

# Comportement à l'effort tranchant dans le domaine des déplacements finis de panneaux d'une poutre en I

Autor(en): **Gacho, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen**

Band (Jahr): **11 (1971)**

PDF erstellt am: **24.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-12065>

## **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.

**Comportement à l'effort tranchant dans le domaine des déplacements finis de panneaux d'une poutre en I**

Verhalten von Stegblechfeldern von I-Trägern unter Schubbeanspruchung im Bereich endlicher Verschiebungen

Shear Behaviour in the Finite Displacements Range of I-Beam Panels

**H. GACHON**

Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure  
d'Arts et Métiers  
Paris, France

**I - INTRODUCTION**

Dans le but de tester la méthode d'analyse et de simulation du comportement des plaques minces raidies dans le domaine des déplacements finis, nous avons réalisé en laboratoire une série d'essais sur diverses structures constituées de panneaux soumis à des conditions de charge et présentant des coefficients d'élançement et d'aspect variables.

Les essais que nous présentons dans ce qui suit portent sur une poutre à âme mince et à membrures symétriques. Cette poutre se compose de cinq panneaux de coefficient d'aspect distincte et d'élançement d'âme identique. Chacun des panneaux est sollicité différemment.

Le dimensionnement complet de la poutre a été fait par la méthode développée et mise au point par Messieurs BASLER et THURLIMANN à l'Université de LEHIG. C'est donc un dimensionnement défini à l'état limite et, dans ce cas particulier, dans le domaine dit "post-critique".

Les essais ont été réalisés au Laboratoire du C.E.B.T.P. à PARIS à l'initiative du C.T.I.C.M. Ils ont été développés de manière à faire passer successivement chaque panneau d'un état initial à l'état ultime caractérisé par l'amorce de l'écoulement. L'état initial était seulement défini par la mesure de la déformée de la plaque hors du plan moyen du panneau.

Le déroulement général du programme devait compter cinq étapes. A chaque étape correspondait l'essai d'un panneau. A l'issue de chaque étape le panneau essayé était consolidé à l'aide de raidisseurs transversaux boulonnés. Malheureusement, nous n'avons pu réaliser totalement notre programme, car la mise hors service de la poutre est survenue au cours de la quatrième étape par l'instabilité à la torsion de la membrure comprimée.

## II - DESCRIPTION DE LA POUTRE - (Fig.1)

La poutre est à section droite en I, à membrures symétriques et à âme mince raidie par des raidisseurs transversaux. Sa portée est de 8,00m - la hauteur de l'âme est de 700 mm et son épaisseur est de 3 mm. Ce qui donne un élancement de  $\frac{700}{3} \approx 235$ .

Les raidisseurs transversaux définissent cinq panneaux :

- . Le panneau A ( 2100 x 700 en mm )
- . Le panneau B ( 1300 x 700 en mm )
- . Le panneau C ( 1100 x 700 en mm )
- . Le panneau D ( 1500 x 700 en mm )
- . Le panneau E ( 1500 x 700 en mm )

Les dimensions de ces panneaux ont été définies en fonction de l'état des sollicitations que nous voulions y développer (effort tranchant, effort tranchant + moment fléchissant, moment fléchissant).

La constitution de cette poutre a été réalisée par soudage. L'acier utilisé présente un palier de plasticité à environ 38 daN.mm<sup>2</sup>. L'amorce du palier se produit à 2000 $\mu$  déformations. La limite de linéarité observée est environ de 26 daN.mm<sup>2</sup>.

## III - MODE OPERATOIRE - MESURES

Trois cas de charges distinctes ont été appliqués

- .P<sub>1</sub> pour essayer le panneau A
- .P<sub>2</sub> pour essayer les panneaux B, C, D
- .P<sub>1</sub> = P<sub>2</sub> pour essayer le panneau E .

Avant chaque essai, la poutre a été soumise à un chargement cyclique de 0 à 5 tonnes de manière à assurer une bonne mise en place des différents systèmes d'appuis, de charges et de mesures.

Au cours de chaque essai, les charges ont été appliquées depuis 5 tonnes par cycles lents, d'amplitude progressivement croissante. Les mesures ont été faites systématiquement, à chaque cycle et pour chaque niveau extrême de charge ( 5t et Pt ).

Ainsi, en adoptant un pas relativement faible de la charge P ou de l'accroissement de l'amplitude de chaque cycle de chargement et en notant à chaque retour à 5 tonnes les déformations rémanentes, nous avons pu mettre en évidence le seuil de réversibilité de chaque panneau dans l'état de chargement imposé.

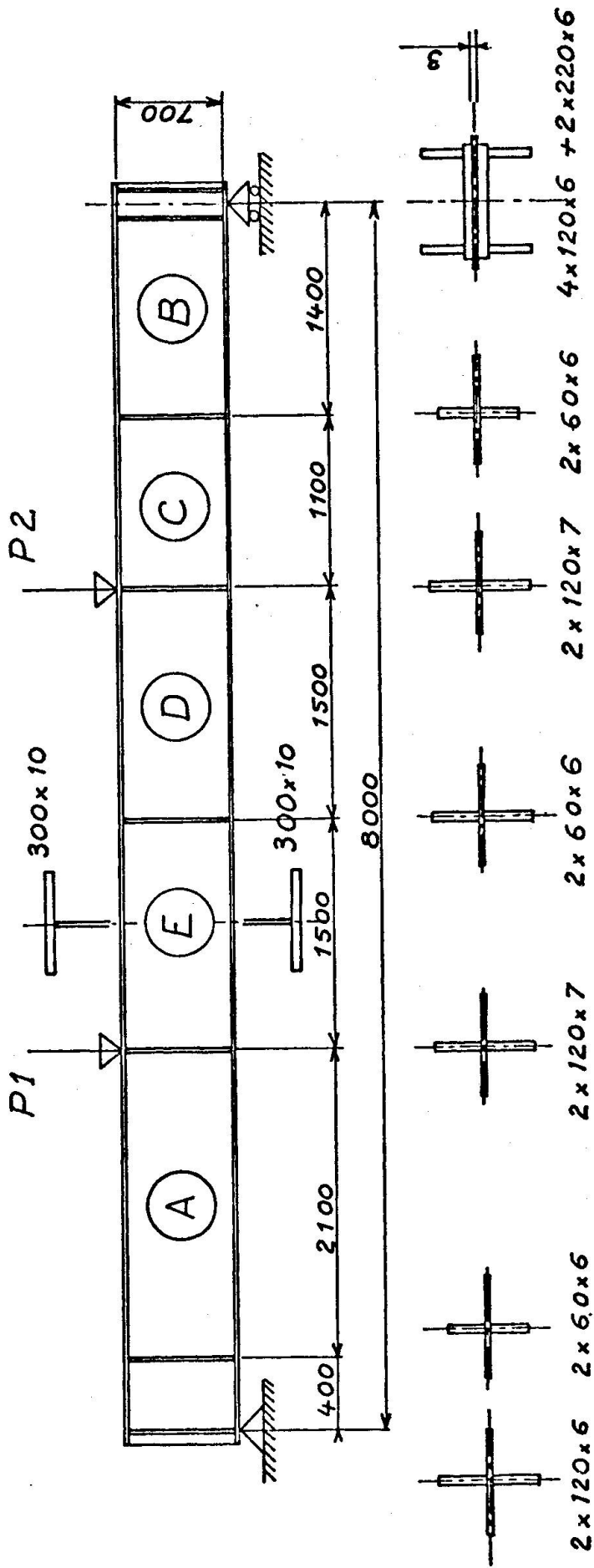
De plus, nous avons noté au passage le point d'inflexion de la courbe de déformation hors du plan de l'âme en fonction de la charge appliquée, ce point correspondant au seuil de bifurcation de l'équilibre du panneau ou encore au seuil dit critique.

Et enfin, nous avons relevé le seuil d'écoulement de la charge ou le seuil de divergence de l'équilibre, seuil au delà duquel l'instabilité effective du panneau se produit. Il convient de remarquer que le chargement de chaque panneau n'a pas été poursuivi jusqu'à la ruine totale mais que nous nous sommes limités à l'observation de l'amorce du palier d'écoulement des déformations en fonction de la charge.

Les mesures ont portées :

- . Sur l'analyse du champ de déformation sur chacune des faces de l'âme, des raidisseurs et des membrures.
- . Sur l'étude du champ de déplacement vertical des membrures supérieure et inférieure de la poutre.
- . Sur l'étude du champ de déplacement de l'âme suivant une direction perpendiculaire à son plan.

- Fig. 1 - POUTRE A AME MINCE ET MEMBRURES SYMETRIQUES



CHARGES ULTIMES MESUREES  
(en tonnes)

- P<sub>1</sub> = 23 ( P<sub>rev.</sub> = 16 )
- P<sub>2</sub> = 30 ( P<sub>rev.</sub> = 19 )
- P<sub>2</sub> = 33 ( P<sub>rev.</sub> = 20 )

CHARGES ULTIMES CALCULEES  
(en tonnes)

- P<sub>1</sub> = 21,7 ( P<sub>cr</sub> = 6.22 )
- P<sub>2</sub> = 28,0 ( P<sub>cr</sub> = 6.75 )
- P<sub>2</sub> = 33,4 ( P<sub>cr</sub> = 6.80 )
- P<sub>2</sub> = 48,8
- P<sub>1</sub> = P<sub>2</sub> = 31,3

PANNEAUX ESSAYES

- A 2x120x6 2x60x6
- B 2x120x7 2x60x6
- C 2x120x7 2x60x6
- D 2x120x7 2x60x6
- E 4x120x6 + 2x220x6

Nous présentons, dans ce qui suit, sous forme de graphes, les principaux résultats observés sur les panneaux A, B et C.

#### IV - ETUDE DU PANNEAU A

Le panneau A est soumis :

- . à un effort tranchant de  $\frac{5.5}{8} P_1$
- . et à un moment fléchissant variant de (0.4 à 2.5)  $\frac{5.5}{8} P_1$

Il présente :

- . un coefficient d'élanement  $\frac{b}{h} = \frac{700}{3}$
- . et un coefficient d'aspect  $\frac{a}{b} = \frac{2100}{700} = 3$

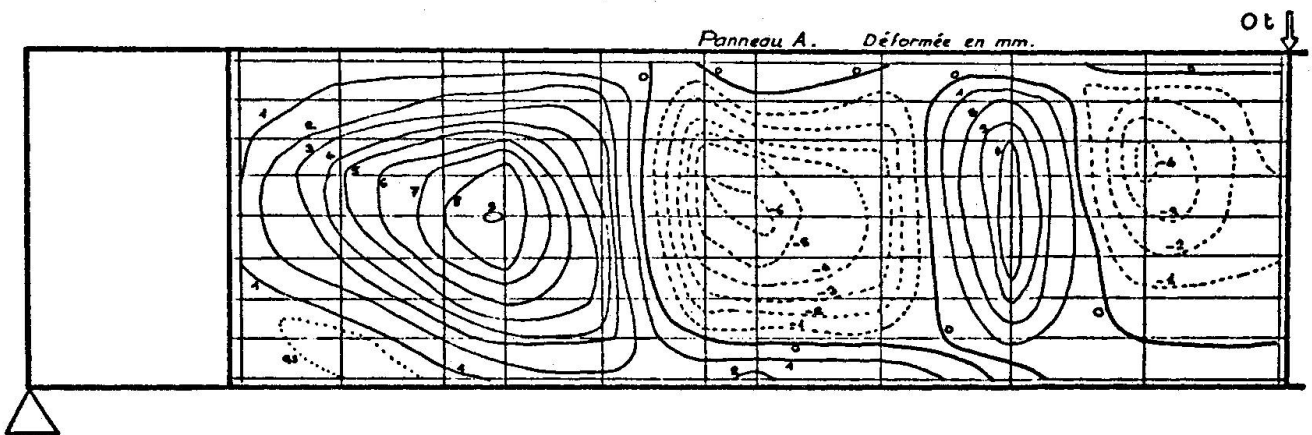
La charge ultime calculée est de 21.7 T.

La charge mesurée au seuil d'écoulement est de 23 T.

Le seuil de reversibilité se situe à environ 16 T.

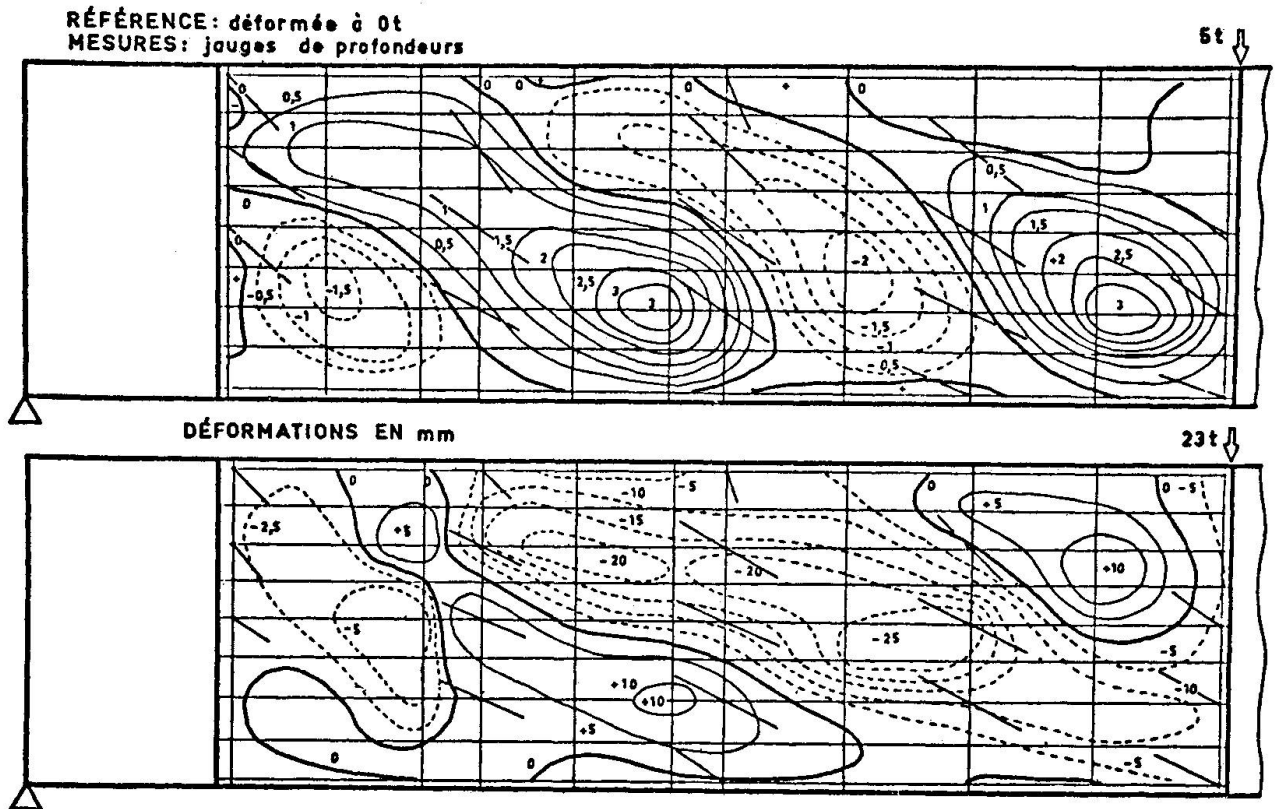
La charge critique calculée est de 6.22 T.

Le seuil de bifurcation mesurée se situe à environ 7 T.



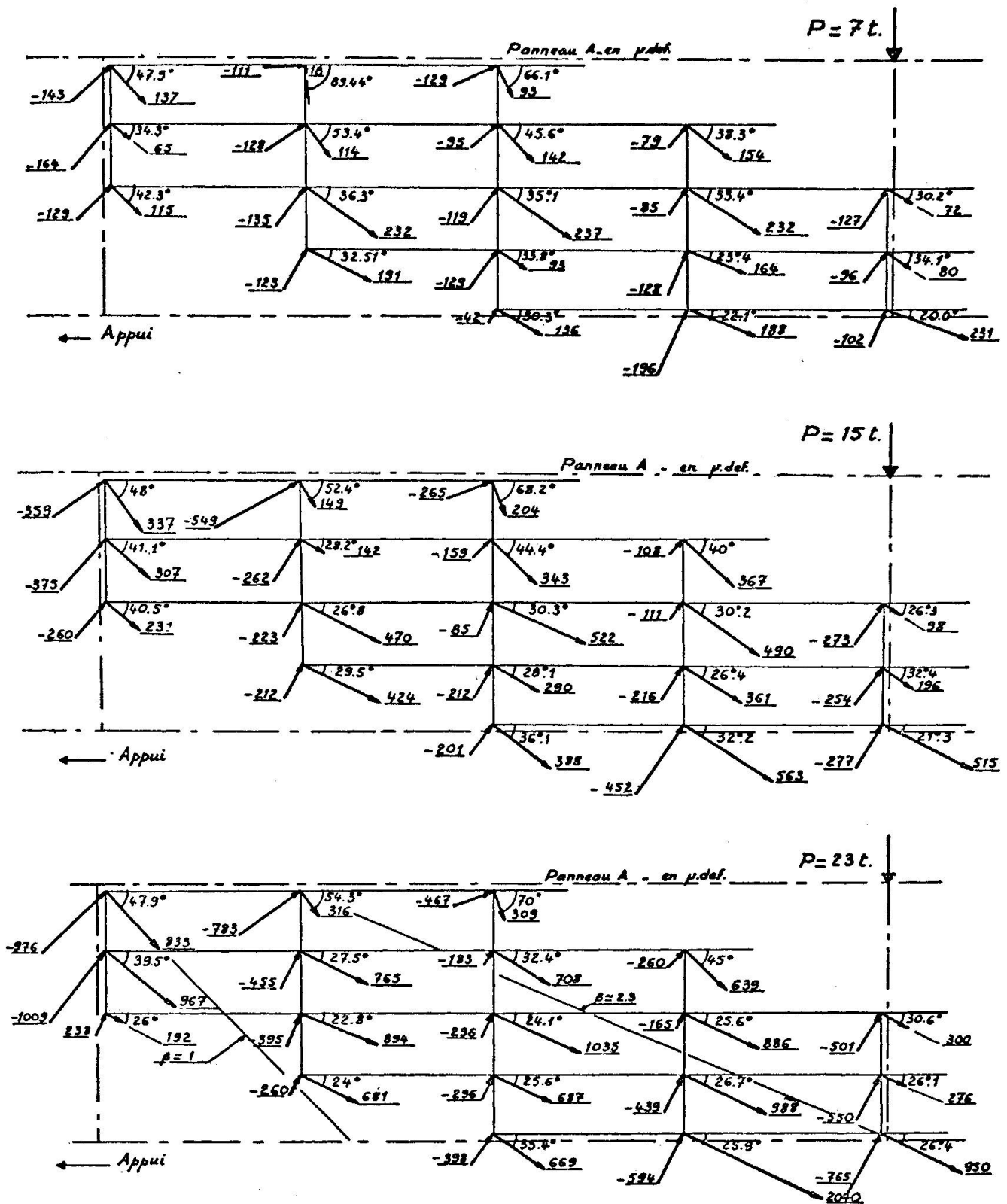
- Fig. 2 - DEFORMEE INITIALE DU PANNEAU A (en mm)

Nous remarquons une déformée initiale très importante puisqu'elle atteint en un point 3 fois l'épaisseur de l'âme. Néanmoins ce panneau s'est comporté très normalement. Les différentes mesures qui y ont été faites marquent clairement les différents seuils que nous y attendions.



- Fig. 3 - DEFORMÉE TOTALE SOUS CHARGE DU PANNEAU A - (en mm)

Ces courbes sont accompagnées du tracé de la direction de la contrainte principale supérieure de traction en différents points de la surface moyenne de l'âme. Nous remarquons l'excellente concordance des deux tracés dans la définition du champ diagonal de traction dans l'âme. Il est aussi intéressant de noter qu'au seuil d'écoulement à 23t, l'inclinaison du champ diagonal, ne coïncide pas avec la diagonale du panneau. Il apparaît que, dans une première partie du panneau, le champ diagonal s'est développé suivant une inclinaison limite de pente  $1/2,3$  et dans la partie complémentaire ce champ a conservé une pente 1/1. En fait, il semble qu'on puisse affirmer, qu'en l'absence de raidisseurs transversaux le champ diagonal peut encore se développer, ce qui confirme la théorie de BERGMAN'S.

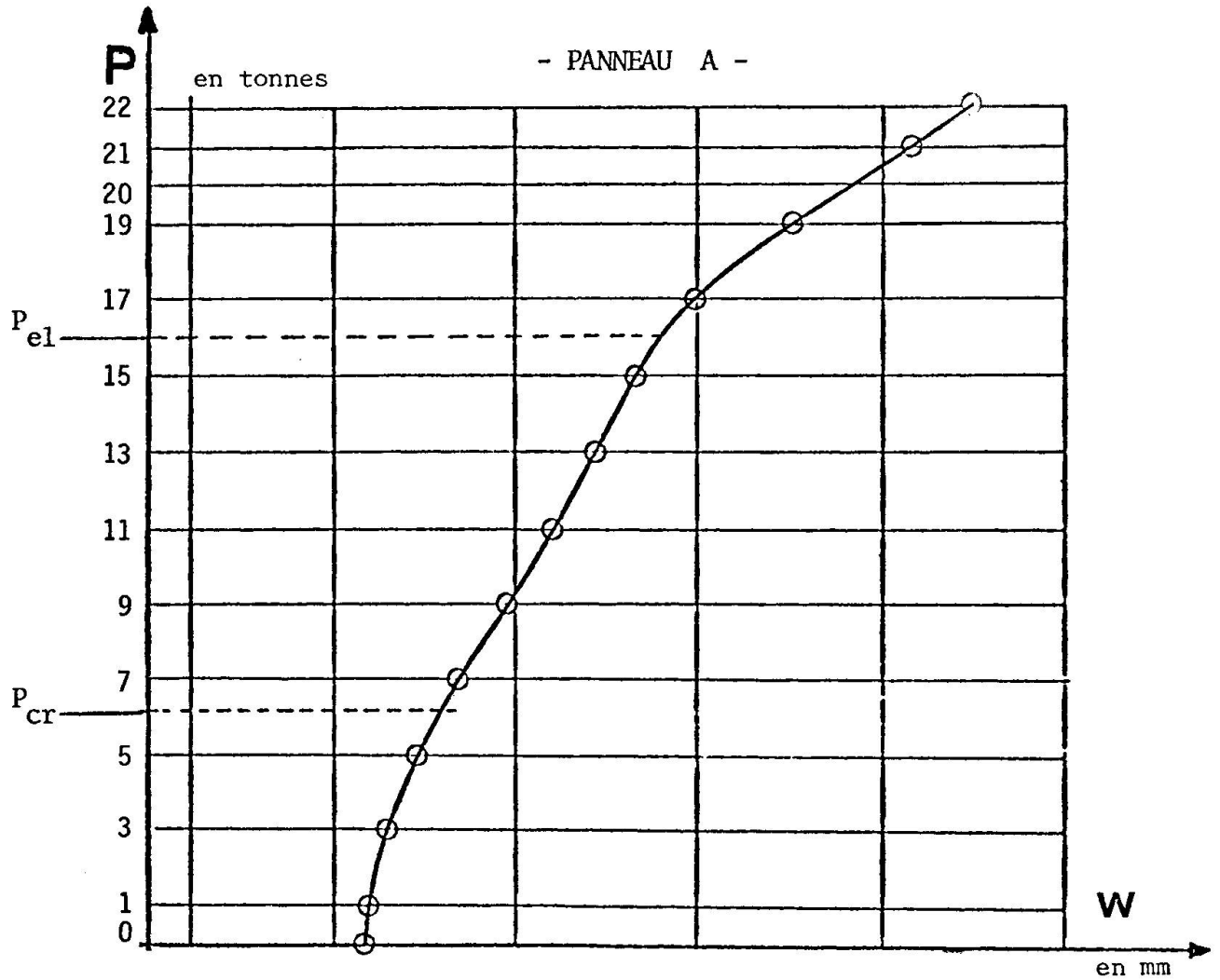


- Fig. 4 - CHAMP DE DEFORMATIONS DANS LA SURFACE MOYENNE DE L'AME DU PANNEAU A (en  $\nu$  déformations)

- .  $P = 7t \approx$  seuil de bifurcation, seuil critique
- .  $P = 15t \approx$  seuil de reversibilité
- .  $P = 23t \approx$  seuil d'écoulement



Le tracé du déplacement d'un point de l'âme, suivant une direction hors de son plan moyen, en fonction de la charge, montre bien les différents seuils de bifurcation et de réversibilité annoncés précédemment. Nous présentons ci-dessous - en Fig. 5 - une telle fonction.



W : déformation hors du plan moyen, au centre du panneau

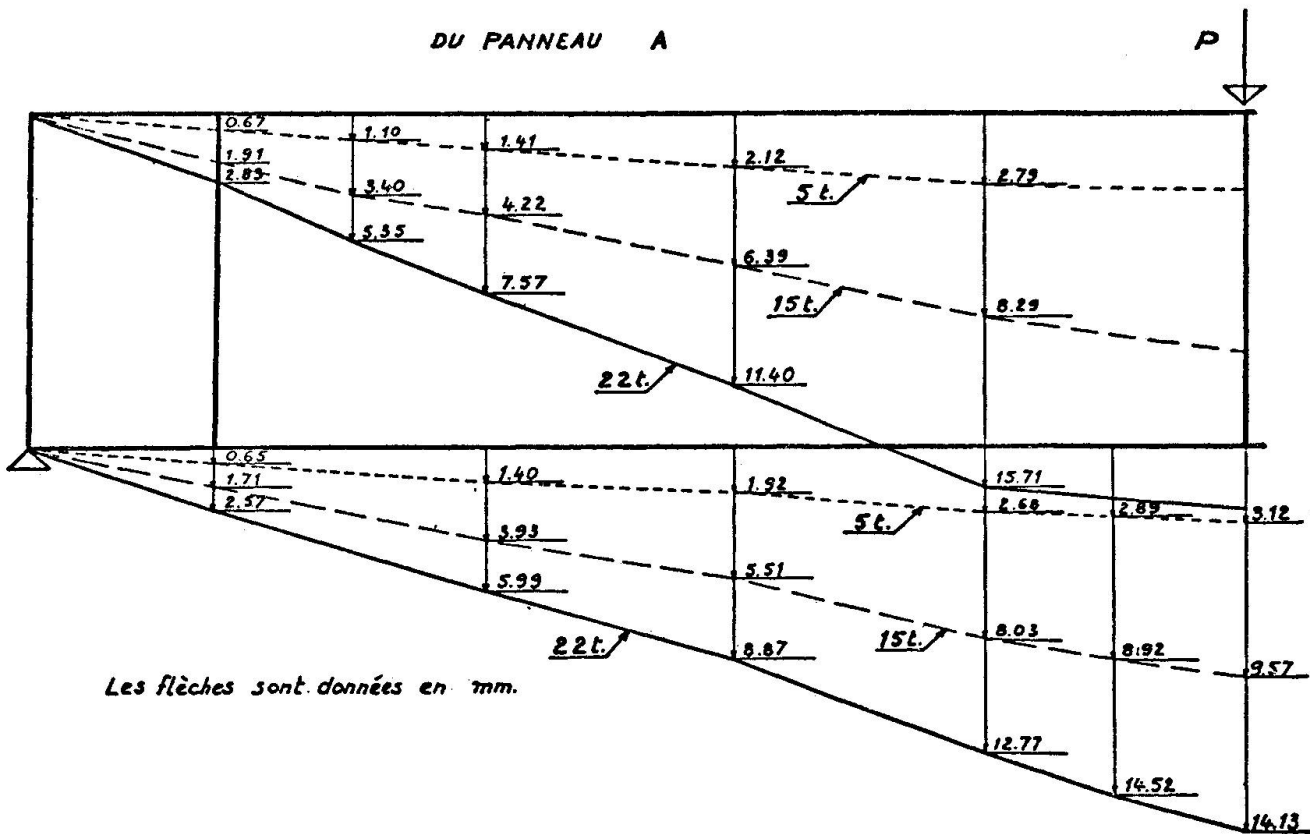
$P_{cr} = 6,22$  tonnes

$P_{el} = 16$  tonnes

- Fig. 5 - DEPLACEMENT D'UN POINT DE L'ÂME HORS DU PLAN MOYEN  
DU PANNEAU A (en mm)

## DEFORMEE DES MEMBRURES SUPERIEURE ET INFERIEURE

## DU PANNEAU A



- Fig. 6 - DEFORMEE DES MEMBRURES SUPERIEURE ET INFERIEURE (en mm)  
(Panneau A)

## V - ETUDE DU PANNEAU B

Le panneau B est soumis

. à un effort tranchant de  $\frac{5.5}{8} P_2$

. et à un moment fléchissant variant de (0 à 1.4)  $\frac{5.5}{8} P_2$

Il présente

. un coefficient d'élanement  $\frac{b}{h} = \frac{700}{3}$

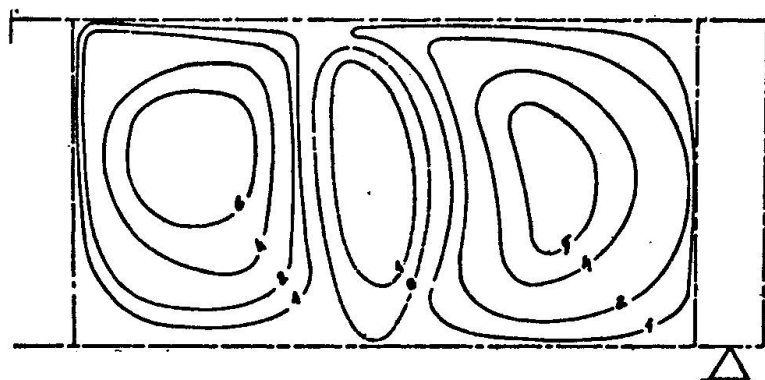
. et un coefficient d'aspect  $\frac{a}{b} = \frac{1300}{700} = 1.85$

Les essais ont mis en évidence :

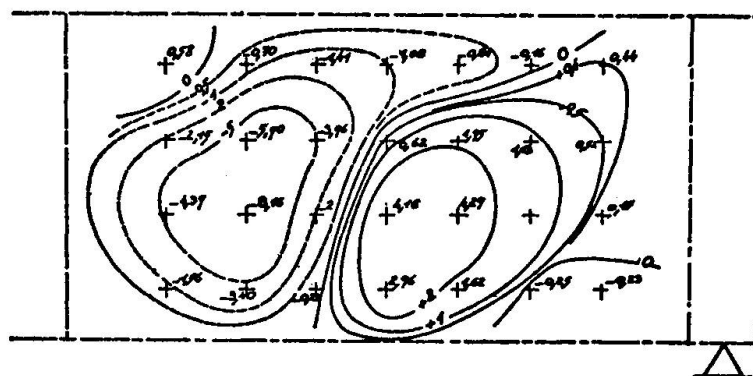
. Un seuil de bifurcation pour  $P_2 \approx 6$  à 7 tonnes

. Un seuil de réversibilité pour  $P_2 \approx 17$  à 19 tonnes

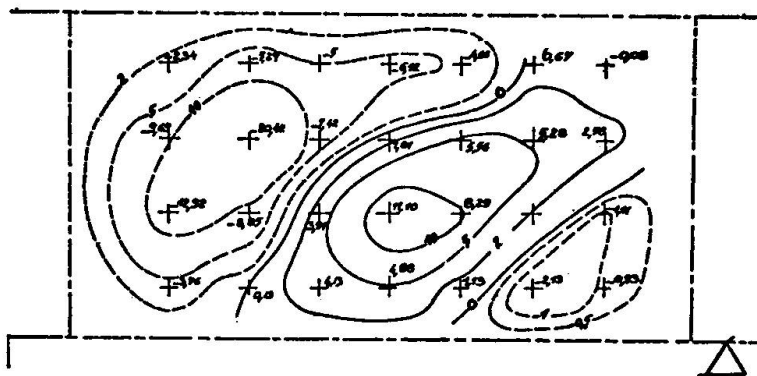
. Un seuil d'écoulement pour  $P_2 \approx 30$  tonnes



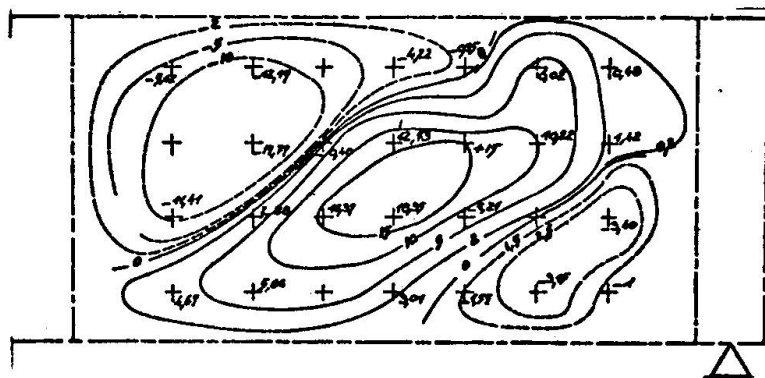
. DEFORMEE INITIALE



. CHARGE 6.1 T.

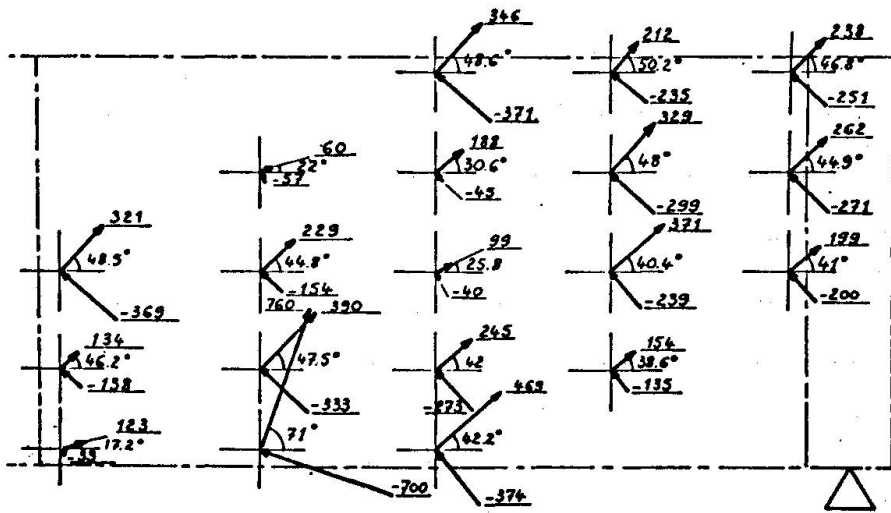


. CHARGE 20 T.

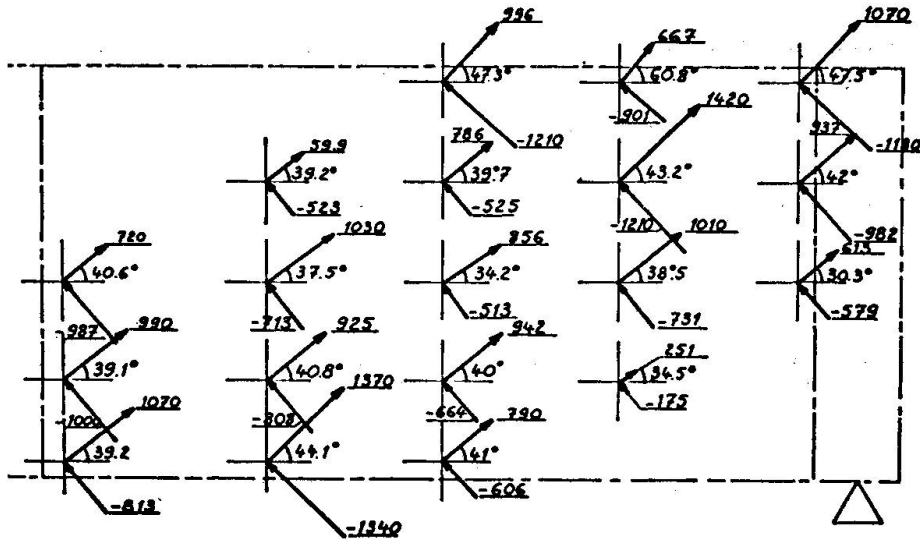


. CHARGE 30 T.

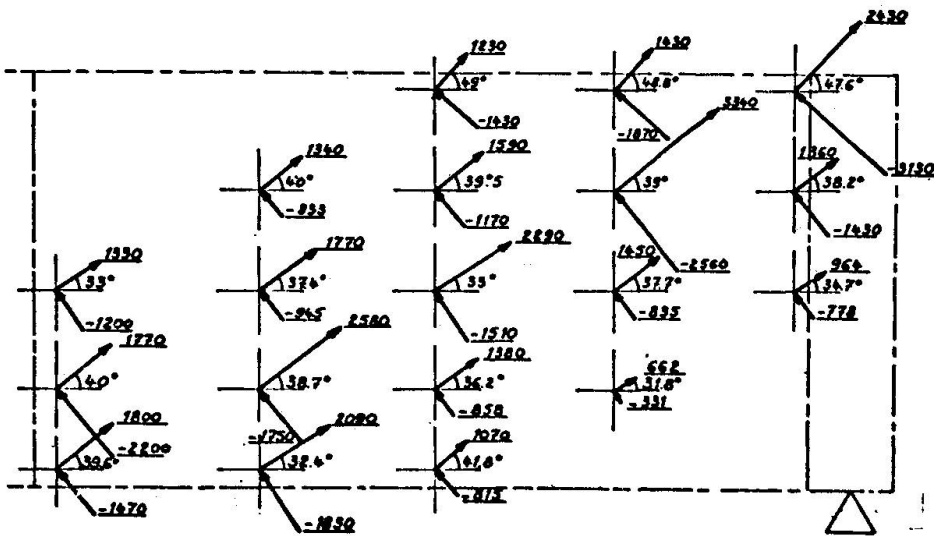
Fig. 7 - DEFORMEE DE L'AME HORS DU PLAN MOYEN DU PANNEAU B (en mm)



. CHARGE 6.1 T.



. CHARGE 20 T.



CHARGE 30 T.

- Fig. 8 - CHAMP DE DEFORMATION DE MEMBRANE DANS L'AME ( en  $\mu$ . def.)  
(Panneau B)

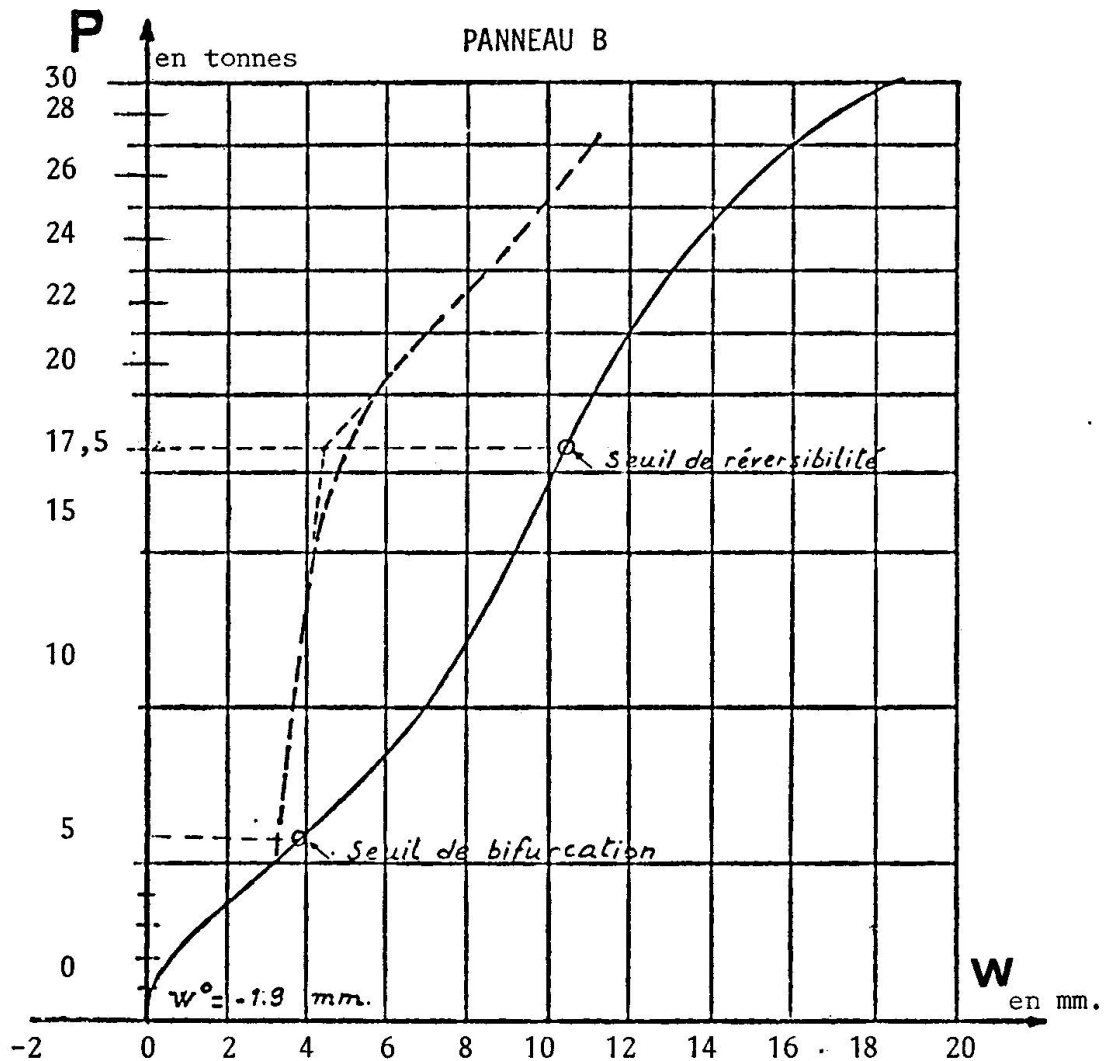


Fig. 9 - DEPLACEMENT D'UN POINT DE L'AME HORS DU PLAN MOYEN DU PANNEAU B ( en mm. )

#### VI - ETUDE DU PANNEAU C

Le panneau C est soumis :

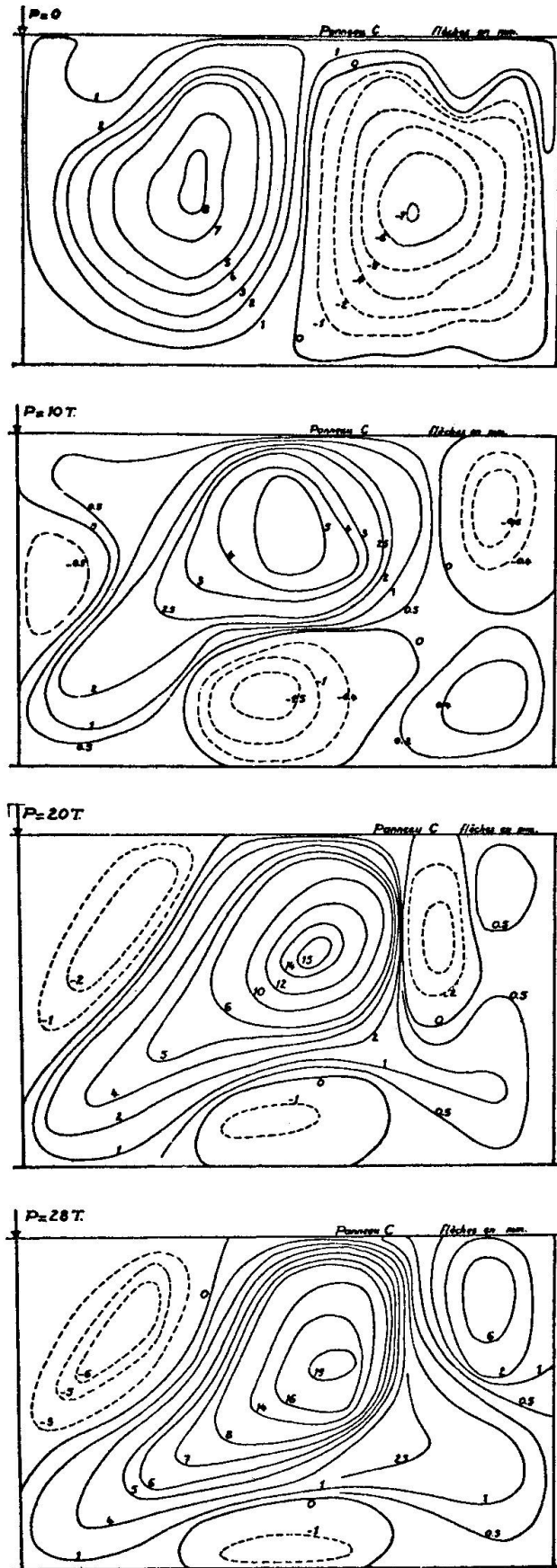
- à un effort tranchant de  $\frac{5.5}{8} P_2$
- et à un moment fléchissant variant de ( 1.4 à 2.5 )  $\frac{5.5}{8} P_2$

Il présente :

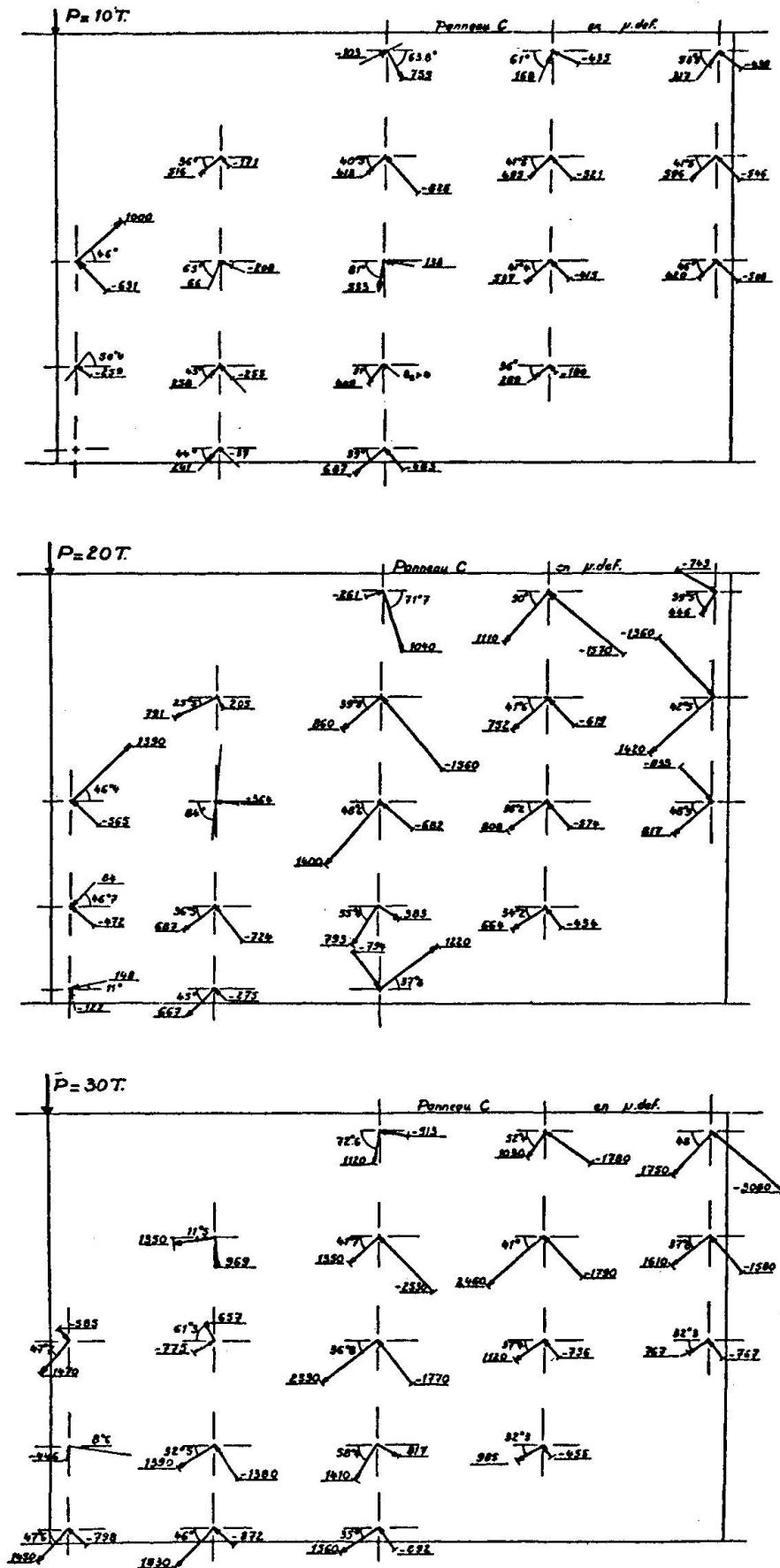
- un coefficient d'élanement  $\frac{b}{h} = \frac{700}{3}$
- et un coefficient d'aspect  $\frac{a}{b} = \frac{1100}{700} = 1.57$

Les essais ont mis en évidence :

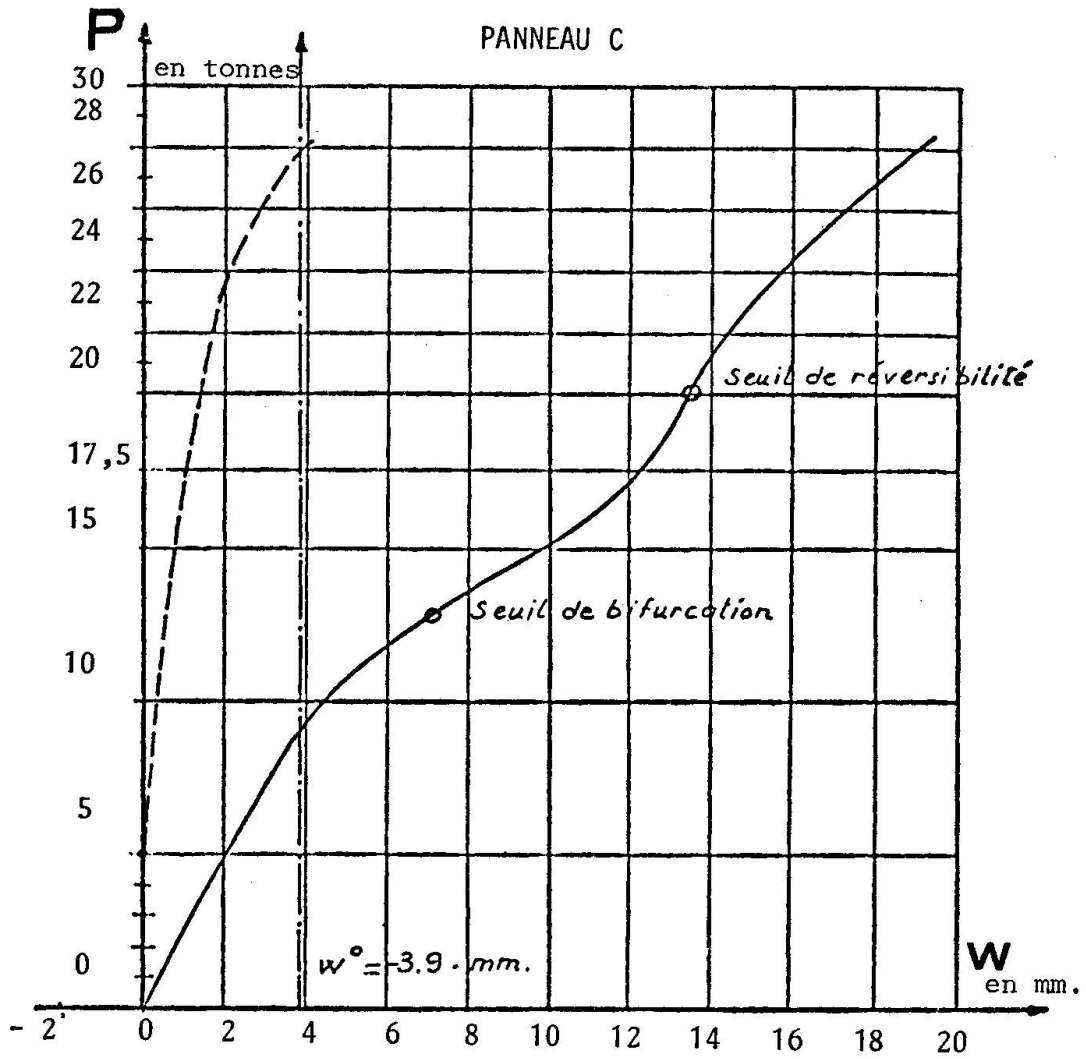
- Un seuil de bifurcation pour  $P_2 \simeq 10$  tonnes
- Un seuil de réversibilité pour  $P_2 \simeq 20$  tonnes
- Un seuil d'écoulement pour  $P_2 \simeq 33$  tonnes



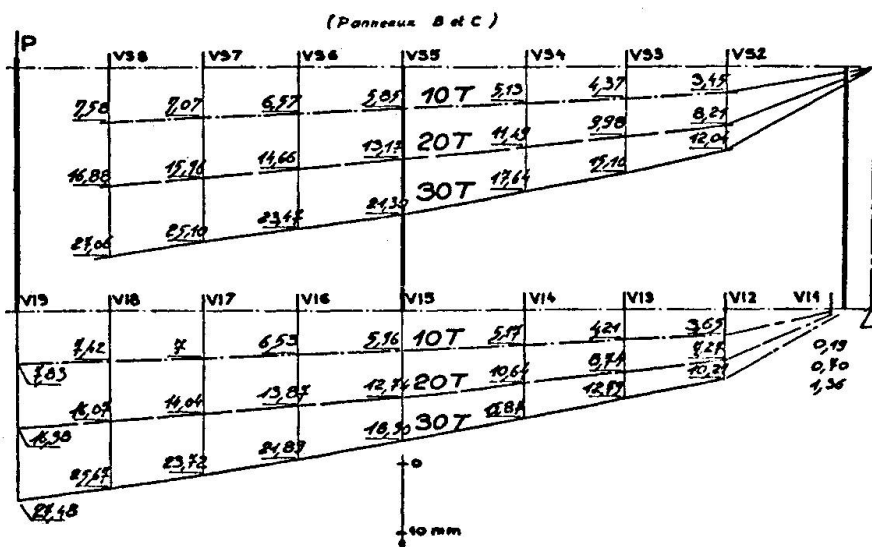
- Fig. 10 - DEFORMEE DE L'AME HORS DU PLAN MOYEN DU PANNEAU C  
( en mm. )



- Fig. 11 - CHAMP DE DEFORMATION DANS LA SURFACE MOYENNE DE L'AME DU PANNEAU C ( en  $\mu$ . déformations )



- Fig. 12 - DEPLACEMENT D'UN POINT DE L'AME HORS DU PLAN MOYEN DU PANNEAU C (en mm.)



- Fig. 13 - DEFORMEE DES MEMBRURES SUPERIEURE ET INFERIEURE DES PANNEAUX C ET D (en mm.)



## VII - CONCLUSION

A travers ces résultats, nous avons voulu montrer, pour les trois panneaux essayés, que :

- 1 - Ce que nous appelons seuil critique ou de bifurcation et que nous avons coutume de considérer comme un état d'instabilité, ne marque aucun caractère particulier dans le comportement de la plaque si ce n'est un changement de signe de la courbure dans la variation de la déformée de l'âme hors du plan moyen du panneau en fonction de la charge. Ce seuil doit plutôt être considéré comme la naissance d'un champ de contraintes de membrane qui accroît la raideur apparente de la plaque dans la déformation hors de sa surface moyenne et qui est par conséquent très favorable à sa stabilité.
- 2 - Le seuil de réversibilité, déterminant le domaine du comportement élastique du panneau, pour les élancements considérés, se situe bien au-dessus du seuil critique et se distingue très nettement de l'état limite calculé par la méthode de Messieurs BASLER et THURLIMANN. Cette différence vient sans doute des approximations faites d'une part sur la constitution du modèle mathématique et d'autre part sur le défaut de prise en compte des contraintes propres ou rémanentes.
- 3 - Le seuil d'écoulement du panneau, pour lequel un assez large volume de la structure est dans le domaine plastique, répond mieux aux prévisions des méthodes de calcul basées sur la simulation schématique du mécanisme de ruine du panneau.
- 4 - Le champ de contraintes ou plus exactement de déformation, se développant dans la surface moyenne de l'âme, présente :
  - . en chaque point des panneaux B et C, une coordonnée principale tensorielle d'accourcissement (compression) sensiblement du même ordre de grandeur et parfois égale à la coordonnée principale tensorielle d'allongement (traction) et ce dans tout le domaine dit "post-critique".
  - . en chaque point du panneau A, une nette prédominance des composantes d'allongement (traction) sur les composantes d'accourcissement (compression) dans le secteur où l'inclinaison des composantes d'allongement principal a atteint sa pente limite (1/2.3) favorisées par les dimensions du panneau (Coefficient d'aspect  $\frac{2.1}{0.7}$ )

## RESUME

Ce mémoire présente les résultats d'essais, à l'effort tranchant, effectués sur trois panneaux de poutre présentant des coefficients d'aspect différents et un même élancement.

Ces résultats apportent une information complète sur l'état de déformation de ces panneaux au seuil critique ou de bifurcation, au seuil de réversibilité et au seuil d'écoulement.

## ZUSAMMENFASSUNG

Diese Abhandlung stellt Ergebnisse von Querkraftversuchen an Trägern dar, die mit drei verschiedenen Feldverhältnissen, aber mit derselben Schlankheit durchgeführt wurden. Die Ergebnisse bringen eine vollständige Uebersicht über den Formänderungszustand dieser Felder an der kritischen oder Verzweigungsgrenze, sowie an der Umkehrgrenze und an der Fliessgrenze.

## SUMMARY

This study presents the results of transverse shear tests made on three beam panels with different panel aspect ratios and having the same slenderness.

These results give a complete information about the state of strain of the panels in the critical or equilibrium bifurcation limit, in reversibility limit as well as in the yield limit.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide