

Mesure de la perméabilité dans le plan des géotextiles non-tissés

Autor(en): **Rigo, Jean-Marie**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **105 (1979)**

Heft 8: **SIA, no 2, 1979**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73822>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Mesure de la perméabilité dans le plan des géotextiles non-tissés

par Jean-Marie Rigo, Liège

Depuis leur apparition, les géotextiles non-tissés ont été associés à la réalisation des travaux géotechniques et des constructions hydrauliques. En fait, ce matériau réunit la résistance mécanique non négligeable dans son plan de l'ordre de 70 daN par 5 cm de largeur, par 2 mm d'épaisseur, à un allongement de l'ordre de 50 % avant rupture et à une perméabilité de l'ordre de 10^{-2} cm/seconde. La nature chimique des fibres et le mode d'assemblage confèrent à ce matériau une durabilité appréciée. La structure contenant environ 90 % des vides est caractérisée par l'anisotropie ; aussi le coefficient de perméabilité est fonction de la direction d'écoulement. En outre, le coefficient de perméabilité dans le plan du géotextile est affecté par la pression normale à ce plan.

Les auteurs de l'étude qui suit, apportent une excellente contribution à nos connaissances très imparfaites de ce phénomène d'un grand intérêt pratique et scientifique. Ils montrent comment la transmissivité varie avec le type de non-tissé et la pression, et comment la mesurer. Ainsi, les ingénieurs auteurs des projets trouvent dans cette étude les éléments objectifs de choix d'un type de géomembrane convenant au mieux à la réalisation des travaux envisagés.

Kazimir Gamski¹

1. Introduction

L'emploi des textiles en géotechnique a connu un essor considérable ces dernières années. On les emploie principalement comme armature de sol de portance médiocre, comme séparateurs de matériaux de granulométrie différente et comme drains.

Les considérations qui suivent se rapportent au troisième mode de travail : le drainage.

La résistance à l'écoulement de l'eau dans le plan du textile est caractérisée par un coefficient de perméabilité « k_p ». La capacité du textile à véhiculer un fluide dans son plan a longtemps été négligée. C'est à la suite de recherches sur l'utilisation de ces géotextiles dans les remblais ou talus vertical armé [1]² et comme drains Kelljmann pour l'accélération de la consolidation des sols, que cette propriété a été révélée [2].

Attendu qu'il existe peu d'informations sur ce thème, nous avons pensé intéressant de développer ce sujet. La perméabilité « k_p » dans le plan est influencée par de nombreux facteurs, notamment :

- du type de géotextile,
- des types de sols avoisinants,

¹ Professeur ordinaire à la Faculté des sciences appliquées de l'Université de Liège. Institut du génie civil, quai Banning 6, B - 4000 Liège.

² Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

- de la pression appliquée perpendiculairement au tissu,
- des caractéristiques de l'eau du milieu,
- etc...

Il n'est pas possible de rassembler tous ces facteurs et de les simuler au cours d'un essai. La complexité qui en résulterait rendrait les résultats inexploitable ; aussi avons-nous essayé d'être le plus simple possible et d'attaquer un seul problème à la fois, c'est-à-dire l'étude de la perméabilité intrinsèque du géotextile. Il nous est apparu indispensable, avant d'aller plus loin, de traiter ce premier cas. Comme il ne sera question que d'écoulement dans le plan du textile, nous transformons « k_p » en « k ».

2. Appareillage utilisé

2.1 Principe de l'essai

Le principe de l'essai est de mesurer un débit d'eau et une épaisseur d'éprouvette sous une charge hydraulique et une pression transversale données. Ces mesures permettent le calcul du coefficient de perméabilité « k ».

Notre but sera d'examiner l'influence de la variation de la pression transversale appliquée sur la perméabilité pour une charge hydraulique fixée à 1 m d'eau.

2.2 Appareillage

Dans une éprouvette circulaire prise en sandwich entre deux plaques métalliques, l'alimentation en eau a lieu au centre du système. L'écoulement est

radial et la mesure du volume d'eau évacuée pendant un certain temps (débit Q) se fait dans un canal de récupération extérieur. La charge hydraulique appliquée au centre de l'éprouvette est assurée par une colonne d'eau dont la hauteur de 1 m est facilement contrôlable (fig. 1).

Le dispositif de mise en pression des flasques est constitué d'un plateau de répartition de charge en trois points sur lequel agit un vérin pouvant exercer des efforts de 5 tonnes. Ce vérin prend appui sur un cadre métallique. La flasque inférieure est posée sur la traverse inférieure du cadre. Entre la flasque supérieure et le vérin se trouve le plateau de répartition des charges. Le contact avec la flasque supérieure est établi au moyen de trois billes disposées à 120° et aux deux tiers du rayon de cette dernière.

L'épaisseur du géotextile est mesurée par trois comparateurs disposés à la périphérie du système.

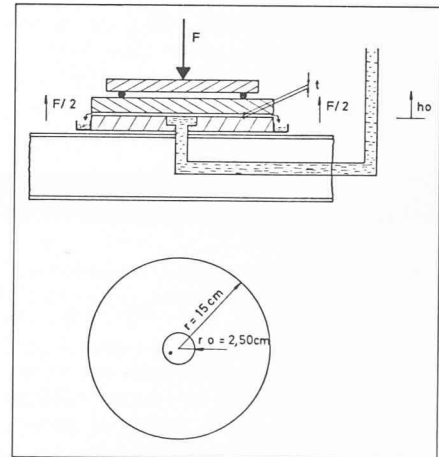


Fig. 1. — Disposition de l'essai.

2.3 Formulation mathématique du problème

La valeur du coefficient de perméabilité obtenue au moyen de ce dispositif d'essai est :

$$k = \frac{Q}{2\pi t \Delta h} \ln \frac{r_1}{r_0}$$

où k est le coefficient de perméabilité recherché (cm/sec)

Q est le débit moyen traversant l'éprouvette (cm³/sec)

t est l'épaisseur du géotextile au moment de la mesure (cm)

Δh est la différence de hauteur d'eau (charge hydraulique) entre la source centrale et la périphérie du dispositif d'essai

r_1 est le rayon extérieur des flasques = 15 cm

r_0 est le rayon de la zone d'alimentation = 2,5 cm

Remarquons que, dans ce cas, la charge hydraulique à la périphérie est nulle. Dès lors :

$$h = h_0 = 100 \text{ cm}$$

La charge hydraulique étant une constante du problème, la formule de « k » donne :

$$k = \frac{Q}{t} \times \frac{1}{2\pi \cdot 100} \cdot \frac{15}{2,5}$$

$$k = 2,851 \cdot 10^{-3} \frac{Q}{t}$$

Lors du tarage du vérin, il est tenu compte du poids de la flasque supérieure, de la plaque de répartition, du vérin et la résultante des poussées verticales de l'eau en mouvement dans le géotextile, qui tend à soulever la flasque supérieure, est prise en compte.

2.4 Mode opératoire

Avant essai, les éprouvettes sont saturées d'eau, afin d'éliminer toute bulle d'air. Pour cela, il est fait appel à un produit tensio-actif dans un premier bain. Les éprouvettes sont ensuite abondamment rincées dans un deuxième bain d'eau claire. Cette période de préparation dure au moins 12 heures et le dispositif d'essai est noyé pendant la phase de la mise en place de l'éprouvette. Le montage et la mise en position se fait donc sous eau. Ces opérations ont pour but d'empêcher au maximum l'emprisonnement d'air dans l'échantillon avant essai. Le tissu est mis en charge jusqu'à la pression de 1 bar ; l'arrivée d'eau est branchée et l'appareillage est désaturé.

L'essai proprement dit peut commencer :

- mesure de l'épaisseur (t) de l'éprouvette au moyen des comparateurs,
- mesure du volume écoulé et du temps correspondant,
- incrémentation de la charge,

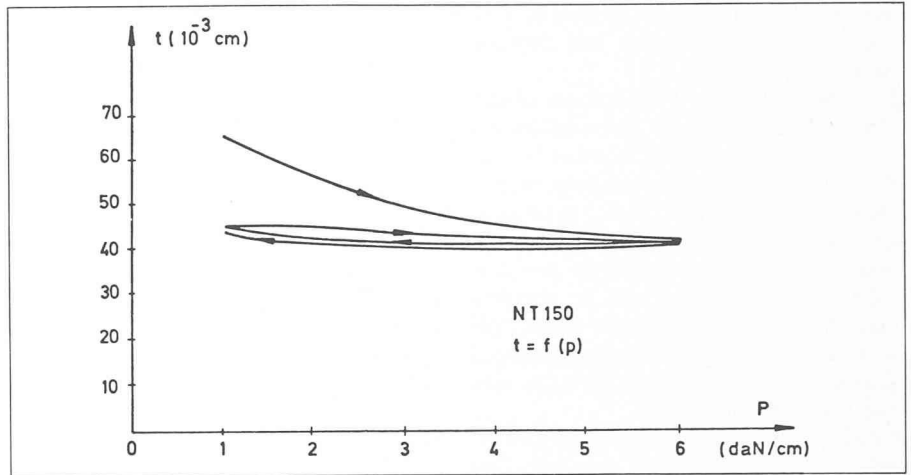


Fig. 3. — Courbe H = f (p).

- stabilisation pendant 10 minutes de la charge à la nouvelle valeur pour permettre le fluage du matériau,
- mesure du volume et du temps,
- etc...

Chaque échantillon subit deux cycles de charge-décharge de 1 à 6 daN/cm² environ (kg/cm²) par paliers de 1 daN/cm².

3. Matériaux testés

Il s'agit de quatre produits issus d'une même technologie de fabrication : les nontissés aiguilletés. Ils sont fabriqués à base de filaments de Polyester de 27 microns de diamètre. La différence entre deux types d'échantillons est la masse surfacique (M_s). Nous les appellerons :

- NT 150 M_s = 150 g/m²
- NT 210 M_s = 210 »
- NT 270 M_s = 270 »
- NT 340 M_s = 340 »

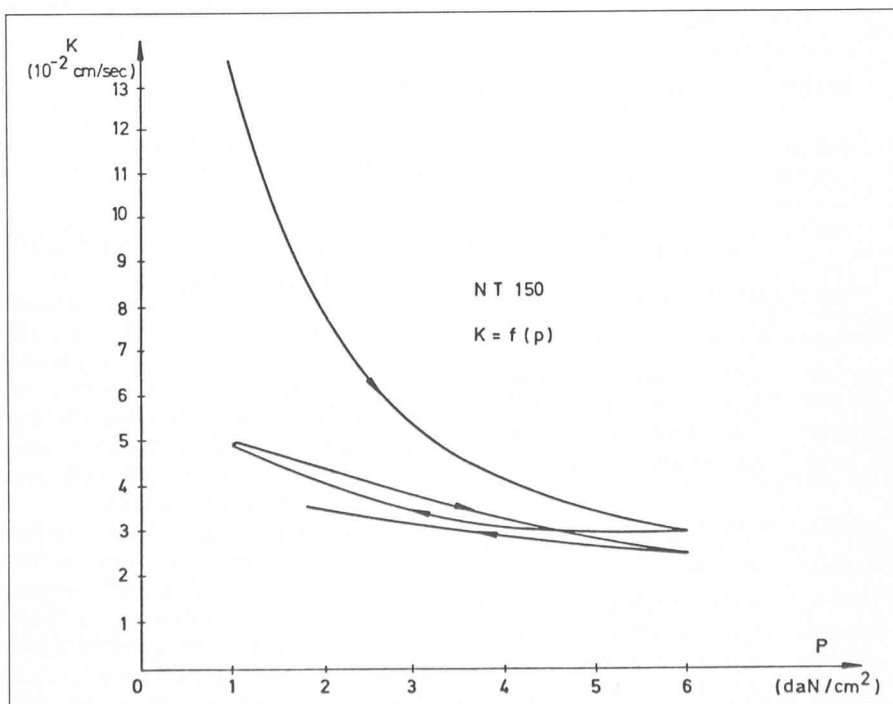
4. Résultats obtenus

Il serait assez fastidieux de reproduire ici tous les résultats obtenus. Nous suivrons les raisonnements sur la base des résultats d'un type de non-tissés : nous nous contenterons de donner les résultats finaux obtenus sur les autres types au moment des conclusions. Nous suivrons plus particulièrement le NT 150.

TABEAU 1 : NT 150

P (daN/cm ²)	t (10 ⁻³ cm)	k (10 ⁻² cm/sec)
1	65,0	13,4
2	54,0	8,2
3	49,0	5,3
4	46,0	4,4
5	43,0	3,11
6	41,0	3,02
4	41,0	3,28
3	41,3	3,33
2	42,3	4,00
1	44,3	4,94
2	44,0	4,42
3	43,0	3,77
4	42,3	3,25
5	41,0	2,90
6	40,6	2,59
5	40,3	2,65
4	40,3	2,79
3	41,0	2,99
2	41,3	3,44
1	43,3	4,56

Fig. 2. — Courbes k = f (p).



5. Analyses et résultats

5.1 Courbes critiques k = f(p) t = f(p)

L'évolution de « k » en fonction de la pression transversale est la même pour tous les géotextiles testés. La figure 2 montre qu'à la première mise en charge la perméabilité diminue de manière assez sensible. Lors de la décharge et du cycle de charge-décharge suivant, elle n'évolue plus de manière appréciable. Cette constatation, ainsi que les essais annexes,

nous ont montré que la courbe de première mise en charge est une caractéristique du matériau.

En effet, lors de l'application d'une charge latérale P_1 , la perméabilité au cours des cycles suivants, à pression inférieure à P_1 , se situera au voisinage de k_1 ; idem pour les couples (P_2-k_2) et (P_3-k_3) . Cela signifie que la perméabilité du non-tissé, à un moment donné de son histoire, sera influencée par la pression maximale (P_{max}) qu'il aura subie. On se trouve en présence d'un comportement similaire à celui rencontré dans les sols que l'on consolide.

Nous déciderons d'appeler la courbe de première compression la « courbe critique de perméabilité (k) » et nous limiterons nos investigations à cette dernière. Le même raisonnement peut être appliqué aux résultats de la mesure de l'épaisseur du matériau en fonction de la pression. Nous appellerons la courbe de première compression la « courbe critique des t ».

Remarque

Des essais préliminaires ont montré, au moyen d'un dispositif simple, que l'anisotropie dans le plan des échantillons peut être négligée. Il ne sera dès lors plus fait allusion à ce problème.

5.2 $e = f(t)$

soit :

- e = l'indice des vides de l'échantillon
- V_T = volume total de l'échantillon
- V_V = volume des vides de l'échantillon
- V_F = volume des fibres de l'échantillon
- M_s = masse surfacique de l'échantillon
- γ_s = masse spécifique du Polyester = 1,39 g/cm³

$$e = \frac{V_V}{V_F} = \frac{V_T - V_F}{V_F}$$

Pour un échantillon de 1 cm² de géotextile :

$$V_T = 1 \times 1 \times t \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$V_F = \frac{M_s}{\gamma_s}$$

Dès lors :

$$e = \frac{t \cdot 1 - \frac{M_s}{\gamma_s}}{\frac{M_s}{\gamma_s}}$$

$$e = \frac{\gamma_s}{M_s} t - 1 \text{ Expression de la forme } A_1 t + A_2$$

$$\text{car } A_1 = \frac{\gamma_s}{M_s} \text{ et } A_2 = -1$$

Le tableau II fournit les valeurs de « e » en fonction de « t ».

$$e = A_1 t + A_2$$

Rappelons encore que ces résultats s'appliquent à la « courbe critique des épaisseurs (t) ».

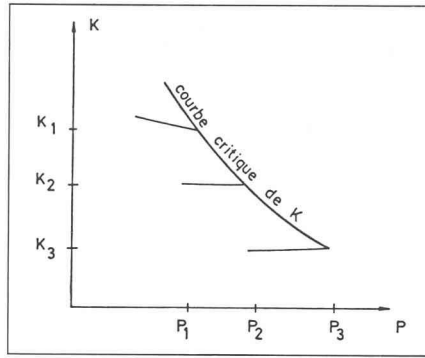


Fig. 4. — Courbe critique de k .

5.3 $e = f(p)$

Cette relation est de type logarithmique et peut s'inscrire sous la forme :

$$e = A_3 \ln \cdot p + A_4$$

Les valeurs des paramètres A_3 et A_4 peuvent être obtenues pour chaque type de matériau par la méthode des moindres carrés. Le tableau III donne ces valeurs ainsi que les valeurs des coefficients de corrélation (r).

La corrélation est excellente.

5.4 $k = f(e)$

Cette relation de type linéaire peut s'écrire :

$$k = A_5 e + A_6$$

Par la méthode des moindres carrés, on obtient les valeurs du tableau IV.

Ici également, la corrélation est excellente.

5.5 Exploitation des résultats

Les paragraphes 5.2, 5.3 et 5.4, apparemment sans liaison entre eux, par une utilisation judicieuse des résultats, nous permettent de résoudre le problème suivant :

TABLEAU II « e » = $f(t)$
exemple pour NT 150

$$A_1 = \frac{1,39 \text{ g/cm}^3}{150 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^2} = 92,6 \text{ cm}^{-1}$$

Matériau	Indice des vides $A_1 t + A_2$
NT 150	92,6 $t - 1$
NT 210	66,2 $t - 1$
NT 270	51,5 $t - 1$
NT 340	40,9 $t - 1$

TABLEAU III $e = A_3 \ln p + A_4$ et r

Matériau	$e = A_4 + A_3 \ln p$	r
NT 150	4,94 - 1,234 $\ln p$	0,994
NT 210	5,11 - 1,250 $\ln p$	0,997
NT 270	3,99 - 0,933 $\ln p$	0,997
NT 340	4,65 - 0,957 $\ln p$	0,933

TABLEAU IV $k = A_6 + A_5 e$ et r

Matériau	$k = A_6 + A_5 e$	r
NT 150	-0,1113 + 0,0483 e	0,987
NT 210	-0,1436 + 0,0680 e	0,995
NT 270	-0,1617 + 0,0906 e	0,997
NT 340	-0,1093 + 0,0555 e	0,895

« Quel est le débit qui s'écoule dans le plan du textile soumis à un gradient hydraulique « i » et à une pression latérale « p » après avoir subi $p_{max} > p$? »

- Ayant p_{max} , par le paragraphe 5.3 on obtient e
- Par 5.2 et ayant e , on détermine t
- Par 5.4 et ayant e , on détermine k

Dès lors :

$$Q = i \cdot k \cdot t$$

Cette démarche peut être faite graphiquement au moyen du nomographe en page 77 (fig. 5).

- Connaissant p_{max} , on détermine e . (1)
- Par (2) et (4), on détermine t .
- Par (3) et (5), on détermine k .

On trouve dans les cahiers des charges des conditions sur le produit « k » x « t » (transmissivité). Il peut donc être intéressant de présenter le nomographe en regroupant ces deux facteurs (fig. 6).

Le choix d'un type de non-tissé pourra donc être régi par une condition du type :

$$\text{transmissivité } (T) = k \times t > \text{transmissivité critique } (T_c)$$

Connaissant la pression maximale qu'aura à subir le géotextile (P), on détermine « e » puis « k » x « t » = T que l'on comparera à T_c (transmissivité critique).

6. Conclusions

Cette étude de la perméabilité dans le plan de non-tissé a été volontairement limitée au matériau seul.

L'interaction de celui-ci avec le sol avoisinant constitue matière à recherche pour plusieurs années encore. Le nombre de paramètres à prendre en considération dans ce cas est très important :

- type de textile,
- type de sol,
- coefficient de colmatage,
- vitesse de l'eau dans le sol,
- etc...

Nous doutons qu'une solution exacte soit trouvée un jour.

La présente étude a permis de dégager la notion de courbes critiques du coefficient de perméabilité et de l'épaisseur du textile. Elles signifient en clair que la perméabilité dans le plan du géotextile dans le sol dépendra de la pression transversale maximale qu'il aura subie au cours de son histoire.

Les nomogrammes déduits des résultats d'essais pourront être d'un certain secours pour les utilisateurs désirant connaître la perméabilité ou la transmissivité maximales des géotextiles dans certaines conditions de pression, c'est-à-dire non encore envahis par les fines.

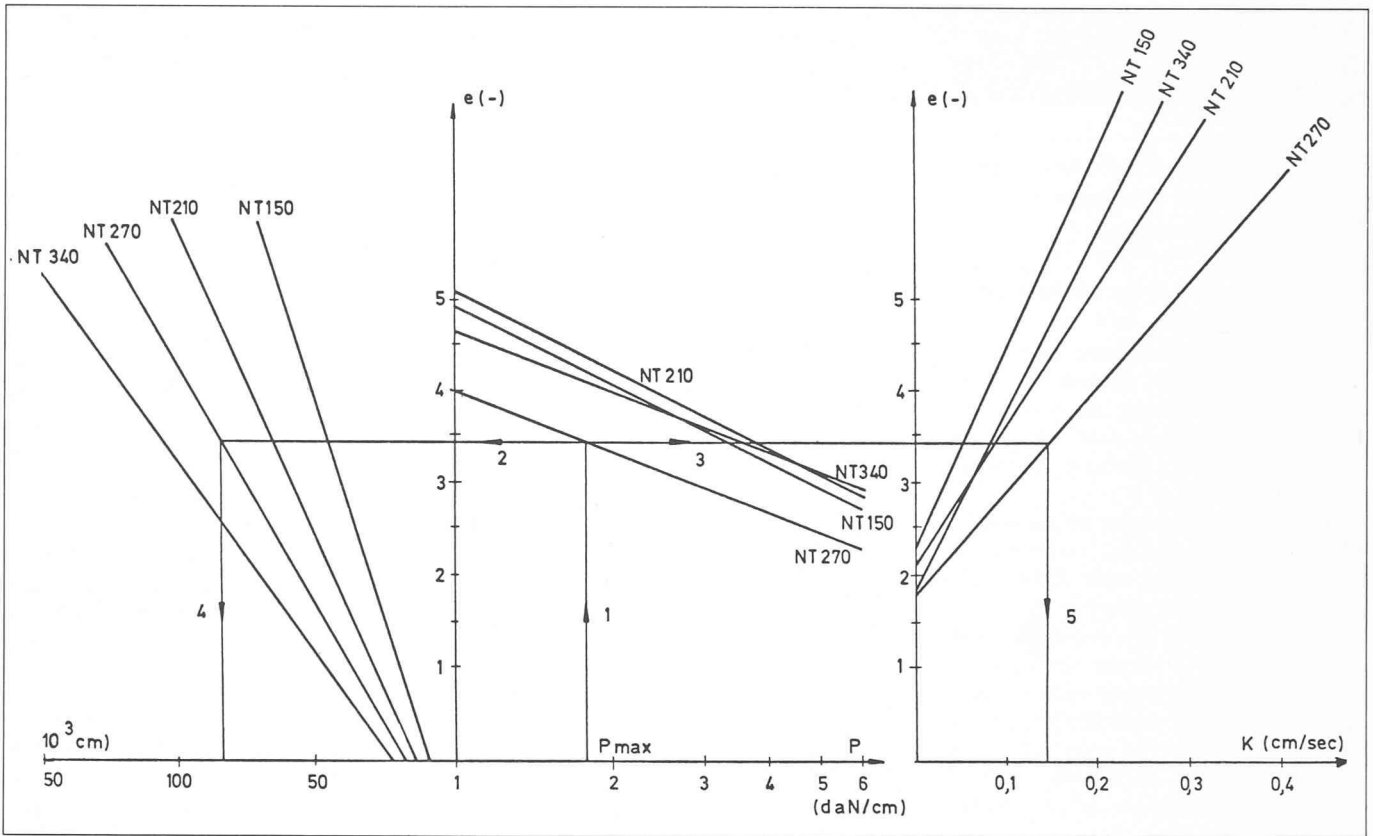


Fig. 5. — Nomogramme (p-e-k-t).

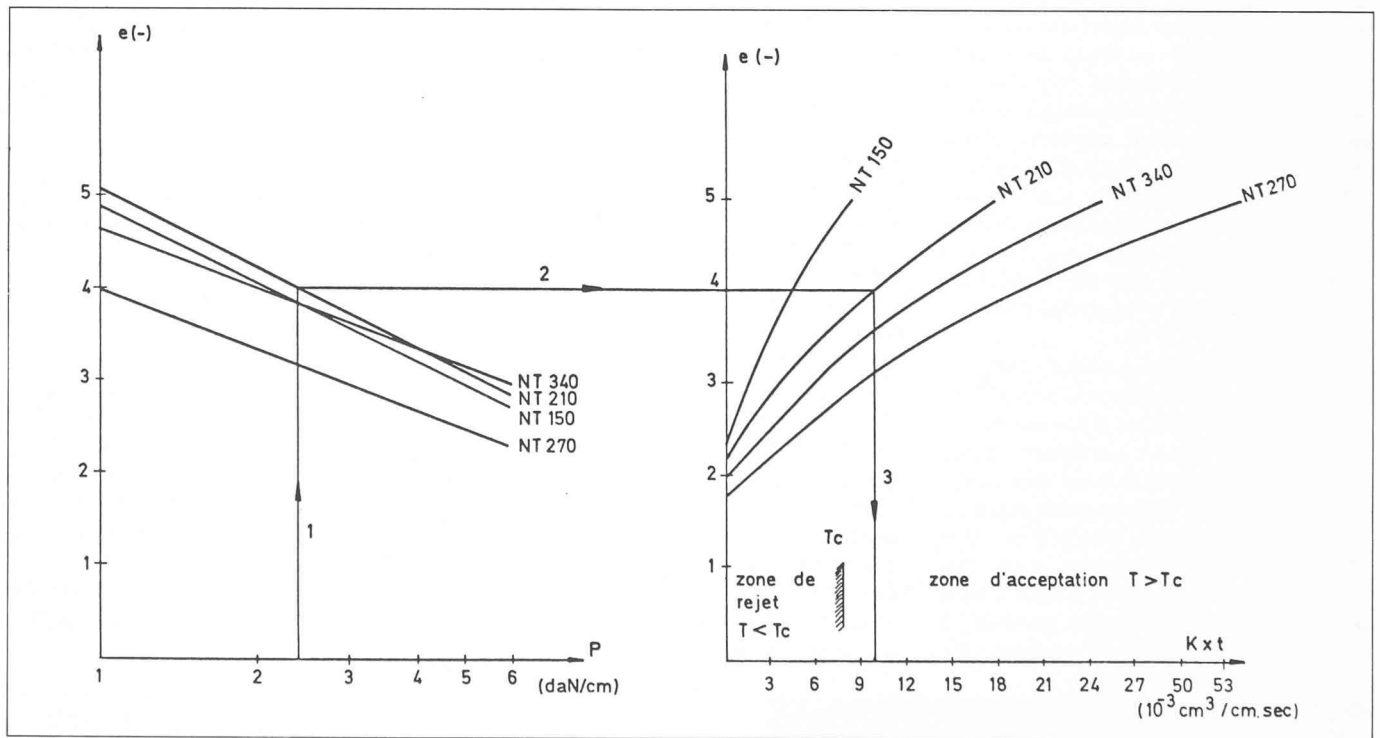


Fig. 6. — Nomogramme (p-e-kt).

Bibliographie

[1] J. PUIG, BLIVET : *Remblai à talus vertical armé avec un textile synthétique*. Bulletin Liaison Laboratoire des Ponts et Chaussées n° 64, mars-avril 1973.

[2] RISSEEUW. P., ELZEN VAN DEN L. W. A. : *Construction sur sol mou avec drainage vertical au moyen de bande non-tissé*. Colloque International « Sols et Textile », Paris 1977.

Adresse de l'auteur :

Jean-Marie Rigo
Ingénieur civil des constructions
Institut du génie civil de la Faculté
des sciences appliquées, Université de
Liège, quai Banning 6, B-4000 Liège