

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 110 (1984)
Heft: 19

Vereinsnachrichten

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: 22.05.2025

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

La nouvelle norme SIA 281 : lés d'étanchéité de bitume polymère

par Hans J. Türlér, Zurich

La nouvelle norme SIA 281, en vigueur depuis le mois de décembre 1983, est une norme de matériau qui s'applique aux lés d'étanchéité de bitume polymère, connus auparavant sous l'appellation de lés d'étanchéité à base de bitume modifié par des matières synthétiques. Cet article consacré à la présentation de cette nouvelle norme a été rédigé par le président de la « Commission 281 » qui s'occupe depuis plus de vingt-cinq ans de la fabrication, du développement et de la normalisation des lés d'étanchéité et qui a dirigé durant les 4 dernières années la commission « Techniques et matériaux nouveaux » de l'Association internationale de l'étanchéité.

Les origines

Une première norme SNV sur les feutres bitumés rédigée alors par la Wisda (Groupement économique des fabricants suisses de lés d'étanchéité de bitume) fut publiée en 1948. Cette norme ne s'étendait qu'au domaine du carton feutré et du feutre de laine bitumés. Les trames telles que la toile de jute, les voiles de fibre de verre, etc., n'avaient pas encore été prises en considération.

En 1970, une commission technique de la Wisda entama la révision et l'extension de cette norme. Cette commission, élargie à des représentants de la SIA, des entreprises de pose et de l'EMPA, devint la commission SNV 128 qui acheva en 1977 la rédaction d'une norme sur les lés d'étanchéité de bitume alors courants (SNV 556.000 ss.). Les lés d'étanchéité de bitume modifié par des matières synthétiques n'entraient pas encore dans cette norme, bien que depuis le début des années septante ils eussent commencé à remplacer de plus en plus les lés d'étanchéité de bitume classiques.

Ces lés d'étanchéité de bitume modifié par des matières synthétiques — appelés aujourd'hui lés d'étanchéité de bitume polymère pour suivre l'exemple international — dépassèrent toutefois bientôt les lés d'étanchéité à base de bitume pour ce qui est des surfaces posées, de sorte que la SIA décida la même année de combler cette lacune existant dans son recueil de normes.

Au départ, on avait prévu, pour l'élaboration de cette norme, de suivre de près le modèle de la norme SIA 280 « Lés d'étanchéité en matières synthétiques » alors nouvellement parue. Toutefois, il s'est révélé en cours de travaux que, tant pour ce qui est de leur structure que pour ce qui est de leurs caractéristiques d'usage, les lés de bitume polymère ne pouvaient se comparer ni aux lés de bitume, ni aux lés en matières synthétiques, et que seules une caractérisation et des méthodes d'essai qui leur soient propres permettaient de les définir et de les délimiter des deux autres catégories susmentionnées. En

d'autres mots, on a d'une part élaboré et déterminé des méthodes d'essai pour les lés d'étanchéité de bitume polymère et on a d'autre part fixé les performances exigées dans les essais de caractérisation nécessaires pour les différents domaines d'utilisation.

Les LBP et leurs caractéristiques spécifiques

Les lés d'étanchéité de bitume polymère (LBP) sont des lés fabriqués industriellement, flexibles et livrés en rouleaux pour l'étanchement des constructions. Leur couche d'étanchéité est constituée de bitume polymère, une combinaison de bitume et de polymère, en général appliqué sur les deux faces d'une trame.

Cette modification du bitume par un polymère élargit le domaine d'utilisation de ces lés aux températures basses et élevées et augmente leur résistance aux sollicitations mécaniques et aux agents chimiques par rapport aux lés d'étanchéité à base de bitume seul.

Les lés d'étanchéité à base de bitume usuels sont fabriqués à partir de bitumes soufflés, aussi appelés bitumes oxydés, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- point de ramollissement (bille et anneau) : 85 - 100 °C
- pénétration (en 1/10 mm) : 25 - 40
- point de fragilité (selon Fraas) : - 10 à - 15 °C
- allongement à la rupture : ~ 140%.

Ces lés d'étanchéité possèdent en général :

- une résistance au fluage suffisante pour exclure des déformations permanentes (en conditions climatiques chaudes) ;
- une pénétration suffisamment élevée pour pouvoir être déroulés sans formation de fissures ;
- une pénétration cependant pas trop élevée qui leur confère une grande résistance mécanique.

Les raisons du remplacement des lés d'étanchéité de bitume classique à base

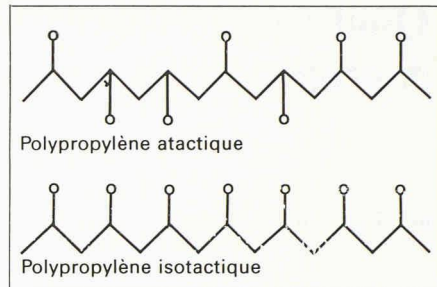


Fig. 1. — Polypropylène.

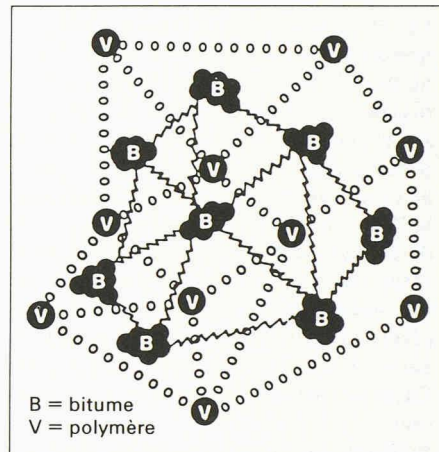


Fig. 2. — Structure du bitume plastomère.

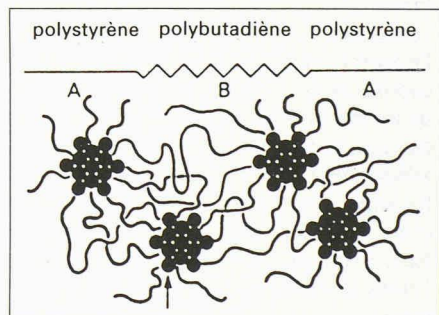


Fig. 3. — Structure du SBS (ABA) et du bitume élastomère.

de bitume soufflé par les lés de bitume polymère sont les suivantes :

- une tendance aux couches de couverture plus épaisses — avant tout pour les lés soudés — avec une réduction simultanée du nombre de couches. Les couches de couverture plus épaisses exigent une plus grande résistance au fluage et une meilleure flexibilité à basse température ;
- l'augmentation du calorifugeage des toitures conduit à des sollicitations thermiques extrêmes du fait des grandes différences de températures à l'intérieur des lés de couverture et à des contraintes mécaniques plus élevées résultant de la plus grande amplitude des mouvements qui en découlent.

Les lés de bitume polymère sont fabriqués par combinaison de bitumes primaires avec des plastomères ou des élastomères. Parmi les plastomères, le polypropylène atactique (APP), soit un polypropylène amorphe à caractère élastomère, s'est surtout imposé (fig. 1). Son adjonction au bitume élève le point de ramollissement

et abaisse simultanément la pénétration alors qu'elle augmente la reprise élastique et l'extensibilité.

Les caractéristiques des bitumes polymères à base d'APP (bitumes plastomères) sont approximativement les suivantes :

- point de ramollissement (bille et anneau): 140 - 150 °C
- pénétration: 40 - 50
- point de fragilité (selon Fraas): - 15 à - 20 °C
- allongement à la rupture: ~ 400%.

Leur comportement au froid — contrairement à ce qui est le cas en particulier pour les bitumes soufflés — ne dépend pas de l'épaisseur, c'est-à-dire que même un lés de 3 ou 4 mm d'épaisseur peut encore se plier avec un rayon de 25 mm à des températures de - 5 à - 10 °C alors que les lés à base de bitume soufflé se rompent à 0 °C.

Outre cette amélioration des propriétés physiques et mécaniques, ce sont avant tout la résistance au vieillissement thermo-oxydatif et la résistance aux UV qui augmentent notablement.

Comme le montre la figure 2, le polymère constitue la phase externe de la dispersion bitume-polymère, alors que le bitume en constitue la phase interne. L'affinité avec les couches de bitume voisines est donc moins bonne qu'avec le bitume pur ou avec le bitume élastomère mentionné plus loin.

Dans la pratique, cela se manifeste par une moins bonne adhérence avec les masses bitumeuses de collage ou les lés de bitume classiques.

Soudés entre eux ou sur un support tel que le béton ou le métal, leur adhérence est là par contre excellente. C'est la raison pour laquelle les lés APP ne sont généralement utilisés que dans des systèmes multicouches sans association à d'autres types de lés, ou pour des étanchéités monocouches, comme par exemple dans la construction des ponts. Les élastomères présentent une plus grande importance comme modificateurs des bitumes. Les caoutchoucs thermoplastiques, et le plus souvent des polymérisats de styrène-butadiène-styrène (SBS) sont particulièrement bien adaptés à cela. Ces derniers se prêtent particulièrement bien à l'amélioration des bitumes du fait de leur maniement aisé et de leur bonne miscibilité. Aux températures (élevées) de mélange, ils ne se comportent pas comme un polymère réticulé, c'est-à-dire qu'ils fondent et se mélangent de façon homogène avec le bitume liquide; aux températures (basses) d'utilisation, ils se comportent comme un polymère réticulé et forment un réseau élastique dont les mailles sont remplies de bitume.

Les bitumes élastomères tels que ceux utilisés par les fabricants de lés de toiture suisses ont approximativement les caractéristiques suivantes :

- point de ramollissement (bille et anneau): 100 - 120 °C

- pénétration (en 1/10 mm): 30 - 50
- point de fragilité (selon Fraas): - 20 à - 40 °C
- allongement à la rupture: ~ 1700%

La comparaison avec un bitume soufflé ou un bitume plastomère montre ici avant tout une amélioration importante de l'extensibilité et du comportement au froid, alors que la résistance aux températures élevées augmente moins qu'avec une modification plastomère.

Par rapport aux systèmes à base de bitume soufflé ou de bitume plastomère, les lés d'étanchéité fabriqués à partir de bitume élastomère présentent les avantages suivants :

- meilleure élasticité qui leur permet de supporter les mouvements thermiques répétés des diverses parties de la construction (une propriété qui est plus particulièrement requise depuis le développement de la tendance à augmenter l'isolation des toitures et à l'utilisation de matériaux de construction thermoélastiques à coefficient de dilatation élevé);
- meilleure flexibilité aux basses températures, de sorte que ces lés d'étanchéité peuvent aussi être posés par temps froids — des valeurs records atteignant jusqu'à - 40 °C ont été mesurées en laboratoire;
- résistance à la fatigue plus élevée et ainsi plus grande capacité de pontage de fissures et de fentes du support sujettes à des mouvements;
- plus grande résistance aux déformations permanentes ainsi que meilleure résistance aux perforations et aux déchirures aux températures de 60 - 70 °C, de sorte que l'étanchéité reste praticable sans risque de dommages durant les travaux;
- meilleure résistance mécanique qui permet de réduire le nombre de couches de l'étanchéité.

Seules des trames appropriées permettent toutefois de tirer entièrement profit des qualités remarquables des bitumes polymères.

On peut soit considérer la trame, par exemple un mince voile de fibre de verre, uniquement comme support pour la fabrication du lés et laisser agir librement les caractéristiques du bitume polymère également en cas de rupture éventuelle de la trame — ce qui exige alors forcément le recours à une combinaison avec un deuxième lés à trame élastique à haute résistance à la déchirure — soit adapter plus ou moins la trame, par exemple un voile de polyester, à l'élasticité du bitume polymère, ce qui permet à la limite de réaliser des étanchéités monocouches.

Les voiles de fibre de verre du type mentionné ci-dessus ont les caractéristiques suivantes :

- résistance à la rupture: ~ 250 N/50 mm
- allongement à la rupture: ~ 2%

et les voiles polyester courants :

- résistance à la rupture: ~ 900 N/50 mm
- allongement à la rupture: ~ 30 - 50%

Tous les bitumes polymères — il faut le souligner — conservent les excellentes propriétés des bitumes qui sont les suivantes :

- insolubilité dans l'eau et ainsi étanchéité;
- indice de résistance à la diffusion μ d'environ 50000;
- bonne résistance aux bases et aux acides dilués;
- résistance aux attaques microbiennes;
- compatibilité avec tous les matériaux de construction naturels.

Le contenu de la nouvelle norme SIA 281

En tant que norme de matériau, la nouvelle norme SIA 281 est subdivisée en deux parties, soit *performances exigées* et *essais des matériaux*. Elle est ainsi conçue pour indiquer au projeteur les caractéristiques de matériau sur lesquelles il peut baser ses calculs, pour donner à l'utilisateur la garantie d'une qualité élevée et constante grâce à une définition exacte des propriétés à prouver et pour offrir au fabricant un outil pour la sélection et le contrôle de sa production.

Performances exigées

Comme le montre le tableau 1, les lés de bitume polymère sont classés, suivant leur domaine d'utilisation, en *différents groupes* avec des performances exigées adaptées à ces différents domaines d'utilisation.

Le tableau 2 de la norme donne la liste des essais prévus pour ces domaines d'utilisation en différenciant trois cas :

- × essai avec performances exigées
- essai sans performances exigées
- essai non indispensable.

Des performances n'ont été exigées que pour les cas d'exposition ou de sollicitations fréquents et cela aussi uniquement lorsque la fixation d'une exigence était censée; lorsque ce n'était pas le cas, l'essai correspondant a été simplement supprimé.

Toutefois, certains essais ont été désignés comme *obligatoires*, mais sans fixation d'une performance exigée, dans tous les cas où les exigences pouvaient fortement varier à l'intérieur d'un domaine d'utilisation; le projeteur a ainsi la possibilité de choisir parmi les produits offerts celui qui répond le mieux à ses besoins. Cela concerne en particulier :

- *La perméabilité à la vapeur*: Les exigences sont fonction du climat ambiant (locaux humides, ateliers de filature, etc.).
- *La résistance au cisaillement, la pénétration et le point de ramollissement*: Pour les lés utilisés dans les étanchéités d'ouvrages de génie civil, les per-

formances exigées dépendent de la structure globale de l'étanchéité et, sur les ponts, également de l'inclinaison, du rayon de courbure, etc., de ceux-ci.

— *La fatigue:*

Les exigences sont fonction des mouvements prévisibles.

— *La résistance aux racines:*

Ici les exigences dépendent de la situation et du type de structure globale.

Méthodes d'essai

La commission d'élaboration de cette norme s'était fixé pour objectif la sélection de méthodes d'essai permettant de tirer un maximum d'informations sur ces matériaux, ainsi que l'unification des techniques de mesure. Il pourrait sembler souhaitable de tester autant que possible toutes les caractéristiques de ces matériaux, mais deux limites viennent s'y opposer: l'une économique (coût de tous les examens pour un type de matériau), l'autre étant constituée par ce qui est techniquement raisonnable.

C'est dans cette optique que les laboratoires du LFEM et des fabricants suisses ont testé ces lés en prenant pour modèle les normes «voisines» SIA 280 et SNV 556 000 ss déjà citées plus haut. Sur les 21 méthodes d'essai de ces normes, seules 13 ont pu être reprises ou adaptées. La commission a en outre élaboré trois méthodes d'essai, soit entièrement, soit en se référant aux normes étrangères existantes. En tout 21 essais ont été effectués sur 7 types de lés de bitume polymère, ce qui représente un total de près de 150 essais.

Le but des essais ressort en général de leur dénomination, de sorte que dans l'énumération ci-après on s'est borné à indiquer les particularités de chacun d'eux.

Force et allongement de rupture:

On a repris ici pour les lés de bitume polymère la méthode usuelle sur le plan international. Initialement on a effectué un «essai de système» sur l'ensemble de l'étanchéité, le plus souvent réalisée en deux couches. Mais comme le but de la norme est de caractériser les matériaux pris isolément, on a abandonné cet «essai de système» au profit d'un essai individuel des lés.

Déformations dues à la chaleur:

Cet essai nouveau a été développé pour pouvoir cerner les problèmes du retrait des trames thermoplastiques (telles que les voiles polyester, etc.).

Résistance des joints:

Cet essai est aussi utilisé sous la même forme pour les lés à base de bitume classiques et pour les lés en matières synthétiques.

TABLEAU 1: Classement des lés d'étanchéité de bitume polymère suivant leur domaine d'application

Groupe A lés de bitume polymère pour l'étanchéité de toits plats	
A 1 posés avec couche de protection ou de lestage, placés en pose libre ou collés ou soudés, en partie ou complètement, sur le support, les différentes couches collées ou soudées entre elles	
A 2 posés sans couche de protection ou de lestage, exposés aux intempéries, assurés contre l'arrachement par fixation mécanique, collage ou soudure, sur un support adéquat, éventuellement sur l'isolation thermique	
Groupe B lés de bitume polymère comme étanchéité souterraine contre l'eau sous pression ou sans pression, non soumis aux variations de température, collés ou soudés sur le support et servant d'étanchéité contre l'eau sous pression ou sans pression	
Groupe C lés de bitume polymère pour l'étanchéité d'ouvrages de génie civil, collés à pleine surface sur le support et recouverts d'un revêtement à chaud	
Applications particulières:	
toitures inversées	
— étanchéités collées ou soudées à pleine surface	groupe B
— étanchéités placées en pose libre	groupe A 1
Relevés d'étanchéité exposés aux intempéries	groupe A 2

TABLEAU 2: Catalogue des essais

Désignation de l'essai	Domaine d'application Groupe			
	A 1	A 2	B	C
1 Force et allongement de rupture	×	×	×	×
2 Déformations dues à la chaleur	— *	×	×	×
3 Résistance des joints	×	×	×	×
4 Stabilité à la chaleur	×	×	×	×
5 Perméabilité à la vapeur	●	●	—	—
6 Pliage à basse température	×	×	×	×
7 Vieillessement à la chaleur	×	×	×	×
8 Résistance au cisaillement	—	—	—	●
9 Classe incendie	×	×	—	—
10 Exposition aux intempéries	—	×	—	—
11 Résistance à la percussion	×	×	×	×
12 Fatigue	●	●	●	●
13 Résistance aux racines	●	—	●	—
14 Impact de la grêle	—	×	—	—
15 Détermination de la pénétration à 25 °C	—	—	—	●
16 Détermination du pont de ramollissement bille et anneau	—	—	—	●

- × essai avec performances exigées
 ● essai sans performances exigées
 — essai non indispensable, voir 3.11

* Remarque:

Si un LBP dont la trame est de type thermoplastique (voile de polyester, par exemple) est utilisé dans le groupe A 1, ce sont les performances exigées pour le groupe A 2 qui sont imposées pour l'essai n° 2.

Stabilité à la chaleur :

Il ne s'agit pas ici d'un essai de la stabilité dimensionnelle de la trame, mais d'une détermination de la stabilité à la chaleur de la masse de couverture (glissement, écoulement).

Perméabilité à la vapeur :

Cet essai est le même que pour les lés de bitume ou les lés en matières synthétiques.

Pliage à basse température :

La détermination s'effectue comme pour les lés de bitume.

Vieillessement à la chaleur :

Au contraire des lés d'étanchéité en matières synthétiques, les lés de bitume polymère sont moins endommagés par les rayons ultraviolets ou l'ozone que par la chaleur, de sorte que l'essai de vieillissement a pu être limité à ce genre d'exposition. Pour déterminer les modifications provoquées par le vieillissement, on procède à un nouvel essai de pliage à basse température après l'exposition à la chaleur.

Résistance au cisaillement :

Cet essai a été développé spécialement pour les lés utilisés dans la construction des ponts.

Classe incendie :

Voir la recommandation SIA 183/2.

Exposition aux intempéries :

Des essais de grande ampleur visant à déterminer la résistance aux intempéries des lés de bitume polymère au moyen de différentes méthodes d'exposition aux intempéries artificielles n'ont donné aucun résultat, car les lés prévus pour la pose sans couche de protection ni de lestage, revêtus de paillettes d'ardoise, ne présentaient aucun dommage après ces essais. L'essai accéléré de résistance aux intempéries revient ainsi à un essai de vieillissement à la chaleur qui est de

toute façon effectué par ailleurs. C'est pourquoi on a introduit, en collaboration avec l'Association des établissements cantonaux d'assurance contre l'incendie, un nouvel essai d'exposition aux intempéries naturelles d'une durée de cinq ans.

Résistance à la percussion :

Cet essai destiné à prouver la résistance d'une étanchéité non encore protégée durant la phase de construction a été repris de la norme sur les lés d'étanchéité en matières synthétiques.

Fatigue :

Cet essai est spécialement destiné à la caractérisation des lés de bitume élastomère. Il est déjà effectué dans différentes variantes en France, en Italie et en Hollande, mais il n'existe toutefois encore pas d'unanimité sur les paramètres d'essais à retenir. — Dans son édition actuelle, la norme SIA 281 laisse encore au demandeur des essais le choix des paramètres d'essai. Il est cependant prévu d'introduire une limitation de ceux-ci une fois qu'on sera en possession de davantage de valeurs expérimentales.

Résistance aux racines :

Tout comme pour les lés de bitume ou les lés en matières synthétiques, cet essai se base sur la norme DIN correspondante.

Impact de la grêle :

Repris de la norme SIA 280.

Pénétration et point de ramollissement :

Ces essais sont des essais «classiques» des bitumes et ont été repris de la norme SNV «Prescription de qualité pour les bitumes».

On a renoncé à d'autres essais tels que ceux de l'absorption d'eau, du comportement vis-à-vis des liquides agressifs ou de la résistance aux micro-organismes, car tous les lés de bitume polymère, tout comme les lés de bitume, ont à cet égard le même comportement bien connu et décrit dans la littérature sur ce sujet.

On a également renoncé aux essais de pression d'eau à la plaque à fentes et de résistance sous charge prolongée, car, avec la forte épaisseur de plus de 4 mm de ces matériaux, il n'est pas possible d'obtenir d'endommagement dans les conditions fixées. L'exécution de ces essais revient à effectuer un essai de viscosité du liant. Les valeurs fixées dans la recommandation SIA 272 «Etanchéités de cuvelage» (3.32) pour la contrainte de compression admissible de 0.8, respectivement 1,2 N/mm², sont dans tous les cas atteintes. En particulier les lés armés de trames hautement résistantes à la traction résistent au minimum à une pression deux fois plus élevée.

Remerciements

La bonne collaboration entre les fabricants suisses de lés d'étanchéité regroupés dans la Wisda, les entreprises de pose et le LFEM a permis d'élaborer une norme de matériau qui tient compte des exigences très élevées qui sont posées dans notre pays.

Cette nouvelle norme sur les lés d'étanchéité de bitume polymère (LBP) est venue combler une lacune qui existait jusqu'ici dans le recueil des normes SIA. Grâce à elle, les projeteurs et les constructeurs ont désormais la possibilité de choisir et d'utiliser judicieusement les LBP actuellement disponibles sur le marché.

En tant que président de la Commission 281, j'aimerais remercier ici tous ses membres ainsi que les experts pour leur excellente collaboration. Ces remerciements s'adressent aussi aux fabricants de lés pour l'importante contribution financière qu'a demandée l'exécution des nombreux examens et essais nécessaires.

Adresse de l'auteur :

Hans J. Türlér
D^r sc. techn., ing. chim. dipl. EPFZ
Meynadier & Cie SA, Vulkanstr. 110
8048 Zurich

Bibliographie**Programmes de résistance des matériaux sur Oric-1 et Oric Atmos**

par E. Rosenthal. — Un vol. 14,5 × 21,5 cm, 208 pages, Editions Eyrolles, Paris 1984. Prix broché : 160 ffr.

Cet ouvrage rassemble 19 programmes de calculs usuels.

Il est divisé en quatre parties :

- calcul des caractéristiques géométriques des sections ;
- calcul des poutres ayant diverses conditions d'appuis, poutres continues ;
- calcul des portiques simples de formes courantes soumis à divers cas de chargement ;
- calcul des poutres de roulement.

Les programmes sont écrits en Basic Microsoft, ce qui les rend opérationnels sur toutes les machines qui disposent de ce langage. Ils sont présentés par une courte description, un listing avec commentaire ainsi qu'un ou plusieurs exemples d'application.

Sommaire : Calcul des caractéristiques géométriques d'une section formée de triangles, rectangles et trapèzes contigus. Calcul des profils métalliques composés. Calcul des sections à inertie variable. Calcul des profils métalliques de sections I ou H renforcés par deux cornières. Poutre sur appuis simples. Console. Poutre encastrée à une extrémité et libre à l'autre, encastrée à ses extrémités, continue sur trois ap-

puis, continue de deux à cinq travées égales. Poutres cantilevers de deux à cinq travées égales. Poutre circulaire fermée. Tirant. Portique simple à traverse inclinée articulé à la base, incliné encastré à la base, à traverse brisée articulé à la base, encastré à la base. Poutre de roulement sur appuis simples soumise aux charges roulantes d'un pont roulant, de deux ponts roulants.

Calcul des structures hyperstatiques

par A. Paduart, J. Kestens, G. Warzee. — Un vol. 16 × 24 cm, 210 pages, Editions Masson, Bruxelles 1984. Prix : FB 420. —

Les méthodes de calcul des structures hyperstatiques sont présentées dans le cadre de deux types d'approche générale : la méthode des sollicitations et la méthode

des déplacements. Les développements sont basés sur les notions de flexibilité et de rigidité. Les méthodes de calcul par ordinateurs appliquées aux structures constituées de poutres sont présentées parallèlement aux méthodes traditionnellement réservées au calcul manuel. Cette approche présente l'avantage de montrer que les méthodes par ordinateurs découlent des mêmes principes que certaines méthodes manuelles.

Cet ouvrage s'adresse aux ingénieurs et aux industriels. Il servira de base pendant les études et pourra servir de référence dans la pratique professionnelle.

Sommaire : Introduction — Chap. 1: Rigidité et flexibilité. — Chap. 2: Généralités. — Chap. 3: Méthode des sollicitations. — Chap. 4: Méthode des déplacements. — Chap. 5: Lignes d'influence.