# CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES ADMISSIBLES DES GÉOTEXTILES SELON LEUR MASSE UNITAIRE

CANQ
TR
GE
RC
137

471420

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE-VILLE, 24e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

MINISTERE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, Rue Dorchester Sud, 7e
Québec (Québec)
G1K 5Z1

# CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES ADMISSIBLES DES GÉOTEXTILES SELON LEUR MASSE UNITAIRE

**Ministère des Transports**
**Centre de documentation**
**930, Chemin Ste-Foy**
**6e étage**
**Québec (Québec)**
**G1S 4X9**

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
AOU 20 1985
TRANSPORTS QUÉBEC

Paul Flon, ing.
Division Sols et Granulats
Laboratoire Central
Ministère des Transports

DÉCEMBRE 1984

CANQ
TR
GE
RC
137

# AVANT - PROPOS

Ce rapport est issu des essais réalisés en 1984 par Eddy Simard, Gilles Chabot, Marc Perron.

# TABLE DES MATIERES


| | | PAGE |
|---|---|---|
| AVANT-PROPOS | | I |
| TABLE DES MATIERES | | II |
| LISTE DES TABLEAUX | | III |
| LISTE DES FIGURES | | IV |
| INTRODUCTION | | 1 |
| I | CONTRAINTE CIRCONFERENTIELLE DE TRACTION (CCT) | 3 |
| | A) Généralités | 3 |
| | B) Etude statistique | 4 |
| II | TENSION | 11 |
| | 2.1 Généralités | 11 |
| | 2.2 Compilation 1984 sur douze (12) tissus | 11 |
| | 2.3 Compilation sur 4 ans, 1981 à 1984 | 15 |
| III | DÉCHIREMENT | 19 |
| IV | CONCLUSION GÉNÉRALE | 21 |

## LISTE DES TABLEAUX


Page

1. Corrélation CCT versus masse surfacique . . . . . 26

2. Corrélation tension versus masse surfacique . . . . . 27

3. Essais de tension: masses surfaciques moyennes $\bar{x}$, $cv_x$, pentes, coefficient de corrélation r . . . . . 28

4. Corrélation déchirement versus masse surfacique . . . . . 29

## LISTE DES FIGURES


Page

1. CCT vs masse surfacique . . . . . 32
2. CCT vs masse surfacique . . . . . 33
3. CCT vs masse surfacique . . . . . 34
4. CCT vs masse surfacique . . . . . 35
5. CCT vs masse surfacique . . . . . 36
6. CCT vs masse surfacique . . . . . 37
7. Relation moyenne CCT vs masse surfacique . . . . . 38
8. Relation entre les coefficients de variation de la contrainte CCT ($cv_y$) et de la masse surfacique ($cv_x$) . . . . . 39
9. Tension vs masse surfacique . . . . . 40
10. Tension vs masse surfacique . . . . . 41
11. Tension vs masse surfacique . . . . . 42
12. Tension vs masse surfacique . . . . . 43
13. Masse unitaire vs tension . . . . . 44
14. Masse unitaire vs tension . . . . . 45
15. Tension vs masse surfacique . . . . . 46
16. Tension vs masse surfacique . . . . . 47
17. Relation moyenne tension vs masse surfacique . . . . . 48
18. Relation entre les coefficients de vairation de la tension ($cv_y$) et de la masse surfacique ($cv_x$) . . . . . 49
19. Déchirement vs masse surfacique . . . . . 50
20. Relation entre les coefficients de variation du déchirement ($cv_y$) et de la masse surfacique ($cv_x$) . . . . . 51

# INTRODUCTION

Il n'existe pas sur le marché, de géotextile dont la masse par unité de surface soit constante; au contraire, elle varie selon le tissu et selon le fabricant. On peut s'attendre à ce que les caractéristiques mécaniques du tissu en soient affectées. Toute diminution locale de la masse unitaire entraîne l'affaiblissement du tissu à cet endroit, et en particulier de la Contrainte Circonférentielle de Traction (CCT), de la résistance en tension et au déchirement.

Or, ce sont ces points faibles qui peuvent contrôler toute l'efficacité du géotextile in situ; on doit donc en tenir compte pour établir la valeur minimum admissible des trois paramètres précités, selon l'usage prévu (a) ou (b).

Une étude statistique menée au laboratoire Central du ministère des Transports a permis d'établir une relation moyenne entre la masse unitaire et chacune des trois caractéristiques; cette relation, ou celle qui existe entre les coefficients de variation, sert de base pour définir les écarts entre chaque valeur minimum admissible; chacune de ces valeurs correspondra à un intervalle du coefficient de variation de la masse unitaire (ou masse surfacique) égal à 5% en général.

Le tableau de valeurs minimums admissibles sera conçu de façon à ce que la valeur minimum unique admise dans le passé (ex.: 9000 N/m pour la CCT usage (a)) corresponde à la moyenne nationale du coefficient de variation de la masse unitaire. Il s'en suivra donc que celui qui fabrique un géotextile plus homogène que la moyenne au pays, sera "récompensé" du fait que la nouvelle valeur admissible sera inférieure à l'ancienne; à l'inverse, le fabricant sera "pénalisé" si son produit est hétérogène.

# CHAPITRE I

## CONTRAINTE CIRCONFERENTIELLE DE TRACTION (CCT)

### A) Généralités

L'étude a été faite sur neuf (9) échantillons différents, provenant de six (6) fabricants différents: Texel, Propex, Nilex, Polyfelt, Penroad, Bidim. Ce sont tous des tissus non tissés.

Les relations contrainte CCT versus masse surfacique (fig. 1 à 6) présentent en général deux parties de courbes linéaires, avec une pente faible pour la partie inférieure, et une pente forte pour la partie supérieure. Ces pentes varient d'un tissu à l'autre, suffisamment pour affecter la moyenne de ces pentes, d'un coefficient de variation de 50% pour la moyenne des pentes faibles, 30% pour la moyenne des pentes fortes.

On a tracé à la figure 7 une pente moyenne générale qui tient compte de l'allure bi-linéaire de la relation. La pente obtenue (42,5) montre qu'une variation de 50 g/m$^2$, couramment mesurée sur les géotextiles en usage au Québec, entraîne une variation de la valeur CCT de 2125 N/m!

L'utilisation d'une pente moyenne pour trouver des normes admissibles se justifie par la remarque suivante: les écarts importants de la partie supérieure de la courbe font grimper la valeur minimum. mais la valeur CCT est de toute façon relativement élevée; par contre, les écarts plus faibles de la partie inférieure de la courbe, correspondent à un CCT plus faible et rabaissent la valeur minimum admissible. En d'autres termes, il n'y a sans doute pas de raison de "pénaliser" ou "récompenser" davantage celui qui se trouve dans le premier cas de pente ou dans le deuxième, à l'exception de celui qui produit un tissu ayant des valeurs CCT faibles avec une pente forte.

Il était important de bien visualiser l'importance de l'influence de la masse surfacique sur le CCT en traçant les courbes. Mais pour prendre en compte tous les tissus, tous les essais par tissu, avec un nombre d'essais différent, et pour ne pas mettre en relation deux grandeurs différentes, des g/m² (masse surfacique) et des N/m (CCT), il est préférable de trouver la pente de la relation entre les deux coefficients de variation. Plus le tissu sera homogène, c'est-à-dire plus le coefficient de variation de la masse surfacique $cv_x$ sera faible, plus la variation de la valeur CCT sera minime, c'est-à-dire plus le $cv_y$ sera faible. La relation $cv_x$ vs $cv_y$ permettra de trouver les écarts représentatifs entre minimums admissibles.

Notons enfin que l'idéal est de pouvoir tracer la relation pour chaque nouveau tissu; mais un minimum de douze (12) essais ou plutôt vingt (20) essais est alors requis, or il est difficile d'en exiger plus de cinq (5), sauf pour les gros projets ou les cas litigieux.

## B) Etude statistique

Les résultats sont rassemblés au tableau I: on y trouve les moyennes de la masse surfacique et de la valeur CCT, $\bar{x}$ et $\bar{y}$, ainsi que les écarts-types $\sigma_x$ et $\sigma_y$, les coefficients de variation $cv_x$ et $cv_y$, les intervalles de confiance des moyennes $I_x$ et $I_y$.

Rappelons que $cv_x = \frac{\sigma x}{\bar{x}}$ et $I_x = k_i \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$

ou N: nombre d'échantillons

$k_i$: coefficient tiré de la table de la probabilité de la loi normale pour i=N-1 degré de liberté.

On a choisi pour cette étude celui qui permet de croire que la moyenne est située dans l'intervalle de confiance I avec 95% de chances.

Le tableau I montre que cinq (5) à douze (12) essais ont été réalisés par produit, sauf pour le dernier (29 essais), qui constitue une étude en soi. Il s'agit pour ce dernier, de rouleaux différents d'un même tissu, utilisé pour le même projet; le coefficient $cv_x$ très élevé (21%) et l'intervalle de confiance de la moyenne CCT (711 N/m) relativement faible, font que le cas est particulier et peuvent être étudiés séparément.

Les géotextiles analysés ont une masse unitaire comprise entre 200 et 350 g/m²; la moyenne des huit (8) produits est 284 g/m² (279 g/m² si l'on prend en compte le 9è). Les coefficients de variation se situent entre 3 et 12%, avec une moyenne de 7% (8,5% si l'on tient compte du 9è produit).

On peut d'ores et déjà prévoir que l'ancien minimum admis au cahier des charges, 9000 N/m, sera celui pour lequel $cv_x$ sera compris entre 5 et 10%. L'étude sur la tension et le déchirement confirmera que la majorité des tissus au Québec ont un coefficient de variation $cv_x$ de la masse surfacique situé entre 5 et 10%.

Si $cv_x$ est inférieure à 5%, on diminuera la valeur minimum d'un écart donné par la courbe $cv_x$ vs $cv_y$; si $cv_x$ est supérieur à 10%, le minimum admissible sera rehaussé du même écart à chaque augmentation de 5%.

La courbe $cv_x$ vs $cv_y$ est tracée à la figure 8. L'équation de la droite de régression est $cv_y = 1{,}19\ cv_x + 1{,}39$ (1).

Les écarts sont déterminés pour l'usage (a) en admettant que le minimum de 9000 N/m admis dans le passé était la borne supérieure d'une moyenne $\bar{y}$, soit en posant l'équation $\bar{y} + I_y = 9000$, que l'on peut transformer successivement (en choisissant N = 5 essais par tissu):

$$\bar{y} + \frac{k_4}{\sqrt{5}}\ \sigma_y = 9000$$

$$1 + \frac{2{,}77}{\sqrt{5}}\ \frac{\sigma_y}{\bar{y}} = \frac{9000}{\bar{y}} \qquad \text{(en divisant par } \bar{y})$$

$$1 + 1{,}2388\ cv_y = \frac{9000}{\bar{y}} \qquad \left(\text{puisque } cv_y = \frac{\sigma_y}{\bar{y}}\right) \quad (2)$$

Pour un coefficient de variation $cv_x$ = 7,0%, on trouve par (1) $cv_y$ = 9,7% puis par (2) $\bar{y}$ = 8032,8 N/m. La valeur 9000 N/m est la borne supérieure de la moyenne $\bar{y}$ pour $cv_x$ = 7%; il est donc facile de trouver d'autres bornes supérieures qui serviront de minimums admissibles, pour d'autres coefficients $cv_y$, soit d'autres coefficients $cv_x$, 5%, 10%, 15% etc....

Le tableau qui suit peut ainsi être établi:

| $cv_x$ (%) | $cv_y$ (%) $(1{,}19\ cv_x + 1{,}39)$ | (N/m) $\frac{k_4}{\sqrt{5}}\ \sigma_y$ $(1{,}2388\ \sigma_y)$ | (N/m) $\bar{y} + \frac{k_4}{\sqrt{5}}\ \sigma_y$ $(8032{,}8 + 1{,}2388\ \sigma_y)$ | (N/m) minimums admissibles moyens $(cv_x)$ | (N/m) minimums admissibles moyens adoptés |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,39 | 138,3 | 8171,1 | | |
| | | | | 8467,1 (2,5%) | 8450 |
| 5 | 7,34 | 730,4 | 8763,2 | | |
| 7 | 9,72 | 967,2 | 9000 | | |
| | | | | 9059,2 (7,5%) | 9000 |
| 10 | 13,29 | 1322,5 | 9355,3 | | |
| | | | | 9651,3(12,5%) | 9650 |
| 15 | 19,24 | 1914,6 | 9947,4 | | |
| 20 | 25,19 | 2506,7 | 10 539,5 | | |
| | | | | 10835,5(22,5%) | 10 850 |
| 25 | 31,14 | 3098,7 | 11 131,6 | | |
| 30 | 37,09 | 3690,8 | 11 723,6 | | |

La troisième colonne est l'intervalle de confiance de la moyenne CCT. Il signifie que l'on peut avoir confiance en une moyenne de 8032,8 N/m à ± 967,2 N/m près, si le coefficient de variation de la masse unitaire $cv_x$ est 7% (moyenne au pays); pour la même moyenne, l'intervalle est moindre si $cv_x$ est plus faible, ou plus élevé si $cv_x$ est plus fort.

La cinquième colonne représente les minimums admissibles moyens entre 0 et 5% (2,5%), entre 5 et 10% (7,5%), entre 10 et 15% (12,5%), et entre 15 et 30% (22,5%). La dernière colonne met les mêmes chiffres arrondis de manière adéquate: entre 5 et 10%, on doit retrouver l'ancienne valeur admise au Cahier des Charges de 9000 N/m; entre 15 et 30%, on doit plutôt chercher à "pénaliser" le constructeur d'un tissu aussi hétérogène! entre 0 et 5% on cherche à "récompenser".

On procèdera de la même façon pour l'usage (b):

$$\bar{y} + I_y = 7000 \text{ N/m}$$

$$1 + \frac{2,77}{\sqrt{5}} \frac{\sigma_y}{\bar{y}} = \frac{7000}{\bar{y}}$$

$$1 + 1,2388\ cv_y = \frac{7000}{\bar{y}}$$

Pour $cv_x = 7\%$, on obtient par (1) $cv_y = 9,7\%$, puis par (2) $\bar{y} = 6247,7$ N/m

On peut alors construire le tableau suivant:

| $cv_x$ (%) | $cv_y$ $(1,19\ cv_{x(\%)} + 1,39)$ | $\frac{k_4}{\sqrt{5}} \sigma_y$ $(1,2388\ \sigma_y)$ (N/M) | $\bar{y} + \frac{k_4}{5} \sigma_y$ $(6247,7 + 1,2388\ \sigma_y)$ (N/m) | minimums admissibles moyens (N/m) | minimums admissibles adoptés (N/m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,39 | 107,6 | 6355,3 | | |
| | | | | 6585,5 | 6550 |
| 5 | 7,34 | 568,1 | 6815,8 | | |
| 7 | 9,72 | 752,3 | 7000 | | |
| | | | | 7046,0 | 7000 |
| 10 | 13,29 | 1028,6 | 7276,3 | | |
| | | | | 7506,5 | 7500 |
| 15 | 19,24 | 1489,1 | 7738,8 | | |
| 20 | 25,19 | 1949,6 | 8197,3 | | |
| | | | | 8427,5 | 8450 |
| 25 | 31,14 | 2410,1 | 8657,8 | | |
| 30 | 37,09 | 2870,6 | 9118,3 | | |

Rappelons que le Cahier des Charges du MTQ donne les définitions suivantes:

- usage (a): Protection contre la mer, protection des rives, talus empierrés, armature, renforcement et support....

- usage (b): Anticontamination et filtration, marécage, contrôle de l'érosion, talus, fossés et fonds de fossé, enrobement de ponceaux, sous-radier caillouté, sous-coussin de pierre, gabions....

Les valeurs minimums admissibles peuvent être résumées dans le tableau qui suit, dans le cas où la pratique courante de cinq essais par produit est respectée.

| Coefficient de variation de la masse unitaire | usage (a) (N/m) | usage (b) (N/m) |
|---|---|---|
| $0 < cv_x \leq 5\%$ | 8450 | 6550 |
| $5 < cv_x \leq 10\%$ | 9000 | 7000 |
| $10 < cv_x \leq 15\%$ | 9650 | 7500 |
| $15 < cv_x \leq 30\%$ | 10850 | 8450 |

Remarques:

- Si le coefficient de variation $cv_x$ est supérieur à 30%, le tissu ne sera pas accepté puisque trop hétérogène.

- La relation CCT versus masse surfacique n'est pas nette à la figure 5, en raison de valeurs CCT très élevées, pour lesquelles les mesures sont peu précises; cela ne change en rien le tableau des limites admissibles, qui s'applique pour des valeurs CCT beaucoup plus faibles dans tous les cas.

- Dans le cas particulier du 9è échantillon, on lit au tableau 1, $cv_x = 21\%$, soit $cv_y = 26{,}4\%$ (équation (1)); l'intervalle de confiance est $I_y = \frac{k_4}{\sqrt{5}} \sigma_y = 2441{,}7$ d'après l'étude statistique pour 5 essais, mais vaut dans ce cas particulier (tableau 1) 711 N/m, en raison du nombre d'essais bien supérieur à cinq (5).

Pour la moyenne de 7466 N/m, le tableau ci-dessous est dressé:

| $cv_x$ | $cv_y$ | $I_y = \frac{k_{28}}{29}\sigma_y$ ($I_y = 0{,}38\ \sigma_y$) | $\bar{y} + I_y$ ($6750 + I_y$) | minimums admissibles moyens (N/m) | minimums admissibles adoptés (N/m) | $cv_x$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,39 | 35,6 | 6785,6 | | | |
| | | | | 6861,9 | 6850 | $0 < cv_x \leq 5\%$ |
| 5 | 7,34 | 188,3 | 6938,3 | | | |
| | | | | 7014,6 | 7000 | $5 < cv_x \leq 10\%$ |
| 10 | 13,29 | 340,9 | 7090,9 | | | |
| | | | | 7167,2 | 7150 | $10 < cv_x \leq 15\%$ |
| 15 | 19,24 | 493,5 | 7243,5 | | | |
| | | | | 7319,8 | 7300 | $15 < cv_x \leq 20\%$ |
| 20 | 25,19 | 646,12 | 7396,12 | | | |
| 21 | 26,36 | 676,1 | 7426,1 | | | |
| | | | | 7472,4 | 7450 | $20 < cv_x \leq 25\%$ |
| 25 | 31,14 | 798,7 | 7548,7 | | | |
| | | | | 7625,0 | 7625 | $25 < cv_x \leq 30\%$ |
| 30 | 37,09 | 951,4 | 7701,3 | | | |

La moyenne $\bar{y}$ a été calculée à l'aide de l'équation

$$\bar{y} + \frac{k_{28}}{\sqrt{29}}\sigma_y = 7000$$

$$1 + \frac{2{,}048}{\sqrt{29}}\frac{\sigma_y}{\bar{y}} = \frac{7000}{\bar{y}}$$

$$1 + 0{,}38\ cv_y = \frac{7000}{\bar{y}}$$

Pour la moyenne nationale $cv_x = 7\%$, soit $cv_y = 9{,}7\%$, on obtient $\bar{y} = 6750$ N/m (au lieu de 6247,7 N/m). Le coefficient $cv_y$ a été tiré de la même équation que celle définie précédemment, $cv_y = 1{,}19\ cv_x + 1{,}39$, car elle est voisine de la relation propre au cas étudié; il est cependant préférable de tracer à chaque fois la courbe en question $cv_y$ vs $cv_x$.

Le tableau indique que pour un coefficient $cv_x$ compris entre 20 et 25%, la moyenne de 7466 N/m est tout juste acceptable, puisque le minimum admissible est de 7450 N/m.

Pour chaque 5% d'augmentation du coefficient de variation de la masse surfacique, le minimum admissible est augmenté d'un écart de 150 N/m, au lieu de 500 N/m dans le cas où 5 prises d'essai seulement sont réalisées; ce rapport de 500 sur 150 (ou 2441 sur 711) signifie en fait que le tissu est "pénalisé" 3,4 fois moins si on base l'étude sur 29 prises d'essais au lieu de 5.

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
AOU 20 1985
TRANSPORTS QUÉBEC

# CHAPITRE II

## T E N S I O N

### 2.1 Généralités

L'étude a été menée de deux façons parallèles, soit à partir d'une compilation de données récoltées au cours des quatre dernières années au Laboratoire Central, soit à partir d'essais réalisés en 1984 sur douze (12) produits différents. La relation tension versus masse unitaire définie par la deuxième méthode (paragraphe suivant) servira aussi pour la première compilation.

### 2.2 Compilation 1984 sur douze (12) tissus

Chaque tissu a été analysé dans les deux sens, sens I (longueur), et sens II (largeur), perpendiculaire au sens I. Sur vingt-quatre (24) relations tension versus masse surfacique (figures 9 à 16), dix-sept (17) montrent que la relation est linéaire; pour les autres, la tendance n'est pas assez nette pour tracer une courbe; la tendance est donnée par le coefficient de corrélation, qui doit être supérieur à 0,878 dans le cas de cinq (5) échantillons. Parmi les dix-sept (17) relations, on en a éliminé deux (2) autres avant de compiler, qui correspondent à des tissus de masse unitaire très élevée (700 $g/m^2$).

Le tableau 2 donne les valeurs des moyennes, écart-types, coefficients de variation et intervalles de confiance de la tension y et de la masse surfacique x.

Le tableau 3 présente les masses surfaciques moyennes, les coefficients de variations et les pentes, pour les quinze (15) produits retenus. La masse unitaire est comprise entre 220 et 360 $g/m^2$, avec une moyenne

de 278,6 g/m$^2$. Le coefficient de variation se situe entre 2,4 et 16,2%, avec une moyenne de 8,2%. Les pentes sont comprises entre 1,2 et 6,2, avec une moyenne de 3,9. La courbe obtenue est tracée à la figure 17 (courbe "compilation 1984").

La courbe $cv_x$ vs $cv_y$ est présentée à la figure 18. La droite de régression a pour équation $cv_y = 1{,}5\ cv_x + 1{,}34$ (3). Les écarts sont déterminés pour l'usage (a) en admettant que le minimum de 650 N admis dans le passé, était la borne supérieure d'une moyenne $\bar{y}$; on pose donc l'équation

$$\bar{y} + \frac{k_4}{\sqrt{5}}\ \sigma y = 650 \qquad \text{qui devient:}$$

$$1 + \frac{2{,}77}{\sqrt{15}}\ \frac{\sigma y}{\bar{y}} = \frac{650}{\bar{y}}$$

$$1 + 1{,}2388\ cv_y = \frac{650}{\bar{y}} \qquad (4)$$

Pour un coefficient $cv_x$ de 8%, on trouve par (3) $cv_y$ = 13,34%, puis par (4) $\bar{y}$ = 557,8 N.

Tous les minimums admissibles, établis en fonction de $cv_x$, sont donnés par le tableau suivant.

MINISTERE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, Rue Dorchester sud, 7e
Québec, (Québec)
G1K 5Z1

| $cv_x$ (%) | $cv_y$ (%) $(1{,}5\ cv_x + 1{,}34)$ | $\frac{k_4}{\sqrt{5}}\ \sigma y$ (N) $(1{,}2388\ \sigma y)$ | $\bar{y} + \frac{k_4}{\sqrt{5}}\ \sigma y$ (N) $(557{,}8 + 1{,}2388\ \sigma y)$ | (N) minimums admissibles moyens ($cv_x$) | (N) minimums admissibles moyens adoptés |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,34 | 9,3 | 567,1 | | |
| | | | | 593,0 (2,5%) | 600 |
| 5 | 8,84 | 61,1 | 618,9 | | |
| | | | | 644,8 (7,5%) | 650 |
| 8 | 13,34 | 92,2 | 650,0 | | |
| 10 | 16,34 | 112,9 | 670,7 | | |
| | | | | 696,6 (12,5%) | 700 |
| 15 | 23,84 | 164,7 | 722,5 | | |
| | | | | 748,4 (17,5%) | |
| 20 | 31,34 | 216,6 | 774,4 | | |
| | | | | 800,3 (22,5%) | 800 |
| 25 | 38,84 | 268,4 | 826,2 | | |
| | | | | 852,1 (27,5%) | |
| 30 | 46,34 | 320,2 | 878,0 | | |

La 3è colonne est l'intervalle de confiance de la moyenne de la tension; il signifie que l'on peut par exemple avoir confiance en la moyenne de 557,8 N à ± 92,2 N près, pour $cv_x$ = 8% (moyenne au pays); pour la même moyenne, l'intervalle est moindre si $cv_x$ est plus faible, ou plus élevé si $cv_x$ est plus fort.

La 5è colonne représente les minimums admissibles moyens pour les coefficients de variation de la masse surfacique indiqués entre parenthèse. Ces valeurs minimums sont arrondies dans la 6è colonne, pour $cv_x$ compris entre 0 et 5%, puis entre 5 et 10%, entre 10 et 15%, et enfin entre 15 et 30%.

Pour l'usage (b), la procédure est identique:

$$\bar{y} + I_y = 450 \text{ N}$$

$$1 + \frac{k_4}{\sqrt{5}} \frac{\sigma_y}{\bar{y}} = \frac{450}{\bar{y}}$$

$$1 + 1{,}2388\ cv_y = \frac{450}{\bar{y}}$$

d'où $\bar{y}$ (pour $cv_x = 8\%$) = 386,2 N

| $cv_x$ (%) | $cv_y$ (%) (1,5 $cv_x$ + 1,34) | $\frac{k_4}{\sqrt{5}}\ \sigma_y$ (N) (1,2388 $\sigma_y$) | $\bar{y} + \frac{k_4}{\sqrt{5}}\ \sigma_y$ (N) (386,2 + 1,2388 $\sigma_y$) | minimums admissibles moyens (N) | minimums admissibles moyens adoptés |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,34 | 6,4 | 392,6 | | |
| | | | | 410,5 | 410 |
| 5 | 8,84 | 42,3 | 428,5 | | |
| | | | | 446,4 | 450 |
| 8 | 13,34 | 63,8 | 450,0 | | |
| 10 | 16,34 | 78,2 | 464,4 | | |
| | | | | 482,3 | 490 |
| 15 | 23,84 | 114,0 | 500,2 | | |
| | | | | 518,1 | |
| 20 | 31,34 | 149,9 | 536,1 | | |
| | | | | 554,0 | 560 |
| 25 | 38,84 | 185,8 | 572,0 | | |
| | | | | 589,9 | |
| 30 | 46,34 | 221,7 | 607,9 | | |

Les valeurs minimums admissibles peuvent être résumées dans le tableau qui suit, dans le cas où la pratique courante de cinq (5) essais par produit est respectée.

| Coefficient de variation de la masse surfacique | usage (a) (N) | usage (b) (N) |
|---|---|---|
| $0 < cv_x \leq 5\%$ | 600 | 410 |
| $5 < cv_x \leq 10\%$ | 650 | 450 |
| $10 < cv_x \leq 15\%$ | 700 | 490 |
| $15 < cv_x \leq 30\%$ | 800 | 560 |

## 2.3 Compilation sur 4 ans, 1981 à 1984

Comme on ne relevait pas dans le passé la masse unitaire à chaque nouvel essai, mais seulement la moyenne pour les cinq (5) prises d'essais; la compilation porte sur la tension elle-même, sa moyenne et écarts correspondants. On a choisi de ne relever que les tissus dont la tension est comprise entre 600 et 700 N, puis entre 400 et 500 N; en effet, on cherche là aussi à définir des valeurs minimums selon la masse surfacique, autour des deux valeurs admises au Cahier des Charges, 650 N pour l'usage (a) et 450 N pour l'usage (b).

Cette compilation est cependant moins fiable que la 1ère, car on utilise une relation (fig.17) établie au paragraphe précédent pour une série différente de tissus. De plus, elle relie la masse surfacique à la tension (c'est-a-dire des $g/m^2$ à des Newtons), et non pas les coefficients de variation, qui sont de même dimension, et qui tiennent compte des différents facteurs affectant la masse surfacique ou la tension.

Les coefficients de variation moyens de la tension sont les suivants:

usage (a) $cv_y = 6,5\%$ à partir de 27 spécimens

usage (b) $cv_y = 9,5\%$ à partir de 22 spécimens

On peut alors calculer l'écart type et l'intervalle de confiance moyens, pour cinq (5) prises d'essai:

usage (a) $\sigma_y = 0{,}065 \times 650 = 42{,}25$ N

$I_y = 2{,}77 \times \frac{42{,}25}{\sqrt{5}} = 52{,}34$ N

usage (b) $\sigma_y = 0{,}095 \times 450 = 42{,}75$ N

$I_y = 2{,}77 \times \frac{42{,}75}{\sqrt{5}} = 52{,}96$ N

Remarquons que ces valeurs $I_y$ voisines de 50 N sont compatibles avec les valeurs du tableau 2, pour des $cv_y$ semblables.

A l'aide de la figure 17, on trouve les intervalles de confiance $I_x$ correspondants de la masse surfacique, ainsi que $\sigma_x$; comme $y = 3{,}9x$, il s'ensuit:

usage (a) $I_x = 13{,}42$ g/m$^2$

$\sigma_x = 10{,}83$ g/m$^2$

usage (b) $I_x = 13{,}58$ g/m$^2$

$\sigma_x = 10{,}96$ g/m$^2$

La moyenne de la masse unitaire sur les quatre (4) années est de 211,1 g/m$^2$ pour les tissus ayant une tension située entre 600 et 700 N et de 231,0 g/m$^2$ pour les tissus dont la tension est comprise entre 400 et 500 N. Les coefficients de variation moyens cherchés sont donc:

usage (a) $cv_x = \frac{10{,}83}{211{,}1} = 5{,}1\%$

usage (b) $cv_x = \frac{10{,}96}{231{,}0} = 4{,}7\%$

Ces résultats signifient qu'en moyenne au Québec, le coefficient de variation $cv_x$ valait environ 5% sur les quatre (4) dernières années pour les géotextiles choisis, et que les normes de 650 N et 450 N du Cahier des Charges étaient à peu près données à ± 50 N près.

A l'aide de la courbe (fig.17), on calcule les $\Delta I_y$ correspondant à différents $cv_x$:

| usage | $cv_x$ = 1% a | b | $cv_x$ = 5% a | b | $cv_x$ = 10% a | b | $cv_x$ = 15% a | b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_x$ | 2,1 | 2,3 | 10,6 | 11,6 | 21,1 | 23,1 | 31,6 | 34,6 |
| $\Delta I_x$ | 2,6 | 2,9 | 13,1 | 14,3 | 26,1 | 28,6 | 39,2 | 42,9 |
| $\Delta I_y$ | 10,2 | 11,2 | 51,0 | 55,8 | 101,9 | 111,6 | 152,9 | 167,4 |

On peut vérifier que la tension est définie à ± 53,4 N près, pour $cv_x$ = 5%, et pour cinq (5) prises d'essai.

## 2.4 Conclusion

La synthèse des deux méthodes montrent que le coefficient de variation moyen de la masse surfacique des géotextiles utilisés au Québec, est situé entre 5 et 10%, 8% pour la 1ère méthode, 5% pour la 2è. Bien que la 1ère méthode est plus rigoureuse, on peut tout de même établir des minimums admissibles pour la moyenne de 6,5%. Les calculs sont identiques et sont présentés en annexe; les résultats sont sensiblement les mêmes:

| Coefficient de variation de la masse surfacique | usage (a) (N) | usage (b) (N) |
|---|---|---|
| $0 < cv_x \leq 5\%$ | 600 | 420 |
| $0 < cv_x \leq 10\%$ | 650 | 450 |
| $10 < cv_x \leq 15\%$ | 710 | 500 |
| $15 < cv_x \leq 30\%$ | 820 | 570 |

Remarques:

- Les tensions sont grosso modo définies à ± 50 N près, pour un coefficient de variation de la masse surfacique de 5%.

- Les valeurs minimums de l'intervalle $15 < cv_x \leq 30\%$ sont en fait celles de l'intervalle $20 < cv_x \leq 25$.

- Comme on n'a pas pu vérifier précisément que la relation tension versus masse unitaire, ou $cv_x$ vs $cv_y$, reste bien linéaire au-delà de 15%, on pourrait augmenter délibérément la valeur minimum admissible pour les tissus très hétérogènes, par mesure de sécurité, et pour forcer les constructeurs à fabriquer un meilleur produit.

- Si tous les tissus ne montrent pas une relation claire entre la tension et la masse surfacique, c'est que l'effort de tension ne s'applique pas sur toute la surface de l'échantillon découpé, surface qui intervient dans le calcul de la masse surfacique.

# CHAPITRE III

## DÉCHIREMENT

L'étude a été menée sur trois (3) tissus différents, sens I et sens II pour chaque tissu, douze (12) prises d'essai par sens. Les résultats figurent au tableau 4. Sur les six (6) relations déchirement vs masse surfacique, une seule montre une tendance claire, pour le Penroad 150 AF 045, sens II, figure 19; c'est elle qui sera utilisée pour tracer la courbe, dont la pente vaut $y/x = 2,5$ (figure 19). La relation $cv_x$ vs $cv_y$ (figure 20) n'est pas assez significative pour être utilisée dans le calcul statistique des minimums admissibles; on a donc recours à celle du paragraphe 3.3, en passant par les intervalles de confiance des moyennes.

Notons que le manque de corrélation est dû au fait que le déchirement s'effectue le long d'une ligne presque imposée et qui peut ne pas avoir de rapport avec la masse surfacique de l'échantillon découpé, ce qui ne veut pas dire que la relation n'existe pas.

$cv_x$ varie de 2,8% à 13,6%, avec une moyenne de 5,7%, une masse surfacique moyenne de $\bar{x} = 320$ g/m$^2$. A partir de ces données, on peut préparer le tableau ci-dessous, en sachant que $\sigma_x = cv_x \cdot \bar{x}$, que $I_x = 2,2 \times \frac{\sigma_x}{\sqrt{12}}$ et que $\Delta I_y = 2,5\ \Delta I_x$ (courbe figure 19).

| usage | $cv_x$ = 1% | 5% | 5,7% | 10% | 15% |
|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_x$ | 3,2 | 16,0 | 18,3 | 32 | 48,0 |
| $\Delta I_x$ (N) | 2,0 | 10,2 | 11,6 | 20,3 | 30,5 |
| $\Delta I_y$ (N) | 5,1 | 25,4 | 29,0 | 50,8 | 76,2 |

Si l'on choisit d'adopter pour ces calculs la masse surfacique de 346 g/m² du tissu dont on utilise la relation ($y = 2,5\ x$), au lieu de la masse moyenne 320 g/m², on ne change guère les résultats, puisque $\Delta I_y = 27,5$ N au lieu de 25,4 N.

En l'absence de données supplémentaires, on pourra proposer de déterminer le déchirement à ± 30 N près. Le coefficient $cv_x$ de la masse unitaire se situe encore entre 5 et 10%, et pour cet intervalle, on conservera les valeurs minimums anciennement normalisées, 330 N (usage (a)) et 240 N (usage (b)). Si $cv_x$ est inférieur à 5%, on diminuera la valeur minimum d'un écart de 30 N pour l'usage (a); si $cv_x$ est supérieur à 10%, le minimum admissible sera rehaussé du même écart à chaque augmentation de 5%. On aboutit au tableau ci-dessous. Pour l'usage (b) l'écart sera proportionnellement pris égal à 20 N.

| Coefficient de variation de la masse surfacique de cinq (5) prises d'essai | usage (a) (N) | usage (b) (N) |
|---|---|---|
| $0 < cv_x \leq 5\%$ | 300 | 220 |
| $5 < cv_x \leq 10\%$ | 330 | 240 |
| $10 < cv_x \leq 15\%$ | 360 | 260 |
| $15 < cv_x \leq 20\%$ | 390 | 280 |
| $20 < cv_x \leq 25\%$ | 420 | 300 |
| $25 < cv_x \leq 30\%$ | 450 | 320 |

# CHAPITRE IV

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Les trois caractéristiques mécaniques admissibles, contrainte circonférentielle de traction (CCT), résistance en tension et au déchirement, sont récapitulées dans le tableau ci-dessous, selon le coefficient de variation de la masse surfacique de cinq (5) prises d'essai.

| Coefficient de variation de la masse surfacique de cinq (5) prises d'essai | Conrainte circonférentielle de traction -Moyenne minimum(N/m)- | | Résistance à la rupture en longueur et en largeur -Moyenne minimum (N)- | | Résistance au déchirement - Moyenne minimum(N) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | usage | | usage | | usage | |
| | a | b | a | b | a | b |
| entre 0 et 5% | 8450 | 6600 | 600 | 410 | 300 | 220 |
| entre 5 et 10% | 9000 | 7000 | 650 | 450 | 330 | 240 |
| entre 10 et 15% | 9650 | 7500 | 700 | 490 | 360 | 260 |
| entre 15 et 30% | 10850 | 8500 | 800 | 560 | 420 | 300 |

Ce tableau n'est valable que lorsque la pratique de cinq (5) prises d'essais par géotextile est respectée. Si le coefficient de variation dépasse 30%, le géotextile sera refusé.

Par ailleurs, cette étude permet de noter les observations suivantes:

- La plupart des tissus commercialisés au Québec ont un coefficient de variation de la masse surfacique compris entre 5 et 10%. Pour la série de géotextiles testés pour les besoins de cette étude, on a trouvé 7% dans le cas du CCT, 8% pour la tension, et 6% pour le déchirement.

- Les caractéristiques moyennes sont grossièrement définies, pour les pourcentages en question (7, 8, 6% respectivement), à ± 1000 N/m près, ± 80 N près, ± 30 N près, pour l'usage (a). Ces intervalles de confiance des moyennes sont légèrement moindres pour l'usage (b). Si l'on considère un coefficient de variation de 5%, les intervalles représentent grosso modo les écarts entre les valeurs minimums admissibles qui apparaissent au tableau. Ils ne changent quasiment pas pour le déchirement, mais deviennent environ ± 50 N pour la tension, et ± 600 N/m pour le CCT, pour l'usage (a).

- La meilleure méthode pour déterminer les écarts admissibles consiste à trouver la relation $cv_x$ vs $cv_y$ entre les coefficients de variation, et admettre que l'ancienne valeur unique admise comme minimum au Cahier des Charges est la borne supérieure d'une moyenne $\bar{y}$ pour $cv_x$ compris entre 5 et 10%. Les autres valeurs minimums pour des $cv_x$ inférieurs à 5% ou supérieurs à 10% en découlent.

- Une autre méthode plus approchée permet d'utiliser la pente de la relation y (CCT, tension, déchirement) vs x (masse surfacique), qui vaut environ 43 pour le CCT, 3,9 pour la tension, et 2,5 pour le déchirement. On calcule $\sigma_x = cv_x . \bar{x}$ puis $I_x = \frac{k}{\sqrt{N}} \sigma_x$; cet intervalle multiplié par la pente trouvée ci-dessus donne $I_y$, intervalle de confiance de la moyenne CCT, tension ou déchirement. Il suffit alors de répartir cet écart de part et d'autre de la moyenne minimum anciennement admise (ex.: 9000 N/m pour le CCT usage(a), pour $cv_x < 5\%$ et $cv_x > 10\%$.

  Cette méthode reste délicate d'application dans certains cas et n'est donc pas à conseiller.

- Le tableau établi à la suite de cette étude permet de "récompenser", dans des limites sécuritaires, le fabricant d'un géotextile homogène, et de "pénaliser" celui qui commercialise un tissu très hétérogène.

# ANNEXE

# A N N E X E

usage (a) $\bar{y} + \frac{k_4}{\sqrt{5}} \sigma_y = 650$ N

$1 + 1{,}2388\ cv_y = \frac{650}{\bar{y}}$

$=> \bar{y}$ (pour $cv_x = 6{,}5\%$) = 571,5 N

usage (b) $\bar{y} + \frac{k_4}{\sqrt{5}} \sigma_y = 450$ N

$1 + 2{,}388\ cv_y = \frac{450}{\bar{y}}$

$=> \bar{y}$ (pour $cv_x = 6{,}5\%$) = 395,6 N

| $cv_x$ (%) | $cv_y$ (1,5 $cv_x$ + 1,34) | $\frac{k_4}{\sqrt{5}} \sigma_y$ (N) 1,2388 $\sigma_y$ a / b | $\bar{y} + \frac{k_4}{\sqrt{5}} \sigma_y$(N) a / b | minimum admissibles moyens a / b | minimums admissibles moyens adoptés a / b |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,34 | 9,5/ 6,6 | 581,0/402,2 | 607,5/420,5 | 600 / 420 |
| 5 | 8,84 | 62,6/ 43,3 | 634,1/438,9 | | |
| 6,5 | 11,09 | 78,5/ 54,3 | 650,0/450,0 | 660,6/457,3 | 650 / 450 |
| 10 | 16,34 | 115,7/ 80,1 | 687,2/475,7 | 713,7/501,1 | 710 / 500 |
| 15 | 23,84 | 168,8/130,9 | 740,3/526,5 | 766,8/537,8 | |
| 20 | 31,34 | 221,9/153,6 | 793,4/549,2 | 819,9/567,5 | 820 / 570 |
| 25 | 38,84 | 275,0/190,3 | 846,5/585,9 | 873,0/604,3 | |
| 30 | 46,34 | 328,1/227,1 | 899,6/622,7 | | |

MINISTERE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, Rue Dorchester sud, 7e
Québec, (Québec)
G1K 5Z1

# TABLEAUX

## TABLEAU 1

## CORRELATION CCT VERSUS MASSE SURFACIQUE

| Produit | Valeur CCT y | | | | Masse surfacique x | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{y}$ (N/m) | $\sigma_y$ (N/m) | $cv_y$ (%) | $I_y$ (N/m) | $\bar{x}$ ($g/m^2$) | $\sigma_x$ ($g/m^2$) | $cv_x$ (%) | $I_x$ ($g/m^2$) |
| Polyfelt C (6 essais) | 16261 | 1080 | 6,6 | 1133 | 293,2 | 17,7 | 6,04 | 18,6 |
| Propex 4551 (12 essais) | 9174 | 1146 | 12,5 | 728 | 268,7 | 19,6 | 7,30 | 12,4 |
| Nilex (6 essais) | 8934 | 497 | 5,6 | 521 | 251,2 | 13,6 | 5,42 | 14,3 |
| Texel 11831 (12 essais) | 7856 | 1307 | 16,6 | 830 | 270,9 | 28,2 | 10,43 | 17,9 |
| Penroad 150 (12 essais) | 10592 | 930 | 8,8 | 591 | 350,2 | 20,5 | 5,85 | 13,0 |
| Texel 11371 (5 essais) | 6517 | 566 | 8,7 | 701 | 237,1 | 9,0 | 3,80 | 11,2 |
| Bidim C 38 (12 essais) | 23227 | 1664 | 7,2 | 1057 | 345,4 | 18,6 | 5,38 | 11,8 |
| Texel 7607 (5 essais) | 8350 | 1103 | 13,2 | 1366 | 258,7 | 28,9 | 11,20 | 35,8 |
| Texel 7607 (29 essais) | 7466 (30 éch) | 1910 | 25,6 | 711 | 235,7 (29 éch.) | 49,3 | 21,0 | 18,7 |
| Moyenne (sans le dernier tissu) | 11364 | 1037 | 9,9 | 865,9 | 284,4 | 19,5 | 6,93 | 16,87 |
| (avec le dernier) | 10931 | 1134 | 11,6 | 858,6 | 279,0 | 22,8 | 8,49 | 17,07 |

## TABLEAU 2

## CORRELATION TENSION VERSUS MASSE SURFACIQUE

| Produit | Tension y | | | | Masse surfacique x | | | | Nombre d'échantillons |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{y}$ (N) | $\sigma_y$ (N) | $cv_y$ (%) | $I_y$ (N) | $\bar{x}$ (g/m²) | $\sigma_x$ (g/m²) | $cv_x$ (%) | $I_x$ (g/m²) | |
| Propex 4551 | 426 | 23,1 | 5,4 | 28,6 | 274,2 | 12,0 | 4,4 | 14,9 | 5 |
| AF-031(Côté Inc) | 728,5 | 176,4 | 24,2 | 218,6 | 280,0 | 43,7 | 15,6 | 54,1 | 5 |
| Propex 4551 | 454,9 | 116,0 | 25,5 | 88,9 | 257,8 | 41,9 | 16,2 | 32,1 | 9 |
| AF-023(Côté Inc) | 722,6 | 128,8 | 17,8 | 159,6 | 279,4 | 33,2 | 11,9 | 41,1 | 5 |
| | 1608,4 | 187,6 | 11,7 | 232,4 | 672,8 | 68,9 | 10,2 | 76,9 | 5 |
| AF-026(Côté Inc) | 1983,0 | 230,8 | 11,6 | 285,8 | 702,0 | 70,0 | 8,7 | 75,5 | 5 |
| 84-S-4032 | 569,9 | 84,6 | 14,8 | 104,8 | 262,4 | 9,1 | 3,5 | 11,3 | 5 |
| AF-024(Côté Inc) | 727,5 | 133,6 | 18,4 | 165,5 | 252,2 | 26,1 | 10,3 | 32,3 | 5 |
| Nilex U-24 | 525,8 | 27,7 | 5,3 | 34,3 | 250,6 | 6,6 | 2,6 | 8,1 | 5 |
| AF-032 | 717,3 | 43,2 | 6,0 | 53,5 | 242,6 | 9,7 | 4,0 | 12,0 | 5 |
| Mirafi P 150 | 487,6 | 16,9 | 3,5 | 20,9 | 213,4 | 7,8 | 3,6 | 9,7 | 5 |
| AF-029 | 746,5 | 46,5 | 6,2 | 57,6 | 240,2 | 11,1 | 4,6 | 13,7 | 5 |
| Texel QU-84 11371 | 475,4 | 60,0 | 12,6 | 74,3 | 240,8 | 27,2 | 11,3 | 33,7 | 5 |
| AF-034 | 586,4 | 27,0 | 4,6 | 33,4 | 254,2 | 6,1 | 2,4 | 7,5 | 5 |
| Texel QU-84 11831 | 569,6 | 46,8 | 8,2 | 58,0 | 275,8 | 8,7 | 3,1 | 10,8 | 5 |
| AF-025 | 543,9 | 45,9 | 8,4 | 56,9 | 271,6 | 12,2 | 4,5 | 15,1 | 5 |
| Bidim C 38 | 1637,3 | 177,2 | 10,8 | 126,6 | 356,7 | 23,5 | 6,6 | 16,8 | 10 |
| AF-044 | 1770,7 | 61,7 | 3,5 | 47,3 | 350,9 | 17,8 | 5,1 | 13,6 | 9 |
| Mirafi P 150 | 651,3 | 79,0 | 12,1 | 56,4 | 327,7 | 14,8 | 4,5 | 10,6 | 10 |
| AF-045 | 1189,9 | 211,7 | 17,8 | 134,4 | 349,5 | 35,0 | 10,0 | 22,2 | 12 |
| Texel 7607 | 779,7 | 38,4 | 4,9 | 24,4 | 246,7 | 12,3 | 5,0 | 7,8 | 12 |
| AF-038 | 597,2 | 43,2 | 7,0 | 27,4 | 242,4 | 8,2 | 3,4 | 5,2 | 12 |
| Texel 7607 | 584,0 | 149,8 | 25,6 | 49,7 | 226,8 | 20,8 | 9,2 | 6,9 | 37 |
| AF-038 à 043 | 482,0 | 111,0 | 23,0 | 36,9 | 223,1 | 21,6 | 9,7 | 7,2 | 37 |

## TABLEAU 3

### ESSAIS DE TENSION: MASSES SURFACIQUES MOYENNES $\bar{x}$, $cv_x$, pentes, coefficient de corrélation r

| Tissus | $\bar{x}$ | $cv_x$ | Pente | $r^2$ | r |
|---|---|---|---|---|---|
| AF-023 sens I | 257,8 | 16,25 | 2,5969 | 0,94 | 0,97 |
| sens II | 279,4 | 11,90 | 3,8097 | 0,98 | 0,99 |
| AF-024 sens II | 252,2 | 10,34 | 4,7256 | 0,92 | 0,96 |
| AF-025 sens I | 275,8 | 3,15 | 4,9213 | 0,92 | 0,96 |
| sens II | 271,6 | 4,48 | 3,3469 | 0,89 | 0,94 |
| AF-031 sens I | 269,2 | 14,33 | 1,1845 | 0,98 | 0,99 |
| AF-032 sens II | 242,6 | 3,99 | 3,9572 | 0,89 | 0,94 |
| AF-034 sens I | 240,8 | 11,29 | 2,0206 | 0,92 | 0,96 |
| sens II | 254,2 | 2,38 | 4,4159 | 0,99 | 0,99 |
| AF-044 sens I | 356,7 | 6,59 | 6,0373 | 0,80 | 0,89 |
| sens II | 350,9 | 5,08 | 2,8154 | 0,81 | 0,90 |
| AF-045 sens I | 327,7 | 4,50 | 4,5745 | 0,85 | 0,92 |
| sens II | 349,5 | 10,01 | 5,0611 | 0,84 | 0,91 |
| AF-038 à 043 | | | | | |
| sens I | 226,76 | 9,17 | 6,2286 | 0,87 | 0,93 |
| sens II | 223,14 | 9,70 | 4,1869 | 0,82 | 0,90 |

## TABLEAU 4

## CORRELATION DECHIREMENT VERSUS MASSE SURFACIQUE

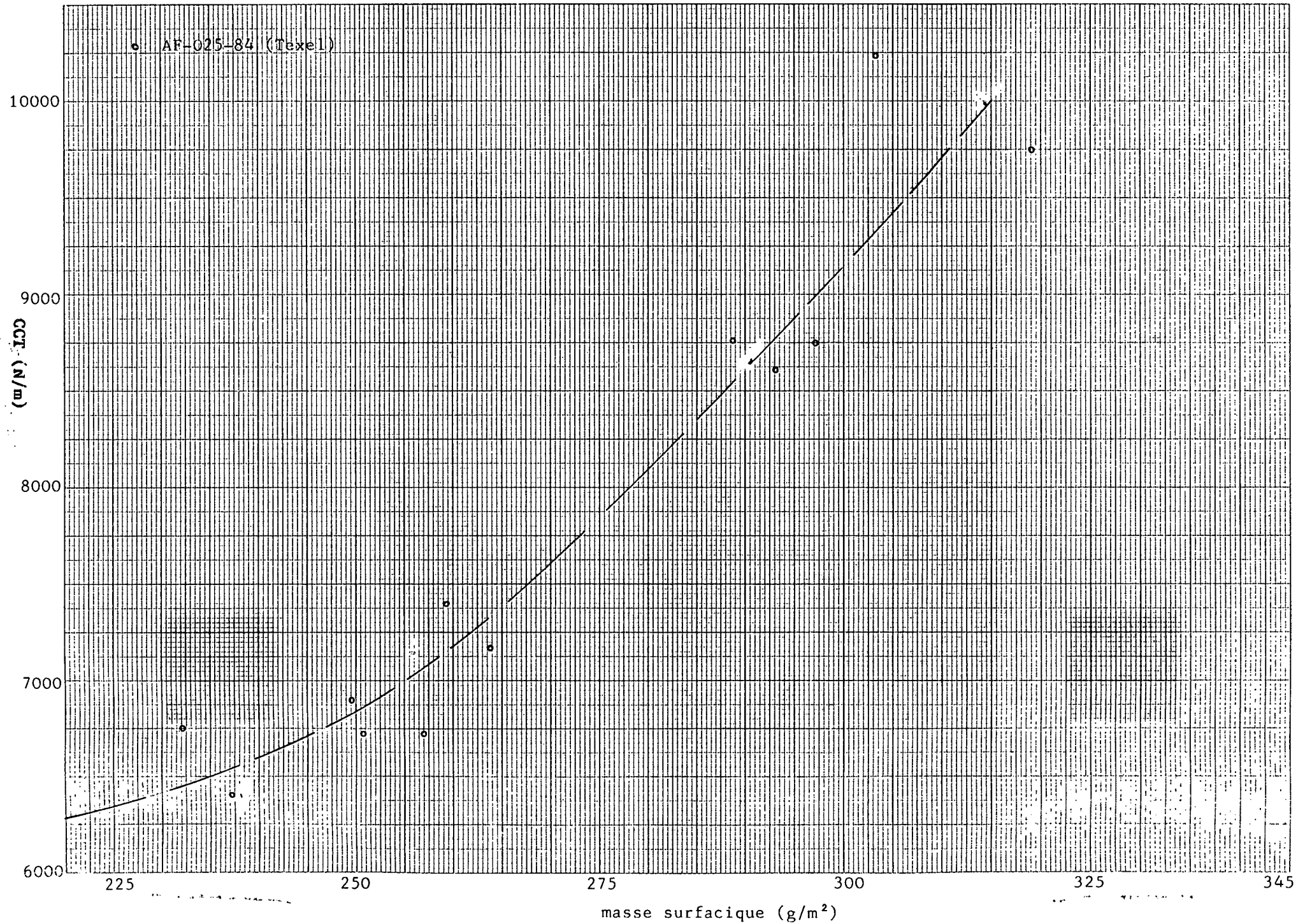
| Produit | $\bar{y}$ (N) | $\sigma y$ (N) | $cv_y$ (%) | $I_y$ (N) | $\bar{x}$ (g/m²) | $\sigma x$ (g/m²) | $cv_x$ (%) | $I_x$ (g/m²) | Nombre d'échantillons |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Texel 7607 AF-038 | | | | | | | | | |
| Sens I | 400,1 | $27,6^{4}$ | $6,9^{1}$ | | 241 | $8,1^{3}$ | 3,4 | $5,1^{6}$ | 12 |
| Sens II | 304,4 | $44,2^{3}$ | 14,5 | | 246,5 | $6,9^{5}$ | 2,8 | $4,4^{1}$ | 12 |
| Bidim C 38 AF-044 | | | | | | | | | |
| Sens I | 669,2 | $69,1^{7}$ | $10,3^{4}$ | | 354,2 | $15,8^{6}$ | 4,5 | $10,0^{7}$ | 12 |
| Sens II | 806,9 | $126,5^{9}$ | 15,7 | | 348,3 | $19,7^{1}$ | 5,6 | $12,5^{2}$ | 12 |
| Mirafi P 150 AF-045 | | | | | | | | | |
| Sens I | 426,9 | 60,0 | $14,0^{5}$ | | 384 | $16,9^{6}$ | 4,4 | $10,7^{7}$ | 12 |
| Sens II | 603,7 | 124,7 | 20,6 | | 346,1 | $47,1^{5}$ | 13,6 | $29,9^{5}$ | 12 |

# FIGURES

K+E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM. KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



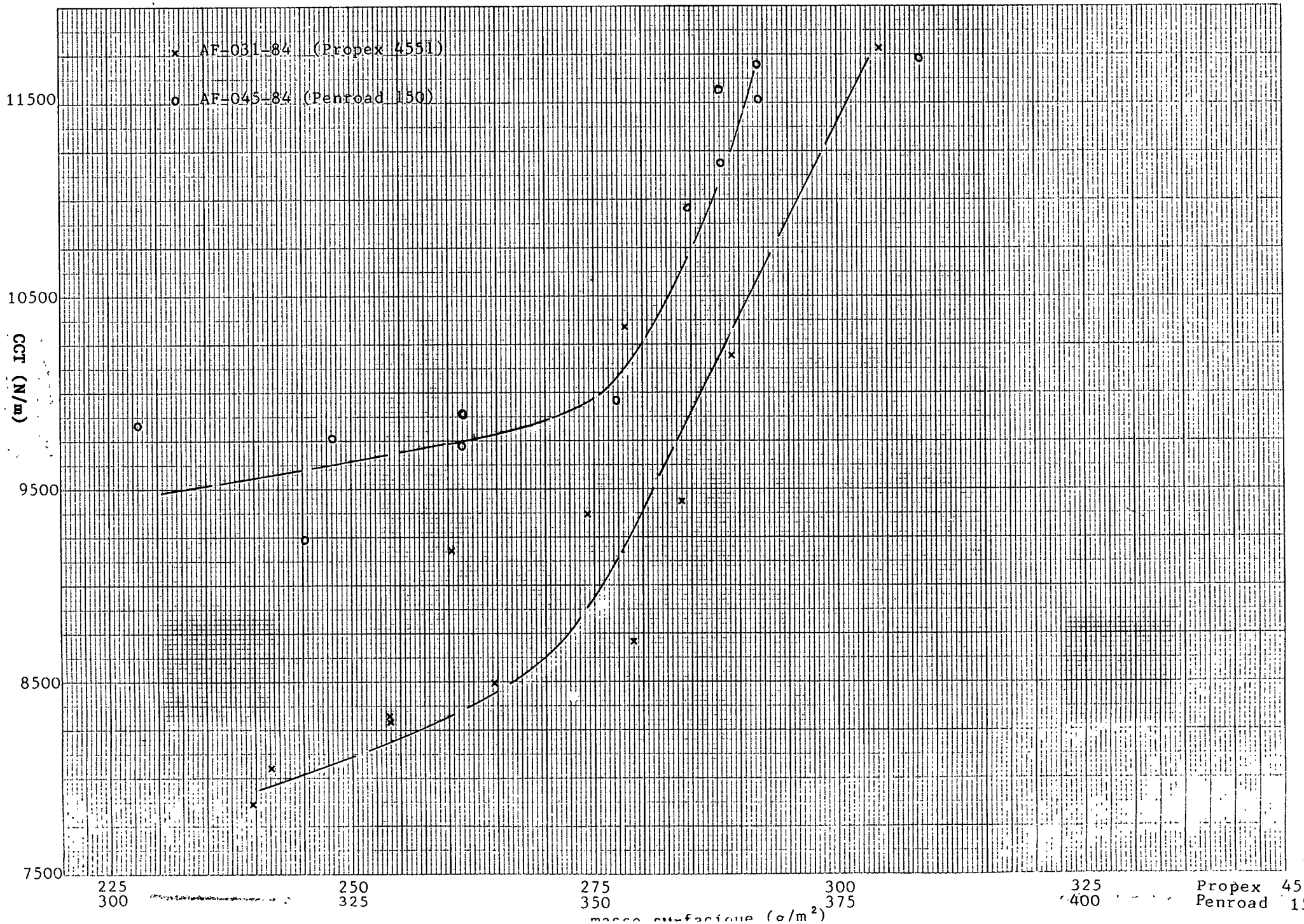
**Figure 1: CCT vs masse surfacique**



K+E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM. KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



Figure 2: CCT vs masse surfacique



K+E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM.
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



Figure 3: CCT vs masse surfacique

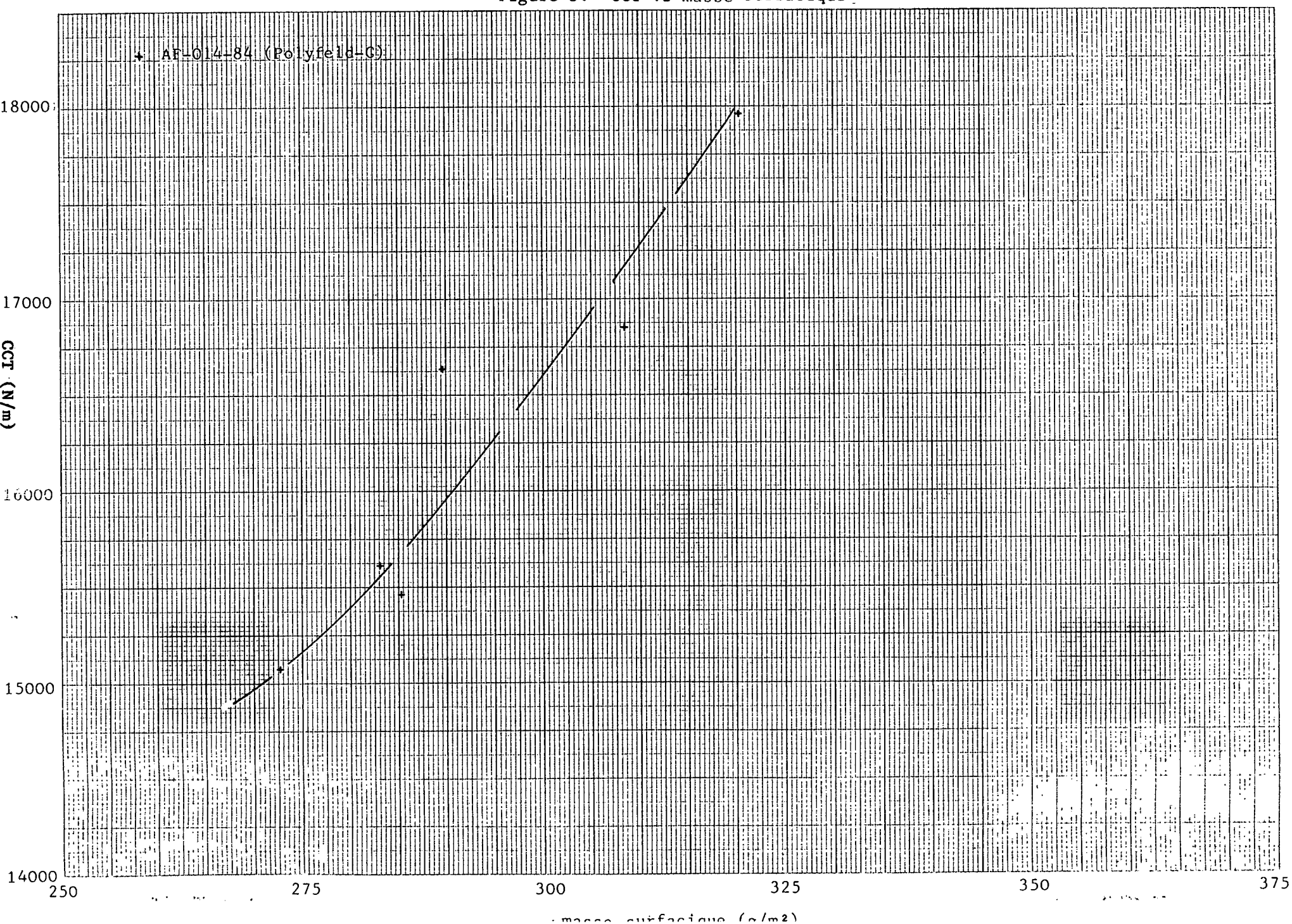


**Figure 4: CCT vs masse surfacique**

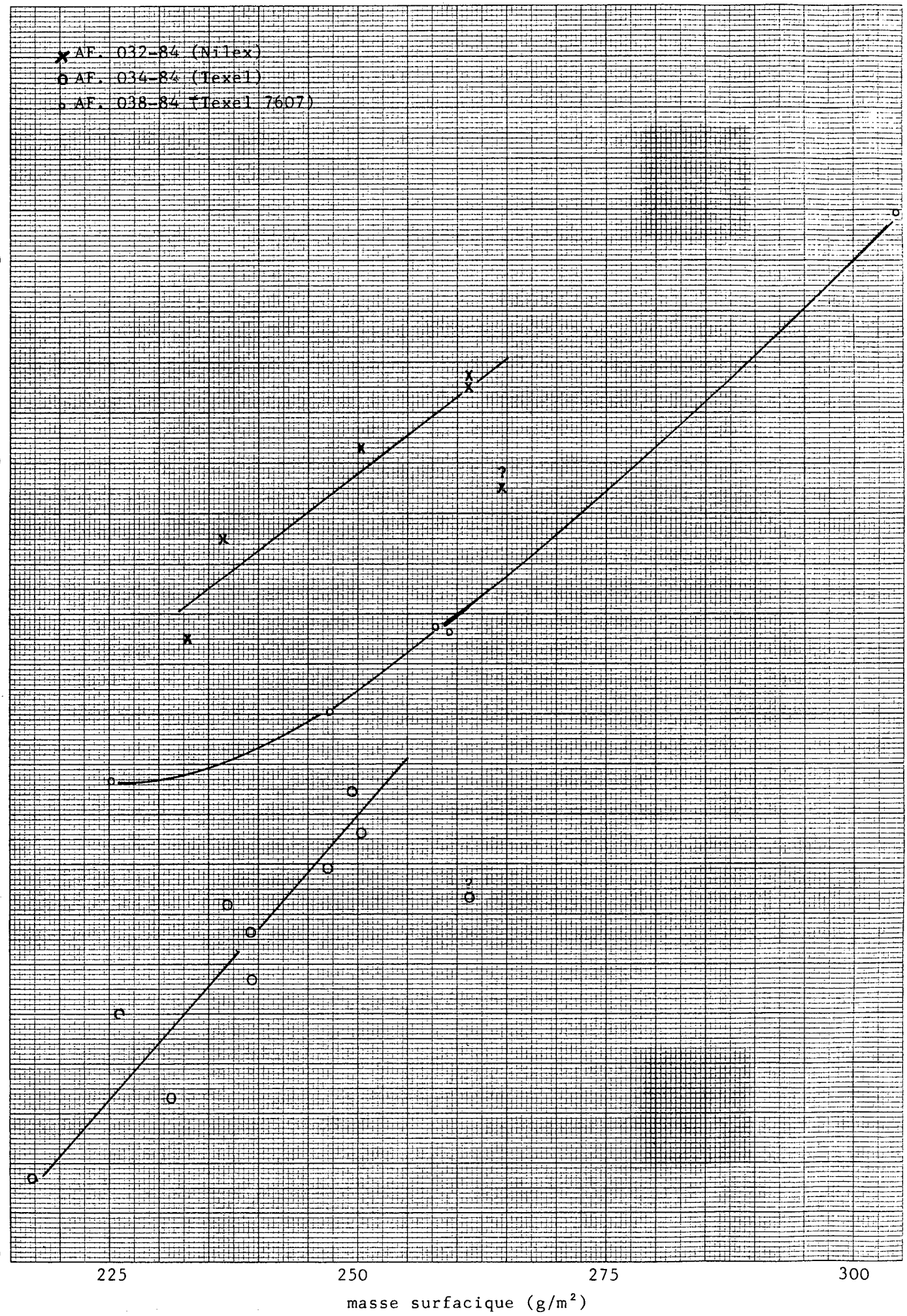
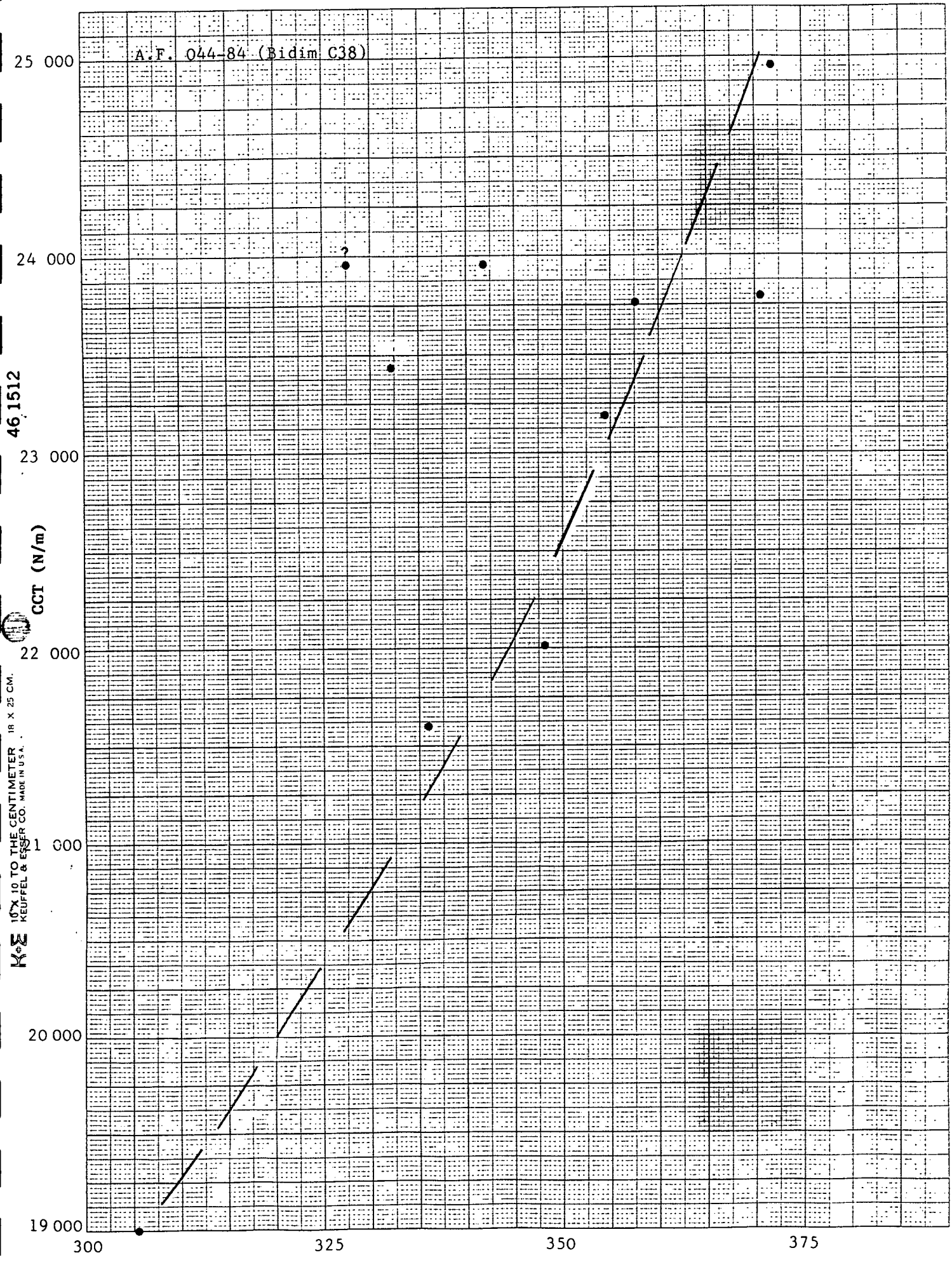


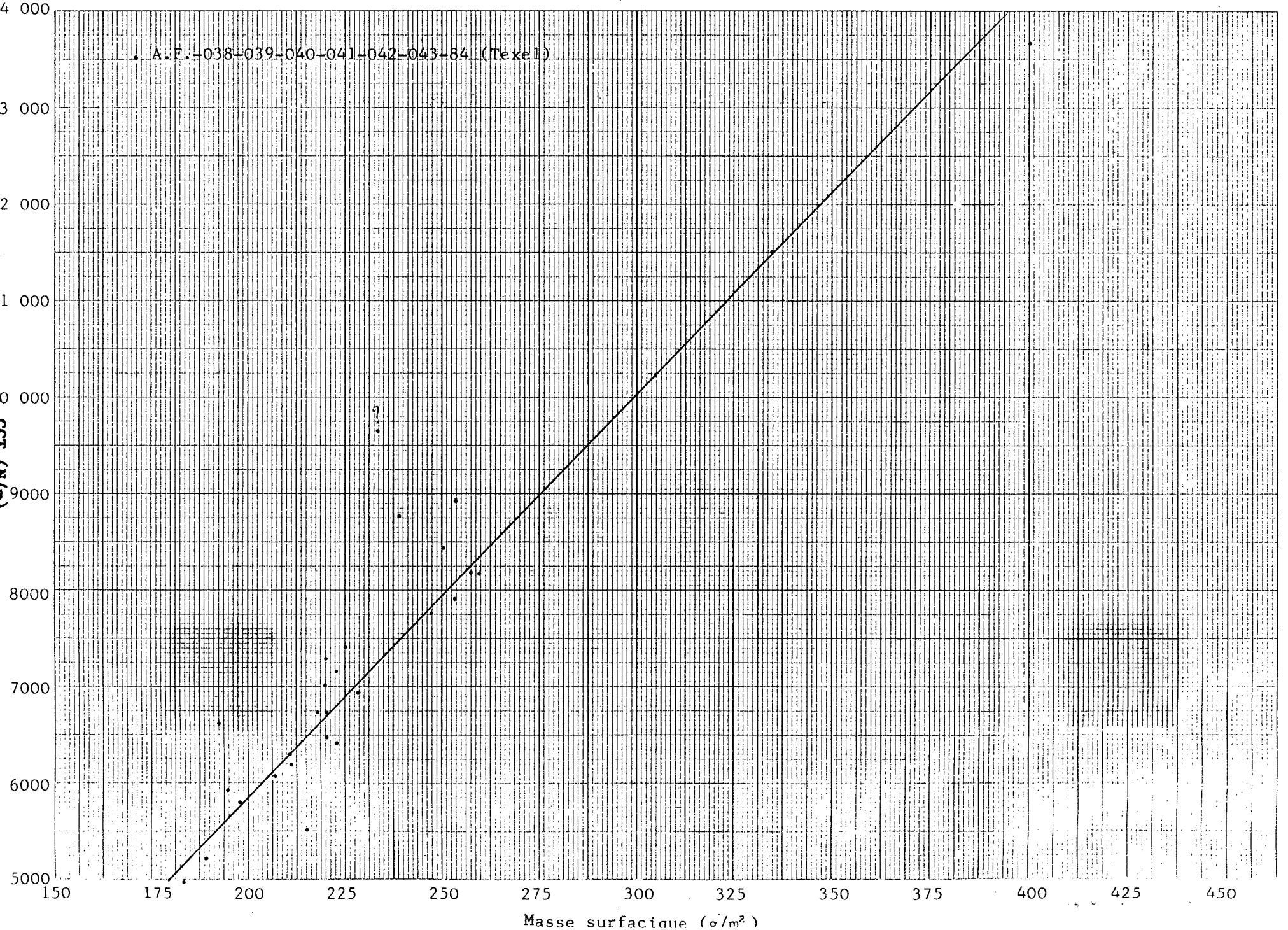
Figure 5: CCT vs masse surfacique



K&E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM. KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



Figure 6: CCT vs masse surfacique



K+E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM.
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



Figure 7: Relation moyenne CCT vs masse surfacique

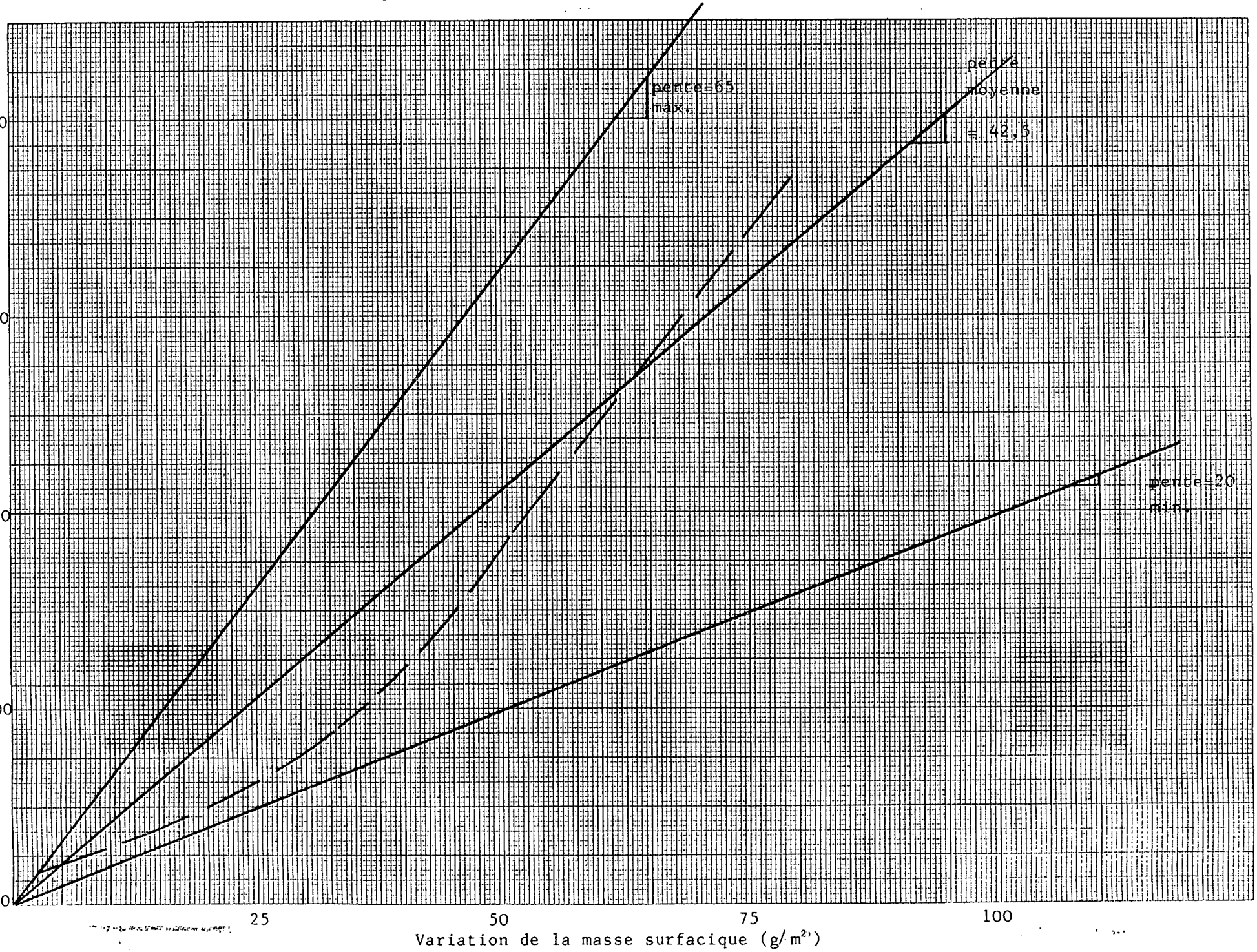


Figure 8: Relation entre les coefficients de variation de la contrainte CCT ($cv_y$) et de la masse surfacique ($cv_x$)

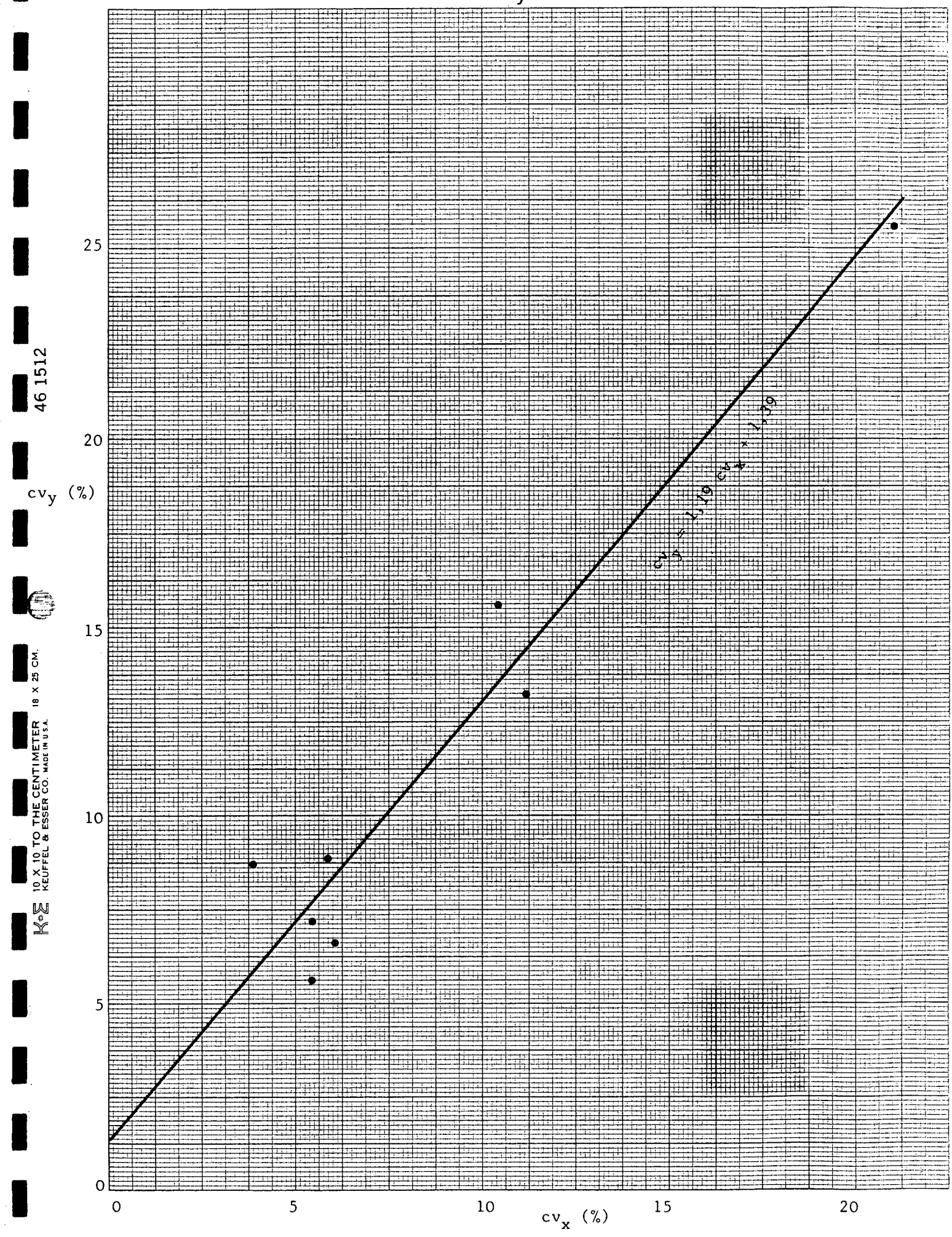


**Figure 9: Tension vs masse surfacique**

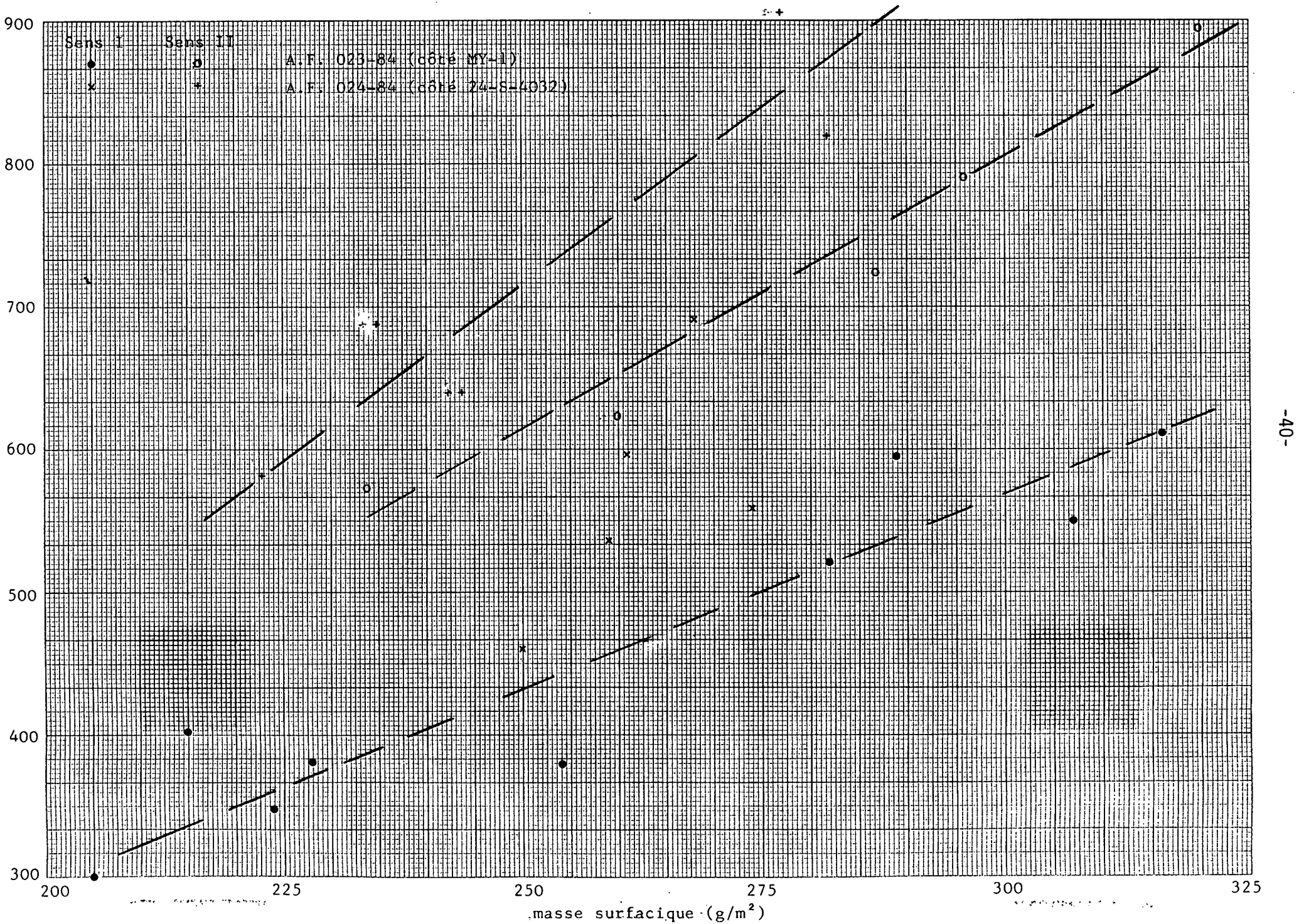


**Figure 10: Tension vs masse surfacique**

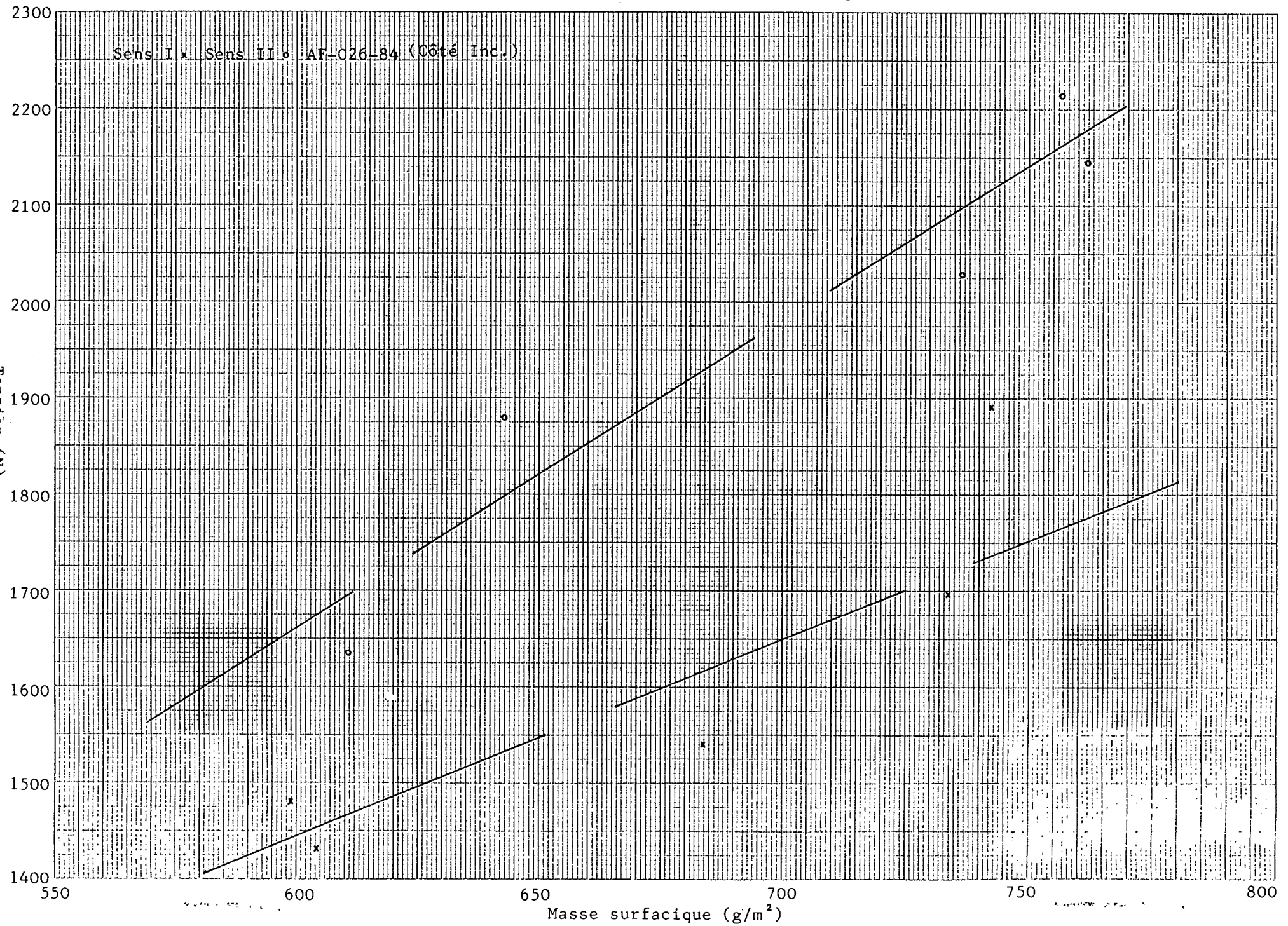


**Figure 11: Tension vs masse surfacique**

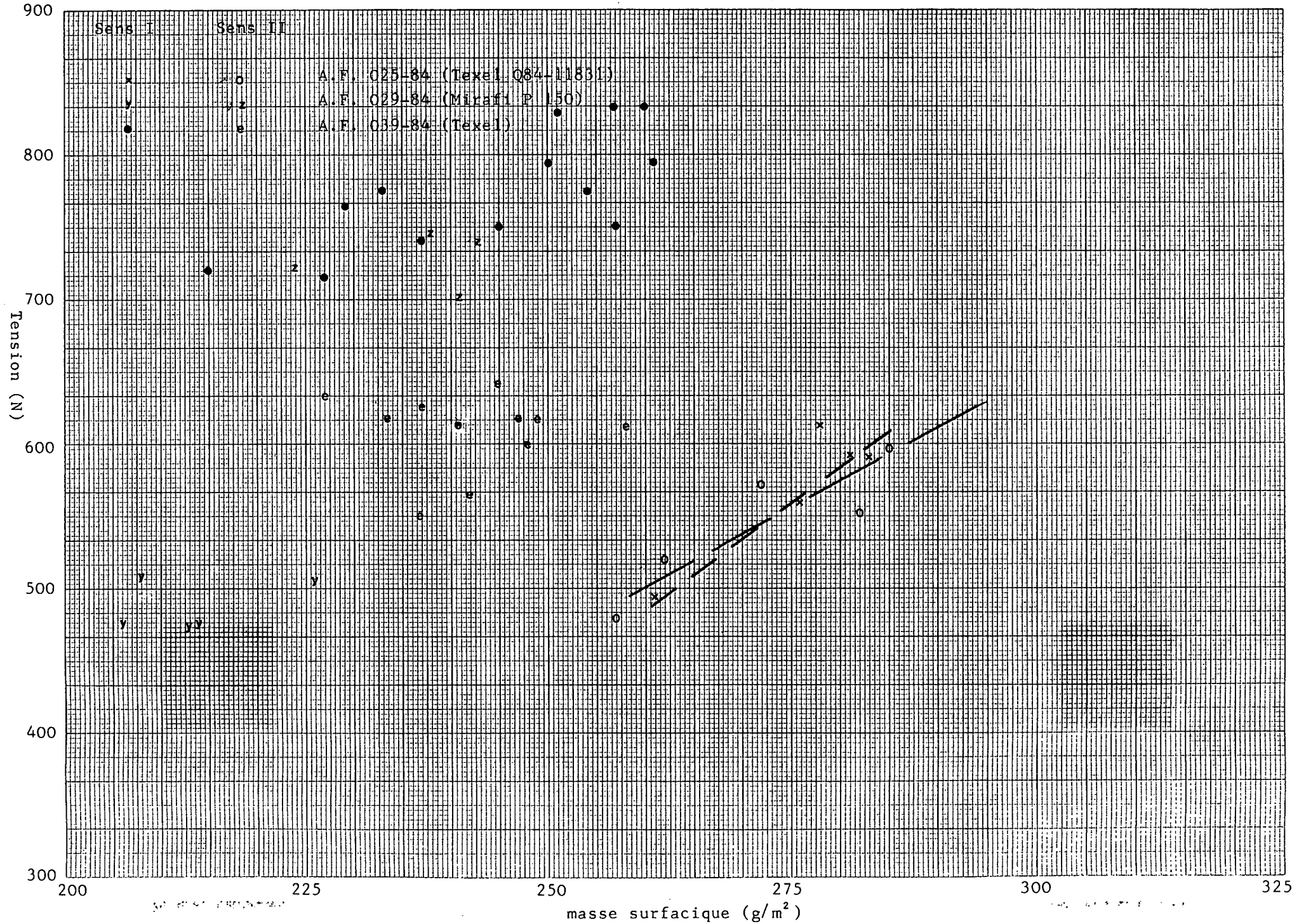


**Figure 12: Tension vs masse surfacique**

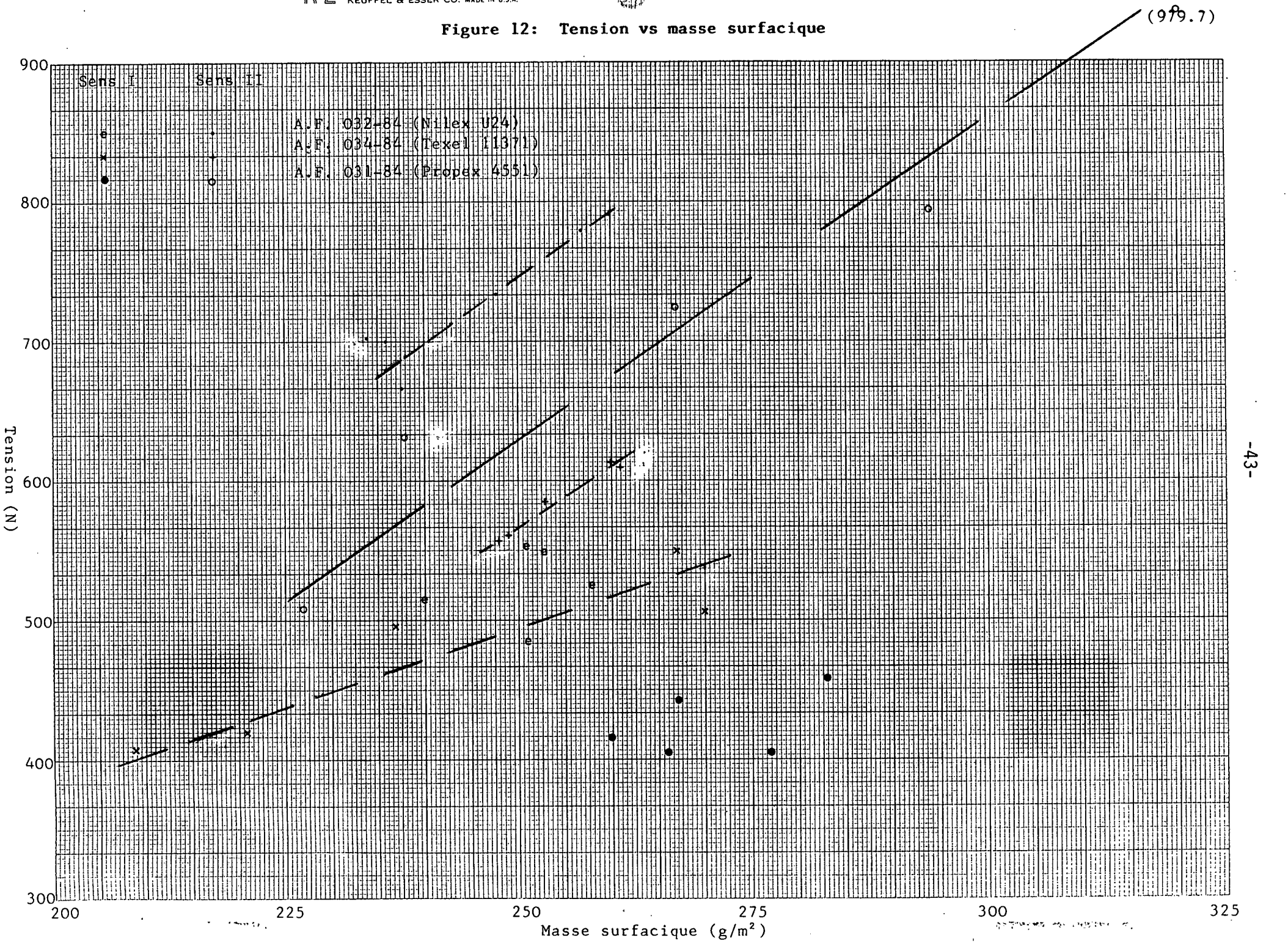


Figure 13

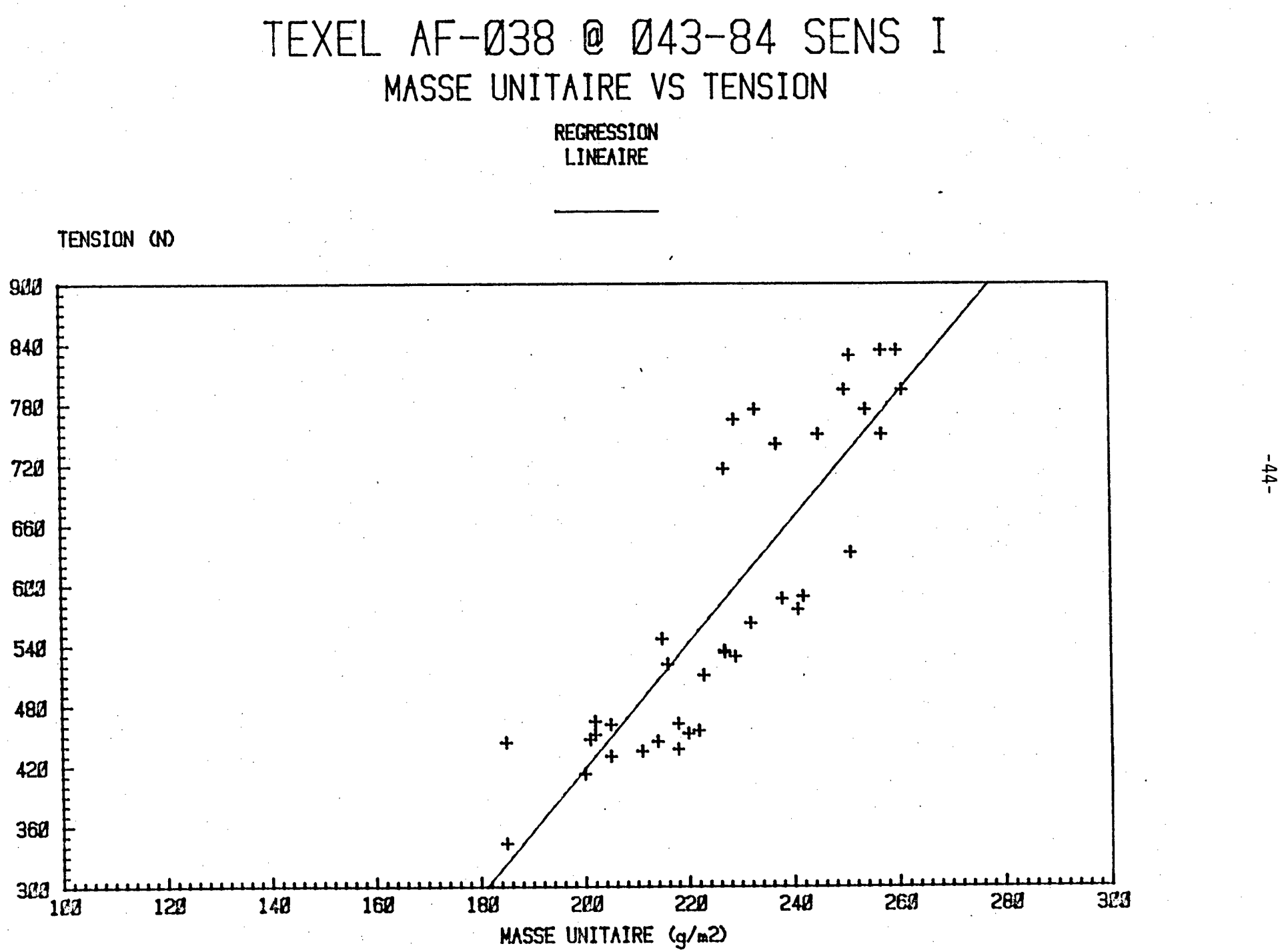
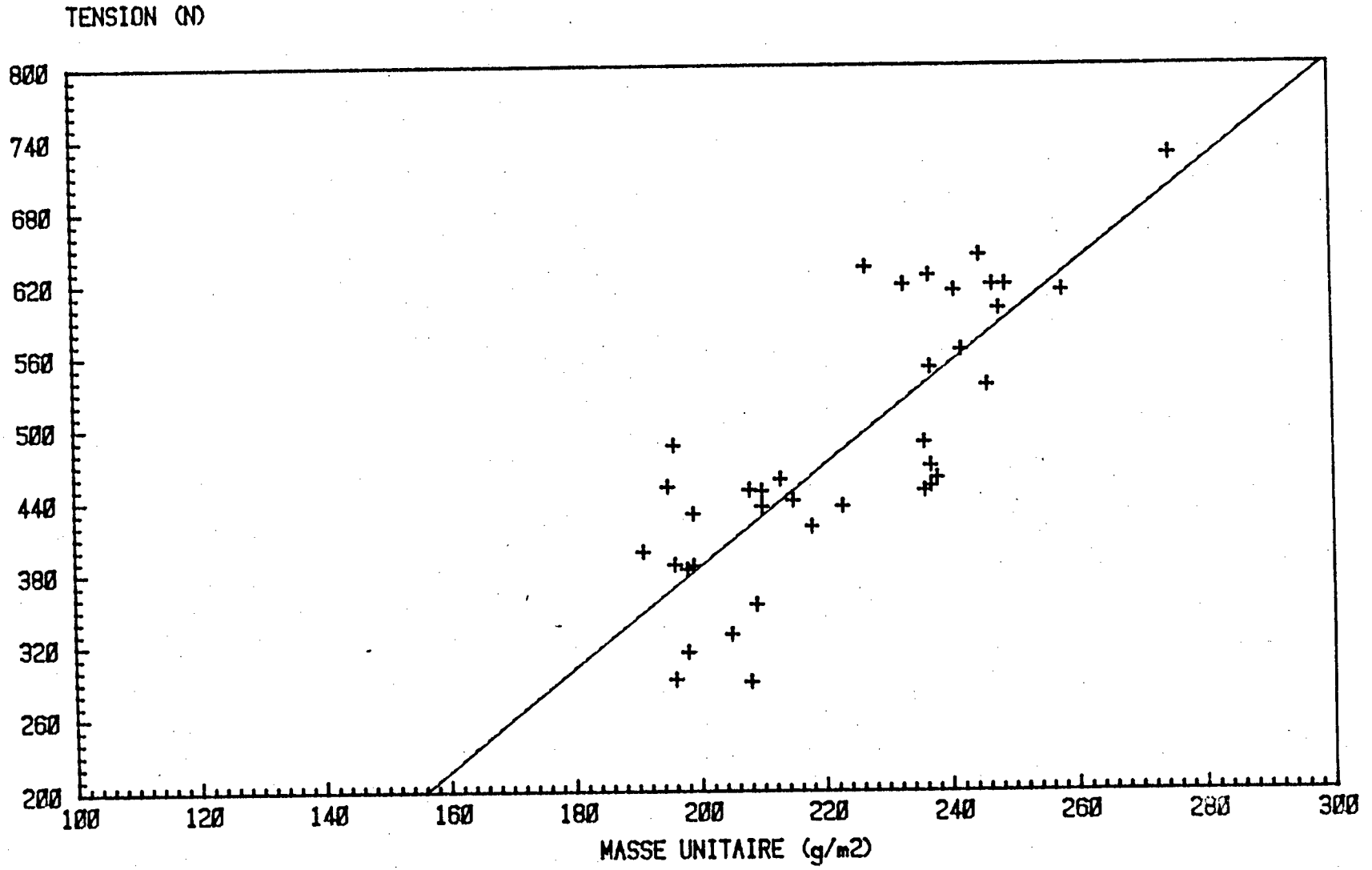

TEXEL AF-Ø38 @ Ø43-84 SENS I
MASSE UNITAIRE VS TENSION
REGRESSION
LINEAIRE
TENSION (N)
900
840
780
720
660
600
540
480
420
360
300
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
MASSE UNITAIRE (g/m2)

Figure 14

# TEXEL AF-Ø38 @ Ø43-84 SENS II

## MASSE UNITAIRE VS TENSION

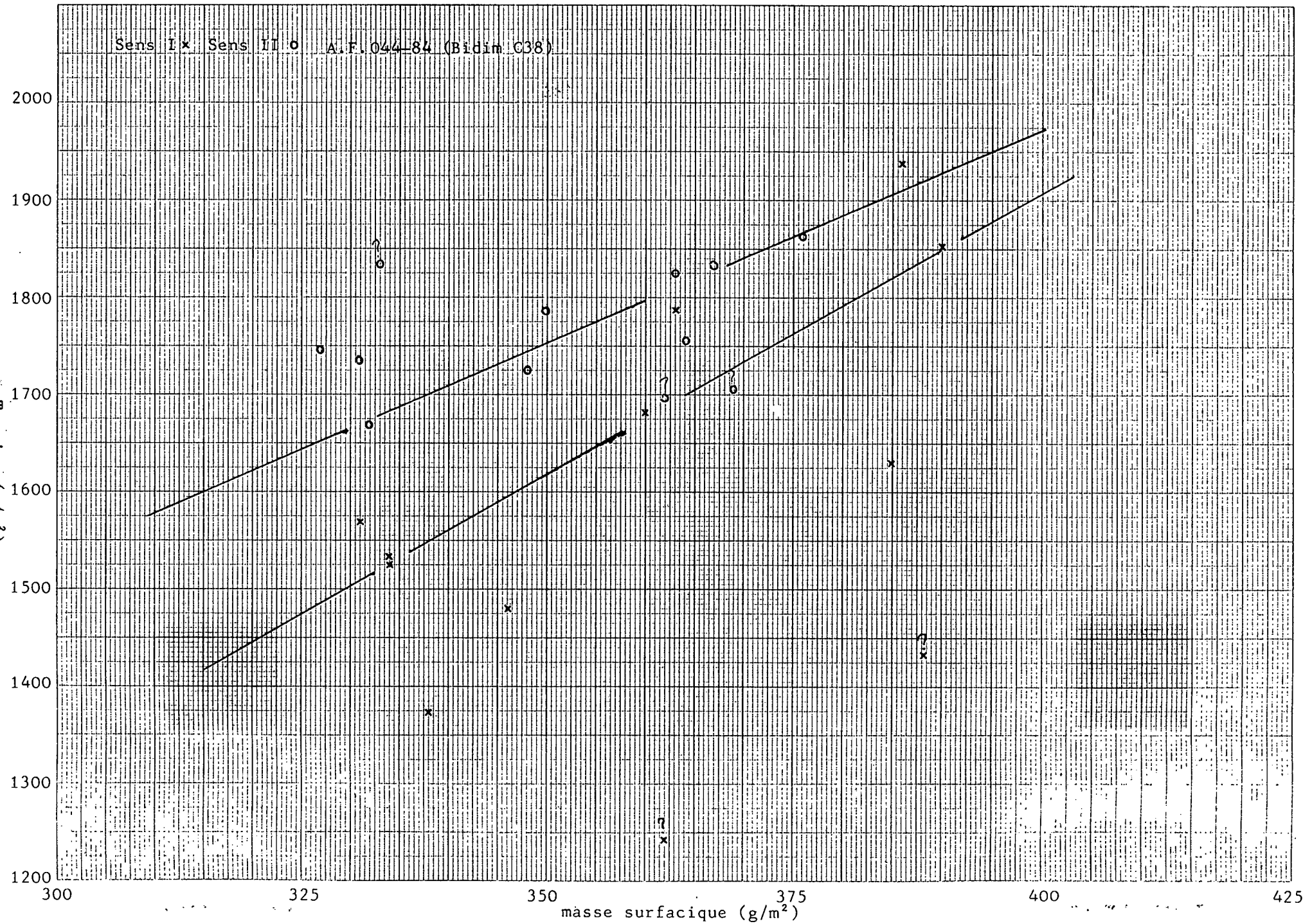
REGRESSION
LINEAIRE



K+E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM. KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



**Figure 15: Tension vs masse surfacique**



K+E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM. KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.
46 1512

**Figure 16: Tension vs masse surfacique**

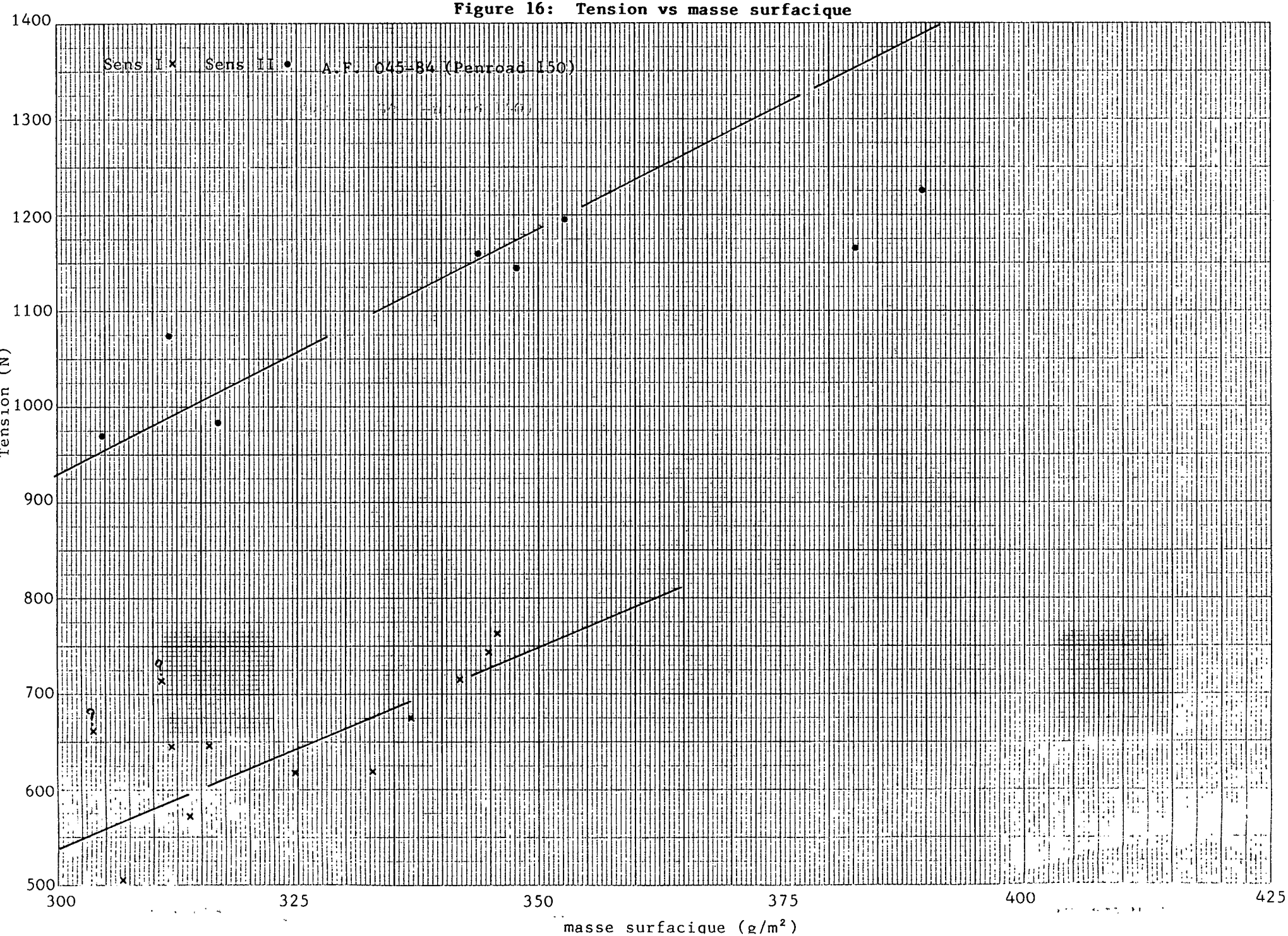


**Figure 17: Relation moyenne tension vs masse surfacique**

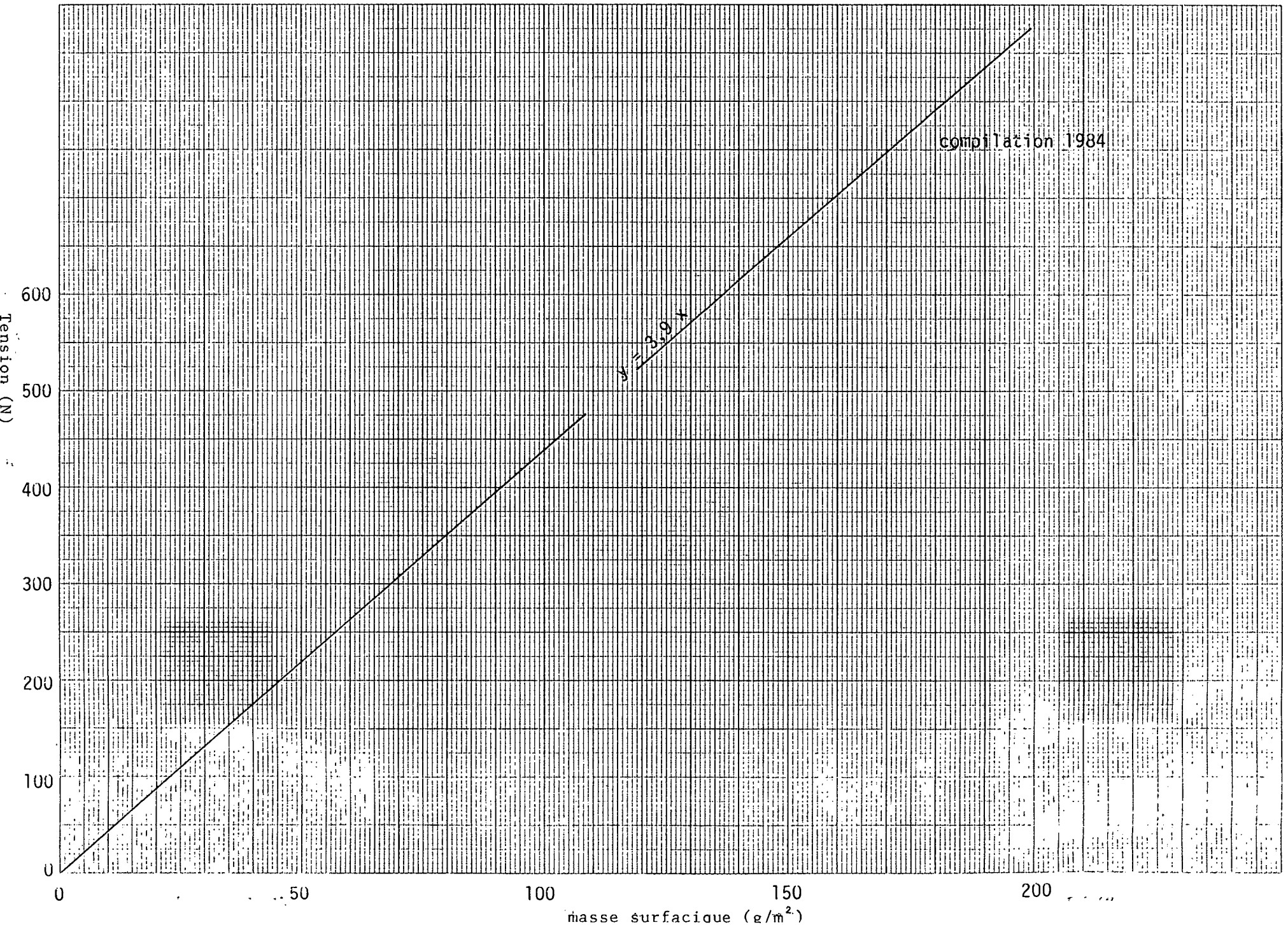
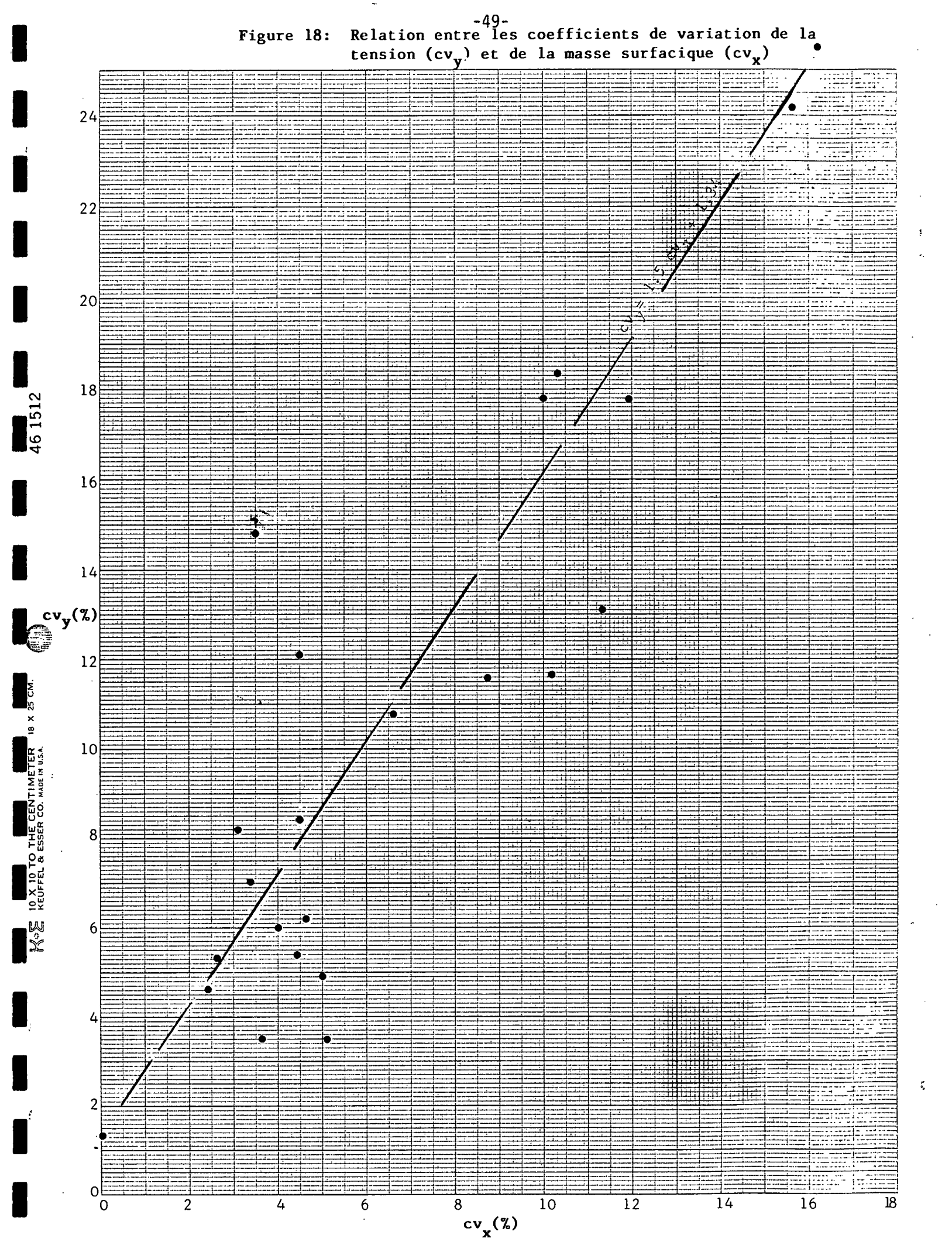


Figure 18: Relation entre les coefficients de variation de la tension ($cv_y$) et de la masse surfacique ($cv_x$)



K-E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM. KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



**Figure 19: Déchirement vs masse surfacique**

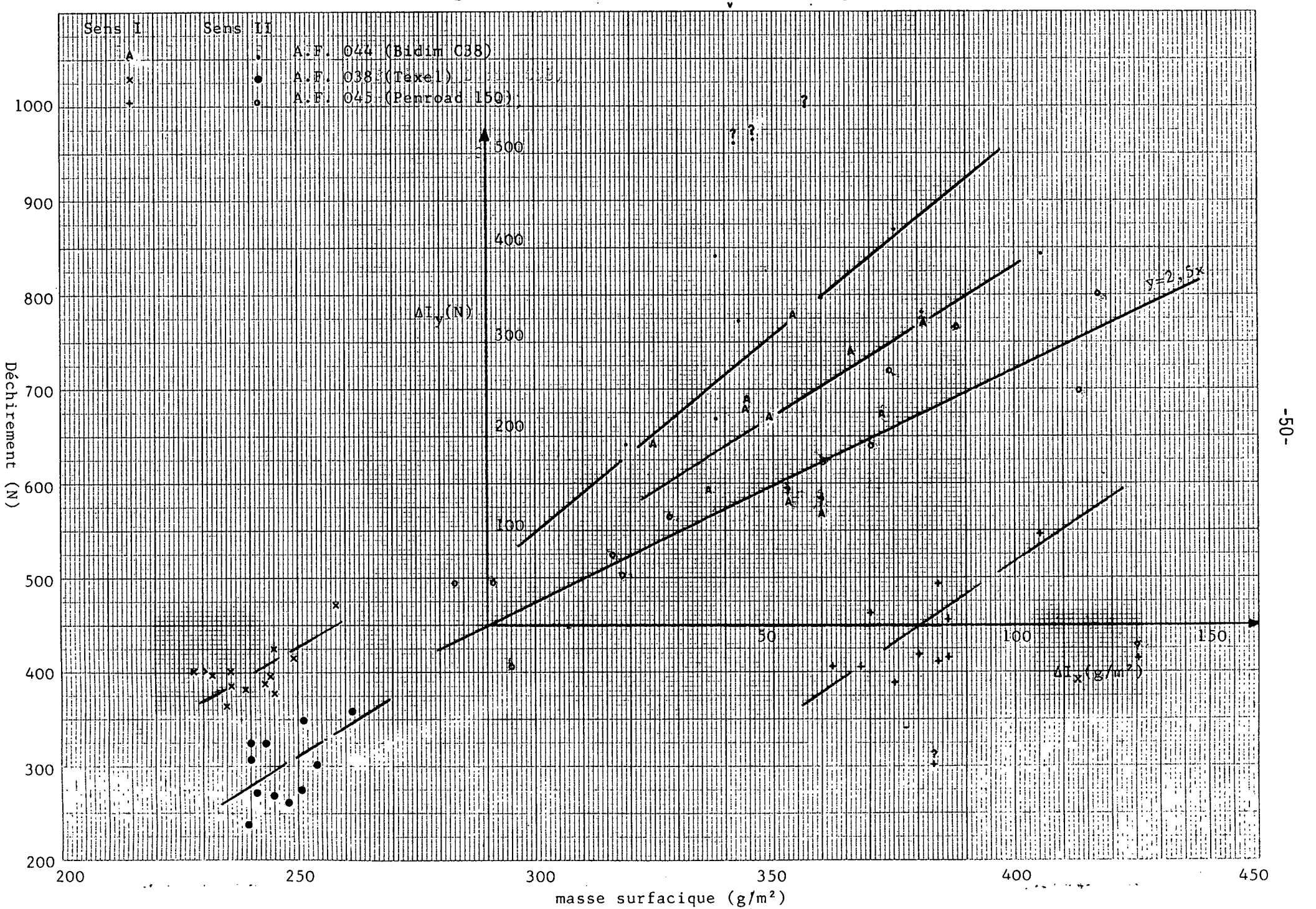
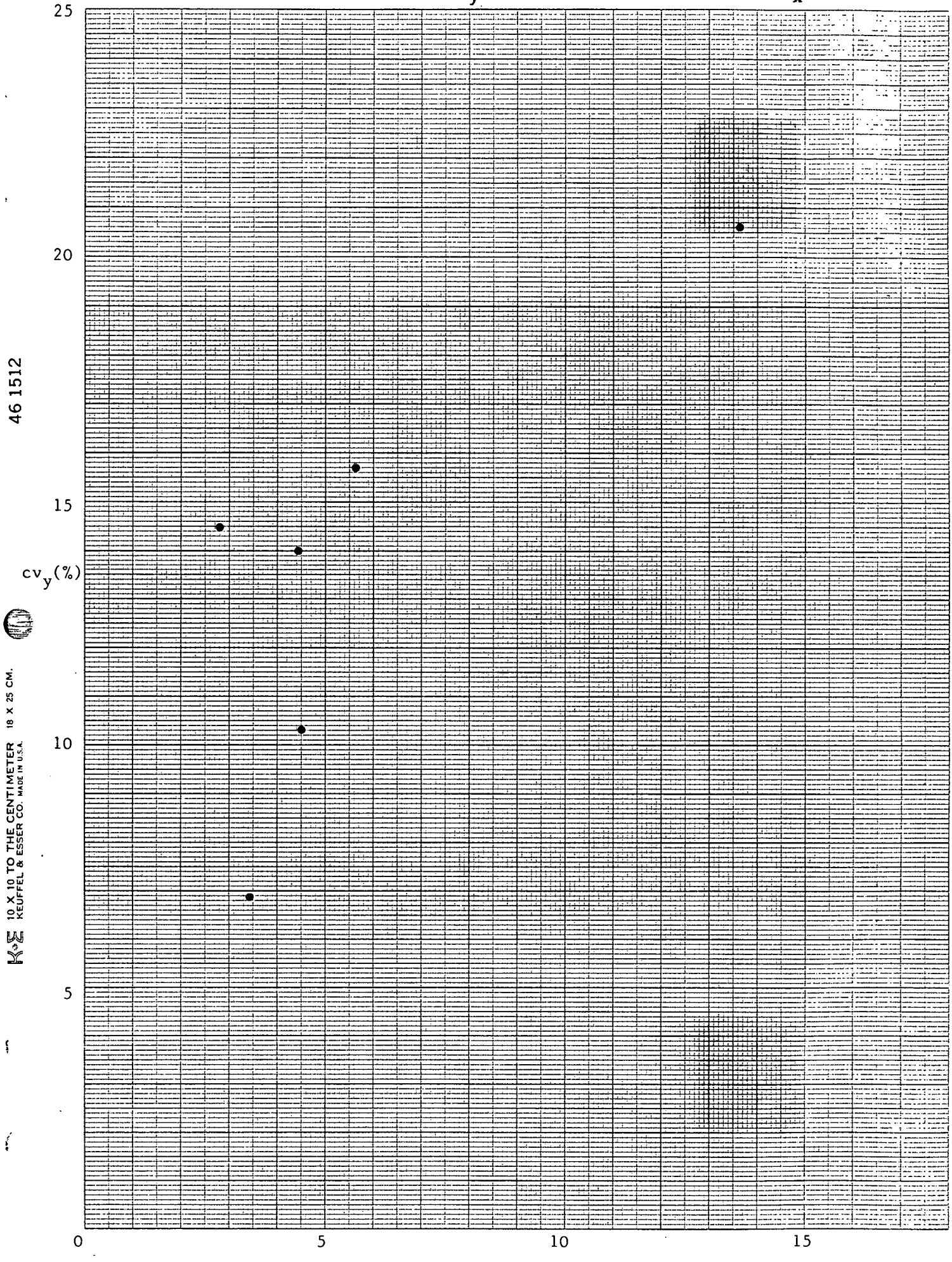


Figure 20: Relation entre les coefficients de variation du déchirement ($cv_y$) et de la masse surfacique ($cv_x$)



MINISTERE DES TRANSPORTS
QTR A 102 202