



(11) **EP 2 141 300 A2**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
06.01.2010 Bulletin 2010/01

(51) Int Cl.:
E04C 5/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09173849.2**

(22) Date de dépôt: **18.11.2004**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(72) Inventeur: **Materie, Marcel**
15000, AURILLAC (FR)

(30) Priorité: **18.11.2003 FR 0350857**

(74) Mandataire: **Catherine, Alain et al**
Cabinet Harlé et Phélip
7, rue de Madrid
75008 Paris (FR)

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s) initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
04805843.2 / 1 689 951

Remarques:

Cette demande a été déposée le 22-10-2009 comme demande divisionnaire de la demande mentionnée sous le code INID 62.

(71) Demandeur: **SOCIETE CIVILE DE BREVETS MATIERE**
15000 Aurillac (FR)

(54) **Procédé de réalisation d'une pièce en béton et cage de ferrailage pour pièce ainsi réalisée**

(57) L'invention concerne un procédé de réalisation d'une pièce en béton (1) munie d'une cage de ferrailage (3) et comportant, sous l'effet d'une sollicitation, deux parties situées de part et d'autre d'un axe neutre, respectivement une partie comprimée et une partie tendue soumise à des efforts de traction absorbés principalement par au moins une armature longitudinale tendue (31) ayant une section transversale déterminée en fonction des efforts induits par la sollicitation, et constituée d'au moins une bande plate (4) à section rectangulaire, avec une face large (41) et une face étroite (41'), ladite armature tendue (31) comportant une partie centrale (C)

comprise entre deux parties de blocage dans le béton.

Selon l'invention, chaque partie de blocage dans le béton de l'armature tendue (31) est constituée d'une extrémité (5, 5') de la bande plate (4) recourbée en forme de crosse et prenant appui sur le béton par sa face large (41) dans le sens opposé à l'effort de traction absorbé, en formant une zone de blocage (B1, B'1) et la partie centrale (C) de la bande (4) comprise entre lesdites zones de blocage (B1, B'1) est laissée libre de se détacher du béton qui l'enrobe, en glissant légèrement par rapport à celui-ci, à partir d'un certain niveau de sollicitation, avec une répartition uniforme de la tension sur toute sa longueur.

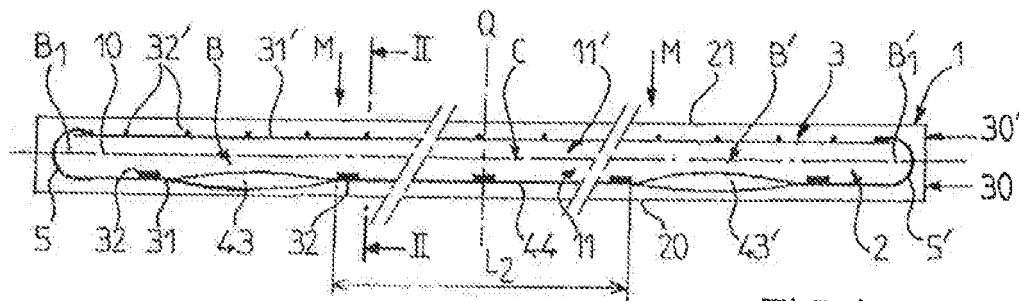


FIG.1

EP 2 141 300 A2

Description

[0001] L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'une pièce en béton et porte plus spécialement sur l'utilisation d'un ferrailage de type nouveau présentant de multiples avantages et permettant, en particulier, d'augmenter considérablement le niveau de sollicitation à partir duquel des fissures préjudiciables risquent de se former.

[0002] On sait que le principe du béton armé repose sur l'association de deux matériaux ayant des propriétés complémentaires, le béton qui présente une résistance à la compression importante, mais une résistance à la traction très faible, et l'acier, qui présente une excellente résistance à la traction et se trouve protégé de la corrosion à l'air lorsqu'il est noyé dans le béton. Les deux matériaux ayant, en outre, des coefficients de dilatation voisins, leur association permet de réaliser des pièces composites ayant les qualités de durabilité du béton et pouvant, cependant, résister à des moments ou des efforts de flexion. Une telle pièce comporte, en effet, sous l'effet des sollicitations appliquées, deux parties situées de part et d'autre d'un axe neutre, respectivement une partie comprimée soumise à des efforts de compression absorbés principalement par le béton et une partie tendue soumise à des efforts de traction absorbés principalement par au moins une armature longitudinale tendue de la cage de ferrailage noyée dans le béton.

[0003] Pour rester à l'abri de l'air et éviter la corrosion, les armatures doivent être situées à une distance minimale d'une face externe de la pièce, appelée "distance d'enrobage". Cependant, sous l'effet des sollicitations, on ne peut éviter une déformation de la pièce avec un allongement de la partie tendue qui provoque l'apparition de fissures dans le béton d'enrobage. Ces fissures, inévitables en pratique, peuvent être admises tant que leur largeur est assez faible, par exemple inférieure à 3/10 de millimètre, pour interdire la pénétration de l'air et de l'eau jusqu'au contact de l'armature.

[0004] Tant que les sollicitations appliquées ne dépassent pas une certaine limite, une pièce en béton armé se comporte donc comme une pièce composite se déformant en bloc avec transfert des efforts entre les deux composants. Pour cela, on cherche, habituellement, à améliorer la liaison de transfert entre l'armature et le béton, par exemple en utilisant des barres dites à haute adhérence, qui sont crantées sur toute leur longueur. D'autre part, les extrémités de ces barres sont habituellement recourbées pour former des crosses d'ancrage qui augmentent la longueur d'armature noyée dans le béton et, par conséquent, la longueur de transfert des efforts internes entre l'armature et le béton.

[0005] Cependant, si la charge dépasse une certaine limite, les fissures s'élargissent et la partie libre, de faible longueur, de l'armature tendue qui s'étend entre les faces opposées d'une fissure, supporte seule l'allongement correspondant à l'épaisseur de cette fissure, alors que les parties voisines sont bloquées dans le béton. La ten-

dance à l'allongement de la face tendue sous l'effet des sollicitations appliquées se concentre donc sur les parties libres de l'armature et, en raison de leur faible longueur, l'allongement appliqué peut faire dépasser la limite élastique du métal, ce qui provoque la striction de l'armature et la ruine de l'ouvrage.

[0006] L'invention a pour objet un nouveau procédé de réalisation de pièces moulées en béton permettant de résoudre de tels problèmes grâce à l'utilisation d'un nouveau type d'armature de ferrailage, permettant, en particulier, de diminuer le risque de fissuration à sollicitations égales. En outre, le procédé permet d'améliorer considérablement la résistance aux sollicitations extrêmes, les pièces en béton ainsi réalisées pouvant avoir une très grande souplesse et bénéficier d'un grand coefficient de sécurité entre l'apparition des premières fissures et la ruine complète de l'ouvrage. Un tel avantage est particulièrement intéressant pour la construction d'ouvrages d'art ou de bâtiments dans les régions soumises à un risque sismique.

[0007] L'invention s'applique donc, d'une façon générale, à la réalisation d'une pièce en béton munie d'une cage de ferrailage entièrement noyée dans le béton lors de la coulée de celui-ci et comportant, lorsqu'elle est soumise à une sollicitation, deux parties situées de part et d'autre d'un axe neutre, respectivement une partie comprimée soumise à des efforts de compression absorbés principalement par le béton et une partie tendue soumise à des efforts de traction absorbés principalement par au moins une armature longitudinale tendue de la cage de ferrailage qui s'étend à une faible distance d'enrobage d'une face longitudinale tendue de la pièce.

[0008] Conformément à l'invention, au moins chaque armature longitudinale tendue est constituée d'au moins une bande plate à section rectangulaire, avec une face large et une face étroite, et est conformée de façon à ménager, à l'intérieur de la pièce, au moins deux zones de blocage écartées l'une de l'autre, dans lesquelles une partie de ladite armature tendue prend appui sur le béton, dans le sens opposé à l'effort de traction absorbé, et au moins une zone de glissement comprise entre les zones de blocage, dans laquelle une partie correspondante de l'armature tendue est libre de s'allonger sur toute sa longueur, sous l'effet des efforts absorbés.

[0009] Comme on le verra plus en détail par la suite, alors que la technique du béton armé a pour objet, d'une façon générale, de solidariser sur toute sa longueur chaque armature avec le béton qui l'enrobe, afin de réaliser une pièce composite se déformant en bloc sous l'effet des sollicitations, l'idée de l'invention est, au contraire, de réaliser des zones de blocage écartées, dans lesquelles l'armature, du fait qu'elle est constituée d'une bande plate, prend appui dans le béton par une face large sans risque de dépasser la limite admissible de compression du béton et, à partir d'un certain niveau de sollicitation, de laisser la partie de l'armature comprise entre deux zones de compression, libre de glisser légèrement par rapport au béton qui l'enrobe, après décollement de ce-

lui-ci, afin que l'effet d'allongement de l'armature résultant des efforts de traction appliqués soit toujours réparti sur toute la longueur comprise entre deux zones de blocage, ce qui permet d'éviter les concentrations de contraintes pouvant conduire à une rupture de l'armature en cas de sollicitations extrêmes.

[0010] De façon particulièrement avantageuse, chaque zone de blocage est réalisée par déviation de la partie correspondante de l'armature tendue en forme de bande, avec une variation progressive et continue de l'orientation de sa face large par rapport à la face longitudinale tendue de la pièce.

[0011] Dans un premier mode de réalisation, chaque zone de blocage est réalisée par courbure de la bande plate autour d'un axe transversal, de façon à former une crosse d'ancrage prenant appui sur le béton par une face large.

[0012] Dans un autre mode de réalisation qui ne fait pas partie de l'invention, chaque zone de blocage est réalisée par vrillage de la bande sur une certaine longueur, avec une rotation progressive de sa face large autour de son axe longitudinal, sur au moins un quart de tour. Mais la partie vrillée de la bande peut aussi tourner d'un tour complet ou plus, de façon à prendre appui sur le béton sur une plus grande longueur.

[0013] Mais il est possible également de réaliser une zone de blocage en fixant sur la bande plate, à l'endroit voulu, au moins un tronçon de barre rigide s'étendant transversalement de façon à prendre appui dans le béton de part et d'autre de la bande plate.

[0014] Cette barre transversale peut être constituée d'un filant de répartition.

[0015] En effet, de façon classique, la cage de ferrailage comporte, habituellement, plusieurs secteurs longitudinaux reliés entre eux par des filants de répartition constitués de barres perpendiculaires aux barres principales longitudinales, l'ensemble constituant une nappe de ferrailage.

[0016] Ces filants de répartition peuvent être soudés sur les barres longitudinales, dont la forme de bande plate permet de réaliser des soudures particulièrement résistantes.

[0017] Chaque jonction soudée peut constituer une zone de blocage, le filant de répartition prenant appui dans le béton de part et d'autre de la barre longitudinale. Par ailleurs, habituellement, chaque secteur de la cage de ferrailage comporte au moins deux barres longitudinales respectivement comprimée et tendue et reliées entre elles par des étriers de liaison.

[0018] De préférence, les armatures comprimées sont également constituées de bandes plates.

[0019] De même, selon une autre disposition avantageuse, les étriers de liaison peuvent être constitués chacun d'au moins une bande plate solidarifiée avec les armatures par des cordons de soudure ou des parties collées s'étendant sur une longueur égale à la largeur de la bande, et donc, particulièrement résistants.

[0020] En outre, chaque bande constituant un étrier

est inclinée par rapport à la direction de la barre tendue et l'ensemble de la jonction soudée entre ces deux bandes plates d'orientations différentes, forme une sorte de coin prenant appui sur le béton.

5 **[0021]** De ce fait, chaque zone de blocage entre l'armature tendue et le béton peut être constituée par une jonction de solidarisation entre cette armature tendue et un étrier de liaison en forme de bande.

10 **[0022]** Mais l'utilisation de bandes plates pour réaliser au moins les armatures tendues donne encore d'autres possibilités.

15 **[0023]** Ainsi, pour former une zone de blocage, l'armature tendue en forme de bande peut être fendue axialement sur une certaine longueur, les deux parties de bande ainsi constituées étant écartées l'une de l'autre pour former une ouverture de passage transversal d'au moins un tronçon de barre rigide susceptible de prendre appui sur le béton de part et d'autre de la bande longitudinale, dans le sens opposé à l'effort de traction appliqué sur
20 l'armature longitudinale.

[0024] Cette barre rigide peut être un filant de répartition traversant la bande longitudinale dans le plan de celle-ci, ou bien un simple tronçon de barre traversant la bande longitudinale perpendiculairement à son plan.

25 **[0025]** Par ailleurs, l'utilisation de bandes plates permet de multiples possibilités pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

30 **[0026]** En particulier, chaque armature longitudinale peut comporter au moins deux bandes accolées s'étendant longitudinalement, sensiblement dans le prolongement l'une de l'autre et soumises à des efforts de traction en des sens opposés, les deux bandes accolées se recouvrant sur une certaine longueur et se terminant respectivement, de part et d'autre du recouvrement, par deux crosses tournées l'une vers l'autre, qui ont ainsi
35 tendance à se rapprocher sous l'effet des efforts de traction opposés appliqués sur les deux bandes correspondantes, en induisant la mise en compression d'un noyau de béton compris entre les deux crosses, sur ladite longueur de recouvrement.

40 **[0027]** Dans le cas habituel où la cage de ferrailage est constituée de secteurs parallèles reliés par des filants de répartition, ces derniers peuvent passer à l'intérieur des crosses de deux secteurs voisins, de façon à transmettre à la partie du béton comprise entre lesdits secteurs, les efforts de compression induits, dans chaque secteur, par la tendance au rapprochement des crosses opposées.

50 **[0028]** Selon une disposition particulière, les deux bandes accolées formant l'armature longitudinale de chaque secteur de la cage, peuvent constituer deux brins d'une bande unique se terminant par des crosses opposées et formant une boucle entre deux niveaux écartés, de façon à entourer un noyau de béton mis en compression par serrage de ladite boucle sous l'effet des efforts de traction appliqués en des sens opposés sur les deux brins de l'armature longitudinale.

[0029] De façon particulièrement avantageuse, dans

chaque secteur, l'armature longitudinale peut être constituée d'une série de bandes consécutives ayant chacune deux extrémités courbées en forme de crosse, les crosses adjacentes de deux bandes consécutives étant placées l'une à côté de l'autre en se chevauchant partiellement de façon à limiter un espace de passage, dans le sens transversal, d'au moins un tronçon de barre formant une clavette de liaison entre les deux bandes consécutives. L'armature longitudinale se comporte alors comme une chaîne tendue constituée d'une série de maillons formés chacun d'une bande et reliés deux à deux par des paires de crosses adjacentes clavetées entre elles.

[0030] Dans un autre mode de réalisation également avantageux, dans chaque secteur, l'armature longitudinale comprend un empilement de bandes plates, disposées sur au moins deux niveaux superposés, respectivement un premier niveau, le plus proche d'une face longitudinale tendue de la pièce comportant une bande, avec deux extrémités en forme de crosses tournées vers l'intérieur de la pièce et au moins un second niveau comportant au moins deux bandes plates sensiblement parallèles disposées côte à côte avec, chacune, deux extrémités en forme de crosses, respectivement interne et externe, et lesdites bandes du second niveau se chevauchent sur une certaine longueur, de façon que leurs extrémités internes en forme de crosses soient tournées l'une vers l'autre. La pièce comporte ainsi au moins une partie formant un noyau compris entre les crosses internes des deux bandes et mis en compression par la tendance au rapprochement l'une vers l'autre desdites crosses internes sous l'effet des efforts de traction appliqués en des sens opposés sur les bandes correspondantes, et deux parties extrêmes comprises chacune entre les crosses externes des bandes du premier et du second niveau et mises en compression par la tendance au rapprochement vers l'intérieur de chaque crosse externe de la bande du premier niveau sous l'effet de l'effort de traction supporté par ladite bande. Il est ainsi possible de mettre en compression l'ensemble du béton de la pièce.

[0031] Mais l'invention permet encore d'autres dispositions et couvre de nombreuses caractéristiques avantageuses qui apparaîtront dans la description qui va suivre de certains modes de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs illustrés par les dessins annexés.

[0032] La figure 1 est une vue schématique, en coupe longitudinale, d'une pièce en béton réalisée selon l'invention.

[0033] La figure 2 est une vue partielle en coupe transversale selon II-II de la figure 1.

[0034] La figure 3 est une vue en perspective d'une partie vrillée de l'armature.

[0035] La figure 4 est une vue en coupe, selon un plan médian transversal, de la partie vrillée.

[0036] La figure 5 est une vue partielle, en perspective, d'une partie en forme de crosse.

[0037] La figure 6 est une vue partielle de côté, d'une crosse double.

[0038] La figure 7 est une vue en coupe longitudinale d'une pièce réalisée selon une variante de l'invention.

[0039] La figure 8 montre, en perspective, une partie vrillée appliquée au mode de réalisation de la figure 7.

5 **[0040]** La figure 9 montre, en coupe longitudinale, une pièce réalisée selon une autre variante de l'invention.

[0041] Les figures 10 et 11 montrent, en coupe longitudinale, d'autres variantes de l'invention, avec plusieurs nappes d'armatures.

10 **[0042]** La figure 12 montre, en coupe longitudinale, une pièce du type représenté sur la figure 10, avec une armature en boucle fermée.

[0043] La figure 13 est une vue en perspective d'une armature en boucle fermée.

15 **[0044]** La figure 14 montre, en coupe longitudinale, une autre variante de l'invention, avec une armature en forme de chaîne.

[0045] La figure 15 montre, en perspective, la jonction entre deux éléments de l'armature du type représenté sur la figure 14.

20 **[0046]** Les figures 16, 17, 18 montrent, en perspective, d'autres modes de réalisation d'une zone de blocage.

[0047] La figure 19 montre, en perspective, une zone de blocage en forme de crosse.

25 **[0048]** La figure 20 montre, en perspective, un autre mode de réalisation d'une extrémité d'armature en forme de crosse.

[0049] Sur les figures 1 et 2, on a représenté, respectivement en coupe longitudinale et en coupe transversale, une pièce en béton réalisée selon l'invention.

30 **[0050]** Comme habituellement, cette pièce en béton 1 qui constitue, dans l'exemple représenté sur les dessins, une dalle ayant deux faces planes, respectivement inférieure 20 et supérieure 21, est une pièce moulée réalisée par coulée d'une masse de béton 2 dans un coffrage, après mise en place, dans celui-ci d'une cage de ferrailage 3 comportant deux nappes d'armature, respectivement inférieure 30 et supérieure 30', sensiblement parallèles aux deux faces 20, 21 de la dalle 1.

35 **[0051]** La cage de ferrailage 3 est constituée, normalement, de plusieurs secteurs S1, S2,... centrés, respectivement, dans des plans P1, P2... parallèles à un axe longitudinal de la pièce 1, c'est-à-dire au plan de la figure 1, et comprenant chacun une armature longitudinale inférieure 31 et une armature longitudinale supérieure 31' qui sont reliées entre elles, dans le plan P1, P2 du secteur S1, S2 par des armatures transversales appelées étriers, qui ne sont pas représentées sur les figures 1 et 2.

40 **[0052]** De plus, les différents secteurs S1, S2... de la cage sont reliés entre eux par des filants transversaux 32, 32' perpendiculaires au plan de la figure 1.

45 **[0053]** Comme on le sait, sous l'effet, par exemple, d'une charge verticale M appliquée sur sa face supérieure 21, la pièce en béton 1 peut être divisée en deux parties situées de part et d'autre d'un axe neutre 10, respectivement une partie comprimée 11' comprise entre l'axe neutre 10 et la face 21 sur laquelle sont appliqués les efforts et une partie tendue 11 s'étendant jusqu'à la face

20 opposée aux efforts.

[0054] Toutes ces dispositions sont classiques et ne nécessitent pas une description détaillée.

[0055] Cependant, la cage de ferrailage 3 se distingue des cages réalisées habituellement par le fait que, selon une disposition décrite dans la demande de brevet FR-A-2 814 480 du même inventeur, au moins les armatures longitudinales 31 situées dans la partie tendue 11 de la pièce et s'étendant à une faible distance d'enrobage de la face inférieure 20, sont constituées de barres métalliques plates 4 à section rectangulaire, avec une face large 41 et une face étroite 42, chaque barre plate étant ainsi constituée d'une bande métallique ayant une largeur l sensiblement supérieure à son épaisseur e.

[0056] De préférence, les armatures comprimées 31' sont également constituées de barres plates mais, par économie, on pourrait aussi utiliser des barres rondes classiques.

[0057] Comme l'indique le brevet précédent FR-A-2,814,480 du même inventeur, la section transversale (l x e) de la bande 4 est calculée, de façon classique, en fonction des efforts de traction à supporter compte tenu des sollicitations appliquées sur la pièce 1. En effet, sous l'effet de la charge M, la pièce 1 a tendance à fléchir légèrement, chaque armature longitudinale 31 de la nappe inférieure 30 étant soumise à un effort de traction qui tend à l'allonger.

[0058] Dans la technique classique du béton armé, on utilise, généralement, des barres d'armature crantées afin d'améliorer la liaison de transfert entre l'armature et le béton et l'on réalise ainsi une pièce composite dont on cherche, habituellement, à augmenter la rigidité afin d'éviter l'apparition de fissures préjudiciables. Cependant, on ne peut éviter une déformation même minime de la pièce avec un allongement des armatures tendues ainsi que du béton qui les enrobe, dont la résistance à la traction est minime. Il en résulte donc l'apparition de fissures à partir d'une certaine charge.

[0059] Dans l'invention, au contraire, on ne cherche pas, comme habituellement, à solidariser l'armature avec le béton sur toute sa longueur mais, au contraire, on ménage dans le béton 2, le long de chaque armature longitudinale tendue 31, deux zones de blocage écartées de part et d'autre du plan médian transversal Q de la pièce, entre lesquelles s'étend une zone centrale C dans laquelle l'armature 31 est libre de s'allonger sous l'effet des efforts appliqués, en glissant par rapport au béton qui l'enrobe.

[0060] Du fait que l'on utilise, comme armature longitudinale, des bandes plates, chaque zone de blocage peut être réalisée simplement par déviation de la partie correspondante de l'armature tendue 31, dont on fait varier progressivement et de façon continue l'orientation de sa face large par rapport à la face longitudinale tendue 20 de la pièce afin que, dans cette zone, la bande 4 formant l'armature 31 prenne appui dans le béton par son côté large 41, dans le sens opposé à l'effort de traction absorbé.

[0061] Du fait que la bande est plate et prend appui dans le béton par deux faces larges, le béton ne risque pas de se cisailer, la contrainte de compression étant faible. D'ailleurs, la largeur 1 de la bande 4 peut être déterminée en fonction des sollicitations appliquées, de façon à ce que la contrainte de compression appliquée sur le béton reste inférieure à une limite admissible.

[0062] En outre, dans une pièce en béton armé réalisée de façon classique, les barres longitudinales tendues doivent être recourbées en forme de crosse à leurs extrémités afin d'augmenter la longueur de transfert entre l'armature et le béton. Or, compte tenu de la dureté de l'acier employé, la courbure que l'on peut donner à une barre est nécessairement limitée et la réglementation impose, d'ailleurs, de donner à la crosse un diamètre d'au moins 10 fois le diamètre de la barre. Pour cette seule raison, une pièce en béton doit avoir une épaisseur minimale de douze fois le diamètre des barres tendues à laquelle il faut ajouter deux fois l'épaisseur minimale d'enrobage.

[0063] Si l'on utilise, comme dans l'invention, des barres plates, celles-ci peuvent également être munies à leurs extrémités, de crosses 5, de la façon représentée en perspective sur la figure 5, mais ces crosses 5 peuvent avoir un diamètre interne D plus faible que dans le cas d'une ou plusieurs barres rondes, du fait que l'épaisseur e d'une bande plate à section rectangulaire est inférieure au diamètre d'une ou même plusieurs barres rondes de même section équivalente.

[0064] En outre, même si l'on utilise des aciers à limite élastique élevée, l'utilisation de bandes plates permet de réduire encore le diamètre D de la partie recourbée car celle-ci peut être plus facilement pliée autour d'un axe 50 parallèle au plan de la face large de la bande.

[0065] Par ailleurs, chaque crosse 5 constitue une zone B1 de blocage dans le béton 2.

[0066] La bande d'armature 4 ainsi solidarisée avec le béton par deux zones de blocage B₁ et B₁' peut, en revanche, s'allonger librement dans sa partie centrale.

[0067] Certes, après le bétonnage, il existe une liaison d'adhérence entre le béton et l'armature sur toute la longueur de celle-ci. Cependant, on évite, contrairement à la technique habituelle d'améliorer cette adhérence, par exemple au moyen de crans.

[0068] Dans l'invention, en effet, chaque bande 4 constituant une armature longitudinale 31 n'est solidarisée avec le béton que dans les deux zones de blocage qui sont écartées l'une de l'autre et la tendance à l'allongement de l'armature sous l'effet de la tension appliquée peut se répartir uniformément sur toute la longueur de la partie centrale, celle-ci pouvant se détacher du béton à partir d'un certain niveau de sollicitation.

[0069] Certes, le béton 2 ne peut pas se déformer de la même façon que l'armature et l'on ne peut donc éviter l'apparition de fissures mais ce risque de fissuration se répartit uniformément sur toute la longueur de la partie centrale et les fissures plus nombreuses peuvent avoir une largeur assez réduite pour ne pas être préjudiciable.

[0070] De la sorte, il n'est plus nécessaire, comme auparavant, d'augmenter la rigidité de la pièce en béton pour diminuer sa déformation et, au contraire, on peut réaliser des pièces en béton relativement souples.

[0071] Lorsque les sollicitations appliquées restent faibles, la pièce se comporte, comme habituellement, comme une pièce composite, le béton se déformant de la même façon que l'armature.

[0072] A partir d'un certain niveau de sollicitation, l'armature ne reste solidarisée avec le béton que dans ses parties de blocage et sa partie centrale peut, au contraire, se détacher du béton qui l'enrobe et glisser légèrement par rapport à celui-ci. La tension et, par conséquent, la tendance à l'allongement de l'armature, se répartit donc de façon sensiblement uniforme sur toute la longueur de la partie centrale. On évite ainsi une concentration de la contrainte de traction sur une faible longueur de l'armature et, par conséquent, on diminue le risque de rupture de l'armature au niveau d'une fissure, sous l'effet de sollicitations excessives.

[0073] A titre d'exemple on a soumis des dalles réalisées selon l'invention à des essais de flexion avec augmentation progressive de la charge appliquée et l'on a constaté qu'une dalle ainsi réalisée pouvait, de façon surprenante, admettre une flèche très importante avant la rupture de la dalle et avec des fissures de largeur relativement faibles.

[0074] Il est à noter, en outre, que comme on l'avait indiqué dans la demande de brevet FR-A-2 814 480, l'utilisation, comme armatures, de bandes plates permet de réduire globalement l'épaisseur de la dalle car les étriers, qui sont également constitués d'une bande plate éventuellement ondulée, peuvent être soudés sur la face interne de chaque bande dont la face externe ne doit être séparée de la face de parement 20 de la dalle, que de la distance minimale d'enrobage imposée par la réglementation.

[0075] Etant donné que, selon l'invention, l'armature longitudinale est, en quelque sorte, accrochée au béton dans les zones de blocage 5 alors que la partie centrale est libre de s'allonger, les sollicitations appliquées par l'armature sur le béton sont plus fortes que dans le cas d'un ferrailage classique où l'on cherche à réaliser une solidarisation sur toute la longueur de l'armature. Bien entendu, ceci se traduit, dans les zones de blocage par un effort de compression plus important dans le béton mais, précisément, le béton présente une excellente résistance à la compression.

[0076] De plus, il n'y a pas à craindre comme dans le cas d'une barre ronde, un effet de cisaillement du béton, car la largeur l de chaque barre plate peut être déterminée en fonction des efforts appliqués de façon que la contrainte de compression du béton ne dépasse pas une limite donnée.

[0077] Du fait que la bande 4 est soumise à un effort important de traction T qui est encaissé par la zone de blocage B1 située à l'intérieur de la crosse 5, celle-ci peut avoir tendance à se dérouler si l'adhérence entre la barre

4 est le béton n'est pas suffisante.

[0078] Pour éviter un tel effet, il est possible d'adjoindre à la crosse 5 une crosse auxiliaire 51 tournée dans le sens opposé et ayant un diamètre un peu plus faible, afin d'éviter cet effet de déroulement.

[0079] De plus, comme le montre la figure 20, il est possible de faire tourner la crosse autour d'un axe vertical afin de réduire encore l'épaisseur de la dalle 1.

[0080] Pour cette raison, il est possible à poids de ferrailage égal, de réaliser des pièces plus minces que les pièces réalisées de façon classique en béton armé.

[0081] Il est à noter, par ailleurs, que dans le mode de réalisation préférentiel représenté sur la figure 1, chaque barre tendue 31 constituée d'une bande plate 4 est orientée de façon que sa face large 41 soit sensiblement parallèle à la face tendue 20 de la pièce. Une telle disposition augmente la souplesse de la dalle car la barre 4 ainsi orientée ne présente qu'une faible résistance à la flexion et le fléchissement de la pièce se traduit simplement par un allongement de l'armature.

[0082] Il est possible, cependant, si l'on souhaite augmenter la résistance au fléchissement, d'utiliser des bandes 4 orientées de la façon indiquée sur la figure 7. Dans ce cas, en effet, chaque bande d'armature 4 est vrillée dans deux parties 43, 43' écartées l'une de l'autre, mais seulement sur un quart de tour de telle sorte que, dans la partie centrale 44' et sur toute la longueur de celle-ci le côté large 41 de la bande 4 soit situé dans un plan orthogonal à la face tendue 20 de la pièce.

[0083] Dans ce cas, le blocage de la bande 4 dans le béton est réalisé essentiellement au niveau des zones B1, B'1, à l'intérieur des crosses 5, 5', ménagées aux extrémités de la bande 4.

[0084] En revanche, chaque bande d'armature 4 orientée, dans sa partie centrale 44', perpendiculairement à la face tendue 20, apporte par elle-même une certaine résistance à la flexion qui permet d'augmenter la rigidité de la pièce et de diminuer la flèche résultant des efforts appliqués.

[0085] Comme habituellement, les barres longitudinales 31, 31' des deux nappes, respectivement inférieures 30 et supérieures 30' peuvent être reliées par des étriers qui, de la façon décrite dans le document FR-A-2 814 480, sont avantageusement constituées de bandes plates ondulées 13 solidarisées avec les armatures longitudinales, au sommet des ondulations, par soudage ou collage.

[0086] Cependant, comme le montre la figure 9, pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, il est préférable que les soudures entre les bandes ondulées 13 et les bandes 4 constituant les armatures tendues 31, soient effectuées seulement à proximité des deux extrémités de la pièce 1 de façon que la partie centrale 44 de chaque bande 4 puisse s'allonger librement.

[0087] En revanche, les étriers peuvent être soudés ou collés sur les barres comprimées 31' à la partie supérieure de chaque ondulation. Pour cela, il est préférable que chaque barre comprimée 31' soit également

constituée d'au moins une bande plate, afin de réaliser un cordon de soudure sur toute la largeur de la bande ondulée 13.

[0088] Il est à noter que chaque jonction soudée ou collée 14 entre une barre 4 et la partie correspondante de l'étrier 13 qui forme un angle avec cette barre 4 constitue, par effet de coin, une zone de blocage B. Par ailleurs, les extrémités recourbées en forme de crosses 5 permettent de ménager, comme précédemment, des zones de blocage B1, B'1 aux deux extrémités de l'armature 31.

[0089] Dans l'exemple de réalisation représenté sur les figures 1 à 4, deux autres zones de blocage B, B' sont réalisées par vrillage de la bande 4 sur une certaine longueur L1, avec une rotation progressive de sa face large 41 autour de son axe longitudinal 40.

[0090] Mais l'invention peut faire l'objet d'autres variantes, en particulier en mettant à profit les efforts d'appui exercés dans le béton par les zones de blocage des armatures longitudinales, par exemple de la façon représentée schématiquement sur les figures 10 à 20 qui illustrent diverses variantes. Pour simplifier, les armatures comprimées 31' n'ont pas été représentées sur ces figures.

[0091] Dans une première variante représentée sur la figure 10, la nappe inférieure 30 de la cage de ferrailage 3 comporte deux niveaux superposés. Au niveau le plus bas, le plus proche de la face inférieure tendue 20 de la pièce, chaque secteur de la cage de ferrailage comporte une armature longitudinale 31 constituée d'une bande plate qui s'étend sur toute la longueur de la pièce 1 et dont les extrémités 5, 5' sont recourbées en forme de crosse comme indiqué précédemment.

[0092] Cependant ces barres longitudinales 31 sont associées à un second niveau de barres longitudinales décalées vers le haut et comprenant, dans chaque secteur de la cage, deux barres 33, 34 formées chacune d'une bande plate et posées côte à côte, chacune de ces barres 33, 34 étant munie d'extrémités recourbées en forme de crosses 51, 51', 52, 52'.

[0093] En outre, les deux bandes accolées 33, 34 d'un même secteur sont décalées longitudinalement l'une par rapport à l'autre de façon que les deux crosses 51, 51' (52, 52') ménagées aux extrémités de chaque bande 33 (34) soient placées à des distances différentes du plan médian transversal Q de la pièce 1, de part et d'autre de celui-ci.

[0094] Ainsi, la crosse externe 51 de la barre 33 placée à gauche sur la figure 10 est plus éloignée du plan médian Q que la crosse externe 51' de la même bande 31, placée à droite et la disposition est inversée pour la seconde bande longitudinale 34. D'autre part, les longueurs des barres longitudinales 33, 34 sont déterminées de façon que les différentes crosses 5, 51, 52 placées d'un même côté du plan médian transversal Q soient réparties sur une certaine longueur de la pièce 1 à partir de son extrémité 11.

[0095] La pièce 1 est ainsi divisée en plusieurs zones

adjacentes :

- une zone centrale B3 comprise entre la crosse interne 51' de l'armature longitudinale 33 placée à droite du plan médian transversal Q et la crosse interne 52 de l'armature 34 placée à gauche de ce plan;
- deux zones latérales B2, B'2 placées respectivement, à gauche et à droite du plan Q la zone de gauche B2 étant comprise entre la crosse externe 51 de la bande 33 et la crosse interne de la barre 34 et la zone de droite B'2 entre la crosse externe 52' de la bande 34 et la crosse interne 51' de la bande 33;
- deux zones extrêmes B1 et B'1 comprises, respectivement à gauche et à droite, entre les crosses 5, 5' de la bande inférieure 31, et les crosses externes 51, 52' des bandes supérieures 33, 34.

[0096] Lorsque la pièce 1 est soumise à une sollicitation ayant tendance à la faire fléchir vers le bas, les armatures longitudinales sont soumises à des efforts de traction et prennent appui dans le béton par leurs extrémités en forme de crosses qui sont donc sollicitées vers l'intérieur.

[0097] Les armatures longitudinales 33, 34 qui se chevauchent dans la partie centrale de la pièce, sont tendues dans des sens différents et la zone centrale de blocage B3 est donc comprimée par la tendance au rapprochement l'une vers l'autre des crosses internes 51', 52 des deux armatures 33, 34.

[0098] De même, les crosses externes 51, 52' ont tendance à se rapprocher du plan Q sous l'effet des efforts de traction appliqués sur les barres 33, 34 et les zones latérales B2, B'2 sont ainsi mises en compression.

[0099] Pour les mêmes raisons, les zones extrêmes B1, B'1 sont également mises en compression par les crosses 5, 5' qui s'opposent aux efforts de traction appliqués sur l'armature 31.

[0100] Ainsi, la pièce 1 est mise en compression pratiquement sur toute sa longueur par la tendance au rapprochement vers l'intérieur des crosses des différentes armatures et cet effet de compression s'exerce sur toute l'épaisseur du béton limitée par les crosses et non pas seulement, comme habituellement, au-dessus de l'axe neutre 10.

[0101] Le risque de fissuration de la pièce, même au voisinage de la face tendue 20 est donc considérablement diminué et des essais de chargement effectués sur une pièce ainsi réalisée ont montré qu'une telle pièce pouvait supporter, avant rupture, une flèche très importante et tout à fait inhabituelle pour une pièce en béton armé.

[0102] Dans le mode de réalisation qui vient d'être décrit, la mise en compression de la zone centrale B3 de la pièce entre les crosses internes 52, 51' des deux bandes accolées 33, 34 résulte du chevauchement de celles-ci qui sont tendues en des sens opposés de part et d'autre du plan médian transversal Q.

[0103] Cependant, comme le montre la figure 11, l'ar-

mature tendue de la cage 3 peut aussi être constituée d'un simple empilement de bandes longitudinales de différentes longueurs, respectivement une première bande 35 s'étendant sur une longueur l_1 un peu inférieure à celle de la pièce et une seconde bande 36 s'étendant sur une longueur l_2 inférieure à l_1 , chaque bande étant munie d'extrémités en forme de crosses tournées vers l'intérieur de la pièce.

[0104] Dans ce cas, également, le béton est mis en compression par les crosses 5, 5', 51, 51' qui absorbent les efforts de traction appliqués sur les bandes 35, 36 en raison du fléchissement de la pièce.

[0105] A cet égard, il peut être avantageux de réaliser les bandes en métaux ayant des caractéristiques mécaniques différentes de façon à moduler les efforts de compression appliqués par les crosses en fonction de la répartition des efforts appliqués sur la pièce.

[0106] Il est à noter que l'utilisation de bandes plates comme barres d'armatures, permet assez facilement de faire varier leur module d'élasticité car les bandes plates peuvent être réalisées par refendage de tôles et l'on peut trouver sur le marché des tôles de caractéristiques différentes alors que les possibilités de choix sont plus réduites pour les ronds à béton.

[0107] Par ailleurs, du fait que, contrairement à la technique classique, on ne cherche pas à solidariser l'armature avec le béton qui l'enrobe, il est possible de placer l'une contre l'autre les deux bandes superposées 31, 35 qui se comportent alors comme une sorte de ressort à lames.

[0108] Les figures 12 et 13 montrent une variante du mode de réalisation de la figure 10 dans laquelle les deux bandes adjacentes 33, 34 constituent deux brins d'une bande unique formant une boucle fermée, les deux crosses opposées 51', 52 étant reliées par une partie 37 de la bande située au niveau supérieur 30' de la cage 3.

[0109] Chaque armature longitudinale est ainsi constituée d'une bande unique 33, 37, 34 entourant un noyau de béton B3 qui est mis en compression par serrage de la boucle ainsi formée sous l'effet des efforts de traction appliqués en des sens opposés sur les deux brins 33, 34 de l'armature longitudinale lorsque la pièce 1 est soumise à une charge verticale.

[0110] Il est à noter que dans ce cas, la partie supérieure 37 de chaque armature longitudinale en forme de boucle peut constituer une partie de la nappe supérieure 30' de la cage de ferrailage 3.

[0111] D'autre part dans le cas de la figure 10 comme celui de la figure 12, les crosses opposées 51', 52 qui tendent à mettre en compression un noyau de béton B3, ne sont pas nécessairement écartées symétriquement de part et d'autre du plan médian transversal Q de la pièce 1. En effet, selon le mode de chargement de la pièce, il est possible de déterminer certaines parties de la pièce 1 dans lesquelles les efforts de traction induits dans le béton par les sollicitations appliquées sont maximaux et de disposer les armatures et leurs crosses de façon que les efforts de traction résultant des sollicita-

tions soient compensés au moins partiellement par la mise en compression, dans les mêmes zones, d'un noyau de béton compris entre deux crosses sollicitées l'une vers l'autre par les efforts de traction appliqués sur l'armature.

[0112] D'une façon générale, chacune des figures décrites précédemment montre un secteur de la cage de ferrailage centré dans un plan vertical parallèle à l'axe longitudinal et les crosses ménagées sur les armatures de deux secteurs voisins sont placées sensiblement au même niveau de façon à faire passer, dans les zones de blocage alignées des secteurs S_1, S_2, S_3 , des filants transversaux 32 qui sont également sollicités vers l'intérieur et répartissent donc sur le béton compris entre deux secteurs voisins, les efforts de compression appliqués par les crosses 5, 51, 52. Ces filants de répartitions peuvent avoir une section ronde ou rectangulaire, comme le montrent les figures. Cependant, l'utilisation de barres plates permet de faciliter la réalisation d'un cordon de soudure entre les barres longitudinales et transversales.

[0113] Dans un autre mode de réalisation représenté schématiquement sur la figure 14, chaque armature longitudinale tendue 6 de la cage 3 est constituée d'une série de bandes consécutives 6a, 6b... ayant chacune deux extrémités recourbées en forme de crosses 5a, 5'a, 5b, 5'b... et ces barres sont disposées de façon que les paires de crosses adjacentes 5'a, 5b de deux bandes successives 6a, 6b soient situées sensiblement au même niveau, en se chevauchant légèrement de façon à entourer un espace E dans lequel on fait passer une barre 38 qui peut constituer un filant transversal de répartition.

[0114] Chaque barre 38 passant dans un espace E mis en compression par les deux crosses opposées 5'a, 5b constitue une clavette de liaison entre les deux bandes consécutives 6a, 6b. Chaque armature longitudinale 6 constituée d'une série de bandes 6a, 6b, 6c... se comporte ainsi comme une chaîne dont les maillons 6a, 6b, 6c... sont tendus sous l'effet des charges appliquées sur la pièce 1.

[0115] Mais l'invention ne se limite pas aux détails des divers modes de réalisation qui viennent d'être décrits, et pourrait encore faire l'objet d'autres variantes, sans s'écarter du cadre de protection de l'invention.

[0116] Par exemple, chaque zone de blocage pourrait être obtenue simplement au moyen d'une barre transversale passant dans un orifice ménagé sur la barre d'armature longitudinale.

[0117] En effet, comme on l'a représenté sur la figure 17, l'utilisation d'une bande plate 4 comme barre d'armature longitudinale permet de ménager dans celle-ci une fente médiane 45 s'étendant sur une certaine longueur et limitant deux parties latérales 46, 47 qui peuvent être écartées l'une de l'autre de façon à ouvrir un orifice 45' de passage d'une barre transversale 48. Lorsque la bande 4 est soumise à un effort de traction, par exemple dans le sens de la flèche indiquée sur la figure 16, elle prend appui sur la barre transversale 48 qui, elle-même, prend appui dans le béton, en réalisant ainsi le blocage

de la bande 4.

[0118] Dans le cas de la figure 16, les deux parties 46, 47 de la bande sont étirées en restant dans le plan de celle-ci, la barre transversale 48 étant ainsi orthogonale à ce plan.

[0119] Mais il est possible également, comme on l'a représenté sur la figure 17, d'écartier les deux parties 46, 47 perpendiculairement au plan S de la bande, pour permettre le passage d'une barre transversale 48 qui, dans ce cas, est parallèle au plan de la bande. Cette barre pourrait donc constituer un filant transversal 32 de répartition entre plusieurs secteurs de la cage d'armature.

[0120] Dans le cas où la bande est vrillée pour constituer une zone de blocage, cette partie vrillée 43 pourrait également être munie d'une fente médiane permettant d'écartier l'une de l'autre les deux parties de la bande afin de ménager une ouverture 45' de passage d'un filant de répartition 32, de la façon représentée sur la figure 18.

[0121] Par ailleurs, comme on l'a représenté sur la figure 19, on pourrait aussi améliorer l'effet de blocage d'une crosse 5 en ménageant sur les deux parties de celle-ci des orifices 45' de passage d'une barre transversale 52 qui, en outre, empêcherait la crosse de se dérouler sous l'effet de la traction appliquée sur la bande 4.

[0122] Il est à noter, par ailleurs, que l'utilisation de bandes plates 4 pour constituer les barres d'armature longitudinales permet de faire varier l'orientation de la crosse ménagée à l'extrémité d'une telle barre. En effet, d'une façon générale, la bande plate 4 peut être facilement courbée autour d'un axe parallèle à son plan. Il serait donc possible, comme le montre la figure 20 de vriller sur un quart de tour l'extrémité d'une bande 4 de façon que la crosse 5 tourne autour d'un axe vertical 50'. On obtiendrait ainsi le même effet de blocage en donnant à la crosse une hauteur limitée à la largeur e de la bande 4. Une telle disposition pourrait être avantageuse pour réaliser des pièces particulièrement minces ou bien, par exemple, pour amincir les extrémités d'une dalle. En particulier, l'utilisation d'une bande plate 4 permet, en cas de besoin, de faire varier l'orientation de celle-ci, comme le montre la figure 20, par exemple, pour amincir certaines parties de la pièce.

[0123] D'autre part, comme on l'a déjà indiqué, il est avantageux de réaliser également les armatures comprimées 31' sous forme de bandes plates mais, par économie, on pourrait aussi utiliser des barres classiques.

[0124] Il faut noter, cependant, que les avantages apportés par l'utilisation de barres plates compensent largement un surcoût éventuel sur les armatures.

[0125] A cet égard, il pourrait même être avantageux de réaliser des barres en acier inoxydable en raison, non seulement, de la résistance à la corrosion qui permettrait de diminuer l'épaisseur d'enrobage mais également d'une plus grande ductilité, ce qui augmente la résistance à la fatigue et la capacité d'absorption d'énergie. De tels avantages sont particulièrement intéressants pour la réalisation d'ouvrages d'art car ils améliorent la résistance aux tassements différentiels et, dans certains cas, aux

secousses sismiques.

[0126] Par ailleurs, pour simplifier les figures, celles-ci représentent des dalles ou poutres planes mais il faut remarquer que l'utilisation de bandes plates comme barres d'armatures présente de nombreux avantages pour la réalisation de pièces courbes ou mêmes gauches. En effet, une bande plate ayant un côté large parallèle à la face de parement de la pièce peut suivre facilement le profil incurvé de celle-ci.

[0127] En particulier, il est ainsi possible de réaliser à plat une cage de ferrailage adaptée à une pièce incurvée, une telle cage pouvant ensuite prendre naturellement le profil du fond du moule lorsqu'elle est posée dans celui-ci.

[0128] Les bandes plates constituant les armatures longitudinales et transversales pourraient même être incurvées dans des sens opposés de façon à s'adapter à un profil gauche dans le sens transversal, tel qu'une surface réglée ayant des génératrices transversales non parallèles. C'est le cas, par exemple, du platelage d'un pont incliné latéralement d'un angle variable d'une extrémité à l'autre et dont le ferrailage est difficile à réaliser par les méthodes classiques.

[0129] D'autre part, comme elle permet de réaliser des pièces en béton particulièrement souples pouvant admettre une flèche assez importante, l'invention est spécialement adaptée à la réalisation d'ouvrages de franchissement enterrés sous un remblai et ayant un profil incurvé leur permettant de se déformer légèrement sous la charge appliquée pour prendre appui par leurs côtés sur les remblais latéraux.

[0130] En outre, comme indiqué plus haut, les zones de blocage entre lesquelles le béton est mis en compression peuvent être placées à des endroits, déterminés par le calcul, dans lesquelles le béton est soumis une contrainte de traction maximale et où le risque de fissuration est le plus grand. L'invention permet donc, à partir d'un modèle type, d'adapter le ferrailage de chaque pièce à la répartition prévisible des contraintes, compte tenu des charges appliquées.

[0131] Par exemple, on sait que l'on peut distinguer, dans une dalle ou poutre chargée verticalement de façon uniforme, une zone centrale dans laquelle l'effort de traction appliqué sur la face inférieure est maximal, deux zones latérales dans lesquelles la dalle est soumise à un effet de cisaillement, et deux extrémités d'appui. Cependant, comme indiqué précédemment, la disposition des zones de compression n'est pas nécessairement symétrique par rapport au plan médian de la pièce.

[0132] Grâce à l'invention il sera possible, sans complication du ferrailage d'adapter celui-ci, dans chaque partie de la pièce, aux efforts principaux à encaisser, en faisant judicieusement varier l'orientation des bandes plates constituant les armatures de façon à réaliser des zones de blocage dans les parties les plus tendues, afin de compenser cette tension par un effet de compression du béton.

[0133] De plus, comme indiqué plus haut, il est possi-

ble d'orienter verticalement les bandes tendues de la façon représentée sur la figure 8, pour augmenter la résistance à la flexion, ou bien d'incliner les bandes de la façon indiquée sur la figure 20, afin de mieux résister aux efforts de cisaillement, ou encore de réaliser des crosses horizontales comme le montre la figure 20, pour diminuer l'épaisseur de la pièce aux appuis, ces différentes variantes pouvant, d'ailleurs, être combinées.

[0134] En outre, comme indiqué précédemment, la disposition des zones de compression n'est pas nécessairement symétrique par rapport au plan médian de la pièce.

[0135] Les dispositions selon l'invention permettent donc de faire varier la forme de la cage de ferrailage de façon à moduler l'action des armatures en fonction des sollicitations appliquées en service sur la pièce.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'une pièce en béton (1) munie d'une cage de ferrailage (3) noyée dans le béton (2) lors de la coulée de celui-ci, de sorte que si ladite pièce est soumise à une sollicitation, elle comporte, sous l'effet de celle-ci, deux parties situées de part et d'autre d'un axe neutre, respectivement une partie comprimée soumise à des efforts de compression absorbés principalement par le béton (2) et une partie tendue soumise à des efforts de traction absorbés principalement par au moins une armature longitudinale tendue (31) de la cage de ferrailage (3), s'étendant suivant une direction longitudinale d'application des efforts de traction, à une faible distance d'enrobage d'une face longitudinale tendue (20) de la pièce (1) et ayant une section transversale déterminée en fonction des efforts induits par la sollicitation, ladite armature longitudinale (31) étant constituée d'au moins une bande plate (4) à section rectangulaire, avec une face large (41) et une face étroite (41'), et comportant une partie centrale (C) comprise entre deux parties de blocage dans le béton, **caractérisé par le fait que** chaque partie de blocage dans le béton de l'armature tendue (31) est constituée d'une extrémité (5, 5') de la bande plate (4) recourbée en forme de crosse et prenant appui sur le béton par sa face large (41) dans le sens opposé à l'effort de traction absorbé, en formant une zone de blocage (B1, B'1) et que la partie centrale (C) de la bande (4) comprise entre lesdites zones de blocage (B1, B'1) est laissée libre de se détacher du béton qui l'enrobe, en glissant légèrement par rapport à celui-ci, à partir d'un certain niveau de sollicitation, de telle sorte que l'armature tendue (31) ne reste solidarisée avec le béton que dans ses parties de blocage (5, 5'), alors que ladite partie centrale (C) est libre de s'allonger sous l'effet des efforts absorbés, avec une répartition uniforme de la tension sur toute sa longueur.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** la largeur (l) et l'épaisseur (e) d'une armature longitudinale tendue en forme de bande (4), sont déterminées en fonction d'un effort de traction maximal à absorber, d'une part afin d'obtenir une section transversale suffisante pour l'absorption dudit effort maximal en restant dans le domaine élastique et d'autre part, pour que, dans chaque zone de blocage (B1, B'1), la partie du béton sur laquelle la bande (4) prend appui par sa face large (41), soit soumise à une contrainte de compression ne dépassant pas une limite admissible.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** chaque crosse (5) est réalisée par courbure d'une extrémité de la bande (4) autour d'un axe (50) parallèle au plan de sa face large (41).
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé par le fait que** la crosse (5) tourne autour d'un axe vertical (50') afin de réduire l'épaisseur de la pièce (1).
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** chaque barre tendue (31) est constituée d'une bande plate (4) orientée de façon que sa face large (41) soit sensiblement parallèle à la face tendue (20) de la pièce (1).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé par le fait que** chaque bande d'armature (4) est orientée, dans sa partie centrale (44'), perpendiculairement à la face tendue (20) de la pièce (1).
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la cage de ferrailage comporte deux nappes d'armatures longitudinales, respectivement (31) dans la partie tendue et (31') dans la partie comprimée, **caractérisé par le fait que** les armatures longitudinales comprimées (31') sont également constituées de barres plates.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** l'armature tendue de la cage (3) comporte au moins deux barres longitudinales (33, 34) formées chacune d'une bande plate et munies d'extrémités recourbées en forme de crosses (51, 51', 52, 52'), lesdites barres (33, 34) étant posées côte à côte et décalées longitudinalement l'une par rapport à l'autre de façon que les crosses (51, 51') (52, 52) ménagées à leurs extrémités soient placées à des distances différentes du plan médian transversal (Q) de la pièce (1), lesdites barres (33, 34) se recouvrant sur une certaine longueur (l₂) et se terminant vers l'intérieur, par deux crosses opposées (51', 52) sollicitées l'une vers l'autre sous l'effet des efforts de traction opposés appliqués res-

pectivement sur les deux bandes correspondantes (33, 34), en induisant la mise en compression d'un noyau de béton (B3) compris entre lesdites crosses internes (51', 52), sur ladite longueur de recouvrement (l_2).

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé par le fait que** les deux bandes accolées (33, 34) formant une armature longitudinale constituent deux brins d'une bande unique, formant une boucle entre deux niveaux écartés (30, 30'), de façon à entourer un noyau de béton (B3) mis en compression par serrage de ladite boucle sous l'effet des efforts de traction appliqués en des sens opposés sur les deux brins (33, 34) de l'armature longitudinale.

10. Procédé selon l'une des revendications 8 et 9, **caractérisé par le fait que** les crosses opposées (51', 52) tendant à mettre en compression le noyau de béton (B3) sont disposées en fonction du mode de chargement de la pièce (1) de façon que les efforts de traction induits dans le béton par les sollicitations appliquées soient compensés, au moins partiellement par la mise en compression dudit noyau (B3) entre les deux crosses opposées (51', 52).

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé par le fait que** l'armature tendue de la cage 3 est constituée d'un empilement de bandes longitudinales de différentes longueurs, respectivement une première bande (35) s'étendant sur une longueur l_1 un peu inférieure à celle de la pièce et une seconde bande (36) s'étendant sur une longueur l_2 inférieure à l_1 , chaque bande étant munie d'extrémités en forme de crosses (5, 5') (51, 51') tournées vers l'intérieur de la pièce, le béton étant mis en compression par les crosses (5, 5') (51, 51') qui absorbent les efforts de traction appliqués sur les bandes (35, 36) en raison du fléchissement de la pièce (1).

12. Procédé selon l'une des revendications 8 à 11, **caractérisé par le fait que** la pièce 1 est mise en compression pratiquement sur toute sa longueur par la tendance au rapprochement vers l'intérieur des crosses (5, 51, 52, 51', 52', 5') des différentes armatures, de façon à diminuer le risque de fissuration de la pièce, même au voisinage de la face tendue 20.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, de réalisation d'une pièce en béton (1) munie d'une cage de ferrailage (3) comportant au moins deux secteurs longitudinaux (S1, S2) reliés entre eux par des filants de répartition transversale (32) et comportant chacun au moins deux armatures longitudinales, respectivement une armature comprimée (31') et une armature tendue (31) en forme de bande plate (4), lesdites armatures comprimée (31') et tendue (31) étant reliées entre elles par au moins deux

étriers de liaison (13), **caractérisé par le fait que** les étriers de liaison (13) sont en forme de bandes et sont solidarisés avec l'armature tendue (31) par au moins une jonction (14) réalisée à proximité de chaque extrémité longitudinale de l'armature (31) de façon à former une zone de blocage (B) au niveau de chaque jonction (14), la partie centrale (44) de l'armature tendue (31) étant laissée libre de s'allonger.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que**, pour former une zone de blocage (B) entre une armature longitudinale tendue (31) et le béton (2), ladite armature (31) en forme de bande (4) est fendue axialement sur une certaine longueur et que les deux parties de bande (46, 47) ainsi constituées sont écartées l'une de l'autre pour former une ouverture (45') de passage transversal d'au moins un tronçon (48) de barre rigide susceptible de prendre appui sur le béton (2) dans le sens opposé à l'effort de traction appliqué sur la bande (4) constituant l'armature longitudinale (31).

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, de réalisation d'une pièce en béton (1) munie d'une cage de ferrailage (3), **caractérisé par le fait que**, la pièce (1) étant incurvée et obtenue par coulée de béton dans un moule ou coffrage à fond incurvé, après la pose dans le moule de la cage de ferrailage (3), cette dernière (3) est réalisée à plat et présente, en raison de l'utilisation de bandes plates, une flexibilité suffisante pour prendre, par son propre poids, la forme incurvée du fond du moule lorsqu'elle est posée dans celui-ci.

16. Pièce en béton (1) munie d'une cage de ferrailage (3) et comportant, sous l'effet d'une sollicitation, deux parties situées de part et d'autre d'un axe neutre, respectivement une partie comprimée (11') soumise à des efforts de compression absorbés principalement par le béton (2) et une partie tendue (11) soumise à des efforts de traction absorbés principalement par au moins une armature longitudinale tendue (31) de ladite cage de ferrailage (3), qui s'étend, suivant une direction longitudinale d'application des efforts de traction, à une faible distance d'enrobage d'une face longitudinale tendue (20) de la pièce (1) et présente une section transversale déterminée en fonction des efforts induits par la sollicitation, ladite armature longitudinale tendue (31) étant constituée d'au moins une bande plate (4) à section rectangulaire, ayant une face large (41) et une face étroite (41') et comportant une partie centrale (C) comprise entre deux parties de blocage dans le béton, **caractérisée par le fait que** chaque partie de blocage dans le béton de l'armature tendue (31) est constituée d'une extrémité (5, 5') de la bande plate (4)

recourbée en forme de crosse et prenant appui sur le béton par sa face large (41) dans le sens opposé à l'effort de traction absorbé, en formant une zone de blocage (B1, B'1) et que la partie centrale (C) de la bande (4) comprise entre lesdites zones de blocage (B1, B'1) est laissée libre de se détacher du béton qui l'enrobe, en glissant légèrement par rapport à celui-ci, à partir d'un certain niveau de sollicitation, de telle sorte que l'armature tendue (31) ne reste solidarisée avec le béton que dans ses parties de blocage (5, 5'), alors que ladite partie centrale (C) est libre de s'allonger sous l'effet des efforts absorbés, avec une répartition uniforme de la tension sur toute sa longueur.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

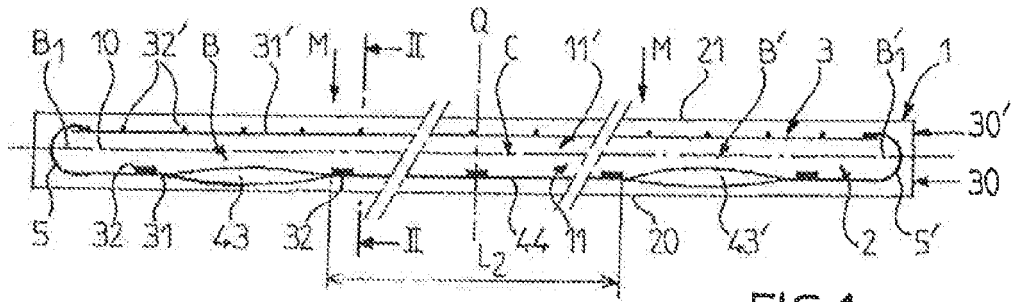


FIG. 1

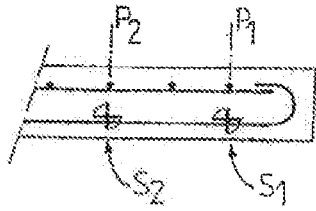


FIG. 2

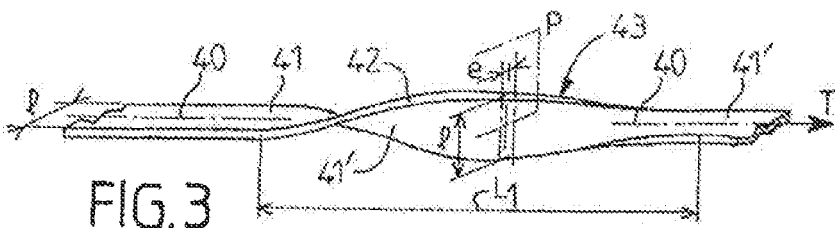


FIG. 3



FIG. 4

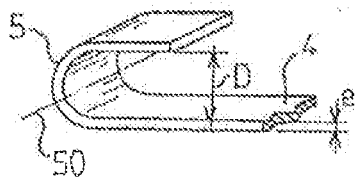


FIG. 5

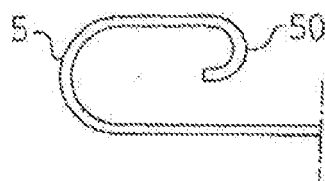


FIG. 6

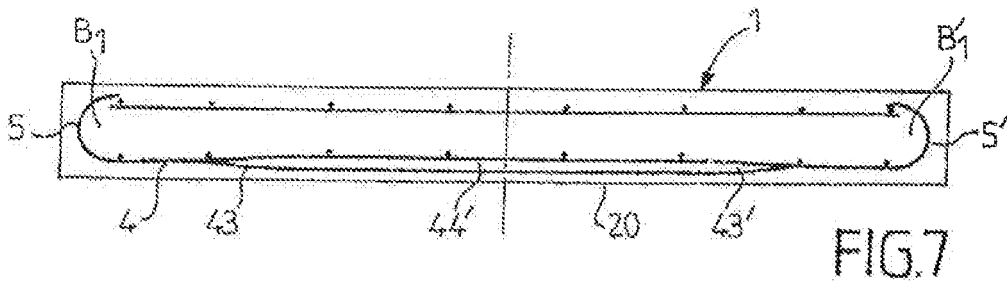


FIG. 7



FIG. 8

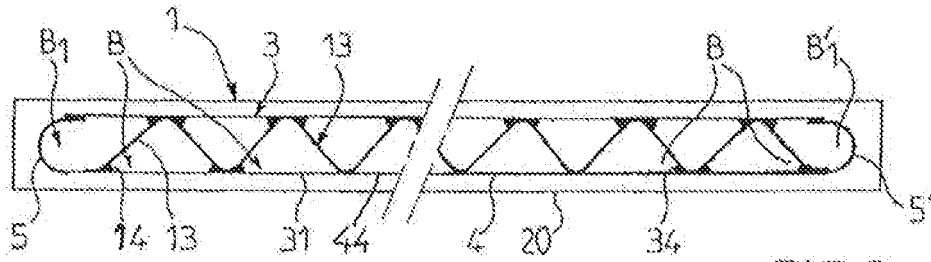


FIG. 9

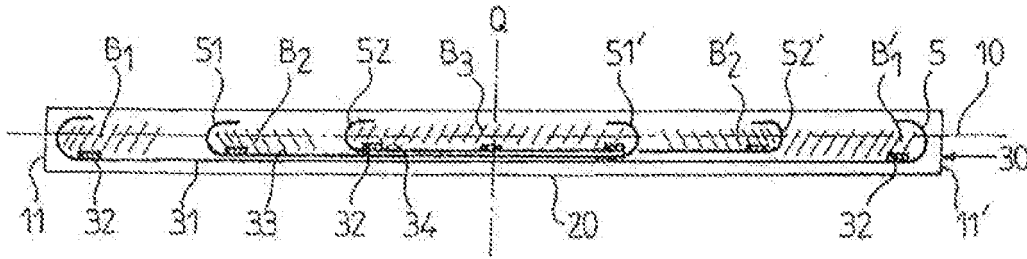


FIG. 10

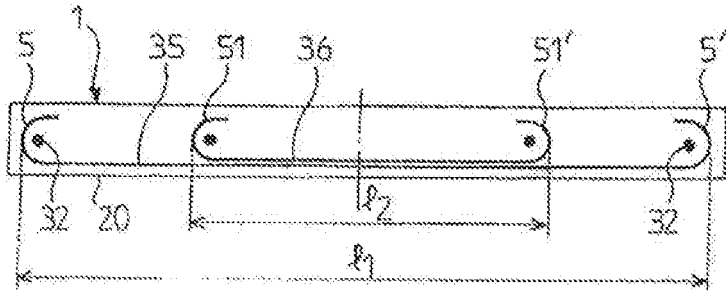


FIG. 11

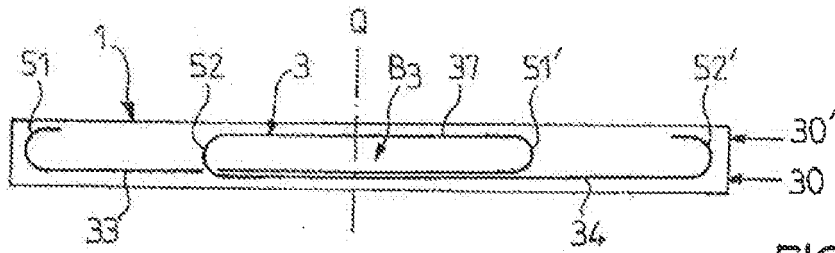


FIG. 12

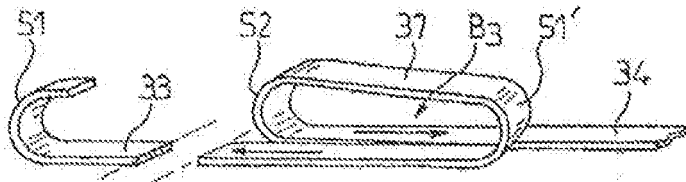


FIG. 13

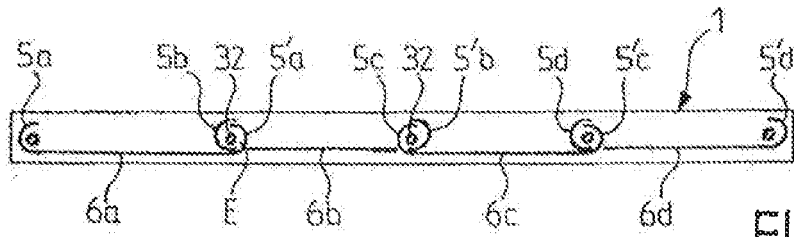


FIG. 14

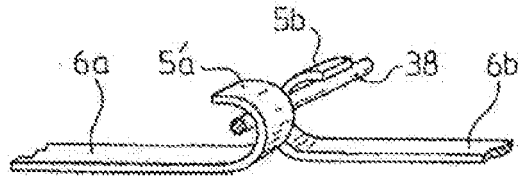


FIG. 15

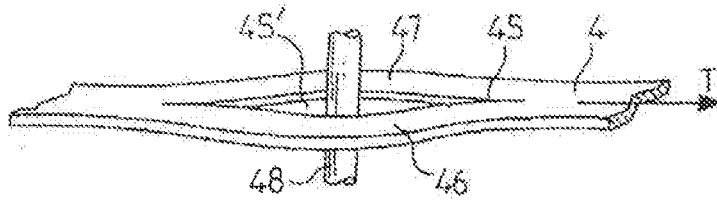


FIG. 16

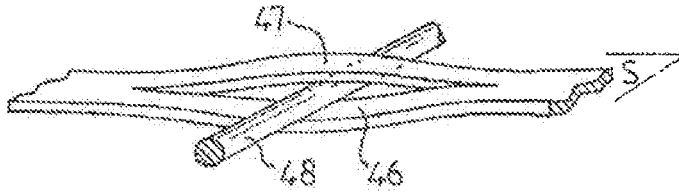


FIG. 17

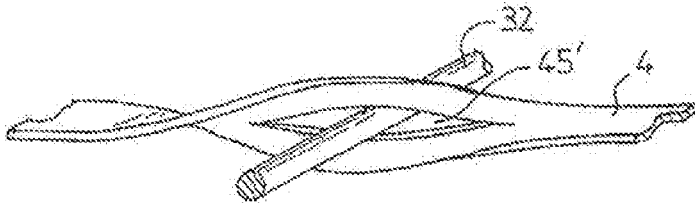


FIG. 18

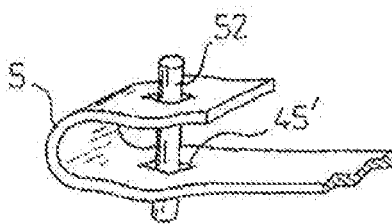


FIG. 19

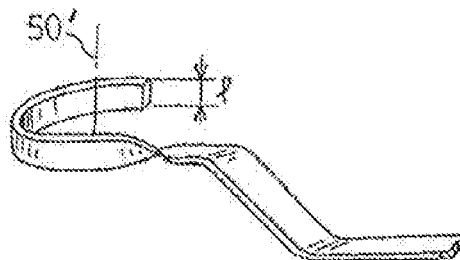


FIG. 20

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2814480 A [0055] [0057] [0074] [0085]