

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 82 (1956)
Heft: 4

Artikel: Dimensionnement des constructions fléchies
Autor: Szécsi, André
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-62052>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Abonnements:	
Suisse: 1 an, 26 francs	
Étranger: 30 francs	
Pour sociétaires:	
Suisse: 1 an, 22 francs	
Étranger: 27 francs	
Prix du numéro: Fr. 1.60	
Ch. post. « Bulletin technique de la Suisse romande »	
N° II. 57 75, à Lausanne.	
Adresser toutes communications concernant abonnements, changements d'adresse, expédition à	
Imprimerie La Concorde, Terreaux 31, Lausanne	
Rédaction	
et éditions de la S. A. du Bulletin technique (tirés à part), Case Chauderon 475	
Administration de la S. A. du Bulletin Technique	
Ch. de Roseneck 6 Lausanne	

Paraissant tous les quinze jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président: R. Neeser, ingénieur, à Genève; Vice-président: G. Epitaux, architecte, à Lausanne; Secrétaire: J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg: MM. H. Gicot, ingénieur; M. Waebler, architecte — Vaud: MM. F. Chenaux, ingénieur; A. Chevalley, ingénieur; E. d'Okolski, architecte; Ch. Thévenaz, architecte — Genève: MM. Cl. Groscurin, architecte; E. Martin, architecte — Neuchâtel: MM. J. Béguin, architecte; R. Guye, ingénieur — Valais: MM. G. de Kalbermatten, ingénieur; D. Burgener, architecte.

Rédaction: D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration
de la Société anonyme du Bulletin technique: A. Stucky, ingénieur, président; M. Bridel; G. Epitaux, architecte; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

1/1 page	Fr. 264.—
1/2 »	» 134.40
1/4 »	» 67.20
1/8 »	» 33.60

ANNONCES SUISSES S. A.
(ASSA)



Place Bel-Air 2. Tél. 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE: Dimensionnement des constructions fléchies (suite et fin), par † ANDRÉ SZÉCSI, ingénieur. — Concours pour la construction d'un collège à St-Sulpice (Vaud). — CORRESPONDANCE: A propos des récents concours d'architecture pour les collèges primaires. — DIVERS: Nouveau concours de la Fondation Denzler. — Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne: Diplômes. — Société suisse des ingénieurs et des architectes: Groupe des ingénieurs de l'industrie; Distinction. — LES CONGRÈS: Association internationale pour le calcul analogique. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION GÉNÉRALE. — DOCUMENTATION DU BATIMENT. — NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.

DIMENSIONNEMENT DES CONSTRUCTIONS FLÉCHIES

par † ANDRÉ SZÉCSI, ingénieur

(Suite et fin)¹

9. Examen de la fibre extrême d'une section soumise au moment fléchissant ainsi que son allongement (resp. raccourcissement) naturel (Biegefliessen)

Avant de comparer les résultats des essais et ceux de la méthode de calcul esquissée plus haut, il est nécessaire d'examiner le point mentionné dans le titre de ce paragraphe.

Nous avons supposé que la matière est idéalplastique et homogène. En réalité, la matière n'est pas homogène et même sa limite élastique n'est pas une valeur tout à fait bien déterminée. On peut constater au moyen d'essais assez soignés que, pour faire naître l'allongement (resp. le raccourcissement naturel) de la matière à la limite élastique, il faut une tension plus élevée que pour maintenir un allongement (raccourcissement) déjà amorcé.

Les deux valeurs de limite élastique sont connues comme limite élastique supérieure et inférieure.

Dans cette étude, nous nous basons sur l'allongement (raccourcissement) naturel de la matière à la limite élastique. Ce phénomène est bien connu par les essais de traction (compression). Nous ne cherchons pas les causes de ce comportement spécial de la matière;

mais acceptant ce comportement, nous nous proposons d'examiner l'allongement (raccourcissement) dû au moment fléchissant, des fibres extrêmes d'éprouvette.

Le mécanisme de l'allongement (raccourcissement) des fibres extrêmes d'une section d'éprouvette fléchie peut être imaginé comme suit:

Nous supposons que les fibres extrêmes d'une éprouvette fléchie, limitée par deux sections à une distance unité ont la sollicitation σ_{inf} soit la limite élastique apparente inférieure.

Nous augmentons la rotation relative de deux sections. Résultat: du côté tendu de la section, la fibre extrême subit un allongement plus grand. Si nous augmentons encore la rotation relative de deux sections, les fibres extrêmes vont subir un allongement supplémentaire, mais leur tension ne peut plus augmenter et retombe à la limite élastique apparente inférieure. Ces fibres arrivent ainsi à l'état d'allongement naturel (fliessen).

Il résulte de ces faits que la rotation relative des deux sections examinées va subir encore une augmentation avant que ne s'établisse l'équilibre.

Naturellement, la sollicitation des fibres voisines des fibres extrêmes va aussi augmenter; la plus grande valeur qu'elle puisse avoir est la limite d'élasticité

¹ Voir *Bulletin technique* du 4 février 1956, page 29.

supérieure. A ce moment, l'exposé ci-dessus au sujet des fibres extrêmes devient applicable à cette deuxième couche de fibres.

Nous pouvons donc, à cause de la différence existant entre les limites élastiques apparentes supérieures et inférieures, imaginer que la rotation des deux sections examinées et l'allongement (raccourcissement) des fibres de la section se poursuit d'une manière fractionnée et par petits sauts.

Naturellement, le comportement décrit ci-dessus n'est qu'une grossière approximation de la réalité.

Les fibres de la matière en état d'allongement (raccourcissement) naturel et leurs voisines ont une action réciproque l'une sur l'autre et ceci ne peut être imaginé sans des tensions de cisaillement considérables.

Nous pouvons donc prévoir d'emblée, si nous faisons ces calculs selon les méthodes ci-dessus, que les déformations observées pendant les essais de contrôles seront légèrement plus grandes que celles que nous aurons calculées.

Les limites élastiques apparentes supérieures et inférieures expliquent aisément l'apparition de figures d'allongement (raccourcissement) naturel en forme de cônes et leur progression par sauts de la partie extérieure de la section. La grandeur et la forme de ces figures, leur uniformité ou leurs grandeurs différentes ainsi que leurs dispositions régulières dans le sens de la longueur de l'éprouvette, mettent en relief la qualité de la matière, notamment son homogénéité.

Si ces figures sont de grandeurs égales, si leur distance est petite et leur disposition régulière dans le sens de la longueur de l'éprouvette, il est certain que la matière est plus proche d'être homogène que si les faits contraires apparaissent. Par faits contraires, nous entendons des figures d'allongement (raccourcissement) naturel correspondant à la limite élastique apparente de la matière, inégales en grandeur et irrégulières en position.

De cela, il résulte que la relation moment fléchissant et rayon de courbure de l'éprouvette — la rotation relative de deux sections voisines — ne peut être déterminée que par mesure de valeurs moyennes.

Nous sommes obligés de mesurer une certaine longueur de l'éprouvette, car en cas contraire les figures en forme de cônes évoquées plus haut pourraient fausser considérablement les résultats.

Pour cette raison, nous devons examiner les résultats obtenus par strain-gages avec une réserve bien justifiée car leur valeur ne sera pas la même si la mesure a été prise sur un cône d'allongement ou à côté de ce cône.

Des faits relatés ci-dessus, nous pouvons déduire que la disposition des essais doit être telle que :

- la distance des deux sections examinées doit être relativement grande — (mensuration sur une grande longueur) ;
- il faut que le moment fléchissant soit constant à l'endroit des mesures.

Nous pourrions encore ajouter que la disposition des essais devrait permettre non seulement les mesures statiques, mais aussi les épreuves dynamiques, donc la mesure après un certain nombre de charges et décharges.

L'auteur de ce travail a eu le privilège d'exécuter quelques essais de ce genre dans le Laboratoire fédéral

d'essais des matériaux, à Zurich, en 1947/48. Il tient à exprimer sa reconnaissance très sincère à M. le professeur Dr M. Roš, directeur et président du laboratoire à cette époque. C'est grâce à cet appui que les essais mentionnés dans cette étude ont pu être réalisés.

10. Description des essais

a) Forme de l'éprouvette et transmission des charges

La section de l'éprouvette est rectangulaire. C'est une poutre simple sur deux appuis à une distance de 1000 mm et chargée par deux forces concentriques égales et placées symétriquement de chaque côté de la section médiane de la poutre.

La transmission des charges est conçue de telle façon que les charges ainsi que les réactions restent verticales même dans le cas où la déformation de l'éprouvette prend des proportions considérables.

Pour cette raison, la force centrale de la machine Amsler (pulsateur de 10 t) est divisée par une poutre intermédiaire très rigide (DIN 24) en deux parties égales. Ces forces sont transmises à l'éprouvette par une construction spéciale — visible sur photo ci-dessous.

Cette construction consiste en deux cylindres polis accouplés formant chariot de telle façon que le frottement dû à l'accouplement soit minime. Ce chariot est placé entre deux plaques d'une surface plate et polie et permet que la plaque inférieure puisse effectuer, par rapport à la plaque supérieure, des mouvements dans le sens de l'axe longitudinal de l'éprouvette, cela pratiquement sans frottement.

Cette dernière plaque est soudée à la poutre intermédiaire très rigide dont nous avons parlé plus haut.

La plaque inférieure s'appuie sur un fragment de cylindre poli dont l'axe géométrique coupe l'axe de gravité de l'éprouvette.

L'appui de l'éprouvette est analogue.

Avec les dispositifs spéciaux décrits ci-dessus, l'éprouvette ne sera chargée que par des forces verticales, même dans le cas où sa déformation devient considérable.

b) Mesure des déformations et son organisation

L'organisation des mesures doit être telle que les instruments de mesure puissent être facilement enlevés

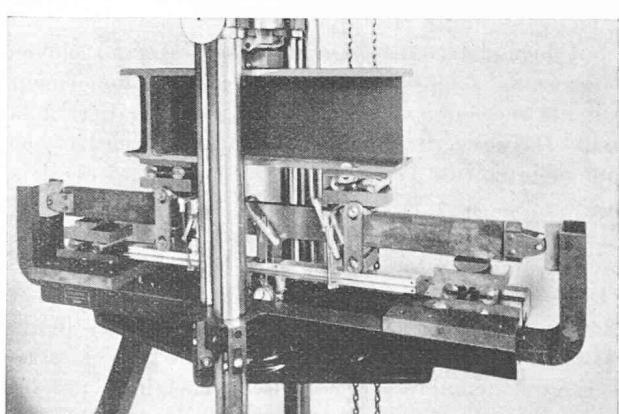


Fig. 10.

après la détermination des déformations provoquées par les charges statiques pour que l'éprouvette puisse être ensuite soumise aux charges répétées. Elle doit, en outre, permettre de répéter les mesures statiques après l'effet des charges alternées.

De plus, l'appui des instruments de mesure sur l'éprouvette doit être choisi de manière à ce que les allongements (raccourcissements) naturels des fibres extrêmes de l'éprouvette (correspondant à la limite élastique de la matière) ne puissent pas fausser les résultats des mesures.

Dans ce but, l'éprouvette est pourvue de trois cadres situés dans sa partie centrale avec moments fléchissants constants. Chaque cadre touche l'éprouvette uniquement dans son axe neutre et par deux cônes se terminant en pointes. Ces cônes serrent légèrement l'éprouvette de deux côtés. Les tiges des cônes sont pourvues de filetages permettant leur réglage.

La distance entre les deux cadres extérieurs détermine la longueur soumise aux mesures.

Le cadre médian partage cette longueur en deux parties égales.

La déformation de l'éprouvette est exprimée par le déplacement du cadre médian par rapport aux deux cadres extérieurs.

Pour mesurer ce déplacement relatif, nous avons un léger appareil en aluminium appuyé sur les tiges cylindriques des cadres extrêmes à l'aide d'étriers en forme de \square et qui sont pourvus de ressorts serrant l'appareil contre ces tiges. Un simple déclenchement des ressorts permet d'enlever l'appareil.

À mi-lieu de l'appareil se trouve une montre (Huguenberger) qui mesure exactement le déplacement relatif du cadre médian par la prolongation de sa tige de contact.

Les appareils et instruments décrits dans ce chapitre sont bien visibles sur la photo de la figure 10.

On remarque également sur cette photo deux ressorts très souples avec section en \square qui maintiennent l'éprouvette à sa place dans le sens longitudinal, tout en n'empêchant aucunement sa déformation.

De cette manière l'éprouvette, tout en restant

entièrement libre, ne quittera pas ses appuis même sous l'effet des charges répétées très rapidement (pulsations).

11. Résultats des essais

a) La matière de l'éprouvette

Après examen peu satisfaisant de l'homogénéité d'une éprouvette en acier doux, nous avons choisi un acier SM. L'examen macroscopique de cet acier (section $20 \times 80 \text{ mm}^2$) démontre une homogénéité acceptable des parties extérieures et intérieures de la section.

Les essais de traction ont été effectués sur différentes éprouvettes extraites des parties extérieures et intérieures de la section avec acier à l'état brut (état de livraison). Ils ont mis à jour des différences considérables dues au refroidissement différent de ces deux parties pendant la fabrication.

Il était donc indispensable de procéder à un traitement thermique (830°C).

Sur la figure 11, on peut voir les résultats des essais de traction avec les éprouvettes extraites de l'extérieur et de l'intérieur de la section avant le traitement thermique de la matière.

Après ce traitement, les différences sont beaucoup plus petites (voir fig. 12 et 13).

Les essais concernant les fatigues répétées sont également satisfaisants (voir fig. 14).

Vu les résultats ci-dessus, les essais de flexion ont été exécutés avec la matière traitée thermiquement.

b) Mesures statiques

Les résultats des essais statiques sont indiqués sur les figures 15 et 16.

Nous avons augmenté les charges progressivement. Nous avons aussi effectué des décharges progressives. On peut constater que le diagramme présente des boucles d'hystérésis si l'on décharge et recharge l'éprouvette. Ces boucles deviennent plus larges si l'on augmente les charges comme dans les essais de traction ou de compression simple. Mais on peut remarquer que notre supposition selon laquelle la décharge graduelle s'effectue d'une manière élastique est pleinement justifiée par les essais.

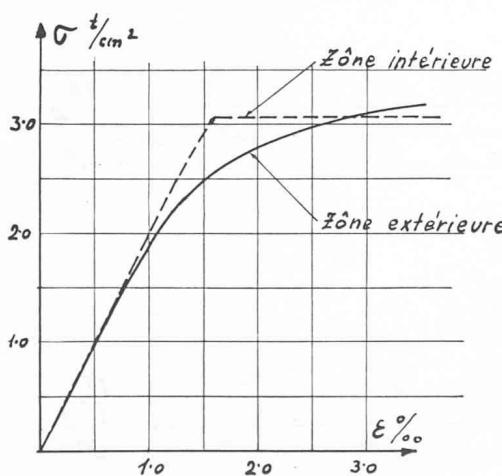


Fig. 11. — Essai de traction.
Matière en état de livraison.

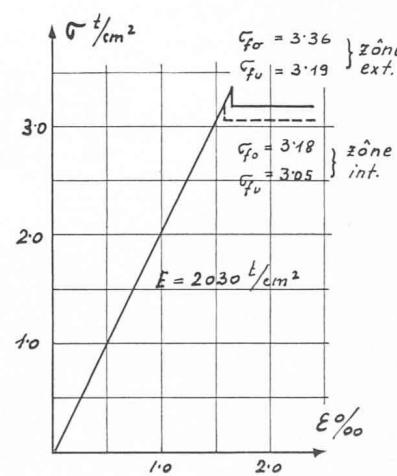


Fig. 12. — Essai de traction.
Matière après traitement thermique.

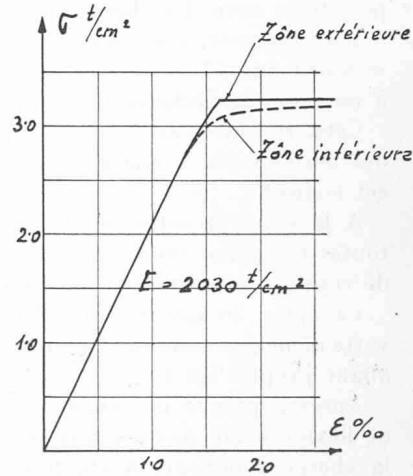


Fig. 13. — Essai de compression.
Matière après traitement thermique.

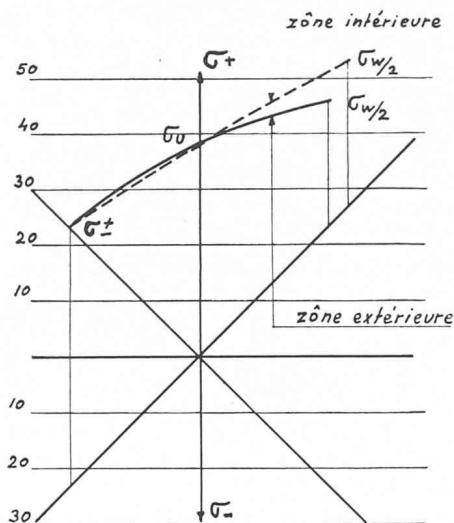


Fig. 14. — Fatigues alternées.

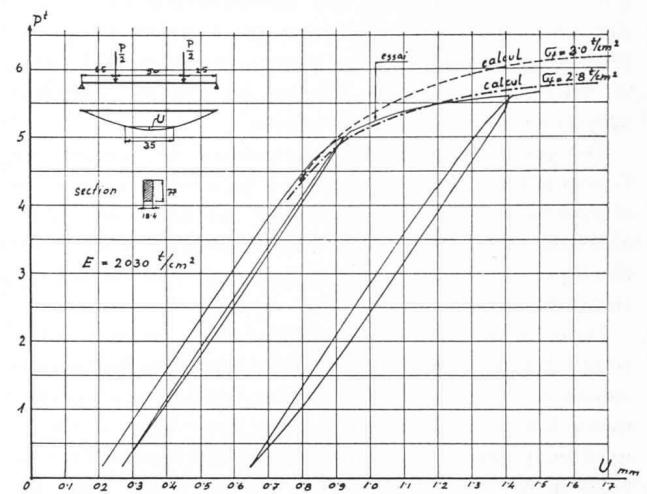


Fig. 15.

Dans un but de comparaison, nous avons aussi dessiné la courbe des déformations calculées sur la base des constantes des matériaux déterminées par des essais de tractions. Les déformations calculées sont légèrement plus petites que les mesurées. La cause en est la suivante : dans le calcul, nous n'avons pas pris en considération les tensions de cisaillement dues à l'allongement (raccourcissement) naturel de la matière à la limite élastique. D'autre part, le dessin du diagramme, tension de compression, raccourcissement spécifique de la matière, présente une légère courbure avant d'atteindre la limite d'élasticité.

La différence n'est pas importante et la valeur numérique peut en être diminuée si, pour le calcul, on admet une limite élastique légèrement plus petite ; la méthode de calcul simple exposée dans cette étude reste inchangée.

L'éprouvette de flexion (dont les déformations sont indiquées sur fig. 15) a été soumise après des charges statiques allant jusqu'à 5,7 t à l'épreuve des charges alternées. La limite supérieure de ces charges a été de 5,8 t, la limite inférieure de 1,2 t.

L'éprouvette a subi 1 000 000 pulsations puis 184 000 pulsations entre les charges de 5,8 t et 1,1 t.

À ce moment, une rupture est survenue au point A — voir figure 17 — c'est-à-dire hors du tronçon soumis à un moment fléchissant uniforme.

Cette rupture a été provoquée par une concentration des tensions due à une surface rugueuse (non polie) à cet endroit.

A la suite de cet essai, les autres éprouvettes ont toutes été polies (voir fig. 18) afin d'éviter une cause de rupture indépendante des essais.

La figure 16 montre les déformations d'une éprouvette de flexion soumise d'abord à des charges statiques allant jusqu'à 5,6 t.

Après l'épreuve des charges statiques, l'éprouvette de flexion a été soumise aux pulsations répétées dont la charge supérieure a été fixée à 5,6 t. La charge inférieure a été diminuée par échelons de 0,1 t, en partant de 1,9 t et jusqu'à 0,9 t. A chaque échelon,

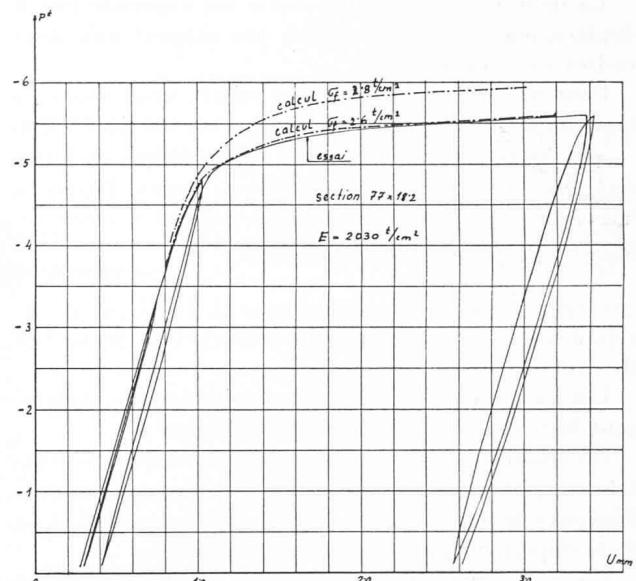


Fig. 16.

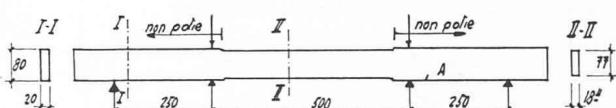


Fig. 17.

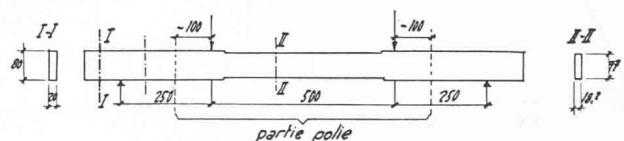


Fig. 18.

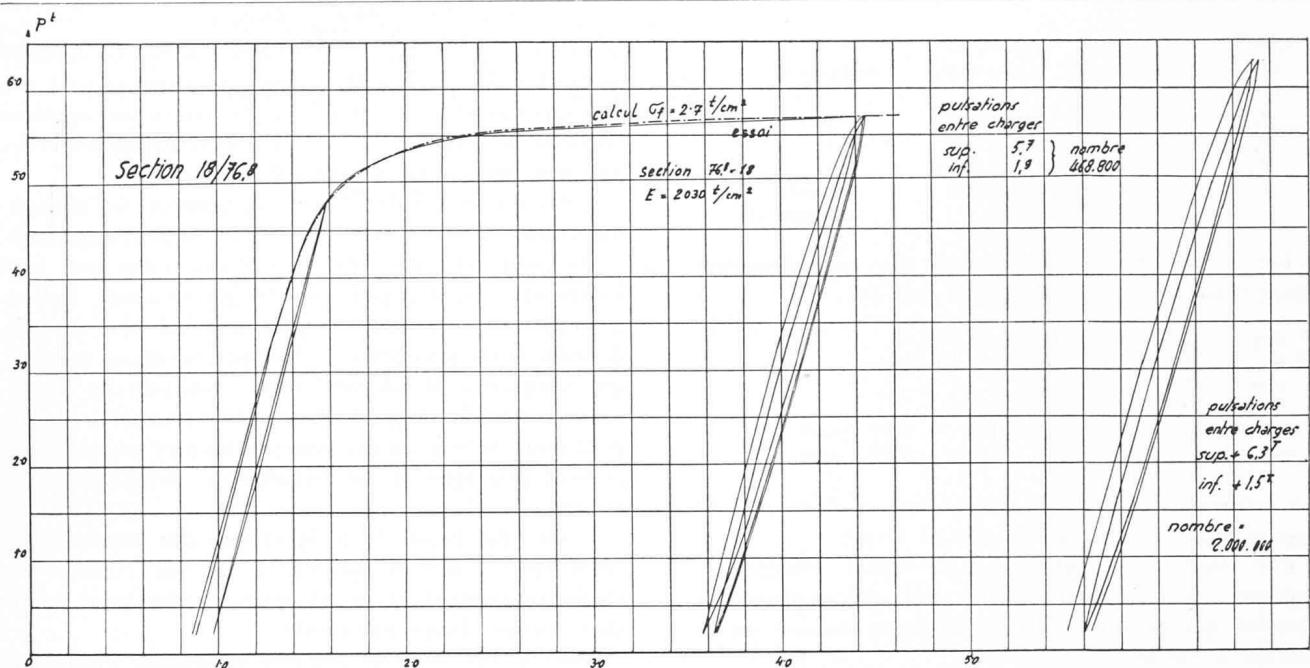


Fig. 19.

l'éprouvette a subi 1 000 000 pulsations sans qu'aucune rupture ne survienne.

c) L'effet des charges répétées

Les déformations de l'éprouvette montrées par la figure 19 sous l'effet des charges statiques sont semblables en tout point à celles que nous montrent les figures 15 et 16.

Après les charges statiques, nous avons continué les essais et nous avons soumis l'éprouvette aux charges alternées suivantes.

Limite supérieure 5,7 t } nombre de
Limite inférieure 1,9 t } pulsations : 468 800.

Après cette épreuve, nous avons chargé graduellement et statiquement l'éprouvette entre les limites de $+6,3$ t et $+0,2$ t, tout en mesurant la déformation. La boucle d'hystéresis est entièrement semblable aux boucles déterminées précédemment bien que des pulsations aient précédé cet essai.

Après ces essais statiques, l'éprouvette a subi 2 000 000 pulsations entre les charges limites de 6,3 t et 1,5 t sans qu'aucune rupture ne survienne.

L'essai dont les résultats sont indiqués sur la figure 20 donne des conclusions analogues.

L'éprouvette avait une section rectangulaire mais plus petite que les précédentes. Elle a été chargée graduellement et statiquement jusqu'à la charge maximum de 2,0 t, puis déchargée. Sa déformation a été constamment mesurée. La charge de 2,0 t a déjà provoqué des déformations dépassant le domaine élastique, ainsi qu'on peut le constater sur le diagramme.

Après décharge, l'éprouvette a subi l'effet des charges alternées entre les limites de 2,0 t et $+0,8$ t. Le nombre des pulsations a été de 105 000.

Les mesures statiques, après cette épreuve, n'ont présenté aucune différence par rapport aux mesures faites avant.

Nous avons chargé ensuite l'éprouvette jusqu'à 2,2 t et après quelques décharges et recharges, elle a subi

une nouvelle épreuve de pulsations entre les limites de 2,2 t et 0,8 t. Le nombre des pulsations s'est élevé à 260 000.

Après décharge, l'éprouvette a été chargée graduellement jusqu'à la charge maximum de 2,30 t, puis déchargée et rechargée à plusieurs reprises tout en mesurant la déformation.

Les résultats sont encore semblables aux précédents et nous pouvons constater que les essais ont parfaitement justifié notre supposition selon laquelle, après déformation plastique provoquée par flexion, la décharge et la recharge jusqu'à la valeur précédente, se font d'une manière élastique.

Nous avons encore poursuivi l'essai pour déterminer les conditions de rupture provoquées par flexion pulsatoire.

Après les charges et décharges pulsatoires mentionnées plus haut (limite sup. 2,0 t; limite inf. 0,8 t; nombre des pulsations 105 000. Limite sup. 2,2 t; limite inf. 0,8 t; nombre des pulsations 260 000) l'éprouvette a subi les charges suivantes :

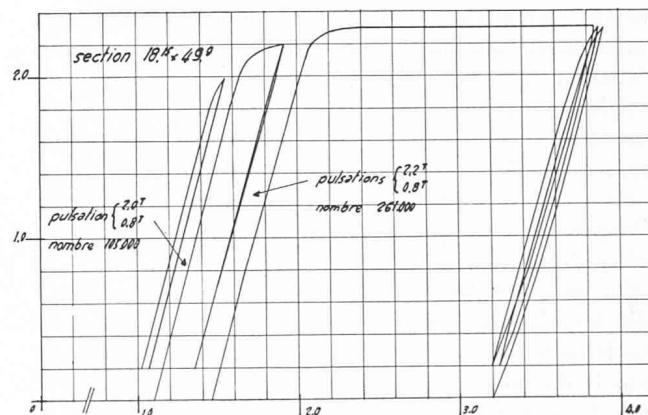


Fig. 20.

Limite sup. P. t.	Limite inf. P. t.	Nombre des pulsations	Remarques
2,3	0,8	1 000 000	intacte
2,4	0,8	1 000 000	»
2,5	0,8	1 000 000	»
2,8	0,8	532 700	rupture au point A

Les sollicitations occasionnées par les dernières charges supportées sans rupture ont été :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{sup.}} &= 2,5 \text{ t} & P_{\text{inf.}} &= 0,8 \text{ t} \\
 M_{\text{sup.}} &= 31,3 \text{ t/cm} & M_{\text{inf.}} &= 10 \text{ t/cm} \\
 k &= 1,27 \text{ °/oo} \\
 \beta &= 0,27 \\
 \sigma_{\text{ext. rés. avec décharge totale}} &= -1,17 \text{ t/cm}^2 \\
 \sigma_{\text{ext. eff. avec } P_{\text{inf.}}} &= +0,17 \text{ t/cm}^2
 \end{aligned}$$

La sollicitation de la fibre extrême a donc été de $\sigma_{\text{sup.}} = +3,0 \text{ t/cm}^2$; $\sigma_{\text{inf.}} = +0,17 \text{ t/cm}^2$.

Par contre, les charges 2,8 t — 0,8 t, charges de rupture — ont déjà provoqué des déformations si grandes que la limite de raidissement naturel de la matière a été atteinte.

Ce fait peut être constaté par la formule de

$$\kappa = \pm \frac{\sigma_f}{E} \sqrt{\frac{b \sigma_f}{3/4 b y_o^2 \sigma_f - 3M}}$$

dans laquelle le dénominateur sous la racine carrée devient zéro déjà avec le moment

$$M = b y_o^2 \sigma_f \frac{1}{4} = 33,8 \text{ t/cm}$$

donc avec la charge $P = 2,7 \text{ t}$.

d) L'effet Bauschinger

Si l'on soumet une éprouvette à la traction et que la tension atteigne la limite élastique, un certain allongement naturel non élastique se produit ; après décharge et charge en compression, le diagramme compression-raccourcissement montre une figure qui est différente des diagrammes habituels.

Ce diagramme se présente comme une courbe qui rejoint tangentiellement la droite E . Le point de départ de cette courbe sur la droite E sera d'autant plus proche à l'axe $\sigma = 0$ que l'allongement plastique provoqué par le premier essai (traction) est plus grand.

Ce phénomène est généralement connu sous le nom « d'effet Bauschinger ».

Sur la figure 21, on remarque très bien ce comportement spécial de l'acier. Nous trouvons des résultats entièrement semblables si l'éprouvette est soumise d'abord à la compression puis ensuite à la traction.

A la connaissance de l'auteur, l'effet Bauschinger n'a pas encore été exprimé mathématiquement d'une manière totalement satisfaisante.

Mais il est certain que la grandeur du premier allongement plastique peut être considérée comme un indice de précontrainte de la matière.

On peut facilement expliquer cette précontrainte déjà mentionnée dans le chapitre 3 en partant du fait que le facteur de Poisson (que nous pouvons considérer dans le domaine élastique comme une constante) varie avec l'allongement (raccourcissement) naturel qui se produit à la limite élastique de la matière. Pour l'acier,

la valeur d'environ $1/3$ devient environ $1/2$. La matière ne peut subir un tel changement de structure sans des tensions intérieures notables qui devraient être appelées tensions de structure pour être différenciées de celles qui sont provoquées par les effets extérieurs.

Ces tensions de structures augmentent si l'allongement (raccourcissement) mentionné plus haut augmente.

On peut admettre que la matière subit une pré-contrainte d'autant plus grande que la cause, l'allongement (raccourcissement) plastique est plus grande. A cause de cet allongement plastique, les divers cristaux qui composent la matière (acier) subissent un déplacement relatif tel qu'il n'est plus reversible. On ne peut donc espérer qu'une relation linéaire entre l'allongement plastique et les tensions de structure puisse exister.

Il est très facile de prouver par des essais (entre autres par l'effet Bauschinger) que les tensions de structure existent après allongement plastique, même sans aucune charge extérieure.

Nous avons toujours supposé dans cette étude que pour la flexion les diverses fibres de la matière suivent le diagramme de tension-déformation et nous avons trouvé une concordance parfaitement satisfaisante avec les essais.

Nous admettons que cette supposition reste valable même au cas où les fibres de la matière subissent des sollicitations telles que l'effet Bauschinger se manifeste.

Si cette supposition est juste, il faut que la flexibilité d'une éprouvette soumise d'abord à un moment fléchissant dans un sens (disons positif) subisse une augmentation dès que le sens du moment fléchissant est inverse (devient négatif).

C'est le cas, en effet : Si, par exemple, nous courbons une tige d'acier doux (armature de béton) nous pouvons constater qu'après la première courbure les suivantes, en sens inverse, deviennent beaucoup plus faciles. Mais

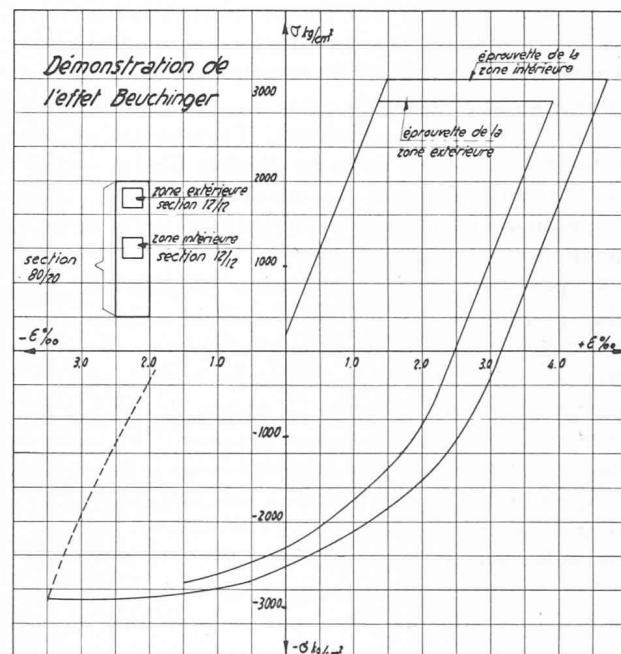


Fig. 21.

il faut que ces courbures ne dépassent pas une certaine limite. Il faut notamment que les sollicitations des fibres extrêmes ne dépassent pas la limite élastique apparente de la matière.

Ce fait peut aussi être étudié par des essais plus précis.

L'éprouvette de flexion, dont le diagramme est représenté sur la figure 15, a été soumise après les essais décrits plus haut à un moment fléchissant agissant en sens inverse.

L'éprouvette a été retournée de 180° autour de son axe longitudinal. De cette façon, les fibres initialement tendues sont comprimées et inversement.

Nous savons par le premier essai que les fibres extrêmes de la section ont déjà subi des allongements plastiques.

Le moment maximum est :

$$M_{\max} = \frac{5,8t}{2} \times 0,25^m = 0,725^tm.$$

Les constantes de la matière sont : $\sigma_{f\text{ inf}} = 3,05 \text{ t/cm}^2$ $E = 2,030 \text{ t/cm}^2$.

La section a les dimensions suivantes : $b = 18,4 \text{ mm}$ $y_o = 77 \text{ mm}$.

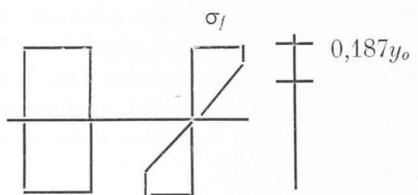
De l'équation (11)

$$k = \pm \frac{\sigma_f}{E} \sqrt{\frac{b \sigma_f}{\frac{3}{4} b y_o^2 \sigma_f - 3M}} = 0,622 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}}$$

et de l'équation (8) nous pouvons tirer :

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{\sigma_f}{kE y_o} = 0,487.$$

La figure des sollicitations sous charge de 5,8 t est donc facile à dessiner :



Nous connaissons aussi la valeur de l'allongement (raccourcissement) plastique dans les diverses fibres. Par exemple, dans la fibre extrême :

$$\epsilon_{\text{ext}} = k \frac{y_o}{2} = 2,4 \text{ o/oo.}$$

Nous connaissons aussi la déformation après décharge ainsi que les tensions résiduelles :

$$\sigma_{\text{ext. res.}} = \frac{M}{J} \frac{y_o}{2} - \sigma_f = 0,94 \text{ t/cm}^2,$$

soit une valeur déjà considérable.

D'après les deux diagrammes de la figure 21, nous pouvons affirmer que le diagramme de la poutre renversée donnant la relation entre les valeurs de M et k , et celui qui donne les valeurs de la charge P et de la déformation Δ_{mm} ne doit pas être linéaire. Dès le début déjà, ce diagramme devrait commencer par une courbe.

La figure 22 confirme bien ce que nous avons expliqué.

Un autre fait peut être encore signalé. Même pour la poutre renversée, la décharge suit la droite E , ainsi que la boucle d'hystérésis qui s'élargit si on augmente les charges de la même manière que pour les autres diagrammes.

12. Résumé et conclusions

En utilisant la méthode de calcul esquissée dans cette étude, nous pouvons dimensionner les constructions fléchies, tous facteurs de sécurité étant déterminés d'avance, pour des déformations déjà non admissibles.

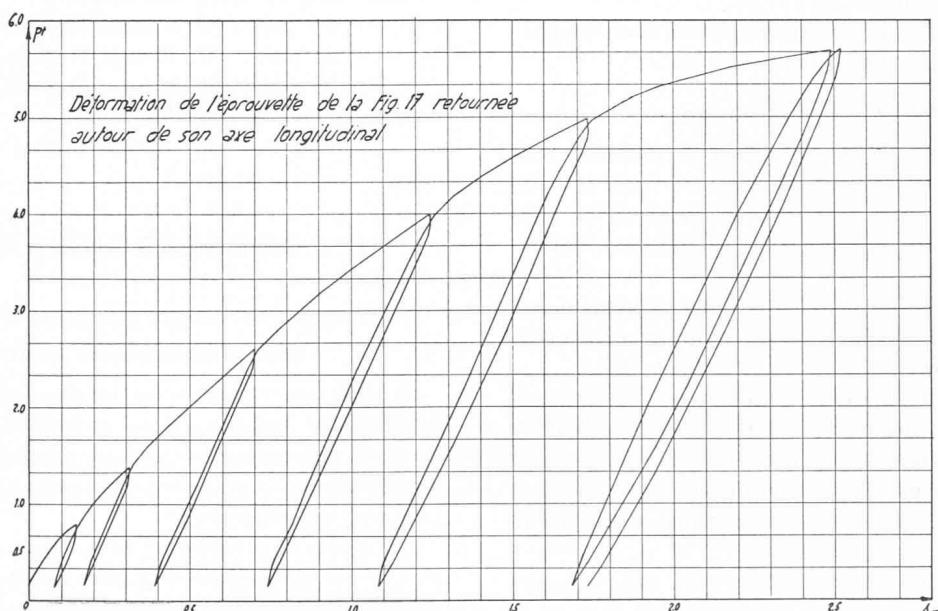


Fig. 22.

Bien entendu, ces déformations peuvent être non seulement élastiques, mais aussi plastiques. Le calcul est relativement simple et assez exact dans la pratique. Il faut remarquer que l'expression « déformation déjà non admissible » doit être entendue dans un sens très large. On entend par là :

- a) des flèches trop grandes, ou
- b) des courbures locales trop fortes, ou
- c) des déformations résiduelles trop grandes, ou
- d) une rupture sous l'effet des charges répétées, même sans déformation préalable notable, ou enfin
- e) une perte de stabilité — (flambage)

Enfin, nous pouvons constater que pour les problèmes de stabilité (flambage) la prise en considération des déformations effectives des constructions — donc des déformations élastiques *et plastiques* — est indispensable pour éviter des accidents.

Ce fait est exprimé par l'existence de prescriptions spéciales qui régissent les problèmes de ce genre.

Pour les constructions fléchies, la mise en calcul des déformations superélastiques, c'est-à-dire des déformations plastiques, permet un dimensionnement *plus économique*.

On peut donc constater que la prise en considération des déformations plastiques, donc l'application de la théorie de la plasticité, a une importance essentielle, aussi pour les constructions fléchies.

Cette méthode de calcul se situe entre deux points de vue extrêmes :

Entre la théorie de l'élasticité, d'une part, et la méthode de calcul avec les articulations plastiques, d'autre part.

Notre méthode intermédiaire se rapproche beaucoup plus de la réalité et les essais en confirment les bases.

CONCOURS POUR LA CONSTRUCTION D'UN COLLÈGE A ST-SULPICE (VAUD)

Extrait du programme

En juin 1955, la commune de Saint-Sulpice (Vaud) ouvrait un concours pour l'étude des plans d'un bâtiment scolaire à construire au lieu dit « Les Paquis ».

Etaient admis à concourir : les architectes d'origine vaudoise quelle que soit leur résidence ; les architectes de nationalité suisse, régulièrement domiciliés dans le canton de Vaud depuis un an.

Le jury chargé d'examiner et de classer les projets de concours était composé de MM. Marc Piccard, architecte, Saint-Sulpice, président du jury ; Georges Cruchet, architecte, Morges ; Jean Tschumi, professeur à l'Ecole d'architecture de l'Université de Lausanne ; Emile Semadeni, syndic, Saint-Sulpice ; Charles Chapuis, municipal, Saint-Sulpice. Suppléants : H. Robert Von der Mühl, architecte, Lausanne ; Marius Grandjean, municipal, Saint-Sulpice.

Le projet devait pouvoir être réalisé en trois étapes ; la première étape devant former un tout.

Extrait du rapport du jury

Le jury, réuni les 14, 20, 26, 28 et 31 octobre 1955, constate que 27 projets ont été déposés dans le délai prescrit. Il fixe comme critères qui serviront de base à son appréciation : implantation, volumes, architecture.

Lors des premier et deuxième tours sont éliminés neuf projets qui, malgré des qualités, présentent d'importants défauts.

Au cours des troisième et quatrième séances, le jury examine les dix-huit projets restants selon les critères : implantation, voies d'accès ; volumes ; architecture, groupement et emplacements des locaux ; cube et économie. Il rédige une critique détaillée de chaque projet.

Au troisième tour, le jury élimine onze projets, puis, après s'être rendu à nouveau sur le terrain, il procède au classement des projets restants non sans avoir au

préalable passé encore en revue tous les projets présentés.

Puis, conformément au programme, il répartit la somme de 7500 fr. mise à sa disposition :

1^{er} prix : projet « Le Lotus Bleu », 2200 fr. ; 2^e prix : projet « Hélios », 2000 fr. ; 3^e prix : projet « X.Y.Z. », 1900 fr. ; 4^e prix : projet « A.R.C. », 1400 fr.

Il décide que si, après l'ouverture des enveloppes, un prix ne pouvait pas être distribué, les primes seraient réparties selon l'ordre du classement.

Il estime que le projet classé en 1^{er} rang est digne d'être exécuté et recommande que son auteur soit chargé de l'élaboration des plans et de la direction des travaux.

Ayant ainsi arrêté les conclusions de son rapport et signé le procès-verbal des décisions prises, le jury procède à l'ouverture des enveloppes qui révèlent, comme suit, les noms des lauréats.

- 1^{er} prix : M. Claude Raccourier
- 2^e prix : M. Roland Willomet
- 3^e prix : M. Hans Schaffner et
M. Pierre Margot
- 4^e prix : M. Jacques Felber

CORRESPONDANCE

A propos des récents concours d'architecture pour des collèges primaires

Il nous est revenu qu'à la demande faite par une municipalité vaudoise à un architecte, de prévoir une certaine disposition des classes, celui-ci aurait répondu négativement en précisant qu'il était « contre l'éclairage bilatéral des classes ».

On retrouve le reflet de cette prise de position dans les termes des programmes, ainsi que dans les jugements des récents concours pour des collèges.

(Voir suite texte page 54.)