

- Équipement de protection individuelle
- Genou
- Normalisation

► *Patrice MARCHAL, Michel JACQUES, INRS, département Ingénierie des équipements de travail*

RÉPARTITION DE LA FORCE D'APPUI SUR LES PROTECTEURS DES GENOUX

De nombreuses situations de travail nécessitent l'utilisation de genouillères, qui sont testées selon la norme européenne EN 14404. L'objectif de l'étude décrite dans cet article était d'analyser la pertinence de certains paramètres de l'essai de répartition de la force d'appui, en particulier la localisation des 3 points de mesure, le genou artificiel utilisé et la valeur limite de 30 N.

Les positions des trois capteurs définis dans la norme ne permettent pas d'avoir la garantie de mesurer la pression maximale. La nappe de capteurs de pression mise en œuvre dans cette étude donne une cartographie complète et immédiate de la répartition de la force.

Trois genoux artificiels de différentes tailles et un genou simplifié ont été comparés. Selon les types de genouillère, la répartition de la force peut varier de 40 %. Cependant les pressions obtenues avec le genou simplifié sont dans les gammes de celles relevées avec les autres genoux. Son utilisation peut donc être envisagée, en remplacement du genou actuel, préconisé par la norme mais difficile à fabriquer et non représentatif de la diversité des morphologies.

Enfin, au vu du panel de protecteurs évalués lors des essais subjectifs, nous pouvons conclure que la limite de 30 N spécifiée par la norme est cohérente avec le confort ressenti par les sujets d'essai.

L'hygroma du genou est une affection péri-articulaire qui produit une inflammation des tissus sous-cutanés des zones d'appui du genou. Il touche principalement les personnes travaillant souvent à genoux (carreleurs, poseurs de revêtement de sol, électriciens, couvreurs, plombiers, etc.). En 2008, environ 400 maladies professionnelles ont été déclarées (Tableau 57D).

Pour limiter ces risques, les travailleurs ont à leur disposition des protecteurs des genoux répondant à la norme européenne EN 14404 [1]. Cette norme définit les spécifications et les méthodes d'essai des protecteurs des genoux. En particulier, elle donne une valeur limite de la force d'appui au niveau du genou et une méthode d'essai pour la mesurer. L'essai consiste à appliquer une force de 750 N sur un genou artificiel équipé du

KNEE PROTECTOR BEARING FORCE DISTRIBUTION

Many work situations require the use of knee protectors, which are tested in accordance with European Standard EN 14404. The aim of this study was to assess the relevance of certain bearing force distribution test parameters, in particular the 3 force measurement points, the artificial knee used and the 30 N limit value.

The three sensor positions defined in the standard do not guarantee measurement of the maximum pressure. The grid of pressure sensors implemented in this study maps fully and immediately the bearing force distribution.

Three artificial knees of different sizes and a simplified knee were designed and compared. The bearing force distribution can vary depending on the type of knee protector. But, the pressures obtained with the simplified knee are within the range of those recorded with the other knees. Use of the simplified knee can therefore be envisaged in place of the current knee, which is difficult to manufacture and is not representative of morphological diversity.

Finally, based on the sample group of protectors evaluated during subjective tests, we can conclude that the 30 N limit specified by the standard is consistent with the degree of comfort felt by the test subjects.

- Personal protective equipment
- Knee
- Standardisation

protecteur des genoux à tester. Trois capteurs de force disposés sur le genou permettent de mesurer la répartition de la force, qui ne doit pas dépasser 30 N par capteur (cf. Figure 1).

Pour les essais, la norme définit un genou de référence dont les dimensions ont été déterminées par moulage sur un sujet humain. Nous ignorons les critères ayant conduit au choix de ce sujet et, à notre connaissance, aucune validation de ce genou n'a été faite en vue de vérifier sa représentativité en termes de répartition de la force et de la surface d'appui. On peut s'interroger sur l'existence d'un genou humain représentatif d'une population moyenne et sur la possibilité de concevoir un genou avec des formes géométriques simples et facilement reproductibles, avec lequel on obtiendrait des résultats tout aussi pertinents.

La méthode normalisée de mesure de répartition de la force d'appui préconise d'utiliser seulement 3 capteurs de force situés aux endroits a priori les plus critiques, mais elle ne permet pas d'obtenir une cartographie suffisante de la répartition de la force et, en particulier, d'en déterminer la valeur maximale, dans la zone où l'hygroma est susceptible de se développer. Par exemple, si la surface du protecteur était conçue pour réduire l'appui au niveau des trois capteurs, un protecteur composé d'un matériau de mauvaise qualité pourrait être conforme à la norme, sans pour autant donner satisfaction aux utilisateurs en termes de confort.

Étant donné la variabilité des genoux et des endroits critiques pour l'hygroma, l'étude présentée dans cet article prend en compte la force maximale, quel que soit l'endroit où elle s'applique.

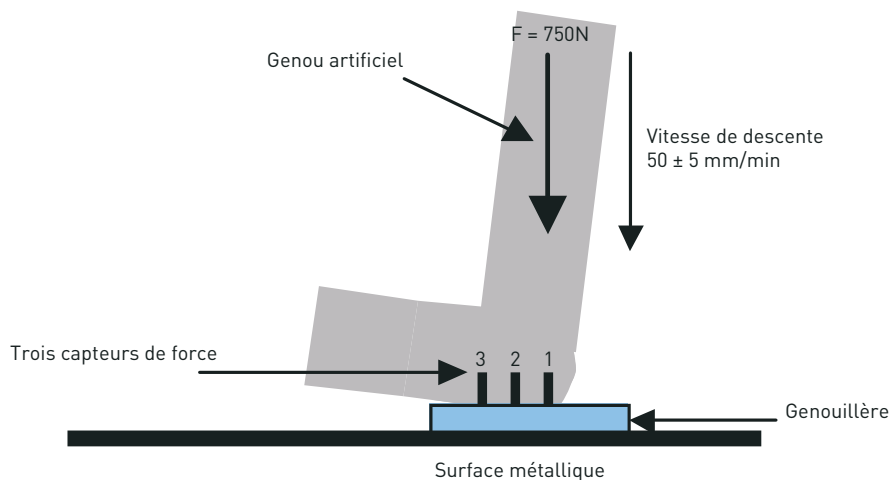
Dans la norme, la valeur limite a été définie à partir d'un consensus entre les différents participants du groupe de normalisation sur la base de genouillères estimées confortables par ce groupe, sans étude sur sujets permettant d'asseoir cette valeur.

L'objectif est d'analyser la pertinence des paramètres d'essai suivants :

- les 3 points de mesure de la force d'appui et les moyens de mesure utilisés,
- le genou artificiel défini dans la norme,
- la valeur limite de 30 N.

FIGURE 1

Représentation schématique du banc de mesure de la répartition de la force



Le cas échéant des améliorations du protocole d'essai sont proposées, en vue de garantir qu'elle permet de mesurer la répartition de la force, sur tous les types de protecteurs des genoux, quelles que soient leurs formes et leurs particularités.

La pertinence des autres paramètres de cet essai n'est pas remise en cause.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

En préalable, en collaboration avec des experts physiologistes de l'INRS, une recherche bibliographique a été réalisée afin de recenser les études sur l'hygroma du genou et ses moyens de préventions [2, 3].

Les seuls éléments trouvés sont les moyens pour soigner cette pathologie. Nous n'avons repéré aucune étude mettant en évidence le lien de cause à effet entre la position à genou sans protecteur et l'apparition de l'hygroma du genou.

Il paraît pertinent de penser que plus la pression sur le genou est faible et répartie, plus le risque d'hygroma est limité. Mais en l'absence de données scientifiques sur le sujet, la validation de la spécification de la norme a été basée sur le ressenti de confort par les sujets d'essai.

PERTINENCE DES TROIS POINTS DE MESURE

L'objectif de cette phase était de déterminer la pression maximale sur un panel de genouillères, afin de vérifier si elle correspond ou non à la pression relevée à l'un des trois points de mesures définis dans la norme.

Il a été nécessaire de trouver un moyen de mesurer la répartition de la force ou de la pression sur toute la surface d'appui du genou, afin d'établir une cartographie de cette répartition, de déterminer le maximum de la force et la position de ce maximum.

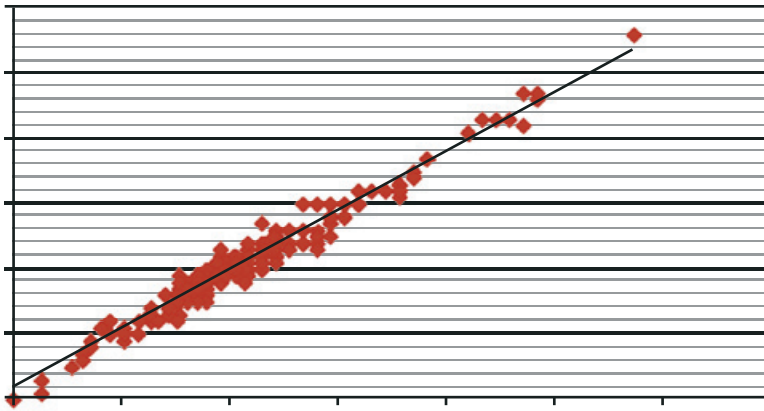
Par ailleurs, il devait être utilisable avec un genou artificiel mais également lors des évaluations avec des sujets d'essai.

Le choix s'est orienté vers une nappe de capteurs de pression de 16 x 16 cm équipée de 1024 capteurs de pression de 5 mm de côté. La validation de la mesure avec cette nappe par rapport à la méthode de mesure préconisée par la norme EN 14404 a été effectuée avec des protecteurs des genoux de conceptions différentes (plaques, genouillères formées), en superposant la nappe de capteurs de pression au genou normalisé équipé des trois capteurs de force.

La corrélation entre les mesures obtenues avec les capteurs de force et celles de la nappe de capteurs de pression est élevée (cf. Figure 2). Le coefficient de corrélation R^2 est égal à 0,96. Le coefficient directeur de la droite est de 0,91 avec une ordonnée à l'origine

FIGURE 2

Comparaison de la nappe de capteurs de pressions avec les capteurs de force définis dans la norme



égale à 1,6. Il faut noter que cette corrélation ne dépend pas du type de genouillère, ni de la position du capteur.

Cette évaluation valide l'utilisation de la nappe de capteurs de pression pour la mesure de la répartition de la pression.

REPRÉSENTATIVITÉ DU GENOU

Cette phase avait pour objectif d'évaluer l'influence de la taille et de la forme du genou sur la répartition de la force d'appui et donc sur la pression maximale.

Il convient de considérer deux grandes familles de genouillères :

- les plaques de mousse homogène (cf. Figure 3),
- les genouillères formées (cf. Figure 4).

RÉALISATION DES GENOUX REPRÉSENTATIFS DE DIFFÉRENTES TAILLES ET DU GENOU SIMPLIFIÉ

L'objectif était de comparer trois genoux de tailles différentes (grande, moyenne et petite) ayant des formes représentatives de genoux humains, ainsi qu'un genou simplifié constitué de formes géométriques simples.

Pour cela, les genoux droits de 40 sujets de morphologies variées ont été numérisés. Leur taille variait de 1,57 m à 1,90 m et leur poids de 51 kg à 126 kg. Un genou moyen théorique est calculé en prenant la moyenne des 40 numé-

risations. Chaque genou numérisé est ensuite comparé au genou moyen théorique afin de trouver celui s'en rapprochant le plus. C'est ce dernier considéré comme genou moyen représentatif qui a été fabriqué.

De la même façon, un genou représentatif des petites tailles a été défini sur la base des 20 plus petits genoux numérisés et un genou représentatif des grandes tailles sur la base des 20 plus grands genoux. Ce dernier ayant des dimensions proches de celles du genou spécifié par la norme, il a été utilisé en tant que gros genou.

Les dimensions du genou simplifié ont été définies à partir du genou moyen représentatif.

MESURES DE LA RÉPARTITION DE LA FORCE AVEC LES DIFFÉRENTS GENOUX

La mesure de la répartition de la force a été effectuée avec les quatre genoux (petite, moyenne, grande tailles et genou simplifié) sur différentes mousses et genouillères, avec la nappe de capteurs de pression. Les autres paramètres d'essais sont restés inchangés et étaient ceux de la norme EN 14404.

Ont été relevées :

- les valeurs de pression aux trois points de mesure définis dans la norme. Ces positions ont été déterminées sur les nouveaux genoux de la même façon que sur le genou normalisé : la position du 2^e capteur de force,

FIGURE 3

Plaque



FIGURE 4

Protecteur formé



point central, est la première surface qui vient en contact avec le sol. Les deux autres points sont sur l'axe de la jambe, de part et d'autre du point central distants de 2,5 cm ;

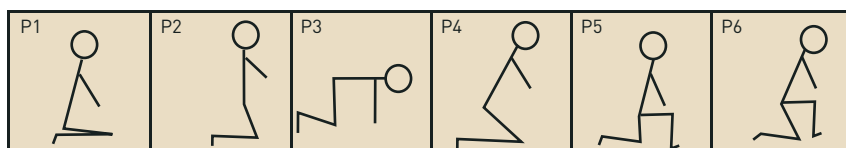
- la valeur de la pression maximale.

Dans un premier temps, les mesures ont été réalisées sur les mousses planes et homogènes en appliquant la force de 750 N quel que soit le genou. Les pressions relevées avec les différents genoux sur une même mousse ont été comparées.

Dans un second temps, les mesures ont été effectuées sur une série de genouillères formées, en appliquant la force normalisée de 750 N, afin de comparer les pressions obtenues avec les différents genoux pour un même protecteur.

TABEAU 1

Représentation des positions agenouillées



VALIDATION DE LA FORCE MAXIMALE SPÉCIFIÉE PAR LA NORME

L'objectif de cette phase est de valider la limite de 30 N spécifiée dans la norme ou de la redéfinir sur la base d'évaluation par des sujets d'essais. Le principe consiste à évaluer le confort des protecteurs ressenti par les sujets et, parallèlement, à mesurer la pression maximale au niveau du genou. La valeur limite retenue doit être positionnée de façon à ne considérer conformes que les genouillères jugées confortables.

Le protocole et le moyen de mesure ont été définis :

- choix et durée des positions à genoux,
- panel de sujets d'essai,
- échelle d'estimation du confort,
- nombre et période des mesures et notations,
- moyen de mesure de la pression.

Choix de la position d'essai

Une position agenouillée, représentative d'une situation de travail et induisant un maximum de poids sur les genoux, a été définie. Elle est stable et équilibrée (d'avant en arrière et de droite à gauche) pour limiter les variations d'appui sur chacun des genoux pendant les essais et, ainsi, éviter des écarts lors des mesures.

Différentes postures, schématisées dans le *Tableau 1*, ont été évaluées avec 10 sujets d'essai. Leur taille variait de 1,72 m à 1,85 m et leur poids de 64 à 96 kg. La répartition du poids sur les genoux a été mesurée selon la méthode suivante :

- les sujets ont été pesés,
- ils ont pris successivement les positions indiquées dans le *Tableau 1*, chaque genou des sujets d'essai était posé sur une balance (*cf. Figure 5*) afin de relever la répartition du poids sur chacun des genoux.

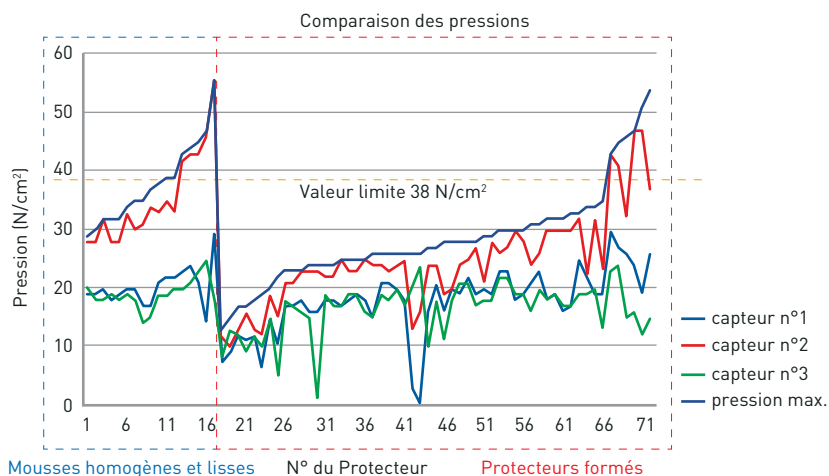
Évaluation des protecteurs des genoux

Le protocole d'essai établi simule des conditions de travail dans la position agenouillée définie. Les dix sujets d'essai étaient constitués d'étudiants pour une moitié, donc sans expérience des protecteurs des genoux, et de professionnels utilisant régulièrement des protecteurs, pour l'autre moitié.

La mesure de la pression maximale sur le genou et l'estimation du confort ont été relevées à trois moments différents :

FIGURE 6

Comparaison de la pression maximale avec les pressions aux points définis par la norme



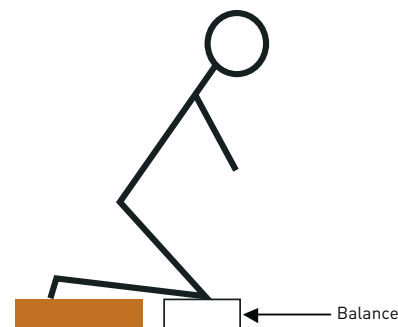
- T1 : début de la position à genoux,
- T3 : après trois minutes immobile sur les deux genoux,
- T6 : après six minutes, entre T3 et T6 une série de mouvements définis dans le protocole est effectuée par les sujets.

Le confort ressenti a été évalué sur une échelle graduée de 0 (le moins confortable) à 10 (le plus confortable).

Pour la mesure de la pression maximale, la nappe de capteurs de pression définie précédemment est positionnée entre le genou et la genouillère.

FIGURE 5

Position agenouillée pour mesurer la répartition sur chacun des deux genoux



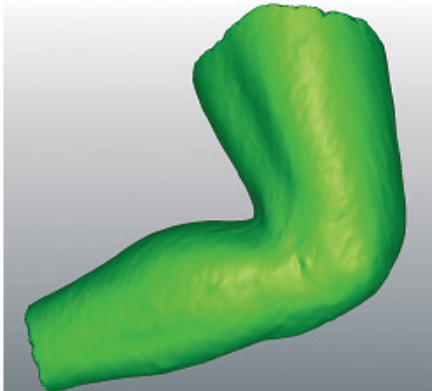
Les protecteurs ont été choisis pour couvrir une large gamme de répartitions de la force et de formes disponibles sur le marché. Ils sont constitués de tissus, de mousse ou de caoutchouc avec ou sans coque.

RÉSULTATS

Toutes les valeurs données par les capteurs de force sont converties en pression afin de pouvoir comparer les résultats des différents moyens de mesures. Ainsi, la valeur limite de 30 N définie par la norme EN 14404 et associée à un capteur de force, dont la surface d'appui est un disque de 1 cm de diamètre, correspond à une pression de 38 N/cm².

FIGURE 7

Exemple de genou modélisé



PRESSION MAXIMALE

La *Figure 6* donne, pour un panel de genouillères, les valeurs de pression obtenues avec la nappe de capteurs au niveau des trois points de mesure définis par la norme ainsi que la valeur maximale.

La *Figure 6* montre que les points de mesure spécifiés par la norme ne permettent pas d'avoir la garantie de trouver la valeur maximale quelle que soit la forme du protecteur. En effet, la valeur maximale de la pression est très souvent supérieure aux valeurs mesurées aux trois points définis par la norme. Les protecteurs numérotés de 1 à 17 sont des plaques ayant une surface lisse et plutôt plate, la pression maximale se situe en général au niveau du capteur 2.

Pour les autres protecteurs des genoux numérotés de 18 à 71, les surfaces comportent des rainures profondes, des bosses ou des trous et la pression maximale peut se situer à des points différents des points de mesure définis par la norme.

Pour la majorité des produits, il n'y a pas de remise en cause de leur conformité. Sur 72 protecteurs testés, 13 % sont non conformes en appliquant le protocole d'essai défini par la norme alors que 18 % sont non conformes en prenant en compte la pression maximale. Les trois protecteurs pour lesquels la conformité est remise en cause sont les échantillons 12, 69 et 72. Ils comportent des rainures importantes pour améliorer leurs souplesses. Si la genouillère se trouve positionnée pour que la rainure soit en face des capteurs, la force mesurée est très faible et sous-estime la force réelle sur le genou.

TABLEAU I

Pressions maximales obtenues avec les différents genoux pour une force d'appui de 750 N

Référence des mousses	Pression maximale (N/cm ²)			
	Gros genou	Moyen genou	Petit genou	Genou simplifié
1	38	45	58	52
2	15	18	24	21
3	21	25	32	29
4	12	14	19	17
5	13	16	22	19
6	11	13	17	15
7	18	22	31	27
8	16	20	29	22
9	17	20	30	22
10	16	20	31	22

FIGURE 8

genoux artificiels



La force relevée au niveau du capteur 1 (*cf. Figure 1*) est systématiquement inférieure à celle des capteurs 2 et 3. La pression nulle obtenue dans la zone du capteur 1 avec le protecteur 43 est due à sa forme particulière qui élimine l'appui à l'avant du genou et le déplace au niveau du tibia.

GENOU ARTIFICIEL

La *Figure 7* donne un exemple de genou modélisé. Les tailles des genoux scannés sont très variées. L'espace entre les condyles varie d'environ 8 à 12 cm. Afin qu'ils soient plus adaptés aux dimensions des genoux des utilisateurs, il semble important de proposer 2 à 3 tailles pour certains modèles de protecteurs préformés, ceci améliorera le confort et l'ergonomie.

Le *Tableau II* donne la pression maximale relevée lors de la mesure sur les différentes mousses planes avec les genoux de différentes tailles (*cf. Figure 8*)

FIGURE 9

genoux simplifié



et avec le genou simplifié (*cf. Figure 9*) en appliquant la force de 750 N.

Pour mémoire, le gros genou est celui de la norme.

Nous pouvons remarquer que les mousses respectant les spécifications de la norme restent conformes quel que soit le genou artificiel utilisé et la mousse 1 non conforme avec le gros genou reste non conforme avec les trois autres.

Pour une même force d'appui, la pression maximale est fonction de la taille du genou : elle est d'autant plus forte que la taille du genou est petite.

Quels que soient les genoux, y compris le genou simplifié, la corrélation entre les valeurs de la pression maximale relevées sur les différentes mousses est élevée : le coefficient de corrélation R^2 est supérieur à 0,95.

Les pressions relevées avec le genou simplifié se situent entre celles des petits et moyens genoux.

Les *Figures 10* et *11* donnent des exemples de droites de corrélation entre les pressions maximales obtenues avec les différents genoux sur des genouillères formées.

La corrélation entre les genoux de grande et moyenne tailles et le genou simplifié est bonne : le coefficient R^2 est de l'ordre de 0,8 à 0,9. Les coefficients directeurs des droites de régression linéaire sont proches de 1.

En revanche, la corrélation avec le petit genou et les trois autres est faible, les valeurs de R^2 descendent jusqu'à 0,6 et les coefficients directeurs des droites de régression linéaire peuvent atteindre 0,4. La forme plus anguleuse du petit genou explique une répartition différente de la force d'appui.

VALIDATION DE LA SPÉCIFICATION

La position pour effectuer les essais subjectifs a été choisie selon trois critères :

- le pourcentage du poids sur le genou le plus grand possible,
- la position la plus stable possible,
- la position la plus répétable par les différents sujets.

La position 2 représentée dans le *Tableau 1* a été retenue. Elle donne l'écart type le plus faible, avec un poids sur les genoux proche de 50 % du poids de l'individu. Elle correspond au buste et aux jambes perpendiculaires au sol, les bras le long du corps et la tête droite.

À noter que la valeur de la force d'appui de 750 N spécifiée par la norme correspond à la pression sur le genou d'un individu d'environ 120 kg en position agenouillée sur un genou conformément à la position 5.

La *Figure 12* donne l'exemple d'une mesure de la répartition de la pression sur le genou avec la nappe de capteurs de pression. La nappe comprend 32 lignes et 32 colonnes de capteurs. Dans cette représentation graphique, le niveau de pression est donné par différentes couleurs et la pression maximale est comprise entre 25 et 30 N/cm².

La *Figure 13* présente la comparaison du confort ressenti par les sujets d'essai par rapport à la pression maximale rele-

FIGURE 10

Corrélation entre les pressions maximales avec les genoux de grande et moyenne tailles

$$y = 1,0192x + 0,1839$$

$$R^2 = 0,8753$$

Gros genou max /
Genou moyen max

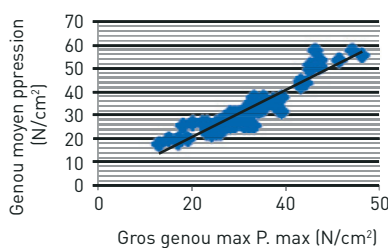


FIGURE 11

Corrélation entre les pressions maximales avec les genoux de grande et petite tailles

$$y = 0,3921x + 11,382$$

$$R^2 = 0,617$$

Genou moyenmax /
Genou petit max

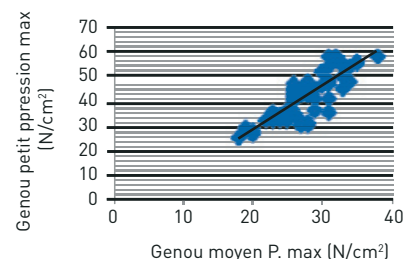


FIGURE 12

Exemple de représentation de la répartition de la force d'appui

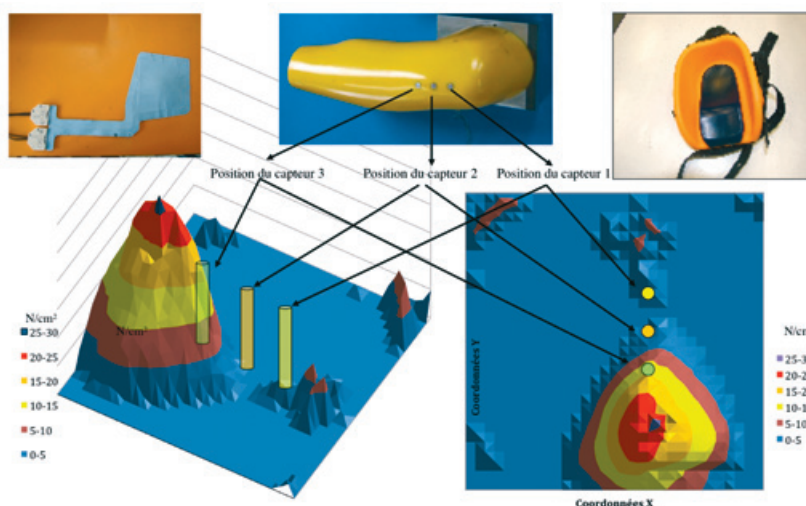
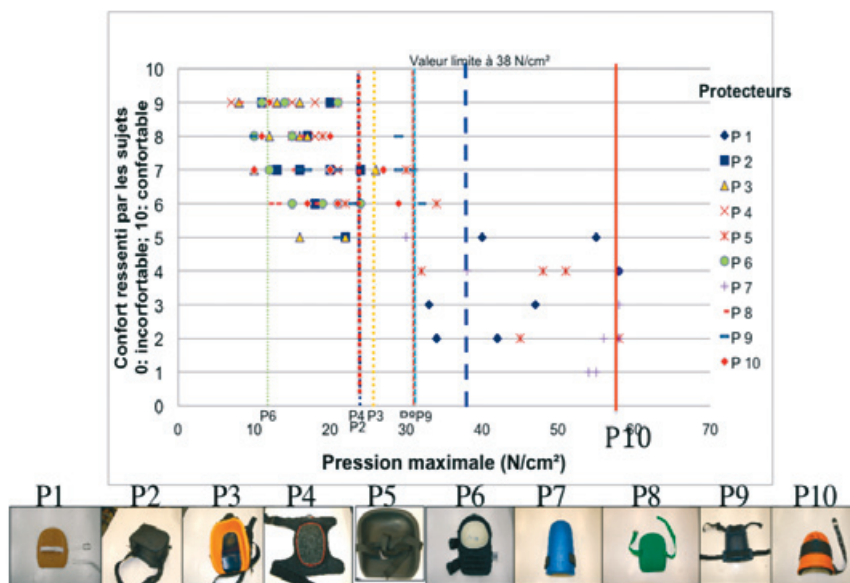


FIGURE 13

Comparaison du ressenti du confort avec la pression maximale



vée sur leur genou. Les lignes verticales montrent la pression maximale mesurée sur le protecteur avec le banc d'essai normalisé.

La limite à partir de laquelle les évaluations du ressenti du confort sont jugées acceptables est arbitrairement fixée à 5. Cette information n'a pas été donnée aux sujets.

Afin de leur donner des repères, le premier protecteur qu'ils évaluaient donnait de très bonnes valeurs de répartition de la force selon l'essai normalisé et le second de très mauvaises. Les sujets étaient libres de les évaluer sur une échelle de 0 à 10.

Les protecteurs P1, P5 et P7 estimés mauvais par les sujets d'essais donnent des valeurs de pression importantes comprises entre 19 et 58 N/cm² (58 N/cm² étant la pression maximale qu'il est possible de mesurer avec la nappe de capteurs de pression) et des moyennes comprises entre 38 et 53 N/cm². Les pressions mesurées sont donc cohérentes avec le ressenti des sujets qui les évaluent comme inconfortables. Par ailleurs, lorsque ces trois protecteurs sont mesurés sur banc d'essai avec les capteurs de force définis par la norme, ils donnent des pressions maximales comprises entre 85 et 145 N/cm² et sont donc non conformes à la norme.

Les six genouillères P2, P3, P4, P6, P8 et P9 ont été estimées confortables. Les pressions mesurées avec les sujets sont inférieures à 38 N/cm² sauf une mesure avec un sujet qui est de 50 N/cm². Les valeurs obtenues sur le banc d'essai normalisé sont également inférieures à 38 N/cm².

Le protecteur P10 est non conforme à la norme mais il est estimé confortable. La pression maximale mesurée lors des essais subjectifs était de 37 N/cm², valeur inférieure à la limite de 38 N/cm². La pression mesurée lors de l'essai normalisé est largement supérieure à celle relevée sur les genoux des sujets. La force normalisée de 750 N correspond à la force sur le genou d'un individu d'environ 120 kg en position agenouillée sur un genou, situation extrême qui n'a pas été atteinte avec les sujets d'essai.

Pour récapituler :

- six genouillères conformes à la norme ont été jugées confortables par les sujets ;

- trois genouillères jugées incon-

fortables par les sujets étaient non conformes à la norme ;

- une genouillère jugée confortable par les sujets était non conforme à la norme.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'objectif de cette étude était d'analyser la pertinence des paramètres de l'essai de la répartition des forces définis dans la norme EN 14404, en particulier :

- les trois points de mesure de la force d'appui,

- le genou artificiel défini dans la norme,

- la valeur limite de 30 N, pour des capteurs de force dont la surface de mesure est un disque de 1 cm de diamètre.

Cette étude montre que, pour les plaques en mousse plane et homogène, la pression maximale est souvent située au niveau du capteur n°2. En revanche, dès que les protecteurs ont des formes comportant des rainures ou des bosses, afin de déplacer les points d'appui ou d'améliorer l'ergonomie, la pression maximale peut se situer en dehors des trois points de mesure définis par la norme.

La différence entre la pression maximale et les mesures effectuées aux points normalisés peut être importante selon les formes de genouillères. Il est donc intéressant de mesurer cette pression en n'importe quelle position sur le genou.

La nappe de capteurs de pression utilisée ici permet une cartographie immédiate de la répartition de la force mais présente l'inconvénient d'être coûteuse et de nécessiter un système d'acquisition et de traitement des données complexe. Une veille active sera poursuivie pour suivre l'évolution de la technologie et pour pouvoir proposer un moyen de mesure pragmatique et dont le coût serait raisonnable.

Trois genoux représentatifs de grande, moyenne et petite tailles ont été définis à partir de la numérisation de 40 genoux réels. A la suite de la fabrication de ces trois genoux, un genou aux formes simplifiées et facilement réalisable a été défini pour un coût faible.

La comparaison des pressions maximales obtenues avec les trois genoux représentatifs et le genou simplifié donne une bonne corrélation lorsque les mesures sont réalisées sur des mousses planes. Avec des protecteurs de formes diverses, elle reste bonne pour les genoux de grande et moyenne tailles et le genou simplifié, en revanche elle devient faible avec le petit genou et les trois autres.

Les pressions obtenues avec le genou simplifié sont dans les gammes de celles relevées avec les autres genoux, en particulier le genou moyen facile à fabriquer et à moindre coût. Son utilisation peut donc être envisagée, à la place du genou artificiel défini par la norme mais difficile à fabriquer et non représentatif de la diversité des morphologies.

Une évaluation du confort d'un panel de 10 genouillères a été réalisée par 10 sujets d'essais, afin de valider la limite spécifiée par la norme. Elle permet de conclure que globalement, la limite spécifiée de 30 N pour un capteur dont la surface d'appui est un disque de 1 cm de diamètre est cohérente. Elle permet de déclarer conformes les protecteurs reconnus confortables et adaptés par les sujets d'essais.

Les résultats de cette étude seront présentés au comité européen de normalisation (CEN) sous forme d'un rapport technique afin de :

- sensibiliser le groupe de travail sur le fait que la méthode actuelle ne permet pas d'avoir la garantie de mesurer la pression maximale. Le moyen de mesure défini pour la présente étude sera proposé malgré son coût élevé ;

- proposer de remplacer le genou normalisé par un genou simplifié ;

- conserver la limite de 30 N pour la surface d'appui du capteur de force définie dans la norme EN 14404.

Une fiche pratique à paraître est en cours d'élaboration pour aider les utilisateurs et les préventeurs à choisir un protecteur des genoux adapté à leurs utilisations.

Reçu le : 14/12/2011

Accepté le : 03/01/2012

Remerciements : L'auteur remercie Agnès Aublet-Cuvelier et Dominique Haguenaer pour leur participation à cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Norme EN 14404 « Équipement de protection individuelle – Protection des genoux pour le travail à genoux », 2010

[2] Centre de Recherche Suédois en Sécurité du Travail dans le Bâtiment (BYGGHÄLSAN), Communication du XXI^e Congrès international de médecine du travail, Le Caire, 25 septembre au 1^{er} octobre 1981

[3] GONELLA M., LORTIE M., DENIS D. Prévenir les risques dans les petites entreprises : intervenir grâce aux équipements de protection individuels chez les poseurs de revêtements de sol : in Journées de réflexion scientifique de l'Institut santé et société : La recherche intervention en santé à l'UQAM (St-Paulin, Canada), 23 au 24 avril 2007