

La certification $CE^{(1)}$ impose un dossier technique.
 La jurisprudence exige les notes de calcul de la machine⁽²⁾.
 Encore faut-il avoir les bonnes données pour effectuer ces calculs.

Étude technique et calcul d'un convoyeur pour la certification CE

Pour des calculs pertinents, le calcul des convoyeurs nécessite de renseigner un grand nombre de données. Or, cela demande une connaissance approfondie du domaine et beaucoup de temps, tout comme l'exploitation des données et l'exécution des calculs, avec les optimisations, les itérations.

Sans calcul pertinent pas de certification CE, pas de résultats mécaniques garantis !

LE CONVOYEUR, UN ÉQUIPEMENT VITAL...

La manutention par convoyeurs relève de plusieurs statuts dans l'équipement de production :

- Il s'agit d'un moyen de production majeur, mais sans valeur ajoutée ; par exemple pour la manutention dans un port.
- Il s'agit d'un équipement intermédiaire de liaison qui ne produit pas de valeur ajoutée, mais qui est nécessaire aux machines de production (Fig.1).
- Il s'agit d'un convoyeur apportant une transformation au produit manutentionné (valeur ajoutée), exemple, le convoyeur « mûrisseur » des cakes de minerai sur lequel le produit se transforme par hexo-thermie (avance de bande très lente). Ce cas est rare.

Quel que soit le statut du convoyeur, sa mise hors service révèle son importance dans une production. Cette importance « révélée » justifie toute notre attention.

... QUI PEUT VOUS COÛTER CHER

Un convoyeur non optimisé par calcul peut être une source de coût non négligeable pour votre industrie. Selon le chef du service maintenance d'une cimenterie, le coût de maintenance sur 20 ans des convoyeurs de l'usine dépassait très largement

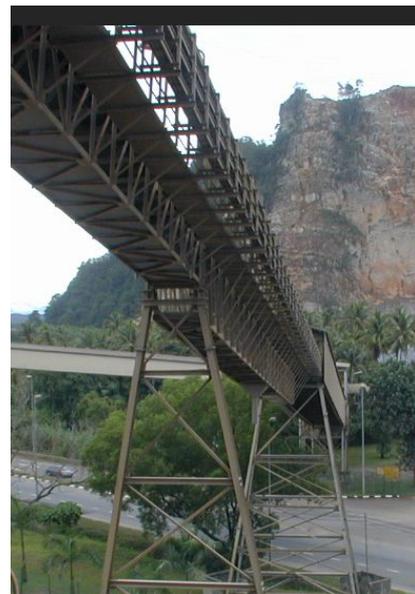


Figure 1: convoyeur de liaison carrière/usine

celui du four, équipement pourtant majeur pour cette industrie.

En plus des frais de maintenance, il faut considérer le coût des arrêts de production engendrés par les défaillances des convoyeurs sur l'ensemble du process. Dans certaines industries, ces coûts d'arrêt de production sont majeurs comme j'ai pu le constater avec des montants pouvant atteindre 50.000€/h.

À cela s'ajoutent des dépenses d'entretien et d'exploitation, tel que le nettoyage ou le

remplacement de composants ou d'énergie. Sur l'année l'addition de ces coûts devient significatif.

... ET QUI NE SONT PAS SANS DANGER

Ici, il s'agit de considérer les conséquences d'accident.

L'institut INRS^(3.1), dans sa documentation EPICEA^(3.2) fait état de 125 dossiers d'accident en France, impliquant un convoyeur, entre 1990 et 2006, dont 53 mortels. Dans le même registre, l'étude de la MSHA (Mine Safety & Health Administration - USA) par Jason David Lucas dénombre 50 décès liés aux convoyeurs, entre 1995 et 2007 ; une autre source de M. Lucas indique 459 accidents entre 1996 et 2000 dans les mines. L'étude chiffre ces coûts à 1.9 million de dollars par accident en moyenne. Le dernier accident mortel en France, dont j'ai été informé, date du 8 novembre 2018 (siège de l'AT⁽⁴⁾ : un rouleau retour).

Ces coûts de maintenance, de perte de production et, potentiellement, d'accidents peuvent et doivent être réduits. Et c'est **l'étude technique des convoyeurs, soutenue par le calcul**, qui le permettra.

UNE ABSENCE DE CALCUL RISQUÉE

Au-delà des avantages divers et importants qui peuvent résulter de calculs, ils vous seront demandés en cas d'expertise et, si bien exécutés, ils apporteront une crédibilité à la certification CE.

Cadre de la réglementation européenne

Si l'annexe VII de la directive 2006/42/CE n'exige pas de joindre les notes de calcul au dossier technique, ceux-ci sont incontournables, pour prouver de la bonne conception de la machine afin de ne pas s'exposer à un "doute sur la conformité".

Prenons l'exemple d'un accident mortel survenu sur un composant dont le protecteur fixe avait été démonté, ce qui avait, initialement, écarté le constructeur de toute responsabilité. L'Expert a cependant démontré que ce composant (un tambour de contrainte) n'avait aucune justification quant au bon fonctionnement du convoyeur. Pour cela, l'Expert a produit en justice les notes de calcul "avec" et "sans" tambour de contrainte pour motiver ses dires.

Cadre de la réglementation

En phase d'étude, il importe de définir plusieurs versions (Fig. 2) de sorte à ne retenir que la plus performante en terme de pérennité, d'économie d'énergie et de sécurité. Ceci passe obligatoirement par le calcul, dont la ou les notes seront jointes au dossier technique pour attester d'avoir bien mené l'étude technique conformément à l'EN ISO 12100.

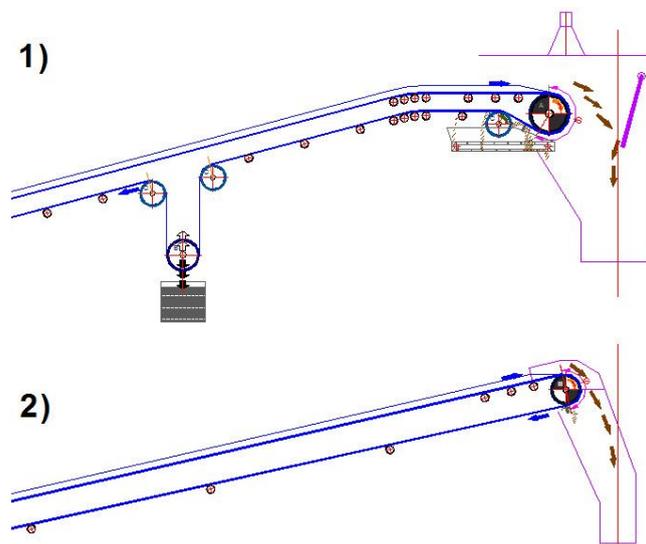


Figure 2: conception : 1 = usuelle, 2 = optimisée

Il en va de même lors d'une réhabilitation ou d'une mise à niveau d'un convoyeur qui impose une mise à jour du dossier technique, ce qui ramène aux textes réglementaires ci-dessus.

La sécurité, au coeur de la réglementation

Dans le respect de la Directive, articles 173, 174 ou de l'EN ISO 12100, articles 4 et 6, il importe de mener simultanément l'étude technique et l'étude de sécurité, avec pour **1^{ère} obligation de supprimer tout point dangereux** non justifié pour le bon fonctionnement de la machine.

Seul le calcul peut arbitrer sur la justification technique d'un composant dangereux.

Prenons en exemple un convoyeur de 425 m d'entraxe (Fig. 3) qui présentait 9 tambours à la conception d'origine. Après calcul, il est apparu que le bon fonctionnement n'en nécessitait pas plus de 2. Il est à noter qu'en plus de mettre son exploitant en conformité avec les règlements, **cette opération a résolu de nombreux désordres de déport de bande** qui avaient motivé cette opération.

Résolution des bris et usures récurrents

L'usage montre qu'en cas de bris ou d'usure d'un composant, le service maintenance le remplace, souvent, à l'identique et parfois en le .../...

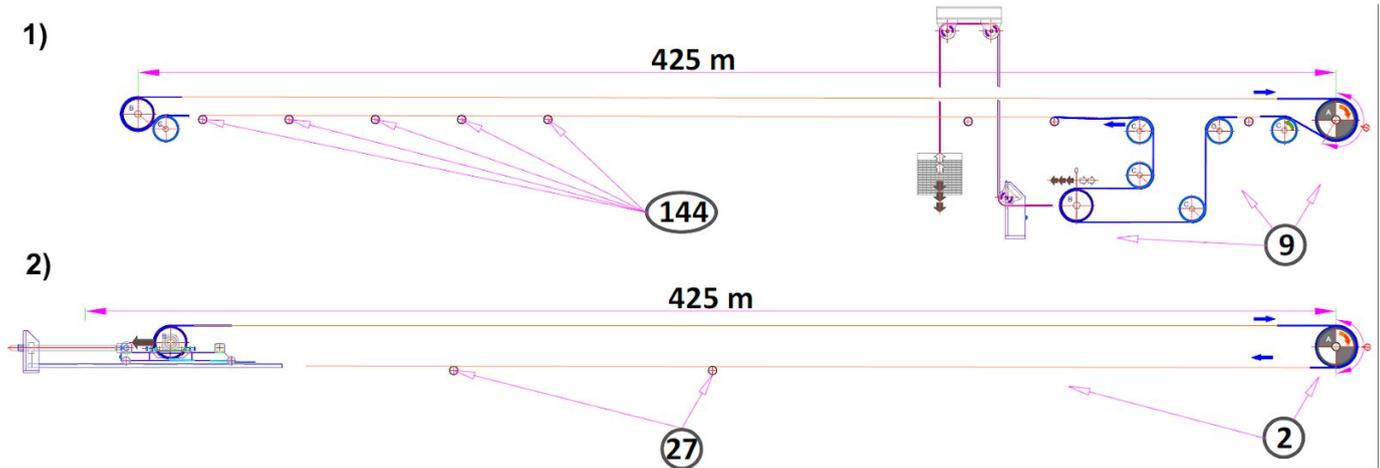


Figure 3: Convoyeur longueur 425m, conception : 1 = usuelle, 2 = optimisée

surdimensionnant de façon empirique. Ainsi, lorsque ces incidents trouvent leur origine dans un défaut de conception original, le problème se répète. Cela devrait être évité par le calcul.

Prenons l'exemple d'un convoyeur neuf sur lequel a été constaté des déports de bande et un glissement de plusieurs tambours dans leurs paliers, sans qu'il ne soit fait une analyse de causalité/conséquence entre les deux désordres. Après plusieurs remises en place des tambours et quelques réglages de rouleaux, les désordres persistent. L'Expert sollicité recalcule le convoyeur et démontre que plusieurs points faibles affectent les tambours ; en résumé, l'arbre et la virole des tambours mis en cause fléchissent (profil en banane) ce qui est la cause majeure des déports de bande. Sans calcul pertinent, il eût été difficile de résoudre rapidement ce litige. CQFD.

Prenons cet autre exemple présenté en figure 4. La durée de vie d'une bande, d'un convoyeur extracteur sous vidange de wagon, n'excédait pas 3 mois. Les calculs ont identifié un sur-allongement localisé de la bande du fait d'une largeur réduite sous charge.

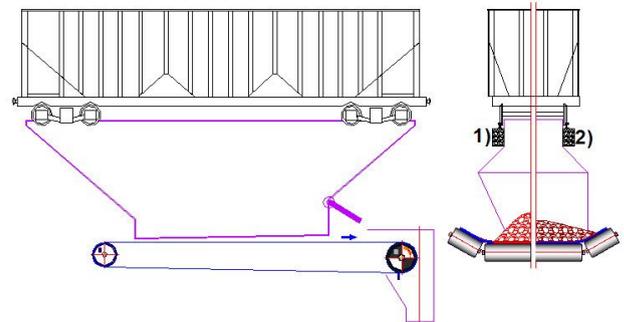


Figure 4: le produit en 1 = concentré; en 2 = étalé

Ces calculs ont permis de modifier l'équipement (trémie, pas des rouleaux sous charge et sous la porte de vidange, section de cette porte, etc.) afin de mieux répartir et réduire les efforts dans la bande.

LES DIFFICULTÉS DU CALCUL

Les convoyeurs impliquent un grand nombre de paramètres à prendre en considération. Cette approche démontre qu'il ne s'agit pas de machines banales, à la portée de tous.

Cette différence de perception est, selon mon expérience, une des causes aux nombreuses difficultés qui affectent le monde des convoyeurs, ayant souvent pour origine une faiblesse dans les calculs, tant vis-à-vis de leur conception et de la résolution d'incidents. Elles s'appuient sur l'habitude et l'usage, ce qui est contraire à une approche méthodique par calcul.

PAS DE CALCUL SANS DONNÉES JUSTES

Le premier point affectant la qualité des calculs vient, en toute logique, des données qui sont proposées en entrée dans les logiciels de calcul. Par exemple, de nombreuses demandes de calcul, qui m'ont été présentées, faisaient état d'un tambour de contrainte sans indiquer l'arc d'enroulement de la bande. Il s'agit néanmoins d'une information déterminante pour la validité du calcul.

Attention, une étude technique peut valider une conception sur le plan fonctionnel sans pour autant garantir les exigences réglementaires de sécurité ; une nouvelle conception avec un nombre réduit de composants par rapport à la 1^{ère} version doit être lancée.

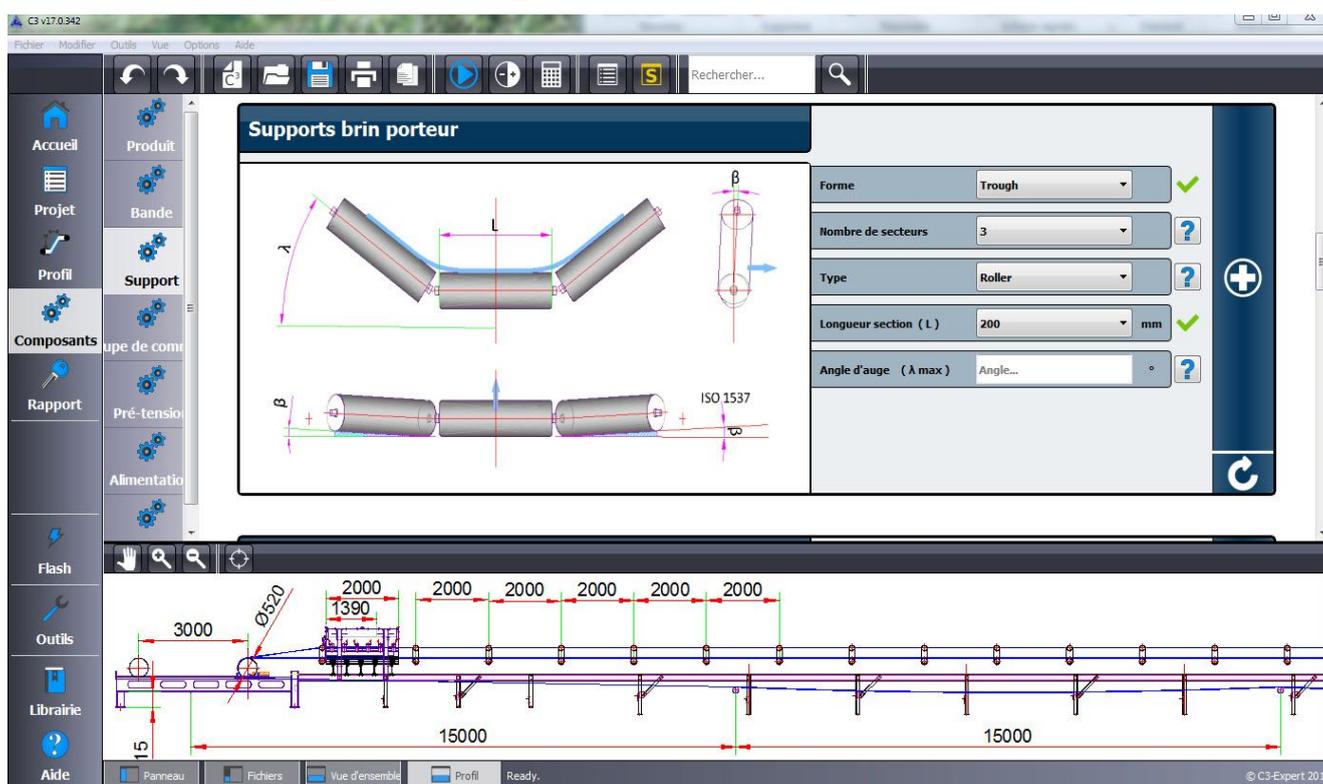


Figure 5: écran des données, 1er niveau de saisie et tracé simultané du schéma du convoyeur

Cette remarque est particulièrement sensible puisqu'en cas d'accident l'Expert cherchera à établir si la conception de la machine, mise en cause, a fait l'objet d'une étude rationnelle dans le respect de la Directive 2006/42/CE # 173, 174 (... - supprimer le risque...) et où **seul le calcul permet une analyse objective de la conception**. Ici, il ne s'agit pas de savoir si le point dangereux était bien ou mal protégé, mais si le composant, siège de l'accident, était justifié sur le plan technique.

NOTA : souvent les contrats auprès des organismes de contrôle de la conformité de la certification CE se limitent à constater si les points dangereux sont protégés ou pas. Dans ce cas, le

procès-verbal délivré présente une fausse garantie, au détriment des obligations de l'exploitant des machines, puisqu'il n'y a pas d'étude (calcul) sur l'utilité de chaque composant exposant à un risque .

AUTRES DIFFICULTÉS

Un calcul efficace relève également du descriptif des composants et de la chronologie des données de calcul. Certains critères techniques des composants sont parfois **introuvables** sur les fiches techniques des fabricants.

Parfois, la description faite du convoyeur est **aberrante** et ne peut être exploitée pour le calcul. Quant à la **chronologie des données**, celle-ci ne bénéficie d'aucune norme qui faciliterait les

relations entre le demandeur d'une étude et l'opérateur des calculs. Ces aléas sont source

d'erreurs, d'interprétations, de perte de temps et de résultats imparfaits.

Pas de bon calcul sans données pertinentes. Pas de données pertinentes sans protocoles pour les identifier et les collecter.

Pour espérer des résultats pertinents, il faut s'assurer que les données sont fidèles à la réalité. Or les installations évoluent dans le temps et les plans, cahiers des charges et notes diverses transmises sont parfois **obsolètes**. L'ensemble de ces problématiques engendre un effort qui s'additionne à la technicité du calcul.

Nous citerons, de façon non exhaustive, les mesures manquantes à effectuer sur site, avec tous les aléas et inconforts que cela suppose et les échanges de mails à répétition qui sont chronophages pour toutes les parties prenantes du projet.

Pour l'anecdote, il m'est arrivé de parcourir 280 pages d'un cahier des charges pour collecter, çà et là, l'ensemble des données nécessaires au calcul et m'apercevoir que certaines valeurs étaient contradictoires d'un chapitre à l'autre du document. Ceci a imposé une clarification par le client. Toutes ces complications peuvent inciter à compléter l'étude avec des données "par défaut" avec tous les risques et imprécisions que cela suppose, énoncés précédemment dans cet article.

QUELLES DONNÉES POUR QUELS RÉSULTATS

Nous venons de voir que pas assez de données impactent la qualité du calcul ; à l'inverse, trop de données, inutilement coûteuses en temps, impactent sa compréhension.

Le choix des données pertinentes à saisir doit être adapté aux besoins des différents destinataires du calcul. Le service achats voudra un descriptif de chaque composant et leur quantité quand le client final voudra un dossier détaillé de la machine. Le responsable sécurité sera lui intéressé par les points dangereux et s'assurera que l'optimisation sécurité a été bien menée (c'est une obligation !). De même pour le logisticien, le commercial, etc.

Ces données doivent s'adapter au contexte du projet. Le calcul concerne un projet travaux neufs, une réhabilitation, l'optimisation d'une machine

existante, une augmentation de débit, le remplacement d'une bande, etc.

Quelques exemples

- Pour établir un budget pour une bande, il est primordial de connaître à minima le débit, la puissance installée, la vitesse de la bande ou encore la dimension du convoyeur.
- Pour le calcul du coefficient de remplissage de la bande par un produit défini, la vitesse de la bande, sa largeur, son profil en auge sont nécessaires.

Selon l'objectif de calcul quelques données ciblées suffisent.

- Lorsque le calcul doit être complet, dans le cas de travaux neufs par exemple, les résultats doivent satisfaire aux besoins de la totalité du projet, définir les composants du convoyeur et fixer les limites d'utilisation pour le dossier de conformité. Dans ce cas, collecter les données de calcul est une charge importante et nécessite de larges connaissances ; les bibliothèques de produits, de composants, simplifient cette charge.

Toutes les informations n'ont pas la même importance. En se focalisant sur les données les plus influentes, l'étude peut être menée de façon plus productive. Cette méthodologie a l'avantage de faciliter la compréhension réciproque des parties au projet ; celle-ci est renforcée par des informations ordonnées avec la meilleure logique. Fort de ses expériences, C3-Expert a produit, en partenariat avec des communicants et techniciens, une méthodologie pour aborder chaque besoin de calcul, avec pertinence et efficacité.

BASES DE DONNÉES

La plupart des logiciels de calculs proposent des bibliothèques de composants et de produits qui simplifient leur saisie.

Les autres données nécessitent plus de travail avec bien des aléas.

Peut-on réduire cette charge de collecte et de saisie des données, sans erreur ?

CAPITALISER LES DONNÉES RÉPÉTITIVES

Certaines informations générales sont répétitives d'un projet à l'autre, pour cela il importe de les enregistrer avec beaucoup de soin puisqu'elles serviront sur la durée, ce qui diminue d'autant la charge de travail.

- **Le destinataire du calcul**

Il y a un seul destinataire ou plusieurs destinataires avec des exigences différentes identifiées.

- **Localisation du site d'exploitation**

Le convoyeur est-il situé en zone CE ou hors zone CE, avec un contrat incluant ou n'incluant pas la Directive Machine 2006/42/CE ou avec des normes locales. Les standards des composants, de calculs attendus (SI, Imperial s.t., I.t.), les conditions météorologiques, sismiques ou autres doivent être pris en compte.

- **Les spécifications**

Dans un souci de cohérence dans les politiques d'achat ou de stock de composants, les constructeurs, fabricants, exploitants favorisent la standardisation des projets, d'une ligne de manutention ou pour les sites d'un groupe.

- **Autres informations**

D'autres informations, qui se rencontrent moins fréquemment, peuvent avoir un impact majeur sur la conception. Par exemple, le brin retour de bande qui travaille en charge, qui implique un descriptif spécifique ou la présence de chariot verseur, etc.

Malgré une bonne organisation à propos des données récurrentes et autres standards, il reste une charge conséquente en termes de saisie des données.

Figure 6: écran des résultats essentiels par ordre chronologique d'importance (1)

Les logiciels de calculs, tels qu'ils sont actuellement conçus, se contentent de renvoyer l'état de fonctionnement estimé sur la base des choix de l'opérateur qui reste en charge de l'interprétation de ces résultats pour améliorer la conception... ce qui dépend de son "talent" !

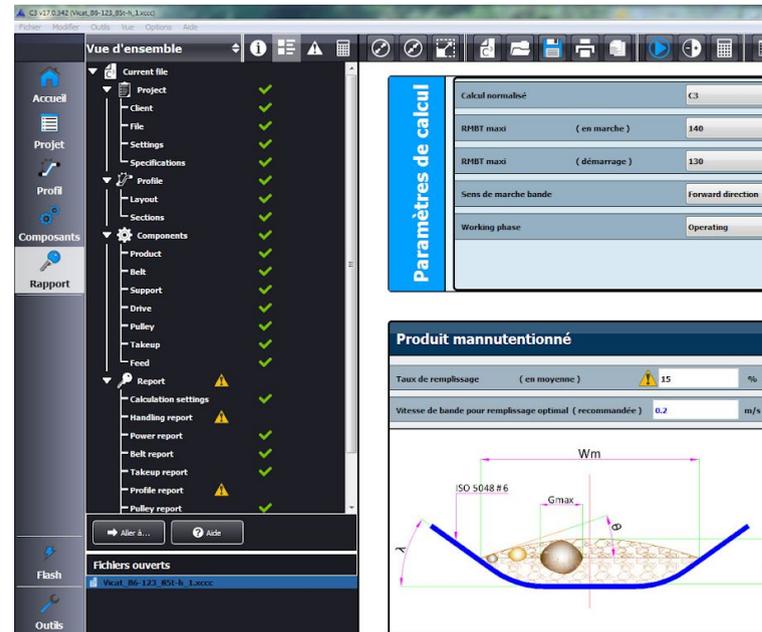
Dans tous les cas, cette opération qui devra mener à une conception optimisée, en adéquation avec les règlements précédemment cités et qui présentera pour l'exploitant l'intérêt d'une manutention performante avec un haut niveau de sécurité, est itérative et longue.

Ne serait-ce pas là, en définitive, **une des raisons qui conduit à ce manque de recours au calcul et à une conception optimisée ?**

Ne serait-ce pas la piste à suivre pour répondre aux questions précédemment soulevées ?.

CALCULER OUI, MAIS COMMENT ?

Au-delà de la qualité des données recueillies et de la volonté de l'ensemble des acteurs de procéder à des calculs, une problématique fondamentale demeure : quelles orientations donner auxdits calculs ?



Bande & Supports		
Tail transition	(recommended length)	0.696 m
Head transition	(recommended length)	0.723 m
Courbe 1-2	(recommended radius)	0 m
Courbe 2-3	(recommended radius)	0 m
Min belt sag	(en tout point)	0.040 %
Max belt sag	(en tout point)	0.682 %
Max support load		41 kg

Figure 7: écran des résultats essentiels (2)

À une époque où les solutions informatiques de nouvelle génération, par exemple à base d'intelligence artificielle, se développent dans l'ensemble des autres secteurs, ne peut-on pas imaginer des outils plus adaptés à nos besoins, qui calculent automatiquement des conceptions ou configurations optimums dans un contexte donné, sur la base des besoins opérationnels et économiques, avec l'édition des documents utiles

dans le format souhaité par chaque destinataire, du projet.

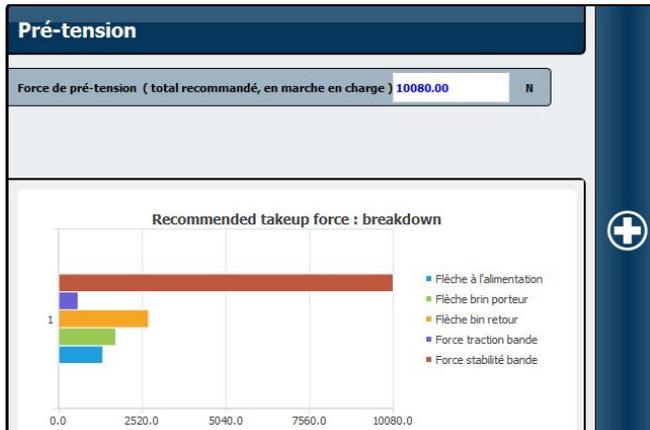


Figure 8: écran des résultats essentiels (3)

CONCLUSION

En cas d'accident, toutes ces lacunes peuvent peser lourd sur la responsabilité du Chef d'Établissement.

Calculer un convoyeur est d'abord une obligation réglementaire, selon mon expérience. C'est le

passage incontournable pour un dossier technique sérieux, en vu d'une certification CE sincère.

Il doit être un investissement gagnant pour la pérennité de la machine, sa sobriété énergétique, son haut niveau de fiabilité et de sécurité, au meilleur coût.

Il est le premier recours en cas de désordre, de bris et d'usure prématurée. D'ailleurs, d'expérience, de nombreux convoyeurs, y compris ceux qui ont « belle allure » à première vue, souffrent de désordres aux conséquences plus ou moins coûteuses et sont la contrepartie d'un déficit initiale en calcul.

Pour atteindre un haut niveau de pertinence légitimement attendu, les logiciels de calcul dotés d'intelligences artificielles sont la réponse à cette problématique, sans nécessiter de connaissances particulières et pour un temps de calcul court.

1 CE : conformité européenne. Sigle apposé sur les machines qui répondent aux exigences de sécurité de la Directive 2006/42/CE.

2 Prescription réglementaire : voir dans « Directive 2006/42/CE - Annexe VII - Dossier technique pour les machines », qui fixe le fond et la forme de la procédure en vu de la certification CE.

3.1 INRS est l'Institut National de la Recherche et de Sécurité en France;

3.2 EPICEA est une base de données nationale et anonyme rassemblant plus de 18 000 cas d'accidents du travail survenus, depuis 1990, à des salariés du régime général de la Sécurité sociale.

Marc des Rieux, Expert

marc.desrieux@c3-expert.com

www.c3-expert.com

Cet article a été publié / This article was published in :

Mines & Carrières