la figure 2-15, mais fixe.
- 8d** Charrue simple : en « V » complet ou partiel qui peut être fixe, amovible ou mobile (figure 3-18 D).
- 8e** Déflecteur : peut être constitué d'une simple plaque oblique fixe, amovible ou mobile, etc. (figures 3-18 B et C).



9. DISPOSITIF DE NETTOYAGE DE LA COURROIE ET DES TAMBOURS

Fonction : enlever le matériau qui adhère aux deux faces de la courroie (face externe ou face interne) ou à un tambour. Prend souvent la forme d'un grattoir ou d'une brosse :

9a Dispositif de nettoyage de la face externe de la courroie : se trouve généralement au point de déchargement (figure 2-1).

9b Dispositif de nettoyage du tambour (figure 2-1).

9c Dispositif de nettoyage de la face interne de la courroie : se trouve généralement juste avant le tambour de queue (figure 2-1).

10. ZONE D'INFLEXION

Zone du convoyeur où la courroie subit un changement de pente (figure 2-1). Il existe des inflexions convexes, où le centre d'inflexion est situé en dessous de la courroie, et des inflexions concaves, où le centre d'inflexion est situé au-dessus de la courroie.

11. ZONE DE TRANSITION

Zone d'un convoyeur en auge où le profil de la courroie passe d'une configuration en auge à une configuration plate ou vice-versa (figure 2-1).

12. DISPOSITIF D'AIGUILLAGE

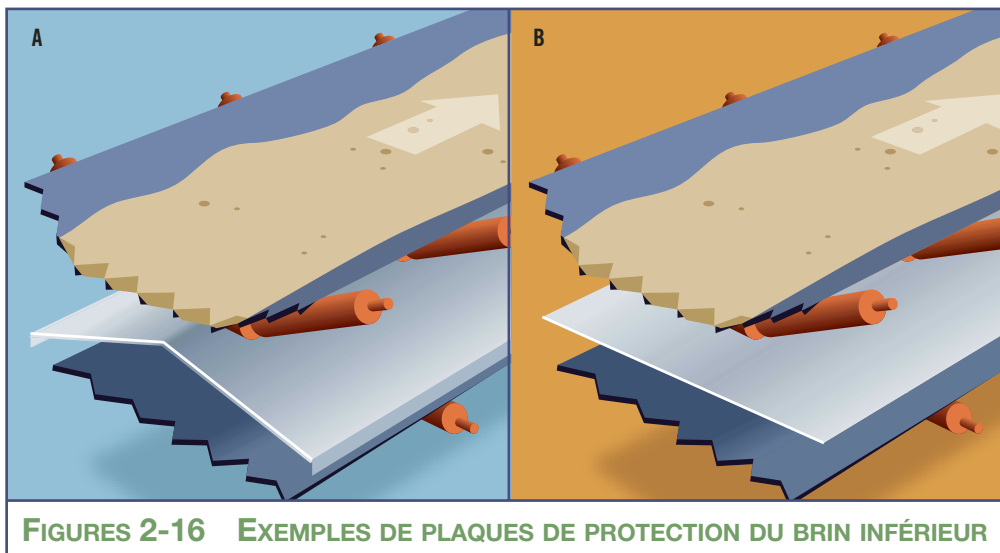
Fonction : changer la direction des matériaux ou de la charge transportée. Ces dispositifs peuvent prendre plusieurs formes : butoirs, poussoirs, éjecteurs, etc.

13. ANTIRECUL

Fonction : bloquer, sur un convoyeur ascendant, le recul de la courroie chargée lorsque le moteur est arrêté.

14. PLAQUE DE PROTECTION DU BRIN INFÉRIEUR

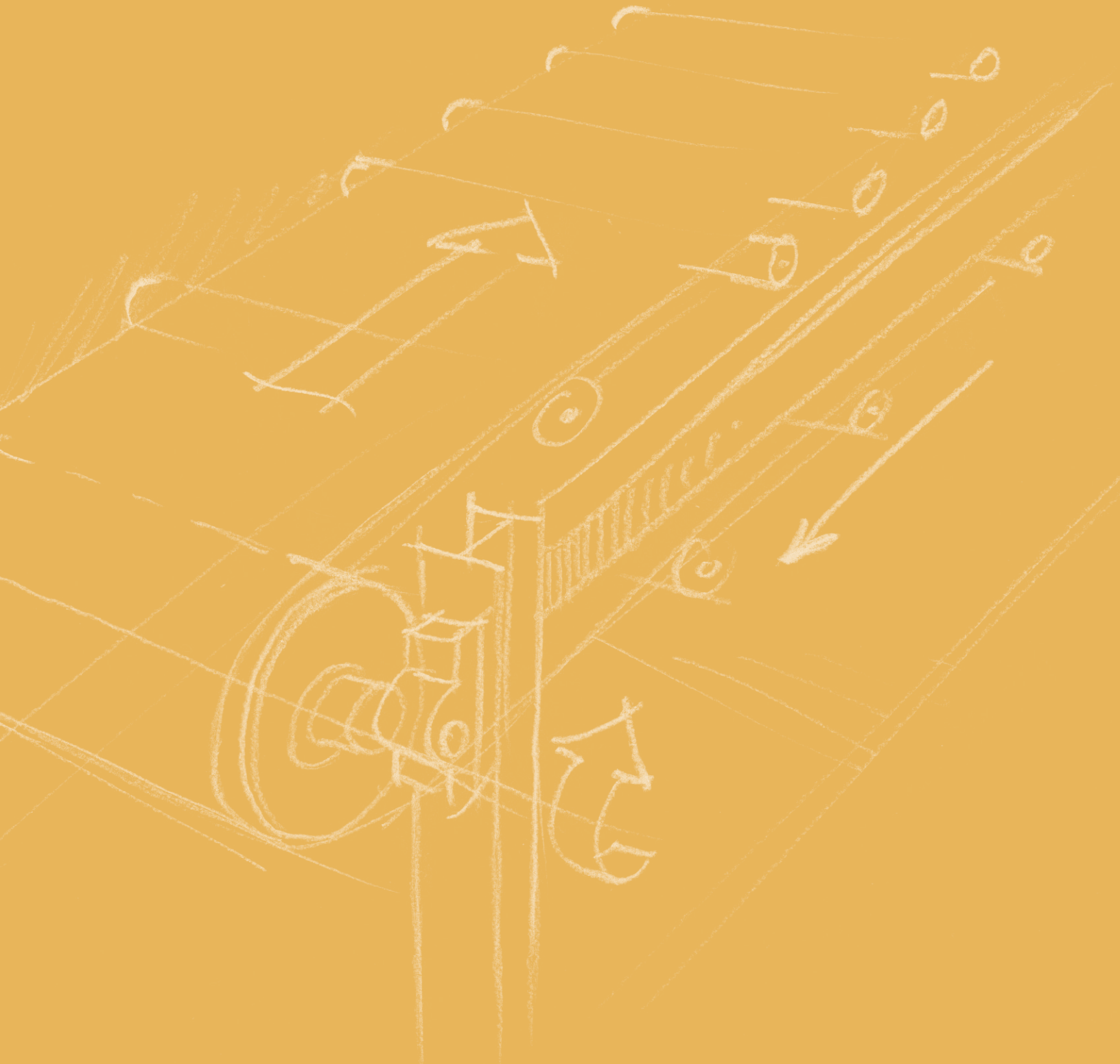
Plaque située entre le brin supérieur et le brin inférieur d'une courroie transportant des charges en vrac afin d'empêcher tout déversement de matériaux du brin supérieur vers le brin inférieur et ainsi éviter l'accumulation de matériaux entre la courroie et le tambour de queue. La forme de la plaque doit faciliter la récupération des matériaux se déversant du brin supérieur (figure 2-16).



FIGURES 2-16 EXEMPLES DE PLAQUES DE PROTECTION DU BRIN INFÉRIEUR

CHAPITRE III

INCIDENCE DES CHOIX DE CONCEPTION SUR LA SÉCURITÉ DES CONVOYEURS



Chapitre III

Incidence des choix de conception sur la sécurité des convoyeurs

Le présent chapitre a pour but de faire ressortir les incidences sur la sécurité des choix des éléments (courroie, tambour, grattoir, etc.) au moment de la conception des convoyeurs ou de leur modification.

Il est avant tout nécessaire de réduire le nombre des interventions présentant des risques pour le personnel chargé de la production et de la maintenance, particulièrement dans le cas d'interventions urgentes. Par exemple, le déversement de matériaux peut avoir des conséquences importantes sur la sécurité des opérateurs, car qui dit déversement dit nettoyage. Les opérateurs chargés du nettoyage des matériaux déversés par le convoyeur se trouvent souvent dans des zones dangereuses. De même, une personne qui n'est pas chargée du nettoyage peut décider de remettre sur le convoyeur une partie des matériaux déversés et se trouver ainsi en situation dangereuse. C'est pourquoi il est important de prévenir le plus possible toutes les causes d'intervention, entre autres celles qui sont liées aux déversements du matériau transporté par le convoyeur.

Dans les pages qui suivent, les éléments à prendre en compte au moment de la conception ou de la modification d'un convoyeur sont présentés, généralement sous forme de tableaux qui expliquent les effets positifs et négatifs de ces éléments sur la sécurité des opérateurs et des préposés à la maintenance. **Afin de ne pas surcharger ces tableaux, les effets sur la sécurité ne sont pas toujours décrits en détail jusqu'à l'accident.** Par exemple, l'expression « entraîne des déversements » sous-entend que le déversement conduit à une opération de nettoyage qui peut constituer une situation dangereuse.

Les sujets sont présentés dans l'ordre qui suit :

1. Caractéristiques et transportabilité des matériaux en vrac et des charges isolées ;
2. Types de convoyeurs et configuration ;
3. Courroie :
 - ▶ Capacité volumétrique,
 - ▶ Puissance et tension dans la courroie,
 - ▶ Fabrication de la courroie,
 - ▶ Types d'épissures ;
4. Rouleaux et autres supports de courroie :
 - ▶ Rouleaux et autres dispositifs porteurs,
 - ▶ Rouleaux porteurs d'alignement,
 - ▶ Rouleaux de retour et autres dispositifs ;

5. Tambours et arbres :

- ▶ Caractéristiques des tambours,
- ▶ Configuration des tambours,
- ▶ Garnitures de tambours ;

6. Dispositifs de tension ;

7. Chargement et déchargement du convoyeur :

- ▶ Chargement de la courroie,
- ▶ Alimentateur,
- ▶ Déchargement de la courroie ;

8. Dispositifs de nettoyage :

- ▶ Dispositifs de nettoyage de la courroie ou des tambours,
- ▶ Dispositifs de nettoyage des déversements (dispositifs autonettoyants),
- ▶ Plaques de protection du brin inférieur ;

9. Éléments de contrôle du fonctionnement du convoyeur :

- ▶ Antireculs,
- ▶ Freins,
- ▶ Appareils de surveillance ;

10. Conditions environnementales.

Afin de bien illustrer les liens qui existent entre un élément défaillant du convoyeur et un accident, une méthode graphique est incluse dans le présent document. Il s'agit de l'arbre des fautes (AdF), dont les méthodes de construction et d'interprétation sont décrites au chapitre 6. L'arbre des fautes appliqué aux convoyeurs à courroie y est illustré au complet.

À la fin de chaque sous-chapitre (matériaux transportés, courroie, tambour, etc.), le lecteur trouvera, en bleu, les renvois aux pages pertinentes de l'arbre des fautes des convoyeurs à courroie présenté au sous-chapitre 6.4.

3.1 Caractéristiques et transportabilité des matériaux en vrac et des charges isolées

Chaque convoyeur doit être conçu pour transporter les matériaux visés en tenant compte de certains critères. Ce sont les caractéristiques des matériaux, le débit souhaité ainsi que les contraintes qu'impose l'emplacement du convoyeur qui déterminent les critères de conception. Ne pas tenir compte de ces critères ou procéder à l'inverse aboutit à la construction d'un convoyeur inefficace ou qui exige beaucoup d'interventions de nettoyage et d'entretien, tout en ne fournissant pas le rendement voulu.

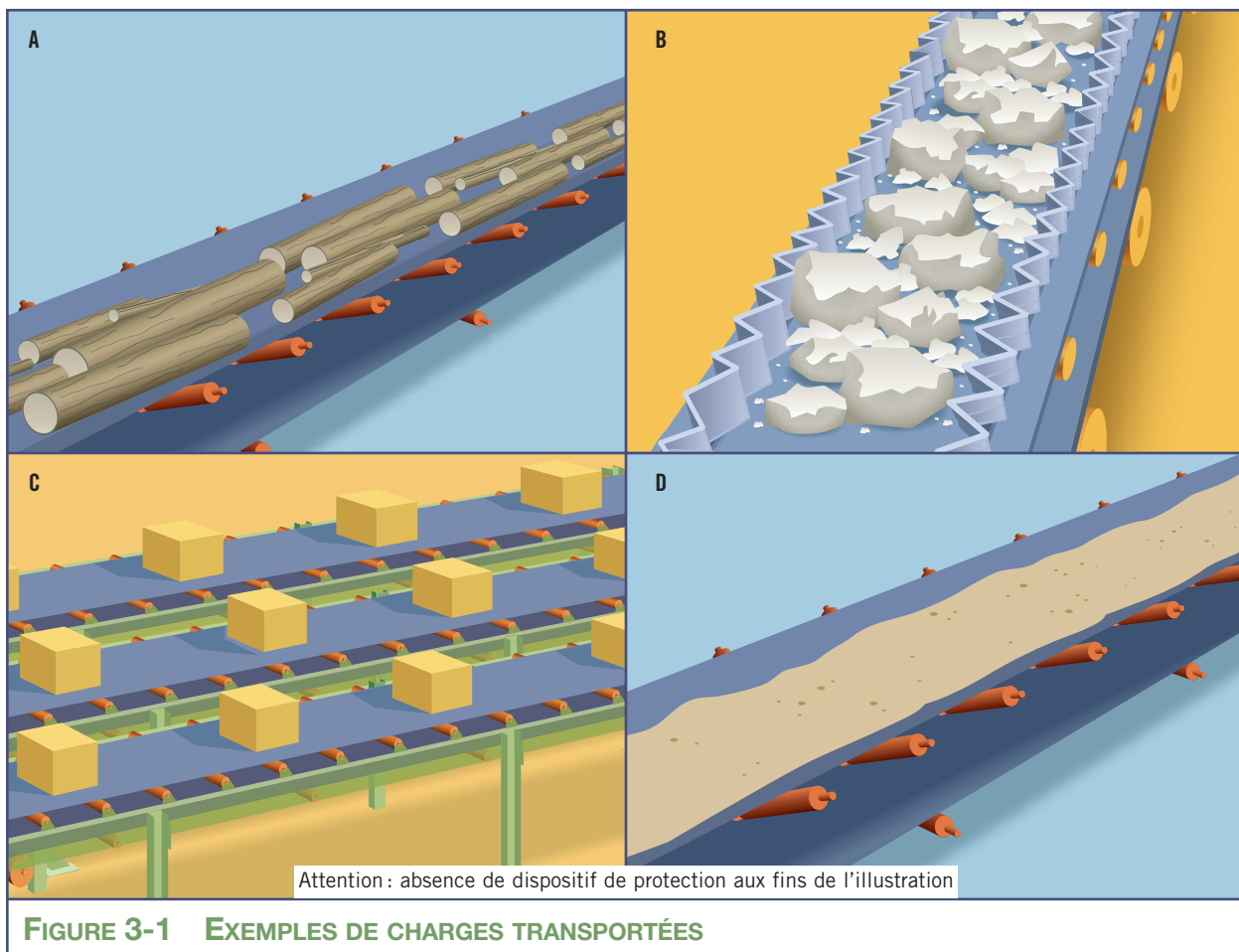
Les convoyeurs dont on modifie l'usage doivent être minutieusement analysés afin de permettre le transport des matériaux efficacement, sans exiger d'interventions trop fréquentes. Les documents proposés aux références [1], [2], [3] et [4] détaillent les caractéristiques des matériaux en vrac et leur transportabilité.

TABLEAU 3-1 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES CARACTÉRISTIQUES DE LA CHARGE

Propriétés de la charge	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Granulométrie	La ségrégation des particules fines vers le fond peut stabiliser les blocs transportés.	Chocs, roulements, glissements sur la courroie entraînant la création de poussières, de déversements et de chutes de blocs, etc.
Fluidité	Le respect de l'angle de surcharge du matériau* permet d'éviter les déversements et les interventions de nettoyage.	Certains matériaux se fluidifient par le brassage sur la courroie, causant des déversements. D'autres ne peuvent être transportés à haute vitesse à cause de leur légèreté (ex. : poudres).
Pouvoir abrasif	Le pouvoir abrasif de certains matériaux peut leur permettre de moins glisser sur la courroie et, par le fait même, empêcher le glissement et les débordements.	Le pouvoir abrasif peut causer l'usure prématurée de la courroie et des tambours. Il peut aussi entraîner de fréquentes interventions de maintenance.
Adhérence	Certains matériaux n'adhèrent pas aux tambours ni à la courroie. Leur transport exige donc moins d'opérations d'entretien du convoyeur.	Certains matériaux agglomérants et collants peuvent rendre le nettoyage de la courroie difficile (voir le point 3.8) et la décentrer en s'accumulant sur celle-ci, sur les rouleaux ou sur les tambours. Des déversements peuvent en résulter.
Autres propriétés : poids spécifique, corrosivité, toxicité, réaction à la température, hygroscopie, susceptibilité à la contamination, etc.		En raison de leurs propriétés (chimiques, toxiques, etc.), certains matériaux peuvent constituer des risques pour les personnes. Ils peuvent aussi endommager la courroie et les autres éléments du convoyeur et écourter sa vie utile.
Charge isolée	Le chargement est généralement plus facile et la stabilité de la charge plus grande que dans le cas des matériaux en vrac.	Risques de coincement attribuables aux éléments fixes qui entourent le convoyeur. Risque de chute de la charge.

* L'angle de surcharge est l'angle auquel le matériau se stabilise sur la courroie horizontale en mouvement.

La figure 3-1 montre quelques exemples de charges transportées par des convoyeurs à courroie.



VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

- I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)
- I-1 Glissement du matériau au moment de l'arrêt du convoyeur
- I-4 Débordement du système de déchargement
- I-5 Accumulation sous le convoyeur ou autour
- III-1 Blocage dans la trémie, la chute d'abaissement ou de déchargement
- IV Rupture de la courroie

3.2 Types de convoyeurs et configuration

En choisissant un convoyeur, il faut tenir compte de facteurs tels que :

- ▶ l'inclinaison du convoyeur ;
- ▶ la densité du matériau ;
- ▶ la taille des morceaux ;
- ▶ la forme des morceaux ;
- ▶ l'angle interne de friction ;
- ▶ le coefficient de friction entre le matériau et le revêtement supérieur de la courroie ;
- ▶ la teneur en eau du matériau ;
- ▶ les conditions environnementales ;
- ▶ etc.

Si on utilise des convoyeurs inclinés, différents problèmes de déversement peuvent survenir à la suite :

- ▶ du glissement de l'ensemble de la charge vers le bas du convoyeur ;
- ▶ du glissement interne des matériaux (ceux situés au-dessus glissent sur ceux du dessous) ;
- ▶ du glissement des plus gros morceaux vers le bas du convoyeur ;
- ▶ du glissement des plus gros morceaux sur les plus petits.

Ces glissements peuvent également avoir une incidence directe sur le fonctionnement du convoyeur, puisqu'ils peuvent endommager la courroie et d'autres composants du convoyeur.

Les convoyeurs à courroie peuvent prendre de multiples configurations qui peuvent améliorer la sécurité, en réduisant par exemple le nombre de convoyeurs ou la fréquence des nettoyages. Plusieurs types et profils de courroies ont été conçus afin de réduire les déversements, surtout dans les montées (courroie en auge avec bords de contenance et tasseaux, courroie plate pourvue de godets), et de contrôler l'émission de poussières (courroie en forme de sac suspendu). Dans certains cas, il peut être nécessaire d'encoffrer totalement le convoyeur afin d'empêcher la propagation de poussières dans l'environnement.

La figure 3-2 illustre les principaux types et profils de courroies. La figure 3-3 présente un graphique de sélection des convoyeurs en fonction de l'inclinaison, de la dimension des blocs et du volume de matériaux à transporter. Pour plus de renseignements sur le choix du profil et la configuration du convoyeur, consulter les références [1], [3] et [4].

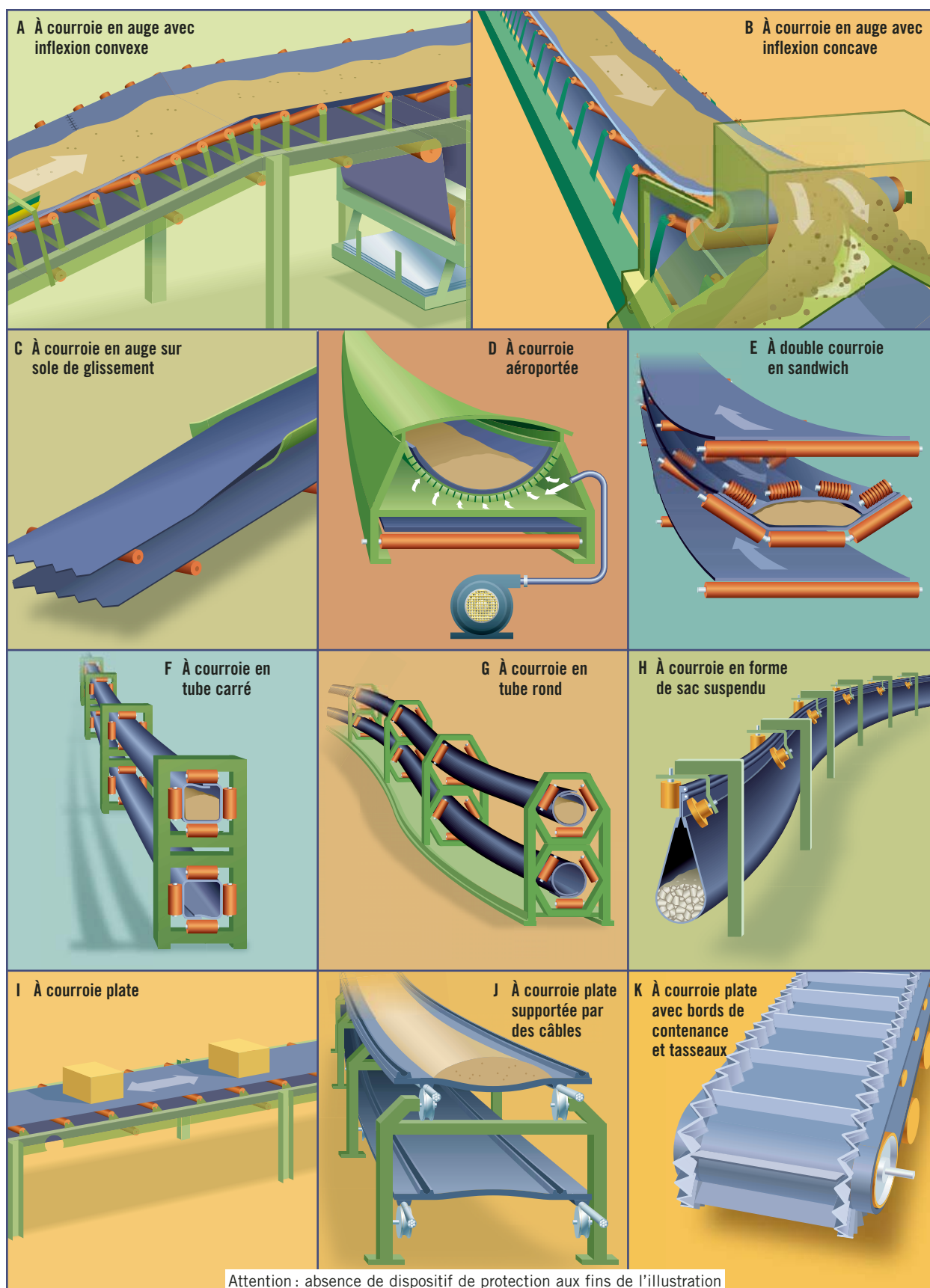
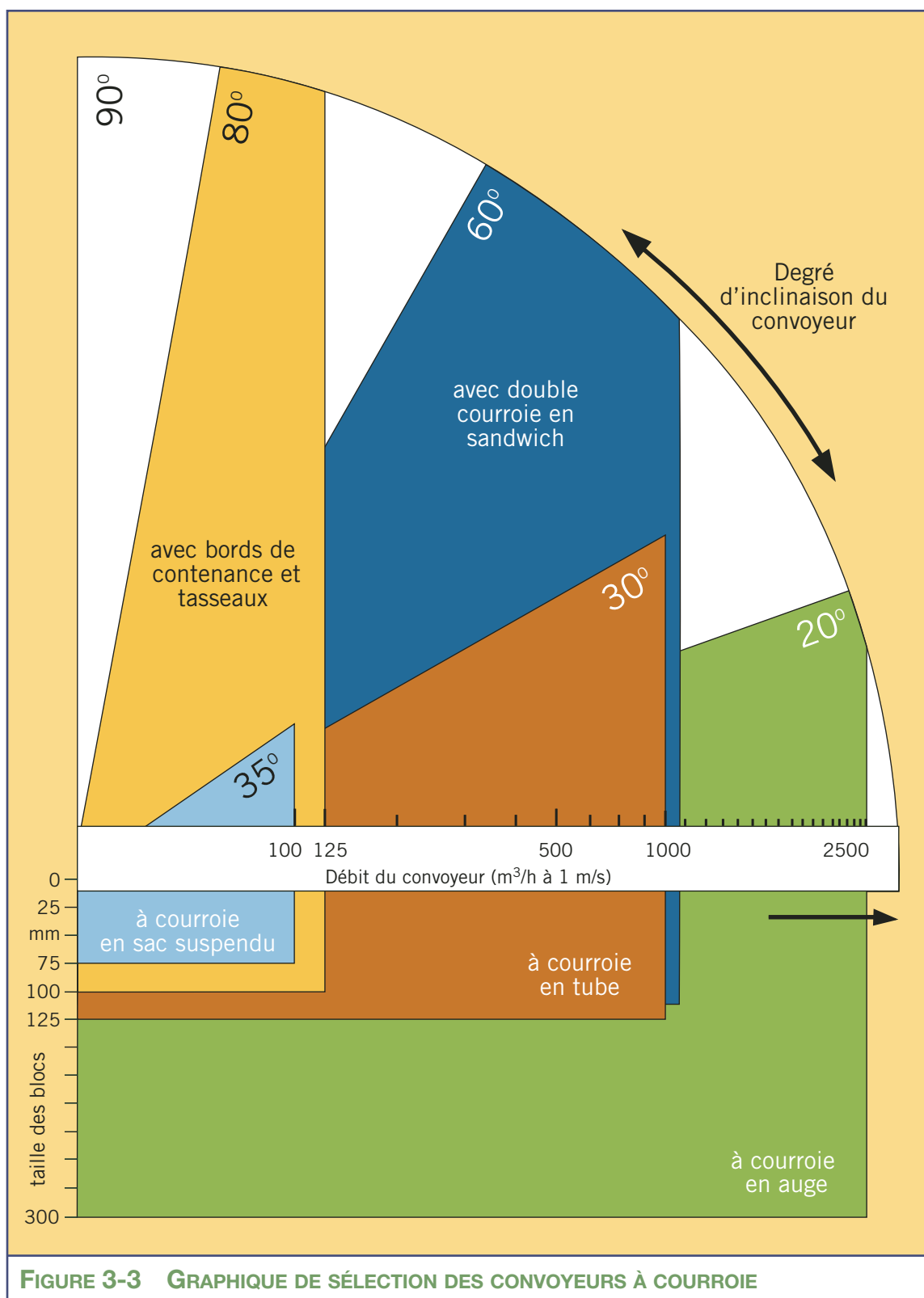


FIGURE 3-2 TYPES ET CONFIGURATION DES COURROIES

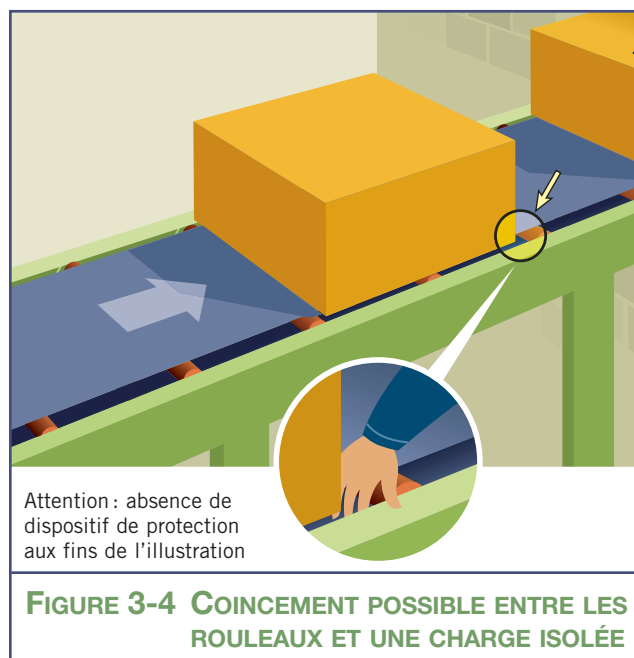


TABEAU 3-2 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES TYPES ET DES CONFIGURATIONS DE CONVOYEURS POUR LE TRANSPORT EN VRAC

Types de convoyeurs	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
À courroie en auge en pente	Avec une trémie d'alimentation bien conçue et une courroie lisse, les pentes douces (inférieures à 15°) ne posent généralement pas de problèmes de déversements et de chutes de blocs.	Une inclinaison accentuée peut poser des problèmes de déversements et de chutes de blocs. Le profil de la courroie devra être modifié (ex. : nervures, tasseaux, bords de contenance). Des risques sont associés à ces profils (voir le point 3.3.1.1).
À courroie en auge avec inflexion convexe (figure 3-2 A)	Intègrent deux convoyeurs en un seul et éliminent souvent un transfert.	Pour les courroies en auge, un rayon de courbure minimal doit être respecté afin d'éviter des tensions extrêmes aux bords de la courroie et son bris.
À courroie en auge avec inflexion concave (centre de courbure au-dessus de la courroie) (figure 3-2 B)		Pour les courroies en auge, un rayon de courbure minimal doit être respecté afin d'éviter une tension nulle aux bords de la courroie et des déversements.
À courroie en auge sur sole de glissement ou aéroportée (figures 3-2 C et D)	Réduction du nombre de rouleaux et des zones de coincement.	Une sole de glissement peut exiger plus de puissance et occasionner plus d'usure. La courroie aéroportée se décentre facilement si elle est mal chargée, surtout lorsqu'elle transporte de gros blocs.
À courroie en auge avec bords de contenance et tasseaux	Permet d'avoir une pente importante en réduisant les déversements. Courroie moins large.	Ajoute lourdeur et rigidité à la courroie, ce qui augmente les risques d'entraînement dans les angles rentrants. Risques de chocs. Les rouleaux de retour de ces courroies sont particuliers et peuvent nécessiter des dispositifs de protection supplémentaires. Les protecteurs sont plus difficiles à concevoir.
À double courroie en sandwich (figure 3-2 E)	Permet des montées verticales et même un renversement de la courroie sur elle-même sans créer de déversements. Réduit les points de transfert et les problèmes associés.	Est complexe et crée beaucoup de zones de coincement et de possibilités de décentrage ; crée également de nombreux problèmes. Plus exigeant en matière de maintenance.
À courroie repliée	Mêmes avantages que le convoyeur à double courroie en sandwich, mais plus étanche aux poussières et moins sujet aux déversements.	Par rapport à la courroie en auge, augmentent le nombre de zones de coincement et la gravité des risques qu'elles présentent ainsi que le nombre des interventions de maintenance.
En tube carré ou rond (figures 3-2 F et 3-2 G)	Mêmes avantages que le convoyeur à courroie repliée, mais encore plus étanche aux poussières et moins sujet aux déversements. Contient mieux les boues. Peut suivre des courbes horizontales ou verticales serrées.	
En forme de sac suspendu (figure 3-2 H)		

TABLEAU 3-3 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES TYPES DE CONVOYEURS À COURROIE PLATE POUR LE TRANSPORT DE MATÉRIAUX EN VRAC OU DE CHARGES ISOLÉES

Types de convoyeurs	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
À courroie plate supportée par des rouleaux (figure 3-2 I) ou une sole de glissement	Construction simple. Rouleaux porteurs moins exposés. La sole de glissement élimine les angles rentrants.	Risque de coincement entre la partie des rouleaux porteurs qui dépasse de la courroie et les charges isolées (figure 3-4).
À courroie plate supportée par des câbles (figure 3-2 J)	Les poulies porteuses peuvent être plus espacées que dans le cas des rouleaux, donc moins de zones de coincement.	Les brins brisés du câble créent des risques de piqûre et de happement. Le déraillement des câbles occasionne des déversements majeurs.
À courroie plate avec bords de contenance et tasseaux (figure 3-2 K)	Permet d'avoir une pente importante en réduisant les déversements. Courroie moins large.	Ajoute lourdeur et rigidité à la courroie, ce qui augmente les risques d'entraînement dans les angles rentrants. Risques de chocs. Les rouleaux de retour de ces courroies sont particuliers et peuvent nécessiter des dispositifs de protection supplémentaires. Les protecteurs sont plus difficiles à concevoir.
À courroie plate à godets	Mêmes avantages que le type de convoyeur précédent, mais permet d'avoir une pente à 90°.	Doit être mieux protégé à cause des risques de happement et de coincement (article 271 du RSST).



VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

- I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)**
- I-1 Glissement du matériau au moment de l'arrêt du convoyeur**
- I-4 Débordement du système de déchargement**

3.3 Courroie

La courroie est sans doute la partie la plus importante du convoyeur. Il faut donc la choisir avec la plus grande attention, en étudiant d'abord le convoyeur afin de déterminer celle qui est la mieux adaptée à l'usage que l'on compte en faire (types de matériaux convoyés, vitesse de la courroie, pente, tension maximale, etc.). Les conditions d'utilisation, l'environnement de travail et les ressources nécessaires pour la maintenance constituent des facteurs très importants à considérer pour le choix de la courroie.

De même, le choix des tambours et des rouleaux est important, car une courroie peut être conçue pour ne fonctionner que sur des tambours de certains diamètres ou sur certains types de garnitures. L'usure ou les défaillances prématurées de la courroie et de ses épissures entraîneront des interventions qui présentent souvent des risques.

Le matériau transporté aura aussi une incidence sur l'usure et la détérioration de la courroie. Celle-ci peut supporter certaines conditions environnementales ou usages particuliers.

Avant de choisir le type de courroie et sa construction, il est nécessaire :

- ▶ de bien définir les conditions d'utilisation et d'entretien du convoyeur ;
- ▶ de consulter les manuels de conception, les normes, les références, etc. ;
- ▶ de consulter des entreprises qui utilisent des convoyeurs dans des conditions similaires ;
- ▶ de consulter les fabricants de courroies ;
- ▶ de consulter les firmes de génie-conseil et d'autres consultants qui se spécialisent dans ce secteur d'activité.

La courroie doit être choisie en tenant compte des facteurs suivants :

- ▶ les caractéristiques du matériau convoyé abordées au point précédent ;
- ▶ sa capacité volumétrique ;
- ▶ la puissance et la tension dans la courroie ;
- ▶ sa fabrication ;
- ▶ les conditions environnementales.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

II Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur

IV Rupture de la courroie

3.3.1 Capacité volumétrique

La capacité volumétrique d'une courroie se définit comme le volume maximal de matériaux donnés que la courroie peut transporter par unité de temps en régime continu, avec une fiabilité donnée et dans les conditions de fonctionnement données, sans créer de poussière ni causer de déversements ou de débordements. La capacité volumétrique de la courroie est principalement fonction :

- ▶ de son profil ;
- ▶ de sa vitesse ;
- ▶ de sa largeur ;
- ▶ de l'inclinaison du convoyeur.

Pour connaître les avantages et les désavantages des différents types de courroies en fonction des objectifs de production à atteindre, consulter les références [1] et [3].

3.3.1.1 Profils des courroies

Lorsque ces trois autres facteurs sont figés (vitesse, largeur, inclinaison), le profil de la courroie influence fortement la capacité volumétrique parce qu'il détermine le volume de matériaux que la courroie peut transporter par unité de longueur. Le profil de la courroie peut être défini comme étant la combinaison du type de courroie (plate, en auge, avec un bord de contenance, en sandwich, ronde, carrée, etc.) et des caractéristiques de sa face externe (lisse, nervurée, à tasseaux, à godets, etc.). De ce fait, le profil de la courroie a des répercussions sur la conception des dispositifs mécaniques requis pour assurer le bon fonctionnement du convoyeur (grattoirs, rouleaux, tambours, etc.) et des incidences sur la sécurité au cours de l'utilisation et de l'entretien du convoyeur.

TABEAU 3-4 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES PROFILS DE COURROIES

Profils de courroies	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Courroie plate ou en auge (sur rouleaux) avec revêtement supérieur lisse	L'auge stabilise la charge de matériaux en vrac (réduction des déversements).	Les caractéristiques du matériau transporté doivent être prises en compte et les limites d'inclinaison et de vitesse ne pas être dépassées afin d'éviter les déversements. Non adaptée aux charges isolées (problèmes de stabilité, de chargement et de déchargement).
	La courroie plate est surtout appropriée pour le transport des charges isolées. Facilite le chargement et le déchargement.	Mal adaptée pour les matériaux en vrac (déversements) à moins de dispositions particulières.
Courroie plate ou en auge avec un revêtement supérieur lisse : – sur une sole de glissement plate ou en auge – supportée par de l'air	Mêmes avantages que pour la courroie sur rouleaux, mais réduction des possibilités de déversement. Suppression des angles rentrants par la sole de glissement.	Peut exiger plus de puissance, la tension dans la courroie est donc à considérer. Électricité statique : des revêtements inférieurs antifriction peuvent être requis.
Présence de nervures	Donnent une meilleure prise sur le matériau transporté. Augmentent la capacité de charge des convoyeurs inclinés.	Augmentent les risques de happement, de coincement, de choc et de cisaillement ainsi que les risques d'entraînement dans les angles rentrants. Les coincements sont plus graves, car la charge est mieux retenue sur la courroie. Rigidifient et alourdissent la courroie.
Présence de tasseaux		
Présence de godets (courroie verticale)		
Présence de bords de contenance	Augmente la capacité de charge des convoyeurs inclinés et réduit les déversements.	Augmente les risques de happement, surtout si les bords de contenance sont brisés. Ajoute lourdeur et rigidité, ce qui augmente les risques d'entraînement dans les angles rentrants.
Double courroie en sandwich	Permet des montées verticales et même un renversement de la courroie sur elle-même sans créer de déversements. Réduit les points de transfert entre convoyeurs et les problèmes associés.	Est complexe et crée beaucoup de zones de coincement, de possibilités de décentrage et crée également de nombreux problèmes. Plus exigeante en matière de maintenance.

Courroie repliée	Mêmes avantages que la courroie en sandwich, mais plus étanche aux poussières et moins sujette aux déversements.	Par rapport à la courroie en auge, augmentent le nombre de zones de coincement et la gravité des risques qu'elles présentent ainsi que le nombre des interventions de maintenance.
Courroie en tube carré ou rond	Mêmes avantages que la courroie repliée, mais encore plus étanche aux poussières et moins sujette aux déversements. Contient mieux les boues. Peut suivre des courbes horizontales ou verticales serrées.	
Courroie en forme de sac suspendu		

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)

I-1 Glissement du matériau au moment de l'arrêt du convoyeur

I-4 Débordement du système de déchargement

3.3.1.2 Vitesse de la courroie

Une augmentation de la vitesse de la courroie entraîne une augmentation proportionnelle du volume de matériaux transportés. La vitesse doit être adaptée au type de matériaux transportés ainsi qu'au profil de la courroie. La trémie d'alimentation doit aussi être adaptée à cette vitesse.

TABLEAU 3-5 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DE LA VITESSE DE LA COURROIE

Caractéristiques	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Vitesse élevée	Permet de transporter plus de matériaux. Lorsque les facteurs liés à cette vitesse élevée sont pris en compte, cela réduit aussi les risques de déversements.	Peut entraîner l'émission de poussières, des déversements et la projection de charges isolées. Risque de choc et de coincement avec les charges isolées ou les blocs. Si le convoyeur est en montée, la vitesse a pour effet de faire glisser ou dégringoler les matériaux (surtout les blocs et les matériaux sphériques) vers l'arrière.
Vitesse faible	Limite l'émission de poussières ainsi que les déversements.	Si la vitesse du convoyeur est trop faible par rapport au débit de la trémie d'alimentation, il y aura suralimentation et surcharge du convoyeur ainsi que des déversements.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

I-2 Mauvais chargement de la courroie

I-4 Débordement du système de déchargement

I-5 Accumulation sous le convoyeur ou autour

3.3.1.3 Largeur de la courroie

Une augmentation de la largeur de la courroie augmente significativement le volume de matériaux transportés. Le choix de la largeur de la courroie doit être fait entre autres en tenant compte

de la proportion de matériaux fins à transporter par rapport aux blocs. Une courroie de bonne largeur permettra de faire la ségrégation des matériaux fins et d'assurer un meilleur contrôle du mouvement des blocs.

De plus, la largeur occupée par les matériaux sur la courroie doit être choisie de façon à éviter les déversements et la chute des blocs. Les références [1], [3] et [4] sont plus explicites à cet effet. Dans certains cas, lorsque le matériau transporté est très hétérogène (résidus de sciure avec des blocs de dimensions très variées), il sera très difficile de sélectionner la largeur optimale de la courroie. Pour éviter les déversements de matériaux, la trémie devra être conçue pour déposer et orienter les blocs et des lisses de guidage permettront de stabiliser les matériaux sur la courroie.

TABEAU 3-6 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DE LA LARGEUR DE LA COURROIE

Caractéristique	Effets positifs sur la sécurité	Effet négatif sur la sécurité
Largeur de la courroie	Une courroie de bonne largeur permettra la ségrégation des matériaux fins et le contrôle du mouvement des blocs. Une courroie bien dimensionnée permet d'éviter les déversements et la chute de blocs.	Une courroie dont la largeur est trop juste provoquera la chute des matériaux.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)

3.3.1.4 Inclinaison du convoyeur

L'inclinaison crée une diminution de la capacité volumétrique en réduisant la section effective de chargement de la courroie et en influant sur le comportement du matériau. Généralement, le matériau doit être déversé sur la courroie à une hauteur maximale de 1,2 mètre et la zone de chargement de la courroie doit être de préférence horizontale ou ne pas être inclinée de plus de 8°. De plus, les trémies et les lisses de guidage doivent être correctement conçues afin que le matériau soit chargé au centre de la courroie. Les bavettes d'étanchéité d'une trémie en pente s'usent plus rapidement.

TABEAU 3-7 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DE L'INCLINAISON DU CONVOYEUR

Caractéristique	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Inclinaison du convoyeur	Facilite l'acheminement du matériau : limite le nombre de points de transfert entre les convoyeurs.	Peut entraîner des déversements et des interventions de nettoyage plus fréquentes. Les déversements à la sortie de la trémie peuvent entraîner le décentrage de la courroie. Nécessite des travaux en hauteur.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)

I-1 Glissement du matériau au moment de l'arrêt du convoyeur

I-4 Débordement du système de déchargement

3.3.2 Puissance et tension dans la courroie

La puissance fournie par le moteur est presque entièrement transformée (~ 95 %) en tension effective dans la courroie à la hauteur du tambour moteur. Comme l'illustre l'équation de la figure 3-5, la tension effective T_e est la différence entre la tension d'entrée du tambour moteur T_1 et la tension de sortie T_2 . Dans certaines applications, les deux tensions, T_1 et T_2 , sont supérieures à la tension effective, T_e , constamment ou ponctuellement. Les deux facteurs, puissance et tension dans la courroie, sont d'une importance capitale pour le bon fonctionnement du convoyeur et le contrôle de la charge. Si la puissance et la tension ne sont pas correctement réglées, des matériaux peuvent se déverser, la durée de vie de la courroie et des autres éléments du convoyeur peut être écourtée et il peut en résulter des répercussions sur la sécurité.

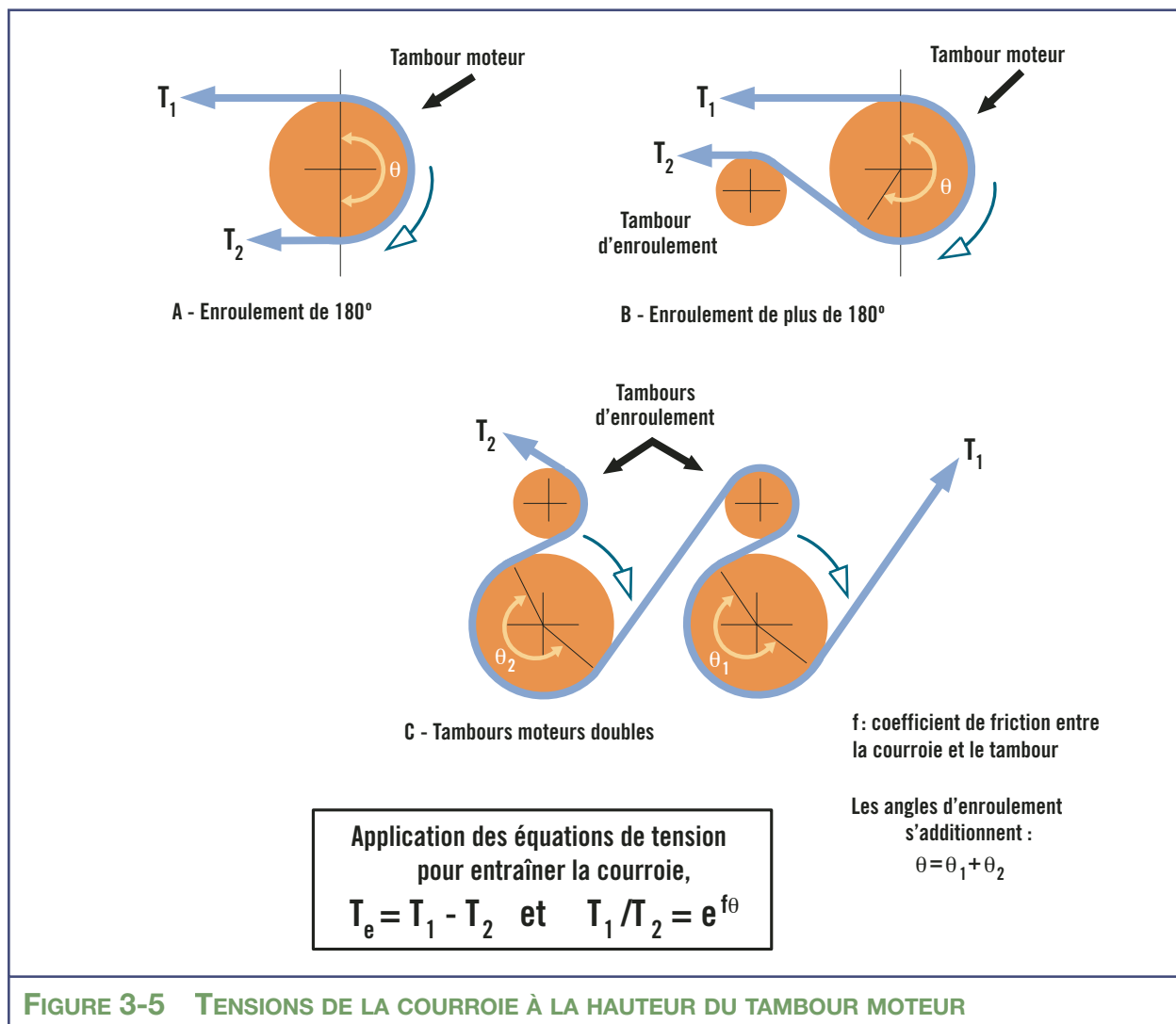


FIGURE 3-5 TENSIONS DE LA COURROIE À LA HAUTEUR DU TAMBOUR MOTEUR

3.3.2.1 Puissance du moteur

La puissance du moteur permet :

- ▶ de vaincre la résistance au roulement des rouleaux ou la friction de la courroie sur la sole de glissement ;
- ▶ de vaincre la résistance attribuable au passage de la charge sur les rouleaux porteurs ;
- ▶ de déplacer la charge en montée ou en descente ;
- ▶ d'accélérer le matériau à la vitesse de la courroie au point de chargement ;
- ▶ d'accélérer ou de décélérer la charge et les parties en mouvement, même dans les conditions les plus rigoureuses (matériaux et courroie gelés) au moment du démarrage ;
- ▶ de vaincre la résistance induite attribuable à l'environnement (ex. : basse température).

TABLEAU 3-8 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DE LA PUISSANCE DU MOTEUR

Facteurs	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Puissance	Une puissance correctement calculée permettra de limiter les tensions dans la courroie au strict minimum et de faire fonctionner le convoyeur dans toutes les conditions environnementales prévues.	Trop de puissance mal contrôlée peut créer des accélérations trop grandes et une tension trop forte pouvant endommager la courroie et les autres composants.
Accélération	Une bonne accélération réduit les tensions dans la courroie au démarrage.	Dans bien des cas, pour les convoyeurs à grande puissance, il est nécessaire de contrôler l'accélération au démarrage afin de réduire la tension dans la courroie et d'éviter le décentrage, le patinage et les déversements si le convoyeur démarre chargé.
Décélération	Une bonne décélération réduit les tensions dans la courroie au moment de l'arrêt.	Une décélération trop grande peut créer des accumulations de charge en tête d'un convoyeur descendant. Une décélération trop grande peut créer une surtension dans la courroie, ce qui peut l'endommager.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)

I-1 Glissement du matériau au moment de l'arrêt du convoyeur

3.3.2.2 Tension dans la courroie

L'angle d'enroulement de la courroie autour du tambour moteur joue un rôle déterminant dans la tension totale requise pour faire fonctionner le convoyeur. La figure 3-5 montre les relations qui existent entre la tension effective T_e , la tension d'entrée du tambour moteur T_1 et la tension de sortie T_2 en fonction de l'angle d'enroulement θ et du coefficient de friction f entre la courroie et le tambour. La tension T_2 est créée par le dispositif de tension du convoyeur.

Le rapport T_1/T_2 croît exponentiellement en fonction de l'angle d'enroulement θ et du coefficient de friction f ($T_1/T_2 = e^{f\theta}$). Le tableau 3-9 présente un certain nombre de calculs. Pour diminuer la tension totale, il est donc préférable que le concepteur réussisse à obtenir un grand coefficient de friction f entre la courroie et le tambour moteur ainsi qu'un grand angle d'enroulement θ , afin de diminuer la tension de sortie T_2 et d'augmenter la tension effective T_e . Le coût et l'usure des composants en seront diminués. Dans la plupart des cas, il est avantageux d'utiliser un tambour moteur dont la surface est recouverte d'une garniture ayant un bon coefficient de frottement (caoutchouc).

TABLEAU 3-9 EXEMPLES DE CALCUL DU RAPPORT T_1/T_2

Angle d'enroulement θ	Coefficient de friction f	Rapport T_1/T_2	T_e
180	0,4	3,5	$2,5 T_2$
240	0,4	5,3	$4,3 T_2$
330 – tambour double	0,4	10	$9 T_2$
240	0,8	28,5	$27,5 T_2$
330 – tambour double	0,8	100	$99 T_2$

Plusieurs facteurs augmentent localement la tension dans la courroie. Par exemple, au moment du passage de la courroie sur les tambours, la tension se déplace sur les fibres extérieures de la carcasse. La tension dans les bords de la courroie est aussi augmentée dans les zones de transition et d'inflexion convexe. L'ensemble de ces contraintes cycliques contribuent, si elles sont mal contrôlées, à la détérioration prématurée de la courroie, qui, par conséquent, nécessite des interventions de maintenance fréquentes.

Dans certains cas, la tension dans la courroie devra être réduite selon un facteur recommandé par le fabricant si l'on veut en conserver la durée de vie. Par exemple, on doit réduire la tension de la courroie si son exposition à des produits chimiques aggrave l'endommagement des bordures ou altère les trous pratiqués dans la courroie pour exécuter l'épissure mécanique. Voir aussi le point 3.6 sur les dispositifs de tension.

TABLEAU 3-10 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DE LA TENSION DANS LA COURROIE

Caractéristiques	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Tension d'entrée dans le tambour moteur (T_1)	Bien calculée, elle permet de réduire la fatigue de la courroie et des composants du convoyeur. De plus, la diminution des bris et des interventions de nettoyage liés au glissement de la courroie constitue un avantage du point de vue de la production.	Trop forte, elle a des conséquences néfastes sur la courroie et les autres composants (épissures, voir le point 3.3.4). La fréquence des interventions de maintenance peut alors augmenter de façon significative. Une trop faible tension peut fatiguer prématurément la courroie à cause de la trop grande flexion entre les rouleaux.
Tension de sortie (T_2)	Elle crée la capacité de traction du tambour moteur. Bien calculée, elle évite de créer des problèmes de décentrage de la courroie, de patinage sur le tambour moteur, de déversement de matériaux, etc.	Trop forte, elle a une incidence directe sur la tension d'entrée dans le tambour moteur (T_1). Pour plus de renseignements sur T_2 , voir le point 3.6, <i>Dispositifs de tension</i> .

TABLEAU 3-11 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DE FACTEURS INFLUENÇANT LOCALEMENT LA TENSION DANS LA COURROIE

Caractéristiques	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Diamètre des tambours	Un tambour de grand diamètre limite les contraintes dans la courroie. Le respect des normes de choix et de construction diminue la fréquence des bris.	Un tambour de trop petit diamètre peut endommager les fibres extérieures de la carcasse de la courroie sur toute sa largeur (figure 2-3) (fendillement, élongation permanente), réduisant ainsi la durée de vie de la courroie.
Tambour dont les bases des cônes se trouvent au centre (figure 2-11 A)	Maintient la courroie centrée.	Les fibres extérieures de la carcasse au centre de la courroie sont beaucoup plus sollicitées (fendillement, élongation permanente), réduisant ainsi la durée de vie de la courroie. Inapplicable sur des courroies à carcasse d'acier.
Tambour de queue à ailettes spiralées	Évite le décentrage de la courroie attribuable à l'accumulation de matériaux sur le tambour de queue.	Sur l'ailette, la fibre extérieure de la carcasse est très sollicitée à cause des changements brusques de direction. Une trop grande tension entraîne une usure et une fatigue importantes de la courroie. Ne convient pas sur des courroies à carcasse d'acier. Voir aussi les tableaux 3-19 et 3-25.
Zone d'inflexion convexe	Élimine des points de transfert entre convoyeurs.	Augmentent les tensions dans les bords de la courroie. Augmentent les contraintes dans les épissures.
Zone de transition		
Conditions environnementales	Si la courroie est protégée des conditions environnementales difficiles, les dysfonctionnements seront limités, car les tensions seront uniformes.	Certaines conditions environnementales, basses et hautes températures, auront pour effet de diminuer la tension utilisable de la courroie, ce qui peut occasionner sa rupture.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

I-2a Glissement de la courroie sur le tambour moteur

II Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur

IV Rupture de la courroie

3.3.3 Fabrication de la courroie

La qualité de fabrication de la courroie, sa carcasse et ses revêtements déterminent sa durée de vie utile et la fréquence des interventions nécessaires pour la maintenir en bon état. Les matériaux entrant dans la composition des revêtements sont nombreux. Ils sont définis par la *Rubber Manufacturer Association* (RMA). Dans les mines souterraines, les risques d'incendie ou d'explosion liés aux courroies peuvent avoir des conséquences particulièrement graves. Les courroies doivent être conformes aux exigences de la norme CAN/CSA-M422-FM87 [14].

Une mauvaise résistance aux chocs et à la perforation cause des déversements susceptibles de décentrer la courroie et d'entraîner les conséquences néfastes que l'on connaît. Un système de chargement mal conçu (mauvaise synchronisation des vitesses de chargement, absence ou détérioration des bavettes d'étanchéité, etc.) aura pour conséquence une usure prématurée des revêtements, entraînant ainsi des interventions fréquentes.

TABLEAU 3-12 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DE LA FABRICATION DE LA COURROIE

Éléments de la courroie	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Carcasse	Bien choisie, elle supporte les tensions globales et locales ainsi que les élongations temporaires à la hauteur des zones de transition et d'inflexion.	Un mauvais choix de carcasse et de revêtements entraînera une détérioration prématurée de la courroie et des interventions fréquentes de maintenance.
Revêtement supérieur	Protège la courroie contre les agressions attribuables aux matériaux transportés (abrasion, piqûres, chocs, agressions chimiques, chaleur, etc.). Crée un coefficient de frottement élevé entre les matériaux transportés et la courroie.	
Revêtement inférieur	Protège la courroie contre l'abrasion (matériau entre la courroie et les tambours). Transfère à la carcasse les forces de contact pour entraîner la courroie et sa charge. Assure l'adhérence de la courroie sur le tambour moteur. La présence de graphite facilite le glissement de la courroie sur une sole et en diminue l'usure.	Un mauvais choix de carcasse et de revêtements entraînera une détérioration prématurée de la courroie et des interventions fréquentes de maintenance. La présence de graphite dans le revêtement inférieur diminue le coefficient de friction entre la courroie et le tambour moteur.
Protecteur de la carcasse	Augmente la durée de vie de la courroie dans des conditions d'utilisation difficiles (chocs, piqûres, perforations, etc.).	Un mauvais choix du protecteur de la carcasse entraînera une détérioration prématurée de la carcasse et des interventions de maintenance fréquentes. Rigidifie et alourdit la courroie. Nécessite un angle d'enroulement plus grand.
Bords de contenance, nervures, tasseaux	Le bon assemblage des éléments rapportés leur assure une durée de vie équivalente à celle de la courroie.	Sont susceptibles de se détacher partiellement de la courroie en augmentant les risques de happement, de coincement et de choc. Rigidifient et alourdissent la courroie.
Propriété ignifuge du caoutchouc	Protège contre l'embrasement et la propagation rapide du feu.	Augmente les risques de feu si la courroie n'est pas ignifugée de la façon requise.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

- I** **Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)**
- I-1** **Glissement du matériau au moment de l'arrêt du convoyeur**
- I-2a** **Glissement de la courroie sur le tambour moteur**
- I-4** **Débordement du système de déchargement**
- IV** **Rupture de la courroie**

3.3.4 Types d'épissures

Il existe deux types d'épissures : vulcanisées ou collées (avec continuité de la courroie) et mécaniques (avec discontinuité de la courroie). Chacun présente des avantages et des inconvénients. En général, les épissures vulcanisées sont utilisées sur les convoyeurs de grande capacité et les mécaniques, sur des convoyeurs de petite capacité. Outre la capacité de charge de la courroie, plusieurs raisons peuvent influencer le choix d'un type d'épissure. La sécurité et l'hygiène en sont des exemples.

Les lieux et les mesures nécessaires pour effectuer des épissures sont décrits au point 4.1.1 *Lieu pour effectuer des épissures et pour remplacer la courroie.*

Les règles suivantes doivent en outre être respectées :

- ▣ avoir recours à du personnel sachant utiliser le vulcaniseur et sachant effectuer les épissures sur ce type de courroie ;
- ▣ une fois l'épissure effectuée, il faut :
 - ▶ éloigner le personnel du convoyeur (risque de rupture de l'épissure),
 - ▶ remettre graduellement la courroie en tension,
 - ▶ prévoir une période de rodage avant la remise en marche du convoyeur sous charge.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

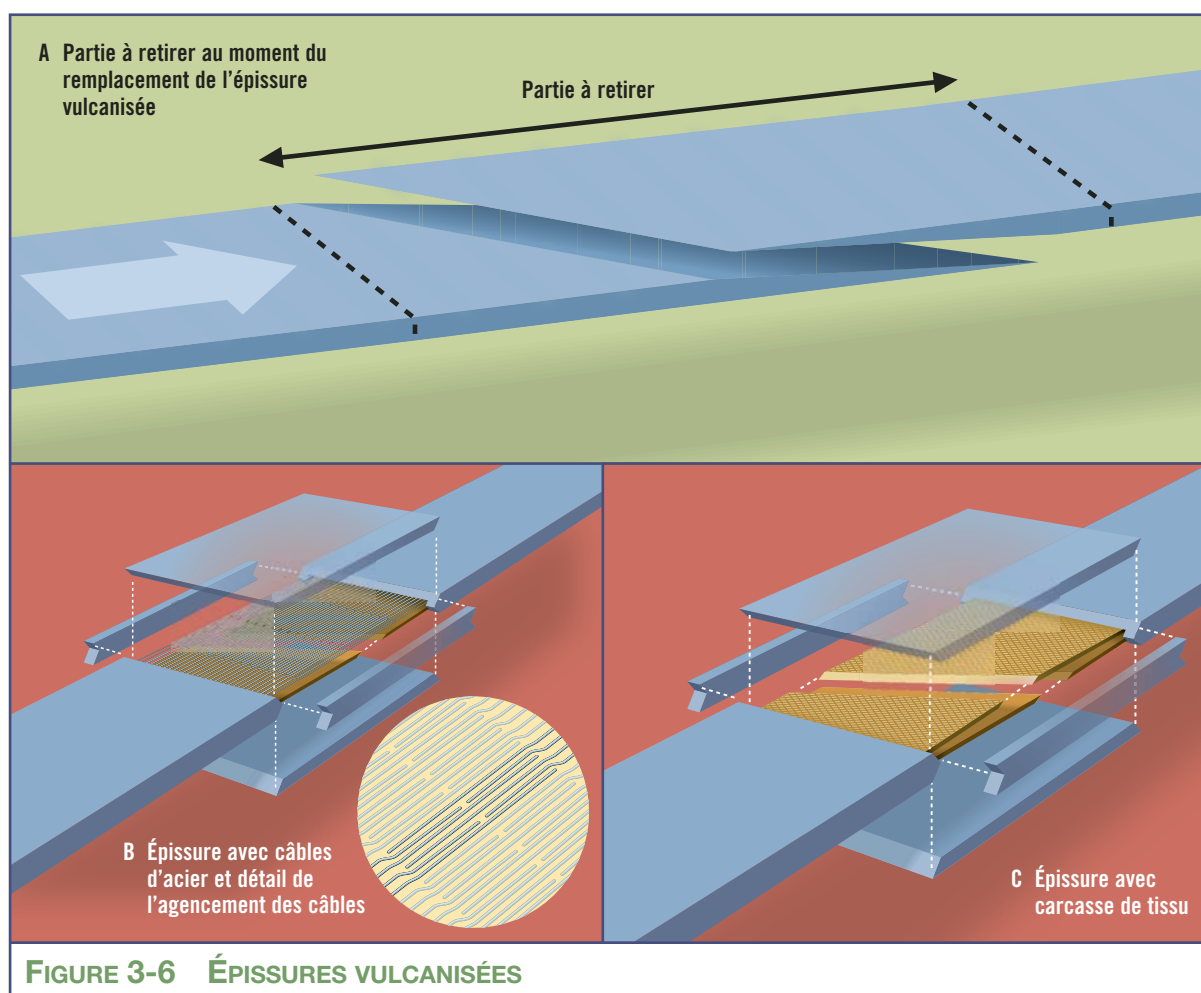
- I-3-1** **Déformation locale de la courroie**
- II** **Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur**
- IV-2** **Endommagement de l'épissure**

3.3.4.1 Épissures vulcanisées ou collées

Les épissures vulcanisées ou collées doivent être effectuées et utilisées selon les recommandations du fabricant de la courroie (diamètre minimal des tambours). Il ne faut pas oublier que la réalisation de ce type d'épissure réduit significativement la longueur de la courroie. Ainsi, il est préférable d'utiliser un dispositif de tension par gravité.

TABEAU 3-13 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES ÉPISSURES VULCANISÉES

Types d'épissures	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Épissures vulcanisées ou collées (figure 3-6)	Possèdent une résistance élevée et une longue durée de vie (légèrement inférieure à celle de la courroie). Ne créent pas de discontinuité dans l'épaisseur et la surface de la courroie. Le matériau convoyé ne peut pas s'infiltrer dans l'épissure. Ces types d'épissures n'endommagent pas les grattoirs et présentent moins de risques d'entraînement lorsqu'elles se détériorent.	L'épissure doit être effectuée en tenant compte du sens de défilement de la courroie (figure 3-6 A) afin de réduire les risques de happement attribuables au décollement de l'épissure. La course totale du dispositif de tension par gravité et la longueur de la courroie devront permettre d'effectuer quelques épissures durant la vie de la courroie.



3.3.4.2 Épaisures mécaniques

La durabilité des épissures mécaniques est réduite par rapport à celle des épissures vulcanisées. Elles ne peuvent être utilisées qu'avec des tambours qui ont les diamètres recommandés par les fabricants de courroies et d'agrafes.

Une épissure mécanique par agrafes doit être effectuée par des préposés à la maintenance formés pour effectuer ce type d'opération. Le personnel doit par ailleurs être informé des risques (entraînement, piqures, etc.) que peut présenter ce type d'épissure.

TABEAU 3-14 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES ÉPISURES MÉCANIQUES

Types d'épissures	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Épissures mécaniques (figure 3-7)	Peuvent être effectuées très rapidement par du personnel expérimenté. Généralement, seuls des outils manuels sont nécessaires.	La surface de la courroie présente des aspérités en raison des agrafes. Ces aspérités peuvent créer des risques d'entraînement ou endommager les grattoirs. Pour éviter d'être endommagés, les grattoirs doivent pouvoir s'éloigner de la courroie au moment du passage des agrafes puis revenir en position. Il peut être nécessaire d'utiliser un autre type de dispositif de nettoyage de la courroie (brosses, jets d'air, etc.). Les extrémités exposées de la courroie sont sujettes à la moisissure et à l'action du matériau convoyé, ce qui a pour effet de diminuer la durée de vie de la courroie et d'endommager son armature. Le démarrage du convoyeur doit se faire graduellement au moment du transport de charges importantes afin d'éviter le bris de l'épissure. Des diamètres de tambours trop petits endommagent l'épissure et la courroie. La détérioration de l'épissure sur le bord de la courroie peut entraîner le décentrage de la courroie avec tous les effets négatifs connus.

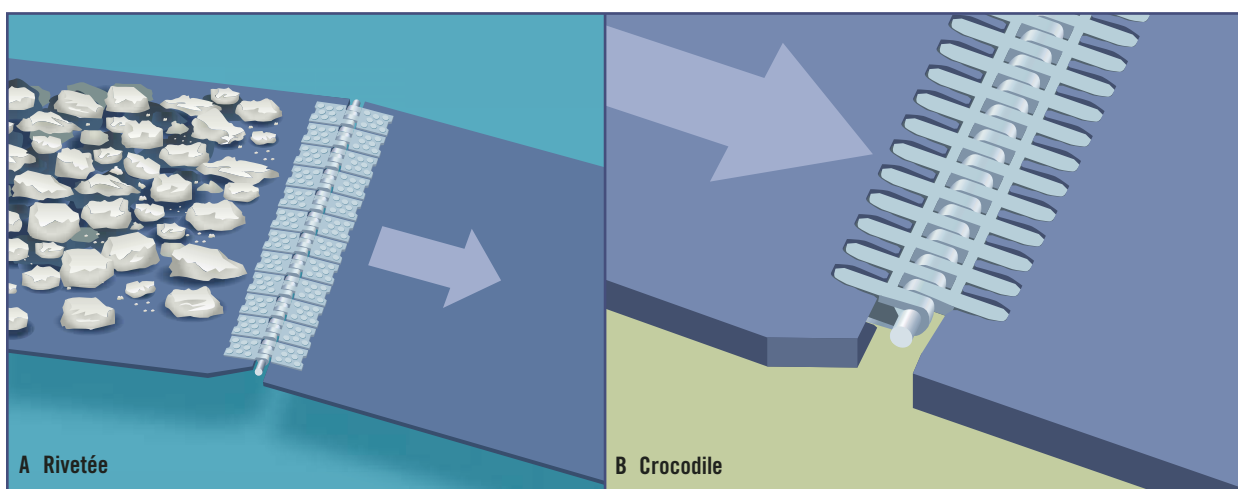


FIGURE 3-7 ÉPISURES MÉCANIQUES

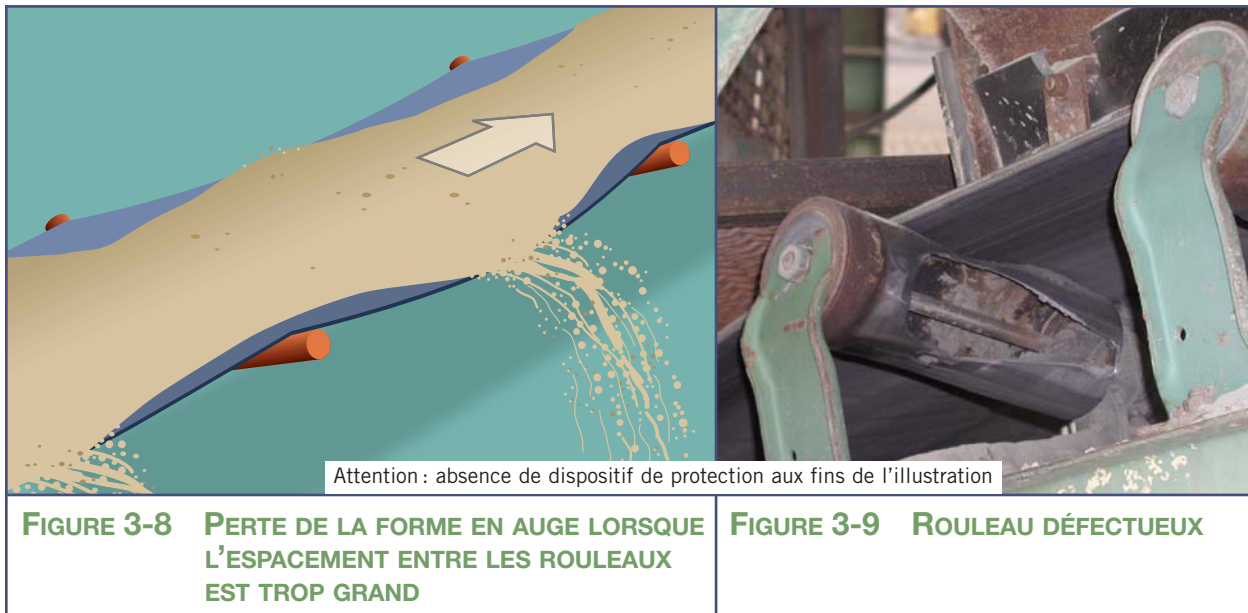
3.4 Rouleaux et autres supports de courroie

Il existe de nombreux types de rouleaux ou de supports de la courroie. Ils ont pour but de supporter et de protéger la courroie et de soutenir correctement la charge convoyée. Leur sélection doit se faire en consultant les fournisseurs et en prenant en compte les usages qui en seront faits. La méthode à suivre pour choisir les rouleaux est très bien décrite dans les ouvrages [1], [3] et [4] mentionnés en référence.

Les rouleaux et autres supports de courroie doivent être sélectionnés en tenant compte :

- ▶ du matériau transporté ;
- ▶ de la charge portée par unité de longueur linéaire de courroie ;
- ▶ de la tension dans la courroie, en particulier à la hauteur des zones de transition et d'inflexion ;
- ▶ de la vitesse de la courroie et de la durée de vie attendue ;
- ▶ des normes de construction en vigueur ;
- ▶ de la maintenance prévue.

L'espacement entre les rouleaux et les autres supports de courroie doit être adéquat pour éviter l'affaissement, les déversements (voir la figure 3-8) ou les risques de rupture de la courroie, surtout à la hauteur des rouleaux de transition, amortisseurs et d'inflexion. En ces endroits, le choix du diamètre et du type de rouleau est important afin d'éviter le grippage ou les bris, surtout si les joints d'étanchéité des roulements du rouleau sont inadéquats. La figure 3-9 illustre un rouleau défectueux qui risque de briser le revêtement inférieur de la courroie. En outre, le mauvais alignement des rouleaux (porteurs ou de retour) peut décentrer la courroie et occasionner des déversements.



Le vaste choix de rouleaux et autres supports de courroie permet de trouver celui qui convient, quel que soit l'usage du convoyeur. Dans des conditions d'utilisation peu exigeantes, il est possible d'utiliser des rouleaux sans graissage, qu'il faudra vérifier souvent et remplacer au besoin. Il est aussi possible de remplacer les rouleaux par une sole de glissement ou par des patins.

Si les rouleaux doivent être graissés, la solution idéale consiste à sortir les points de graissage de la zone dangereuse, ce qui permet de sécuriser les points d'intervention (sécurité intrinsèque) et d'effectuer le graissage en marche. Si cette solution n'est pas appliquée, le graissage doit obligatoirement se faire à l'arrêt et le convoyeur doit être cadenassé.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

Page principale

- I **Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)**
- I-2a **Glissement de la courroie sur le tambour moteur**
- I-3 **Déviation de la courroie chargée**
- I-3-3 **Décentrage de la courroie sur toute sa longueur**
- I-4 **Débordement du système de déchargement**
- II **Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur**
- IV **Rupture de la courroie**

3.4.1 Rouleaux et autres dispositifs porteurs

Le qualificatif « porteur » est donné aux éléments du convoyeur qui **portent la courroie chargée**. Il peut s'agir des rouleaux, des patins de glissement, d'une sole de glissement, etc.

Chaque rouleau crée un angle rentrant et un point de pincement avec la courroie qui, dans certains cas, peut être éliminé en remplaçant le rouleau par un patin ou une sole de glissement. Ce remplacement a donc un effet positif sur la sécurité. Mais, attention, cette solution n'est pas applicable partout, encore moins sur toute la longueur du convoyeur, surtout pour les convoyeurs de grande puissance.

Les patins de glissement et les berceaux amortisseurs sont surtout employés sous les trémies de chargement pour remplacer les rouleaux amortisseurs et réduire les fuites sous les bavettes d'étanchéité. Les soles de glissement sont surtout utilisées sur les convoyeurs courts transportant des charges légères.

La friction de la courroie sur ces dispositifs de glissement est nettement plus grande qu'avec les rouleaux et augmente ainsi la puissance requise. Par conséquent, la tension effective T_e , nécessaire pour tirer la courroie, est aussi augmentée et il en est de même des tensions T_1 et T_2 (voir la figure 3-5). Afin de réduire la friction entre la sole de glissement et la courroie, certains fabricants imprègnent la face interne de la courroie d'une poudre de carbone, ce qui a pour effet de diminuer la tension effective T_e nécessaire, mais d'augmenter en même temps les tensions T_1 et T_2 afin de compenser la perte de coefficient de friction entre la courroie et le tambour moteur.

L'ajout de patins ou d'une sole de glissement sur un convoyeur muni à l'origine de rouleaux peut aussi entraîner des effets négatifs sur la sécurité : bris de la courroie, patinage de la courroie sur le tambour moteur, déversements, etc. De plus, la courroie usera les bords des patins ou de la sole de glissement au fil du temps et créera ainsi des possibilités de happement ou d'entraînement. Il est donc conseillé d'inspecter régulièrement les patins ou la sole de glissement.

TABLEAU 3-15 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES ROULEAUX ET DES AUTRES DISPOSITIFS PORTEURS

Dispositifs porteurs	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Courroie plate		
Rouleaux porteurs réguliers (figure 2-2)	Réduisent l'effort imposé à la courroie.	Risque de coincement entre l'excédent des rouleaux porteurs hors de la courroie et les charges isolées (figure 3-4).
Sole de glissement (figure 2-9 A)	Élimine les angles rentrants et simplifie la construction et l'entretien du convoyeur.	La sole de glissement exige une plus grande puissance du moteur et entraîne une plus grande tension dans la courroie. Le convoyeur peut nécessiter une courroie dont le revêtement inférieur contient un lubrifiant, ce qui peut entraîner le patinage de la courroie sur le tambour moteur. Ne permet pas de corriger l'alignement de la courroie.
Courroie en auge		
Rouleaux porteurs en auge (figure 2-2)	Permettent de convoier plus de matériaux en vrac qu'une courroie plate, en limitant les déversements.	Les charges lourdes (ex. : minerais) augmentent le risque lié aux angles rentrants.
Sole de glissement en auge (figure 2-9 B)	Élimine les angles rentrants et simplifie la construction et l'entretien du convoyeur.	La sole de glissement exige une plus grande puissance du moteur et entraîne une plus grande tension dans la courroie. Le convoyeur peut nécessiter une courroie dont le revêtement inférieur contient un lubrifiant, ce qui peut entraîner le patinage de la courroie sur le tambour moteur. Ne permet pas de corriger l'alignement de la courroie.
Sole de glissement en auge avec coussin d'air	Réduit beaucoup la résistance au déplacement.	Les surcharges ponctuelles peuvent mettre la courroie en contact avec la sole et causer de l'usure. Ne permet pas de corriger l'alignement de la courroie. Un mauvais centrage de la charge désaligne la courroie.
Rouleaux amortisseurs	Augmentent la durée de vie de la courroie.	Des rouleaux amortisseurs défectueux peuvent entraîner la perforation de la courroie au moment du chargement de blocs. Usure rapide des rouleaux amortisseurs.
Patins glissants ou berceau amortisseur (figures 2-6 et 2-7)	Éliminent les angles rentrants sous la courroie. Le berceau amortisseur élimine le fléchissement de la courroie. Protègent la courroie de l'impact des gros blocs au moment du chargement.	Le berceau amortisseur exige une plus grande puissance du moteur et entraîne une plus grande tension dans la courroie. Le convoyeur peut nécessiter une courroie dont le revêtement inférieur contient un lubrifiant, ce qui peut entraîner le patinage de la courroie sur le tambour moteur. N'éliminent pas la zone de coincement entre une courroie avec chevrons et la bavette d'étanchéité.
Courroie en sandwich, en tube, repliée ou en forme de sac suspendu		
Rouleaux porteurs	Réduisent l'effort imposé à la courroie. Maintiennent la courroie fermée et empêchent les déversements.	Les zones de coincement et d'entraînement de ces rouleaux présentent de plus grands risques que celles des rouleaux d'une courroie en auge. À l'exception de la courroie en forme de sac suspendu, le nombre de rouleaux est grandement augmenté.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

- I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)
- I-2a Glissement de la courroie sur le tambour moteur
- I-3-2 Décentrage local de la courroie
- I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur
- I-4 Débordement du système de déchargement
- I-5 Accumulation sous le convoyeur ou autour
- II Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur
- IV Rupture de la courroie

3.4.2 Rouleaux porteurs d'alignement

Ils sont de quatre types :

- ▶ Rouleaux d'alignement sur pivot (figure 2-8 A). Ils ne sont pas nécessaires sur un convoyeur court correctement conçu, installé et entretenu, mais ils peuvent servir à corriger certains problèmes d'alignement de la courroie sur des convoyeurs longs.
- ▶ Rouleaux d'alignement par inclinaison (figure 2-8 B). Ils sont utilisés pour maintenir la courroie au centre du convoyeur sans nécessiter de pivot.
- ▶ Rouleaux d'alignement coniques. Ils ont un effet centreur comme les tambours de forme biconique.
- ▶ Rouleaux suspendus (*garland*) (figure 3-10).

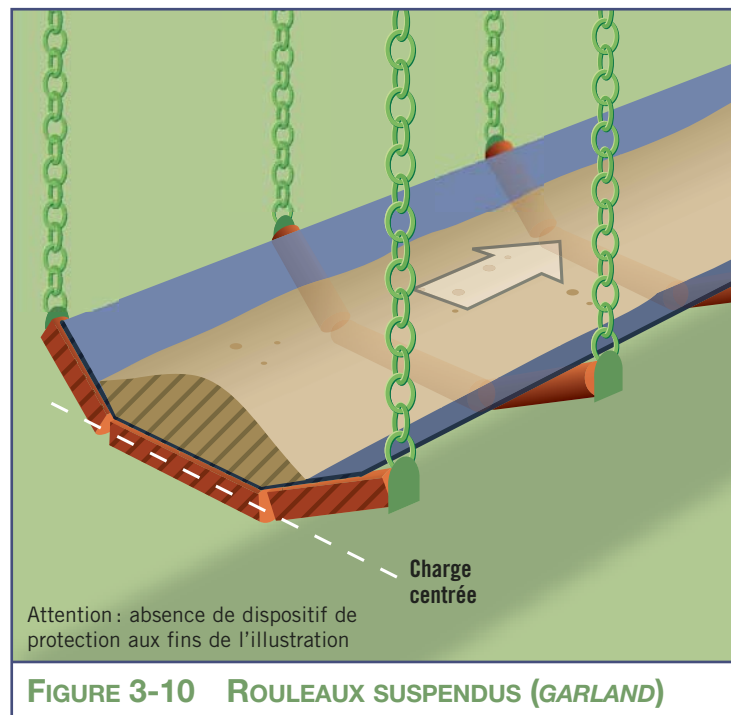


TABLEAU 3-16 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES ROULEAUX PORTEURS D'ALIGNEMENT

Types de rouleaux porteurs d'alignement	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Rouleaux d'alignement sur pivot (figure 2-8 A)	Permettent un recentrage automatique de la courroie en marche.	Un mauvais réglage des rouleaux centreurs sur pivot peut entraîner un décentrage de la courroie. Ces rouleaux sont généralement accompagnés de petits rouleaux guides qui peuvent endommager la bordure de la courroie s'ils s'y appuient trop fortement et créer un risque de happement.
Rouleaux d'alignement par inclinaison (figure 2-8 B)	N'endommagent pas les bordures de la courroie.	Sont moins efficaces que les rouleaux centreurs sur pivot.
Rouleaux d'alignement biconiques (figure 2-8 C)	Permettent le centrage de la courroie jusqu'à un certain degré.	Sont moins efficaces que les rouleaux centreurs sur pivot. Peuvent endommager la courroie s'ils sont mal placés (zone d'inflexion).
Rouleaux suspendus (<i>garland</i>) (figure 3-10)	Permettent un recentrage automatique de la courroie en fonctionnement. Peuvent aussi servir de rouleaux amortisseurs.	Créent une zone de coincement et d'entraînement entre la chaîne de suspension, la courroie et le rouleau si la charge est importante. Incompatibles avec un convoyeur en pente.

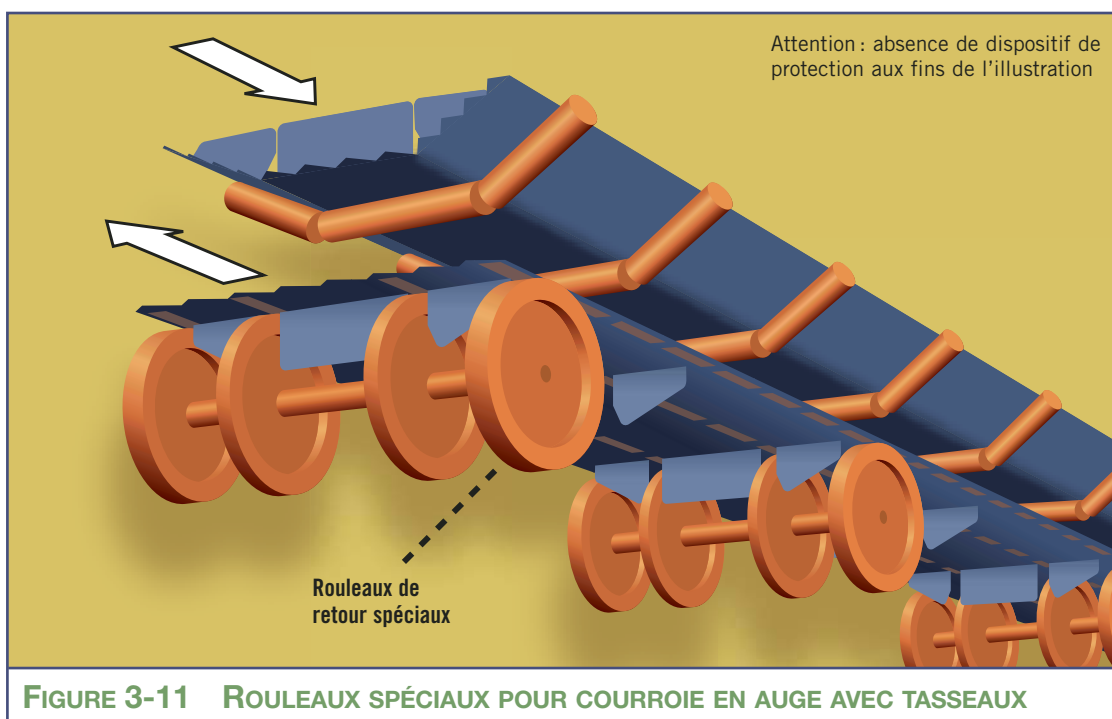
VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

I-3 Déviation de la courroie chargée

3.4.3 Rouleaux de retour et autres dispositifs

TABEAU 3-17 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES ROULEAUX DE RETOUR

Types de rouleaux de retour	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Rouleaux réguliers (figure 2-2)		Les rouleaux de retour, surtout pour les convoyeurs inclinés, sont souvent accessibles et présentent alors un risque lié aux angles rentrants. Ils sont en contact direct avec la face externe de la courroie et avec les matériaux qui y adhèrent et les décollent. Les matériaux décollés peuvent encrasser les rouleaux et causer un décentrage de la courroie ou tomber au sol en créant des accumulations sous le convoyeur.
Sole de glissement (figure 2-9)	Élimine les angles rentrants des rouleaux.	Ne permet pas de corriger l'alignement de la courroie. Est en contact avec la face externe de la courroie.
Rouleaux autonettoyants (figure 2-10)	Évitent l'encrassement des rouleaux et le décentrage de la courroie. Peuvent réduire les accumulations de matériaux sous les rouleaux et la courroie.	Peuvent endommager la courroie s'ils sont mal placés (zone d'inflexion).
Rouleaux d'alignement sur pivot (figure 2-8 A)	Permettent un recentrage automatique de la courroie en marche.	Un mauvais réglage des rouleaux centreurs sur pivot peut entraîner un décentrage de la courroie. Ces rouleaux sont généralement accompagnés de petits rouleaux guides qui peuvent endommager la bordure de la courroie s'ils s'y appuient trop fortement et créer un risque de happement.
Rouleaux d'alignement par inclinaison (figure 2-8 B)	N'endommagent pas les bordures de la courroie.	Sont moins efficaces que les rouleaux centreurs sur pivot.
Rouleaux spéciaux (pour courroie avec tasseaux ou à bords de contenance)	Peuvent éviter le décentrage de la courroie.	Sont beaucoup plus gros que les rouleaux habituels et présentent des risques supplémentaires. Possibilité de coincement (figure 3-11) avec les tasseaux et les bords de contenance.



VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur

3.5 Tambours et arbres

Les tambours sont des éléments essentiels du convoyeur. Ils ont une incidence directe sur le comportement et la durée de vie de la courroie. L'alignement des tambours a une importance capitale sur le centrage de la courroie.

Il existe de nombreuses sortes de tambours. Chacune a ses usages, ses forces et ses faiblesses. Par exemple, certains types de tambours ne sont pas utilisables avec des courroies comportant une carcasse à câbles d'acier (tambours de forme biconique).

La construction des tambours est régie par de nombreuses normes et le concepteur du convoyeur doit se documenter sur le sujet. De plus, bon nombre de tambours sont construits sur mesure afin de s'adapter à certaines conditions d'exploitation particulières.

Il est important, avant de choisir ou de remplacer un tambour, de consulter le fabricant de la courroie et le concepteur du convoyeur afin de s'assurer que le type de tambour choisi est compatible avec la courroie et l'usage prévu. Les critères de choix des tambours et les directives pour les construire sont présentés dans les ouvrages [1], [3], [4], [5] et [6] mentionnés en référence.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

I-3 Déviation de la courroie chargée

I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur

II Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur

IV Rupture de la courroie

3.5.1 Caractéristiques des tambours

TABLEAU 3-18 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES CARACTÉRISTIQUES DES TAMBOURS		
Caractéristiques des tambours	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Diamètre du tambour	Un diamètre correct minimise les contraintes dans la courroie et dans les épissures et réduit les réparations. Un grand angle d'enroulement autour du tambour moteur permet de réduire la tension globale dans la courroie, ce qui permet la réduction du diamètre des tambours de contrainte et de déviation.	Un diamètre trop petit induit de grandes contraintes de flexion qui causent des bris et des réparations fréquentes de la courroie ou de l'épissure, surtout lorsque la tension est importante. Ne pas respecter les critères de choix et les normes de construction des tambours mène à des bris prématurés et à des réparations urgentes.
Matériau de la structure du tambour	Une construction respectant les conditions de fonctionnement (produits alimentaires, chimiques, etc.) réduit les bris du tambour.	Bris et réparation si les conditions spéciales ne sont pas prises en compte.
Largeur du tambour par rapport à la largeur de la courroie	Le respect des critères de choix et des normes de construction réduit les bris.	Ne pas respecter les critères de choix et les normes de construction mène à des bris (usure du bord de la courroie, bris du tambour, de l'arbre).
Arbres de tambours	L'arbre et le tambour constituent un tout intégré qui répond à des normes de construction. Le respect de ces normes réduit les bris.	
Roulements	Choisis en fonction des charges, de la vitesse, des conditions environnementales (eaux, produits chimiques, poussière abrasive, etc.) et de l'entretien prévu.	Ne pas tenir compte de ces facteurs mène à des bris fréquents.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

IV Rupture de la courroie

I-2a Glissement de la courroie sur le tambour moteur

3.5.2 Configuration des tambours

TABEAU 3-19 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DE LA CONFIGURATION DES TAMBOURS

Configuration des tambours	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Cylindrique	Construction simple.	Ce type de tambour s'use rapidement s'il est utilisé avec des abrasifs. Les matériaux adhérents peuvent décentrer la courroie. Ne permet pas l'autocentrage de la courroie.
Conique, dont les bases des cônes sont au centre (figure 2-11 A)	Les surfaces bombées ou coniques sont très efficaces pour recentrer la courroie. Elles permettent de minimiser les déversements.	La tension de la courroie doit être diminuée afin d'en réduire la fatigue. L'utilisation d'un tambour biconique avec une courroie en auge augmente les contraintes dans la courroie. Ces trois configurations sont incompatibles avec une carcasse en acier.
Surface bombée sur toute la longueur		
Surface cylindrique au centre et bombée ou conique aux extrémités (figure 2-11 B)		
Tambour autonettoyant à ailettes (figure 3-12)	Élimine le nettoyage du tambour et limite les perforations et le décentrage de la courroie.	L'utilisation de tambours à ailettes augmente beaucoup les risques de happement, d'entraînement et de coincement. Peut endommager la courroie et nécessiter des réparations plus fréquentes si la tension est forte et que le diamètre du tambour est petit. Incompatible avec les épissures mécaniques. Voir aussi les tableaux 3-11 et 3-25.

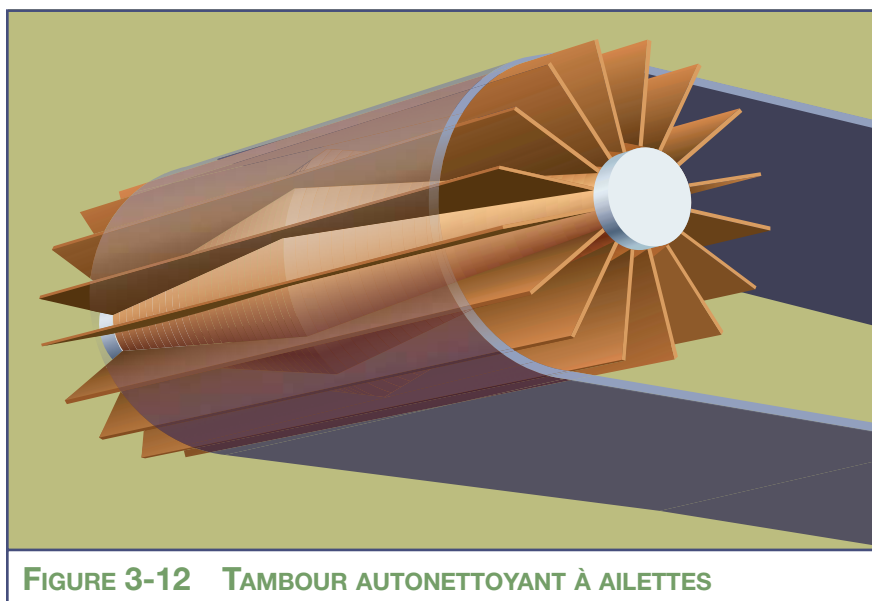


FIGURE 3-12 TAMBOUR AUTONETTOYANT À AILETTES

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur

3.5.3 Garnitures de tambours

La garniture d'un tambour a pour fonction principale d'augmenter le coefficient de friction entre la courroie et le tambour, mais elle sert aussi à réduire l'usure par abrasion afin d'augmenter la durée de vie du tambour. La garniture peut aussi avoir un effet autonettoyant et de centrage. La figure 3-13 illustre différents types de garnitures de tambour. Tous les tambours doivent être munis d'une garniture adaptée à l'usage du convoyeur et à la courroie qui est utilisée (il faut aussi adapter la dureté de la garniture du tambour à la dureté du caoutchouc de la face interne de la courroie). Pour plus d'information, consulter les fabricants de garnitures et de courroies.

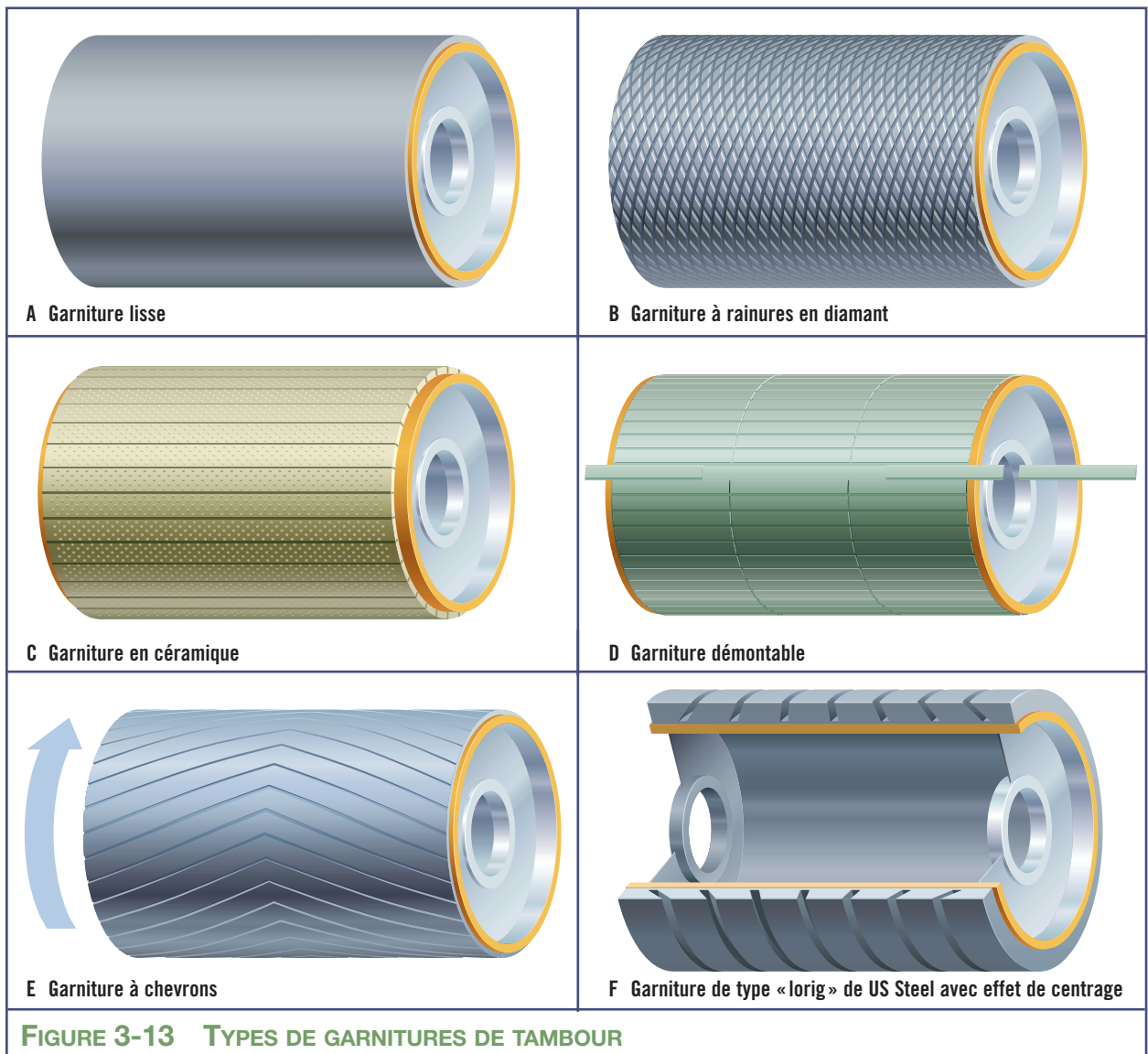


TABLEAU 3-20 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES TYPES DE GARNITURES DE TAMBOUR

Types de garnitures	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Garniture	Augmente le coefficient de friction entre le tambour et la courroie. Élimine le patinage du tambour moteur sur la courroie. Augmente la durée de vie du tambour et de la courroie en diminuant l'usure causée par les abrasifs, surtout lorsque la garniture est en contact direct avec le revêtement supérieur de la courroie (tambour de contrainte). Avec des courroies à carcasse d'acier, la garniture réduit les contraintes locales descâbles dans la courroie.	L'absence de garniture entraîne des réparations ou des remplacements des tambours et des courroies plus fréquents, surtout pour les courroies à carcasse d'acier. Elle peut aussi entraîner le patinage et le décentrage de la courroie et éventuellement un déversement de matériaux. Le glissement endommage rapidement la courroie et le tambour moteur et peut créer des risques d'incendie.
Dureté de la garniture	Une garniture d'une grande dureté s'use moins vite qu'une garniture plus tendre.	Plus la garniture est dure, plus l'usure du revêtement de la courroie est rapide.
Rainurage de la garniture (figures 3-13 B, E et F)	Le rainurage de la garniture permet de chasser le matériau présent entre la courroie et le tambour, même dans des conditions humides. Les garnitures à chevrons aident à centrer la courroie lorsqu'elles sont installées de façon que la pointe du « V » se trouve en aval.	Les garnitures longitudinales peuvent briser une courroie ayant une armature à câbles d'acier.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :**I-2a Glissement de la courroie sur le tambour moteur****I-3 La courroie chargée dévie****I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur****II Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur****IV Rupture de la courroie****3.6 Dispositifs de tension**

Les dispositifs de tension sont d'une importance capitale pour le fonctionnement du convoyeur, car ils permettent :

- ▶ de maintenir la tension initiale de la courroie (T_2) à la sortie du tambour moteur afin d'éviter le patinage ;
- ▶ de maintenir la tension au point de chargement et aux autres parties du convoyeur afin que la courroie puisse garder sa forme en auge et éviter ainsi le déversement de matériaux ;
- ▶ de compenser les phénomènes d'élongation de la courroie attribuables à l'usure, aux accélérations, aux freinages ou aux variations de la charge ;
- ▶ de minimiser la tension et les étirements excessifs dans les épissures et de compenser l'étirement progressif de la carcasse, contrôlant ainsi l'usure de la courroie ;

- ▣ de maintenir la capacité de centrage de la courroie par les rouleaux et les tambours du convoyeur ;
- ▣ d'éliminer la tension au moment d'un changement d'épaisseur ou de courroie et d'assurer le mouvement nécessaire pour effectuer plusieurs épissures.

Plusieurs types de dispositifs de tension existent en fonction des besoins (ex. : espace disponible). Les documents présentés aux références [1], [3] et [4] sont plus explicites à ce sujet. La figure 3-14 donne quatre exemples des dispositifs de tension les plus communs. Sur le dispositif de tension vertical par gravité, un treuil permet de relever et de bloquer le poids pour libérer la tension de la courroie au cours des interventions de maintenance. Pour ce dispositif de tension, la capacité de tension est égale à la tension effective. Au moment de la conception des dispositifs de tension, il ne faut pas oublier de prendre en compte les exigences d'accès liées aux interventions de maintenance ou de nettoyage. Par exemple, les points de réglage du dispositif de tension doivent être situés à l'extérieur de la zone dangereuse.

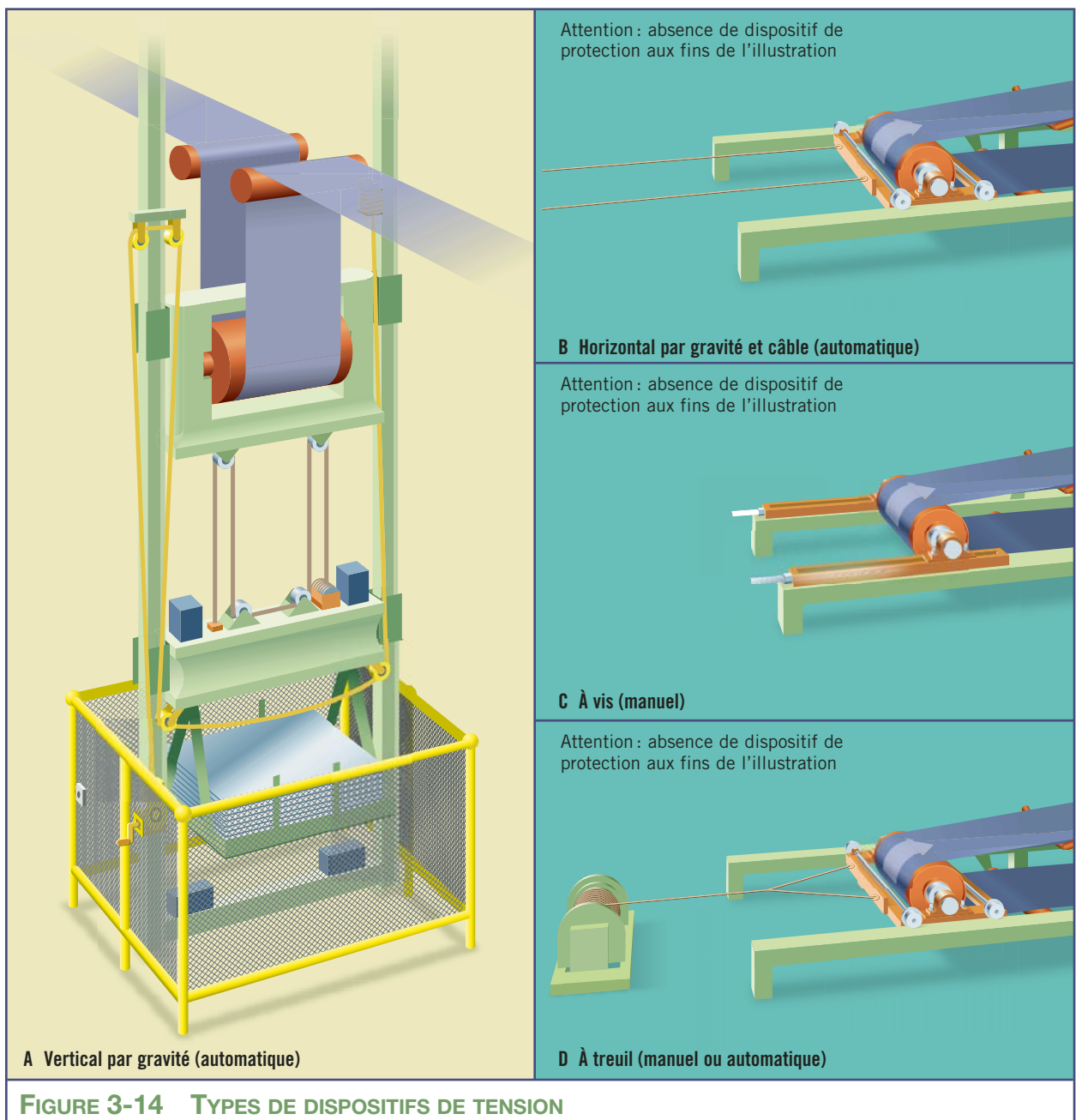


TABLEAU 3-21 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES CARACTÉRISTIQUES ET DES TYPES DE DISPOSITIFS DE TENSION

Caractéristiques des dispositifs de tension	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Capacité de tension	Une capacité de tension suffisante évite des interventions sur le dispositif de tension.	Pour plusieurs raisons (environnement, usure, etc.), la tension maximale appliquée en fonctionnement peut être supérieure à la tension théorique. Si la tension est trop faible, des décentrages de la courroie et des déversements de matériaux peuvent réduire la durée de vie de certains éléments du convoyeur.
Tension effective	Une tension effective suffisante évite le patinage et les déversements pendant le fonctionnement du convoyeur et son accélération, ce qui réduit le nombre d'interventions.	Une tension effective trop forte crée une usure excessive et des bris des composants nécessitant des interventions. Une tension effective trop faible crée des décentrages de la courroie et des déversements de matériaux.
Course du tambour	Une course suffisante évite des interventions sur le dispositif de tension.	La course du tambour doit tenir compte des principes généraux énoncés précédemment (ex. : course nécessaire à la mise en place de la courroie au moment d'un changement d'épaisseur), sinon le tambour arrivera rapidement en bout de course.
Tendeur manuel	Le tendeur à vis manuel permet de centrer la courroie et d'éviter des déversements. Il s'intègre facilement à la structure de queue ou de tête du convoyeur. Un dispositif de blocage en position rétractée, afin de faire des épissures ou de réparer la courroie, y est généralement intégré. Un détecteur de tension intégré au tendeur manuel signale les fluctuations de tension dans la courroie.	Le tendeur manuel ne s'ajuste pas à l'étirement de la courroie et ne maintient pas une tension constante, ce qui peut entraîner du patinage et le décentrage de la courroie. Tendre la courroie exige une intervention manuelle qui peut présenter des risques si la zone n'est pas protégée.
Tendeur automatique	Élimine les interventions nécessaires pour tendre la courroie. La tension est toujours constante et connue, ce qui évite les conséquences des sous-tensions ou des surtensions. Le tendeur automatique est mieux adapté aux installations de grande puissance et aux courroies à carcasse d'acier.	Le tendeur automatique ne permet pas l'alignement de la courroie. Sa zone de fonctionnement doit être bien protégée contre les risques liés au mouvement du tambour. Le tendeur automatique par gravité exige des dispositifs supplémentaires pour soulever le contrepoids, le bloquer en position haute et prévenir les risques liés aux bris de la courroie et à la chute du contrepoids.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

- I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)**
- I-2a Glissement de la courroie sur le tambour moteur**
- I-4 Débordement du système de déchargement**
- II Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur**
- IV Rupture de la courroie**

3.7 Chargement et déchargement du convoyeur

3.7.1 Chargement de la courroie

Les points de chargement sont d'une importance capitale, puisqu'ils remplissent plusieurs fonctions qui, combinées, réduisent entre autres les déversements et l'usure de la courroie. Le point de chargement des matériaux en vrac :

- ▶ reçoit les matériaux d'un alimentateur ou d'un autre convoyeur ;
- ▶ oriente les matériaux dans la même direction que la courroie ;
- ▶ synchronise la vitesse de déplacement des matériaux déposés avec celle de la courroie ;
- ▶ dépose les matériaux au centre de la courroie ;
- ▶ régularise le volume de matériaux déposés sur la courroie (dans certains cas) ;
- ▶ réduit les blocages ;
- ▶ stabilise les matériaux sur la courroie ;
- ▶ donne la forme d'un dôme ;
- ▶ imbrique les gros blocs dans les matériaux fins ;
- ▶ confine la poussière à l'intérieur de ses parois et la dépose sur la charge ;
- ▶ protège la courroie contre l'usure excessive liée aux matériaux fins qui s'infiltreraient sous les bavettes d'étanchéité ;
- ▶ protège la courroie des chocs causés par des gros blocs en réduisant leur vitesse de chute et en déposant une couche de matériaux fins sur la courroie pour les recevoir.

Sur le plan de la sécurité, les points de chargement et de déchargement sont à la source de beaucoup de problèmes liés au décentrage de la courroie, à l'émission de poussières, aux fuites et déversements de matériaux, à la chute de blocs, au bruit, à l'endommagement du matériau transporté, etc.

L'alimentation d'un convoyeur à courroie en matériaux en vrac se fait généralement en deux étapes. La première étape consiste à extraire les matériaux d'un silo ou d'une benne au moyen d'un alimentateur (ex. : un convoyeur à vis, un premier convoyeur à courroie qui est lent, court et large, un convoyeur à chaînes, un tablier à chaînes, etc. Le document mentionné à la référence [1] en illustre une dizaine). La deuxième étape consiste à retirer les matériaux de l'alimentateur et à les déposer sur le convoyeur. La trémie d'alimentation remplit ces deux rôles. Mais il arrive que l'alimentateur ne soit pas nécessaire (ex. : le transfert se fait entre deux convoyeurs à courroie). Dans ce cas, la trémie d'alimentation est seule et peut être complétée par une section qui réduit la vitesse de tombée, surtout pour les chutes très hautes. Le document suggéré à la référence [1] illustre quelques trémies.

Le présent chapitre traite uniquement de la trémie d'alimentation et de ses accessoires ainsi que du système d'absorption des chocs situé sous la courroie. Toutefois, une liste des différents alimentateurs est présentée dans le document de référence [1]. De plus, l'importance des éléments de la trémie ainsi que des suggestions favorisant leur bonne conception sont décrites dans plusieurs des articles faisant l'objet des références [3], [7] et [8].

La figure 3-15 illustre les causes habituelles des fuites dans les trémies et les chutes, tandis que la figure 3-16 présente plusieurs exemples de bonnes façons de construire une trémie.

La figure 3-15 A illustre les principaux problèmes (fuites, accumulations) qui peuvent survenir dans la chute de déchargement :

1. entrée normale du matériau ;
2. sortie normale du matériau ;
3. émission de poussières au point de déchargement par le dessus de la chute ;
4. émission de poussières au point de déchargement par le dessous de la chute ;
5. accumulation de matériau qui adhère à la courroie et qui est libérée au contact des rouleaux de retour ;
6. fuite par la porte d'inspection ;
7. accumulation de matériau sur les parois de la chute.

L'alimentation des convoyeurs transportant des charges isolées est généralement plus simple et se réduit à une alimentation à la main, à une glissière avec un guide qui dépose les boîtes ou les articles sur le convoyeur ou à un système automatisé de chargement.

Attention : absence de dispositif de protection aux fins de l'illustration

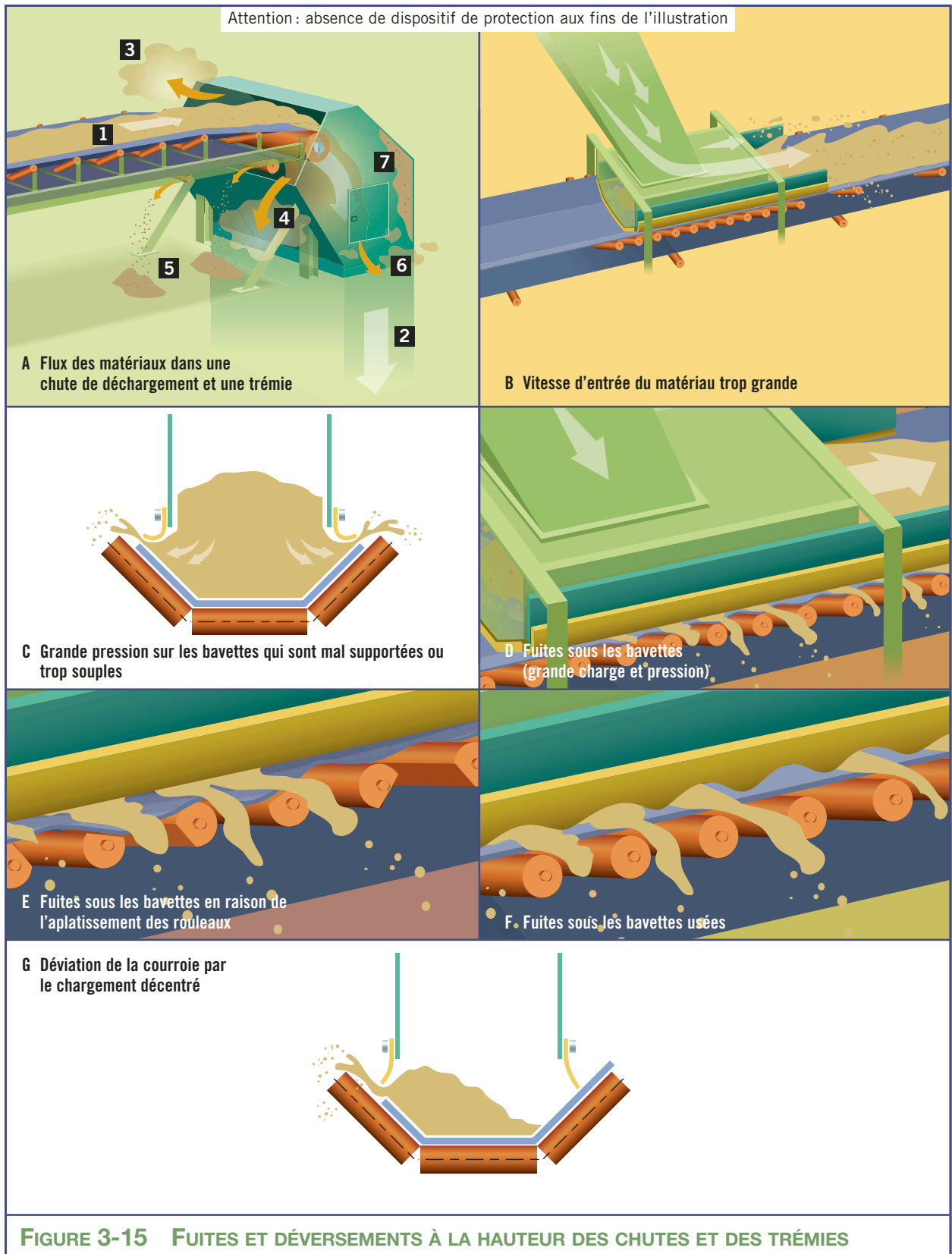


FIGURE 3-15 FUITES ET DÉVERSEMENTS À LA HAUTEUR DES CHUTES ET DES TRÉMIES

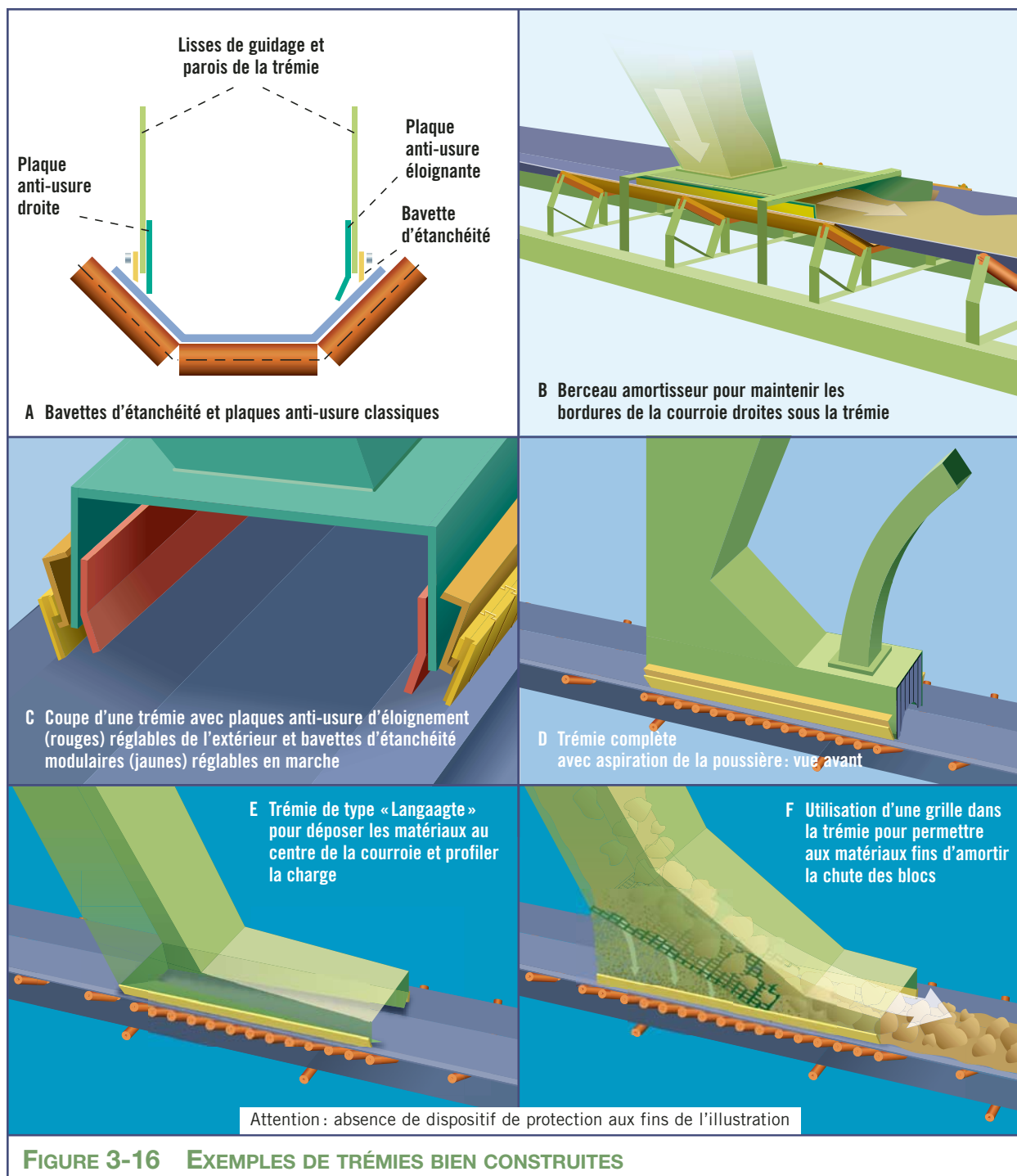


FIGURE 3-16 EXEMPLES DE TRÉMIES BIEN CONSTRUITES

Dans le tableau 3-22, on suppose qu'à l'entrée de la trémie la courroie est parfaitement centrée sur le convoyeur et que sa vitesse est constante. De plus, on suppose que la trémie est centrée sur le convoyeur.

TABLEAU 3-22 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES CARACTÉRISTIQUES DES TRÉMIES		
Caractéristiques des trémies	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Réduction de la vitesse de tombée des matériaux et des chocs sur la courroie		
Chute en cascades pourvue de plaques ou de boîtes d'impact (figure 3-20)	Minimise les éclaboussures de matériaux et les déversements. Réduit la pression sur les bavettes d'étanchéité et donc les fuites. Réduit la vitesse de chute des blocs sur la courroie.	L'absence de dispositif de réduction de la vitesse de tombée des matériaux crée des déversements, des éclaboussures, des fuites et entraîne le bris et la perforation de la carcasse de la courroie.
Rouleaux ou berceau amortisseurs sous la courroie (figures 2-7 et 3-16 B)	Protègent la courroie contre les déchirures et les perforations.	
Grille dans la trémie (figure 3-16 F)	Protège la courroie contre les déchirures et les perforations. Permet de créer une couche de matériaux fins sur la courroie avant de déposer les blocs. Cette couche stabilise les blocs et prévient leur chute.	Chute des blocs en bas du convoyeur si les matériaux ne sont pas chargés sur une couche de matériaux fins.
Orientation des matériaux dans la même direction que la courroie		
Plaques d'orientation (au moment d'un changement de direction)	Minimisent les éclaboussures. Aident à maintenir la courroie centrée. Réduisent l'émission de poussières et l'usure de la courroie. Protègent la courroie contre les déchirures et les perforations.	Des plaques d'orientation mal réglées ou absentes occasionnent un décentrage de la charge sur la courroie, des déversements et l'usure prématurée de la courroie.
Synchronisation de la vitesse des matériaux déposés avec celle de la courroie		
Plaques de glissement (dans la trémie)	Minimisent les éclaboussures. Minimisent les éboulements de gros blocs. Réduisent l'émission de poussières et l'usure de la courroie. Protègent la courroie contre les déchirures et les perforations.	Des plaques de glissement occasionnent des déversements si elles sont mal conçues ou absentes. Réparations ou remplacements fréquents de la courroie si elles sont mal réglées ou absentes.
Dépôt des matériaux au centre de la courroie		
Forme et position de la trémie (figures 3-15 G et 3-16 E)	Une charge centrée maintient la courroie centrée. Réduisent les déversements en donnant aux matériaux une forme naturelle.	Occasionnent le décentrage de la courroie et des déversements si la forme et la position de la trémie sont mal conçues.

Régulation du volume de matériaux déposés sur la courroie		
Porte de régulation (figure 2-14)	Minimise les déversements en lissant la charge sur la courroie et en ne laissant passer que le volume de matériaux nécessaire.	Occasionnent des déversements ou des blocages si elles ne sont pas utilisées ou si elles sont mal conçues.
Parois avec sacs gonflables	Décollent les matériaux qui adhèrent aux parois de la trémie.	
Stabilisation des matériaux sur la courroie		
Lisse de guidage (hauteur, longueur, espacement, ouverture graduelle, etc.) (figure 2-14)	Minimise les déversements en laissant les matériaux prendre la bonne forme et se stabiliser. Une lisse de guidage allongée stabilise le matériau sur des convoyeurs inclinés.	Occasionne des déversements si elle n'est pas utilisée ou si elle est mal conçue.
Réduction des fuites de matériaux fins (ou de forme plate) et contrôle des poussières		
Lisse de guidage et bavettes d'étanchéité (type, qualité, réglage) (figure 2-14)	Un faible jeu entre la courroie et les lisses de guidage ou les bavettes d'étanchéité réduit les fuites de matériaux plats et les poussières.	Certaines combinaisons de nervures ou de tasseaux peuvent augmenter les fuites. Un jeu inadéquat entre les bavettes d'étanchéité et la courroie peut entraîner l'usure de la courroie. Les bavettes d'étanchéité d'une trémie en pente s'usent plus rapidement.
Espacement des rouleaux amortisseurs (figure 3-15 D)	La réduction de l'espacement entre les rouleaux amortisseurs réduit les fuites de matériaux.	Un trop grand espacement entre les rouleaux amortisseurs occasionne des déversements de matériaux.
Tension dans la courroie (figures 3-15 D et 3-15 E)	L'augmentation de la tension réduit les fuites de matériaux.	Une tension trop faible occasionne des déversements de matériaux.
Berceau amortisseur ou sole de glissement (figures 2-7 et 2-9)	Réduisent les fuites de matériaux fins et de poussières.	Occasionnent des déversements s'ils sont mal conçus.
Alourdissement des poussières par l'ajout d'eau	Confine les poussières à l'intérieur de la trémie.	Peut occasionner des accumulations de boue qui devront être nettoyées.
Rideau flexible à l'entrée et à la sortie (figure 3-16 D)	Confine les poussières à l'intérieur de la trémie.	Occasionnent des accumulations de poussières s'ils ne sont pas utilisés et entretenus.
Système d'aspiration (figure 3-16 D)	Aspire les poussières se trouvant dans la trémie.	
Protection des parois de la trémie		
Plaques anti-usure (figures 3-16 A et 3-16 C)	Protègent les parois contre l'usure excessive. Le matériau des plaques anti-usure peut être choisi de façon à réduire la friction avec les matériaux convoyés.	L'absence de plaques, leur usure ou un emplacement mal choisi nécessitent la réparation ou le remplacement fréquent des parois de la trémie.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

- I-2 Mauvais chargement de la courroie
- I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur
- I-4 Débordement du système de déchargement
- I-5 Accumulation sous le convoyeur ou autour
- II Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur
- III Blocage de la charge transportée
- IV Rupture de la courroie

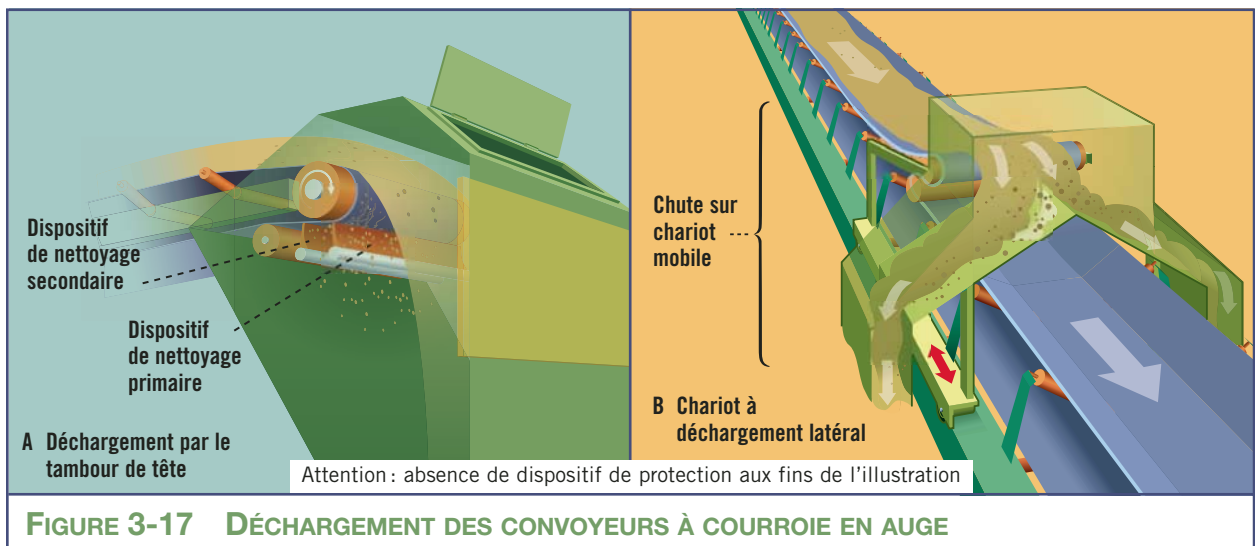
3.7.2 Alimentateurs

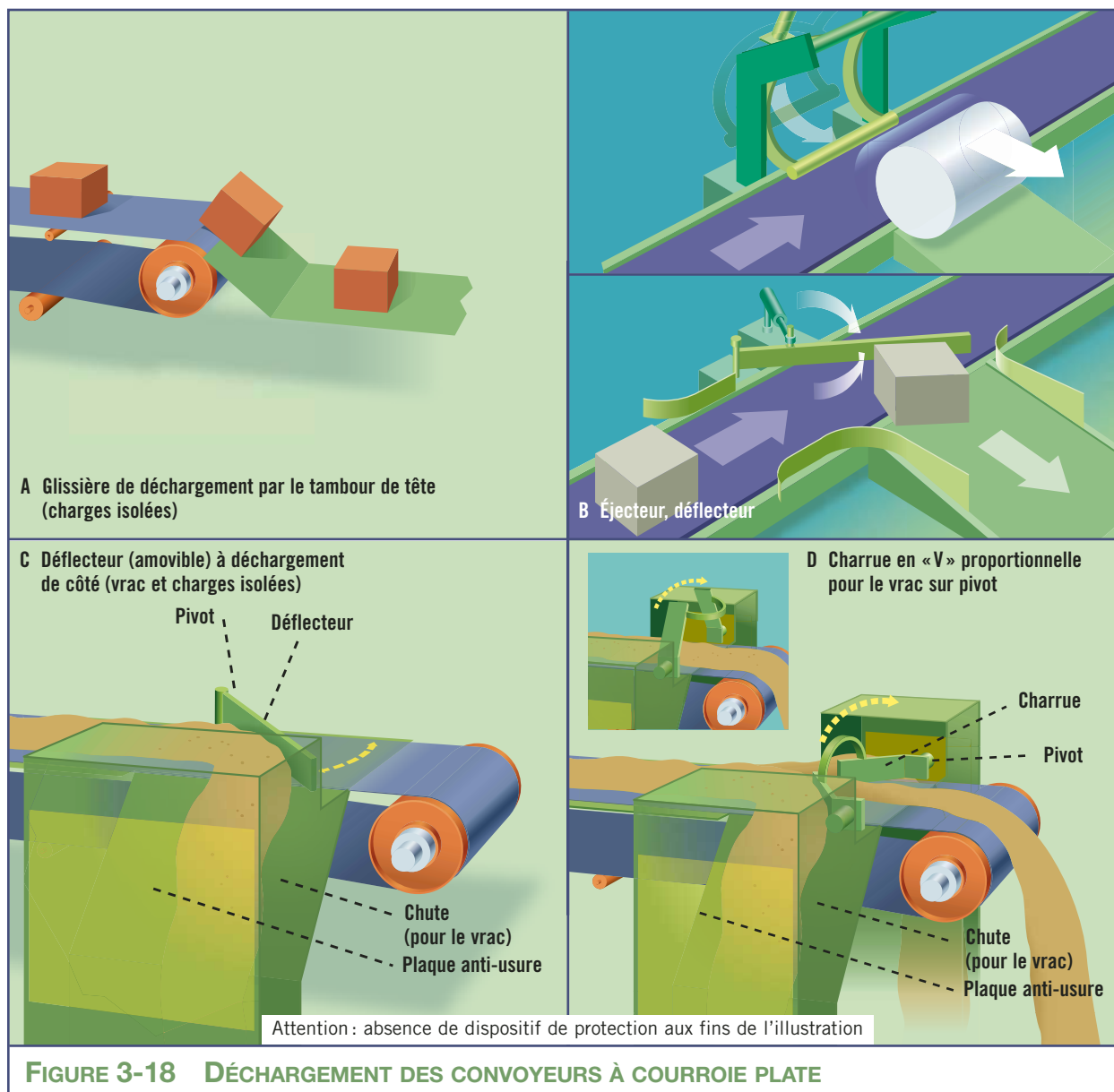
Les types d'alimentateurs sont nombreux et doivent être choisis en fonction du type de matériaux à transporter (granulométrie, taille des blocs, densité, coefficient d'adhérence, etc.) et du type de chargement que l'on a choisi. La référence [1] présente une dizaine de types d'alimentateurs qui peuvent être utilisés.

3.7.3 Déchargement de la courroie

Il existe plusieurs méthodes de déchargement des matériaux. La plus commune et la plus simple consiste à décharger les matériaux au tambour de tête. Le déchargement peut aussi être effectué à certains points donnés le long du convoyeur, d'un côté ou de l'autre de celui-ci. Une seconde partie est quelquefois ajoutée à la chute de déchargement ; c'est la chute d'abaissement, décrite plus loin.

Il est possible de recourir à différentes méthodes de déchargement en fonction du type de convoyeur, des matériaux à décharger et d'autres contraintes. Les figures 3-17 et 3-18 illustrent les principales.





VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

- I Débordement de matériau ou chute de charge (brin porteur)
- I-5 Accumulation sous le convoyeur ou autour
- III-1 Blocage dans la trémie, la chute d'abaissement ou de déchargement

3.7.3.1 Chute de déchargement pour courroie en auge (vrac seulement)

Lorsque les matériaux en vrac tombent librement à partir du tambour de déchargement, les vitesses relatives des particules changent et le volume occupé par les matériaux augmente graduellement. La hauteur de la chute amplifie ce phénomène de foisonnement. De plus, au moment où les matériaux sont déversés sur le tas ou dans la chute, il y a séparation des particules fines et émission de poussières. Les blocs et les matériaux en longueur (ex. : pièces de bois) peuvent aussi créer des blocages. Enfin, les résidus créés par le dispositif de nettoyage de la courroie doivent être récupérés par la chute.

La chute de déchargement doit donc :

- ▶ confiner les matériaux et les poussières ;
- ▶ récupérer les résidus provenant des dispositifs de nettoyage et du premier tambour de contrainte ;
- ▶ ne pas être susceptible de se bloquer et permettre de déceler les blocages avant qu'ils ne s'aggravent ;
- ▶ résister à l'usure.

La chute de déchargement doit être conçue à la suite d'une étude approfondie du parcours des matériaux en chute libre. Ce parcours est fonction, entre autres, de la vitesse de la courroie, du diamètre du tambour de déchargement, du débit de matériaux convoyés et des caractéristiques de ces derniers. Les documents présentés aux références [1] et [3] illustrent en détail la conception des chutes de déchargement.

TABLEAU 3-23 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES CARACTÉRISTIQUES DE LA CHUTE DE DÉCHARGEMENT POUR COURROIE EN AUGE (VRAC SEULEMENT)

Caractéristiques de la chute	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Forme et volume de la chute	Si la forme et le volume de la chute sont bien conçus, les blocages et l'usure excessive seront évités.	Les caractéristiques et le parcours des matériaux doivent être pris en compte afin d'éviter les blocages et l'usure excessive de la chute. Une attention particulière doit être portée à ces éléments, surtout si la vitesse du convoyeur est variable.
Porte d'inspection (figure 3-19)	Permet de vérifier l'état de la chute et de faire de la maintenance préventive.	L'absence de porte d'inspection rend les opérations de maintenance plus difficiles. Si la porte d'inspection n'est pas installée au bon endroit, l'intervenant peut être exposé au flux de matériaux et aux pièces en mouvement.
Ouverture de la chute pour déblocage (figure 3-19)	Facilite les interventions et réduit les blessures.	L'intervenant peut tomber dans la chute.
Détecteur de blocage des chutes de déchargement (figure 3-19)	Prévient les blocages importants en arrêtant le convoyeur.	Les blocages ne seront pas détectés si le dispositif n'est pas fiable.
Dispositif de nettoyage (voir le point 3.8)	Intégrer le dispositif de nettoyage dans la chute permet de diminuer la fréquence des nettoyages sous le convoyeur.	En l'absence d'un dispositif de nettoyage, des matériaux tomberont du brin de retour sous le convoyeur.



FIGURE 3-19 OUVERTURE DE LA CHUTE POUR DÉBLOCAGE ET DÉTECTEUR DE BLOCAGE

3.7.3.2 Chute de déchargement pour courroie plate (vrac et charge isolée)

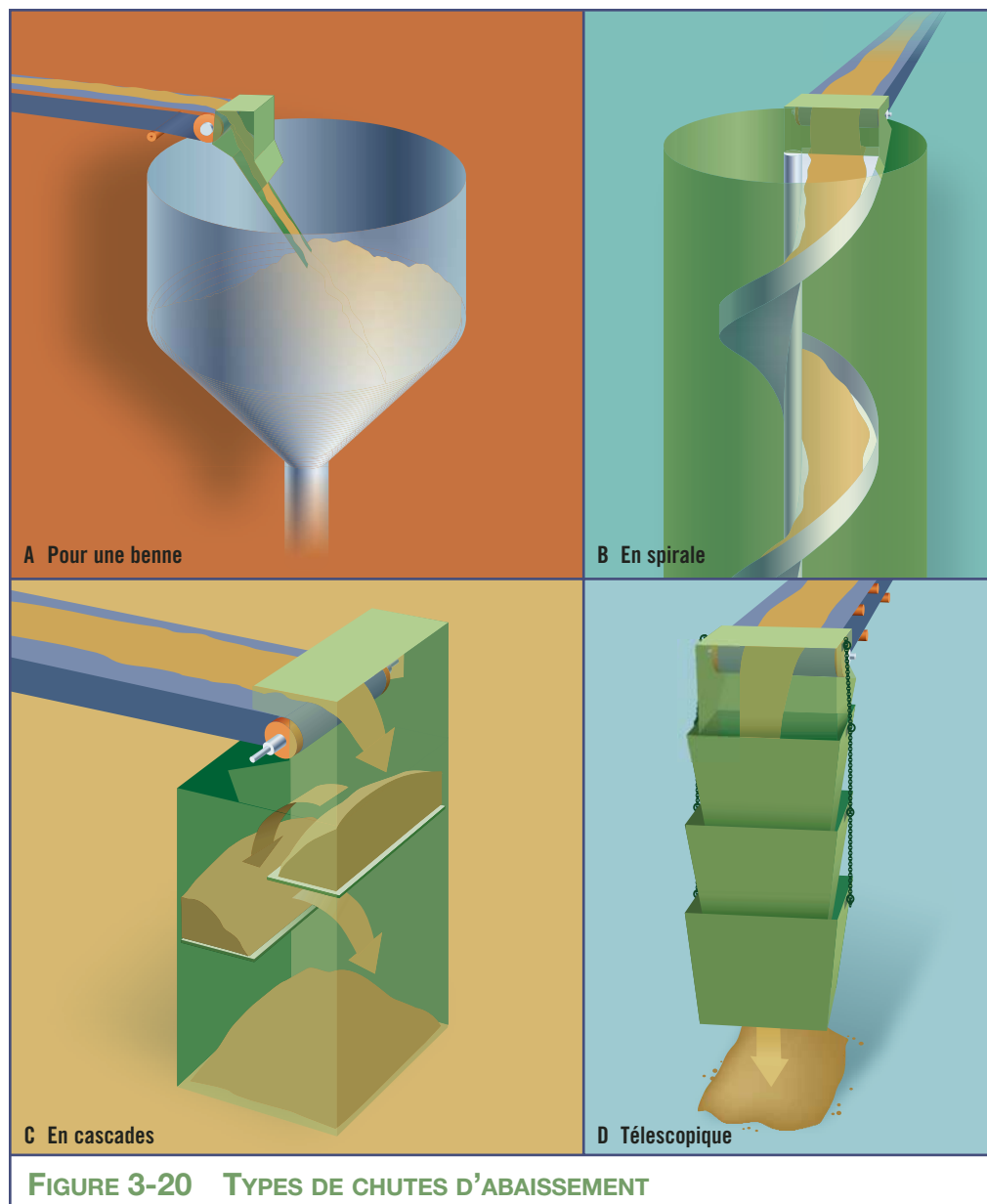
Les méthodes de déchargement les plus courantes sont montrées à la figure 3-18. Pour les matériaux en vrac déchargés au tambour de tête ou latéralement, les fonctions et les contraintes sont les mêmes que pour la chute de déchargement associée à une courroie en auge (voir le point 3.7.3.1).

En ce qui concerne le transport de charges isolées, une précaution supplémentaire doit être prise afin de tenir compte de la fragilité des objets transportés. De plus, les mouvements des déflecteurs doivent tenir compte de la vitesse des charges isolées afin d'éviter les blocages.

3.7.3.3 Chute d'abaissement

Les chutes d'abaissement sont utilisées lorsque les problèmes d'éclaboussures, de création de poussières ou de bris d'équipements sont importants. Les chutes d'abaissement permettent d'améliorer grandement la sécurité en diminuant les interventions liées à ces problèmes. Toutefois, elles nécessitent de l'entretien, surtout en raison de l'usure. Afin d'éliminer les blocages qui risquent de se produire, certaines chutes ont aussi des parois munies de sacs gonflables.

La figure 3-20, adaptée de la référence [1], illustre quatre types de chutes d'abaissement.



VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

III-1 Blocage dans la trémie, la chute d'abaissement ou de déchargement

3.8 Dispositifs de nettoyage

La quantité de matériaux adhérant à la courroie peut être assez surprenante. Dans le document proposé à la référence [1], on précise qu'une adhérence de 1 g/m^2 de matériaux sur une courroie peut entraîner une accumulation de 2,2 tonnes de matériaux en une semaine. Dans le document proposé à la référence [8], on précise également qu'un convoyeur transportant 3000 tonnes de charbon à l'heure peut perdre 1,5 tonne de matériaux par heure, le long du brin de retour, lorsque le charbon contient 8 % d'humidité. Les figures 3-21 et 3-22 illustrent le phénomène.



FIGURE 3-21 **ACCUMULATION NON DÉSIRÉE DE MATÉRIAUX TRÈS HUMIDES**

FIGURE 3-22 **ACCUMULATION NON DÉSIRÉE DE MATÉRIAUX LÉGÈREMENT HUMIDES**

Les dispositifs de nettoyage permettent :

- ▶ de réduire le décentrage et le glissement de la courroie qui résultent de l'accumulation de matériaux sur les tambours (queue, tête, moteur) et les rouleaux ;
- ▶ de réduire les déversements sous les tambours et les rouleaux de retour ;
- ▶ de réduire les dommages causés à la courroie par les tambours et les rouleaux de retour gommés.

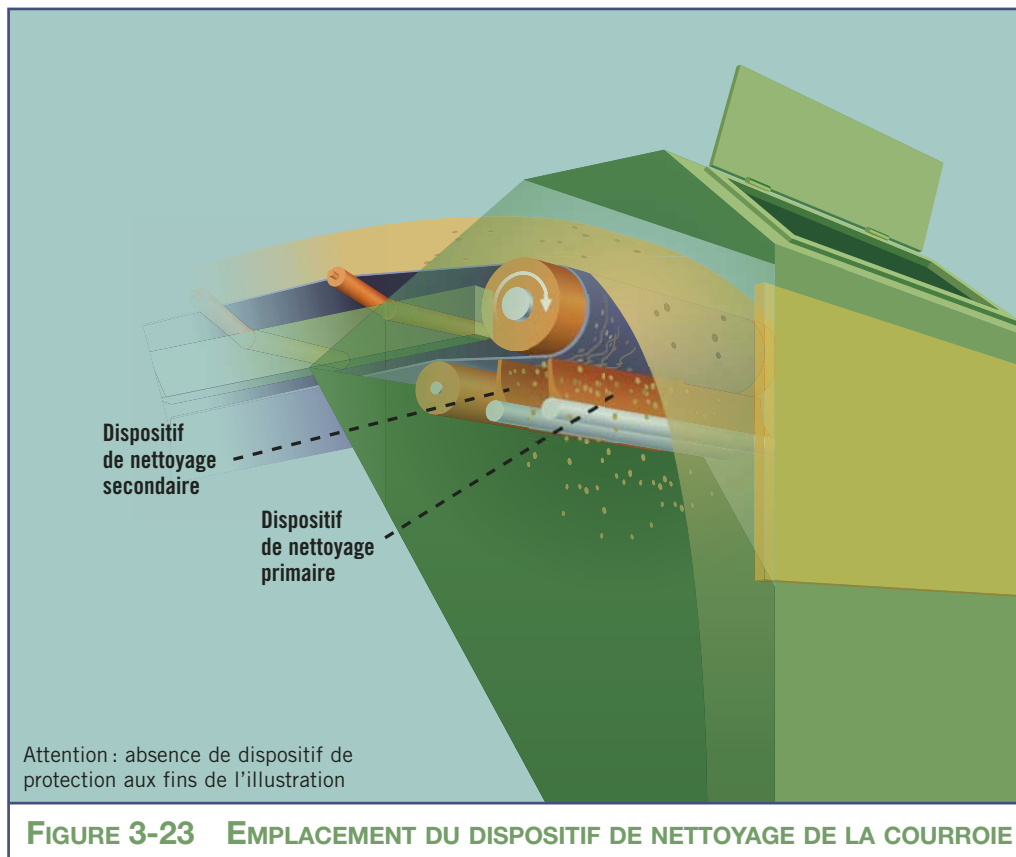
Ces dispositifs doivent être intégrés au convoyeur dès sa conception. Ils requièrent la prise en compte de facteurs tels que la vitesse de la courroie, la nature du matériau transporté, la température extérieure et celle du matériau, la granulométrie du matériau et son taux d'humidité. Ils doivent être conçus de façon à minimiser les risques d'endommagement de la courroie ou des épissures. Ils doivent aussi résister aux agressions (de l'épissure ou du matériau) pendant leur utilisation.

Les dispositifs de nettoyage peuvent être classés en trois catégories :

1. Les dispositifs de nettoyage de la courroie ou des tambours ;
2. Les dispositifs de nettoyage des déversements (dispositifs autonettoyants) ;
3. Les accessoires de prévention et de contrôle des déversements.

3.8.1 Dispositifs de nettoyage de la courroie ou des tambours

Les dispositifs de nettoyage de la courroie ou des tambours sont placés en dehors du parcours des matériaux. Les dispositifs de nettoyage de la courroie doivent être placés à proximité d'un endroit où la courroie est supportée par un tambour ou un autre dispositif l'empêchant de se déplacer. Les dispositifs de nettoyage de la courroie ou des tambours doivent être placés et conçus de manière que les matériaux retirés de la courroie rejoignent directement le flux principal des matériaux, dans la chute par exemple (voir la figure 3-23).



À la hauteur du tambour de tête, le transfert des matériaux vers la chute est généralement assuré par des dispositifs de nettoyage primaire et secondaire (voir la figure 3-23). Le dispositif primaire, situé juste en dessous du parcours principal des matériaux, permet de décoller la plus grande partie des matériaux qui adhèrent à la courroie et le dispositif secondaire, situé à l'endroit où le brin de retour quitte le tambour, évacue les matériaux qui restent.

Si les matériaux nettoyés ne sont pas transférés directement vers le parcours principal, il faut s'assurer qu'ils sont récupérés dans un endroit prévu à cette fin et que l'intervenant chargé de nettoyer cet emplacement pourra effectuer l'opération en toute sécurité.

Il existe plusieurs types de dispositifs de nettoyage (voir la figure 3-24) et, en général, ils sont constitués de lames qui grattent (lame unique, lame double ou lames articulées), de brosses rotatives ou de jets d'eau. Ils sont habituellement situés sous le brin inférieur près de la tête du convoyeur (nettoyage de la face externe de la courroie) ou au-dessus du brin inférieur, près du tambour de queue (nettoyage de la face interne de la courroie). D'autres dispositifs sont constitués de brosses ou de jets d'eau. Il est aussi possible de retourner localement la courroie de 90° ou 180° pour faire tomber les matériaux qui se trouvent dessus.

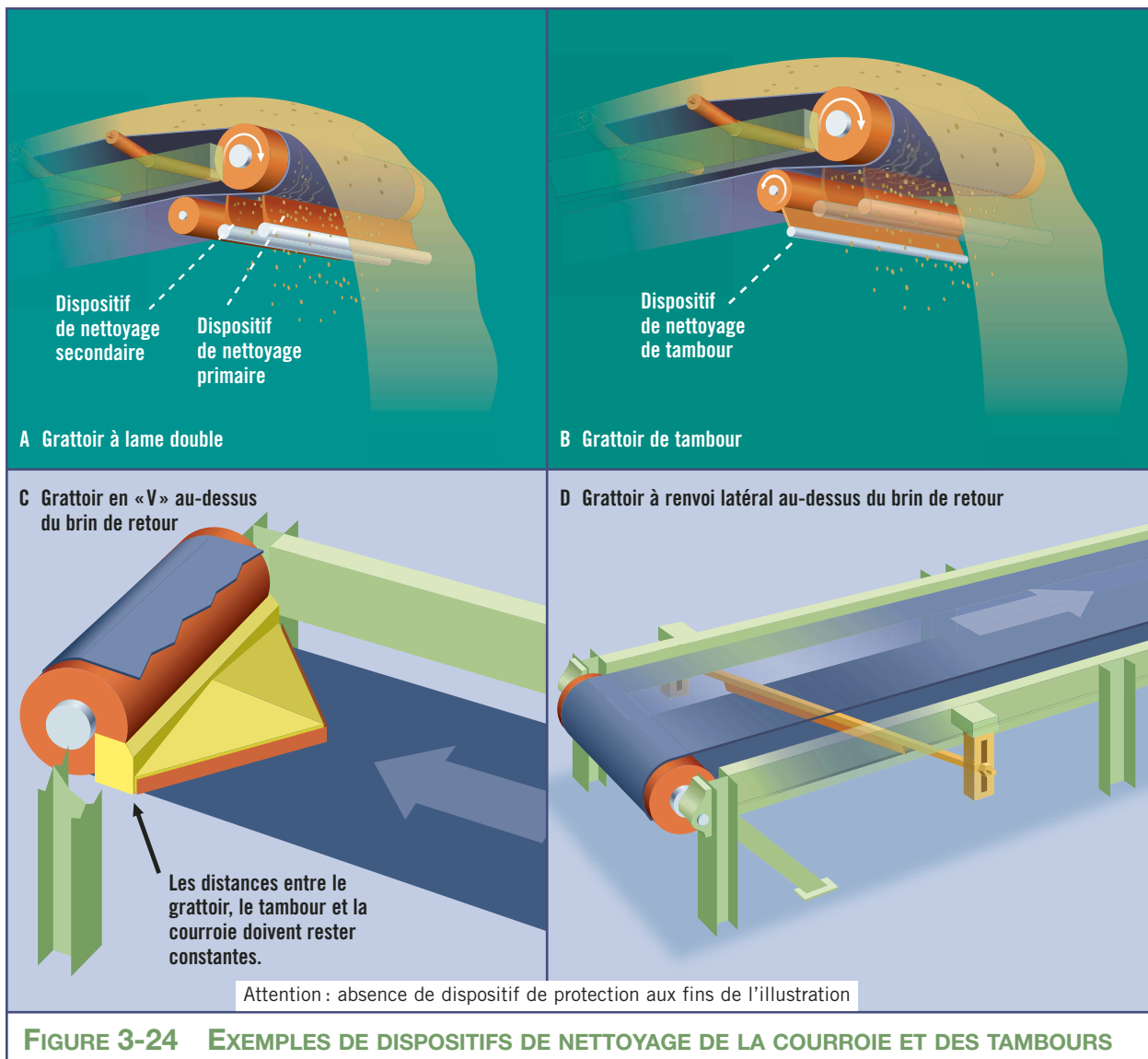


TABLEAU 3-24 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES TYPES DE DISPOSITIFS DE NETTOYAGE

Types de dispositifs de nettoyage de la courroie et des tambours	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Grattoir à lame unique (le plus commun)	Efficace, car la lame s'use pour prendre la forme de la courroie et du tambour. La position de la lame est ajustable afin d'assurer un nettoyage optimal.	Des inspections, des réglages et de l'entretien périodique sont nécessaires. Une trop forte pression augmente l'usure de la lame et de la courroie, tout en augmentant la consommation d'énergie. Par contre, une pression insuffisante entraîne aussi l'usure rapide de la lame par les matériaux et réduit l'efficacité du nettoyage. Les agrafes mécaniques peuvent endommager, faire sauter ou faire vibrer les grattoirs. Ceux-ci doivent alors être munis d'un mécanisme leur permettant de reculer puis de revenir en place. Ces grattoirs ne sont pas efficaces si la courroie est nervurée.
Grattoir à lame double (figure 3-24 A)	Reste efficace même lorsque la première lame est usée.	
Grattoir à lames articulées	S'adapte bien aux fluctuations de la surface de la courroie. Adapté aux tambours coniques ou bombés.	
Grattoir de tambour (figure 3-24 B)	Permet le nettoyage des tambours de contrainte qui sont en contact avec la face externe « sale » de la courroie.	
Grattoir en « V » sur le brin inférieur (figure 3-24 C)	Permettent d'éviter l'accumulation de matériaux sur le tambour de queue, en évacuant les matériaux présents sur la face interne de la courroie.	
Grattoir à renvoi latéral sur le brin inférieur (figure 3-24 D)		
Brosse rotative	Efficace pour des matériaux à faible granulométrie. Efficace pour les courroies à nervures.	La brosse s'use rapidement. Les matériaux peuvent s'accumuler dans la brosse, surtout lorsqu'ils sont humides.
Dispositif de nettoyage par jet d'eau	Efficace pendant le transport de matériaux à fort coefficient d'adhérence ou hautement abrasif. Efficace pour les courroies à nervures.	Il est nécessaire de prévoir un dispositif supplémentaire pour évacuer le mélange d'eau et de matériaux.
Retournement du brin inférieur de 90°	Prévient l'accumulation de matériaux en dessous des tambours et des rouleaux de retour. Efficace pour les courroies à nervures.	Des dispositions doivent être prévues pour récupérer les matériaux qui tombent au moment du retournement de la courroie. Des dispositifs de protection et de l'espace supplémentaire sont requis ainsi que des rouleaux de retournement additionnels. Des dispositions doivent être prises pour récupérer les matériaux tombés à la hauteur du tambour de queue (pour le retournement de 180°).
Retournement du brin inférieur de 180°	Prévient le déversement de matériaux sur toute la longueur du convoyeur (la face externe « sale » de la courroie se trouve alors sur le dessus du brin de retour). De plus, les matériaux qui tombent sur le brin de retour sont acheminés à la hauteur du tambour de queue. Prévient le gommage des rouleaux de retour.	

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

I-2a-4 Matériaux fins transportés sur la face interne de la courroie

I-3 La courroie chargée dévie

I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur

I-5 Accumulation sous le convoyeur ou autour

II Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur

IV Rupture de la courroie

3.8.2 Dispositifs de nettoyage des déversements (dispositifs autonettoyants)

Les dispositifs autonettoyants évacuent de façon automatique les matériaux qui se déversent sur la courroie ou qui s'en décollent. Le tambour à ailettes (tambour à ailettes spiralées ou tambour à ailettes à cônes intérieurs, voir la figure 3-25) est un dispositif autonettoyant qui permet d'évacuer les matériaux par les extrémités du tambour sans qu'ils s'accumulent sur la circonférence. Ce tambour est généralement placé à la queue du convoyeur. Il faut aussi prévoir un moyen pour évacuer les matériaux qui sortent du tambour à ailettes (ex. : convoyeur à chaînes, entre autres).

Des convoyeurs à chaînes, placés à la queue d'un convoyeur à courroie ou en dessous, peuvent aussi servir de dispositifs autonettoyants. Ces convoyeurs à chaînes sont munis de râteliers qui ramassent les matériaux déversés et les ramènent sur le brin supérieur ou dans la chute de déchargement (voir la figure 3-26). De plus, l'utilisation d'une sole de glissement sous le brin de retour permet de rapporter le matériau qui adhère à la face externe de la courroie sous le tambour de queue.

Un convoyeur totalement fermé doit être muni de dispositifs autonettoyants afin de limiter les interventions de nettoyage et de faciliter son fonctionnement. Il faut récupérer les matériaux qui tombent de la courroie à l'aide de chutes placées à intervalles réguliers sous le brin de retour.

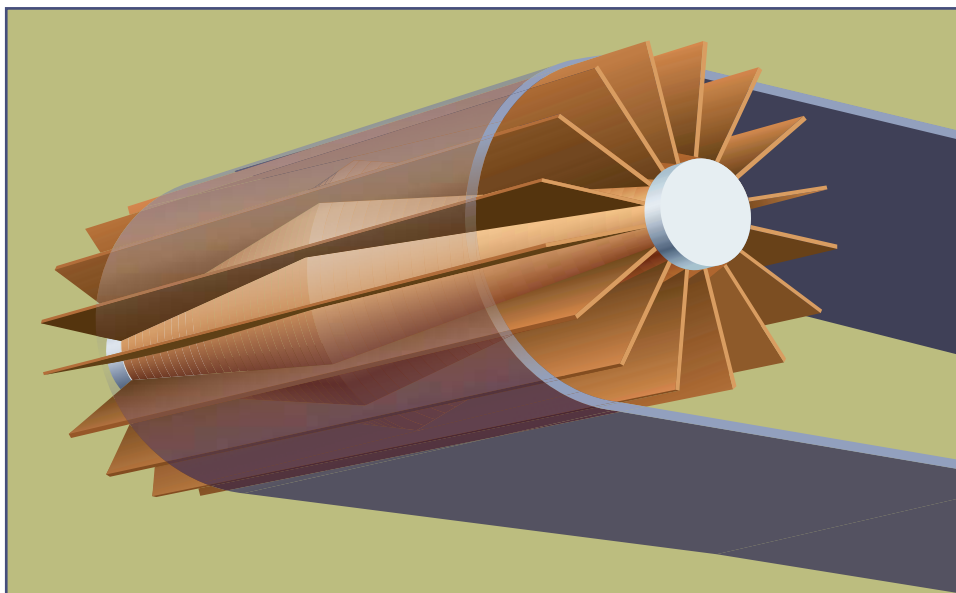


FIGURE 3-25 TAMBOUR AUTONETTOYANT À AILETTES À CÔNES INTÉRIEURS

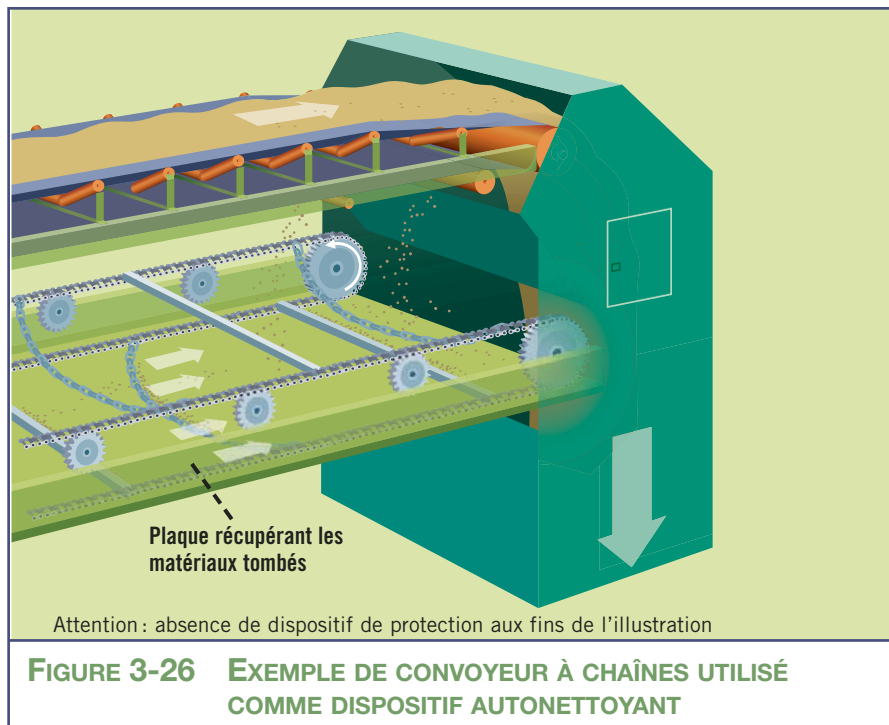


TABLEAU 3-25 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES TYPES DE DISPOSITIFS AUTONETTOYANTS

Types de dispositifs autonettoyants	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Tambour autonettoyant à ailettes (figure 3-25)	Permet d'éviter l'accumulation des matériaux entre le tambour et la courroie et sur la garniture du tambour. Permet de conserver les fonctionnalités du tambour (centrage, entre autres). Réduit les interventions de nettoyage. Les vibrations causées par le tambour aident à décoller les matériaux de la courroie.	L'intermittence du contact tambour-courroie peut entraîner de fortes vibrations et du bruit et aussi affaiblir la courroie. Les ailettes du tambour augmentent les risques de happement, d'entraînement et de coincement. Voir aussi les tableaux 3-11 et 3-19.
Convoyeur à chaînes sous le tambour de queue	Reprend les matériaux accumulés sous le tambour de queue du convoyeur et les remonte automatiquement sur le brin porteur. Pas d'intervention humaine nécessaire.	Le convoyeur à chaînes nécessite des dispositifs de protection supplémentaires.
Convoyeur à chaînes sous toute la longueur du convoyeur à courroie (figure 3-26)	Reprend les matériaux tombés le long du convoyeur sous le brin de retour et les transporte automatiquement au point de déchargement. Pas d'intervention humaine nécessaire. Réduit le nombre d'interventions de nettoyage autour du convoyeur.	Le convoyeur à chaînes présente des risques supplémentaires et nécessite des dispositifs de protection. L'accès au convoyeur est plus difficile et les interventions de maintenance sont plus complexes.
Convoyeur totalement fermé	Élimine la poussière dans l'environnement et peut même servir à la capter et à l'évacuer. Aucune zone dangereuse n'est accessible pendant le fonctionnement normal.	L'accès au convoyeur est plus difficile et les interventions de maintenance sont plus complexes.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur

3.8.3 Plaques de protection du brin inférieur

Le principal élément qui permet d'empêcher les matériaux de tomber sur le brin inférieur de la courroie et d'atteindre le tambour de queue est une plaque installée entre les deux brins de la courroie. Certaines de ces plaques (voir les figures 3-27 A, B, C et D) présentent également l'avantage d'empêcher la pluie, la neige ou le verglas de se déposer sur le brin inférieur et d'altérer la capacité de traction du tambour moteur. Pour certains convoyeurs ou pour certaines applications, il peut être suffisant d'installer ces plaques seulement :

- ▶ sous la zone de transition se trouvant près de la queue du convoyeur ;
- ▶ sous la zone de transition se trouvant près de la tête du convoyeur ;
- ▶ sous les points de chargement et de stabilisation des matériaux.

Dans ces cas, il faut installer un dispositif de nettoyage sur le brin inférieur à la hauteur du tambour de queue (voir les figures 3-24 C et D).

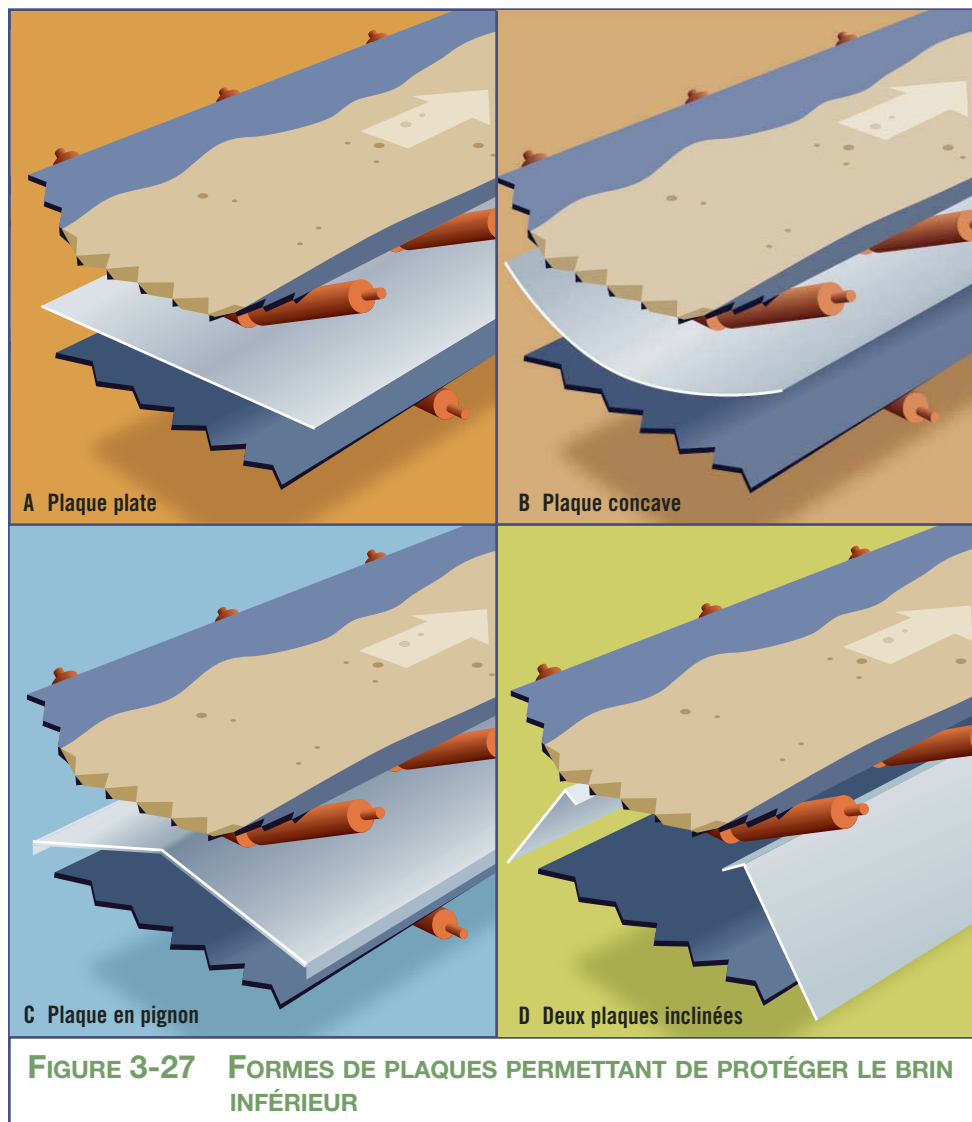


TABLEAU 3-26 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES TYPES DE PLAQUES DE PROTECTION

Types de plaques de protection	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Plaque plate (figure 3-27 A)	Empêche tout déversement de matériaux du brin supérieur vers le brin inférieur. Protège le brin inférieur des intempéries.	Accumulation des matériaux sur la plaque, qui doit être nettoyée à intervalles réguliers.
Plaque concave (figure 3-27 B)	Empêche tout déversement de matériaux du brin supérieur vers le brin inférieur. Pour les convoyeurs inclinés, les matériaux peuvent être récupérés à une extrémité du convoyeur. Protège le brin inférieur des intempéries.	Accumulation des matériaux sur la plaque si le coefficient de frottement entre la tôle et les matériaux transportés est trop élevé. Concentration des matériaux à une extrémité d'un convoyeur incliné. L'évacuation des matériaux doit être prévue (un poste de travail peut être aménagé).
Plaque en pignon (figure 3-27 C)	Empêche tout déversement de matériaux du brin supérieur vers le brin inférieur. Permet l'évacuation des matériaux de la plaque, surtout pour les convoyeurs inclinés, même si le coefficient de frottement entre la tôle et les matériaux transportés est élevé. Protège le brin inférieur des intempéries.	Accumulation des matériaux sur la plaque si l'inclinaison de la plaque n'est pas assez prononcée. Accumulation des matériaux tout le long du convoyeur. Des dispositions doivent être prises pour récupérer les matériaux accumulés.
Deux plaques inclinées (figure 3-27 D)	Empêchent la majorité des déversements de matériaux du brin supérieur vers le brin inférieur. Permettent l'évacuation des matériaux de la plaque, même si le coefficient de frottement entre la tôle et les matériaux transportés est élevé. Protègent partiellement le brin inférieur des intempéries.	

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

I-2a-4 Matériaux fins transportés sur la face interne de la courroie

3.9 Éléments de contrôle du fonctionnement du convoyeur

Outre les dispositifs de démarrage et d'arrêt du moteur, plusieurs éléments aident à contrôler le mouvement du convoyeur. Il s'agit, entre autres, des antireculs, des freins et des appareils de surveillance.

3.9.1 Antireculs

La courroie d'un convoyeur en montée tend à revenir en arrière lorsqu'elle est chargée et que le mouvement d'avance cesse. Si la courroie chargée recule, les matériaux risquent de s'accumuler et de se déverser à la queue du convoyeur. L'antirecul prévient cette situation. Toutefois, il ne permet le déplacement de la courroie que dans un sens et ne peut pas être utilisé sur un convoyeur bidirectionnel ou descendant.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

I-1 Glissement du matériau au moment de l'arrêt du convoyeur

3.9.2 Freins

Les freins permettent de contrôler l'arrêt en agissant directement sur le moteur du convoyeur. Ils sont utiles lorsqu'il y a une rupture de l'alimentation du système moteur. Ils évitent alors la perte de contrôle du convoyeur et les déversements si le convoyeur est en montée ou en descente. Sans freins, la courroie chargée d'un convoyeur incliné bougera. Il faut donc bien prévoir son immobilisation au cours des interventions de maintenance.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AU RENVOI :

I-1 Glissement du matériau au moment de l'arrêt du convoyeur

3.9.3 Appareils de surveillance

En utilisant un appareil de surveillance aux endroits stratégiques, la plupart des conditions anormales et des irrégularités de fonctionnement peuvent être décelées et, au besoin, le convoyeur pourra être arrêté avant qu'il ne soit sérieusement endommagé ou que les déversements aient eu lieu.

Les plus fréquemment utilisés sont :

- ▶ le détecteur de position latérale de la courroie ;
- ▶ le détecteur de vitesse de la courroie ;
- ▶ le détecteur de rotation du tambour ;
- ▶ le détecteur de surcharge (tension) de la courroie ;
- ▶ le détecteur de position limite du dispositif de tension automatique ;
- ▶ le détecteur de blocage des chutes (voir figure 3-19) ;
- ▶ le détecteur de niveau de la benne ;
- ▶ le détecteur de déchirure de la courroie ;
- ▶ le détecteur d'incendie ou de surchauffe ;
- ▶ le détecteur de métal.

3.10 Conditions environnementales

Chaque convoyeur fonctionne dans un environnement différent qui peut affecter son bon fonctionnement ainsi que la durée de vie de ses composantes (courroie, rouleaux, etc.). Cet environnement est constitué :

- de l'air, qui peut être salin, plus ou moins humide, contenir des vapeurs acides ou de la poussière abrasive ou explosive en suspension, etc. Il peut aussi y avoir des vents violents ;
- de l'eau, sous forme de pluie ou de fuites au-dessus du convoyeur (ex. : dans les mines). L'eau présente peut aussi se trouver sous forme de glace, de verglas ou de neige, selon la température ;
- de produits chimiques, contenus dans le matériau transporté ;
- de la température, qui peut être variable dans le temps (jour, nuit ; été, hiver) ou variable suivant l'endroit (chargement au froid, déchargement au chaud).

L'environnement dans lequel le convoyeur est amené à fonctionner peut être sujet à des variations extrêmes de température ou de conditions environnementales (pluie, neige, givre, etc.). Un vent fort peut soulever une partie de la courroie et la décentrer ou tout simplement renverser une partie de la charge. Quant à la pluie, elle peut altérer la composition des matériaux et rendre leur manutention beaucoup plus aléatoire. Par exemple, un convoyeur situé sur un appontement sera sujet à des différences de température significatives, à de fortes rafales de vent et à un environnement corrosif. De même, si le chargement se fait à l'extérieur, dans des conditions hivernales extrêmes, et le déchargement dans un milieu chaud et très humide, de la glace se forme sur la face intérieure de la courroie (condensation et gel de l'humidité ambiante), ce qui peut entraîner le patinage de la courroie à la hauteur du tambour moteur.

Il peut être parfois nécessaire d'installer le convoyeur dans une galerie ou de le recouvrir d'un capot (voir la figure 3-28) pour le protéger des averses de pluie ou de neige ou des variations des conditions atmosphériques. Dans ce cas, il faut prévoir des accès pour permettre d'effectuer les interventions de maintenance.

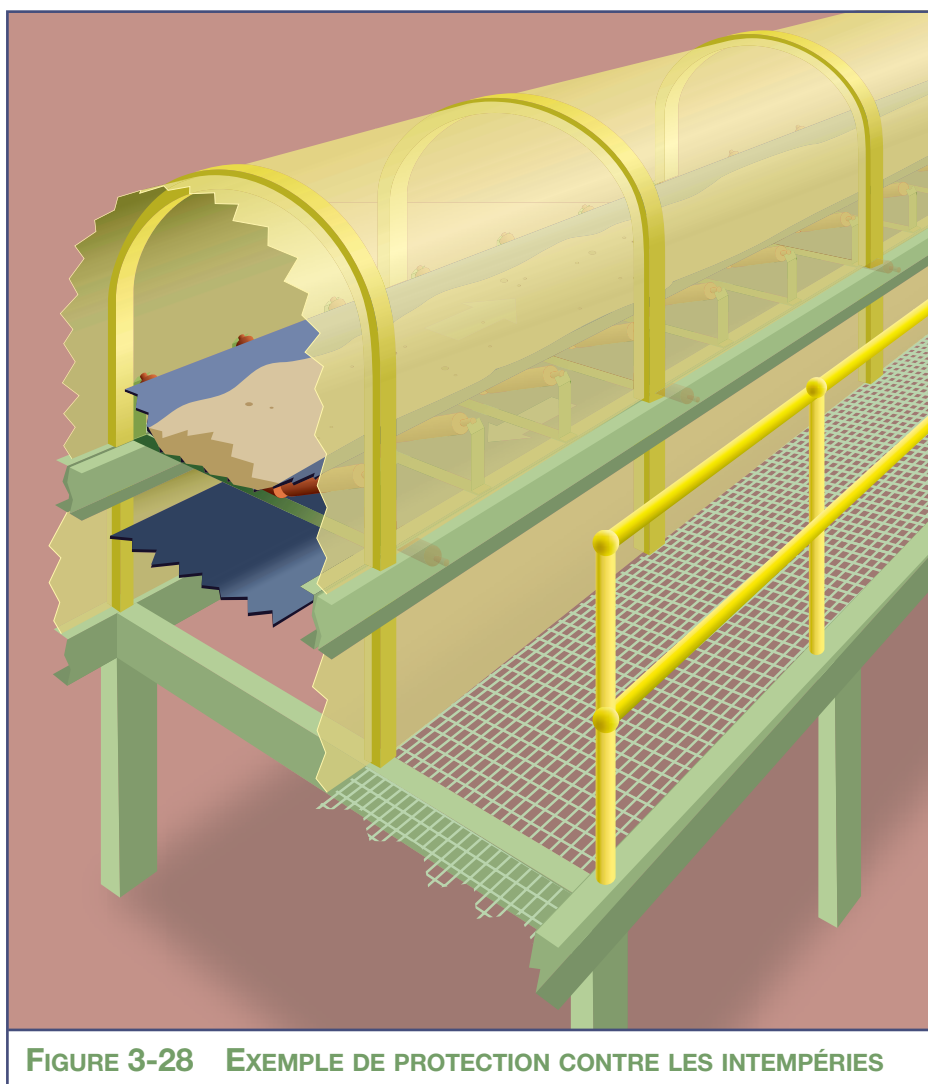


FIGURE 3-28 EXEMPLE DE PROTECTION CONTRE LES INTEMPÉRIES

TABLEAU 3-27 INCIDENCES SUR LA SÉCURITÉ DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Conditions environnementales	Effets positifs sur la sécurité	Effets négatifs sur la sécurité
Humidité, eau, gel, glace, température, etc.	La réduction de l'influence des conditions environnementales (conveyeur fermé ou dans un abri, figure 3-28) limite les dysfonctionnements du convoyeur.	Glissement possible du matériau sur la courroie. Patinage de la courroie sur le tambour moteur, ce qui peut entraîner un échauffement de la courroie (risques d'incendie), le décentrage de la courroie, la surcharge du convoyeur et des déversements. Augmentation des interventions de maintenance et des risques d'accident qui y sont associés.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

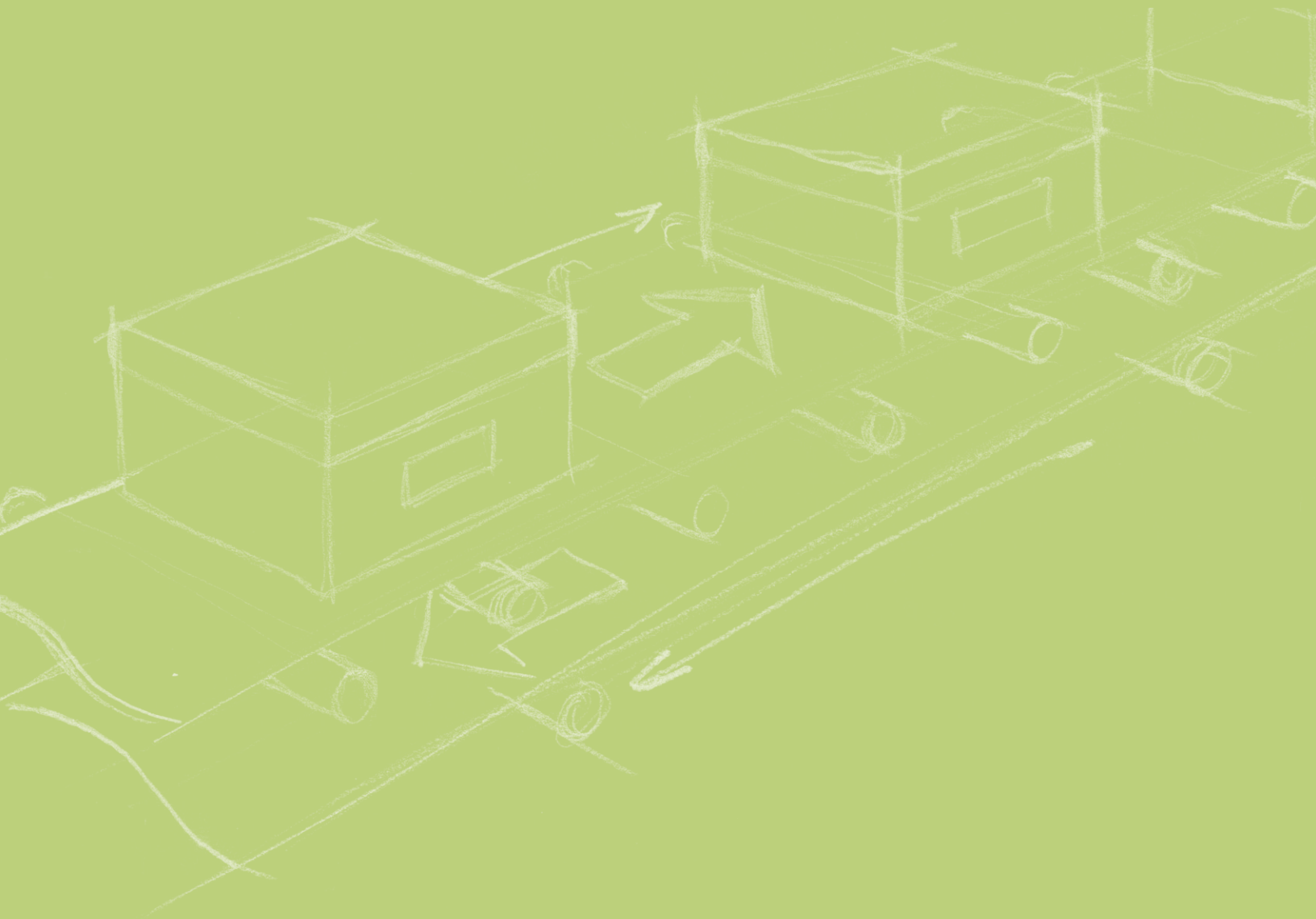
I-2a-3 Matière entre le tambour et la courroie

I-3-3 Décentrage de la courroie sur toute sa longueur

IV Rupture de la courroie

CHAPITRE IV

MAINTENANCE ET SÉCURITÉ



Chapitre IV

Maintenance et sécurité

La maintenance et la sécurité sont indissociables. En effet, si la maintenance est inadéquate, il peut en résulter un dysfonctionnement du convoyeur et la nécessité d'une intervention à risques. Il est donc important d'enrayer les causes de dysfonctionnements à l'aide, entre autres, d'un programme de maintenance préventive approprié. Par exemple, une lubrification adéquate des rouleaux permet de prévenir le grippage et par le fait même l'usure du rouleau et de la courroie, le glissement de la courroie ainsi que son décentrage. Aussi, l'entretien du dispositif de nettoyage aide à prévenir le glissement de la courroie, son décentrage et les déversements.

Les activités de maintenance se divisent en plusieurs types, dont la maintenance corrective et la maintenance préventive. L'une comprend les activités qui visent à remettre le convoyeur défectueux en état de bon fonctionnement, généralement dans les plus brefs délais (diagnostic et réparation immédiate), et l'autre comprend les activités qui visent à prévenir les défaillances (arrêt et réparation prévus)

Pour rendre la maintenance des convoyeurs facile, rapide et sécuritaire, il faut prévoir des aménagements des lieux de travail, des pièces de rechange, des outils et du personnel compétent. En somme, ce sont les dispositions à prendre pour atteindre la maintenabilité recherchée. La maintenabilité du convoyeur (ou d'une machine), c'est la facilité avec laquelle il peut être réparé et entretenu. À titre d'exemple, un convoyeur aérien exposé aux intempéries et non équipé d'une passerelle aura une maintenabilité réduite.

VOIR L'ARBRE DES FAUTES AUX RENVOIS :

- I-2** **Mauvais chargement de la courroie**
- I-2a** **Glissement de la courroie sur le tambour moteur**
- I-3** **Déviation de la courroie chargée**
- I-3-3** **Décentrage de la courroie sur toute sa longueur**
- I-4** **Débordement du système de déchargement**
- II** **Interventions préventives ou correctives sur le convoyeur**
- IV** **Rupture de la courroie**

4.1 Dispositions à prendre pour assurer la maintenabilité

Au moment de la conception des lieux, il est important de prévoir des aménagements permettant d'effectuer les épissures, le remplacement de la courroie, le nettoyage, l'entretien du convoyeur, etc. Ces aménagements peuvent être permanents ou temporaires et le personnel doit être formé (voir le point 6 de la section II du guide intitulé *Sécurité des convoyeurs à courroie : guide de l'utilisateur*).

4.1.1 Lieu pour effectuer des épissures et pour remplacer la courroie

Afin de faciliter l'exécution des épissures, il faut :

- ▣ que l'endroit soit assez vaste et que les conditions environnementales soient acceptables ;
- ▣ que des accès soient prévus pour pouvoir y apporter le vulcanisateur ;

- ▶ qu'il existe un moyen de détendre la courroie et de bloquer le dispositif de tension en position rétractée. Pour un dispositif de tension par gravité, un treuil et un dispositif de blocage en position haute doivent être disponibles en permanence sur les lieux ;
- ▶ qu'il soit possible de tirer la courroie et de la bloquer à l'endroit prévu ;
- ▶ que l'on dispose d'une surface droite et suffisamment longue pour déposer la courroie et effectuer une épissure droite ;
- ▶ enfin, qu'une procédure sécuritaire écrite décrive la façon d'effectuer chaque type d'épissures.

Afin de faciliter le remplacement de la courroie, il est nécessaire de prévoir :

- ▶ un accès permettant d'amener la nouvelle courroie à proximité du convoyeur et d'évacuer l'ancienne ;
- ▶ un moyen de tirer la courroie à remplacer et d'enfiler la nouvelle courroie (ex. : un treuil manuel et un point d'appui, un tracteur, etc.) ;
- ▶ s'il y a lieu, un moyen de faire avancer la courroie à l'endroit où sera effectuée l'épissure ;
- ▶ un endroit assez vaste pour effectuer l'épissure (voir ci-dessus) ;
- ▶ un moyen de détendre la courroie et de bloquer le dispositif de tension en position rétractée. Pour un dispositif de tension par gravité, un treuil et un dispositif de blocage en position haute doivent être disponibles en permanence sur les lieux ;
- ▶ enfin, une procédure sécuritaire écrite qui doit décrire la façon de remplacer la courroie.

4.1.2 Lieux de nettoyage fréquent

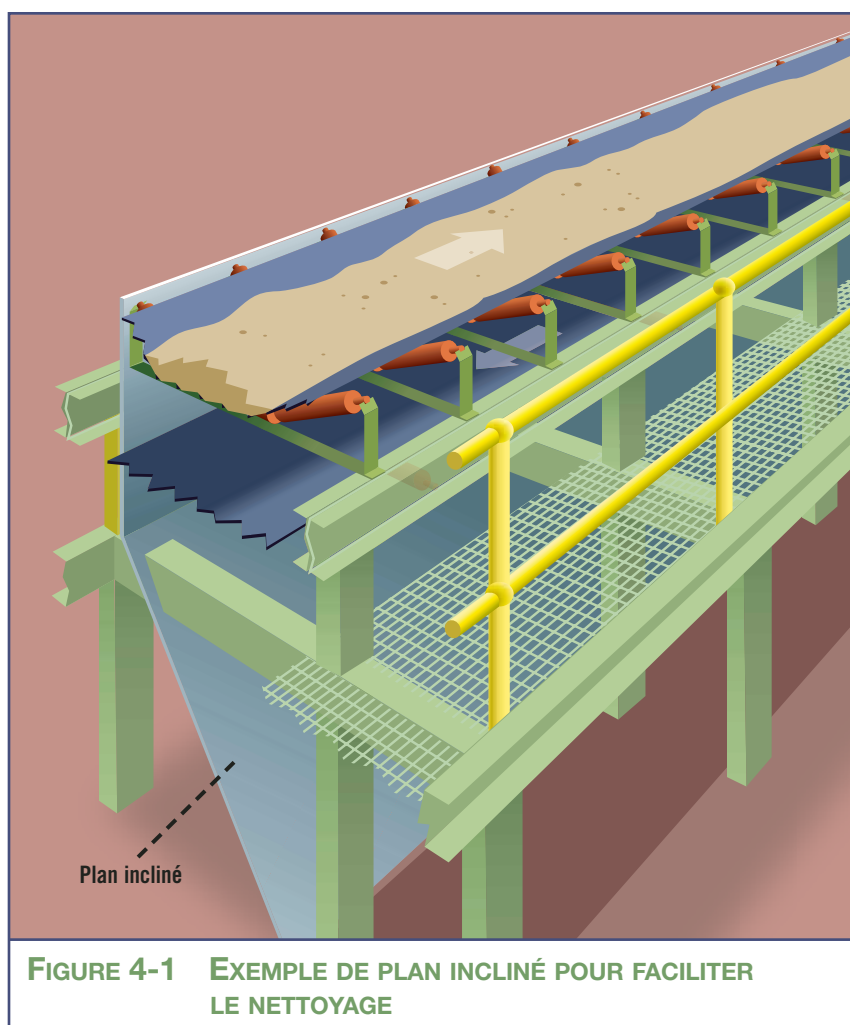
Malgré toutes les mesures prises pour réduire les déversements et les accumulations sous les convoyeurs et pour faciliter la récupération des matériaux, les interventions de nettoyage seront toujours nécessaires. De nombreux accidents sont survenus au cours des activités de nettoyage pendant que le convoyeur était en marche et que les zones dangereuses n'étaient pas protégées. Il est donc important de prévoir le mieux possible les endroits où les déversements se feront le plus fréquemment afin d'y aménager des zones de nettoyage sécuritaires.

Des zones de nettoyage devraient généralement se trouver dans les endroits suivants :

- ▶ à proximité des points de chargement ;
- ▶ sur une certaine longueur du convoyeur juste après les points de chargement ;
- ▶ sous les premiers rouleaux de retour ;
- ▶ etc.

Le point 5 de la section II du guide intitulé *Sécurité des convoyeurs à courroie : guide de l'utilisateur* décrit les mesures de protection contre les phénomènes dangereux au cours des interventions de maintenance (**attention : des mesures particulières doivent être prises si le nettoyage s'effectue pendant que le convoyeur est en marche**).

D'autres moyens peuvent aussi être utilisés en complément afin d'éloigner le personnel de la zone dangereuse et de rendre son travail plus facile : plan incliné qui amène le matériau déversé en un point (voir la figure 4-1), outil spécial (racloir ou grattoir adapté), etc.



Enfin, il est important de mettre en application un programme de nettoyage régulier afin de ne pas laisser les accumulations atteindre un certain niveau critique au delà duquel certaines pièces peuvent être gênées dans leur fonctionnement (tambour de queue près du sol, etc.).

4.2 Maintenance corrective

La maintenance corrective exige, entre autres, une bonne connaissance du fonctionnement et des dysfonctionnements du convoyeur afin de pouvoir remettre le convoyeur en état de marche le plus vite possible. Il ne faut pas oublier que les interventions pour corriger un dysfonctionnement du convoyeur sont causes d'accidents. Afin de trouver les causes des défaillances et des dysfonctionnements qui ont mené à l'accident, le préposé à la maintenance a besoin d'outils de diagnostic. Il peut se servir des tableaux 4-1 et 4-2 et de l'arbre des fautes (voir le chapitre 6).

4.2.1 Dysfonctionnements du convoyeur et causes probables

Les tableaux 4-1 et 4-2 présentent les liens entre les dysfonctionnements des convoyeurs, leurs causes probables et les solutions qui peuvent y être apportées. Ils sont issus de l'expérience des utilisateurs, du personnel de maintenance et des fabricants de convoyeurs. De plus, dans le tableau 4-2, les causes mentionnées renvoient à l'arbre des fautes (AdF) présenté dans le chapitre 6.

Ces tableaux traitent des problèmes les plus fréquents et ils ne sont donc pas exhaustifs. Pour plus de renseignements, le lecteur est invité à consulter les références [1] et [4] ainsi que les sites Web mentionnés dans les références [3], [7] et [8].

TABLEAU 4-1 DYSFONCTIONNEMENTS DES CONVOYEURS ET CAUSES ASSOCIÉES

Dysfonctionnements pouvant créer un incident de production ou un accident	Causes, par ordre probable d'occurrence, détaillées dans le tableau 4-2
Décentrage de la courroie à la hauteur du tambour de queue	7-15-14-17-21
Décentrage de la courroie sur toute la longueur du convoyeur	26-17-15-21-4-16
Déformation de la courroie par endroits, causant une déviation	2-11-1-48-49-50
Décentrage de la courroie à la hauteur du tambour de tête	15-22-21-16
Décentrage de la courroie d'un côté sur toute la longueur à la hauteur d'une série de rouleaux	15-16-21
Glissement de la courroie	19-7-21-14-22-51
Glissement de la courroie au démarrage	19-7-22-10
Allongement excessif de la courroie	13-10-21-6-9
Rupture de la courroie à la hauteur des agrafes. Libération des agrafes	2-23-13-22-20-10
Séparation de l'épissure vulcanisée	13-23-10-20-2-9
Usure excessive entraînant des fendillements, des stries, des éclatements et des déchirements	12-25-17-21-8-5
Usure excessive du revêtement inférieur de la courroie	21-14-5-19-20-22
Usure excessive des bordures, rupture des bordures	26-4-17-8-1-21-24
Renflement du revêtement supérieur de la courroie à certains points ou sur une certaine longueur	8
Durcissement ou fendillement de la courroie	8-23-22-18
Revêtement supérieur de la courroie devenant cassant	8-18
Usure ou fissure longitudinales dans le revêtement supérieur de la courroie	27-48-14-21-12
Usure ou fissure longitudinales dans le revêtement inférieur de la courroie	14-21-22
Délabrement du tissu, fissuration de l'armature, éclatement, rainures (points tendres sur la courroie)	12-20-5-10-8-24
Séparation des couches de la courroie	13-23-11-8-3
Endommagement du centre de la courroie	17-25-47-46
Affaissement important de la courroie entre les rouleaux	7-16-17
Usure du rouleau	15-14-28
Réduction de la durée de vie des roulements des rouleaux	29-15-7-30-21
Joint du rouleau défectueux	29-31-32
Contamination de la graisse des rouleaux	33-34-35-36

Bris du recouvrement des rouleaux amortisseurs	12-37
Bris des rouleaux de transition	16-38
Vibration des rouleaux	39-40-21
Gauchissement du châssis	41-42-43-7
Puissance motrice nécessaire au fonctionnement supérieure à celle initialement prévue	44-15-14-45
Déversement de matériaux	52
Dépôt de poussières en suspension	53

Note. – Les données du tableau 4.1 proviennent essentiellement des documents de référence [1] et [3].

TABLEAU 4-2 CAUSES DE DYSFONCTIONNEMENT ET SOLUTIONS RECOMMANDÉES

N° réf.	Causes de dysfonctionnement	Solutions recommandées	Renvoi à l'AdF
1	La courroie est voilée.	Au moment de l'entreposage, il faut bien enrayer la courroie (les bords du rouleau doivent être bien droits). Éviter l'entreposage dans des endroits humides. Si une nouvelle courroie ne se redresse pas pendant le rodage, il faut la remplacer.	I-3-1 IV-1
2	L'épissure de la courroie est de mauvaise facture ou inadéquate.	Utiliser les agrafes qui conviennent. Resserrer les agrafes après avoir fait fonctionner le convoyeur pendant un certain temps. Enlever l'épissure et la refaire si elle a été mal exécutée. Instaurer un calendrier d'inspections régulières.	I-3-1 IV-1
3	La vitesse de la courroie est trop grande.	Réduire la vitesse de la courroie.	
4	La courroie est plus étirée d'un côté que de l'autre.	Prévoir un peu de temps pour que la nouvelle courroie se mette en place. Si la courroie ne se met pas en place correctement pendant la période de rodage ou si elle n'est pas neuve, enlever la portion trop étirée et effectuer l'épissure sur une nouvelle portion de la courroie.	I-3-3
5	Le protecteur de la carcasse de la courroie manque ou est inadéquat.	Installer une nouvelle courroie pourvue du protecteur de carcasse adapté à l'usage.	IV-1
6	L'effort du tendeur est trop important.	Recalculer l'effort nécessaire et faire les ajustements. Réduire la tension jusqu'au point de glissement de la courroie sur le tambour moteur, puis l'augmenter légèrement.	IV-2
7	L'effort du tendeur est trop faible.	Recalculer l'effort requis et l'ajuster en conséquence. Ajuster le poids ou la vis de tension en conséquence.	I-2a-2

N° réf.	Causes de dysfonctionnement	Solutions recommandées	Renvoi à l'AdF
8	Dommages causés par les abrasifs, les acides, les produits chimiques, la chaleur, les moisissures, les huiles.	Utiliser des courroies spécialement conçues pour ce type d'applications. Lorsque des matériaux abrasifs abîment la courroie et s'insèrent entre les plis, la raccommodez aux endroits abîmés avec des rustines (pièces adhésives de caoutchouc) à froid ou des rustines permanentes. Étanchéfier la courroie à la hauteur des agrafes métalliques ou remplacer ces agrafes par une épissure vulcanisée. Protéger toute la longueur de la courroie contre les intempéries (pluie, neige, soleil, etc.). Ne pas trop lubrifier les éléments du convoyeur.	IV IV-1
9	La vitesse différentielle des doubles tambours moteurs est incorrecte.	Faire les ajustements nécessaires.	IV-2
10	La courroie manque de tension à la hauteur du tambour moteur.	Recalculer la tension maximale de la courroie et sélectionner une courroie adéquate. Si la courroie s'allonge trop, envisager l'utilisation de deux convoyeurs avec un point de transfert. Si la carcasse n'est pas assez rigide pour la charge, installer une courroie ayant la rigidité nécessaire.	IV-2 I-2a-2
11	Les bordures s'usent ou se brisent.	Réparer les bordures de la courroie. Enlever les sections sérieusement endommagées ou les remplacer par un nouveau morceau de courroie.	I-3-1
12	L'action des matériaux transportés (chocs ou abrasion) sur la courroie ou à la hauteur des agrafes est trop importante.	Utiliser des trémies d'alimentation ou des chicanes appropriées. Réduire la hauteur de chute des matériaux. Faire des épissures vulcanisées. Installer des rouleaux porteurs amortisseurs ou un berceau amortisseur sous la zone d'impact. Si c'est possible, faire tomber les matières fines en dessous (en premier) en utilisant par exemple des grilles à barreaux (grizzly) (voir la figure 3-16 F). Installer des détecteurs de déchirure de la courroie. Quand le matériau est emprisonné sous la lisse de guidage, ajuster les bavettes à la distance minimale nécessaire ou installer des rouleaux tampons pour plaquer la courroie contre les bavettes d'étanchéité. La distance entre les deux bavettes doit progressivement augmenter dans le sens de déplacement de la courroie pour prévenir le coincement.	IV IV-1
13	La tension dans la courroie est trop forte.	Recalculer et ajuster la tension. Utiliser des épissures vulcanisées selon les limites recommandées (tension et flexion).	IV-2
14	Les rouleaux sont grippés.	Les libérer. Les lubrifier. Les changer. Améliorer la maintenance (ne pas trop lubrifier). Éliminer l'accumulation de matériaux qui bloque le rouleau. Si la charge sur le rouleau est supérieure à celle initialement prévue, installer des rouleaux supplémentaires pour diminuer la charge sur chaque rouleau. Vérifier la tolérance verticale pour s'assurer que certains rouleaux ne sont pas trop hauts. Sous la trémie, régler la tension de la courroie pour minimiser son affaissement entre les rouleaux amortisseurs.	I-2a I-3-2 IV-1

N° réf.	Causes de dysfonctionnement	Solutions recommandées	Renvoi à l'AdF
15	L'axe des rouleaux ou des tambours n'est pas perpendiculaire à la direction du convoyeur.	Réaligner les rouleaux ou les tambours. Installer des détecteurs de position latérale de la courroie. Pour les rouleaux en auge, vérifier que l'angle « B » est nul ou orienter les rouleaux dans le sens du défilement de la courroie (voir la figure 2-8 B). Vérifier l'usure des roulements.	I-3-2 I-3-3
16	Les rouleaux sont mal répartis.	Modifier l'emplacement des rouleaux ou insérer des rouleaux additionnels espacés pour supporter adéquatement la courroie. Ajuster le pas des rouleaux afin que la déflexion de la courroie soit comprise entre 1 % et 3 % du pas.	I I-3-3
17	Le chargement est mal fait ou trop important.	Les matériaux doivent être chargés dans le sens de déplacement et à la même vitesse que la courroie et doivent être centrés sur la courroie. Contrôler (limiter) le flux de la charge à l'aide des alimentateurs, des trémies et des lisses de guidage. S'assurer que les chutes ne sont pas partiellement bouchées.	I-2 I-2-1 I-4 III-1
18	La courroie est mal entreposée ou la manutention en est mal faite.	Consulter le fabricant pour avoir des conseils sur l'entreposage et la manutention de la courroie.	IV-1
19	La capacité d'entraînement entre le tambour moteur et la courroie est insuffisante.	Augmenter l'angle d'enroulement à l'aide de tambours de contrainte. Augmenter la tension du tendeur (voir la cause de dysfonctionnement 7). Utiliser une garniture adéquate sur le tambour moteur ou la remplacer si elle est usée. Dans des conditions humides, utiliser des garnitures rainurées. Installer un dispositif de nettoyage adéquat.	I-2a
20	Des matériaux (ex. : cailloux) se glissent entre la courroie et le tambour.	Utiliser les lisses de guidage et les bavettes d'étanchéité correctement. Installer un dispositif de nettoyage adéquat. Améliorer la maintenance. Utiliser un tambour à ailettes.	IV-1 IV-2
21	Il y a une accumulation de matériaux fins entre la courroie et le tambour.	Enlever les accumulations. Installer un dispositif de nettoyage de la courroie, des racleurs et un racleur en « V » inversé pour empêcher l'insertion de matériaux entre la courroie et le tambour. Installer une plaque de protection entre le brin porteur et le brin de retour.	I-2a-4 I-3-3 IV-1 IV-2
22	Les garnitures des tambours s'usent.	Remplacer les garnitures de tambour usées. Utiliser des garnitures rainurées dans des conditions humides. Ajuster ou refaire l'épissure mécanique. Ajuster la capacité de traction (voir la cause de dysfonctionnement 19).	I-2a I-3-2 I-3-3 IV-1 IV-2
23	Les tambours sont trop petits.	Utiliser des tambours dont le diamètre est plus grand.	IV-1 IV-2
24	Le rayon de courbure de la zone d'inflexion convexe est trop petit.	Augmenter le rayon en réalignant les rouleaux pour prévenir une tension excessive des bordures ou installer des rouleaux additionnels.	IV

N° réf.	Causes de dysfonctionnement	Solutions recommandées	Renvoi à l'AdF
25	La vitesse relative de la charge est trop grande ou trop faible.	Ajuster les trémies d'alimentation ou corriger la vitesse de la courroie. Installer des rouleaux porteurs amortisseurs ou un berceau amortisseur sous la zone d'impact.	I-2-1 I-4
26	Le chargement est décentré.	Charger le matériau dans le sens du déplacement de la courroie et au centre. Utiliser des rouleaux d'alignement avant la trémie.	I-2-1 I-3-3
27	Les bavettes d'étanchéité sont mal placées.	Placer les bavettes d'étanchéité de telle façon qu'elles ne frottent pas contre la courroie.	IV-1
28	Il y a des matériaux abrasifs entre la courroie et le rouleau.	Installer un dispositif de nettoyage adéquat de la courroie (face interne ou face externe).	II
29	La charge sur le rouleau est supérieure à celle initialement prévue.	Changer le type de rouleau utilisé (voir aussi la cause de dysfonctionnement 17).	
30	La courroie vibre.	Découvrir les raisons de ces vibrations ou leurs sources et les éliminer.	
31	La déflexion de l'arbre du rouleau est trop importante.	Installer des rouleaux supplémentaires pour réduire la déflexion sur chaque arbre de rouleau.	
32	Les capots d'étanchéité sont mal ajustés ou usés.	Remplacer les rouleaux.	
33	Les capuchons étanches ne fonctionnent pas.	Remplacer les rouleaux.	
34	La graisse des rouleaux est contaminée par l'eau de nettoyage.	N'utiliser le nettoyage à l'eau qu'en cas de nécessité. Réduire la pression des jets d'eau.	
35	Il y a trop de poussière dans la zone.	Installer des systèmes de collecte des poussières, vérifier l'étanchéité des bavettes. Vérifier les conditions environnementales d'utilisation des rouleaux auprès des fabricants.	I-5
36	Une grande variation de température cause une aération du rouleau au travers du joint.	Envisager l'utilisation d'autres types de joints. Vérifier les conditions environnementales d'utilisation des rouleaux auprès des fabricants.	
37	La dureté du recouvrement des rouleaux amortisseurs est inadéquate.	Remplacer par des rouleaux dont le recouvrement est plus résistant. Vérifier les conditions d'utilisation des rouleaux amortisseurs auprès des fabricants.	I-4-1
38	L'angle d'auge des rouleaux est inadéquat.	Changer les supports des rouleaux pour corriger l'angle de l'auge.	

N° réf.	Causes de dysfonctionnement	Solutions recommandées	Renvoi à l'AdF
39	L'arbre du rouleau, le roulement et son support sont désalignés.	Remplacer les rouleaux.	
40	La soudure dans le tube n'a pas été enlevée.	Remplacer les rouleaux.	
41	Les éléments du châssis sont trop légers.	Remplacer le châssis.	
42	Les raidisseurs de châssis sont inadéquats.	Remplacer le châssis ou ajouter des raidisseurs.	
43	L'alignement du châssis est incorrect.	Aligner le châssis.	
44	Le diamètre des rouleaux est trop petit.	Augmenter le diamètre des rouleaux.	I-2a
45	Plusieurs rouleaux sont usés ou grippés.	Vérifier la conception du convoyeur et vérifier l'espacement entre les rouleaux. Améliorer le graissage.	I I-2a
46	La courroie est pincée entre deux rouleaux de l'auge.	Changer le support des rouleaux, modifier l'espacement entre les rouleaux de l'auge, utiliser une courroie plus rigide transversalement.	I-5-1
47	La transition de la courroie est trop rapide.	Installer des rouleaux supplémentaires et/ou augmenter la longueur de la zone de transition.	IV
48	La courroie ne prend pas suffisamment la forme en auge.	La courroie doit subir une période de rodage de plusieurs jours pendant lesquels elle fonctionnera chargée, jusqu'à ce qu'elle prenne la forme en auge (et que le contact entre la courroie et les rouleaux centraux de support soit bon).	
49	La courroie est exposée au vent.	Protéger la courroie contre les intempéries (voir la figure 3-28).	I-3-3
50	La courroie frotte contre des parties fixes.	Revoir la conception des parties fixes.	I I-3-1
51	Du givre se forme sur la courroie par temps froid parce qu'elle vient de l'extérieur et entre dans la zone chaude et humide du moteur.	Protéger le convoyeur des intempéries (voir la figure 3-28). Ajuster la capacité d'entraînement du convoyeur (voir la cause de dysfonctionnement 19). Vaporiser automatiquement un produit antigel sur la courroie (voir le document [8]).	I-2a-3
52	Problèmes multiples.		I
53	Problèmes multiples.		I-5

4.3 Maintenance préventive

Les interventions de maintenance préventive doivent se faire en respectant les exigences de sécurité figurant dans le tableau 2-4 du guide intitulé *Sécurité des convoyeurs à courroie : guide de l'utilisateur* [15].

Un programme de maintenance préventive doit être mis en œuvre pour limiter les interventions de maintenance corrective. Par exemple, les rouleaux grippés (ou sur le point de l'être) doivent être remplacés immédiatement, car ils peuvent user et couper la courroie et ainsi augmenter le risque de happement. Des inspections visuelles et des tests de vibration peuvent aussi être faits régulièrement afin de déceler toutes situations anormales.

4.3.1 Maintenance des éléments en mouvement

Un programme régulier de lubrification des éléments tournants ou en mouvement doit être instauré. Ce programme doit tenir compte du fait, entre autres, que les rouleaux situés à la hauteur de la zone de chargement peuvent nécessiter des graissages plus fréquents que ceux qui sont situés sur une section droite du convoyeur. Il en est de même pour les rouleaux se trouvant dans les zones de transition et d'inflexion, plus sollicités par la tension de la courroie.

Les rouleaux, les paliers, l'ajustement des roulements, le recouvrement ainsi que l'alignement des rouleaux par rapport à la courroie et au châssis doivent être soigneusement et régulièrement vérifiés.

4.4 Conception des protecteurs

Avant de concevoir les protecteurs, il est important de prendre en compte les facteurs de conception décrits dans ce guide afin de réduire le nombre des interventions de nettoyage et de maintenance et, par conséquent, le risque d'accident. Cependant, même si le convoyeur fonctionne bien, il faut tout de même protéger les zones dangereuses, conformément à la réglementation en vigueur (voir le tableau 1-1).

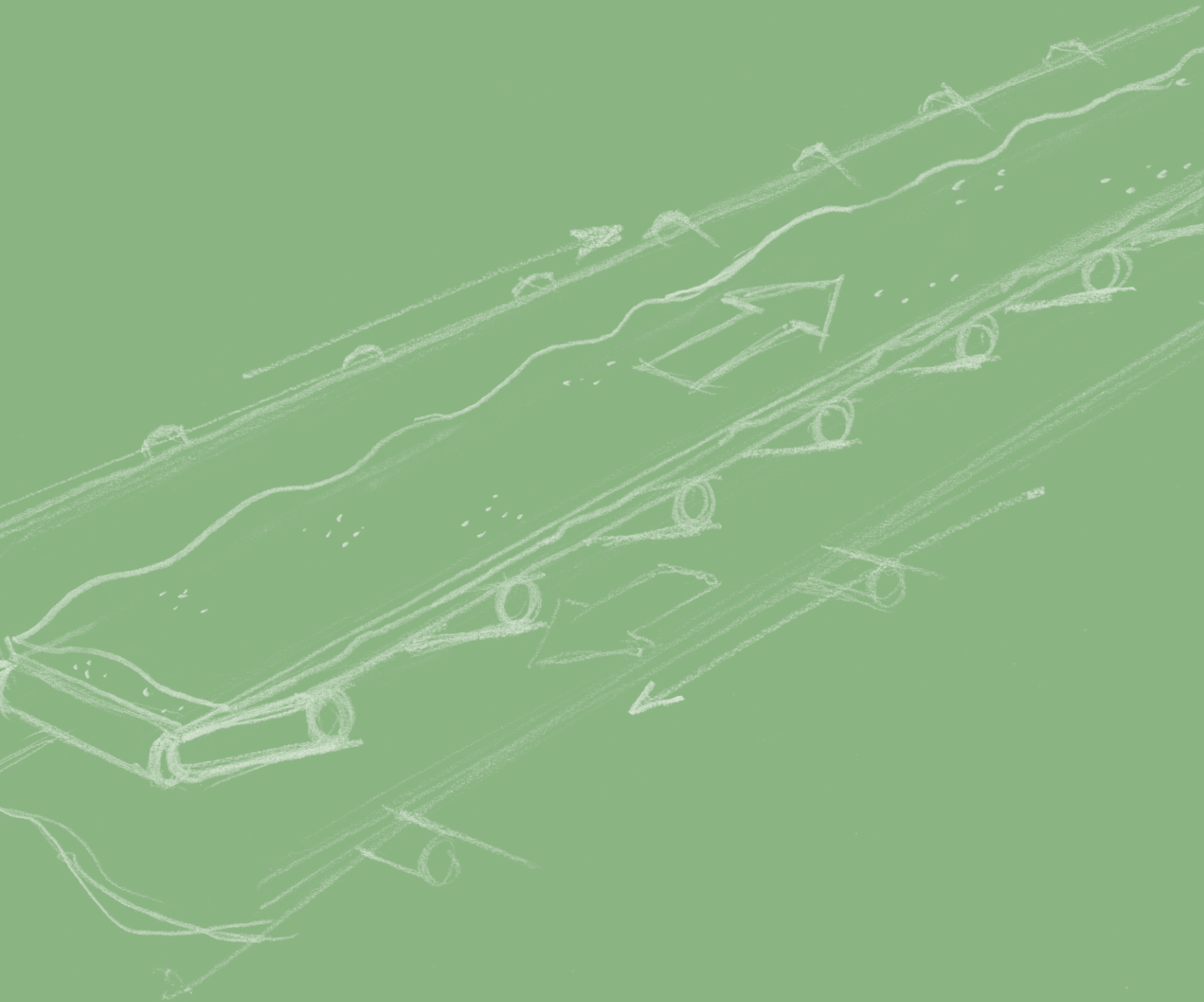
Pour concevoir les dispositifs de protection, il faut analyser les besoins du personnel chargé de la production et de la maintenance. Ainsi, avant la conception, il est important de savoir :

- ▶ à quoi servira le convoyeur (caractéristiques des matériaux transportés, fréquence et durée d'utilisation, etc.) ;
- ▶ où le convoyeur sera situé (proximité des autres machines, des voies de service et de circulation) ;
- ▶ quel est le programme de maintenance prévu ;
- ▶ dans quelles conditions environnementales le convoyeur sera utilisé ;
- ▶ etc.

Le guide intitulé *Sécurité des convoyeurs à courroie : guide de l'utilisateur* [15] décrit et illustre les principes de protection et les dimensions à respecter pour la conception des protecteurs.

CHAPITRE V

ACHAT D'UN CONVOYEUR



Chapitre V

Achat d'un convoyeur

L'achat d'un convoyeur constitue la meilleure occasion pour y intégrer, facilement et à moindre coût, tous les éléments de sécurité ainsi que les mesures destinées à assurer son bon fonctionnement. Une fois que le convoyeur est installé, toutes les modifications sont plus coûteuses, plus complexes et nécessitent un arrêt prolongé du convoyeur.

5.1 Achat d'un convoyeur neuf

Le schéma suivant (voir la figure 5-1), inspiré des documents ED 44, *Guide d'achat d'une machine ou d'un équipement de travail* [9] et ED 103, *Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de production* [13] de l'INRS, illustre les étapes qui conduisent à l'acquisition d'un convoyeur. Il convient de noter que le concepteur doit s'assurer que le convoyeur est conforme à la législation applicable (lois, règlements, normes, etc.). De plus, les plans et devis doivent être signés et scellés par un ingénieur si le convoyeur est conçu au Québec.

La démarche décrite ci-dessous est inspirée du document de référence [9], qui détaille les étapes conduisant à l'acquisition d'un convoyeur.

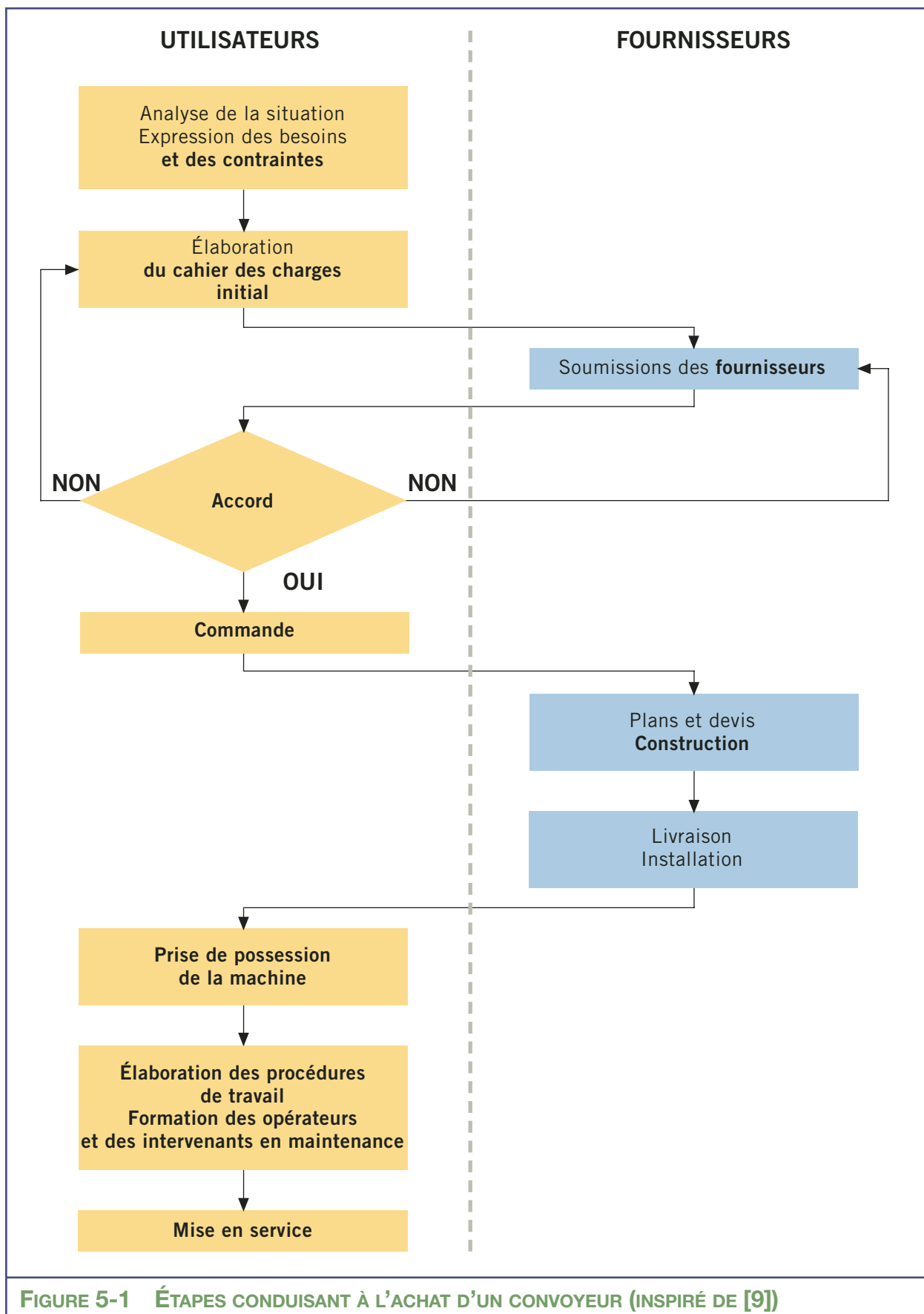


FIGURE 5-1 ÉTAPES CONDUISANT À L'ACHAT D'UN CONVOYEUR (INSPIRÉ DE [9])

Dans cette démarche, deux étapes déterminantes permettent de s'assurer que l'on fait le bon achat.

1- Analyse de la situation et élaboration du cahier des charges initial

Il s'agit de recueillir le maximum de renseignements possible auprès des personnes visées (production, maintenance, etc.) en vue de l'élaboration de la première version du cahier des charges, préalable à l'appel d'offres.

Les questions à se poser doivent porter sur l'analyse des convoyeurs que l'on possède déjà (problèmes, accidents, etc.), des besoins (améliorations à apporter, objectifs en matière de production et de sécurité, etc.) et des contraintes (ex. : espace disponible, conditions environnementales, etc.).

2- Échange d'information avec les fournisseurs

La version initiale du cahier des charges constitue la base des premières consultations à faire auprès des fournisseurs. Les décisions prises au moment de ces échanges viendront modifier ou compléter le cahier des charges initial. Le cahier des charges, dans sa version définitive, devrait être annexé à la commande pour lui donner un caractère contractuel.

Intégrer les exigences de sécurité dès la conception du convoyeur est plus facile et moins coûteux que d'y apporter des modifications par la suite. Le cahier des charges doit donc comporter une section consacrée à la sécurité.

Voici les principaux éléments qui doivent figurer dans le cahier des charges final :

- a. Le convoyeur doit être (ou avoir été) conçu, fabriqué et vérifié en suivant un plan visant à y intégrer la sécurité du système.
- b. Tous les documents liés aux analyses de sécurité qui ont été faites sur le convoyeur, durant la conception et le rodage, doivent être fournis sur demande.
- c. La réglementation à laquelle les convoyeurs doivent satisfaire devrait être précisée. Le fournisseur devra certifier, sous sa seule responsabilité, que le convoyeur livré est conforme aux règles de sécurité qui s'appliquent à ce type de machine (et, idéalement, aux recommandations formulées dans le présent guide).
- d. Le convoyeur doit être pourvu de tous les éléments de sécurité (protecteurs, dispositifs de protection, dispositifs d'arrêt d'urgence, etc.) qui auront été jugés nécessaires et inscrits comme tels dans le cahier des charges.
- e. Les risques résiduels et les moyens recommandés pour les réduire ou les contrer doivent être décrits.
- f. Les attentes et les exigences concernant l'ergonomie, l'efficacité opérationnelle, la fiabilité et la maintenabilité du convoyeur doivent être précisées (emplacement et couleur des dispositifs de commande, types de fixations utilisées pour les protecteurs, caractéristiques du mode de commande manuel, etc.).
- g. Le manuel d'instructions doit comprendre les procédures et les dispositions de sécurité relatives à l'installation, au fonctionnement et à la maintenance (ex. : procédures de cadenassage) du convoyeur et des équipements associés (y compris les protecteurs et les dispositifs dissuasifs).
- h. Des recommandations précises concernant l'entretien préventif du convoyeur doivent être fournies (ex. : pièces critiques nécessaires et quantité à garder en magasin).

- i. Les modalités (objectif, programme, durée, etc.) de la formation du personnel doivent être précisées. Cette formation doit intégrer les risques d'atteinte à la santé et à la sécurité ainsi que les procédures et les mesures de protection à mettre en œuvre.
- j. En plus d'être sécuritaires, les convoyeurs doivent être conformes aux exigences environnementales usuelles.

Le document ED 103, *Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de production* [13] fournit une liste d'exemples de spécifications à préciser dans le cahier des charges.

5.2 Achat d'un convoyeur d'occasion

Le cahier des charges rédigé pour l'acquisition d'un convoyeur d'occasion devrait comprendre, dans la mesure du possible, les mêmes exigences que celui rédigé pour l'achat d'un convoyeur neuf. Certaines exigences (a, b, f, g, h et i) seront peut être difficiles à satisfaire. En ce qui concerne les points g et h, il faudra peut-être s'adresser au fabricant afin d'obtenir les renseignements nécessaires.

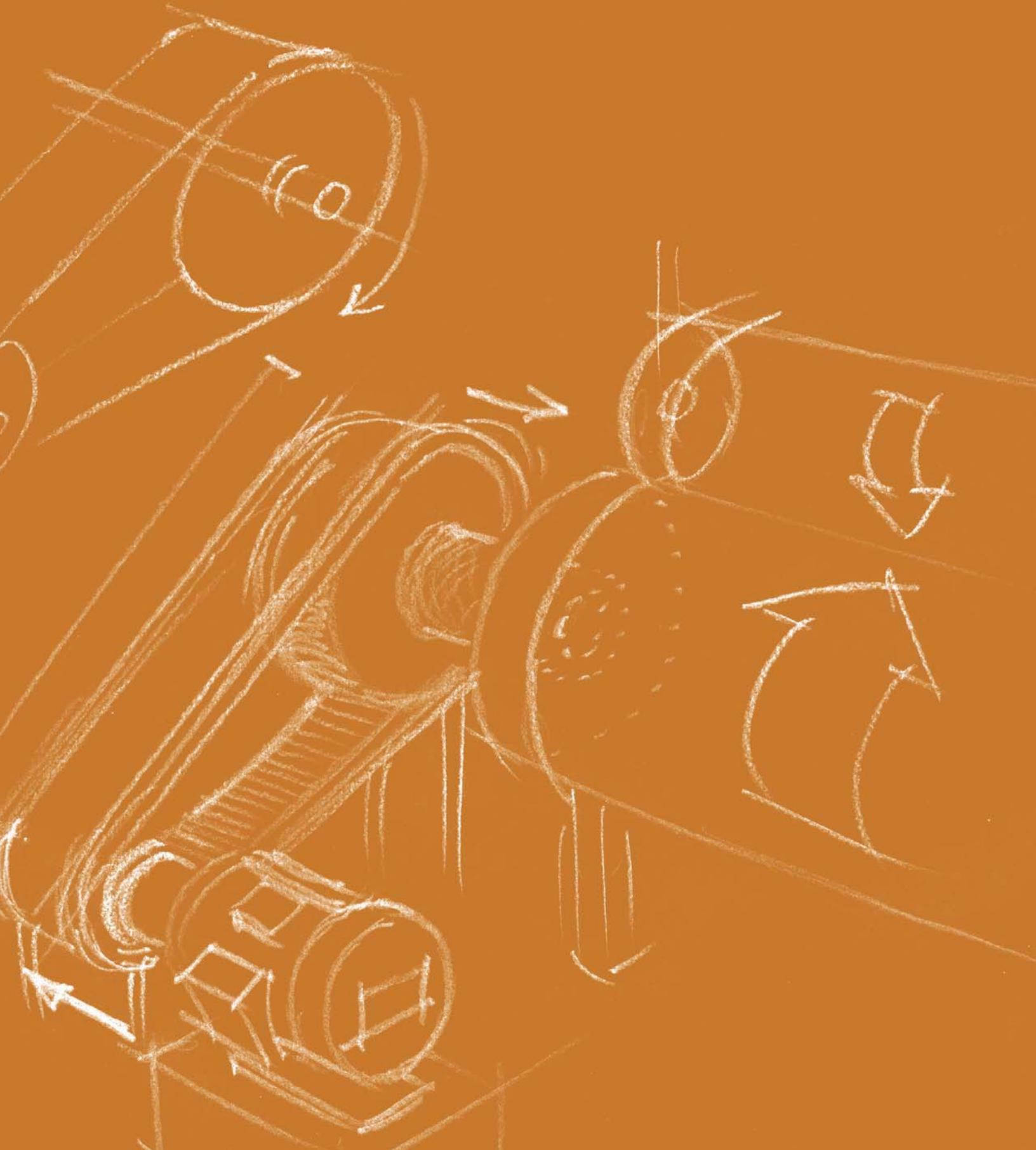
Il convient de noter que tout convoyeur doit être conforme à la législation applicable (lois, règlements, normes, etc.).

Si les nouvelles conditions d'utilisation du convoyeur diffèrent des précédentes (ex. : propriétés des matériaux transportés), l'acheteur doit s'assurer que le convoyeur est compatible avec son nouvel usage et, au besoin, y apporter les modifications nécessaires.

Les mesures de protection doivent également être adaptées au nouvel environnement. Par exemple, les types de dispositifs de protection utilisés doivent être modifiés en fonction du nouvel emplacement du convoyeur (proximité des voies de circulation, hauteur, etc.).

CHAPITRE VI

ARBRE DES FAUTES



Chapitre VI

Arbre des fautes

L'arbre des fautes (AdF) est une méthode graphique d'analyse déductive qui permet de présenter la majorité des combinaisons d'événements qui peuvent être à l'origine d'un accident sur un convoyeur en marche. Cette méthode est également connue sous les noms d'arbre de défaillances et d'arbre des défauts. Les documents proposés aux références [10], [11] et [12] expliquent cette méthode de représentation par arborescence.

6.1 Symboles de l'arbre des fautes

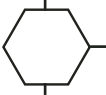
De nombreux symboles sont utilisés dans les arbres des fautes. Voici les plus fréquents.

Symboles de base

	Événement sommet : événement final indésirable (accident). Un arbre n'a qu'un événement sommet. L'arbre réunit uniquement tout ce qui peut provoquer cet événement sommet.
	Cause élémentaire : cette cause ne requiert aucun développement supplémentaire (ex. : absence de berceau amortisseur).
	Cause non détaillée : cette cause n'est pas développée par choix ou par manque d'information.
	Cause normale : c'est une cause qui se produit normalement pendant l'utilisation du convoyeur (ex. : usure de la courroie).
	Cause intermédiaire : elle peut être expliquée par plusieurs causes qui sont décrites en détail plus bas dans l'arbre.
	Condition : il s'agit d'une condition nécessaire pour progresser dans l'arbre des fautes (ex. : convoyeur en marche).

Les portes logiques

Il existe aussi des portes logiques. Les événements d'entrée des portes logiques sont situés en dessous de la porte, et l'événement de sortie de chaque porte est situé au-dessus. Ces portes permettent de progresser dans l'arbre des fautes en expliquant les conditions qu'il faut respecter pour les franchir.

	Porte OU : l'événement de sortie se produit si au moins un des événements d'entrée est présent.
	Porte ET : l'événement de sortie se produit si tous les événements d'entrée sont présents.
	Et (conditionnel) : c'est une porte ET particulière pour laquelle une seule entrée est nécessaire. La porte est rattachée à une condition.

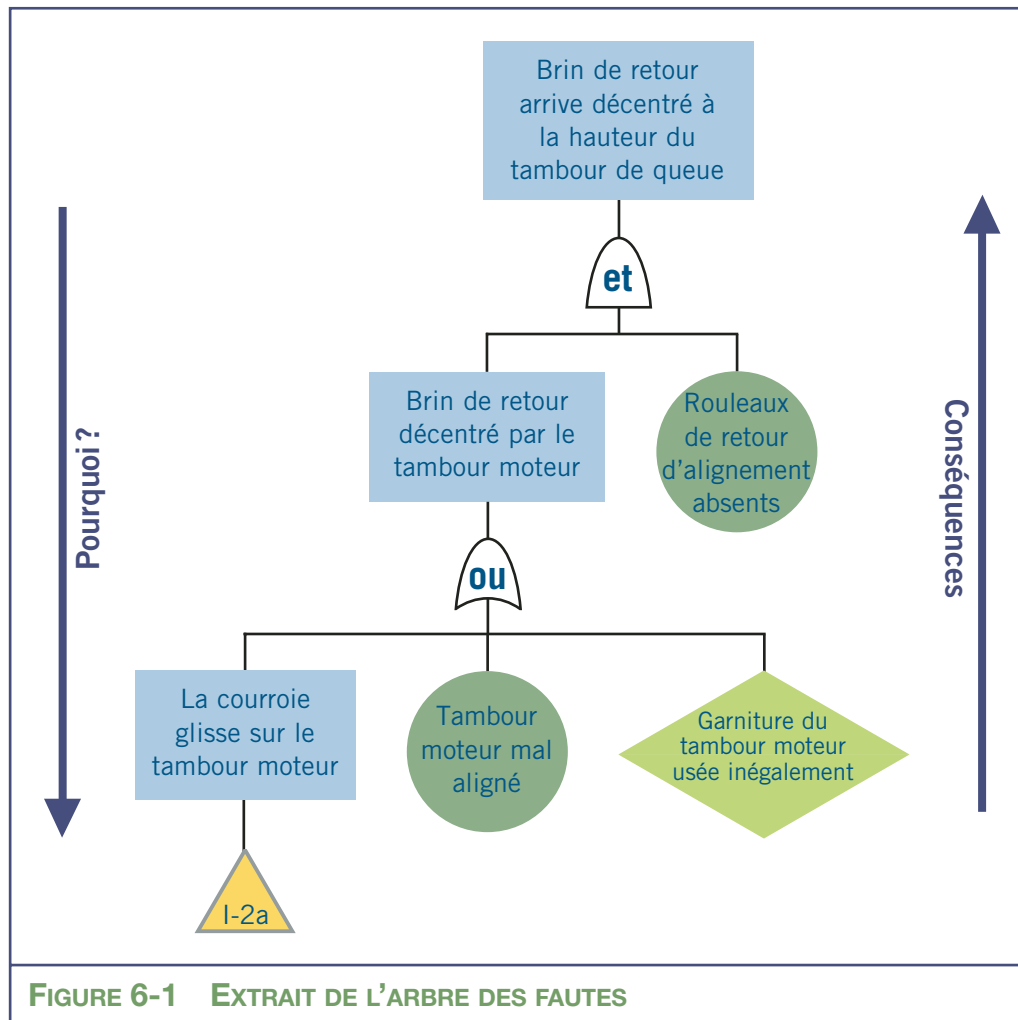
Les symboles de renvoi

	Renvoi externe : indique qu'une partie de l'arbre est développée dans une autre page de l'arbre des fautes (chaque renvoi est numéroté).
	Renvoi interne : indique que cette partie de l'arbre est le développement du renvoi externe correspondant (qui a le même numéro).

D'autres symboles (voir les références [10], [11] et [12]) sont aussi utilisés dans les arbres des fautes.

6.2 Principes d'élaboration de l'arbre des fautes

Un extrait de l'arbre des fautes s'appliquant aux convoyeurs à courroie est reproduit ci-dessous (voir la figure 6-1).



En haut de l'extrait se trouve la cause intermédiaire que nous désirons décomposer : « **Le brin de retour arrive décentré à la hauteur du tambour de queue.** » Il faut alors se poser la question « Pourquoi le brin de retour est-il décentré à la hauteur du tambour de queue ? ».

Le brin de retour arrive décentré à la hauteur du tambour de queue parce qu'il est décentré par le tambour moteur **et** qu'il manque des rouleaux de retour d'alignement. Les deux causes « **Brin de retour décentré par le tambour moteur** » et « **Rouleaux de retour d'alignement absents** » doivent être réunies pour que la cause intermédiaire supérieure existe. Elles sont donc reliées à la porte ET.

Ici, la cause « **Rouleaux de retour d'alignement absents** » est une cause élémentaire qui ne peut être détaillée. Elle est donc représentée par un cercle.

Passons à l'étape suivante. La cause intermédiaire « **Brin de retour décentré par le tambour moteur** » doit être décomposée. Il faut alors se poser la question « Pourquoi le brin de retour est-il décentré par le tambour moteur ? ».

Le brin de retour est décentré par le tambour moteur parce que la garniture du tambour moteur est usée inégalement, parce que le tambour moteur est mal aligné ou parce que la courroie glisse sur le tambour moteur. La porte OU nous indique qu'une seule des trois causes « **La courroie glisse sur le tambour moteur** » ou « **Tambour moteur mal aligné** » ou « **Garniture du tambour moteur usée inégalement** » doit se manifester pour que la cause intermédiaire supérieure existe.

Ici, la cause « **La courroie glisse sur le tambour moteur** » est une cause intermédiaire qui n'est pas développée directement en dessous, mais qui est développée dans la page du renvoi externe indiqué dans le triangle I-2a.

Ensuite, la cause « **Tambour moteur mal aligné** » est une cause élémentaire qui ne peut être détaillée. Elle est donc représentée par un cercle.

Enfin, la cause « **Garniture du tambour moteur usée inégalement** » n'est pas détaillée parce que nous avons choisi de ne pas développer cet événement davantage. La cause est donc représentée par un losange.

6.3 Utilisation de l'AdF

L'arbre des fautes doit être utilisé à l'étape de la conception ou au cours de travaux de maintenance visant à améliorer le convoyeur (maintenance améliorative) afin d'éliminer les causes d'accidents.

À l'étape de la conception, l'arbre des fautes permettra au concepteur de vérifier les principes de conception suivis, de façon à éliminer les causes possibles de mauvais fonctionnements du convoyeur. Au cours des travaux de maintenance (ou à la suite d'un accident), l'arbre des fautes permettra de corriger la conception du convoyeur afin d'éliminer des causes de mauvais fonctionnements. La réduction des mauvais fonctionnements diminuera le nombre d'interventions humaines sur le convoyeur, ce qui réduira les possibilités d'accidents.

À partir d'une cause donnée, le lecteur peut descendre dans l'arbre pour connaître les causes reliées à cet événement. S'il continue de descendre, ces causes l'amènent jusqu'aux causes premières (cercles, losanges, maisons).

En faisant le contraire, soit en partant d'une cause première donnée (ex. : un losange), le lecteur peut connaître les combinaisons de causes qui en entraîneront d'autres pour finalement provoquer un accident.

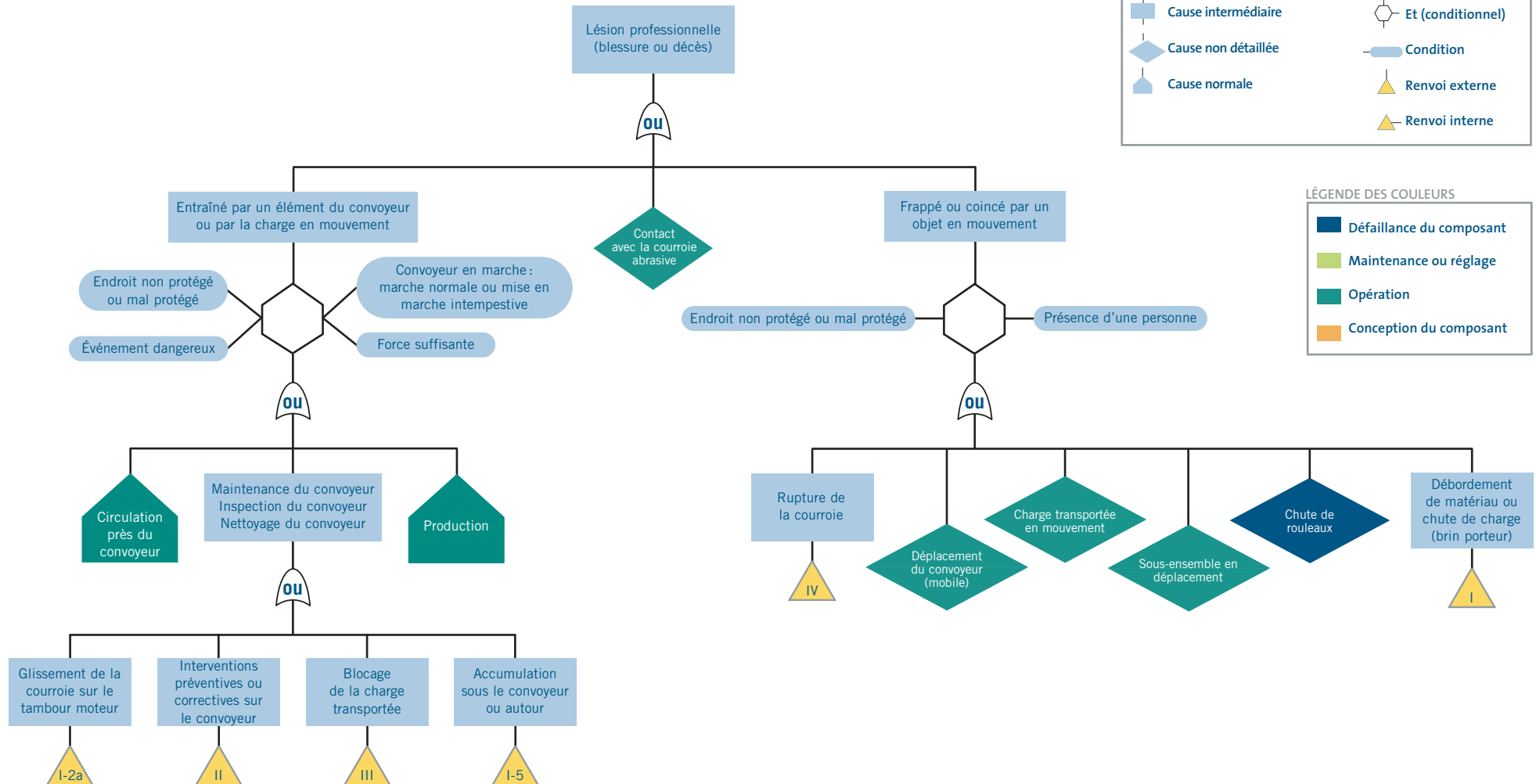
Le lecteur peut aussi se reporter aux tableaux 4-1 et 4-2 pour trouver quelques solutions recommandées pour palier les dysfonctionnements du convoyeur présentés dans l'AdF.

Notons que l'AdF présenté dans ce guide est général et illustre un grand nombre de défaillances possibles des convoyeurs à courroie. Ainsi, l'arbre des fautes présenté doit être adapté à chaque application (transport de matériaux en vrac, transport de charges isolées, etc.). Cette adaptation doit être réalisée en ignorant les causes (fin de branche) ou les branches entières non pertinentes et en ajoutant à l'arbre les causes manquantes, le cas échéant.

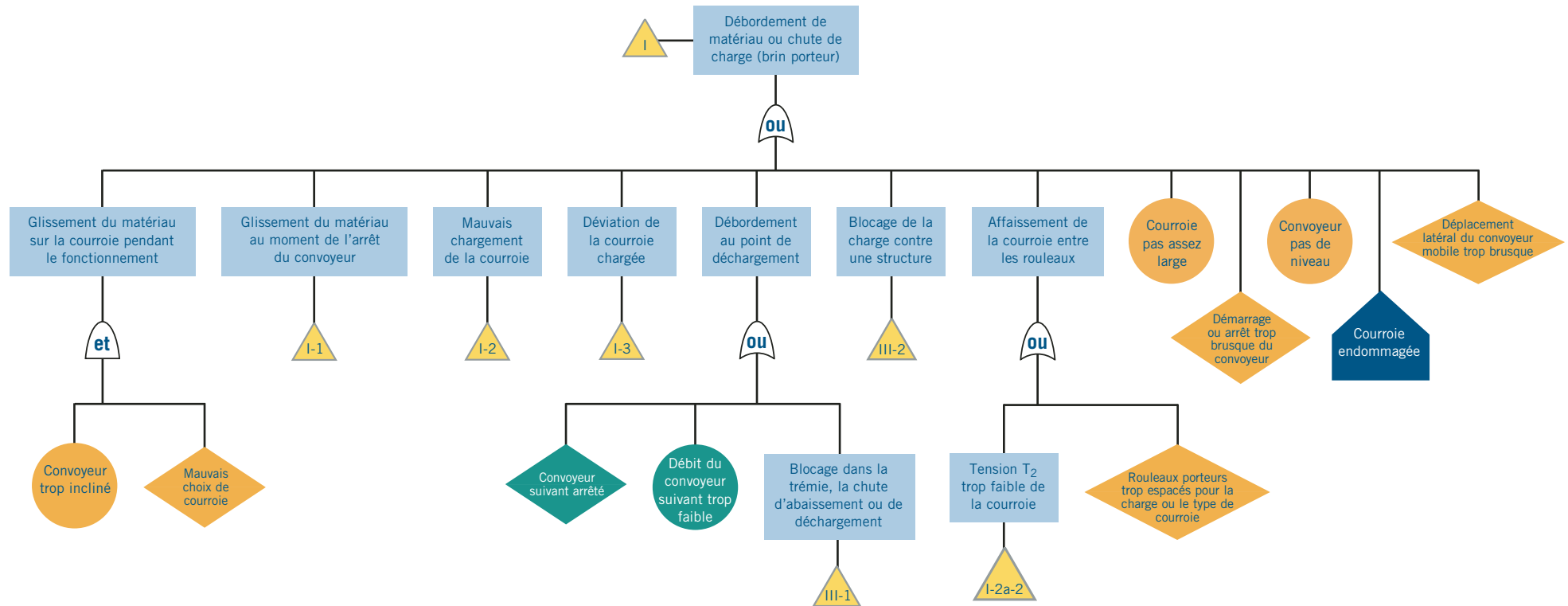
6.4 L'AdF des convoyeurs à courroie

Les pages suivantes détaillent l'arbre des fautes des convoyeurs à courroie.

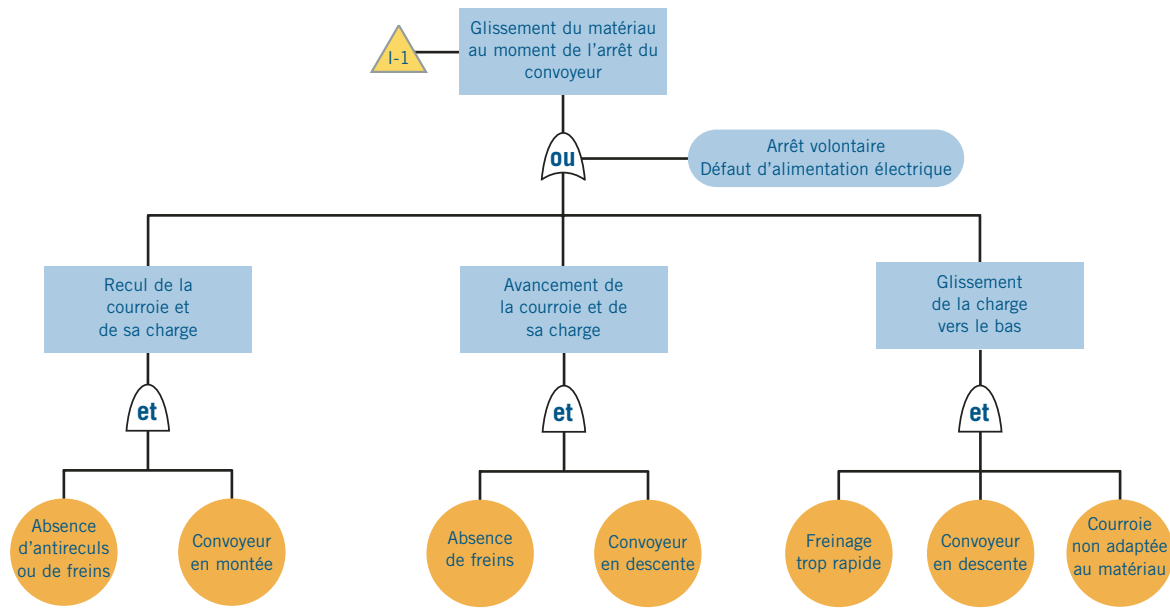
Arbre des fautes – page principale



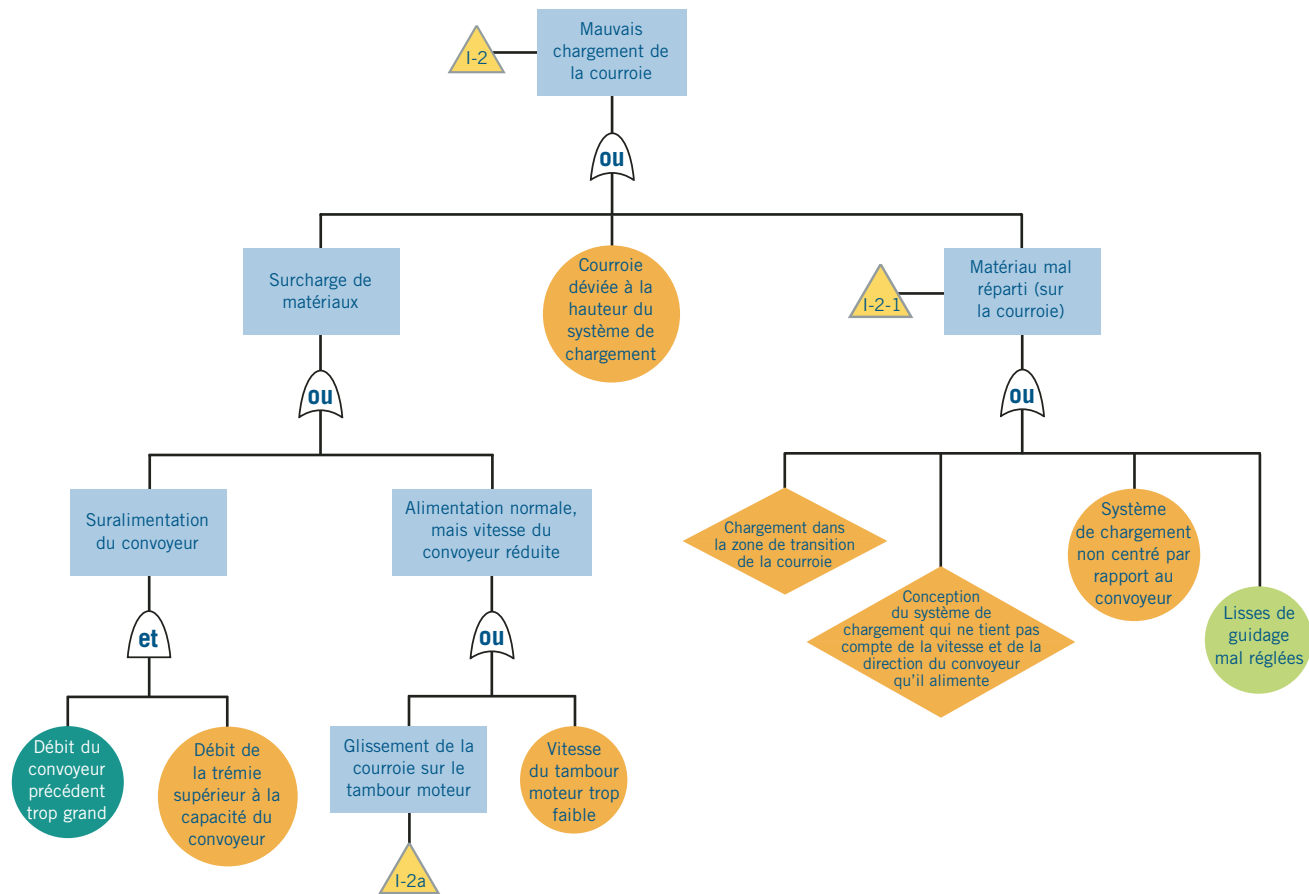
Arbre des fautes – partie I



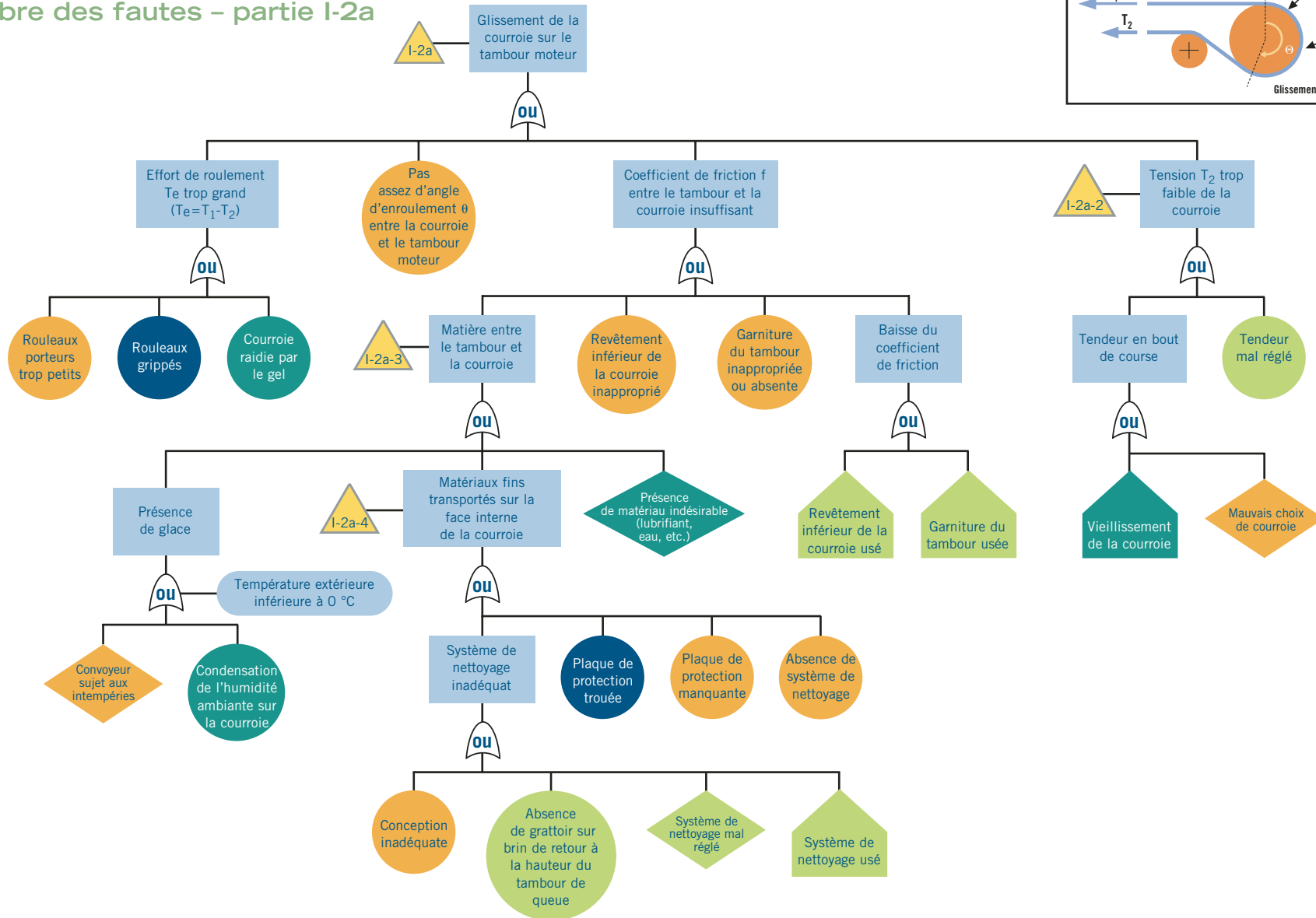
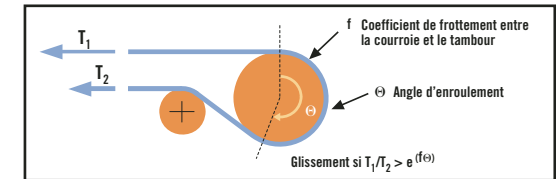
Arbre des fautes – partie I-1



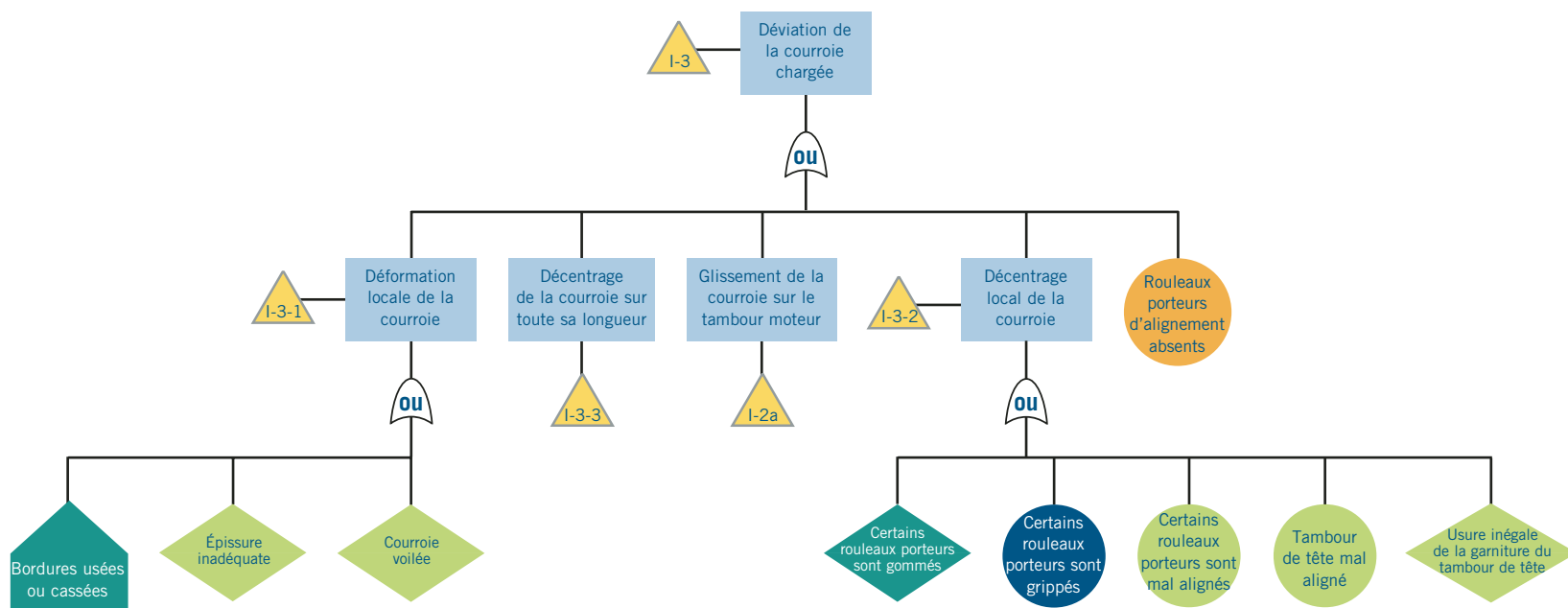
Arbre des fautes – partie I-2



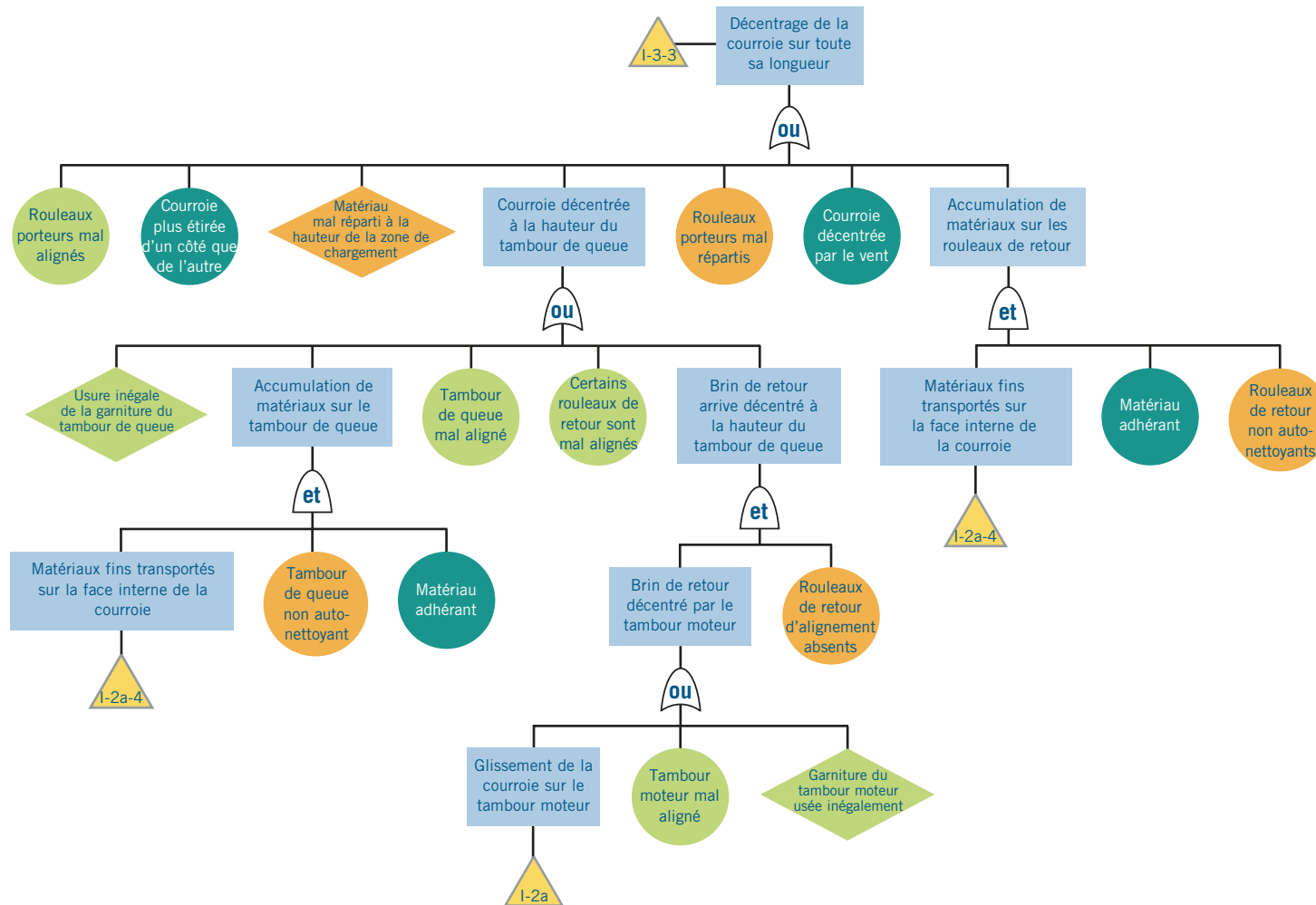
Arbre des fautes – partie I-2a



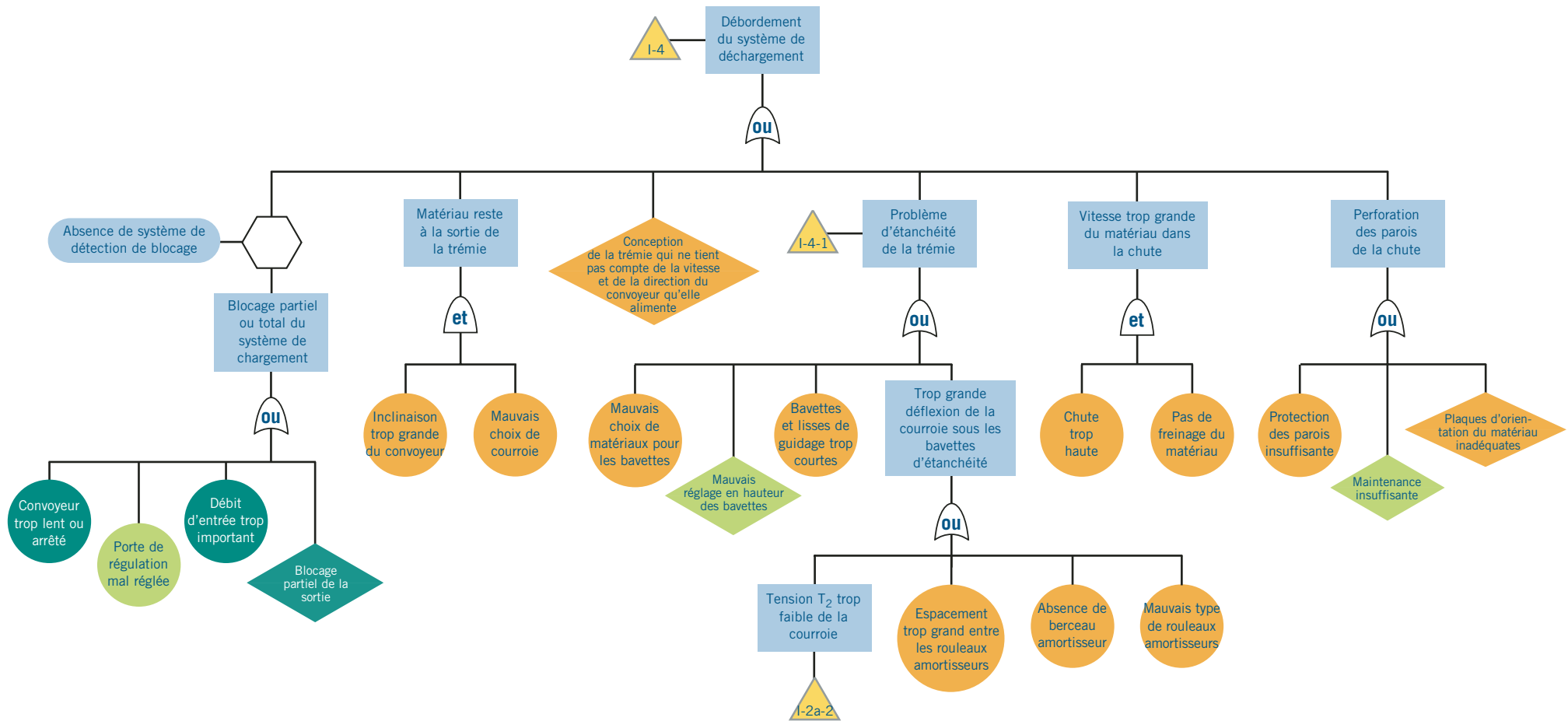
Arbre des fautes – partie I-3



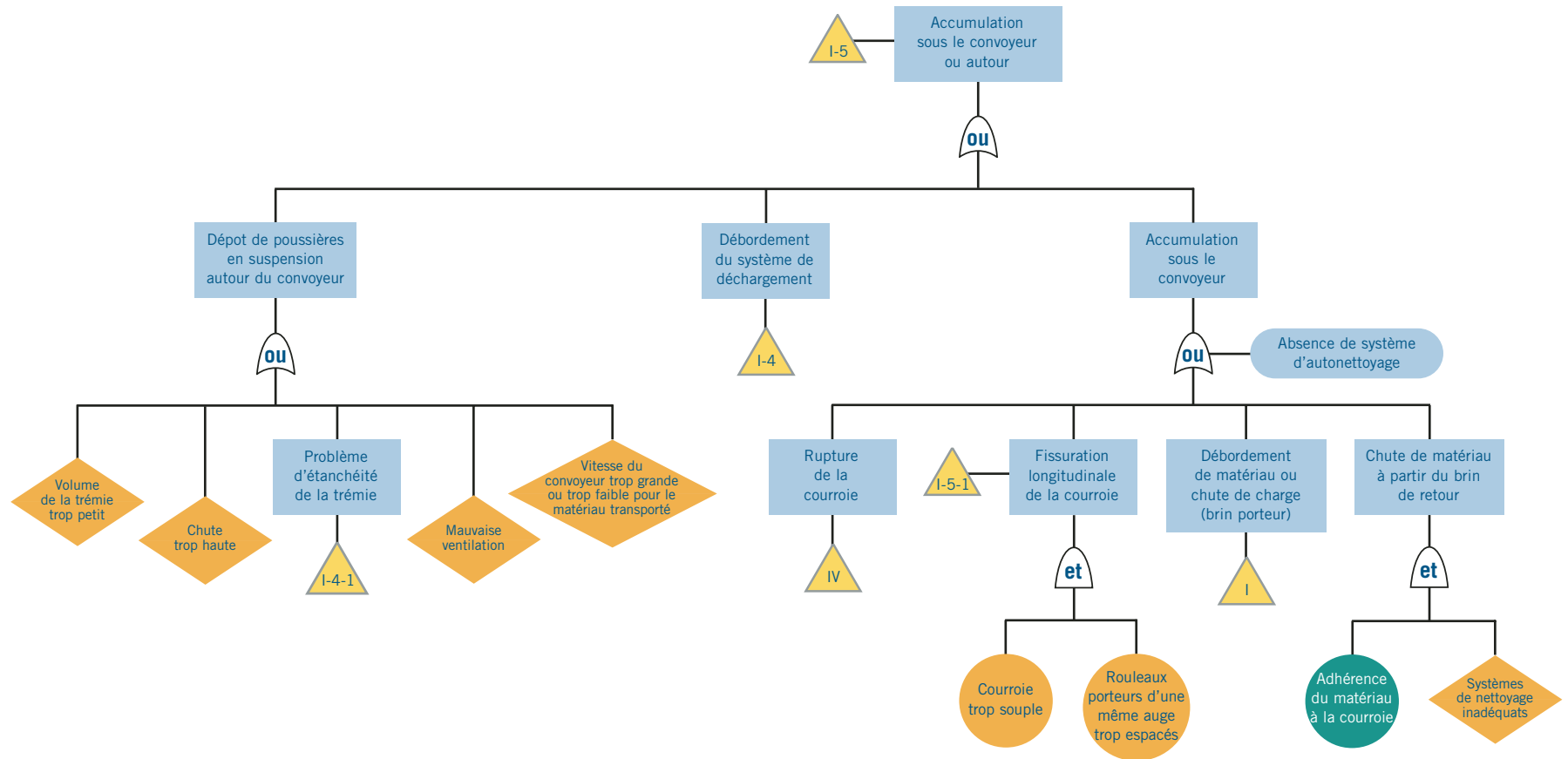
Arbre des fautes – partie I-3-3



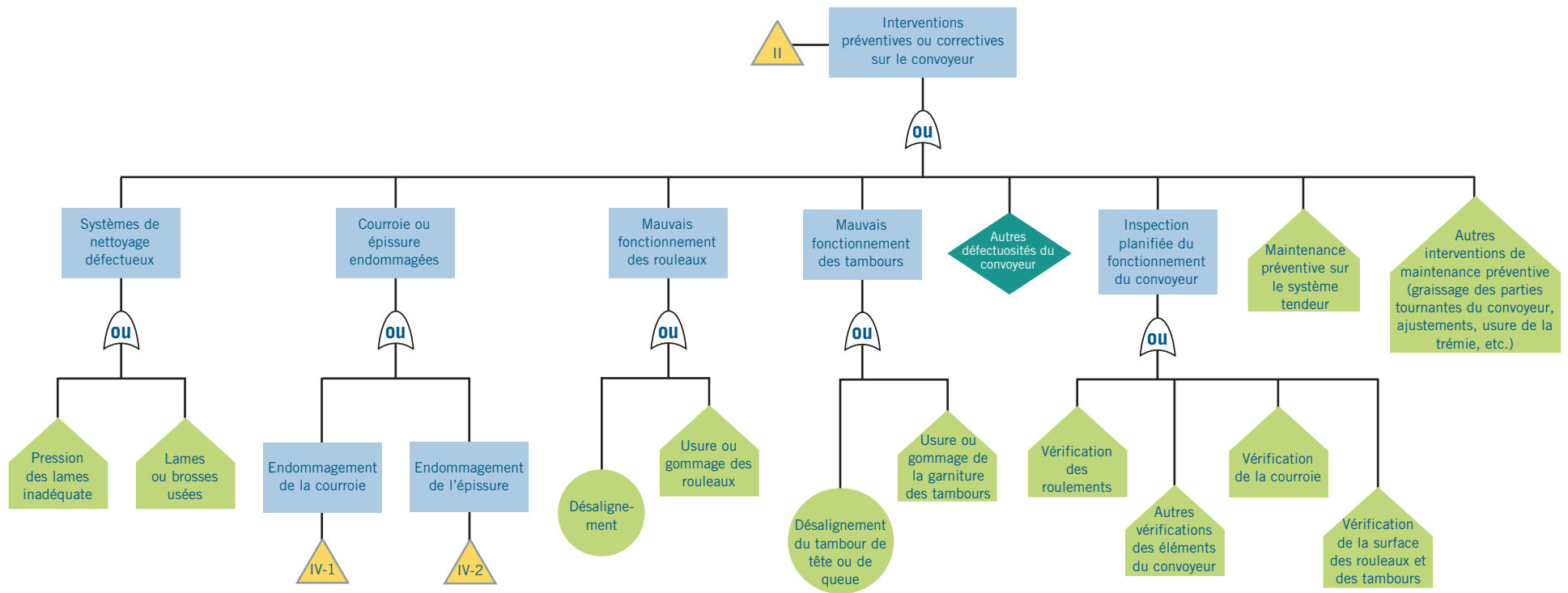
Arbre des fautes – partie I-4



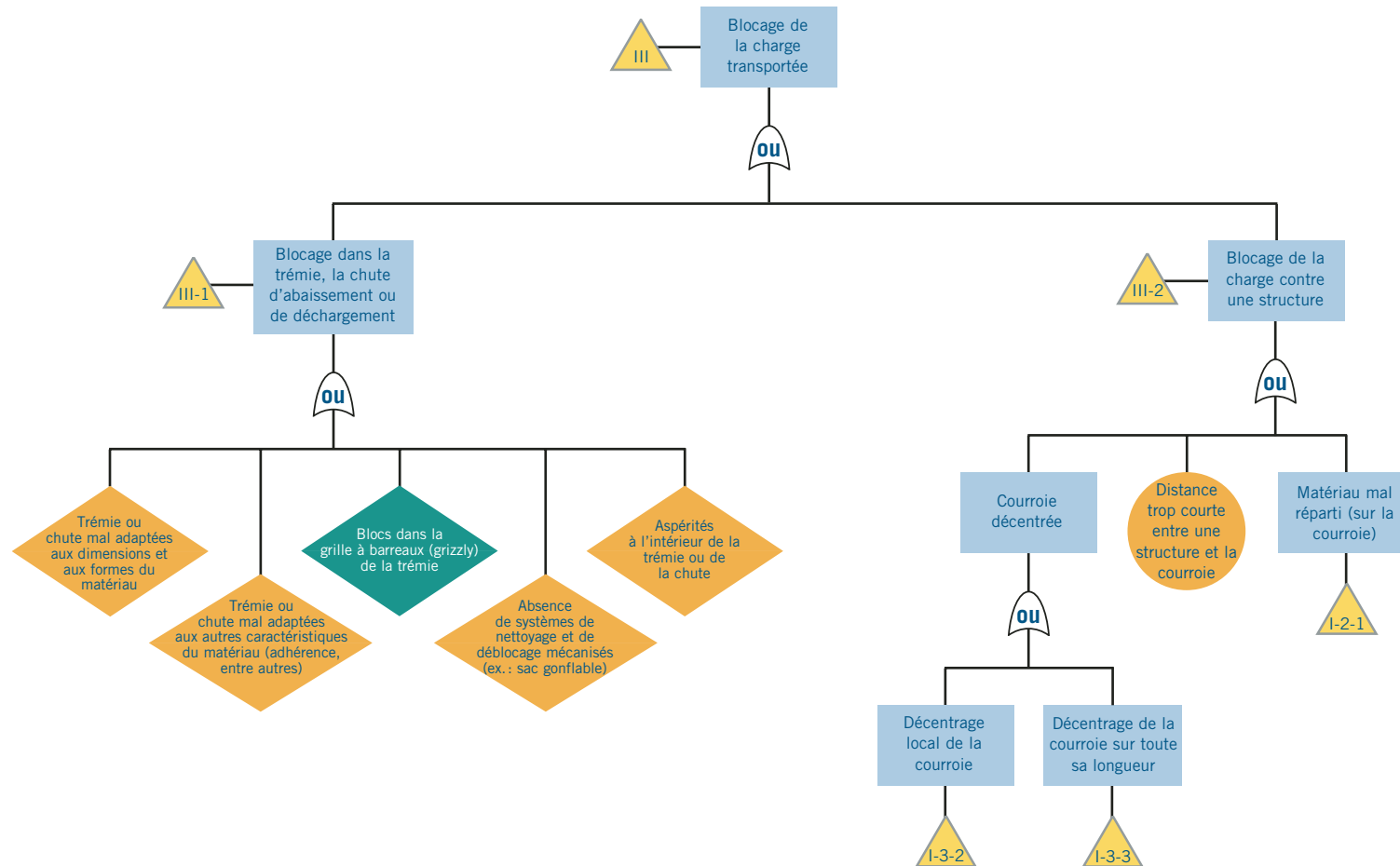
Arbre des fautes – partie I-5



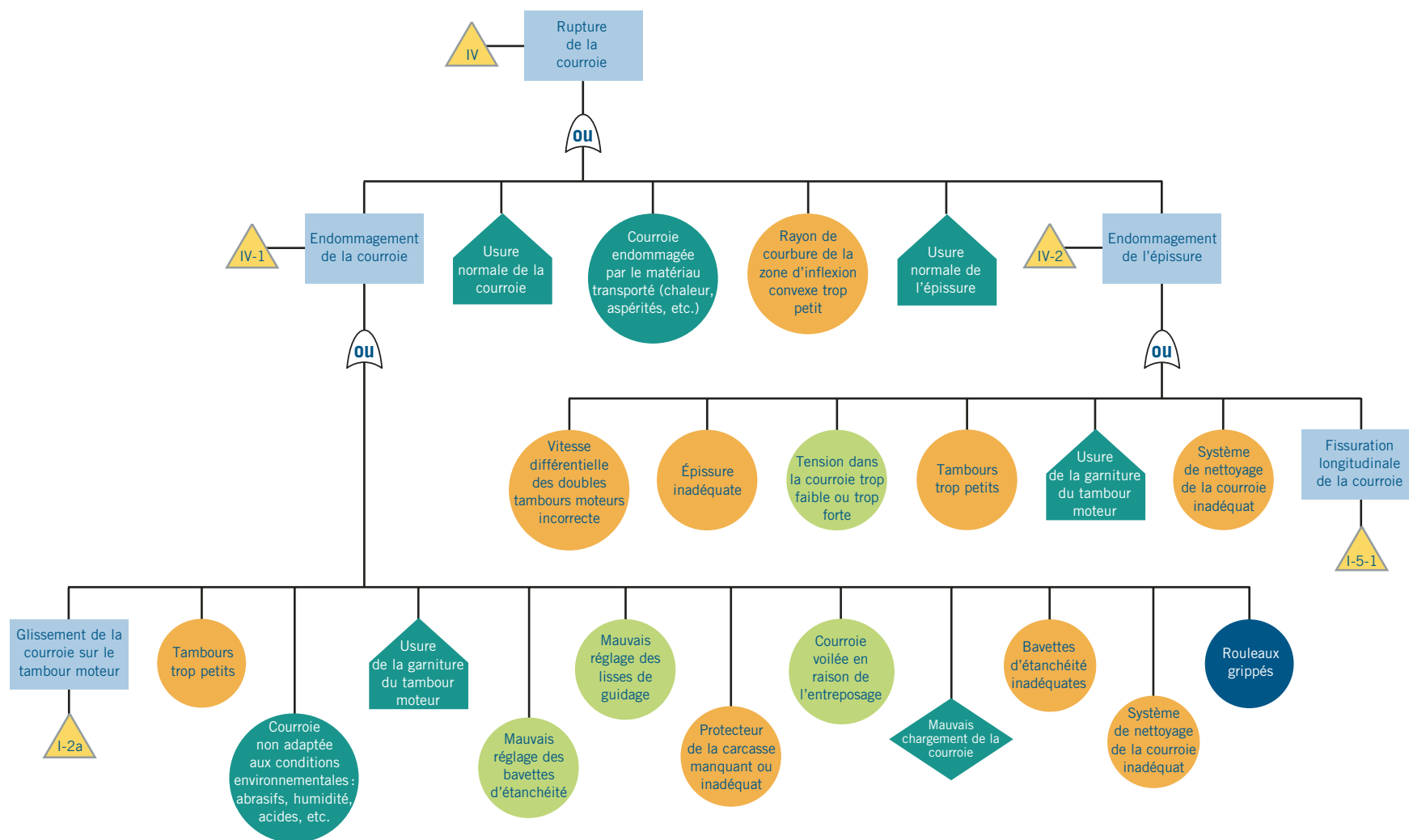
Arbre des fautes – partie II



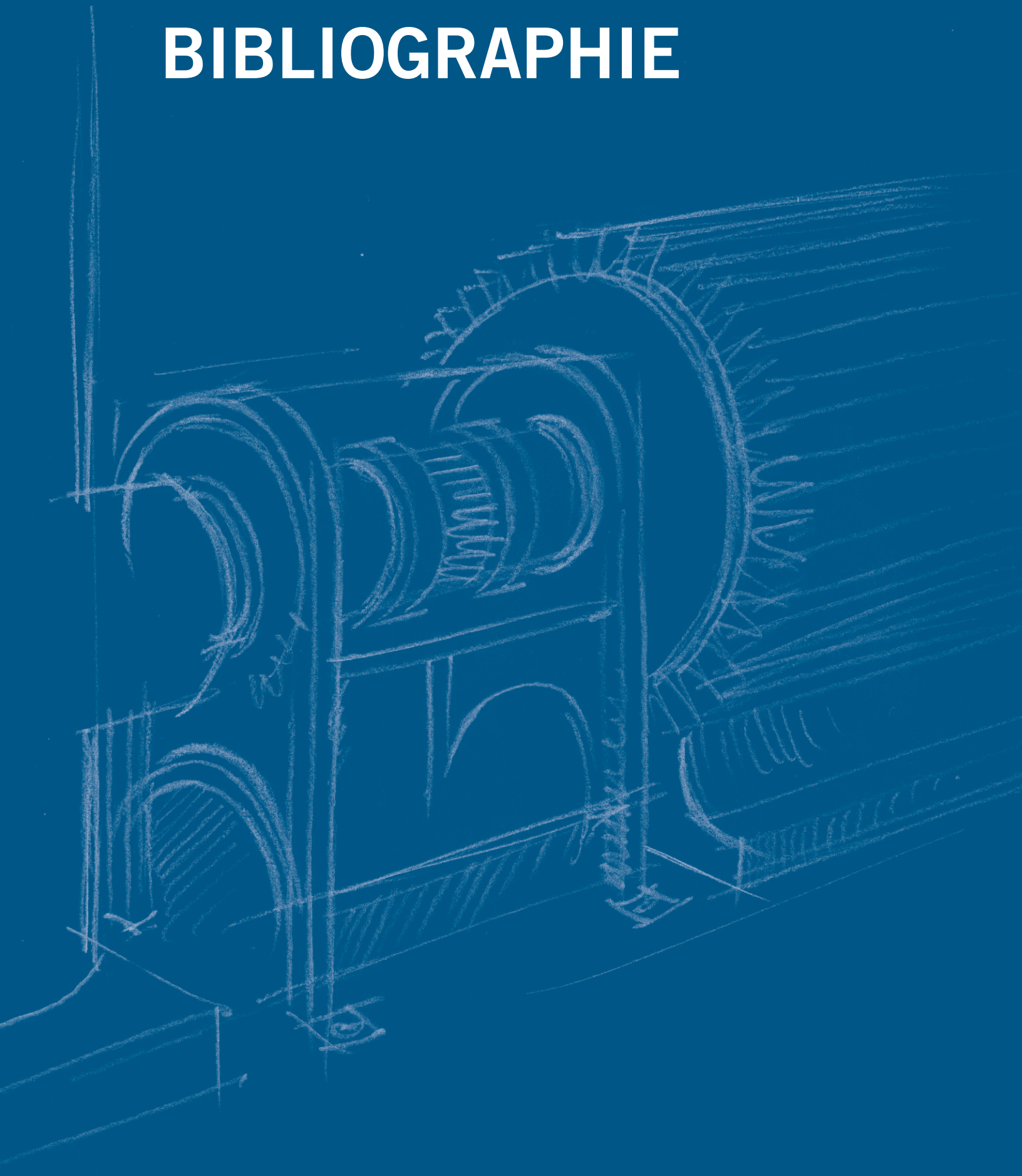
Arbre des fautes – partie III



Arbre des fautes – partie IV



RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE



Références

1. CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION. *Belt Conveyors for Bulk Materials*, 5^e édition, 1997. Disponible au Centre de documentation de la CSST (MO-021887). Site Web de la CEMA : www.cemanet.org/.
2. ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. ISO 3435, *Engins de manutention continue – Classification et symbolisation des matériaux en vrac*, 1977. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-120809).
3. CKIT. *Bulk Materials Handling Portal and Engineering Handbook*, Troughed Belt Conveyor, août 2002. Site Web : www.ckit.co.za.
4. MULANI, Ishwar G. *Engineering Science And Application Design For Belt Conveyors*, India, 2002. Disponible au Centre de documentation de l'IRSST (MO-1127043).
5. CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION. ANSI/CEMA B105.1 – 1992, *Specifications for Welded Steel Conveyor Pulleys with Compression Type Hubs*, 1992. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002697).
6. CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION. ANSI/CEMA 501.1 – 1988 (R1996), *Specifications for Welded Steel Wing Pulleys*, 1996. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002700).
7. MERCHANT, Brian. MSAIMH, *Chute Design For Belt Cleaning*, Bionic Research Institute – Chute Design Conference, 1992. Site Web : www.saimh.co.za.
8. BULK ONLINE. *The Powder/Bulk Portal*. Site Web : www.bulk-online.com. Forum de discussion sur des problèmes liés aux convoyeurs.
9. INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS). ED 44, *Guide d'achat d'une machine ou d'un équipement de travail*, 1993.
10. VILLEMEUR, Alain. *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels; Fiabilité – Facteurs humains – Informatisation*, 1988. Disponible au Centre de documentation de l'IRSST (MO-102261).
11. PAGÈS, Alain et GONDRAN, Michel. *Fiabilité des systèmes*, 1980. Disponible au Centre de documentation de l'IRSST (MO-124913).
12. MORTUREUX, Yves. « Arbres de défaillance, des causes et d'événement », dans *Techniques de l'Ingénieur, traité CD-ROM Sécurité et gestion des risques*, SE4050, vol. SE 1, 2002.
13. LUPIN, Henri et coll. ED 103, *Fiche pratique de sécurité – Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de production*, INRS, 2002.
14. ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. CAN/CSA-M422-FM87, *Exigences relatives à la tenue au feu et aux propriétés antistatiques des courroies transporteuses*, 2000.
15. COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL. *Sécurité des convoyeurs à courroie : guide de l'utilisateur*, 2003, N° DC 200-16227.

Convoyeurs à courroie

AFNOR. NF EN 1554, *Courroies transporteuses – Essais de frottement au tambour*, août 1999.

AFNOR. NF EN 1724, *Courroies transporteuses légères – Méthodes d'essai pour la détermination du coefficient de frottement*, juin 1999.

AFNOR. NF H 95-320, *Engins de manutention continue – Transporteurs à courroies destinés à être équipés d'un instrument de pesage totalisateur continu – Caractéristiques*, mai 1988. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002759).

BRITISH STANDARD INSTITUTE. *Steel Cord Conveyor Belts – Adhesion Strength Test of the Cover to the Core Layer*, BS EN 28094: 1994, ISO 8094: 1984. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002794).

CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION. ANSI/CEMA 402-2002, *Belt conveyors – Unit Handling Conveyors*, 2002. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002643).

CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION. CEMA 502-2001, *Bulk Material Belt Conveyor Troughing and Return Idlers – Selection and Dimensions*, 2001. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002707).

MINE SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. *MSHA's Guide to Equipment Guarding*, OT 3, U.S. Department of Labor, 2000.

NATIONAL SAFETY COUNCIL. *Belt Conveyor for Bulk Materials – part 1: Equipment*, I-569, 1990. Disponible au Centre de documentation de la CSST (RE-005502).

R. J.-P., « Rospars adopte le capotage "antipoussières" », dans *Travail et sécurité*, n° 586, juillet-août 1999, p. 34-35. Disponible au Centre de documentation de la CSST.

SUVA. *Liste de contrôle – Transporteurs à bande pour marchandises en vrac*, SUVAPro, réf. 67043.f, Suisse.

Convoyeurs – Généralités

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *Safety Standard for Conveyors and Related Equipment*, ASME B20.1-2000 et addenda, 2000. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-000367).

AMERICAN SOCIETY OF SAFETY ENGINEERS. « Safe use of conveyor », dans *Professional Safety*, vol. 38, n° 4, avril 1993.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. EN 618, *Équipements et systèmes de manutention continue – Prescriptions de sécurité et de CEM pour les équipements de manutention mécanique des produits en vrac à l'exception des transporteurs fixes à courroie*, avril 2002. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-120521).

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. NF EN 619, *Équipements et systèmes de manutention continue – Prescriptions de sécurité et de CEM pour les équipements de manutention mécanique des charges isolées*, AFNOR, janvier 2003. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002972).

CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION. ANSI/CEMA 102-2000, *Conveyor Terms and Definitions*, 2000. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002645).

CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION. ANSI/CEMA N° 401-2002, *Roller Conveyors – Non Powered*, 2002.

FYSON, R. Oliver. « Conveying safety to the user », dans *Professional Engineering*, juin 1990, p. 30-31.

ONTARIO PRINTING AND IMAGING ASSOCIATION, INDUSTRIAL ACCIDENT PREVENTION ASSOCIATION AND WORKPLACE SAFETY INSURANCE BOARD. *Printing Industry Health and Safety Guide*, 2002.

S. D. « Manutention en vrac des solides – Technologies et critères de choix », dans *Informations Chimie*, n° 326, mars 1991, p. 148-153. Disponible au Centre de documentation de la CSST (AP-060039).

SCHULTZ, George A. *Conveyor Safety Requirements when Using Older Equipment*, American Society of Safety Engineers, Professional Safety, mai 2001.

SCHULTZ, George A. *Conveyor Safety – Safety in the Design and Operation of Material Handling Systems*, American Society of Safety Engineers, 2000. Disponible au Centre de documentation de la CSST (MO-024005).

SCHULTZ, George A. *What a Safety Engineer Should Know About Conveyor Safety*, ASSE's 2001 Professional Development Conference, juin 2001.

SMANDYCH, R. Susan et coll., « Dust Control for Material Handling Operations: a Systematic Approach », dans *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 58, n° 2, février 1998, p. 139-146. Disponible au Centre de documentation de la CSST (AP-054744).

SUOKAS, Jouko. « Evaluation of the Effect of Safety Regulation, Case Studies in Press and Conveyor Regulations », dans *Safety Science*, vol. 16, n° 3-4, 1993, p. 307-324.

Sécurité des machines

AFNOR. NF EN ISO 12100-1, *Sécurité des machines : notions fondamentales, principes généraux de conception. Partie 1, terminologie de base, méthodologie*, 2004. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-120663). Remplace la norme NF EN 292-1:1991.

AFNOR. NF EN ISO 12100-2, *Sécurité des machines : notions fondamentales, principes généraux de conception. Partie 2, principes techniques*, 2004. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-120664). Remplace la norme NF EN 292-2:1991.

AFNOR. NF EN 349, *Sécurité des machines – Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain*, septembre 1993. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-000328).

AFNOR. NF EN 894-2, *Sécurité des machines – Spécifications ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de service – partie 2 : dispositifs de signalisation*, avril 1997. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-120851).

AFNOR. NF EN 954-1, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1 : Principes généraux de conception*, février 1997. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002262).

AFNOR. NF EN 999, *Positionnement des équipements de protection en fonction de la vitesse d'approche des parties du corps*, décembre 1998. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-120935).

AFNOR. NF EN 1037, *Sécurité des machines – Prévention de la marche intempestive*, mars 1996. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-120621).

AFNOR. NF EN 1050, *Sécurité des machines – Principes pour l'appréciation du risque*, janvier 1997. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-000796).

AFNOR. NF EN 1088, *Sécurité des machines – Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs, Principes de conception et de choix*, juin 1996. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002223).

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. ANSI/RIA R15.06-1999, *American National Standard for Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements*, juin 1999. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-000723).

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. ASME B15.1-2000, *Safety Standard for Mechanical Power Transmission Apparatus*, 2000. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-000478).

BRITISH STANDARD INSTITUTE. PD 5304-2000, *Safe Use of Machinery*, 2000. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-001229).

GORIS, Anne-Marie. « Les dangers des points rentrants », dans *Travail et sécurité*, n° 586-587, juillet-août 1999, p. 36. Disponible au Centre de documentation de la CSST.

LUGDUNUM Bernard. « Contrat de prévention – Concassage en douceur à la carrière Roffat », dans *Travail et sécurité*, n° 585, juin 1999. Disponible au Centre de documentation de la CSST.

LUPIN, Henri et Jacques MARSOT. *Sécurité des machines et des équipements de travail – Moyens de protection contre les risques mécaniques*, INRS, ED 807, 2000. Disponible au Centre de documentation de la CSST (MO-127648).

MAUGE, Michel. *Machines et équipements de travail – Mise en conformité*, INRS, ED 770, 1998. Disponible au Centre de documentation de la CSST (MO-017106).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. ISO 13853, *Sécurité des machines – Distances de sécurité pour empêcher l'atteinte des zones dangereuses par les membres inférieurs*, 1998. Disponible au Centre de documentation de la CSST (NO-002202).

PAQUES, Joseph-Jean et Réal BOURBONNIÈRE. *Formation en sécurité des machines : appréciation et réduction du risque*, IRSST, septembre 2002.

