

EVOLUTION DES REVÊTEMENTS DE SOLS SOUMIS À DES AGRESSIONS MÉCANIQUES

Dans la plupart des entreprises, la détérioration des revêtements de sol est due à des agressions mécaniques, chimiques ou thermiques, qui ne sont pas sans conséquence sur leurs performances antidérapantes. L'acquisition d'un revêtement de sol étant une opération coûteuse, l'investisseur s'interroge sur la tenue dans le temps des qualités du produit choisi.

Cet article traite de l'évolution du coefficient de frottement d'un revêtement de sol lorsqu'il est soumis à des agressions inhérentes à l'activité d'une entreprise.

Une méthodologie d'essai a été développée simulant des agressions mécaniques de roulage et de ripage. Les essais ont permis de comparer l'évolution du coefficient de frottement de cinq revêtements de sol, couramment utilisés dans l'industrie agroalimentaire.

Devant la gravité du risque des chutes par glissade, représentant jusqu'à 20 % des accidents du travail dans le secteur agroalimentaire, les industriels ont conscience qu'il est de leur devoir de prendre des dispositions afin de sécuriser l'activité de leurs employés, notamment en obligeant le port de chaussures de sécurité haute adhérence, mais aussi en équipant les locaux d'un revêtement d'un sol antidérapant et en maintenant son efficacité. L'acquisition de celui-ci étant une opération coûteuse pour une entreprise, l'investisseur s'interroge évidemment sur la tenue dans le temps des qualités du produit choisi.

Dans la plupart des entreprises, la détérioration des revêtements de sol est due à des agressions mécaniques,

chimiques ou thermiques, qui ne sont pas sans conséquences sur les performances antidérapantes de celui-ci.

Au cours de cette étude, nous nous sommes intéressés uniquement aux conséquences inhérentes aux agressions mécaniques. Elles sont essentiellement dues :

- au roulage des engins de maintenance : transpalettes, caddies, chariots élévateurs,

- au ripage de toutes sortes de charges,

- au poinçonnement dû aux chutes de divers objets qui sont le plus souvent accidentelles ainsi qu'aux contraintes de matériels lourds,

- à l'abrasion des matériels de nettoyage : brosses rotatives, jets des laveurs haute pression trop agressifs.

- Sol
- Revêtement
- Résistance mécanique
- Glissance
- Essai comparatif

► *Henri SAULNIER, Michel JACQUES, INRS, département Ingénierie des équipements de travail*

DEVELOPMENT OF FLOORS SUBJECT TO MECHANICAL DAMAGE

At most companies, floor covering deterioration due to mechanical, chemical or thermal damage is not without consequence in slip resistance performance terms. Acquisition of a floor covering is an expensive operation and the investor therefore considers the long-term qualities of the selected product.

This paper focuses on evolution of friction coefficient, when a floor covering is subjected to damaging effects inherent in a company's activity.

A test methodology has been developed to simulate mechanical damage due to rolling and sliding. These tests enabled us to compare the friction coefficients of five floor coverings used in the agri-food industry.

- Floor
- Covering
- Mechanical resistance
- Slipperiness
- Comparison test

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'évolution du coefficient de frottement des revêtements de sol en fonction des agressions mécaniques consécutives à l'activité d'une entreprise. Pour cela une méthode de vieillissement accéléré en laboratoire a été mise au point, méthode validée par des mesures in situ.

L'industrie agroalimentaire étant la plus touchée par les accidents dus aux chutes par glissade, l'étude a été effectuée sur cinq types de revêtements de sol couramment utilisés dans ce secteur.

Du fait de la multiplicité des essais de vieillissement et la durée de ceux-ci, seules les agressions mécaniques dues au roulage et au ripage ont été traitées dans cette étude. Ces deux types d'agressions sont les plus fréquemment rencontrés dans les industries agroalimentaires visitées dans le cadre de l'étude. L'influence des procédés de nettoyage sur le coefficient de frottement des revêtements de sols est évaluée dans le cadre d'une autre étude portant sur la nettoyabilité des sols.

Des agressions mécaniques ont été réalisées en laboratoire sur les cinq types de revêtements de sol. Parallèlement l'observation de ces sols, soumis aux mêmes types d'agressions, dans cinq entreprises agroalimentaires a permis de suivre l'évolution dans le temps de leur coefficient de frottement.

LES REVÊTEMENTS DE SOL

Dans les industries agroalimentaires, on distingue deux grandes familles de revêtements de sol :

- les produits préfabriqués qui sont essentiellement les carrelages en grès-cérame,

- les produits coulés in situ qui sont les mortiers hydrauliques modifiés (appelés aussi chapes acryliques) et les mortiers à base de résine de synthèse.

Les résines de synthèse retenues pour l'agroalimentaire sont les méthacrylates, les polyuréthanes et les époxydiques. Les polyesters sont rarement utilisés à cause de leur forte odeur de styrène.

FIGURE 1

Banc de simulation des agressions mécaniques



Pour rendre ces produits antidérapants, on y incorpore durant le processus de fabrication, des charges de silice ou de quartz en quantité et granulométrie données selon le niveau d'adhérence souhaité.

Pour l'étude, un revêtement représentatif de chacun des types de sols utilisés dans l'agroalimentaire a été retenu, soit :

- une résine méthacrylate avec des silices et quartz,

- une résine polyuréthane avec des silices,

- un mortier hydraulique modifié avec granulats de quartz,

- un carrelage grès cérame pressé avec grains de carbure de silice incorporés dans la masse,

- un mortier mono couche à base de résine époxydique.

Ces revêtements de sol sont agréés par la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) et l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) pour leurs qualités antidérapante et sanitaire. Sont considérés comme antidérapants, les sols ayant un coefficient de frottement dynamique supérieur ou égal à 0,30, mesuré selon la procédure définie par l'INRS [1].

Les mesures sur sites ont été effectuées dans cinq entreprises agroalimentaires, équipées des revêtements de sol pré-cités récemment posés.

Pour les essais en laboratoire, ces mêmes revêtements de sol ont été réalisés par les fabricants et conditionnés dans des bacs de dimensions 1,20 m x 0,46 m.

EXPÉRIMENTATION EN LABORATOIRE

Les agressions mécaniques retenues pour les essais sont celles qui sont responsables de modifications importantes du coefficient de frottement, à savoir le roulage et le ripage. L'expérimentation en laboratoire a permis de comparer l'évolution du coefficient de frottement des cinq revêtements soumis à ces sollicitations.

LE BANC DE SIMULATION D'AGRESSIONS MÉCANIQUES (SAM)

Un banc de simulation d'agressions mécaniques (SAM) a été conçu et réalisé par l'INRS (cf. Figure 1). Il comprend les différents outils d'agression ainsi que les masses permettant de régler l'effort des outils sur les sols. Une table de guidage, sur laquelle est disposé le revêtement de sol à tester, est animée d'un mouvement rectiligne alternatif programmable.

FIGURE 2

Schéma de principe du PFT

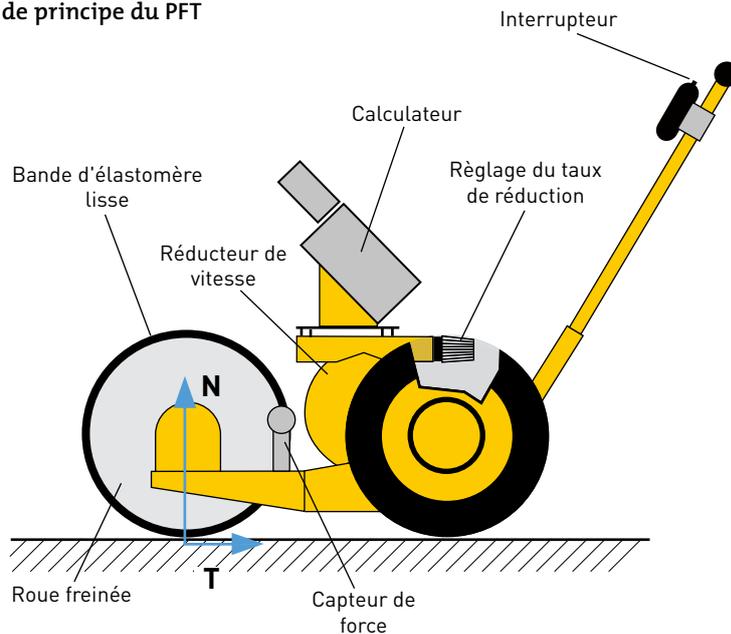


FIGURE 3

Outil de roulage



LA MESURE DU COEFFICIENT DE FROTTEMENT DYNAMIQUE (μ_D)

La mesure du coefficient de frottement dynamique est réalisée au moyen du portable friction tester (PFT) dont la méthode de mesure repose sur le principe d'une roue freinée (cf. Figure 2). Le coefficient de frottement mesuré est le rapport entre la force de frottement entre la roue freinée et le sol, et la force d'appui de la roue sur le sol.

FIGURE 4

Outil de ripage



LES OUTILS D'AGRESSIONS MÉCANIQUES

L'OUTIL DE ROULAGE

L'outil, illustré Figure 3, a été défini selon les niveaux de sollicitations mécaniques du classement performanciel du CSTB [2] (Centre scientifique et technique du bâtiment). Il simule une sollicitation de roulage à une pression de contact de 80 daN/cm^2 , pour un trafic dit normal d'engins équipés de roulet-

tes à bandage plat. Il est constitué d'une roulette, chanfreinée en acier austénitique NS 21 A, de diamètre 50 mm. La largeur de la bande de roulement est de 25 mm. La roulette est libre en rotation, un dispositif de blocage de la chape supportant la roulette permet d'aligner l'axe longitudinal de roulage dans le sens de déplacement du revêtement de sol. Le positionnement transversal de la roulette sur le revêtement de sol est repéré par un curseur et un réglett disposés sur la potence du banc. La charge appliquée sur la roulette est de $30 \pm 1 \text{ daN}$, tare comprise.

L'OUTIL DE RIPAGE

Les caractéristiques de l'outil de ripage utilisé pour l'étude ont été définies en vue de simuler le ripage d'une charge sur le revêtement de sol (cf. Figure 4). L'outil est un patin de forme rectangulaire ($2,5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$) en acier austénitique NS 21 A d'épaisseur 2 mm. Les bords perpendiculaires au sens de déplacement de l'outil ont été relevés afin de limiter le cisaillement des charges des revêtements de sol durant l'essai. La force appliquée sur le patin est de $30 \pm 1 \text{ daN}$, tare comprise. Elle a été définie afin de donner une pression similaire à celle rencontrée en entreprise.

LES MÉTHODES D'ESSAI

Les méthodes d'essai de sollicitation au roulage et au ripage sont similaires. Avant toute sollicitation, le coefficient de frottement du revêtement de sol est mesuré au moyen du PFT. Les outils d'agression sollicitent le revêtement sur une longueur d'un mètre. Les premiers essais ont permis de rechercher empiriquement le nombre de cycles minimum pour observer une évolution significative du coefficient de frottement sans détériorer trop rapidement le revêtement, un cycle étant un aller et retour de la table de guidage. Une évolution est observée à partir de 500 cycles pour le roulage et de 50 cycles pour le ripage (cf. Figures 5 et 6).

Après chaque phase de 100 cycles pour le roulage et 10 cycles pour le ripage, le revêtement est retiré du banc et nettoyé, puis son coefficient de frotte-

ment est mesuré. Il est ensuite dégraissé et repositionné sur le banc. Les outils sont nettoyés et leur géométrie est contrôlée. Les cycles de sollicitation se succèdent ainsi jusqu'à ce que le coefficient de frottement du revêtement soit inférieur à 0,30.

EXPÉRIMENTATION EN ENTREPRISES

Parallèlement aux expériences en laboratoire, des mesures du coefficient de frottement ont été réalisées dans cinq entreprises agroalimentaires, équipées des revêtements de sol pré-cités récemment posés. Les premières interventions dans ces entreprises ont consisté à observer et analyser l'activité du local choisi, ainsi que les flux de circulation des piétons et des engins de maintenance. Ces observations ont permis de sélectionner les zones sollicitées par les différentes agressions inhérentes à l'activité des locaux de ces entreprises ainsi qu'une zone dite de référence ; zone non sollicitée (le long d'un mur par exemple) si ce n'est par les produits d'entretien du revêtement de sol. Des mesures de coefficient de frottement à l'aide du PFT, ont été effectuées sur ces zones durant une période de deux ans à une fréquence de trois mois.

Par ailleurs, on constate qu'en entreprise, le roulage est l'agression mécanique prédominante, le déplacement des matériels par ripage sur le sol restant occasionnel.

RÉSULTATS EN LABORATOIRE

Les évolutions du coefficient de frottement des cinq revêtements de sol en laboratoire soumis aux agressions sont représentées sur les graphiques ci-dessous.

Nature des revêtements de sol :

- sol A : résine méthacrylate avec silices et quartz,
- sol B : résine polyuréthane avec silex,
- sol C : mortier hydraulique modifié avec granulats de quartz,
- sol D : carrelage grès cérame pressé 20 x 20 avec grains de carbure de silice incorporés dans la masse,
- sol E : mortier mono couche à base de résine époxydique.

Les sollicitations de roulage et de ripage étant effectuées sur des échan-

FIGURE 5

Evolution du coefficient de frottement en laboratoire durant la sollicitation de roulage

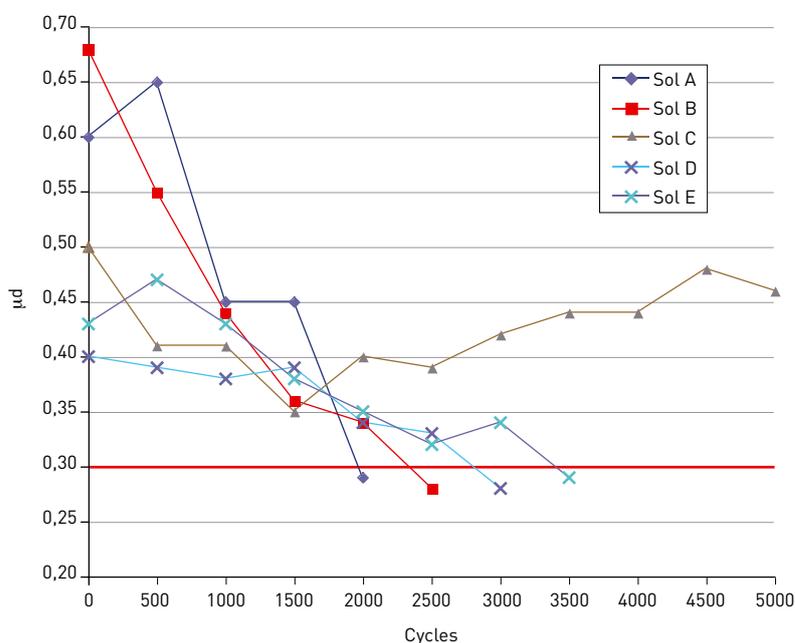
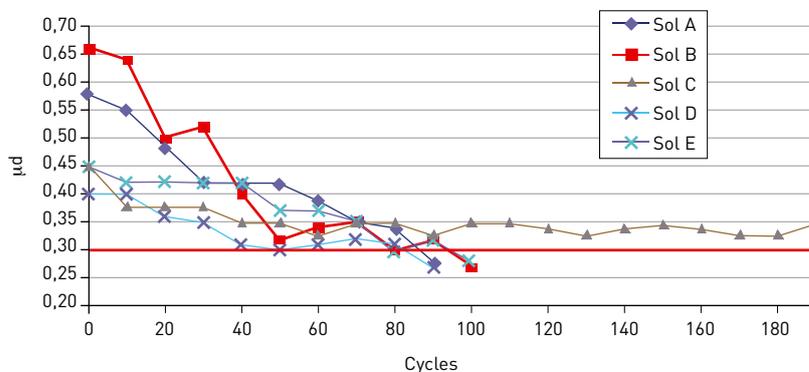


FIGURE 6

Evolution du coefficient de frottement en laboratoire durant la sollicitation de ripage



tillons différents, leurs valeurs de coefficient de frottement à réception peuvent présenter une légère différence.

Le classement des revêtements de sol obtenu dans cette étude n'est valable que pour les références étudiées et ne peut pas être extrapolé à d'autres références de revêtements.

Revêtement de sol A - résine méthacrylate avec silices et quartz

Cette résine méthacrylate de forte rugosité s'est désagrégée rapidement au contact des outils de roulage et de ripage, les charges de silice et de quartz se sont désolidarisées du support. Cet arra-

chage est probablement la conséquence d'une couche de fermeture insuffisante des charges. L'application de cette couche de fermeture est une opération délicate notamment pour des réalisations sur échantillons car elle doit être dosée de façon à retenir les charges sans pour autant les noyer. Le coefficient de frottement de ce revêtement est sous le seuil de 0,30 après 2 000 cycles de roulage. Ce seuil est atteint après seulement 90 cycles de sollicitation de ripage.

Revêtement de sol B - résine polyuréthane avec silex

Les remarques formulées pour le revêtement de sol A s'appliquent égale-

FIGURE 7

Evolution du coefficient de frottement en entreprise

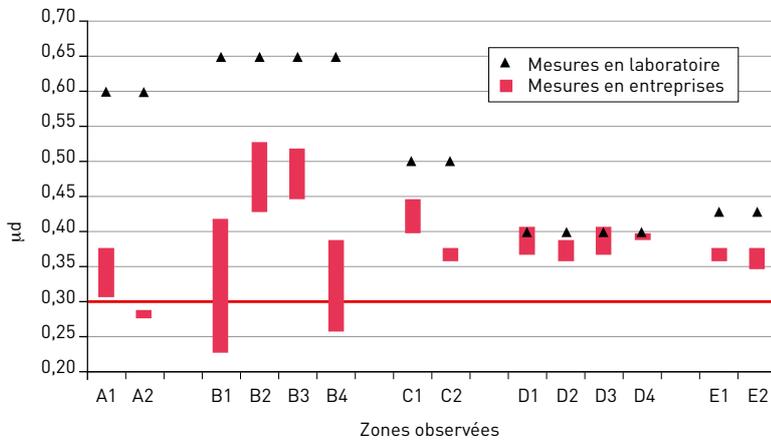
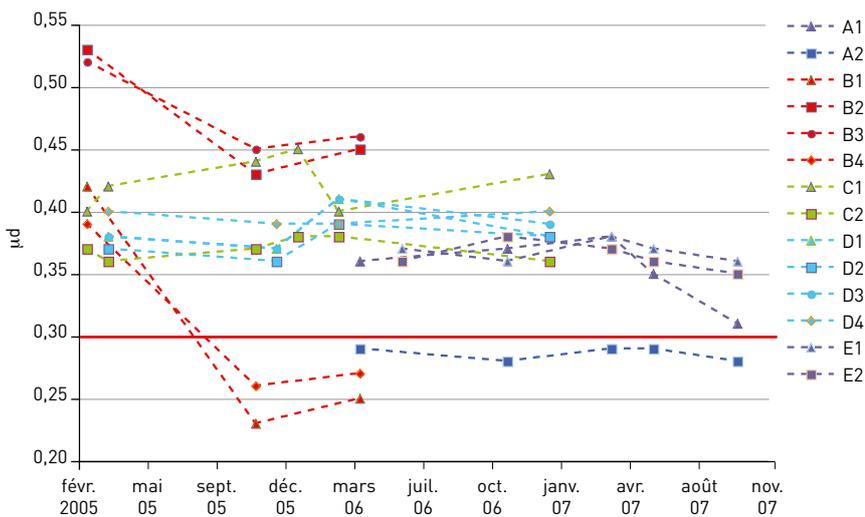


FIGURE 8

Evolution du coefficient de frottement en entreprise



ment pour cette résine polyuréthane. Le coefficient de frottement de ce revêtement est sous le seuil de 0,30 après 2500 cycles de roulage. Ce seuil est atteint après 100 cycles de sollicitation de ripage.

Revêtement de sol C - mortier hydraulique modifié avec granulats de quartz

Ce mortier hydraulique fait preuve d'une grande résistance aux sollicitations de roulage et de ripage. Les charges étant liées dans la masse ; on ne constate pas ou peu d'arrachement de matière. Les sollicitations ont été prolongées jusqu'à 5000 cycles pour le

roulage et 190 cycles le ripage : la valeur du coefficient de frottement reste très supérieure à 0,30.

Revêtement de sol D - carrelage grès cérame pressé 20 X 20 avec grains de carbure de silice incorporés dans la masse

Ce carrelage est un grès cérame dont les grains de carbure de silice sont incorporés dans la masse ; très peu de matière est arrachée durant les sollicitations. Le coefficient de frottement est sous le seuil de 0,30 après 3000 cycles de sollicitation de roulage et 90 cycles pour le ripage.

Revêtement de sol E - mortier mono couche à base de résine époxydique

Ce revêtement de sol est un mortier à base de résine époxydique ; très peu de matière est arrachée durant les sollicitations. Son coefficient de frottement est sous le seuil de 0,30 après 3500 cycles de sollicitation de roulage et 100 cycles pour le ripage.

RÉSULTATS EN ENTREPRISES

Sur la Figure 7, les rectangles représentent l'amplitude des coefficients de frottement mesurés sur les zones retenues des cinq entreprises. Les lettres identifiant l'entreprise correspondent à celles identifiant les types de revêtement de sol. Les triangles noirs rappellent les valeurs mesurées sur les échantillons neufs en laboratoire.

Mis à part le produit D qui est un produit préfabriqué, on observe une différence entre les valeurs mesurées sur les échantillons de laboratoire et celles réalisées en entreprises. Ceci s'explique par les différences de mise en œuvre et d'outils utilisés pour leurs réalisations.

La Figure 8 montre l'évolution dans le temps du coefficient de frottement des sols dans les cinq entreprises pour chacune des zones suivies

Entreprise A - résine méthacrylate avec silices et quartz

Cette entreprise est une cuisine centrale, dont certains locaux sont équipés d'une résine méthacrylate (cf. Figure 9). Deux zones ont été retenues, A1 et A2, dans un local de préparation et de stockage. Ces zones sont soumises aux sollicitations de roulage et, occasionnellement, de ripage. Les deux zones ont

FIGURE 9

Entreprise A



un état de surface différent probablement dû à une répartition inégale de la couche de fermeture. Le coefficient de frottement évolue de 0,38 à 0,31 pour la zone A1 la plus rugueuse ; pour la zone A2 dont la couche de fermeture est plus importante, il reste constant à 0,29 durant une période d'observation de 18 mois.

Entreprise B - résine polyuréthane avec silex

L'entreprise B est un atelier d'em-bouteillage dont la surface est recouverte de résine polyuréthane (cf. Figure 10). Sur les quatre zones retenues B1, B2, B3 et B4, les deux zones B1 et B4 sont fortement sollicitées par le roulage de chariots élévateurs, le coefficient de frottement chute de 0,42 à 0,23 pour B1 et de 0,39 à 0,26 pour B4. Le coefficient de frottement des deux autres zones, beaucoup moins sollicitées, B2 et B3 évolue identiquement de 0,53 à 0,43 durant une période de 13 mois d'observation

Entreprise C - mortier hydraulique modifié avec granulats de quartz

L'entreprise C est un abattoir équipé du mortier hydraulique (cf. Figure 11). Malgré des sollicitations de roulage et de ripage très importantes, les coefficients de frottement des deux zones retenues C1 et C2 restent très élevés : 0,40 et 0,38 durant une période d'observation de 22 mois.

Entreprise D - carrelage grès cérame pressé 20 X 20 avec grains de carbure de silice incorporés dans la masse

L'ensemble des locaux de cette usine de plats préparés est équipé du carrelage grès cérame, celui-ci est sollicité par le roulage de petits chariots et occasionnellement par le ripage (cf. Figure 12). Le coefficient de frottement des quatre zones retenues D1, D2, D3 et D4 s'est maintenu à une valeur moyenne de 0,39 durant une période d'observation de 21 mois.

Entreprise E - mortier mono couche à base de résine époxydique

Les locaux de fabrication, de préparation et de stockage de cette charcuterie industrielle sont équipés de la résine époxydique (cf. Figure 13). Celui-ci est soumis à de faibles sollicitations de roulage et de ripage. Sur les deux zones retenues E1 et E2, le coefficient de frot-

FIGURE 10

Entreprise B



FIGURE 12

Entreprise D



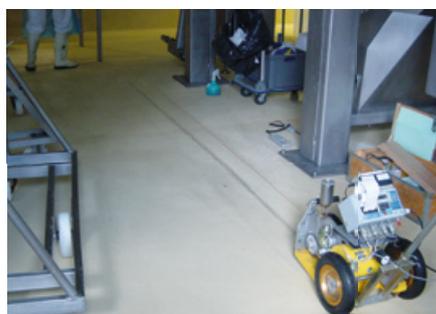
FIGURE 11

Entreprise C



FIGURE 13

Entreprise E



tement s'est maintenu à une valeur de 0,37 sur une période d'observation de 16 mois.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer en laboratoire et en entreprise l'évolution du coefficient de frottement de revêtements de sol soumis aux agressions mécaniques de roulage et de ripage.

Les résultats des tests en laboratoire montrent que pour certains produits, résine méthacrylate ou résine polyuréthane par exemple, le coefficient de frottement décroît rapidement, alors que le mortier hydraulique conserve ses caractéristiques pour une sollicitation plus importante. L'évolution du coefficient de frottement du fait du roulage ou du fait du ripage donne en relatif des courbes similaires et une classification identique des produits. En entreprise, on constate que le roulage est l'agression mécanique prédominante, le déplacement des matériels par ripage sur le sol

restant occasionnel, il est envisageable de ne conserver que le roulage dans la méthode d'essai définitive.

Concernant les mesures en entreprises, elles doivent être exploitées avec beaucoup de prudence ; les sollicitations ne sont pas comparables d'une entreprise à l'autre, d'une zone à l'autre dans une même entreprise, et peuvent ne pas être constantes dans le temps pour une même zone du fait de l'évolution des activités dans l'entreprise. Les variations de l'état de surface du sol à la pose selon les zones constituent un autre facteur d'incertitude.

Les mesures faites sur la résine polyuréthane (entreprise B) montrent par exemple que sur une même période, le coefficient de frottement chute de 0,42 à 0,23 dans une zone très sollicitée alors qu'il reste très élevé, évoluant de 0,53 à 0,43 dans une zone voisine moins sollicitée.

De même, le coefficient de frottement de la résine méthacrylate (entreprise A, zone A1) évolue de 0,38 à 0,31 sur une période d'observation de 18 mois, la même diminution en laboratoire nécessite 400 cycles de sollicitation de roulage ou 30 cycles de ripage. Le

coefficient de frottement de la résine polyuréthane (entreprise B, zone B1) évolue de 0,42 à 0,25 sur une période de sollicitation de 9 mois, la même diminution en laboratoire nécessite 1500 cycles de sollicitation de roulage ou 60 cycles de ripage. Dans cette seconde entreprise les sols des zones B1 et B4 sont fortement sollicités.

Il conviendra donc d'exploiter les mesures effectuées dans les zones les plus sollicitées.

Néanmoins, les mesures en entreprise ont confirmé des constats en laboratoire :

■ Le coefficient de frottement de la résine méthacrylate (sol A) et la résine polyuréthane (sols B) a chuté forte-

ment pour certaines zones en entreprise, ce qui est cohérent avec les courbes observées en laboratoire montrant une décroissance rapide de ce coefficient.

■ A l'opposé, les mesures effectuées sur site sur le mortier hydraulique dans l'entreprise C où le sol est fortement sollicité montrent que les coefficients de frottement restent très élevés à 0,40 et confirme la bonne tenue observée lors des essais de laboratoire.

Durant une période de deux ans de mesure des sols en entreprises, nous avons constaté une évolution significative des résines méthacrylate et polyuréthane, qui a pu être comparée avec les résultats de laboratoire. Pour les autres revêtements, nous avons observé une tendance d'évolution cohérente entre les

résultats obtenus in situ et en laboratoire. Il serait néanmoins intéressant de poursuivre les mesures en entreprises pour ces derniers sols, afin d'affiner la corrélation entre les deux méthodes d'essai.

Ces résultats de l'étude seront communiqués au Comité Européen de Normalisation (CEN) en vue de normaliser une méthode d'essai du coefficient de frottement des revêtements de sol intégrant un vieillissement en laboratoire.

Reçu le : 18/03/2010

Accepté le : 06/04/2010

POINTS À RETENIR

- Cette étude a permis de mettre en évidence l'évolution du coefficient de frottement dû au vieillissement des sols en entreprise.
- Selon leur nature, les revêtements de sol peuvent avoir une bonne tenue dans le temps, ou à l'inverse se dégrader rapidement. Le choix d'un revêtement de sol doit donc prendre en compte les sollicitations auxquelles il sera soumis.
- La méthode d'essai de vieillissement développée par l'INRS donne un classement des cinq sols mesurés identique à celui des mesures *in situ*.
- La méthode peut être normalisée. Seule l'usure par roulage doit être conservée dans le protocole d'essai, le ripage n'étant qu'occasionnel sur site et les essais par ripage donnent un classement identique à ceux par roulage.

BIBLIOGRAPHIE

[1] CNAMTS – Guide des revêtements de sol répondant aux critères « Hygiène – sécurité – aptitude à l'utilisation » pour les locaux de fabrication de produits alimentaires. CNAMTS, 1998, Paris, 38 p.

[2] CSTB – Classement Performanciel. Référentiel technique – Méthodes d'essais utilisées – Annexe 1, juin 2000.

[3] LECLERCQ S., TISSERAND M., SAULNIER H. – Assessment of the slip-resistance of floors in the laboratory and in the field: Two complementary methods for two applications. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1994, 13, pp. 297-305.

[4] LECLERCQ S., TISSERAND M., SAULNIER H. – Analysis of measurements of slip resistance of soiled surfaces on site. *Applied Ergonomics*, 1997, 28, 4, pp. 283-294.

[5] LECLERCQ S., SAULNIER H. – Floor slip resistance changes in food sector workshops: prevailing role played by "fouling". *Safety Science*, 2002, 47, 7-8, pp. 659-673.

[6] SVENSK STANDARD – SS 92 35 08 – Determination of rolling heavy duty swivel castors, 1978, pp. 1-10.