Faire coexister les conceptions techniques avec les obligations de sécurité sur les convoyeurs , ça marche !

Les principes de la nouvelle approche.

Ou comment appliquer au mieux les normes de sécurités

Comme beaucoup d'inventions, le convoyeur à bande a suivi une évolution au gré des évènements qui ont interpellé les utilisateurs, les constructeurs. Dès 1989, les États européens se sont préoccupés de la sécurité des outils de production, au travers des Directives Machines (version en cours : 2006/42/CE).

Aujourd'hui, la grande question est de comprendre pourquoi, malgré tous les efforts en termes de sécurité, il y a encore trop d'accidents sur les convoyeurs avec, surtout, des causes similaires à celles des époques anciennes. Pour répondre à la question, ce texte s'articule autour de « *comprendre les normes, proposer des solutions, montrer les avantages induits* », au moyen d'exemples.

COMPRENDRE

Les convoyeurs et la sécurité sont deux domaines techniques qui interagissent avec une complexité accentuée par plusieurs niveaux hiérarchiques (hiérarchie des Lois). Là est la difficulté.

Hiérarchies des lois

Les textes qui organisent la sécurité des machines, en Europe, sont, les Directives Machines, les normes de sécurité EN de catégorie A (fondamentale, générale), B (aspects spécifiques et moyens) et C (catégorie de machine). Les Lois de chaque pays complètent la documentation législative et réglementaire (le Code du Travail en France) ; elles doivent transposer les normes européennes. La particularité tient au fait que ce sont les Lois locales qui s'appliquent en cas d'accident. L'application des normes EN, ISO a valeur de présomption de conformité ; encore faut-il les avoir appliquées avec discernement.

D'une manière générale, on peut dire que les Lois du Code donnent le but à atteindre et les normes disent comment faire.

La norme EN 620, de catégorie C, est la « référence » en matière de sécurité des convoyeurs, mais l'erreur commune est de ne pas tenir compte des normes A.

Cette norme « C » s'applique uniquement sur les risques n'ayant pu être supprimés préalablement par l'application des normes supérieures de catégorie A (ex. EN ISO 12100).

L'autre écueil majeur vient de la Directive Machine 2006/42/CE, Annexe I #1.1.2/b, 1er alinéa qui dit « ***éliminer ou réduire les risques …*** ». C'est cette conjonction de coordination « *ou* » qui pose problème, à tel point que la version commentée de la directive (document officiel) s'oblige à préciser qu'il y

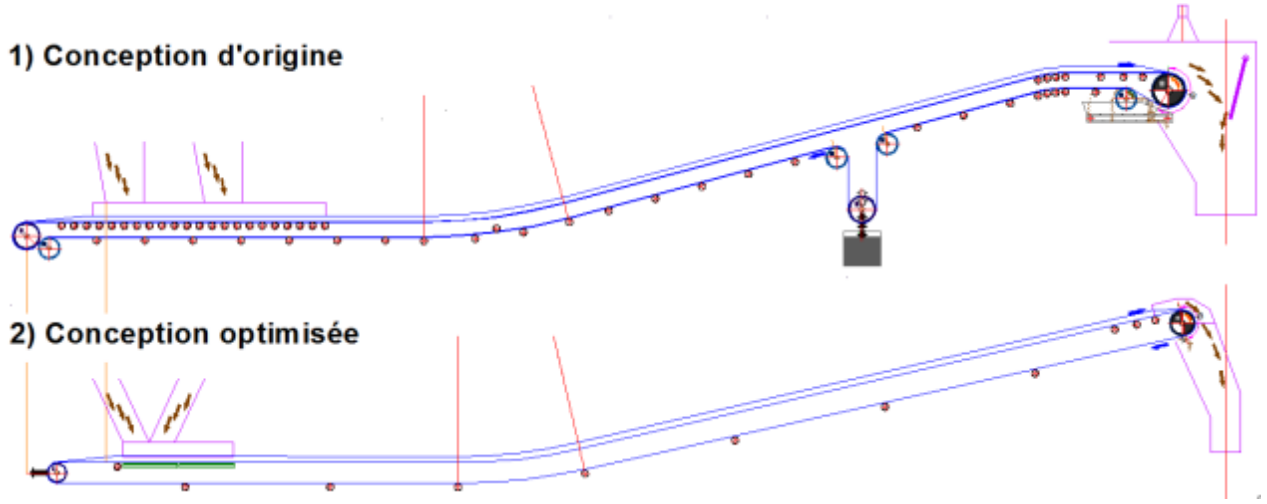

Figure 1 : Application de la « *Nouvelle Approche* » à la conception du convoyeur
1) Cette conception **ne tient pas compte du 1er principe** de la Directive : elle est non-conforme
2) Cette conception **applique le 1er principe** de la Directive : sur ce point elle est conforme

a toujours cette hiérarchie des solutions en stipulant que « *éliminer le risque* » prévaut sur tout autre disposition (**Fig.1**) « … *parce qu'elles sont plus efficaces que les mesures de protection* …) ».

La norme EN ISO 12100 version 2010 article 4 alinéa e, transcrit logiquement le texte légal : « - *supprimer le phénomène dangereux, ou réduire le risque* … » avec une petite subtilité qui atténue la force de la conjonction de coordination en plaçant une virgule avant « ou ».

À dire d'expert, il est important de distinguer les deux niveaux du terme « *éliminer* (*supprimer*) » :
1) Éliminer : en supprimant la machine, le composant exposant à au moins 1 risque ;
2) Éliminer : en remplaçant le composant dangereux par un composant non dangereux (*voir § 178 : commentaires concernant la section 1.1.3* de la Directive).

CONCLUSION

À ce niveau de lecture de la Directive, il n'y a plus aucune ambiguïté sur l'hiérarchie des solutions de sécurité :

1) on supprime le risque par :
   a. suppression de la machine ;
   b. suppression du composant ;
   c. remplacement du composant dangereux par un composant non dangereux ;

2) on protège le risque (EN 620) par :
   a. un dispositif (protecteur) intégré devant le point de happement ;
   b. un dispositif rapporté (grille) de maintien à distance autour de la zone à risque ;
   c. une enceinte.

Ces affirmations sont encore renforcées par les « *NOTE 1* » et « *NOTE 2* » en fin d'article 4 et l'article 6, de la norme EN ISO 12100.

De fait, la norme EN 620 ne s'applique que pour les risques qui subsistent ; c'est-à-dire ceux qui n'ont pu être supprimés. CQFD !

Cette conclusion est mon interprétation des textes et c'est celle que les tribunaux retiennent.

PROPOSER

Concrètement, la conception répondant au mieux à ces exigences consiste à :

1a Supprimer la machine

À titre d'exemple, ultraradical, de la prescription « supprimer » :

- 100 % des convoyeurs dits « ***de mise en vitesse*** » (**Fig.2**) sont impropres à leur destination parce qu'ils n'assurent pas leur fonction 1ère. Une simple observation de l'angle de la parabole de chute du produit au moment de son contact avec le plan de la bande en aval démontre la contre-performance systématique de ce type de machine.

Puisque ce type de convoyeur expose à plusieurs risques, il doit être supprimé de l'équipement.

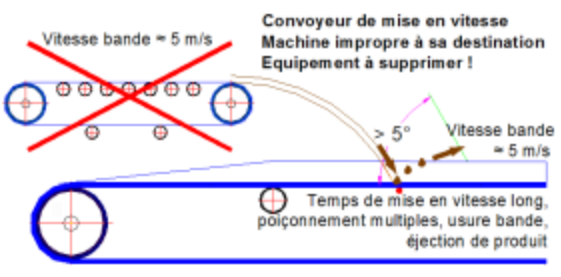

Figure 2 : Suppression du convoyeur de mise en vitesse

- Un certain pourcentage des convoyeurs de type réversible et/ou navette peuvent être supprimés au profit d'une simple goulotte rotative. Il est judicieux de se poser la question au cas par cas.

- 100 % des convoyeurs dit « ramasse miettes » (**Fig.3**) installés sous la section de tête de certain convoyeur et qui exposent à plusieurs risques, n'ont aucune utilité ; cela est justifié si la norme ISO 5048 article 5.3.3 est correctement appliquée (voir : # 75 à 80 % des supports à rouleaux, brin retour).

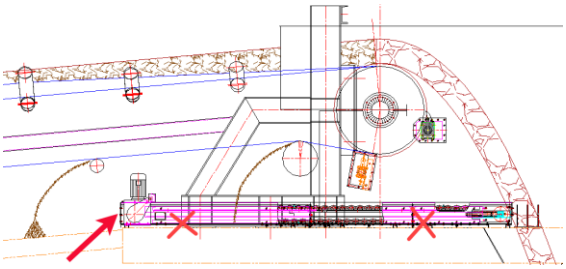

Figure 3 : Suppression du « ramasse miettes » !

Puisque ce type de machine annexe expose au moins à 1 risque, il doit être supprimé de l'équipement.

1b Supprimer les composants

- 100 % des tambours de contrainte, associés à un tambour de commande (**Fig.4**), qui permet un arc d'enroulement bande/tambour de commande inférieur ou égal à 200°, n'a aucune justification démontrée par le calcul.

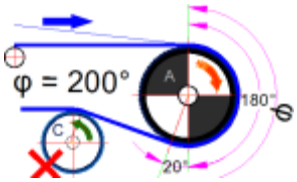

Figure 4 : Suppression du tambour de contrainte en tête

Puisque ce tambour de contrainte expose au moins à 1 risque, il doit être supprimé du convoyeur.

Nota : L'argument ci-dessus est souvent vrai avec un arc d'enroulement bande/tambour supérieur à 200°, à l'appui du calcul.

- 100 % des tambours de contrainte, associés à un tambour de queue libre en rotation (**Fig.5**), n'ont aucune justification technique motivée.

Historiquement, ces tambours de contrainte avaient pour objet de réduire l'encombrement vertical entre brin porteur et brin retour du fait de tambour de queue de grand diamètre et du fait de bande à carcasse coton épaisse. Cette conception a perduré sous prétexte d'une meilleure stabilité de trajectoire de la bande dans cette section. Cette affirmation est sujet à caution, si la position géométrique relative entre ces deux tambours est hors tolérance (cas très fréquent). Le problème se révèle lorsque la bande atteint une déformation asymétrique significative de sa carcasse. À ce moment, rares sont ceux qui établissent la causalité avec le tambour de contrainte. Cette anomalie est compensée par l'ajout d'autocentreurs diverses avec une efficacité limitée, mais avec des risques supplémentaires.

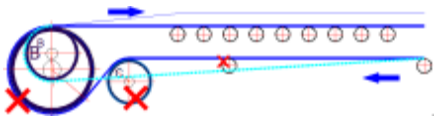

Figure 5 : Suppression du tambour de contrainte en queue

Puisque ce tambour de contrainte expose au moins à 1 risque, il doit être supprimé du convoyeur et, au besoin, le tambour de queue changé au profit d'un diamètre conforme à la norme ISO 3684.

- 100 % des systèmes de pré-tension de bande de type ''à course variable en service'', au moyen d'un contrepoids (**Fig.6**), pour des convoyeurs avec un profil horizontal ou ascendant, manutentionnant des produits froid (≈ 20°C), sur un entraxe jusqu'à 1 100 m, une élévation d'environ 30 m, n'a aucune justification par le calcul.

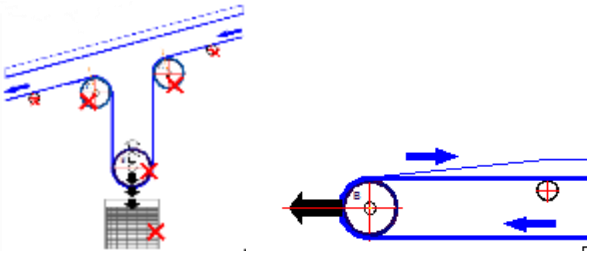

Figure 6 : Suppression du système à contrepoids au profit d'un système simple vis/écrou

Puisque ce système expose au moins à 1 risque, il doit être supprimé du convoyeur au profit d'un simple système de pré-tension « à course invariable en service » (ex. : modèle à vis/écrous) **appliqué au tambour de queue**.

Exemple

Au cours d'une formation théorique et pratique, il a été supprimé 7 tambours sur 9 d'un convoyeur de 425 m d'entraxe (**Fig.7**), soit une réduction de 78 % du nombre de tambour ! Avant intervention, le client déplorait de nombreux dysfonctionnements avec un coût d'entretien et de maintenance important ; après simplification, la fiabilité et la sécurité ont atteint un très haut niveau avec une pérennité dans le temps.

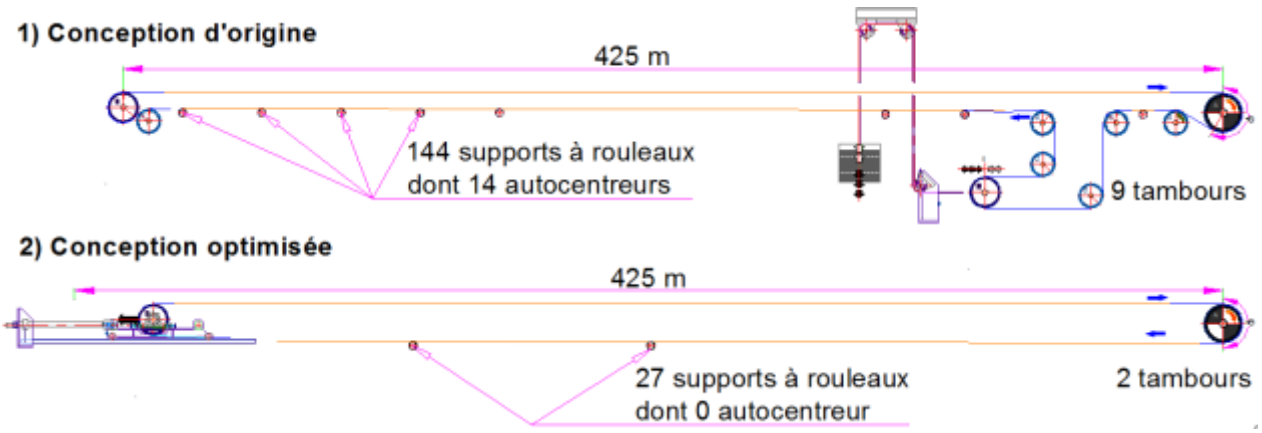

Figure 7 : Application de la « *Nouvelle Approche* » à la conception du convoyeur
1) Cette conception **ne tient pas compte du 1er principe** de la Directive : elle est non-conforme
2) Cette conception **applique le 1er principe** de la Directive : sur ce point elle est conforme

- 75 à 80 % des supports à rouleaux brin retour sont en surnombre, ce qui est démontré par le calcul à l'appui à l'appui de la norme ISO 5048 article 5.3.3 (v 1989).

Ici, une explication de texte s'impose !
Cet article, 5.3.3, définit la flèche minimale et maximale de la bande, en tout point du convoyeur (sous l'alimentation, brin porteur en tête, en queue, brin retour idem), en toutes circonstances (démarrage, marche, freinage, à vide, en charge). C'est bien cette prescription qui doit être appliquée. Le fait de trouver un pas entre les supports brin porteur de 1.0 m à 1.5 m et 2.5 à 3.0 m, brin retour, vient des exemples de la version 1973 de la norme. Celle-ci a été abrogée en 1989 (**Fig.9**).

De très nombreux convoyeurs tournent aujourd'hui avec un pas de 12 à 15 m entre supports brin retour, voir ≈ 30 m pour les convoyeurs court jusqu'à environ 30 m d'entraxe (= zéro rouleau retour) (**Fig.8**), voir 36 m sur un convoyeur de 5 km d'entraxe, pour la section retour, qui est un ''brin tendu'', entre le tambour de tête et le tambour de commande distant de 215 m.

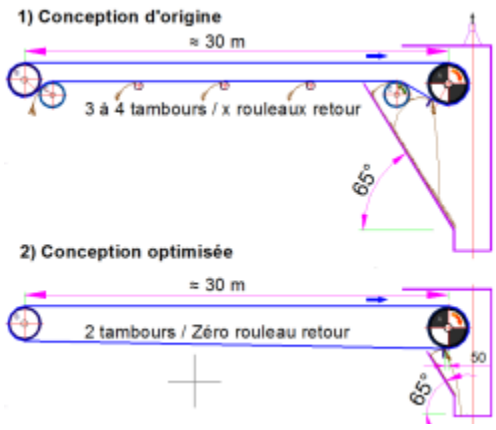

Figure 8 : 1) non-conforme 2) conforme

La conception « pas long entre supports » est d'autant plus vraie lorsque le brin retour est un brin tendu ; c'est-à-dire avec un tambour de commande en queue. L'exemple du pas de 36 m devient ainsi une évidence.

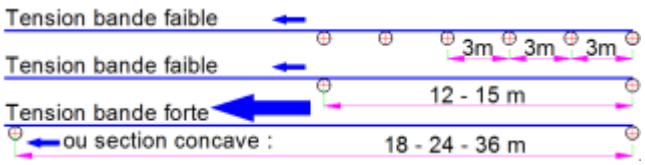

Figure 9 : 3 m : non-conforme ; 12 m et plus : conforme

- 100 % des supports en auge à rouleaux des courbes convexes, brin porteur, sont en surnombre, lorsqu'il s'agit de la section avant la tête du convoyeur (**Fig.10**), dans la mesure où ces deux dernières sections peuvent être confondues en une seule section rectiligne. Cette conception typique, avec courbe convexe, avait pour raison une parabole de chute du produit, au tambour de jetée, plus courte ; les calculs de parabole montrent que cet argument est sans fondement.

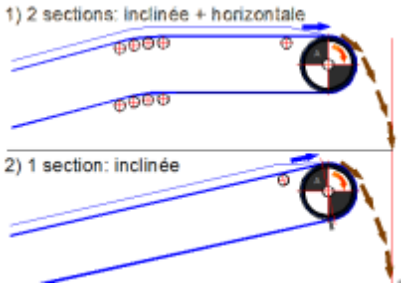

Figure 10 : 1) non-conforme 2) conforme

Puisque cette courbe convexe expose à autant de risque qu'il y a de rouleaux, elle doit être supprimée du convoyeur au profit d'une seule section rectiligne (pas de courbe convexe).

- 100 % des supports à rouleaux des courbes convexes, brin retour (**Fig.11**) sont en surnombre et devraient être remplacés par 1 tambour catégorie C, au titre de la réduction du nombre de risque et des obligations pour une maintenance aisée.

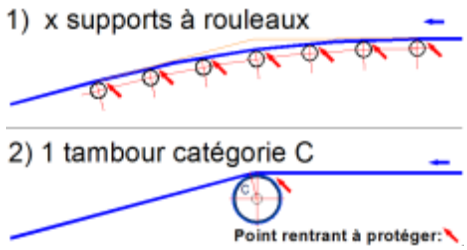

Figure 11 : 1) non-conforme 2) conforme

- 50 à 100 % des supports à rouleaux des courbes concaves, brin retour (**Fig.12**) sont en surnombre du simple fait de la sustentation de la bande par ses forces de tension, dans cette section. Une simple observation de cette section montre que la bande ne touche pas ou très faiblement les rouleaux de cette section. Un pas entre rouleaux de 18 à 24 m est souvent possible, avec de nombreux avantages à la clé.

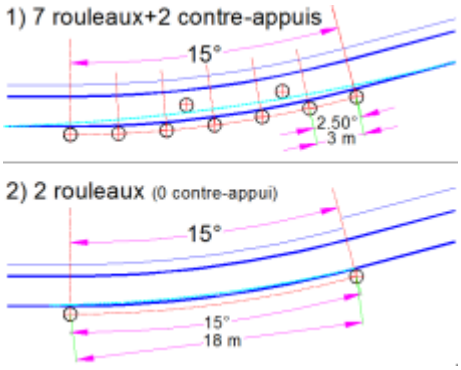

Figure 12 : 1) non-conforme 2) conforme

- 98 à 100 % des supports en auge à rouleaux, brin porteur, dans le cas d'un équipement avec chariot verseur mobile (**Fig.13**) sont en surnombre entre le dernier point de contact bande/rouleaux des supports, au début de la courbe concave qui précède le chariot et le tambour de tête. (de commande), dans la mesure ou la section qui suit le chariot est toujours vide.

Si l'on considère une longueur de 80 m, pour cette zone, avec un pas de 1.20 m entre supports, cela représente la suppression d'environ 64-66 supports et autant de risques que de rouleaux supprimés (auge 3 rouleaux = 192-198 rouleaux)… Le mieux, dans le cas d'un projet, est déjà de raccourcir le convoyeur pour la section au-delà du chariot en fin de course aval.

- Souvent, 100 % des supports en auge à rouleaux des ponts d'alimentation, brin porteur sont en surnombre. En effet, une simple étude permet de démontrer qu'il est aisé supprimer le « pont d'alimentation » et tous les risques qui lui sont liés (happement, choc, …) pour de meilleurs conditions pour les composants du convoyeur, dont la bande.

- Un certain % des supports en auge à rouleaux, brin porteur pourrait être considéré en surnombre. Exemple : dans le cas où la bande a une flèche inférieure à 1% du pas et un coefficient de remplissage faible. Les solutions sont :
  a) augmenter le pas entre supports jusqu'à obtenir une flèche de bande supérieure à 1% du pas ou plus.
  b) diminuer la vitesse de la bande et ainsi augmenter le coefficient de remplissage (environ 85% de ISO) ce qui augmentera la flèche de la bande.
  c) selon le cas, la bonne conception est une combinaison de ces deux solutions.

En partant d'un pas correctement calculé entre supports, brin porteur, en section de queue, par exemple de 1.25 m, il est certain que ce pas peut être augmenter au fur et à mesure que l'on s'approche du tambour de tête. Cette affirmation est d'autant plus vraie lorsque le convoyeur est fortement ascendant, avec un dénivelé important entre la queue et la tête.

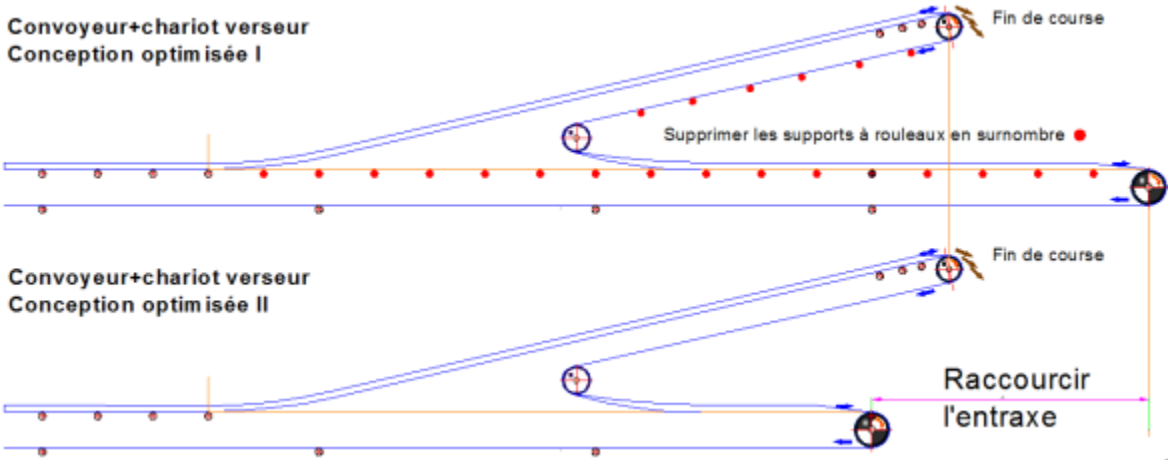

Figure 13 : Supprimer les rouleaux en surnombre !

À titre d'exemple le pas peut facilement aller jusqu'à 6.0 m (**Fig.14**). Un pas variable, tel que conseillé ci-dessus, est plus aisé à appliquer avec une fixation des supports par clam.

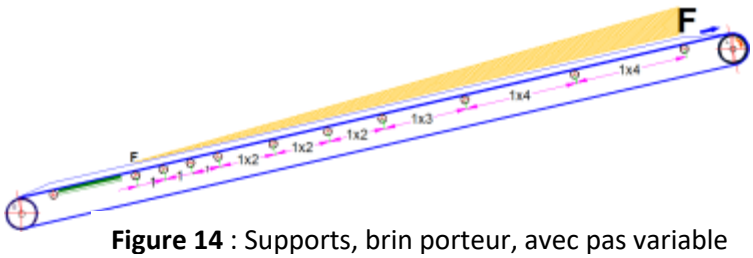

Figure 14 : Supports, brin porteur, avec pas variable

1c Remplacer les composants

- 100 % des rouleaux, notamment sous la section d'alimentation (**Fig.15**), peuvent être remplacés par des soles, des patins, des barres de glissement, sous réserve de faisabilité (vitesse, charge, produit, etc).

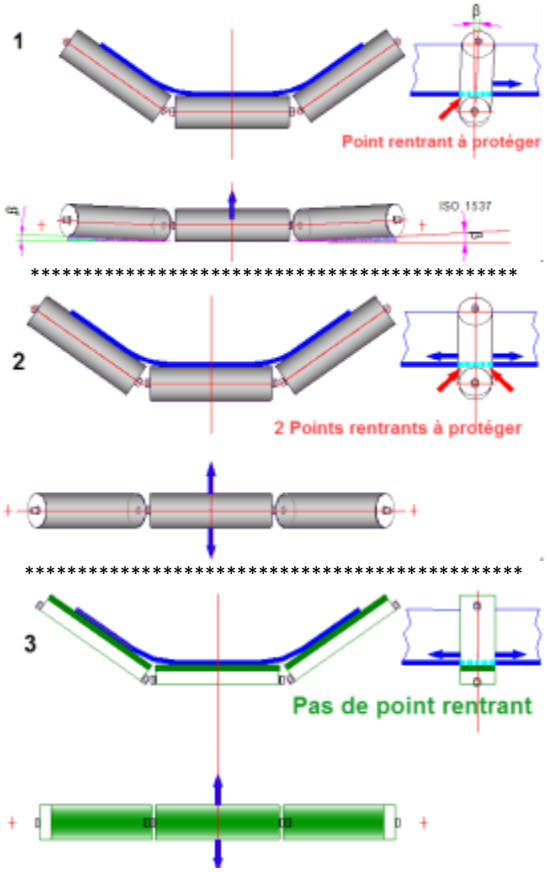

Figure 15 : Supports à rouleaux et glissants
1) Bande 1 sens de marche, sur rouleaux
2) Bande à double sens de marche, sur rouleaux
3) Bande à 1 ou 2 sens de marche, sur sole glissante

- Un fort pourcentage des détecteurs de rotation (**Fig.16**) n'est pas conforme ; leur adjoindre un capot de protection est contraire aux obligations de sécurité, puisqu'il existe des modèles n'exposant pas au risque de coupure et d'entraînement. Pour les convoyeurs à hauts risques industriels, la surveillance de la bande se fait par capteur à ultrasons ; matériel plus performant et sans risque.

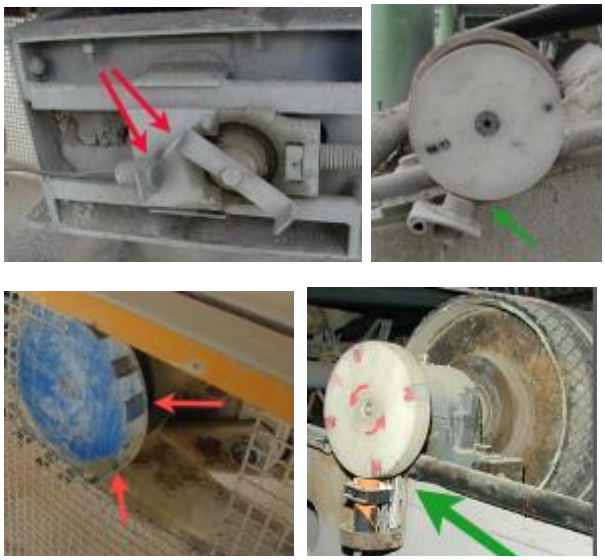

Figure 16 : Détecteurs de rotation non-conforme/conforme

2a/b/c Protection devant le risque

Pour les risques, qui n'ont pu être supprimés par la suppression de la machine, du ou des composants, **il y a lieu d'appliquer, maintenant et seulement maintenant, les prescriptions de la norme EN 620** ainsi que toutes les normes de sécurité citées dans cette norme.

Pour information, quelques experts français, membres du CEN TC148 WG1, en charge de la norme EN 620, recommandent que les protections «**intégrées**» (**Fig.17**)doivent être définies comme le **1er niveau** des dispositifs de sécurité, car ils permettent de nettoyer le convoyeur sans risque avec la machine en marche, sans démontage des protecteurs (zéro accident au droit des points dangereux protégés par ce dispositif sur statistique depuis 2004).

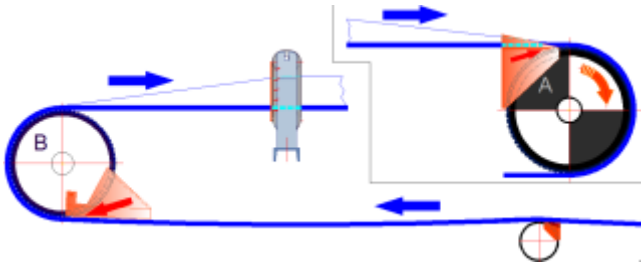

Figure 17 : 4 exemples de « *protecteur intégré* »

D'autres types de protecteurs s'appliquent par ordre de priorité, en cas d'impossibilité avec les modèles intégrés; ce sont les protecteurs rapportés de maintien à distance (capot, grille) (**Fig.18**), puis les enceintes (**Fig.19**). Ces modèles sont souvent démontés pour diverses raisons; dans ce cas la zone à risque n'est plus protégée et, en fait, là est l'origine de nombreux accidents.

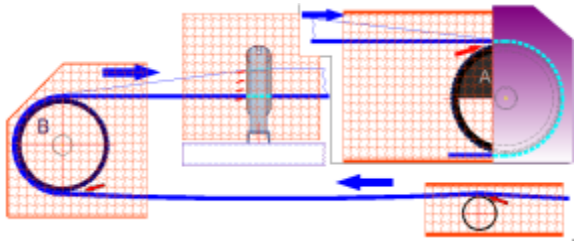

Figure 18 : 4 exemples de « *protecteur fixe* »

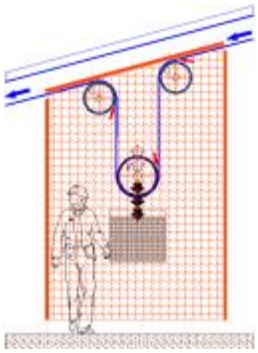

Figure 19 : exemple de protecteur type « *enceinte* »

AVANTAGES INDUITS

Ce chapitre montre quelques avantages induits par la suppression des machines, des composants, décrit ci-dessus.

Après suppression du convoyeur de mise en vitesse :
Le convoyeur en amont sera adapté pour permettre une alimentation en « masse », avec une orientation à 90° par rapport au convoyeur en aval. Ainsi, le temps de mise en vitesse du produit est considérablement réduit. Les dommages sur la bande sont supprimés (poinçonnement, usure), les éjections de produit (phénomène de rebond) sont supprimées ainsi que les charges de nettoyage et les risques de chute du personnel du fait des sols encombrés ; etc…

Après suppression du convoyeur ‘’ramasse miettes’’ :
Les risques liés à leur maintenance, souvent coûteuse, les désordres liés à leur présence, au niveau de la goulotte de jetée du convoyeur qu’il dessert, sont supprimés.

Après suppression du tambour de contrainte en tête :
Sa suppression élimine les désordres liés au racleur sous-jacent, du fait du colmatage de ce tambour de contrainte par projection de matière après le racleur. Ce colmatage entraîne une perte d’efficacité importante du racleur. La présence du tambour de contrainte implique une pente réduite de la face de goulotte sous ce tambour, ce qui favorise le colmatage de la goulotte. La suppression de ce tambour permet d’augmenter la pente de cette face de goulotte et réduire ainsi les risques de colmatage. Les salissures au sol immédiatement derrière la goulotte et tout au long du convoyeur sont réduites, ainsi que les risques qui sont liés (chute, glissade, risques des actions de nettoyage).

Après suppression du tambour de contrainte en queue :
Sa suppression élimine les dommages « cachés » de la carcasse de la bande. Ce type de dommage représente un coût significatif entre la maîtrise des déports de bande, avec des actions incessantes de réglage, l’ajout d’autocentreurs et, par conséquent, l’ajout de nouveaux risques, et le remplacement de la bande avant terme. Sa suppression réduit les accumulations de produit sur le sol de cette section, ce qui diminue fortement la fréquence de nettoyage et les risques liés à ces interventions.

Après suppression du système de tension à contrepoids :
Cela concerne tous les modèles, principalement ceux installés brin retour et comportant 1 ou 2 tambours de déviations, au profit d'un simple système à vis au tambour de queue. Cette suppression élimine les dommages « cachés » de la carcasse de la bande (mauvais alignement des tambours), qui représentent un coût significatif entre la maîtrise des déports de bande, avec des actions incessantes de réglage, l’ajout d’autocentreurs et, par conséquent, l’ajout de nouveaux risques, et le remplacement de la bande avant terme. Cette suppression élimine les accumulations de produit sur le sol dans cette zone, ce qui supprime la charge de nettoyage et les risques liés.

La preuve par l’exemple !
Depuis 2002, un cimentier exploite un convoyeur de liaison carrière de 1 100 m d’entraxe, élévation 28 m, débit 700 t/h, bande à carcasse polyester, largeur 800 mm, à la vitesse de 1.7 m/s, dont la tension est de type « à course invariable en service » (palan à câble) et disposant d’une course utile de seulement 4.50 m.
Pour tout projet de convoyeur, avec des caractéristiques plus modestes, il doit être envisagé une conception avec un système de tension de bande ultrasimple (vis/écrou ou idem ci-dessus), au titre des obligations de sécurité.

Fort de cette expérience concluante, un cimentier a imposé cette rationalité, en quelques années, sur tous ses convoyeurs, en commençant par ceux qui perturbaient la production du fait de désordres récurrents au niveau des systèmes de tension à contrepoids.

Supports du brin retour :
L’augmentation du pas des supports, dans un rapport de 1 à 4 ou 5, soit pour un pas d’origine de 3 m on passe à un pas de 12 à 15 m, voire plus. Cela permet

d'obtenir une grande stabilité de trajectoire de la bande ; cette qualité est le 1er bénéfice en termes de sécurité : Cette conception supprime les interventions de réglage, donc, autant de risques supprimés.
La propreté des rouleaux est facilement obtenue par l'augmentation de la pression bande/rouleau ; on prendra soin de garnir le rouleau d'un caoutchouc 35 Shore, lisse, selon la plasticité du produit manutentionné. De fait, les rouleaux dits « anticolmatants à disques caoutchouc » disparaissent du monde des convoyeurs ; sachant que ces matériels sont très souvent à l'origine de déports de bande, donc d'intervention et de coûts supplémentaires (destruction de bande). Avec la disparition de ces rouleaux, disparaissent les risques qui leur sont liés.

Nota : les rouleaux retour sont souvent chargés entre 5 et 20 % de leur charge admissible ! Augmenter leur charge jusqu'à 100 % de leur capacité ne réduira pas leur longévité, bien au contraire. Le pas « long » entre supports fait disparaître les forces axiales (force due au déport de bande) appliquées par la bande sur les rouleaux. Ces forces axiales sont la 1ère cause de la destruction des rouleaux !

Zéro rouleau retour :
(*conception réservée aux convoyeurs courts, jusqu'à ≈ 30 d'entraxe*).
Une conception avec « Zéro » rouleau retour supprime tout risque de happement, de chute de rouleau et de salissure au sol. Un sol propre élimine le risque de chute, de glissade des personnes et les risques liés aux actions de nettoyage. Les charges de maintenance et de stock sont supprimées ainsi que les déports de bande liés au désordre affectant les rouleaux.

SOURCES

Toutes ces applications ont été largement démontrées depuis 1986. Tous nos modèles de calculs, développés dans nos logiciels C3® et Traject®, sont issus des lois de physique, de la mécanique, des normes et ont été enrichis par nos expertises appliquées dans 42 pays du monde.

Marc des Rieux, Expert
marc.desrieux@c3-expert.com
www.c3-expert.com

NB : c
Ce texte qui établit l'état de l'art.
Vos remarques et commentaires sont les bienvenus pour faire évoluer les pratiques au plus grand bénéfice de tous.

Cet article a été publié / This article was published in :
Infovrac 206/Janv-Fév/page 44/ https://fr.calameo.com/read/00500337104c2f7a790a0
Mines & Carrières 243/Janv2017/page 47
Dry Cargo International 211/March2018/page 80 /
http://www.drycargomag.com/ThreeDmags/Magazine-Editions/March-2018-Issue/files/1.html