

RAPPORT D'ETUDE
Mars 1993

COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN MOUILLEE

Avertissement: Ces documents n'ont pas été publiés et n'ont pas fait l'objet de vérification.
Des erreurs ont pu se glisser, l'état des connaissances à cette époque n'a pas le même
niveau qu'actuellement.

Alain ROCHE

ETUDE DU COMPORTEMENT D'UNE TOILE MOUILLEE

A- Dispositif expérimental

Ce dispositif est constitué d'un cadre extensiométrique, d'une enceinte climatique et d'une sonde thermo-hygrométrique. Le cadre extensiométrique a été conçu spécialement dans le but d'étudier le comportement mécanique biaxial des peintures sous différentes conditions expérimentales. On peut également étudier le comportement mécanique biaxial de la peinture au cours des différentes opérations de restauration.

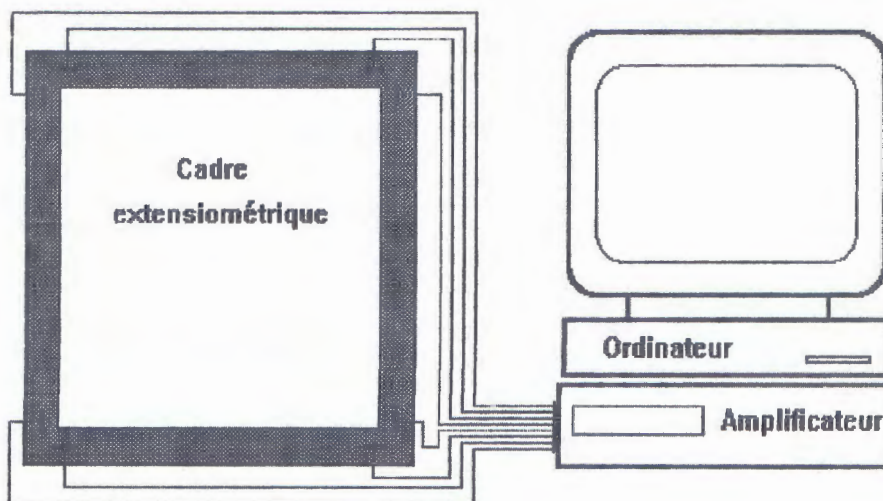
Cadre extensiométrique.

Cet appareil est composé:

- d'un cadre métallique carré équipé de capteurs,
- d'un système informatique d'enregistrement des données
- d'un système informatique de traitement des données.

SYNOPTIQUE DE L'INSTRUMENTATION

Voir Fiche: cadre extensiométrique



B- Caractéristiques de la toile

Toile de lin: Marque déposée LIBECO

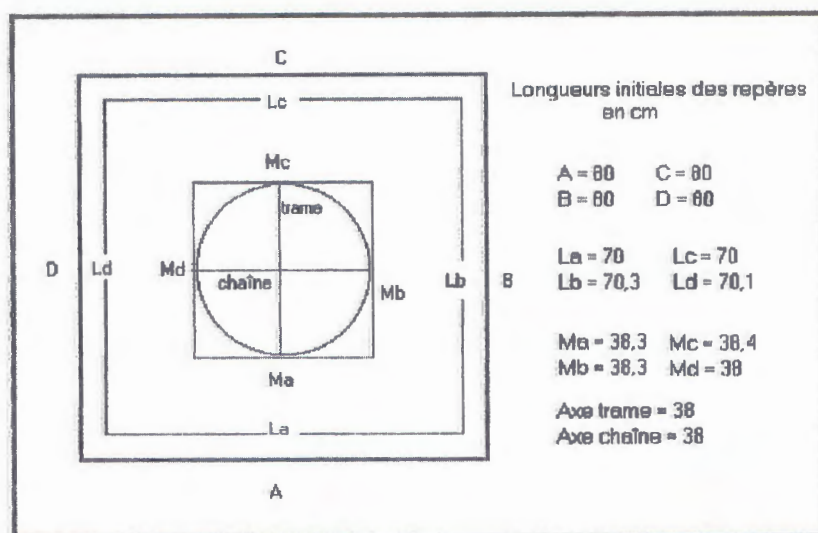
Contexture: Trame: 15 fils/cm
Chaîne 14 fils/cm

Embuvaige: Trame: 2,5%
Chaîne : 9,5%

Masse surfacique: 308,13 g/m²

C- Repérage de la toile

Un repérage a été tracé sur la toile pour suivre l'évolution des déformations relatives de celle-ci durant les cycles de mouillage.



L'erreur de mesure est $\pm 2\text{mm}$ environ soit une erreur de 0,28% par rapport aux cotés notés L et 0,52% par rapport aux cotés notés M et aux axes.

I- PREMIER MOUILLAGE DE LA TOILE

Conditions expérimentales:

Température: $21^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

Humidité relative: $55\% \pm 5\%$

Tensions initiales: Trame: 13,64 daN/m

Chaîne: 12,5 daN/m

ANALYSE DES VARIATIONS DE TENSION (courbes 1 et 2)

La toile tendue sur le cadre extensiométrique est largement mouillée à l'aide d'une brosse de 12 cm de large. Les tensions s'élèvent rapidement pour atteindre en 5 minutes leurs valeurs maximum:

- Trame: 76,28 daN/m

- Chaîne 40,93 daN/m

Les comportements en trame et en chaîne de la toile sont parfaitement distinctes. La tension en trame de la toile mouillée est pratiquement le double de la valeur en chaîne.

La réponse de cette toile au premier mouillage est quasiment instantanée (Courbe 2)

En trame la tension passe de 13,64 daN/m à 63,68 daN/m en 2 secondes.
En chaîne la tension varie de 12,62 daN/m à 37, 50 daN/m en 2 secondes.

L'augmentation des tensions est simultanée dans les deux sens trame et chaîne.

Les valeurs de tension maximum sont $\simeq$ 76 daN/m en trame et $\simeq$ 41 daN/m en chaîne et sont $\pm$ constantes pendant environ 50 min.

La durée du séchage dure environ 100 min. dans les conditions expérimentales signalées auparavant.

La tension finale est plus faible que la tension initiale:

- Trame 2,25
- Chaîne 3,54 daN/m

La perte de tension par rapport à la tension initiale est de 83,5% en trame et 71,7% en chaîne. **A la fin du séchage les tensions en chaîne et en trame sont pratiquement identiques**

ANALYSE DES DEFORMATIONS RELATIVES

Les valeurs des déformations relatives sont obtenues à partir de l'expression suivante:

$$[(L_{ini} - L_a) / L_{ini}] \times 100$$

L_{ini} : longueur initiale

L_a : longueur après déformation.

Les valeurs positives correspondent à une extension de la toile, les valeurs négatives à un retrait de la toile.

Réglage de la tension initiale: Les variations des déformations relatives étant du même ordre de grandeur que le pourcentage de l'erreur évaluée elles ne sont pas significatives. **Une tension d'environ 10 daN n'entraîne pas de déformations importantes**

Premier mouillage: Au cours du premier mouillage les déformations relatives sont toutes inférieures à 1%. On voit apparaître des valeurs négatives de très faibles amplitudes. Ce premier mouillage ne provoque pas de déformations significatives. Cependant nous voyons apparaître sur les cotés B et D la distorsion du droit fil de la toile Photo 3 alors que le côté A ne présente pas ce phénomène. Ces distorsions sont des déformations locales.

Premier séchage: Durant le séchage aucune déformation relative se manifeste.

2- DEUXIEME MOUILLAGE DE LA TOILE

Conditions expérimentales:

Température: $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Humidité relative: $55\% \pm 5\%$

Tensions: Trame: 16,26 daN/m

Chaîne: 13,26 daN/m

ANALYSE DES VARIATIONS DE TENSION (courbes 3 et 4)

A l'aide du système d'écartement des montants du cadre extensiométrique la toile est retendue sans être démontée du cadre ($TR = 16,26$ et $CH = 13,26$ daN/m). Au deuxième mouillage les tensions s'élèvent rapidement pour atteindre au bout de 3 minutes leurs valeurs maximum:

- Trame: 88,17 daN/m

- Chaîne 45,64 daN/m

Les comportements en trame et en chaîne de la toile sont parfaitement distinctes. La montée de la tension est plus progressive qu'au premier mouillage (courbe 4)

L'augmentation des tensions est simultanée dans les deux sens trame et chaîne.

Les valeurs de tension maximum > 85 daN/m en trame et $\simeq 43$ daN/m en chaîne et sont $\pm$ constantes pendant environ 65 min.

Le durée du séchage est d'environ 180 min. dans les conditions expérimentales explicitées

Les tensions finales sont plus faibles que les tensions initiales:

- Trame 4,00 daN/m

- Chaîne 3,88 daN/m

La perte de tension par rapport à la tension initiale est de 93,6% en trame et 76,10% en chaîne. A la fin du séchage les tensions en chaîne et en trame sont pratiquement identiques.

ANALYSE DES DEFORMATIONS RELATIVES

Réglage de la tension : Les variations des déformations relatives étant du même ordre de grandeur que le pourcentage de l'erreur elles ne sont pas significatives. La retension de la toile n'est pas à l'origine de déformations importantes

Deuxième mouillage: Au cours du deuxième mouillage les déformations relatives sont toutes inférieures ou égales à 1,05%. Des valeurs négatives de très faibles amplitudes représentent un très faible retrait. Ce deuxième mouillage ne provoque pas de déformations significatives.

Deuxième séchage: De très faibles valeurs des déformations relatives sont enregistrées. Le phénomène de distorsion du droit fil de la toile sur le côté D s'est accentué Photo 6.

3- ENCOLLAGE DE LA TOILE

Conditions expérimentales:

Température: $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Humidité relative: $58\% \pm 3\%$

Tensions: Trame: 15,69daN/m

Chaîne: 12,68 daN/m

L'encollage est constitué d'une couche appliquée à la brosse d'un mélange de PLEXTOL B 500 et d'eau (1 volume pour 3 volumes).

ANALYSE DES VARIATIONS DE TENSION (courbe 5)

Avant l'encollage, la toile est démontée du cadre extensiométrique pour être retendue sur celui-ci ($TR = 15,69$ et $CH = 12,68$ daN/m). Durant l'encollage les tensions s'élèvent rapidement. Elles atteignent leurs valeurs maximum au bout d'environ 13 minutes :

- Trame: 78,68daN/m

- Chaîne 44,01 daN/m

L'augmentation des tensions est simultanée dans les deux sens trame et chaîne.

Les valeurs de tension maximum se stabilisent autour de 78 daN/m en trame et 43 daN/m en chaîne pendant environ 95 min.

Le durée du séchage dure environ 90 min. dans les conditions expérimentales signalées auparavant.

Les tensions finales sont plus faibles que les tensions initiales:

-Trame 1,00 daN/m

-Chaîne 3,03 daN/m

La perte de tension par rapport à la tension initiale est de 75,2% en trame et 70,74% en chaîne. A la fin du séchage les tensions en chaîne et en trame sont pratiquement identiques.

ANALYSE DES DEFORMATIONS RELATIVES

Réglage de la tension : Bien que faibles, les variations des déformations relatives de la toile durant le réglage de la tension sont distinctes en trame et en chaîne. Elles sont plus élevées sens trame ($> 1\%$) que sens chaîne ($< 0,52\%$).

Encollage et séchage: Au cours de l'encollage et du séchage, nous observons les mêmes écarts entre les sens trame et chaîne.

4- MOUILLAGE DE LA TOILE

Conditions expérimentales:

Température: $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Humidité relative: $58\% \pm 3\%$

Tensions: Trame: 13,78 daN/m

Chaîne: 13,32 daN/m

ANALYSE DES VARIATIONS DE TENSION (courbe 6)

La toile de lin encollée est retendue par l'intermédiaire du cadre extensiométrique ($TR = 13,78$ et $CH = 13,32$ daN/m). Durant le mouillage les tensions s'élèvent rapidement. Elles atteignent leurs valeurs maximum au bout d'environ 15 min.

- Trame: 93,56 daN/m

- Chaîne 46,64 daN/m

L'augmentation des tensions est simultanée dans les deux sens trame et chaîne.

Les tensions atteignent leur maximum puis décroissent. Le séchage commence au bout d'environ 43 minutes. Il dure environ 90 min. dans les conditions expérimentales signalées auparavant.

Les tensions finales sont plus faibles que les tensions initiales:

Trame 3,62 daN/m

Chaîne 5,57 daN/m

La perte de tension par rapport à la tension initiale est de 73,73% en trame et 58,18 % en chaîne. A la fin du séchage les tensions en chaîne et en trame sont très proches.

ANALYSE DES DEFORMATIONS RELATIVES

Réglage de la tension : Les variations des déformations relatives de la toile durant le réglage de la tension sont différentes en trame et en chaîne. Elles sont plus élevées sens trame ($> 0,78\%$) que sens chaîne ($< 0,43\%$). Ces variations sont peu significatives.

Mouillage et séchage: Au cours du mouillage et du séchage, il existe également des écarts entre les sens trame et chaîne.

CONCLUSION

Nous concluons en faisant quelles que remarques:

- a) La croissance des tensions est simultanée en trame et en chaîne.
- b) Les deux sens de tissage de la toile ont des comportements différents. Les tensions en trame sont beaucoup plus élevées que les tensions en chaîne.
- c) La réponse de la toile au mouillage est très rapide
- d) Les déformations relatives enregistrées sont très faibles. Elles ne sont pas significatives. La toile tendue sur un cadre indéformable ne subit pas de variations dimensionnelles.

5- RELAXATION DE LA TOILE SENS CHAÎNE.

Conditions expérimentales:

Température: 25°C

Humidité relative: 60%

La toile est tendue en chaîne, la trame est seulement maintenue.

La relaxation correspond à une variation de la tension (sens chaîne) pour une déformation constante

- Tension initiale: 40 daN/m

- Déformation initiale 25 mm (soit une déformation de 3,125%)

La courbe de relaxation figure (7) présente un changement de pente à 40 minutes. Nous observons une perte de 3,46 daN/m (6,56%) en 40 minutes puis une diminution de la tension de 0,29 daN/m en 25 min.

Nous pouvons considérer que les tensions tendent vers un équilibre au-delà d'une heure.

6- ENCOLLAGE D'UNE TOILE DE LIN (DEUXIEME CAS).

Conditions expérimentales:

Température: 25°C

Humidité relative: 60%

Tensions initiales: Trame: 7,10 daN/m

Chaîne : 40 daN/m

L'encollage est constitué d'une couche appliquée à la brosse d'un mélange de PLEXTOL B 500 et d'eau (1 volume pour 3 volumes).

ANALYSE DES VARIATIONS DE TENSION (Figure 8,9)

La toile est fortement tendue en chaîne alors que la trame est juste maintenue à une faible tension sur le cadre extensiométrique. La déformation après tension de 3,125 % reste inférieure à l'embuvage en chaîne (9,5 %). Cette tension ne provoque pas la déondulation totale des fils de chaîne. Ce montage provoque néanmoins un important déséquilibre entre les deux sens de la toile.

La toile est encollée rapidement à l'aide d'une large brosse. Nous observons immédiatement des variations de tension, elles atteignent leur maximum au bout d'environ 20 min.

- Trame 33,60 daN/m

- Chaîne 59,46 daN/m

Les comportements en trame et en chaîne sont parfaitement distinctes.

Les courbes de la figures 8 présentent au moins 3 zones:

- A et E : encollage

- D séchage.

Dans la figure 8, nous avons tracé la variation de l'écart de tension entre la chaîne et trame (CH-TR). Pendant l'encollage, cette évolution montre que dans la zone A la tension en trame augmente beaucoup plus vite qu'en chaîne. Cette évolution est inversée dans la E car la vitesse d'augmentation de la tension en trame diminue. Les écarts entre la tension initiale et la tension maximale sont:

- $\Delta Tr = 26,13 \text{ daN/m}$

- $\Delta Ch = 19,4 \text{ daN/m}$

Les tensions finales sont plus faibles que les tensions initiales:

- Trame 1,90 daN/m

- Chaîne 6,94 daN/m

La perte de tension par rapport à la tension initiale est de 73,23% en trame et 82,65% en chaîne. A la fin du séchage les tensions en chaîne et en trame sont pratiquement identiques.

La zone qui se situe au tout début de l'encollage est représentée par la figure 9.

Dans la figure 9, la variation de la tension de la chaîne passe par un premier maximum à 43,4 daN/m à $t = 96$ secondes, atteint ensuite un minimum à 41,16 daN/m lorsque $t = 140$ s. Cette chute de tension en chaîne de 2,24 daN/m représente 5,16% du maximum atteint à 96 s. Elle a lieu alors que la tension en trame augmente progressivement. Le phénomène responsable de cette "mini relaxation" de la chaîne est difficilement explicable. Il faudrait vérifier sa reproductibilité.

CONCLUSION

Dans cet essai l'écart de tension appliqué entre la chaîne et la trame (soit 32,9 daN/m) ne modifie pas de manière fondamentale le comportement de la toile lorsque celle-ci est mouillée, à moins que le phénomène responsable de la "mini relaxation" soit reproductible. Nous remarquons que les valeurs des tensions maximum dépendent de la tension initiale.

7- RELAXATION DE LA TOILE SENS CHAÎNE.(TROISIEME CAS)

Conditions expérimentales:

Température: 24°C

Humidité relative: 48%

La toile est tendue en chaîne, la trame est seulement maintenue.

La **relaxation** correspond à une variation de la tension (sens chaîne) pour une déformation constante

- Tension initiale: 62 daN/m

- Déformation initiale 30mm (soit une déformation de 4,28%)

La déformation calculée représente presque la moitié du taux de déondulation des fils en chaîne.

8 - MOUILLAGE D'UNE TOILE DE LIN (TROISIEME CAS).

Conditions expérimentales:

Température: 28°C

Humidité relative: 42%

Tensions initiales: Trame: 7,98 daN/m

Chaîne : 61,67 daN/m

L'eau est appliquée rapidement à la brosse.

ANALYSE DES VARIATIONS DE TENSION (Figure 10)

La toile est fortement tendue en chaîne alors que la trame est juste maintenue à une faible tension sur le cadre extensiométrique. La déformation, après tension, de 4,28% reste inférieure à l'embuvage en chaîne (9,5 %). Cette tension ne provoque pas la déondulation totale des fils de chaîne. Ce montage entraîne néanmoins un important déséquilibre entre les deux sens de la toile.

La toile est mouillée rapidement à l'aide d'une large brosse. Nous observons immédiatement des variations de tension, elles atteignent leur maximum au bout d'environ 8 min.

- Trame 57,20 daN/m

- Chaîne 81,30 daN/m

Les comportements en trame et en chaîne sont parfaitement distinctes.

Les courbes de la figures 10 présentent 2 zones:

- A : mouillage

- B: séchage.

Dans la figure 10, nous avons tracé la variation de l'écart de tension entre la chaîne et trame (CH - TR). Au moment du mouillage la tension en trame augmente beaucoup plus vite qu'en chaîne. Cette évolution se stabilise ensuite car la vitesse d'augmentation de la tension en trame diminue. Les écarts entre la tension initiale et la tension maximale sont:

- $\Delta Tr = 45,95 \text{ daN/m}$

- $\Delta Ch = 18,54 \text{ daN/m}$

Les tensions finales sont plus faibles que les tensions initiales:

- Trame 1,45 daN/m

- Chaîne 4,37 daN/m

La perte de tension par rapport à la tension initiale est de 81,29% en trame et 92,02% en chaîne.

CONCLUSION

Dans cet essai l'écart de tension appliqué entre la chaîne et la trame (soit 53,69 daN/m) ne modifie pas de manière fondamentale le comportement de la toile lorsque celle-ci est mouillée. Le phénomène de "mini relaxation" que nous avons observé dans l'essai précédent ne se manifeste pas. Il se peut que cet écart de mesure soit dû à un défaut de montage sur la cadre.

9- MOUILLAGE D'UNE TOILE DE LIN PAR CARREAU

Conditions expérimentales:

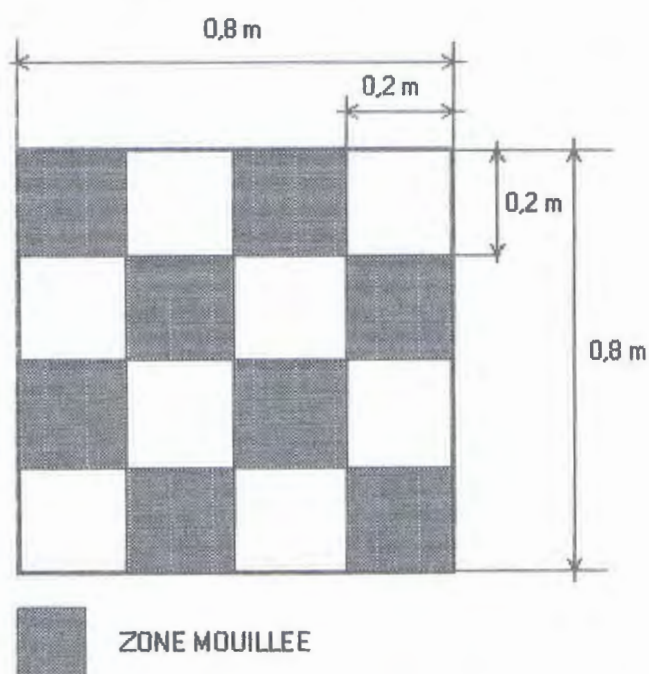
Température: 23C

Humidité relative: 65%

Tensions initiales: Trame: 15,6 daN/m

Chaîne : 48,15 daN/m

L'eau est appliquée à la brosse sur les carreaux



ANALYSE DES VARIATIONS DE TENSION (Figure 11)

La toile est tendue plus fortement en chaîne qu'en trame. Elle est mouillée carreau par carreau en respectant la disposition du schéma ci-dessus. La surface mouillée est de 0,32 m² soit la moitié de la surface totale.

La montée en tension est rapide, elle est de:

- Trame: 33 daN/m soit une élévation de 110% par rapport à la tension initiale
- Chaîne: 62 daN/m soit une élévation de 28.76% par rapport à la tension initiale

A $T = 9$ minutes nous avons mouillée la totalité de la surface. Les tensions se sont élevées à nouveau.

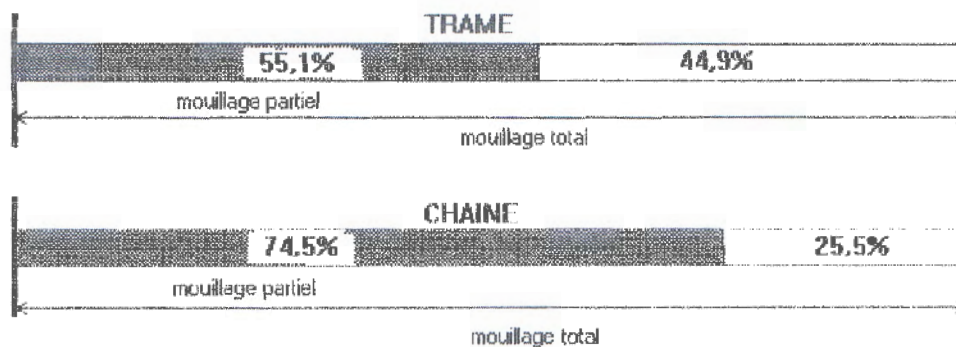
- Trame: 46,16 daN/m, soit une élévation de 39,8% par rapport à la 1^{er} tension (33 daN/m)

- Chaîne 66,72 daN/m, soit une élévation de 7,6% par rapport à la 1^{er} tension (62 daN/m)

Le comportement en chaîne est différent du comportement entraine dans les conditions opératoires définies.

CONCLUSION

DISTRIBUTION DES TENSIONS AU COURS DU MOUILLAGE

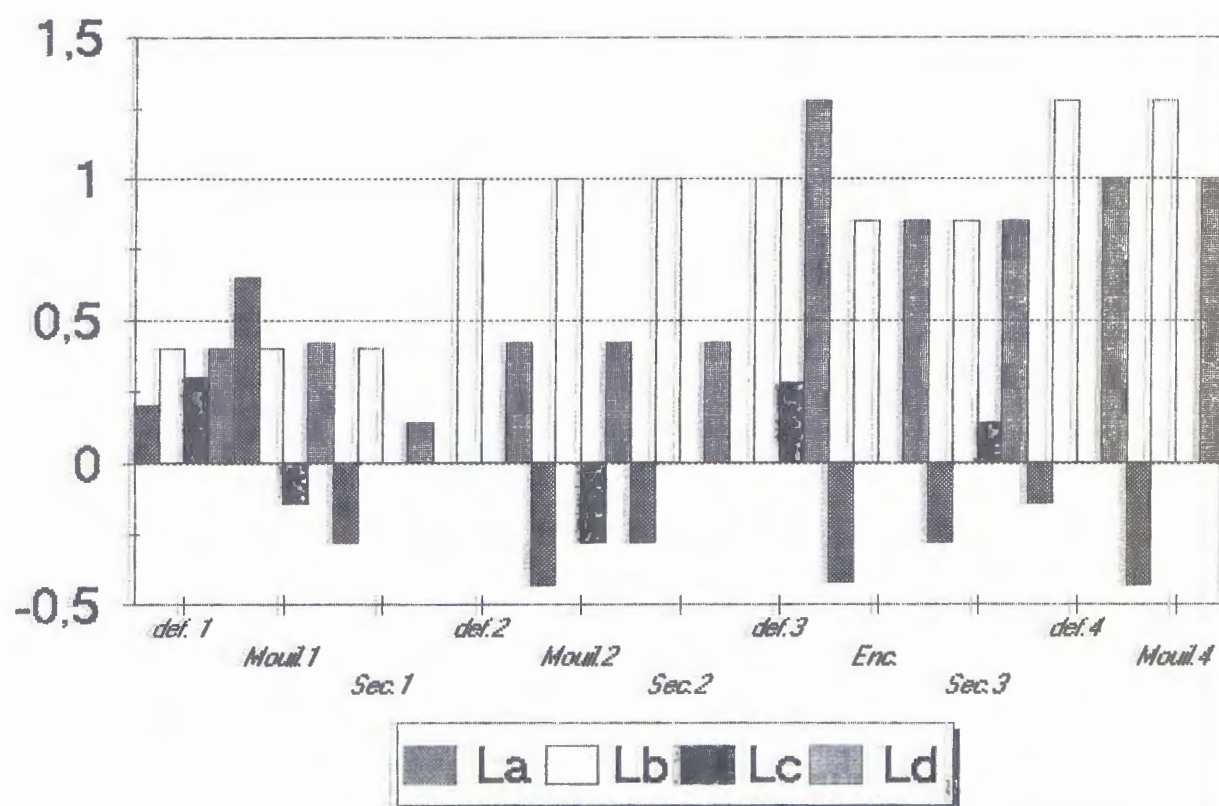


Le fait de mouiller la moitié d'une toile par la méthode du quadrillage ne limite la tension de moitié dans le sens chaîne.

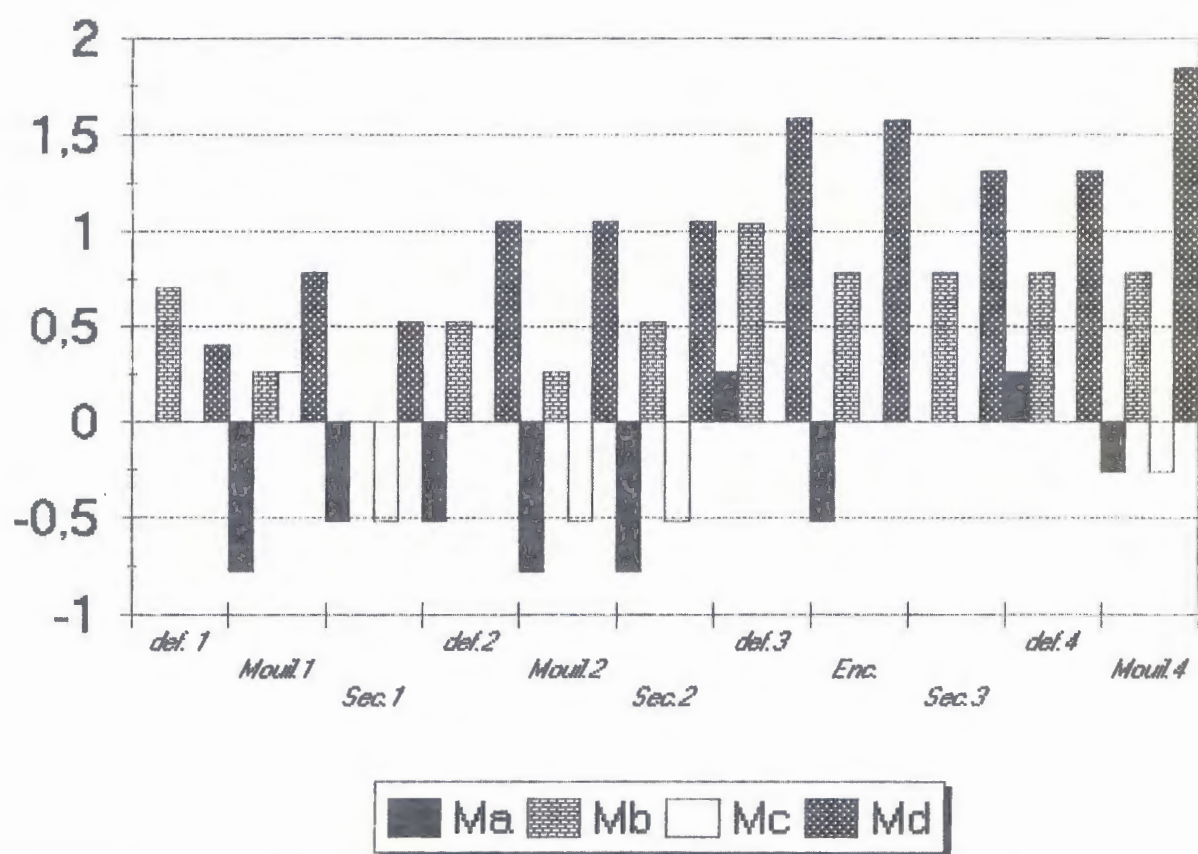
**ANALYSE DES DEFORMATIONS DE LA TOILE PENDANT LES DIFFERENTES OPERATIONS
DE MOUILLAGE SECHAGE ET ENCOLLAGE**

	Dim.ini	def. 1	Mouil.1	Sec.1	def.2	Mouil.2	Sec.2	def.3	Enc.	Sec.3	def.4	Mouil.4
	cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<i>La</i>	70,00	0,20	0,65	-0,28	0,00	-0,43	-0,28	0,00	-0,42	-0,28	-0,14	-0,43
<i>Lb</i>	70,30	0,40	0,40	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85	0,85	1,28	1,28
<i>Lc</i>	70,00	0,30	-0,14	0,00	0,00	-0,28	0,00	0,28	0,00	0,14	0,00	0,00
<i>Ld</i>	70,10	0,40	0,42	0,14	0,42	0,42	0,42	1,28	0,85	0,85	1,00	1,00
<i>Ma</i>	38,30	0,00	-0,78	-0,52	-0,52	-0,78	-0,78	0,26	-0,52	0,00	0,26	-0,26
<i>Mb</i>	38,30	0,70	0,26	0,00	0,52	0,26	0,52	1,04	0,78	0,78	0,78	0,78
<i>Mc</i>	38,40	0,00	0,26	-0,52	0,00	-0,52	-0,52	0,52	0,00	0,00	0,00	-0,26
<i>Md</i>	38,00	0,40	0,78	0,52	1,05	1,05	1,05	1,58	1,57	1,31	1,31	1,84
<i>Ax CH</i>	38,00	0,00	0,00	0,00	0,26	-0,26	0,00	0,52	0,26	0,79	0,52	0,26
<i>Ax TR</i>	38,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,52	0,78	1,04	-0,26	1,05	0,78	1,31

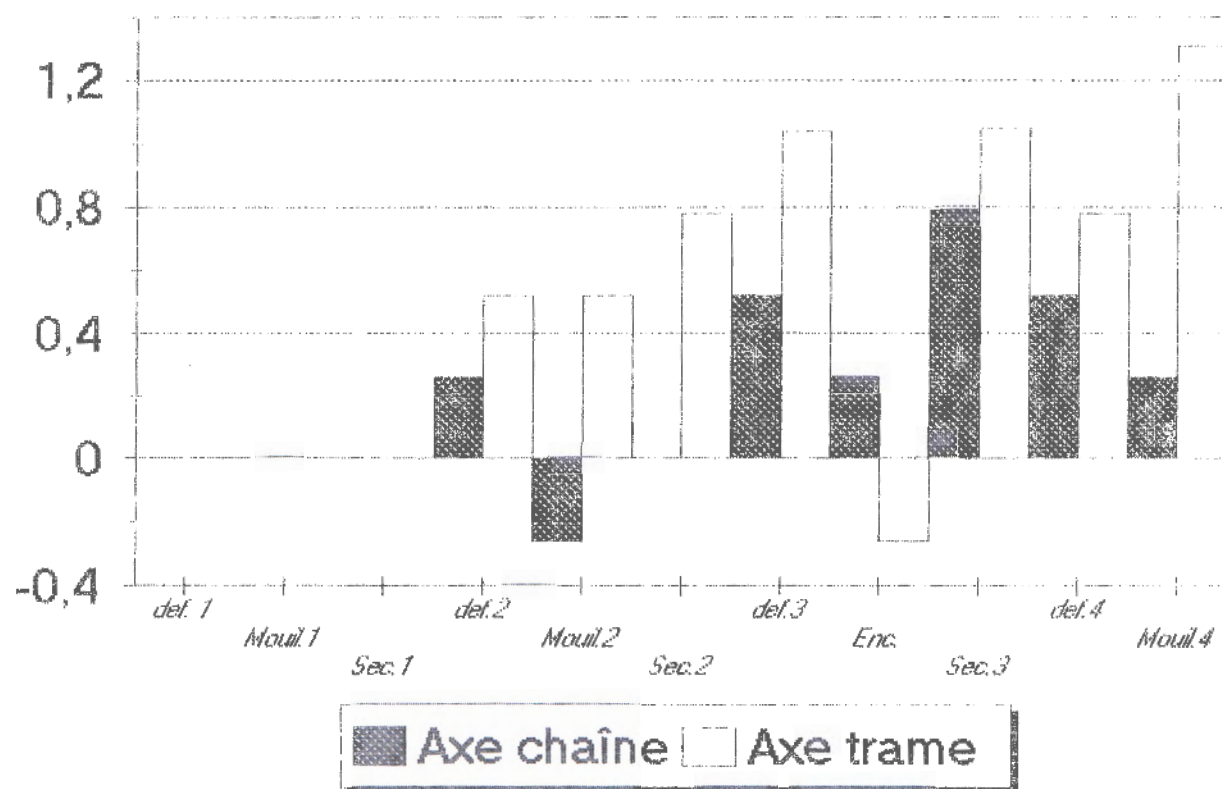
ANALYSE DES DEFORMATIONS TOILE DE LIN MOUILLAGE ET SECHAGE



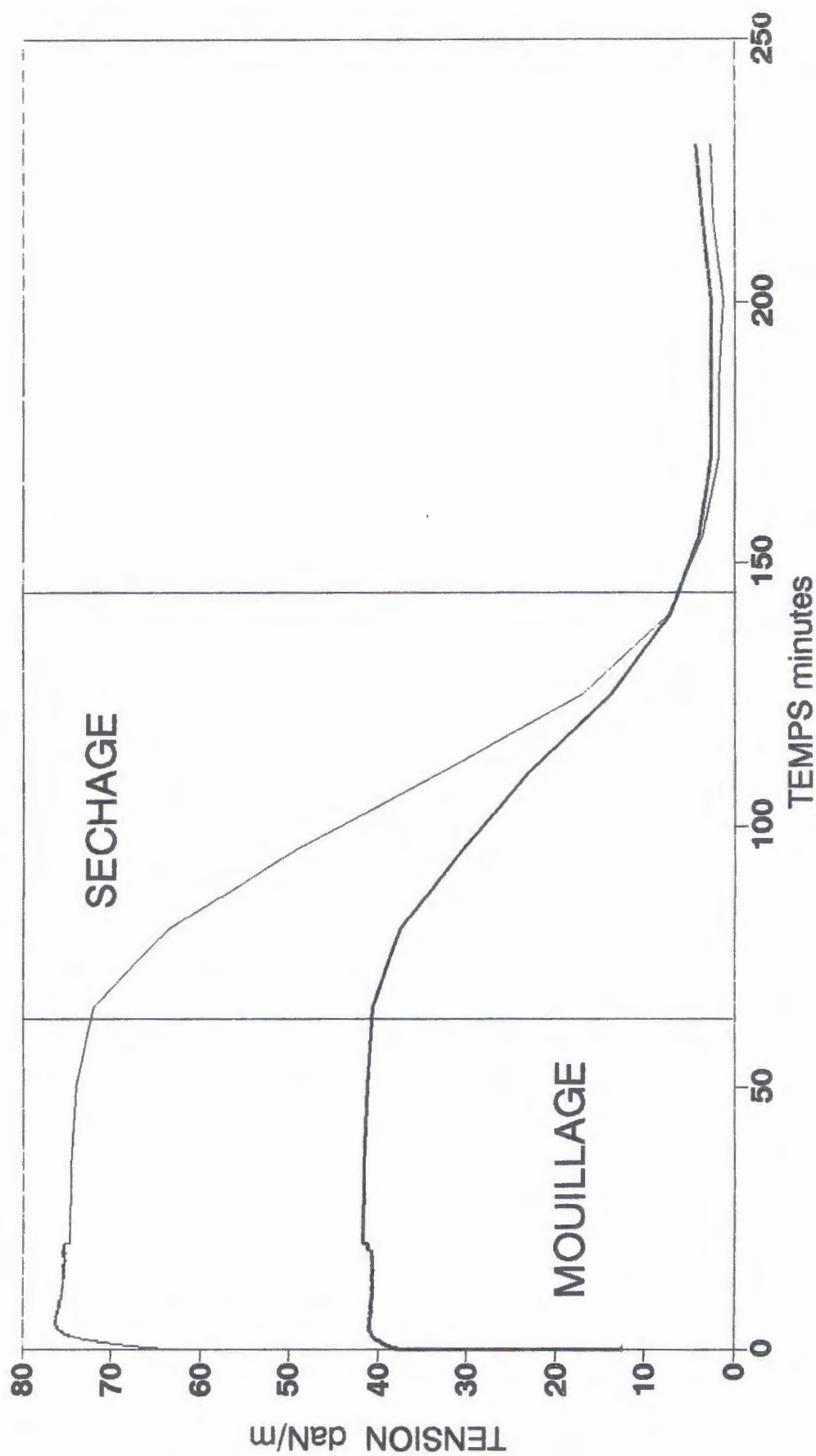
ANALYSE DES DEFORMATIONS TOILE DE LIN MOUILLAGE ET SECHAGE



ANALYSE DES DEFORMATIONS TOILE DE LIN MOUILLAGE ET SECHAGE

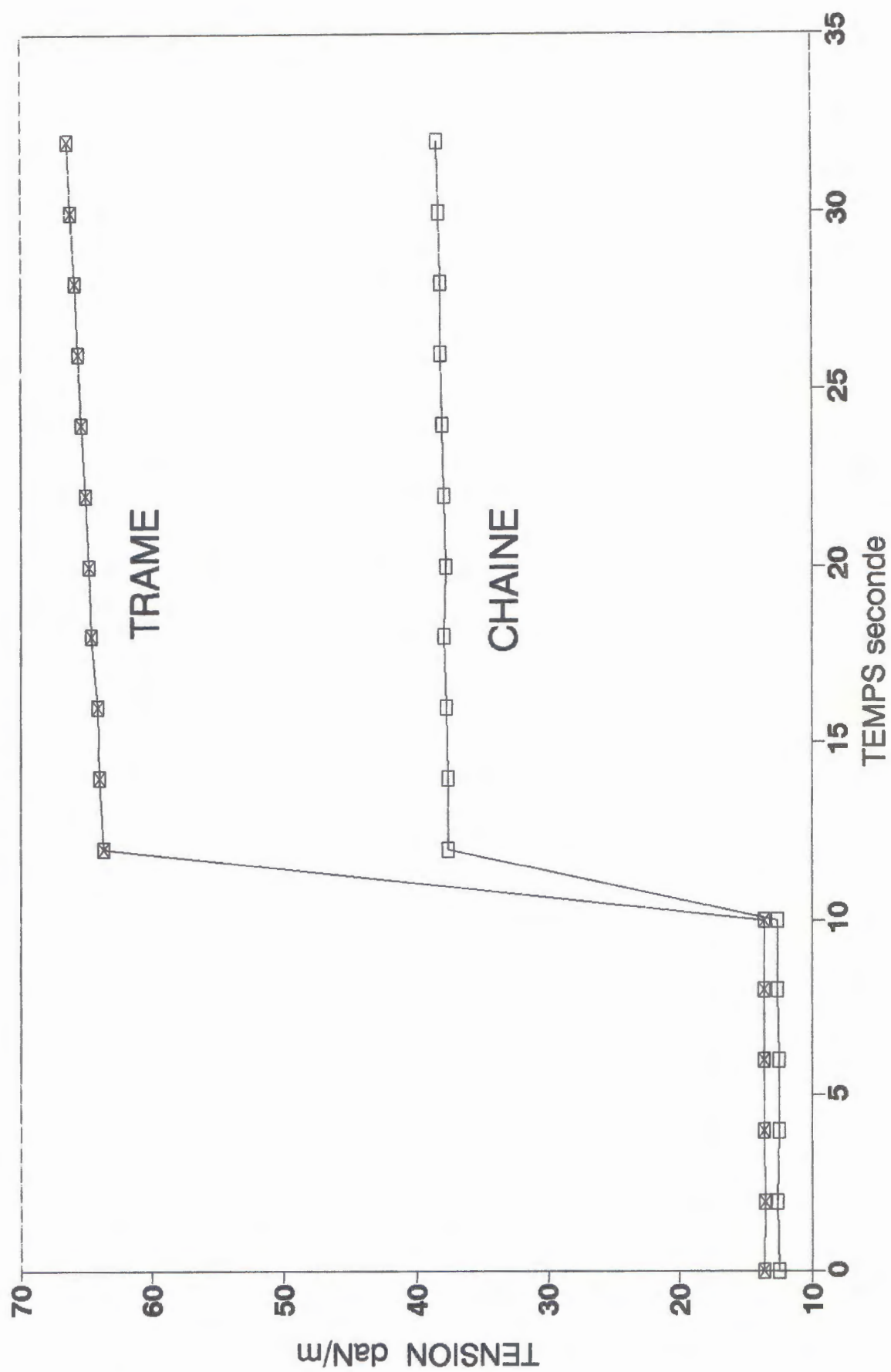


COMPORTEMENT TOILE DE LIN PREMIER MOUILLAGE ET SECHAGE

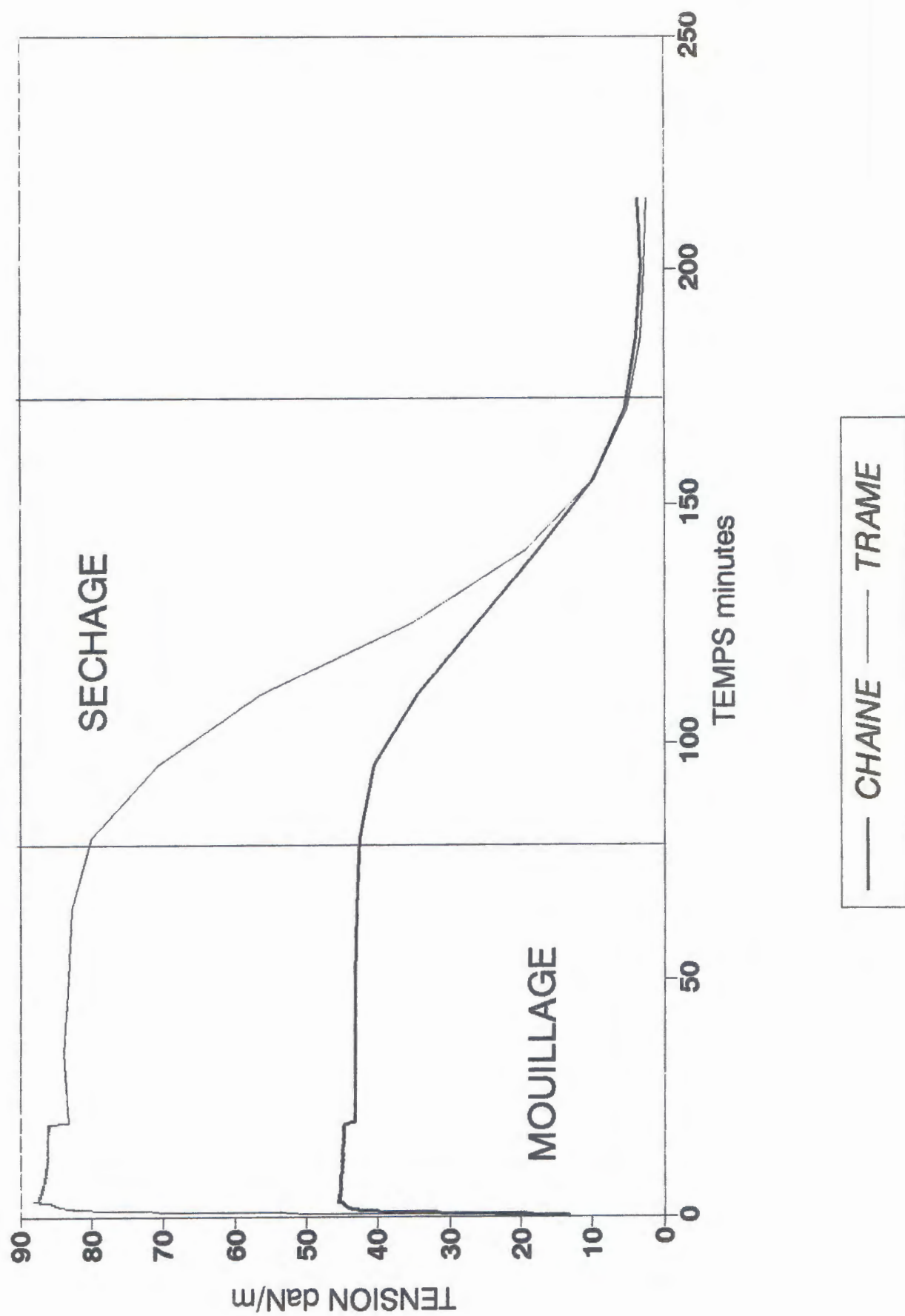


— CHAINE — TRAME

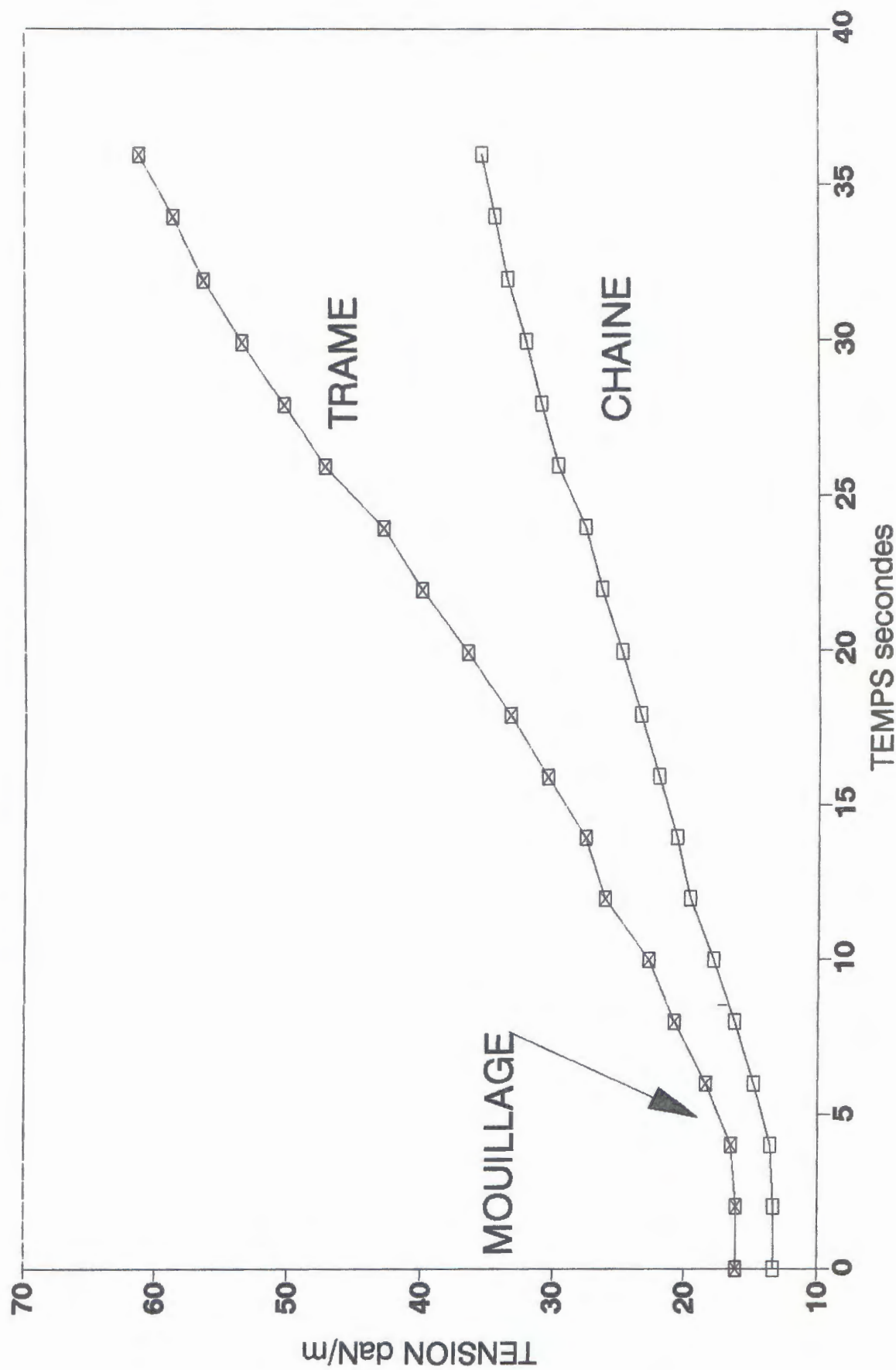
COMPORTEMENT TOILE DE LIN DEBUT DU PREMIER MOUILLAGE



COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN DEUXIEME MOUILLAGE ET SECHAGE

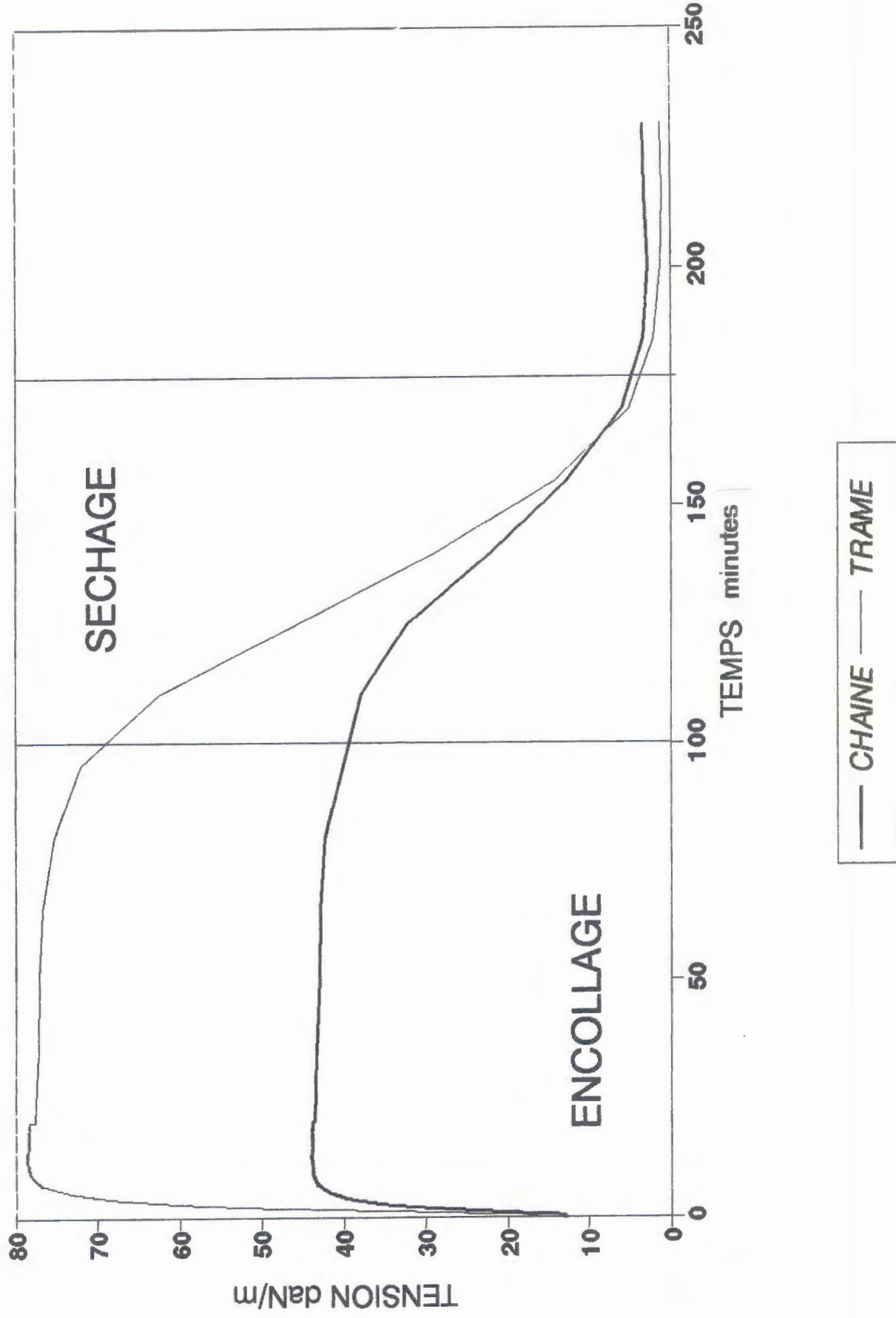


COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN DEBUT DU DEUXIEME MOUILLAGE



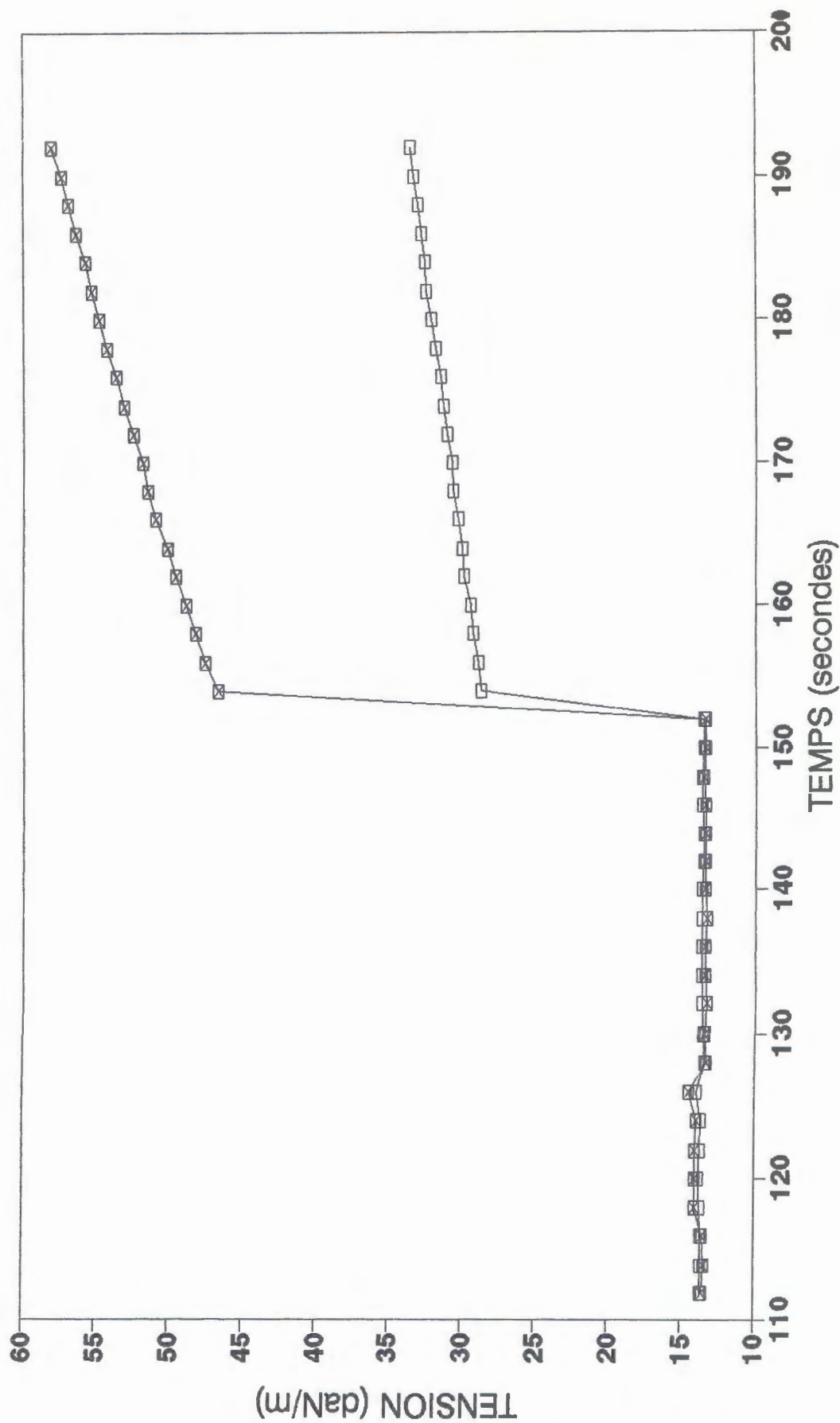
5

COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN ENCOLLAGE (Plextol B 500) ET SECHAGE



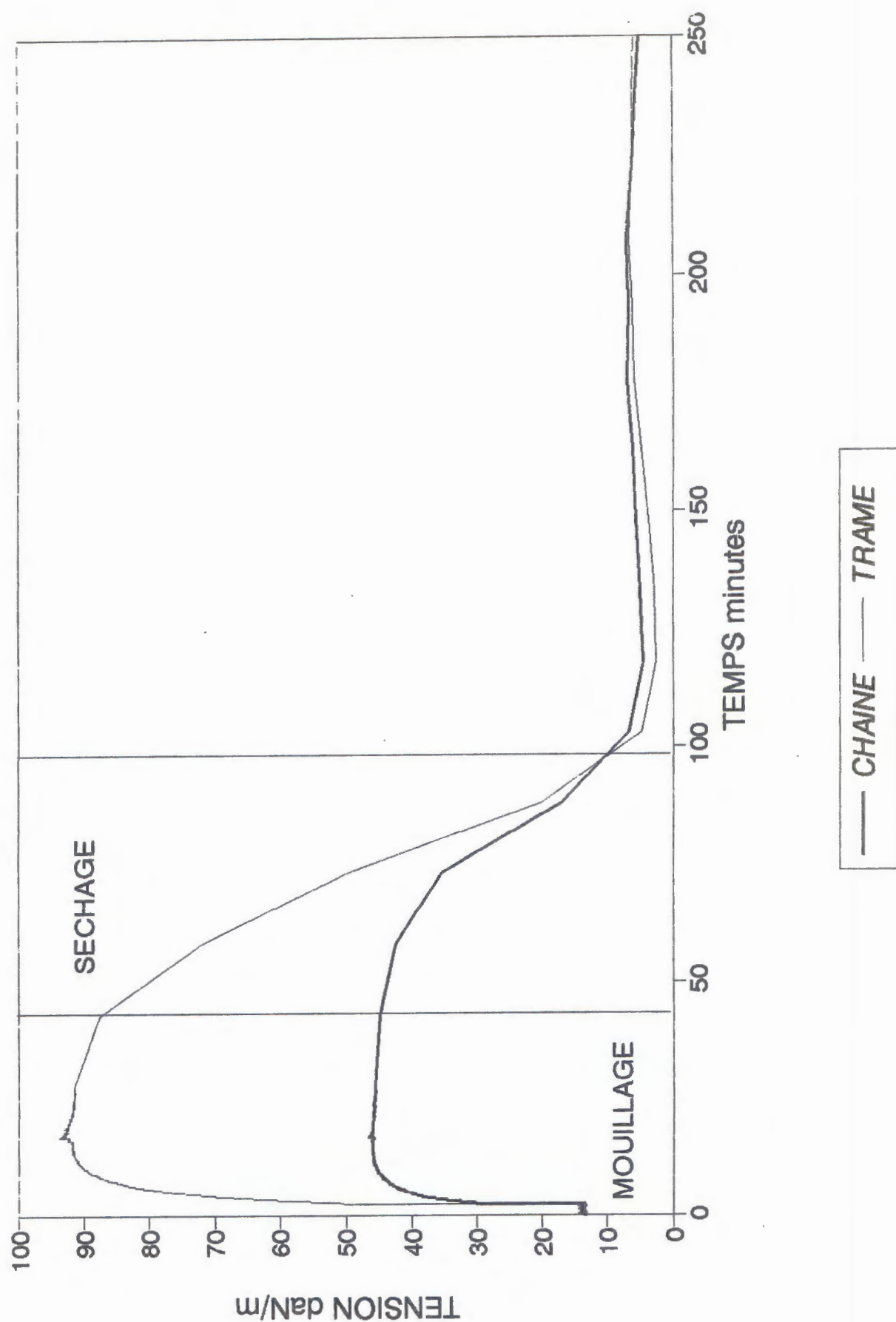
COMPORTEMENT TOILE DE LIN ENCOLLEE

DEBUT COURBE MOUILLAGE SECHAGE

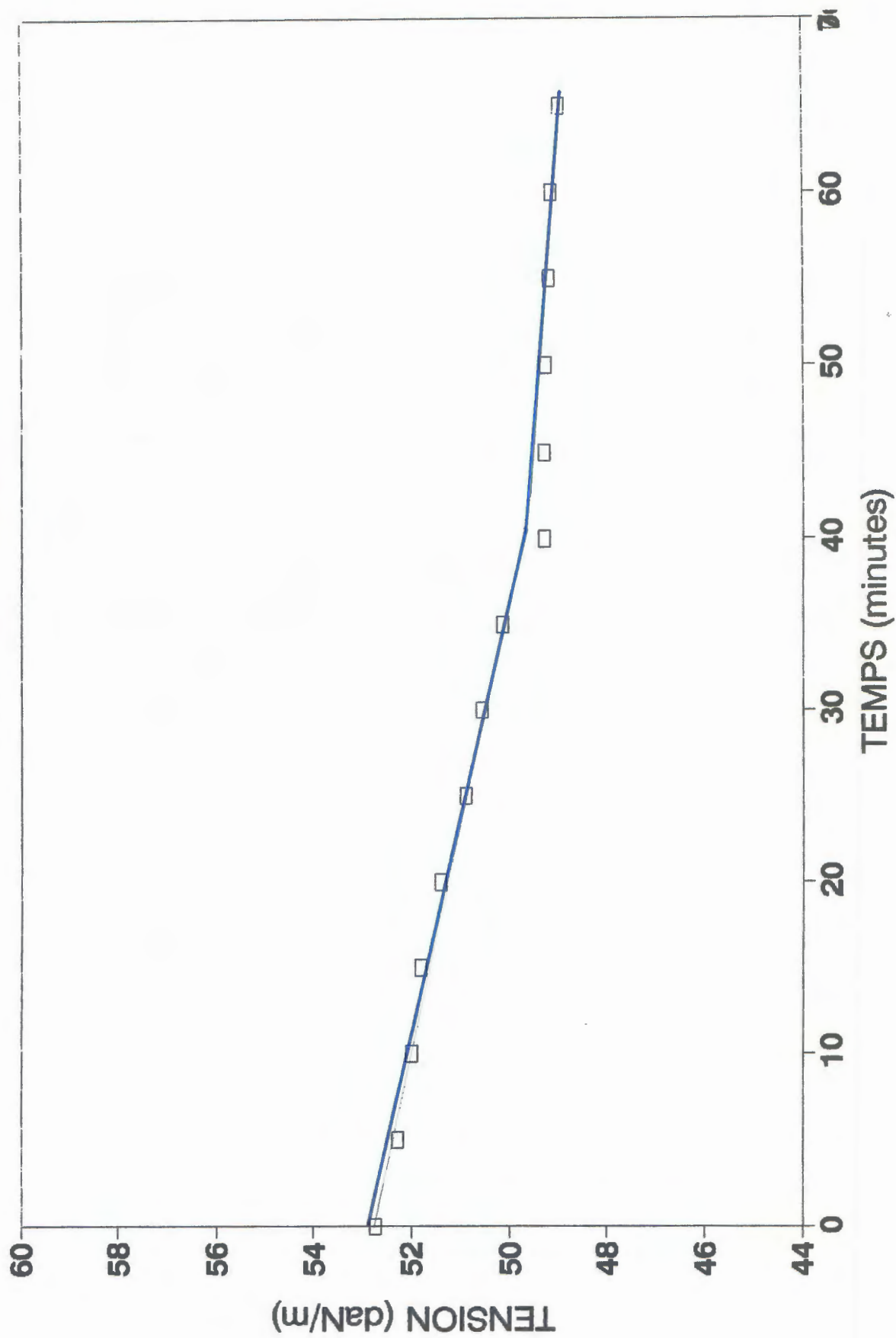


□ CHAINE ⊠ TRAME

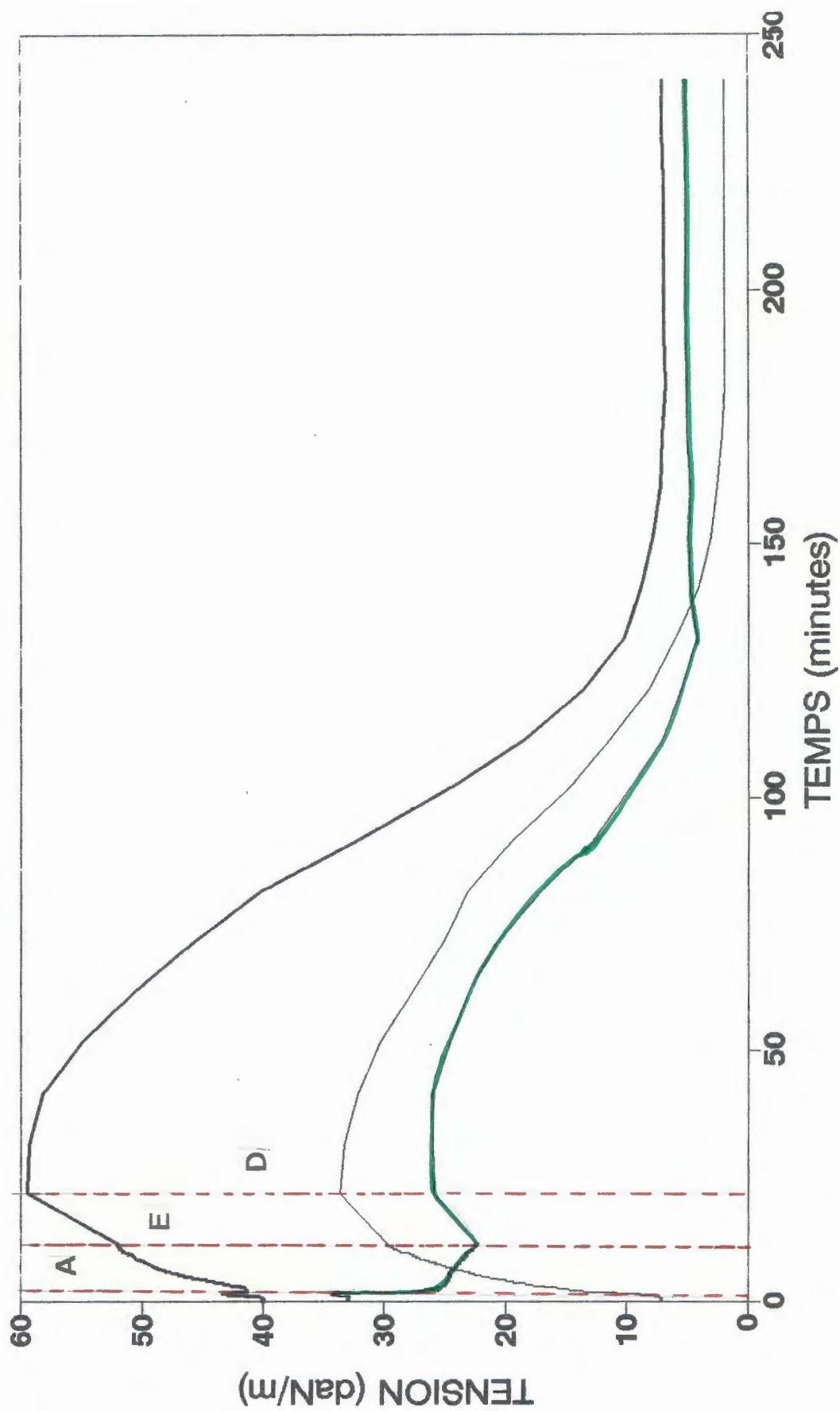
COMPORTEMENT TOILE DE LIN ENCOLLEE MOUILLAGE SECHAGE



COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN RELAXATION CHAÎNE

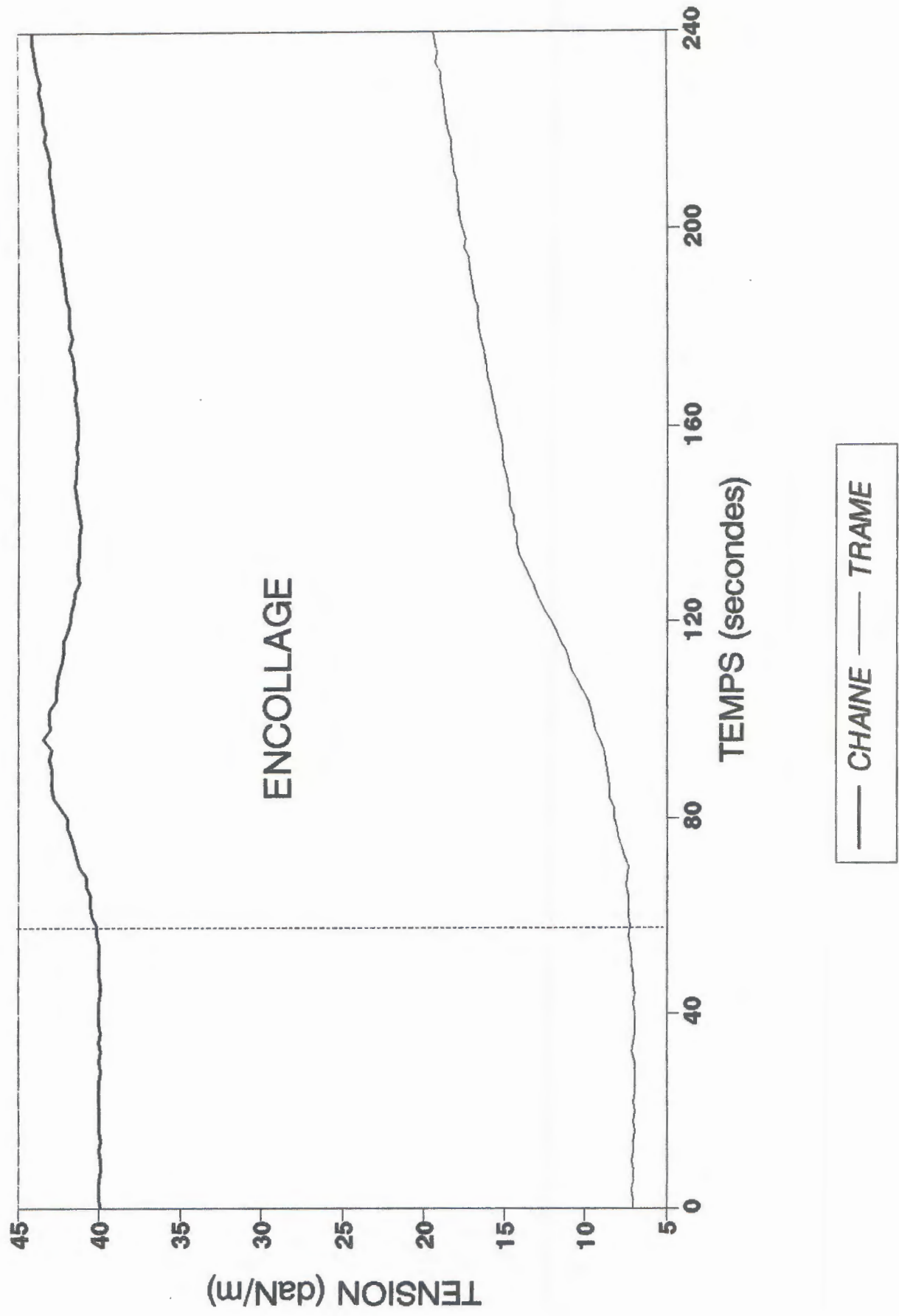


2-COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN ENCOLLAGE (Plextoi B 500) ET SECHAGE

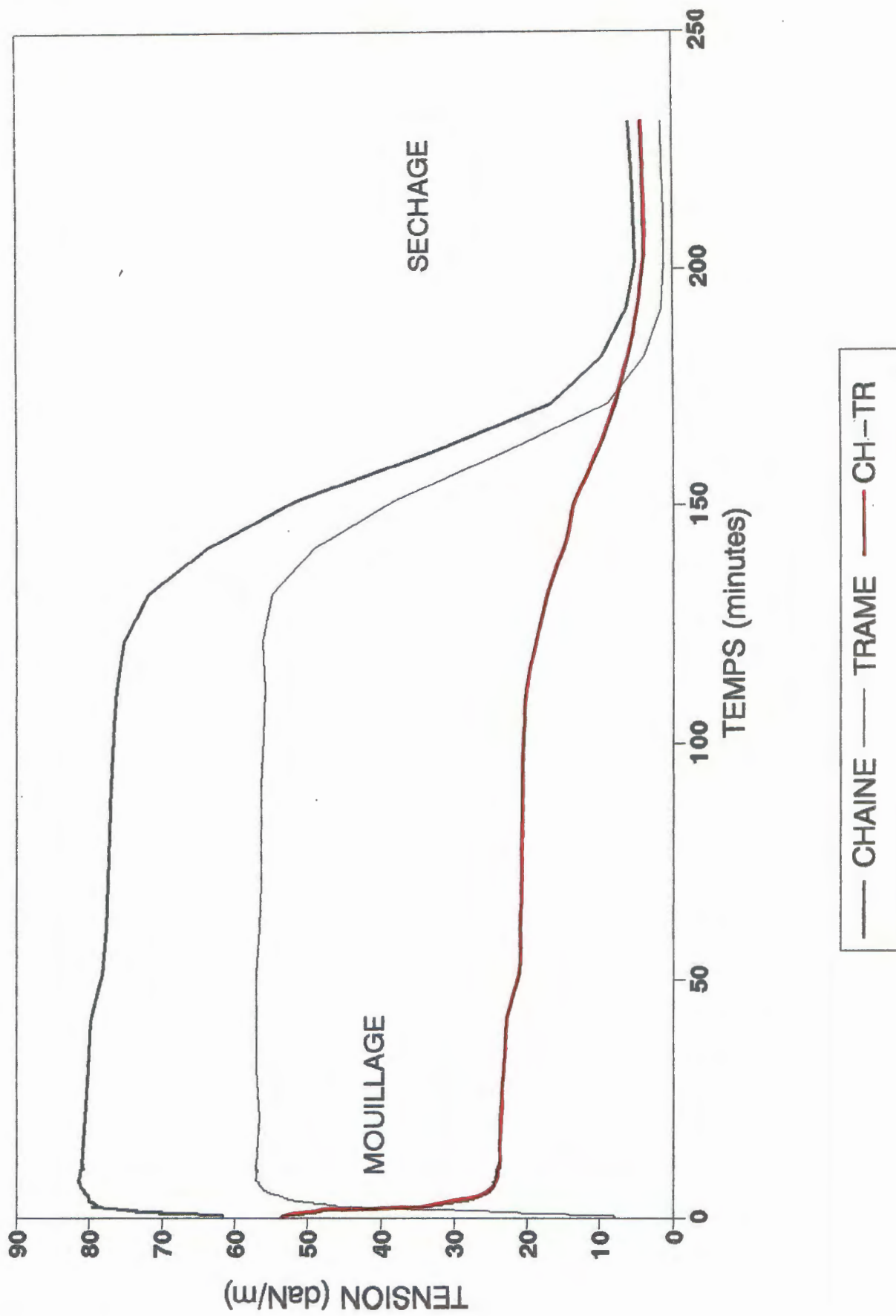


— CHAINE — TRAME — CH-TR

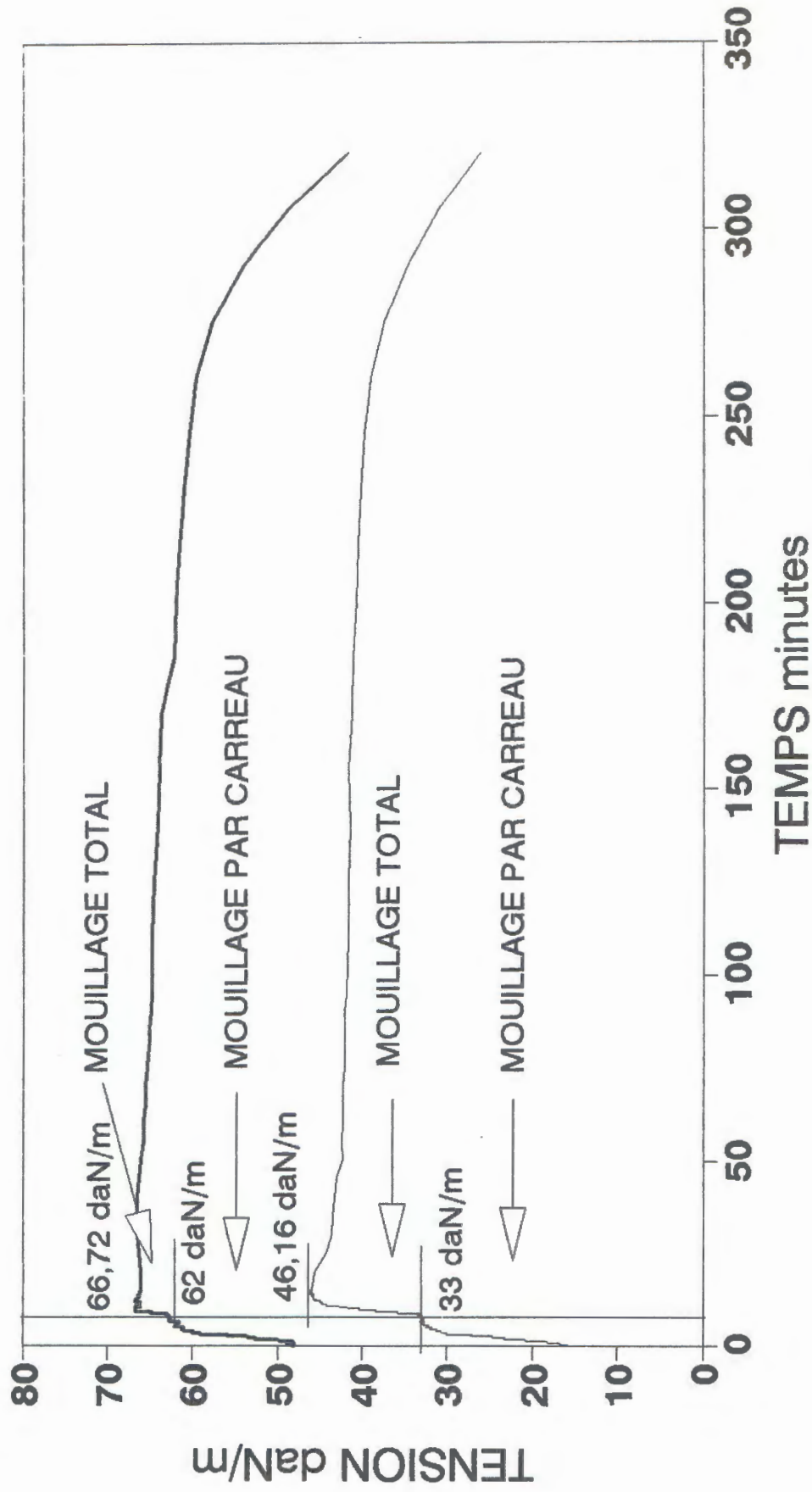
2-COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN DEBUT DE L'ENCOLLAGE



3-COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN MOUILLAGE ET SECHAGE



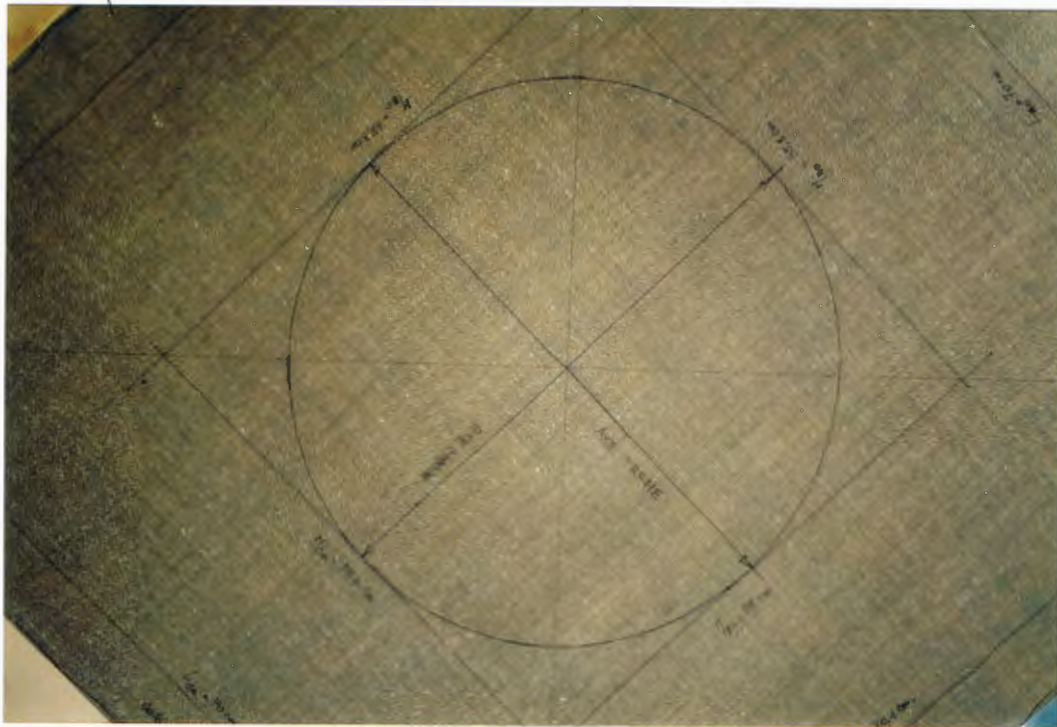
COMPORTEMENT D'UNE TOILE DE LIN MOUILLAGE PAR CARREAU



— CHAINE — TRAME

Premier mouillage

1



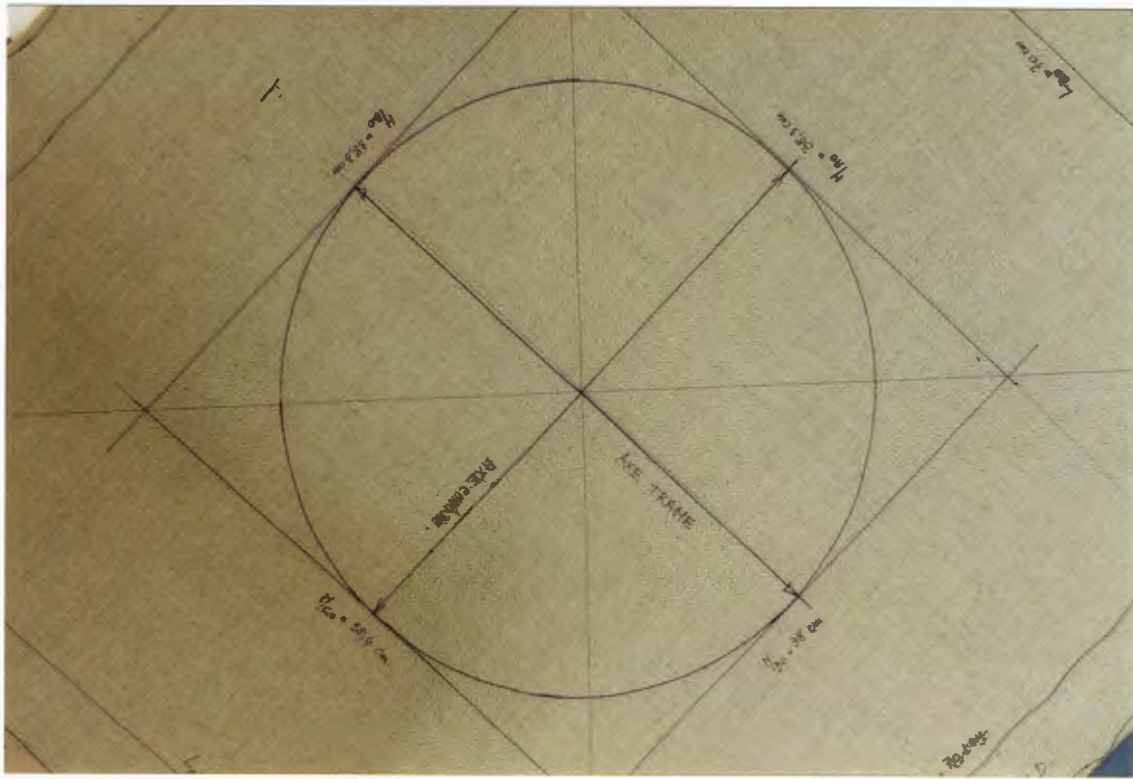
Premier séchage

2

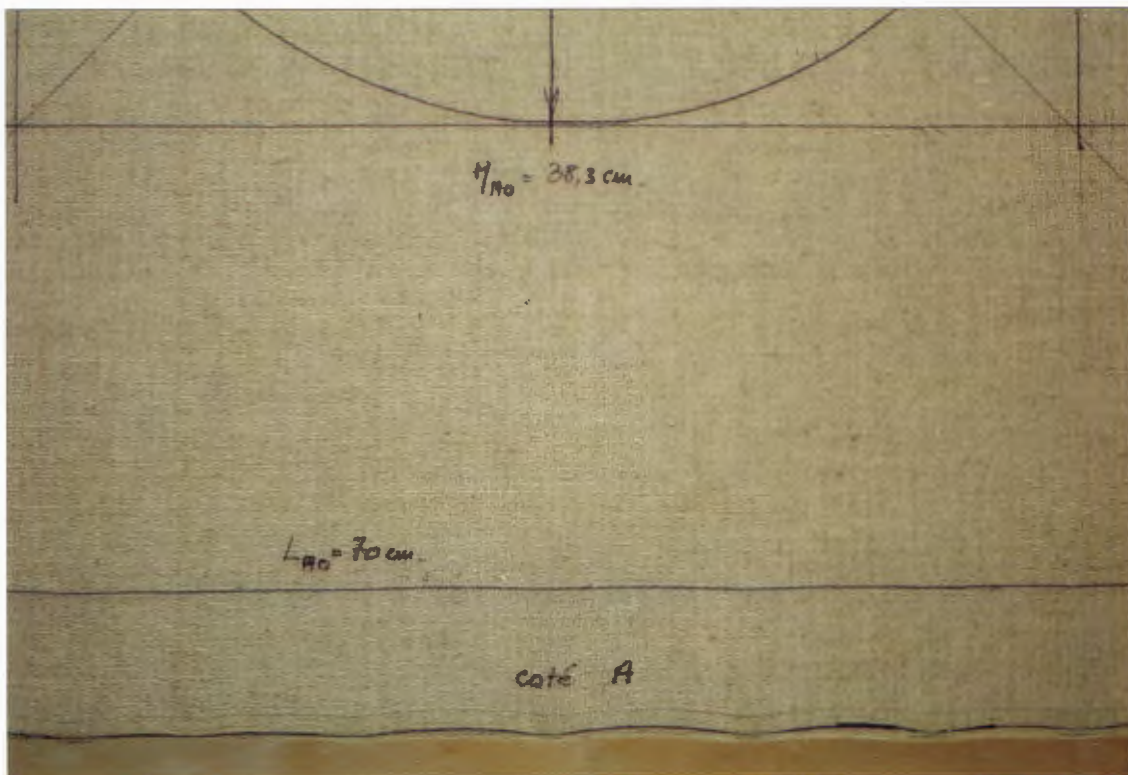


Deuxième séchage

3

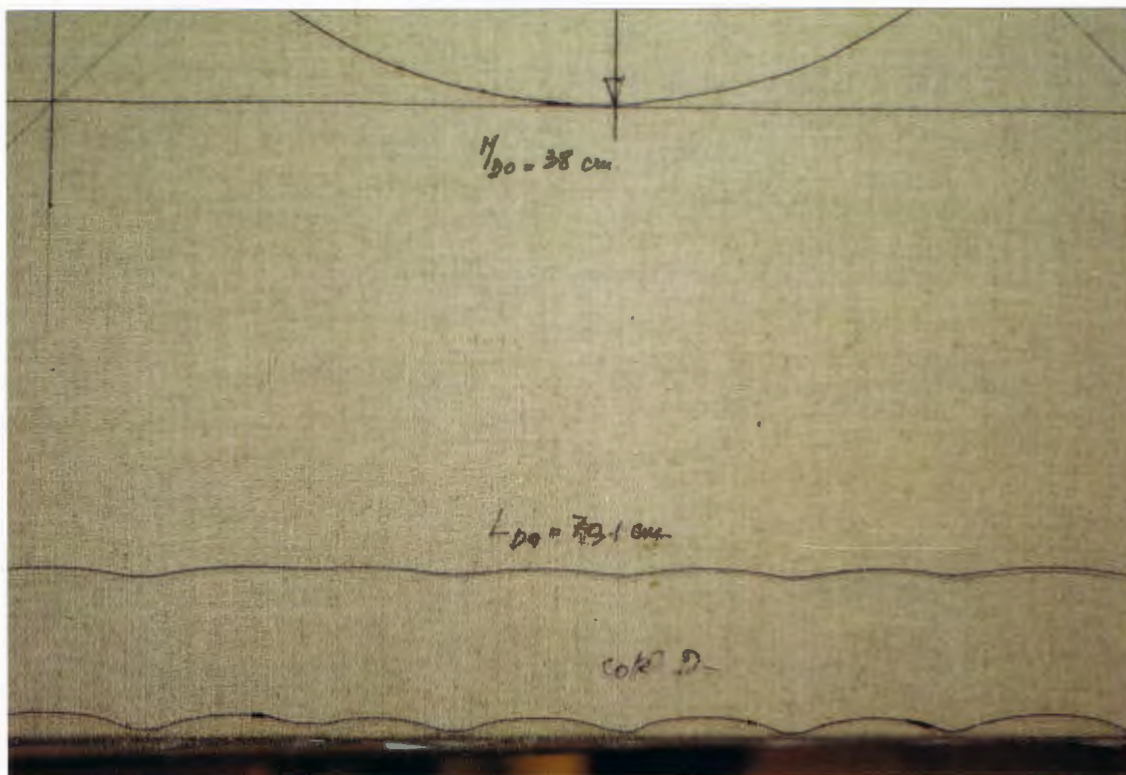


4



Deuxième séchage

5



Encollage

6

