

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 109 (1983)
Heft: 11

Artikel: Treillis d'armature: "Artec 20/45", le nouveau programme des fabricants suisses
Autor: Suter, René / Oelhafen, Urs
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-74958>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

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

Treillis d'armature

« Artec 20/45 », le nouveau programme des fabricants suisses

par René Suter, Lausanne, et Urs Oelhafen, Rapperswil (SG)

1. Introduction

Plus d'un million de tonnes de treillis d'armature ont été utilisées en Suisse ces 30 dernières années dans le génie civil et dans le bâtiment. Aucun entrepreneur ne peut aujourd'hui se passer de ce matériau qui a largement fait ses preuves sur les plans économique et pratique.

A partir du mois de mai 1983, les fabricants suisses de treillis d'armature procèdent à une importante modification de leur programme de fabrication. Le

programme de treillis «Static», bien connu dans les milieux de la construction, sera remplacé par un nouveau programme «Artec» qui comporte des améliorations techniques et pratiques. Comme l'ancien programme «Static», le nouveau programme «Artec» est fondé sur l'acier d'armature du groupe IV correspondant aux exigences de la norme SIA 162 et de la recommandation SIA 162/101. Il figure dans les registres officiels du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (LFEM) à Düb-

TABLEAU I: Treillis de stock du programme «Artec 20/45»

Série	Nombre de types	Format	Mailles	Nombre de sections	Utilisation
M	6	5,0 × 2,05 m	150 × 250 mm	12	— Flexion monoaxiale (remplace série E)
B	5	5,0 × 2,05 m 6,0 × 2,05 m	150 × 150 mm	10	— Flexion biaxiale (remplace série Z)
BK	5	6,0 × 2,05 m	150 × 150 mm	10	— Flexion biaxiale — Armature constructive
S	3	5,0 × 2,05 m	300 × 150 mm	3	— Armature sur appui — Ancrages — Reprises
W	1	3,15 × 2,05 m	150 × 150 mm	2	— Armature de parois
K	3	5,0 × 2,0 m 5,0 × 2,0 m	150 × 150 mm 100 × 100 mm	3 1	— Armature constructive

Tous les treillis sont munis de boucles aux extrémités des barres transversales (exception: treillis K).

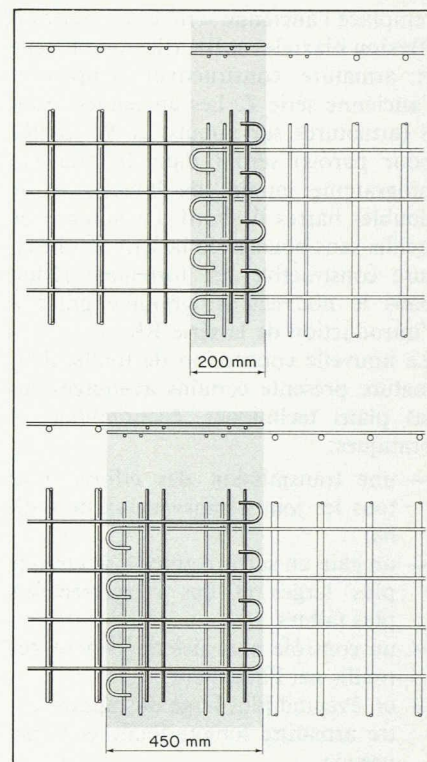


Fig. 2. — Joints de recouvrement standards: «Artec 20», largeur de 200 mm; «Artec 45», largeur de 450 mm.

dorf et du Laboratoire de métallurgie mécanique (LMM) de l'EPF, Lausanne. Les caractéristiques du nouveau programme «Artec 20/45» et les améliorations qui résultent de propositions émanant de la pratique et de progrès dans les méthodes de fabrication font le propos de cet article.

2. Description du programme «Artec 20/45»

La caractéristique la plus évidente consiste dans les boucles disposées aux bords des barres transversales des treillis (fig. 1). Toutes les barres transversales sont cintrées dans le plan du treillis à 180° et soudées sur le dernier fil longitudinal. Une barre transversale est ainsi ancrée à l'aide de 3 points de soudure aux 2 dernières barres longitudinales. Pour les treillis avec des barres transversales jusqu'à 8 mm de diamètre, une transmission des efforts est ainsi garantie avec un recouvrement de 200 mm seulement. Pour les treillis à barres transversales de 9 mm ou 10 mm de diamètre, des recouvrements minimaux de 250 mm respectivement 300 mm sont recommandés.

La seconde nouveauté, les 2 doubles barres longitudinales sur chaque côté du treillis, permet de réaliser 2 joints de recouvrements normalisés de 200 mm et 450 mm (fig. 2).

Un aperçu du nouveau programme de treillis de stock «Artec 20/45», dont le nombre de types a pu être réduit par rapport au programme «Static» malgré un éventail plus large, est donné dans le tableau I. La série M (flexion monoaxiale)

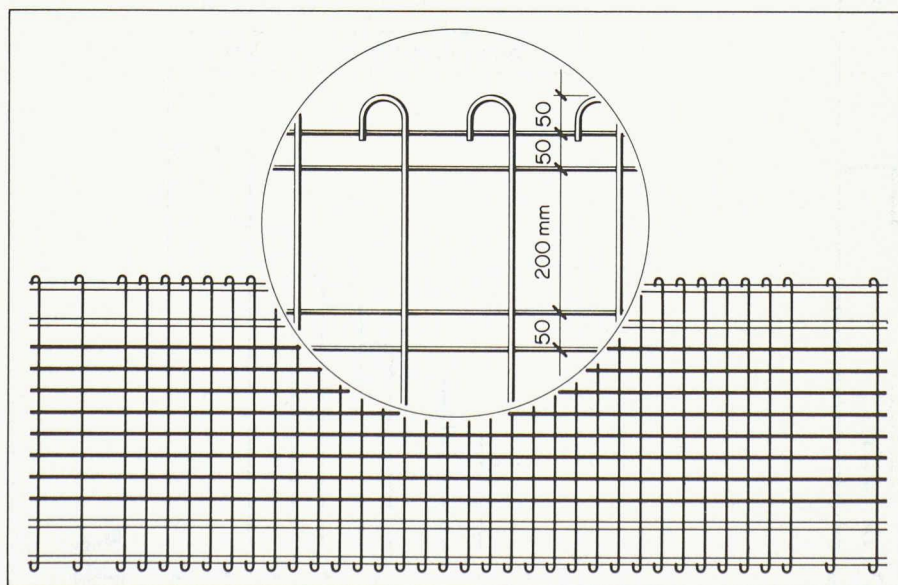


Fig. 1. — Caractéristiques principales du système «Artec 20/45»: boucles aux extrémités des barres transversales; deux doubles barres longitudinales aux bords.

remplace l'ancienne série E. Les séries B (flexion biaxiale) et BK (flexion biaxiale et armature constructive) remplacent l'ancienne série Z. Les anciennes séries S (armatures sur appuis) et W (treillis pour parois) seront dans le nouveau programme munies de boucles et de doubles barres de bord. Le nombre de treillis sans boucles de la série K (armature constructive) est fortement réduit dans le nouveau programme grâce à l'introduction de la série BK.

La nouvelle conception de treillis d'armature présente certains avantages sur les plans techniques, économiques et pratiques:

- une transmission des efforts dans tous les joints transversaux de treillis;
- un gain en surface grâce à des treillis plus larges et des recouvrements plus faibles;
- un contrôle plus aisé de la pose des treillis par l'ingénieur;
- un éventail plus large du rapport entre armature longitudinale et transversale.

3. Echelonnement de l'armature longitudinale

Le choix de 2 joints de recouvrements normalisés implique 2 largeurs utiles pour chaque type de treillis:

- joint de 200 mm: largeur utile du treillis de 1,85 m;
- joint de 450 mm: largeur utile du treillis de 1,60 m.

Du choix du joint résulte un certain taux d'armature longitudinale, car les

recouvrements transversaux ont pour conséquence une certaine concentration de l'armature longitudinale dans ces zones. Dans son calcul statique, l'ingénieur peut cependant prendre en compte une armature uniformément répartie, ce qui se justifie pour les raisons suivantes:

- le taux d'armature dans les dalles est en général tel qu'un comportement ductile du matériau béton armé est garanti;
- les mécanismes selon la théorie des lignes de rupture se répartissent sur de grandes zones dépassant les dimensions des treillis (exception: poinçonnement);
- dans des éléments de structures planes, une certaine redistribution des efforts se fait déjà pour des charges de service. Une répercussion majeure en ce qui concerne les déformations et la fissuration n'est pas à craindre.

Les 2 joints de recouvrement normalisés et par conséquent les 2 taux d'armature longitudinale par type de treillis permettent une meilleure adaptation aux exigences du calcul statique. L'exemple donné à la figure 3 fournit une comparaison entre la nouvelle série M et l'ancienne série E. Le rapport entre les surfaces sous la courbe en escalier et la droite théorique passant par l'origine définit le degré d'adaptation moyen. Cette valeur de 1,10 pour la série E est améliorée à 1,06 pour la série M. Pour la série B, le degré d'adaptation est de 1,08 contre 1,13 pour l'ancienne série Z.

Nous attirons cependant l'attention sur les récents développements des théories

de fissuration [3]¹ qui recommandent, pour une lutte efficace contre l'ouverture des fissures, des taux d'armature plus élevés qu'admis jusqu'à présent. Si une fissuration doit être limitée pour des raisons d'esthétique, de fonctionnement ou de sécurité, une économie exagérée au niveau des taux d'armature n'est pas de mise.

4. Armature transversale

Pour des dalles portant dans 2 directions il s'agira d'adapter les rapports entre armature longitudinale et transversale aux exigences du calcul statique. La figure 4 met en évidence l'éventail remarquable de choix de ce rapport existant dans le programme « Artec ». Les séries B et BK couvrent le domaine entre 0,73 et 1,24, tandis que les treillis de l'ancienne série Z ne permettaient pas d'adaptation à un taux autre qu'environ 1,0.

Les treillis de la série M pour une flexion monoaxiale correspondent aux exigences de l'article 3.21⁶ de la norme SIA 162 concernant les dalles de bâtiment. Le taux d'armature transversal est toujours supérieur à un cinquième de l'armature principale et dépasse dans tous les cas 0,8 cm²/m.

5. Joint de recouvrement à boucles

L'article 3.15 de la norme SIA 162 indique pour des barres droites (acier III ou

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

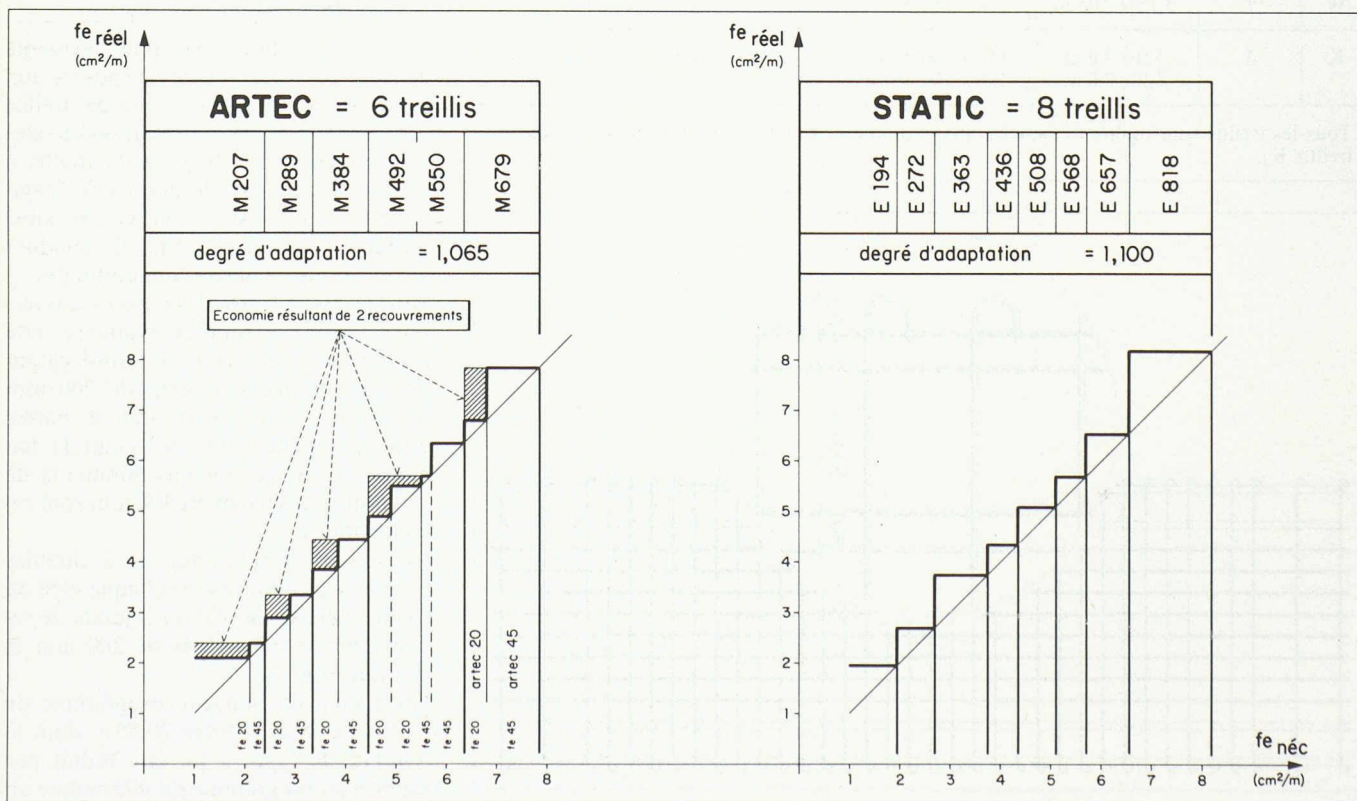


Fig. 3. — Echelonnement de l'armature longitudinale. Comparaison entre les treillis M (programme « Artec ») et les treillis E (programme « Static »).

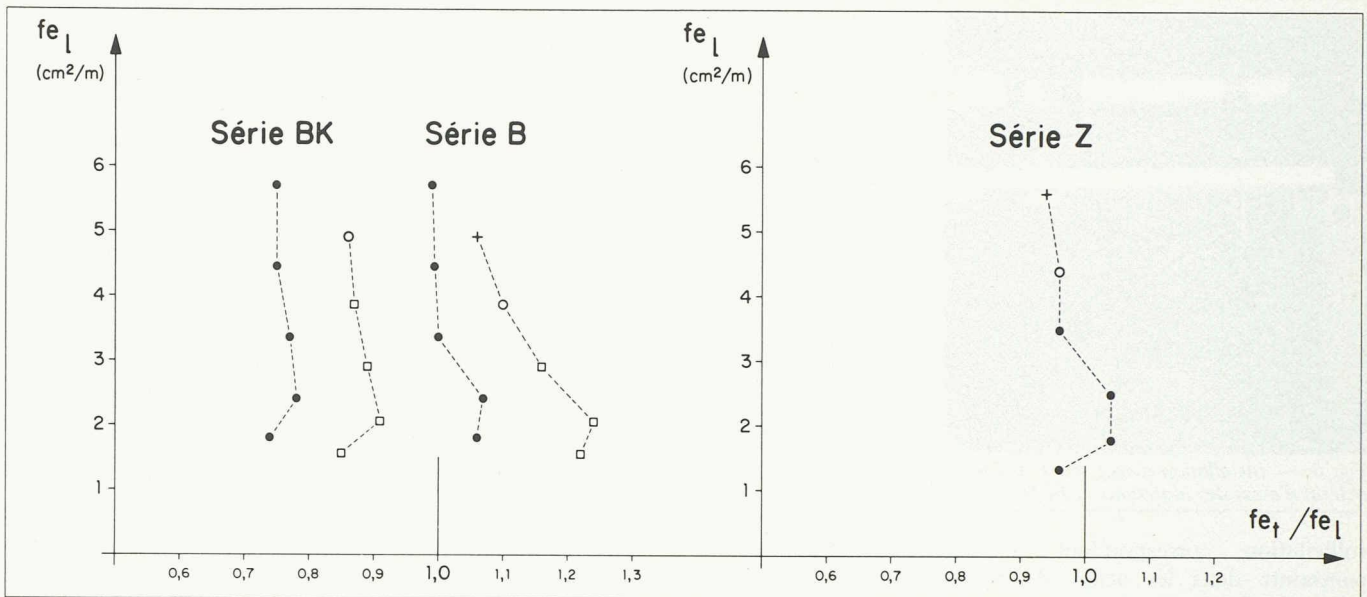


Fig. 4. — Rapport entre les taux d'armature longitudinal f_{e_l} et transversal f_{e_t} . Comparaison entre les treillis B/BK (programme « Artec ») et les treillis Z (programme « Static »).

IV) dans le cas le plus défavorable une longueur de recouvrement de $65 \varnothing$. Pour les treillis d'armature, cette longueur peut être réduite de $20 \varnothing$ si 2 barres transversales soudées sont placées dans la zone d'ancrage (fig. 5).

Pour un joint minimal de 200 mm proposé dans le programme « Artec 20/45 » (250 mm ou 300 mm pour les barres de diamètre 9 mm resp. 10 mm) la composante d'ancrage qui doit être assurée par la boucle varie entre $5 \varnothing$ et $20 \varnothing$. Le recouvrement de 200 mm correspond en effet à $40 \varnothing$ pour les barres de diamètre 5 mm et à $25 \varnothing$ pour celles de 8 mm. L'article 3.15 prescrit d'autre part pour des barres d'armature du groupe III sans crochet une longueur d'ancrage de $65 \varnothing$ et de $45 \varnothing$ si des crochets sont disposés aux extrémités. On en déduit donc une participation de $20 \varnothing$ pour le crochet.

Le recouvrement de boucles soudées dans le plan des treillis tel qu'il est proposé par le système « Artec » n'est pas traité explicitement dans la norme SIA 162. En particulier il n'est pas dit si les déductions faites pour les barres transversales soudées et pour les crochets peuvent être superposées, ce qui mènerait à une longueur de recouvrement de $25 \varnothing$.

Afin de pouvoir exploiter au plus juste les avantages des boucles soudées, il faut ainsi se référer à l'article 11.01 de la norme SIA 162 qui stipule que des dérogations sont autorisées si les développements de la technique les justifient et si elles sont fondées scientifiquement sur la théorie ou des essais.

Pour examiner le comportement statique des recouvrements à boucles, différents essais ont été exécutés en Suisse et à l'étranger. Dans le chapitre suivant sont brièvement décrits les résultats principaux d'essais effectués au LFEM à Dübendorf [2]. Retenons d'ores et déjà que les essais ont confirmé une trans-

mission totale des efforts par le joint de recouvrement de 200 mm pour une armature principale constituée de diamètre 8 mm.

6. Essais de dalles

Le but des essais est d'examiner le comportement statique du joint de recouvrement de 200 mm aux états limites d'utilisation (déformations, fissuration) et ultime (charge de ruine, ductilité à la ruine).

Le programme comporte 6 bandes de dalle de 3 m de long et 0,90 m de large. L'armature en treillis, identique pour les 6 dalles, est constituée dans le sens longitudinal par 6 barres de 8 mm de dia-

mètre avec un joint de recouvrement de 200 mm au milieu. Ce joint correspond ainsi au joint de recouvrement des barres transversales du système « Artec 20 ». Pour l'une des dalles, le recouvrement n'est que de 150 mm. Les paramètres variables sont l'épaisseur des dalles ($h = 100, 120, 140$ mm) et la qualité du béton ($f_c = 20$ et 30 N/mm² environ).

La photo de la figure 6 montre l'installation des essais dans les halles du LFEM, et la figure 7 les dalles d'essai et le schéma du dispositif de sollicitation. Le tableau II donne les principaux paramètres des dalles d'essai.

Le comportement à l'état de service de toutes les dalles peut être considéré comme satisfaisant. Sous l'effet d'une

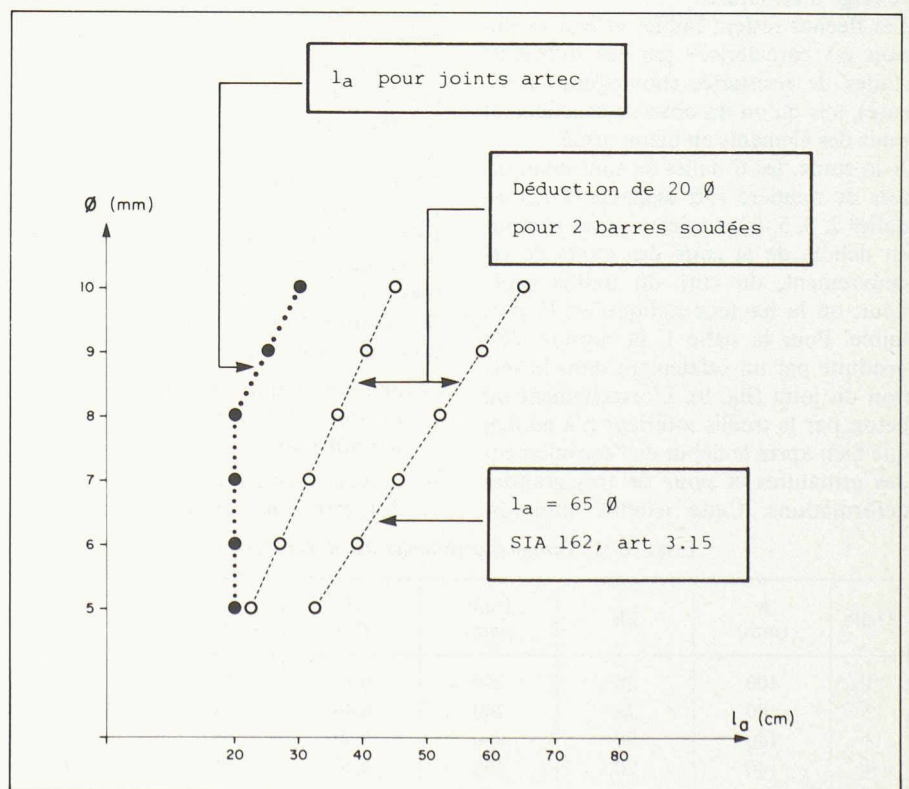


Fig. 5. — Longueurs de recouvrement des joints « Artec 20 ».

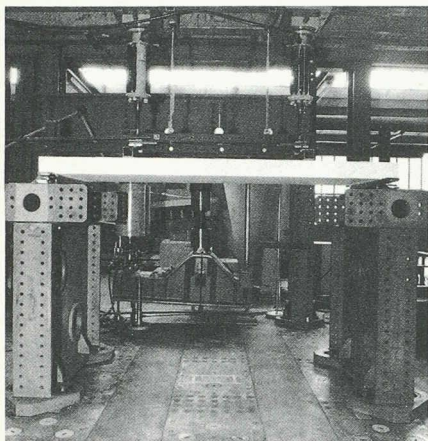


Fig. 6. — Installation d'essai au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (LFEM).

sollicitation correspondant à une contrainte dans les aciers de $\sigma_s = 300 \text{ N/mm}^2$ l'ouverture maximale des fissures est de $w = 0,25 \text{ mm}$ environ. L'écartement entre les fissures coïncide approximativement avec celui des barres transversales de treillis (fig. 8). Il n'a pas été constaté d'anomalie dans la zone de recouvrement.

L'ouverture de ces fissures a été mesurée sous des charges de courte durée. Des études expérimentales effectuées à l'IBAP dans le cadre plus général de structures en béton armé ont cependant montré que l'ouverture des fissures augmente en fonction du temps et peut atteindre plus du double des valeurs observées à court terme. Au cas où les charges permanentes sont élevées par rapport aux surcharges variables et où une forte ouverture des fissures s'avère gênante, il faut abaisser le taux de sollicitation des aciers et augmenter le pourcentage d'armature.

Les flèches restent faibles et leur évolution est caractérisée par les différents stades de résistance (homogène et fissuré), tels qu'on les observe usuellement pour des éléments en béton armé.

A la ruine, les 6 dalles se sont comportées de manière fort distincte. Pour les dalles 2, 3, 5, 6 les aciers se sont rompus en dehors de la zone des joints de recouvrement, du côté du treillis supérieur, où la hauteur statique est la plus faible. Pour la dalle 1, la rupture s'est produite par un éclatement dans la section du joint (fig. 9). L'arrachement du béton par le treillis inférieur n'a eu lieu que bien après le début de l'éroulement des armatures et pour de très grandes déformations. Cette rupture inoppor-

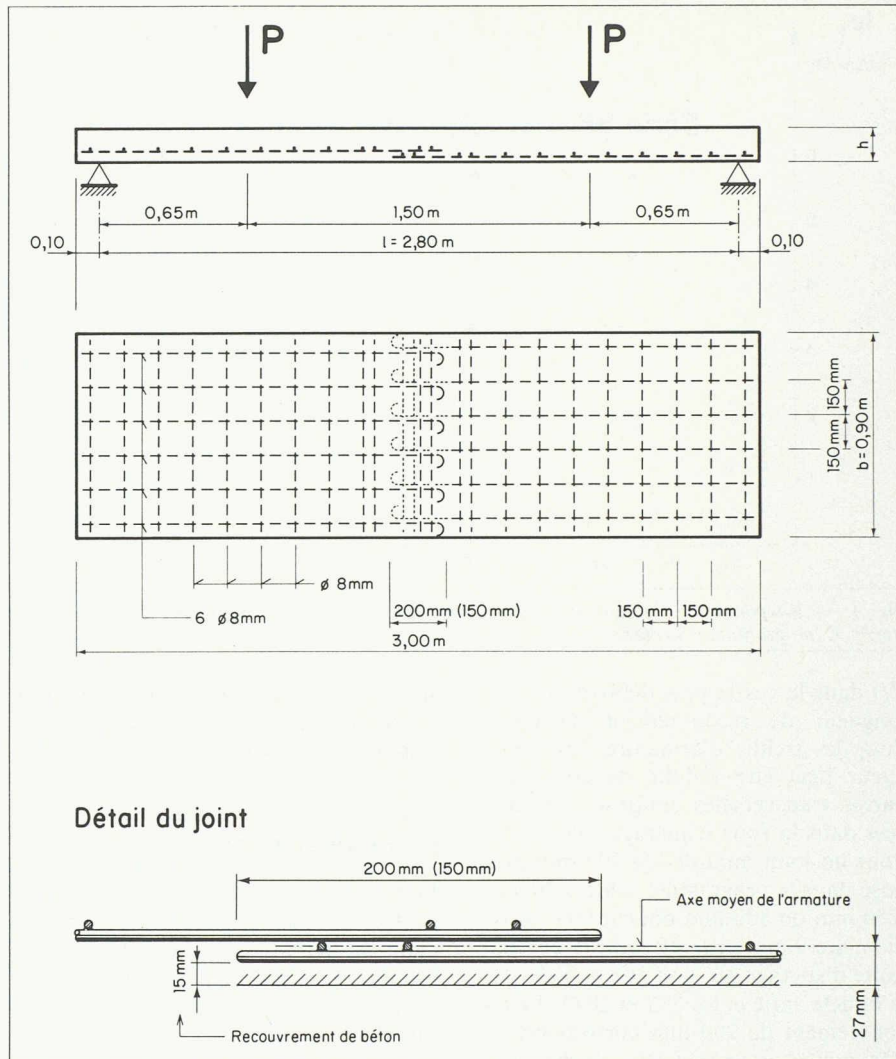


Fig. 7. — Eléments d'essai et système statique.

tune est due essentiellement à la mauvaise qualité du béton qui se répercute avant tout sur les éléments de faible épaisseur. Pour la dalle 4, le recouvrement des boucles de 150 mm s'est avéré insuffisant. Cette dalle s'est en effet rompue dans la zone du joint sans atteindre la sécurité nécessaire et pour une déformation relativement faible.

En conclusion des essais effectués au LFEM, on peut constater que les joints de recouvrement de 200 mm garantissent une transmission des efforts pour des diamètres de 8 mm. Deux points doivent cependant être relevés :

- une bonne qualité de béton doit être assurée pour transmettre les efforts par adhérence;
- le recouvrement de béton de 15 mm doit être considéré comme un mini-

mum absolu pour éviter un éclatement du béton. Si les boucles sont fortement sollicitées, une augmentation à 20 mm est recommandée.

7. Considérations économiques

Une évaluation comparative des répercussions économiques entre le nouveau programme « Artec » et l'ancien programme « Static » n'est pratiquement pas possible. Des comparaisons quantitatives ne peuvent se faire que sur des projets concrets de constructions. En fonction des données techniques de l'ouvrage, l'un ou l'autre des programmes sera plus compétitif. Les avantages techniques du programme « Artec » permettent néanmoins de déduire quelques avantages économiques :

- une meilleure adaptation aux taux calculés grâce à un échelonnement plus fin des types de treillis;
- un gain en surface grâce à la largeur utile de 1,85 m par rapport à 1,65 m, s'il y a transmission d'efforts transversale;
- l'armature transversale peut être mieux adaptée aux exigences;
- la combinaison de treillis B et BK permet une meilleure adaptation pour la flexion biaxiale.

TABLEAU II: Paramètres variables des dalles d'essai

Dalle	h (mm)	l/h	Joint (mm)	δ (%)	f_{cw} (N/mm ²)	f_{sy} (N/mm ²)
1	100	28	200	0,46	21,0	624
2	100	28	200	0,46	28,9	624
3	140	20	200	0,30	23,0	624
4	140	20	150	0,30	23,2	624
5	120	23	200	0,36	29,1	576
6	140	20	200	0,30	29,1	576

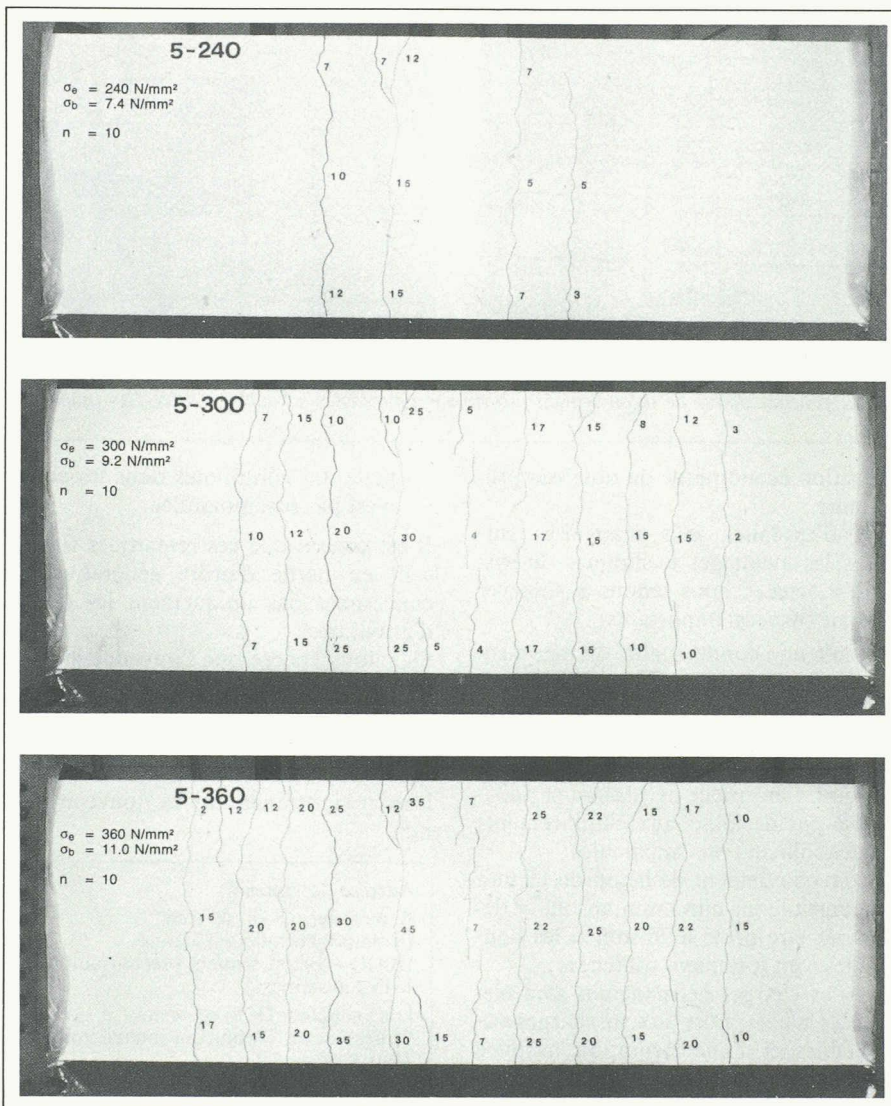


Fig. 8. — Fissuration de la dalle d'essai 5 à différents niveaux de sollicitation.

8. Sécurité

La sécurité d'une structure dépend d'une multitude de facteurs. L'ingénieur chargé du projet et de l'exécution d'un ouvrage traitera avec un soin particulier tous les problèmes qui touchent directement à la sécurité et à la qualité de l'ouvrage:

- un choix rigoureux des matériaux et de leur qualité;

- le choix d'un système porteur approprié;
- un calcul statique correct (choix réaliste des dangers potentiels et des sollicitations déterminantes, dimensionnement selon les règles);
- le contrôle de la conformité et de la qualité de l'exécution.

Si l'ingénieur a choisi, pour un élément de structure donné, une armature sous forme de treillis, il prescrit une qualité d'acier du groupe IV conforme à la

norme SIA 162. Il est ainsi assuré que l'acier a subi avec succès un examen initial auprès d'une instance officielle et que la qualité est contrôlée de façon permanente par le fabricant d'une part et par l'instance officielle d'autre part. L'ingénieur chargé du contrôle périodique de l'exécution doit s'assurer d'une pose correcte de l'armature avant le bétonnage. En ce qui concerne les armatures en treillis, il veillera en particulier à ce que:

- les types de treillis correspondent bien à ceux prévus dans les plans;
- les joints longitudinaux et transversaux soient correctement exécutés;
- les recouvrements de béton soient suffisants;
- l'armature supérieure soit placée à la bonne hauteur.

Chaque treillis de stock « Artec » est pourvu d'une étiquette avec l'indication précise du type. Pour faciliter le travail sur le chantier, une couleur différente correspond à chaque série. En ce qui concerne l'important problème des joints entre treillis, le concept « Artec » constitue un progrès considérable pour assurer une transmission correcte des efforts. Grâce aux boucles alignées avec un espacement de 200 mm ou 450 mm, un dernier contrôle sur le chantier est aisé (fig. 10). Le risque de joints trop courts ou mal exécutés est ainsi sensiblement réduit.

9. Conclusions

Le nouveau programme de treillis d'armature « Artec 20/45 », qui sera introduit sur le marché par les fabricants suisses de treillis d'armature en mai 1983, apportera un certain nombre d'avantages sur les plans technique, économique et de la sécurité.

Le joint de recouvrement à l'aide de boucles cintrées garantit une transmission transversale des efforts des treillis. Il n'existera ainsi plus de joints transversaux sans transmission totale des efforts. Les 2 doubles barres constituent une aide appréciable pour la pose des

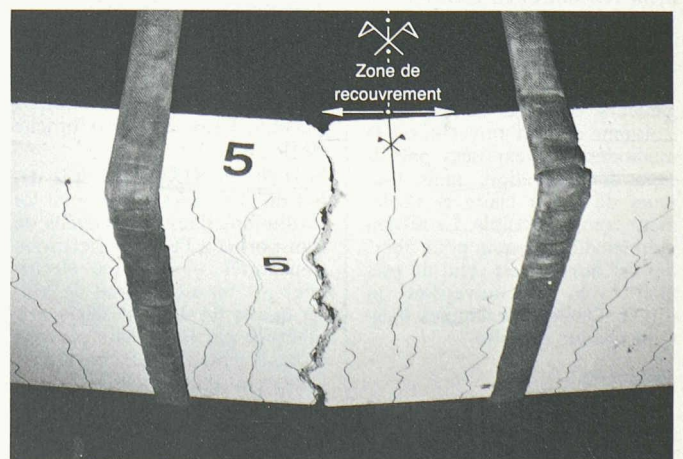


Fig. 9. — Rupture des dalles d'essai 1 et 5.

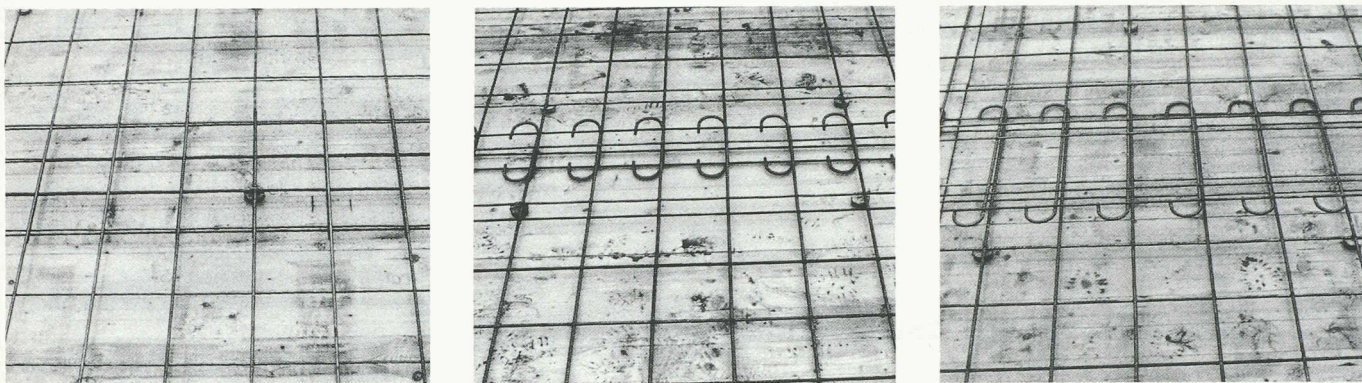


Fig. 10. — Joint de recouvrement des treillis « Static » (à gauche). Joints de recouvrement facilement contrôlables à boucles « Artec 20 » (milieu) et « Artec 45 » (à droite).

Références bibliographiques

- [1] Armature technique suisse « Artec » 20/45. Fascicule technique de treillis d'armature (mai 1983), publié par les fabricants suisses de treillis d'armature.
- [2] Rapports n° 46.486/1 et 46.486.2 du 13 décembre 1982 du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux. Statistische Biegeversuche an Plattenstreifen.
- [3] R. FAVRE, M. KOPRNA, J.-P. JACCOUD, *Fissuration et déformations des structures en béton, cours postgrade à l'EPFL, Lausanne, octobre 1982.*

treillis et pour le contrôle final de l'ingénieur. Les boucles diminuent aussi le risque de blessures lors de la manipulation des treillis.

La bonne adaptation aux exigences du calcul statique permet, moyennant un nombre restreint de différents types, une

utilisation économique du nouveau programme.

Afin d'exploiter sans mauvaises surprises les avantages techniques du système « Artec », nous tenons à soulever quelques aspects importants :

- seule une bonne qualité du béton garantit une transmission totale des efforts avec un recouvrement minimal des boucles ;
- malgré le bon fonctionnement du joint, l'ingénieur ne placera si possible pas de joints aux emplacements des sollicitations maximales ;
- le recouvrement de béton de 15 mm constitue un minimum absolu et devrait être porté à 20 mm si les boucles sont fortement sollicitées ;
- si les charges permanentes sont élevées par rapport aux surcharges variables, et si une fissuration marquée était gênante, l'exploitation maxi-

male des contraintes dans les aciers n'est pas recommandée.

Il est certain que ces remarques finales sont en partie d'ordre général et ne concernent pas uniquement les treillis d'armature.

Signalons encore que l'introduction sur le marché des treillis d'armature « Artec » est accompagnée d'un fascicule technique bien élaboré [1] qui donne, sous une forme claire et détaillée, tous les renseignements sur ce nouveau produit.

Adresse des auteurs :

René Suter, D^r ès. sc. tech.
Ecole polytechnique fédérale
IBAP — Béton armé et précontraint
1015 Lausanne
Urs Oelhafen, D^r ès. sc. tech.
Professeur au Technicum intercantonal
8640 Rapperswil

Bibliographie

Méthodes de calcul numérique

par J. P. Nougier. — Un vol. 16 × 24 cm, 240 pages, Editions Masson, Paris 1983. Prix broché : 125 ffr.

Cet ouvrage rassemble les techniques numériques les plus utilisées permettant de résoudre les principaux types de problèmes de calcul scientifique couramment rencontrés en recherche et ingénierie. Ce n'est pas un ouvrage d'analyse numérique, mais un outil à la disposition des chercheurs, ingénieurs, élèves ingénieurs, étudiants de second et troisième cycle d'universités. Les méthodes sont exposées parfois sans démonstration, mais toujours de façon claire et facilement compréhensible. Le niveau mathématique requis pour aborder cet ouvrage est celui de premier cycle des universités ou d'IUT. Quelques exemples illustrent chaque chapitre.

Sommaire

1. Introduction. — 2. Résolution d'un système d'équations. Inversion des matrices. — 3. Calcul des dérivées, différences finies. — 4. Interpolation et extrapola-

tion. — 5. Racines d'équations. — 6. Valeurs propres et vecteurs propres de matrices carrées. — 7. Lissage de courbes, méthode des moindres carrés. — 8. Méthodes numériques d'intégration. — 9. Résolution d'équations différentielles. — 10. Equations aux dérivées partielles. — 11. Méthodes des éléments finis. — 12. Méthodes de Monte Carlo.

Télématique — Introduction aux principes techniques

par M. Maiman. — Un vol. 16 × 24 cm., 144 pages, Editions Masson, Paris 1982, prix broché 80 ffr.

Si la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle ont connu les révolutions dues aux moyens de transport et à l'énergie électrique transportée — la « fée électricité » —, on est en droit de penser que la fin du XX^e siècle sera marquée par le système nerveux complémentaire : le transport et l'échange d'informations entre particuliers et ordinateurs sous les formes les plus diversifiées — la télématique.

Afin que l'utilisateur puisse appréhender les incidences de cette

nouvelle « révolution informatique », sans pour cela qu'il soit un spécialiste de l'informatique ou des télécommunications, une introduction générale aux techniques de la télématique, formulée de la façon la plus simple possible, s'avérerait nécessaire.

C'est le but de ce livre, dont l'objectif est de contribuer à démystifier les principales fonctions et techniques de la télématique. Aux informaticiens comme aux « télécommunicants », il peut également rendre service, notamment sur certains aspects qui ne sont pas de leur spécialité respective.

Pour atteindre cet objectif, le plan d'étude suivant a été adopté :

- Une introduction générale destinée à définir les fonctions essentielles d'un système télématique et à donner la terminologie normalisée. Ces notions étant supposées acquises dans le reste du livre, nous conseillons au lecteur de lire très attentivement cette introduction.
- Cinq chapitres dont la lecture peut s'effectuer de façon indépendante et qui constituent deux parties : une première partie consacrée à l'étude des réseaux est constituée par les trois premiers chapitres qui concernent respectivement le réseau

téléphonique, la téléinformatique et les réseaux de données. Cette partie nous permettra d'introduire les aspects les plus marquants de la mutation des télécommunications et de l'informatique, au travers des développements récents dans les domaines des réseaux (transmission numérique, commutation électronique, etc.) et des matériels informatiques ; une seconde partie (chapitres 4 et 5) s'intéressant aux nouveaux produits et services nous permettra de décrire l'évolution de la microélectronique et de présenter deux nouveaux systèmes de transmission particulièrement performants (satellites et fibres optiques) dont les incidences dépassent le cadre de la télématique : on parle de vidéo-matique (1). L'esquisse d'une synthèse sur les nouveaux services de la télématique sera effectuée dans le chapitre 5.

Chaque chapitre débute par une courte introduction et s'achève par une récapitulation des points essentiels.

Plusieurs exercices sont proposés à la fin de chaque chapitre, avec leurs solutions qui complètent, dans certains cas, les éléments du texte.