

**BAUDONNEL, J.**  
Institut Textile de France, Paris, France  
**GIROUD, J. P.**  
Woodward-Clyde Consultants, Chicago, Illinois, U S A  
**GOURC, J. P.**  
IRIGM, Université de Grenoble, Grenoble, France

**Experimental and Theoretical Study of Tensile Behavior of Nonwoven Geotextiles**  
**Etude expérimentale et théorique du comportement en traction des géotextiles nontissés**

The tensile behavior of a rectangular specimen of a nonwoven geotextile depends on several parameters. Tests allow to evaluate the influence of the following parameters: polymer (polyester, polypropylene), structure of the nonwoven (needlepunched, heatbonded), continuity (continuous filaments, short fibers), and specimen geometry. One of the findings is that the behavior of narrow specimens (where filaments can move rather freely) is basically different from the behavior of geotextiles in the ground. Consequently, it is recommended to use specimens with a width/height ratio of at least 5. A theoretical relationship between the strength of a nonwoven (isotropic or anisotropic) and the strength of its filaments is presented. Theoretical values of the strength of isotropic nonwovens are in close agreement with the test results (the few differences can be explained by the anisotropy induced during the test by filament reorientation). Also, according to the theoretical analysis, a width/height ratio of 5 is an optimal value beyond which the behavior of the specimen does not vary significantly.

Le comportement en traction d'une éprouvette rectangulaire de géotextile nontissé dépend de plusieurs paramètres. Des essais permettent d'analyser l'influence des paramètres suivants: polymère (polyester, polypropylène), structure du nontissé (aiguilleté, thermolié), continuité (filaments continus, fibres courtes), géométrie de l'éprouvette. Une des conclusions des essais est que les éprouvettes étroites ont un comportement très différent de celui du géotextile in situ du fait de l'excessive mobilité des filaments. On recommande donc l'emploi d'éprouvettes dont le rapport largeur/hauteur est au moins 5. Une étude théorique fournit une relation entre la résistance d'un nontissé le plus général (isotrope ou non) et celle de ses filaments. Les résultats théoriques relatifs au nontissé isotrope sont en bon accord avec les résultats expérimentaux (quelques différences étant expliquées par l'anisotropie induite lors de l'essai par la réorientation des filaments). Enfin, l'étude théorique montre que le rapport largeur/hauteur de 5 est un optimum au delà duquel le comportement de l'éprouvette change peu.

**INTRODUCTION**

Cette communication traite du comportement d'une éprouvette rectangulaire de géotextile nontissé de largeur B, soumise à une traction dans la direction de sa hauteur H. L'allongement est ΔH, d'où ε<sub>1</sub> la déformation moyenne axiale. Le rétrécissement est ΔB, d'où ε<sub>2</sub> la déformation moyenne latérale (Fig. 1).

**1. ETUDE EXPERIMENTALE**

**1.1 Présentation des essais**

Les essais ont été faits avec des mors de 500 mm fabriqués pour les géotextiles. La géométrie des éprouvettes a été: B de 50 à 500 mm, H de 30 à 500 mm, B/H de 0.1 à 16.

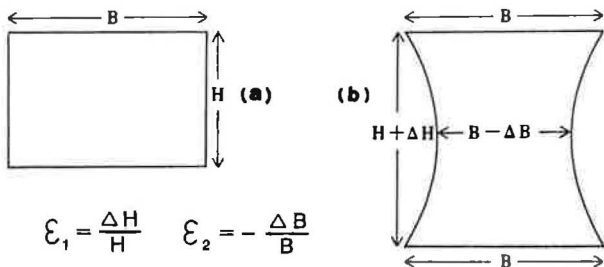


Fig. 1. Eprouvette: (a) avant traction; (b) tendue.

La vitesse de déformation axiale a été de 50% par minute sauf dans une série d'essais, faite avec des vitesses de 12.5 à 100% par minute, qui a montré que la vitesse avait une influence négligeable. Tous les essais ont été faits dans le sens machine après avoir vérifié, par quelques essais dans le sens travers, que les géotextiles testés étaient quasi-isotropes.

Chaque résultat présenté provient d'un seul essai. Compte tenu de la dispersion inévitable, il aurait été plus exact de répéter chaque essai et de faire une moyenne. Pour un nombre total d'essais donné (plus de 200), il a été jugé préférable de sacrifier la précision et d'examiner un grand nombre de paramètres.

**1.2 Géotextiles testés**

Pour chacun des cinq géotextiles nontissés testés nous donnons: le nom, la masse surfacique μ, la porosité n, le type, le polymère constituant les filaments ou les fibres, la masse linéique λ des filaments ou des fibres, et un symbole qui sera utilisé dans la suite: (1) Bidim U44, μ = 340 g/m<sup>2</sup>, n = 0.90, aiguilleté filaments continus, polyester, λ = 7.35 dtex, BD; (2) Sodoca AS400, μ = 370 g/m<sup>2</sup>, n = 0.86, aiguilleté filaments continus, polypropylène, λ = 7.1 dtex, SD; (3) Lutravil LDH, μ = 195 g/m<sup>2</sup>, n = 0.70, thermolié filaments continus, polyester, λ = 9.45 dtex, LT; (4) Typar, μ = 270 g/m<sup>2</sup>, n = 0.54, thermolié filaments continus, polypropylène, λ = 12.6 dtex, TP; (5) Sommer 400, μ = 400 g/m<sup>2</sup>, n = 0.93, aiguilleté fibres courtes, polyester λ = 17 dtex (50% en poids) et polypropylène λ = 6.9 dtex (50% en poids), SM.

Ce choix de géotextiles a permis d'étudier l'influence des paramètres suivants: (i) structure (aiguilletés, thermoliés); (ii) continuité (filaments continus, fibres courtes); (iii) polymère (polyester, polypropylène). Noter que la comparaison polyester-polypropylène est plus aisée entre BD et SD, de porosités voisines, donc ayant des arrangements semblables de filaments, qu'entre LT et TP. Le paramètre masse surfacique a été éliminé en divisant toutes les forces par la masse surfacique.

1.3 Comportement des filaments et fibres

Les essais de traction sur les filaments des géotextiles BD, SD, LT et TP donnent deux types de courbes (Fig. 2): (i) la courbe des filaments de polypropylène croît d'abord rapidement jusqu'à  $\epsilon_1 = 40\%$  environ puis croît lentement jusqu'à la rupture qui survient pour  $\epsilon_1$  très grand (159% pour les filaments de SD et 238% pour les filaments de TP); (ii) la courbe des filaments de polyester croît de façon continue jusqu'à la rupture qui survient pour  $\epsilon_1 = 71\%$  (filaments de LT) et  $\epsilon_1 = 78\%$  (filaments de BD). Jusqu'à  $\epsilon_1 = 30\%$  toutes les courbes sont voisines mais, au-delà, les filaments de polyester sont moins déformables.

Les fibres du géotextile SM se rompent pour:  $\epsilon_1 = 47.5\%$  (polyester) et  $\epsilon_1 = 105\%$  (polypropylène). Ayant subi un fort étirage préalable, elles sont moins déformables que les filaments de la Fig. 2.

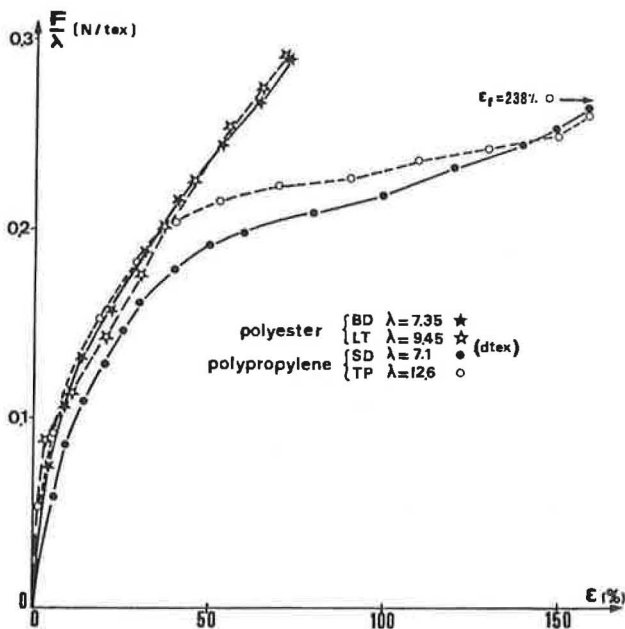


Fig. 2. Essais de traction sur filaments: force  $F$  par unité de masse linéique  $\lambda$  en fonction de la déformation  $\epsilon$ . La tenacité  $\zeta_F$  du filament est la valeur de  $F/\lambda$  à la rupture ( $\zeta_F = 0.295$  N/tex pour les filaments de polyester et  $0.265$  N/tex pour les filaments de polypropylène).

1.4 Résultats d'essais sur éprouvettes de géotextiles

Influence du polymère. Sur l'ensemble des essais sur nontissés à filaments continus, la déformation axiale à la rupture  $\epsilon_{1f}$  a été de 36% à 78% (géotextile BD), 25% à 64% (LT), 65% à 160% (SD), et 25% à 85% (TP). Pour un géotextile donné, la plage des valeurs de  $\epsilon_{1f}$  est large du fait de la variété de géométries des éprouvettes testées (voir Fig. 3a et 4a). Pour un même type de structure (aiguilletés d'une part, thermoliés d'autre part), les nontissés polypropylène sont plus déformables que les nontissés polyester, ce qui s'explique par la plus grande déformabilité des filaments polypropylène (Fig. 2). On constate également que la déformation axiale à la rupture des nontissés à filaments continus est inférieure à celle des filaments (entre la déformation axiale à la rupture des aiguilletés et celle de leurs filaments, le rapport est de 40 à 100%, selon la géométrie de l'éprouvette). Au contraire, les nontissés à fibres courtes peuvent avoir des déformations axiales très grandes, excédant celles des filaments (voir Fig. 6).

Ce qui précède concerne uniquement l'influence du polymère sur la déformation axiale à la rupture des géotextiles nontissés. L'influence du polymère sur la résistance sera discutée dans l'étude théorique.

Enfin, la déformation latérale,  $\epsilon_2$ , d'un nontissé polyester est légèrement supérieure en valeur absolue à celle d'un nontissé polypropylène (Fig. 3c et 4c).

Influence de la structure du géotextile. D'après les Fig. 3a et 4a, et de nombreuses courbes analogues non reproduites: (i) les thermoliés ont un module initial plus grand que les aiguilletés et beaucoup moins sensible aux variations du rapport des côtés de l'éprouvette, B/H; (ii) pour un polymère et une géométrie d'éprouvette donnés, la déformation axiale à la rupture d'un thermolié est inférieure à celle d'un aiguilleté. Lors des essais, on constate que la rupture est brutale dans le cas d'un thermolié alors qu'elle se propage progressivement à travers l'éprouvette dans le cas d'un aiguilleté. Ces constatations sur l'allure des courbes et le mode de rupture suggèrent que: (i) les filaments des aiguilletés sont relativement libres de s'orienter dans le sens de l'effort de traction, réorientation qui se traduit par une grande déformation axiale, donc un module faible au début de l'effort, et une répartition de l'effort entre de nombreux filaments atténuant les concentrations de contraintes susceptibles de causer une rupture brutale; (ii) les filaments des thermoliés, n'étant pas libres de s'orienter dans le sens des efforts de traction, peuvent se rompre prématurément en cisaillement et être le siège de contraintes concentrées susceptibles de causer la propagation brutale de la rupture.

La déformation latérale d'un aiguilleté se produit dans la première partie de l'essai du fait de la mobilité de ses filaments et elle est supérieure en valeur absolue à celle d'un thermolié (Fig. 3c et 4c). La variation de surface des éprouvettes (Fig. 3b et 4b) sera discutée plus loin.

Influence de la continuité des filaments. Les essais sur un aiguilleté de fibres courtes SM (Fig. 6) montrent que: (i) sa tenacité ( $\alpha/\mu$  à la rupture) est de l'ordre du tiers de celle des aiguilletés à filaments continus; (ii) sa déformation axiale à la rupture est supérieure à celle des fibres qui le constituent. On peut penser que les fibres courtes glissent les unes par rapport aux autres au cours de la traction, d'où la faible tenacité et la grande déformation.

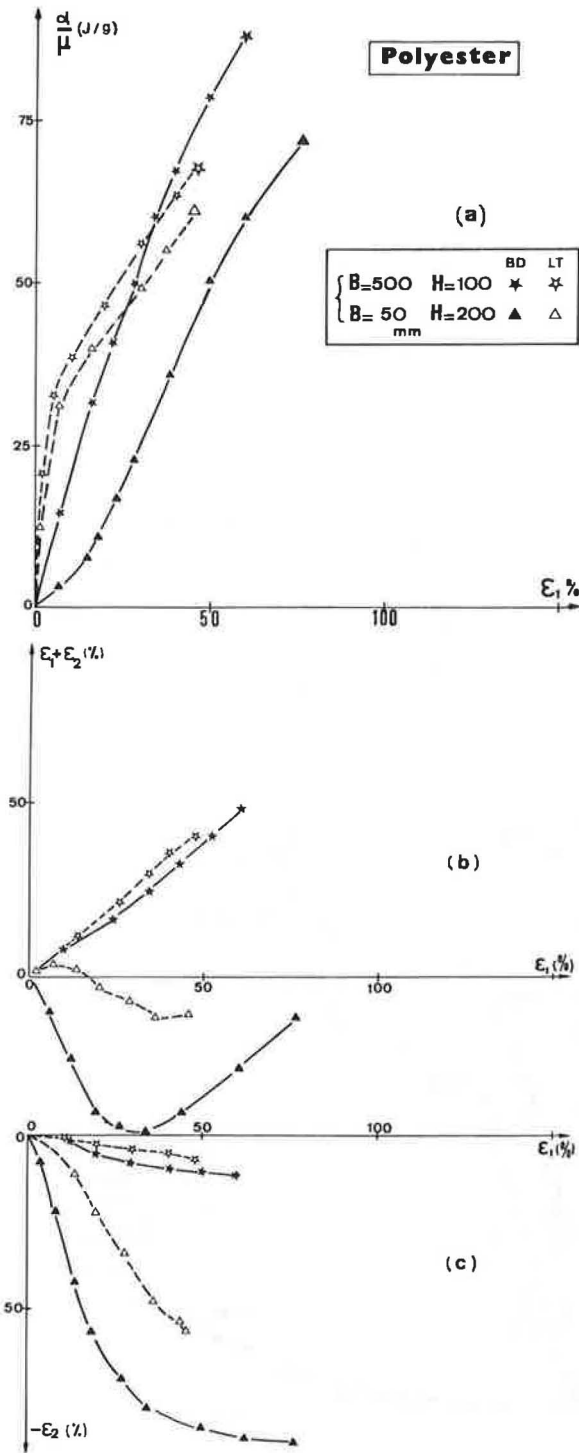


Fig. 3. Essais de traction sur géotextiles nontissés polyester: (a) force par unité de largeur  $\alpha$ /masse surfacique; (b) variation de surface de l'éprouvette; (c) déformation latérale  $\epsilon_2$  ( $\epsilon_1$  est la déformation axiale).

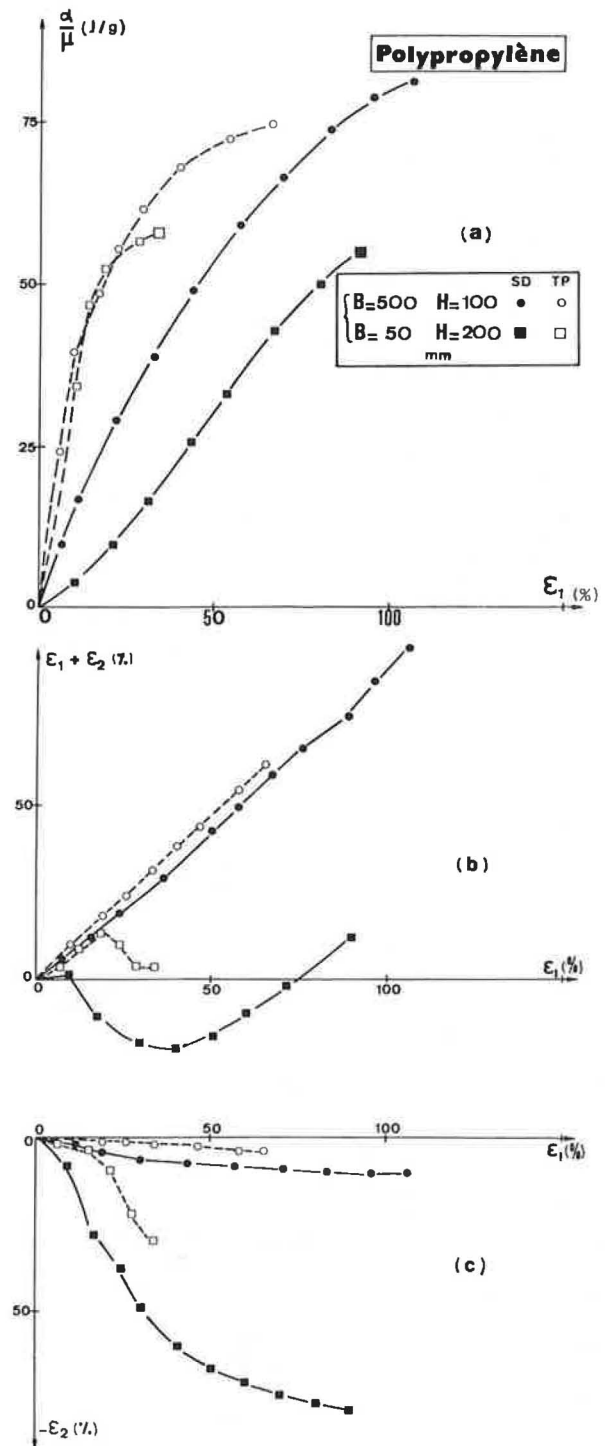


Fig. 4. Essais de traction sur géotextiles nontissés polypropylène: (a) force par unité de largeur  $\alpha$ /masse surfacique; (b) variation de surface de l'éprouvette; (c) déformation latérale  $\epsilon_2$  ( $\epsilon_1$  est la déformation axiale).

**Influence des dimensions de l'éprouvette.** Les courbes de la Fig. 5 sont relatives à des éprouvettes ayant un même rapport des côtés,  $B/H=1$ , et des dimensions (B et H) différentes. Pour un géotextile donné, ces courbes sont identiques sauf à la rupture qui se produit pour des déformations décroissantes lorsque la surface (BH) de l'éprouvette croît. Nous avons obtenu des résultats identiques pour les autres valeurs de B/H considérées. Par conséquent: (i) tout se passe comme si, au voisinage de la rupture, les filaments étaient moins libres de se réorienter lorsque l'éprouvette est grande; (ii) pour un rapport des côtés B/H donné, les valeurs de module (relatives à des déformations axiales inférieures à environ la moitié de la déformation axiale à la rupture) sont significatives, alors que la résistance et la déformation à la rupture dépendent des dimensions B et H. Il faut donc toujours mesurer le module dans les essais de traction.

**Influence du rapport des côtés de l'éprouvette.** D'après les Fig. 3a, 4a et 6, et de nombreuses courbes analogues non reproduites, on peut dire, pour les nontissés à filaments continus, que: (i) lorsque B/H augmente, la tenacité ( $\alpha/\nu$  à la rupture) du géotextile augmente et sa déformation axiale à la rupture  $\epsilon_{1f}$  diminue, ces deux effets étant beaucoup plus marqués pour les aiguilletés que pour les thermoliés; (ii) le module initial des aiguilletés augmente lorsque B/H augmente alors que celui des thermoliés varie peu. La Fig. 6 montre que le comportement en traction du nontissé à fibres courtes (SM) dépend très peu de B/H.

Lors des essais, on constate que le mode de rupture est très influencé par le rapport B/H. Pour les petites

valeurs de B/H (0.25, par exemple, essai de traction traditionnel) la rupture a lieu près des mors, tandis que pour les grandes valeurs de B/H (5, par exemple, valeur retenue par le Comité Français des Géotextiles) (1) on observe fréquemment une rupture se propageant en travers de la partie centrale de l'échantillon, suivant une ligne légèrement inclinée. On peut donc en conclure que les éprouvettes avec grand B/H permettent des essais plus significatifs.

Le rétrécissement  $\epsilon_2$  de l'éprouvette au cours d'un essai de traction (Fig. 3c et 4c) est nettement plus faible en valeur absolue pour les grandes valeurs de B/H (5, par exemple) que pour les petites valeurs de B/H (0.25, par exemple). Les éprouvettes avec grand B/H simulent donc le comportement des géotextiles dans les ouvrages où les déformations latérales sont quasi-nulles.

La surface d'une éprouvette varie au cours de l'essai de traction (Fig. 3b et 4b). Il y a conflit entre deux tendances: augmentation de surface due à la déformation axiale et diminution de surface due au rétrécissement latéral. Lorsque B/H est élevé (5, par exemple), la surface de l'éprouvette augmente régulièrement au cours de l'essai, alors que pour B/H faible (0.25, par exemple), la surface de l'éprouvette commence par diminuer avant d'augmenter (sauf dans le cas du nontissé thermolié TP). Ceci s'explique par la réorientation des filaments, plus difficile lorsque B/H est grand et plus facile pour les thermoliés que pour les aiguilletés. On peut conclure de ces remarques que les éprouvettes ayant une grande valeur de B/H fournissent des conditions d'essai plus régulières.

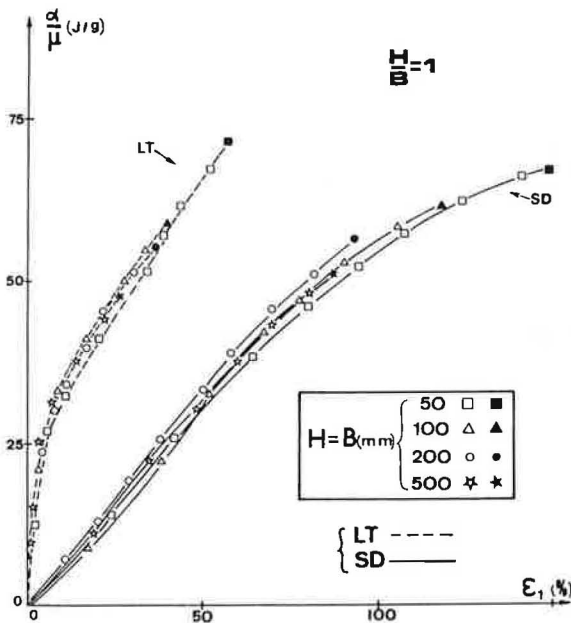


Fig. 5. Force par unité de largeur  $\alpha$ /masse surfacique  $\nu$  en fonction de la déformation axiale  $\epsilon_1$  pour éprouvettes de dimensions différentes mais de même rapport des côtés. Chaque courbe se termine au point noir.

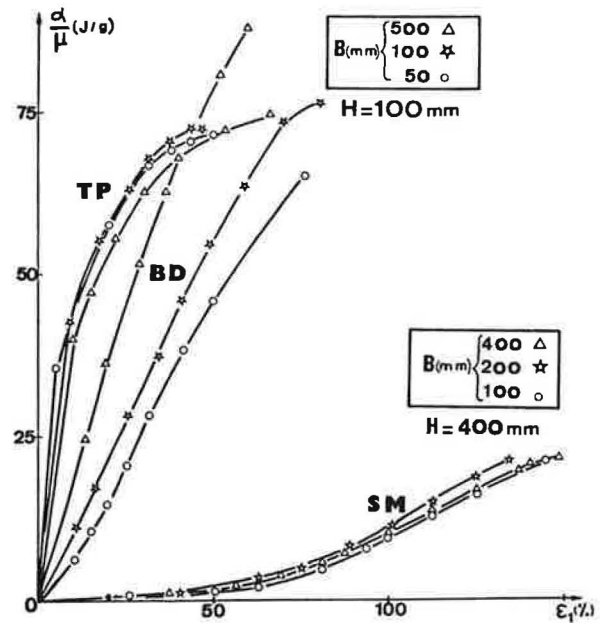


Fig. 6. Influence du rapport des côtés de l'éprouvette sur les résultats de l'essai de traction. Courbes donnant la force par unité de largeur  $\alpha$ /masse surfacique  $\nu$  en fonction de la déformation axiale.

2. ETUDE THEORIQUE

2.1 Présentation de l'étude

Cette étude conduit à une relation entre le comportement en traction d'un géotextile nontissé et celui de ses filaments. Les hypothèses suivantes sont faites: (i) le géotextile est homogène, c'est-à-dire statistiquement identique en tout point; (ii) la masse linéique et l'orientation des filaments sont distribuées de façon quelconque (l'étude s'applique aux nontissés anisotropes ou isotropes et, à la limite, aux tissés qui sont un cas extrême d'anisotropie); (iii) les filaments sont continus (l'étude ne s'applique pas aux géotextiles faits de fibres courtes); (iv) les filaments sont rectilignes (cette hypothèse n'est généralement pas vérifiée, d'où un écart entre résultats théoriques et expérimentaux); (v) la loi de comportement des filaments est linéaire ou linéaire avec palier (voir Fig. 9).

L'étude a nécessité de longs calculs dont seul le principe et les résultats sont présentés. La première partie consiste à décrire mathématiquement l'arrangement le plus général de filaments.

2.2 Arrangement des filaments

Distribution des filaments selon l'orientation.

Nous avons mis au point la méthode suivante: (i) on considère un échantillon de géotextile circulaire de surface A; (ii) on délimite toutes les orientations possibles par n secteurs d'angle  $\pi/n$  (n très grand) (Fig. 7a); (iii) sur la bissectrice de chaque secteur on porte un rayon vecteur:

$$\rho_i = \sqrt{2n m_i / (\pi A)} \quad (1)$$

avec:  $m_i$  = masse des filaments dont l'orientation est comprise dans le secteur i.

En joignant les extrémités des rayons vecteurs, on obtient une "courbe de distribution angulaire" dont la surface est égale à la masse surfacique  $\mu$  du géotextile. En effet:

$$\sum (\rho_i/2) (\pi \rho_i/n) = \sum m_i/A = \mu \quad (2)$$

Dans le cas d'un nontissé isotrope, la courbe est un demi-cercle de rayon  $\sqrt{2\mu/\pi}$ . Le cas le plus simple de nontissé anisotrope est celui où la courbe est une demi-ellipse (Fig. 7b):

$$\rho = \sqrt{2 a \mu / (\pi (\cos^2 \theta + a^2 \sin^2 \theta))} \quad (3)$$

avec: a = coefficient d'anisotropie (supérieur ou inférieur à 1) égal au rapport  $\rho_m/\rho_x$  (rayon vecteur sens machine/rayon vecteur sens travers).

La méthode est générale. La courbe de distribution angulaire s'applique même aux tissés. Elle a alors la

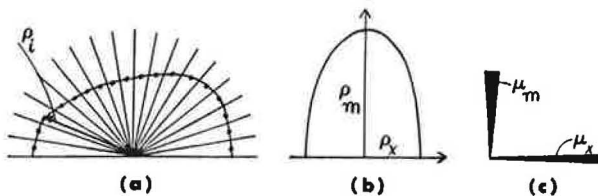


Fig. 7. Courbes de distribution angulaire des filaments: (a) principe; (b) nontissé anisotrope; (c) tissé.

forme d'une croix (Fig. 7c) dont les branches ont pour surface  $\mu_m$  et  $\mu_x$ , masses surfaciques dans le sens machine et le sens travers respectivement (avec évidemment  $\mu_m + \mu_x = \mu$ ).

Relation entre filaments et mors. Les seuls filaments contribuant à la résistance de l'éprouvette sont ceux qui relient les deux mors (Fig. 8a). La somme des masses linéiques des filaments reliant les deux mors de largeur B avec une inclinaison comprise entre  $\delta$  et  $\delta+d\delta$  est:

$$\sum \lambda_{\beta\delta} = B d\Omega_{\beta\delta} \cos \delta (1 - H \operatorname{tg} \delta/B) \quad (4)$$

avec:  $d\Omega_{\beta\delta}$  = aire du secteur angulaire (valant  $\mu d\delta/\pi$  dans le cas d'un nontissé isotrope);  $\beta$  = angle entre la direction machine et la normale aux mors (Fig. 8b).

2.3 Contribution des filaments à la résistance de l'éprouvette

La contribution d'un filament à la résistance de l'éprouvette dépend de sa déformation. Par des considérations géométriques, on montre qu'un filament incliné de  $\delta$  (Fig. 8a) a une déformation  $\epsilon_\delta$  plus faible que la déformation  $\epsilon$  de l'éprouvette:

$$\epsilon_\delta = \sqrt{1 + \epsilon \cos^2 \delta} - 1 \approx \epsilon \cos^2 \delta \quad (5)$$

Deux cas sont à considérer selon la forme de la courbe force/masse linéique en fonction de la déformation (Fig. 9). Si la courbe est linéaire (Fig. 9a), la force/masse linéique développée par un filament d'inclinaison  $\delta$  (se déformant de  $\epsilon \cos^2 \delta$ ) est plus faible que celle  $(F/\lambda)_0$  développée par un filament perpendiculaire aux mors (se déformant de  $\epsilon$ ):

$$(F/\lambda)_\delta = (F/\lambda)_0 \cos^2 \delta \quad (6)$$

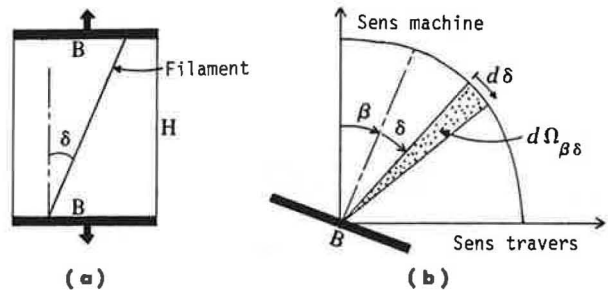


Fig. 8. Relation entre filaments et mors.

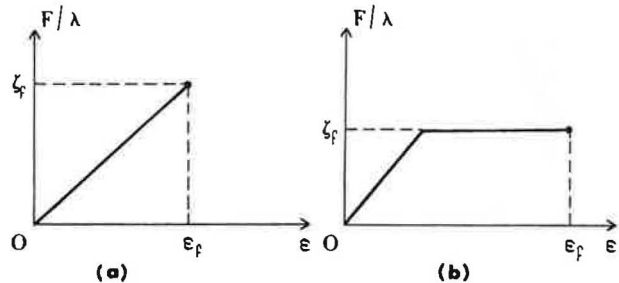


Fig. 9. Courbes de traction de filaments: (a) linéaire; (b) linéaire avec palier.

Sauf dans le cas de géotextiles anisotropes subissant une traction dans leur direction la plus faible, la résistance de l'éprouvette (somme de toutes les forces données par l'Eq. 6) atteint son maximum lorsque les filaments perpendiculaires aux mors se rompent (en effet, sitôt après, la résistance de l'éprouvette décroît car les filaments restants sont plus inclinés et ont une densité angulaire plus faible). On a alors, d'après la Fig. 9a,  $(F/\lambda)_0 = \zeta_f$ , d'où:

$$(F/\lambda)_\delta = \zeta_f \cos^2 \delta \quad (7)$$

La force développée par l'ensemble des filaments d'inclinaison comprise entre  $\delta$  et  $\delta+d\delta$  s'obtient en multipliant les Eq. 4 et 7:

$$dF_\delta = B \zeta_f d\Omega_{\delta\delta} \cos^2 \delta (1 - H \operatorname{tg} \delta / B) \quad (8)$$

La projection de cette force sur l'axe est  $dF_\delta \cos \delta$  et l'intégration pour toutes les valeurs possibles de  $\delta$  (de 0 à  $\operatorname{Arctg}(B/H)$ ) conduit à la relation entre la tenacité  $\zeta_g$  d'un nontissé et celle  $\zeta_f$  de ses filaments. Dans le cas d'un nontissé à anisotropie elliptique avec  $a \geq 1$  subissant une traction dans le sens machine, on obtient:

$$\zeta_g = \left\{ \frac{a \zeta_f / \pi}{(3a^2 - 1) \operatorname{Arctg}(B/H)} \left\{ 2a^3 \operatorname{Arctg}(aB/H) - (a^2 / (B/H)) \ln \left( \frac{1 + (aB/H)^2}{1 + (B/H)^2} \right) \right\} \right\} \quad (9)$$

Dans le cas d'un nontissé isotrope (subissant une traction dans n'importe quelle direction) cette équation devient:

$$\zeta_g = (\zeta_f / 4\pi) (3 \operatorname{Arctg}(B/H) + (B/H) / (1 + (B/H)^2)) \quad (10)$$

Si la courbe force/masse linéique en fonction de la déformation présente un palier assez long (Fig. 9b), au moment de la rupture de l'éprouvette tous les filaments travaillent à leur pleine tenacité,  $\zeta_f$ . Le  $\cos^2 \delta$  disparaît de l'Eq. 7 et  $\cos^2 \delta$  devient  $\cos \delta$  dans l'Eq. 8. Dans le cas d'un nontissé isotrope, l'intégration conduit alors à:

$$\zeta_g = (\zeta_f / \pi) (\operatorname{Arctg}(B/H)) \quad (11)$$

Les courbes des Eq. 10 et 11 (Fig. 10) atteignent

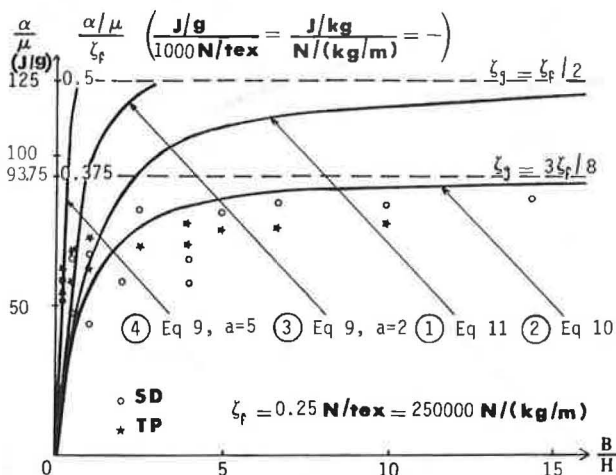


Fig. 10. Points expérimentaux et courbes théoriques pour le polypropylène ( $\zeta_f = 0.25 \text{ N/tex}$ , valeur moyenne du pseudo-palier de la Fig. 2).

90% de la valeur asymptotique finale pour  $B/H = 4.3$  et  $6.3$  respectivement, justifiant ainsi théoriquement la valeur 5 choisie par le Comité Français des Géotextiles pour le rapport  $B/H$  des éprouvettes (1). La valeur finale est  $\zeta_g = 3\zeta_f/8$  pour l'Eq. 10 et  $\zeta_g = \zeta_f/2$  pour l'Eq. 11. La moyenne de la tenacité d'un tissé dans les deux directions des fils est évidemment  $\zeta_g = \zeta_f/2$ . On en déduit que la tenacité d'un nontissé isotrope est théoriquement 75% à 100% de celle d'un tissé.

#### 2.4 Comparaison des résultats théoriques et expérimentaux

Les tenacités mesurées sur SD et TP, nontissés polypropylène quasi-isotropes devraient se situer entre les courbes 1 et 2 de la Fig. 10, car on peut estimer que le pseudo-palier des filaments de polypropylène (Fig. 2) constitue un cas intermédiaire entre la courbe linéaire et la courbe avec palier. En fait, les valeurs expérimentales sont environ 25% plus faibles pour  $B/H > 3$  et sont plus grandes pour  $B/H < 1$ . On observe les mêmes écarts entre les points expérimentaux relatifs aux nontissés quasi-isotropes polyester, BD et LT, et les valeurs calculées par l'Eq. 10 (qui devrait convenir pour les nontissés polyester car la courbe de traction de leurs filaments n'a pas de palier) avec  $\zeta_f = 0.295 \text{ N/tex}$ .

Le déficit de 25% pour  $B/H > 3$  s'explique par le fait que les filaments réels ne travaillent pas dans des conditions idéales: ils ne sont pas rectilignes et leur réalignement dans une éprouvette relativement large n'est pas facile, ce qui conduit à une rupture pour une déformation inférieure à celle permettant aux filaments de développer leur force maximale. En conclusion, le rapport entre la tenacité d'un nontissé isotrope (dans toute direction) et celle d'un tissé (moyenne dans la direction des deux fils) est de 56% ( $0.75 \times 75\%$ ) à 75% ( $0.75 \times 100\%$ ).

Le fait que, pour les faibles valeurs de  $B/H$ , les points expérimentaux soient au dessus des courbes théoriques relatives aux géotextiles isotropes peut s'expliquer par l'anisotropie induite dans l'éprouvette par la réorientation des filaments, chose facile dans une éprouvette relativement étroite (voir courbes 3 et 4 tracées pour un coefficient d'anisotropie  $a = 2$  et  $a = 5$  respectivement, Fig. 10).

#### CONCLUSION

Les résultats des essais de traction dépendent, en autres paramètres, du rapport des côtés de l'éprouvette, notamment pour les nontissés aiguilletés dont la mobilité des filaments diminue lorsque le rapport largeur/hauteur de l'éprouvette augmente. La valeur optimale de ce rapport est de 5 d'après l'étude théorique.

#### REMERCIEMENTS

Les essais ont été faits à l'Institut Textile de France par J. Baudonnel, selon un programme préparé et suivi par J.P. Courc. L'étude théorique a été faite par J.P. Giroud. Les auteurs remercient E. Melikov de ses commentaires sur la rédaction et J.W.S. Hearle de ses encouragements pour la poursuite de l'étude théorique.

#### REFERENCE

- (1) Leflaive, E., Paute, J.L., Ségouin, M., "La mesure des caractéristiques en traction en vue des applications pratiques", Comptes-Rendus du Deuxième Congrès International des Géotextiles, (Las Vegas, USA, Août 1982).