

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 069 870

21 N° d'enregistrement national : 17 57500

51 Int Cl⁸ : E 04 C 3/26 (2006.01), E 04 B 1/06, 1/22

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.08.17.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 08.02.19 Bulletin 19/06.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SABBAH ALAIN — AE.

72 Inventeur(s) : SABBAH ALAIN.

73 Titulaire(s) : SABBAH ALAIN.

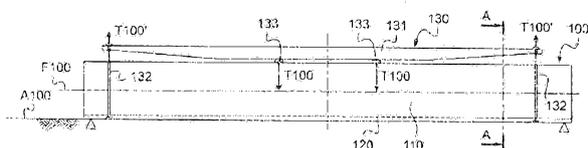
74 Mandataire(s) : JACOBACCI CORALIS HARLE
Société par actions simplifiée.

54 PROCEDE DE FABRICATION D'UN ELEMENT DE STRUCTURE.

57 L'invention concerne un procédé de fabrication d'un
élément de structure (100) comportant :

- une étape de mise en tension d'au moins un tendeur (120),
- une étape de coulage autour de chaque tendeur d'un matériau à l'état fluide,
- une étape de séchage dudit matériau qui, en durcissant, forme un corps allongé (110) présentant une fibre moyenne (F100), et
- une étape de libération de chaque tendeur de façon à ce que le corps allongé soit comprimé longitudinalement selon un axe de compression (A100) distinct de la fibre moyenne.

Selon l'invention, préalablement à l'étape de libération, il est prévu une étape de mise en charge de l'élément de structure de façon à lui appliquer un effort provisoire (T100, T100') transversal à l'axe de compression.



FR 3 069 870 - A1



DOMAINE TECHNIQUE AUQUEL SE RAPPORTE L'INVENTION

La présente invention concerne de manière générale la fabrication
5 d'infrastructures telles que des bâtiments, des ponts, des barrages ou toute autre
sorte d'ouvrages.

Elle concerne plus particulièrement un procédé de fabrication d'un
élément de structure comportant :

- une étape de mise en tension d'au moins un tendeur,
- 10 - une étape de coulage autour de chaque tendeur d'un matériau à
l'état fluide,
- une étape de séchage dudit matériau qui, en durcissant, forme un corps
allongé présentant une fibre moyenne, et
- une étape de libération de chaque tendeur de façon à ce que le corps
15 allongé soit comprimé longitudinalement selon un axe de compression distinct de
la fibre moyenne.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

Il est courant, lors de la construction d'un bâtiment, d'un ouvrage routier
ou de tout type d'infrastructure, d'utiliser des poutres et des dalles en béton.

20 Un problème bien connu du béton est que, s'il résiste bien aux efforts de
compression, il se fissure vite lorsqu'il est soumis à des efforts de traction, même
de faibles intensités.

Il est alors connu de renforcer le béton par des armatures métalliques.
On parle de « béton armé ».

25 Si le béton armé présente certains avantages, son utilisation devient
contreproductive lorsque les contraintes exercées sur les poutres deviennent
importantes, du fait de l'alourdissement de la section de béton armé.

La solution alors envisagée est d'utiliser du béton dit « précontraint »,
c'est-à-dire du béton traversé par une armature métallique qui comprime le béton.

30 L'idée est alors de s'assurer que le béton travaille toujours en
compression et jamais (ou peu) en traction. Pour cela, on exerce une traction
initiale sur l'armature métallique de telle sorte qu'une fois installée dans
l'infrastructure, la poutre en béton soit comprimée par cette armature métallique.

De cette manière, lorsque le béton subit des efforts de traction, il se

décomprime mais ne travaille jamais en traction, ce qui évite l'apparition de fissures.

5 L'armature métallique utilisée est généralement formée de câbles ou de barres en acier. Lorsque la poutre est destinée à être installée horizontalement sur un ouvrage, les câbles sont généralement disposés dans la partie inférieure de la section de la poutre. De cette façon, l'armature métallique a tendance à faire fléchir la poutre vers le haut (on parle de « contre-flèche »), ce qui lui permet de supporter de plus fortes charges.

10 L'un des procédés de fabrication de poutres en béton précontraint, dit de « pré-tension », consiste à appliquer une tension à l'armature métallique, à couler le béton autour de l'armature métallique, puis à attendre que le béton sèche. L'armature est ensuite libérée, mettant ainsi le béton en compression par simple effet d'adhérence. A ce moment, la poutre fléchit vers le haut, ce qui génère des efforts de traction dans le béton, notamment au centre de la face supérieure de la

15 poutre.

On comprend alors qu'il n'est pas possible de tendre l'armature métallique au-delà d'un certain seuil.

20 En outre, avant de décoffrer (c'est-à-dire de démouler) la poutre en béton, il est nécessaire d'attendre que le béton ait suffisamment durci afin que ses propriétés mécaniques soient suffisante pour résister à ces efforts de traction ou de compression. Ce temps d'attente, au cours duquel le banc utilisé pour fabriquer la poutre reste indisponible et ne permet donc pas de fabriquer de nouvelles poutres, est relativement long.

OBJET DE L'INVENTION

25 Afin de remédier aux inconvénients précités de l'état de la technique, la présente invention propose un procédé de fabrication tel que défini dans l'introduction dans lequel, préalablement à ou concomitamment avec l'étape de libération, il est prévu une étape de mise en charge de l'élément de structure de façon à lui appliquer un effort provisoire externe, de direction inclinée par rapport à

30 l'axe de compression.

Ainsi, grâce à la charge appliquée à l'élément de structure, il est possible de réduire la contre-flèche qui apparaît lors de la libération des tendeurs de précontrainte. Ceci a pour résultat de réduire les effets du moment de précontrainte s'exerçant dans le béton.

De ce fait, il est possible de transférer les forces de la précontrainte à l'élément de structure plus tôt, sans attendre que le béton ait atteint ses propriétés mécaniques de résistance nominale. Ainsi le banc de préfabrication peut-il être réutilisé plus tôt pour fabriquer de nouveaux éléments de structure, à une cadence plus élevée.

Il est également possible d'augmenter la force de précontrainte, soit en prolongeant en conséquence le temps de séchage (sous charge provisoire et hors coffrage) de l'élément de structure, soit en supprimant l'effort provisoire uniquement lorsque l'élément de structure est installé dans l'infrastructure. De cette façon, une fois en place dans l'infrastructure, l'élément de structure peut supporter de plus fortes charges.

D'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives du procédé de fabrication conforme à l'invention sont les suivantes :

- il est prévu, après l'étape de libération, une étape de décharge au cours de laquelle l'effort provisoire appliqué à l'élément de structure est supprimé ;
- au cours de l'étape de coulage et de séchage, le corps allongé est positionné de façon à ce que sa fibre moyenne s'étende horizontalement, et, au cours de l'étape de mise en charge, l'effort provisoire est appliqué verticalement ;
- au cours de l'étape de mise en charge, un contrepoids est positionné sur le corps allongé ;
- le contrepoids est centré sur la face supérieure du corps allongé ;
- au cours de l'étape de mise en charge, un dispositif de redressement est positionné sur le corps allongé de façon à exercer un effort provisoire de compression sur une partie centrale du corps allongé et des efforts provisoires de traction sur des parties d'extrémité du corps allongé ;
- lors de l'étape de mise en charge et avant l'étape de libération, le dispositif de redressement est placé en appui par sa partie centrale contre le corps allongé (directement ou via un système de calles) et des tendeurs provisoires sont tendus sans jeu, entre des parties d'extrémité du dispositif de redressement et les parties d'extrémité du corps allongé ;
- après l'étape de libération, l'effort provisoire de compression et les efforts provisoires de traction sont augmentés ;
- le dispositif de redressement est semblable à l'élément de structure ;
- le dispositif de redressement et l'élément de structure sont placés de

façon symétrique par rapport à un plan médian.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN EXEMPLE DE REALISATION

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

5

Sur les dessins annexés :

- la figure 1A est une vue schématique de côté d'une poutre et d'un dispositif de redressement conforme à un premier mode de réalisation de l'invention ;

10

- la figure 1B est une vue en coupe, selon le plan A-A, de la figure 1A ;

- la figure 2A est une vue schématique de côté d'une poutre et d'un dispositif de redressement conforme à un second mode de réalisation, placés dans une position superposée ;

- la figure 2B est une vue en coupe, selon le plan B-B, de la figure 2A ;

15

- la figure 3A est une vue schématique de côté d'une poutre et d'un dispositif de redressement conforme au second mode de réalisation, placés dans une position juxtaposée ;

- la figure 3B est une vue en coupe, selon le plan C-C, de la figure 3A ;

20

- la figure 4 est une vue schématique de côté d'une dalle et de deux matelas de charge ;

- la figure 5 est une vue schématique de côté de l'un des matelas de charge de la figure 4 ;

- la figure 6A est une vue schématique de côté d'une dalle et d'un système de charge ; et

25

- la figure 6B est une vue en coupe, selon le plan D-D, de la figure 6A.

En préliminaire on notera que les éléments identiques ou similaires des différentes variantes et des différents modes de réalisation de l'invention représentés sur les différentes figures seront, dans la mesure du possible, référencés par les mêmes signes de référence et ne seront pas décrits à chaque fois.

30

On notera également que l'expression « élément de structure » pourra désigner tout élément utilisé dans un ouvrage pour composer et/ou rigidifier la structure de cet ouvrage (cet ouvrage pouvant être de tout type : bâtiment, pont, canal...).

L'élément de structure pourra présenter tout type de forme, et avoir des fonctions diverses. Il pourra par exemple s'agir d'un conduit ou d'un hourdi. Dans la suite de la description, l'élément de structure considéré sera une poutre 100 (figures 1A à 3B) ou une dalle (figure 4 à 6B).

5 La poutre 100 considérée sera préférentiellement profilée et elle pourra présenter tout type de section transversale (carrée, en I, en T,). On considérera ici qu'elle présente une section rectangulaire.

De la même façon, la dalle 200 considérée sera préférentiellement profilée et elle pourra présenter tout type de section transversale. On considérera
10 ici qu'elle présente une section rectangulaire et qu'elle est alvéolée.

L'élément de structure est précontraint en ce sens qu'il comporte un corps 110, 210 allongé, réalisé de préférence en béton, ainsi que des tendeurs permanents 120, 220 destinés à comprimer le corps 110, 210. Ces tendeurs permanents sont ici formés par des câbles métalliques mais ils pourraient se
15 présenter sous d'autres formes (tiges métalliques, câbles en fibres de carbone...).

On définira la « fibre neutre F100, F200 » du corps 110, 210 de l'élément de structure comme la ligne géométrique passant par les centres de gravité des sections transversales de ce corps. Ici, les sections de la poutre 100 et de la dalle 200 considérées étant rectangulaires, les centres géométriques et les centres de
20 gravité des sections sont confondus.

Dans la suite de la description, on distinguera les « tendeurs permanents » des « tendeurs provisoires ». On pourra distinguer ces deux types de tendeurs de la façon suivante : alors que les tendeurs permanents sont prévus pour rester définitivement tendus et attachés au corps 110, 210 de la poutre 100
25 ou de la dalle 200 (notamment après que la poutre ou la dalle a été placée de façon définitive dans un ouvrage et qu'elle supporte des charges), les tendeurs provisoires sont conçus pour pouvoir être détendus (notamment au moment où le béton est considéré comme suffisamment sec pour pouvoir supporter les efforts exercés par les seuls tendeurs permanents).

30 On utilisera par ailleurs les termes « inférieur » et « supérieur » par rapport à la poutre ou à la dalle, en considérant la poutre ou la dalle telle qu'elle sera positionnée dans un ouvrage (ici on considérera que la poutre ou la dalle sera placée horizontalement, en appui par ses deux extrémités sur un bâti). La partie inférieure d'un élément désignera alors la partie de cet élément qui est

ournée du côté du sol et la partie supérieure désignera la partie de cet élément qui est tournée vers le ciel.

Dans cette configuration, les tendeurs permanents 120, 220 s'étendront parallèlement à la fibre neutre F100, F200 de la poutre ou de la dalle, sous cette
5 fibre neutre.

Du fait de son poids propre et du poids des charges qu'elle devra supporter, la poutre 100 ou la dalle 200 aura naturellement tendance à fléchir vers le bas.

Pour éviter l'apparition de fissures, il est prévu de précontraindre le corps
10 110, 210 de la poutre ou de la dalle, en exerçant une force de traction sur les tendeurs permanents 120, 220 puis en relâchant cette force, de façon à ce que ces derniers puissent ensuite comprimer le corps 110, 210 (on parle de « transfert de la précontrainte »).

Du fait de la position des tendeurs permanents 120, 220 dans la partie
15 inférieure de la poutre 100 ou de la dalle 200, cette dernière a alors tendance à fléchir dans le sens inverse, vers le haut (on parle de « contre-flèche »), ce qui lui permet de supporter de plus grosses charges.

On comprend qu'au moment de la construction de la poutre (lorsque la poutre n'est pas encore chargée), il n'est pas possible de tendre exagérément les
20 tendeurs permanents 120, 220, sauf à risquer de voir apparaître des fissures dans la partie centrale supérieure de la poutre.

L'invention porte alors sur une solution permettant de tendre au mieux ces tendeurs permanents 120, 220 et de réduire au maximum la durée de fabrication de la poutre ou de la dalle.

Pour décrire l'invention, on peut tout d'abord exposer en détail les
25 différentes étapes de la fabrication de l'élément de structure, qui seront globalement les mêmes dans le cas où l'élément de structure est une poutre 100 ou une dalle 200.

Au cours d'une première étape de coffrage, les tendeurs permanents
30 120, 220 sont installés dans un coffrage d'un banc de fabrication de poutres ou de dalles alvéolées. Ce coffrage délimite un volume intérieur dont la forme correspondra à la forme de l'élément de structure fini.

Au cours d'une seconde étape de mise en tension, les tendeurs permanents 120, 220 sont tendus au moyen de vérins fixés au banc de

préfabrication. Les tendeurs permanents 120, 220 ont alors tendance à naturellement s'allonger, par déformation élastique.

5 Au cours d'une troisième étape de coulage, pouvant suivre ou précéder ou être concomitante avec la seconde étape, un matériau durcissable et à l'état liquide est coulé dans le coffrage.

10 Ce matériau est de préférence du béton. Il pourra s'agir d'un béton standard dont la résistance à la compression f_{c28} est inférieure à 40 MPa. De façon préférentielle, il s'agira plutôt d'un béton à hautes performances (avec une résistance à la compression f_{c28} supérieure à 50MPa), ou d'un béton à très hautes performances (avec une résistance à la compression f_{c28} supérieure à 70MPa), ou encore d'un béton à ultra hautes performance (avec une résistance à la compression f_{c28} supérieure à 150MPa).

Il est ensuite prévu une quatrième étape de séchage au cours de laquelle on laisse le béton durcir.

15 En durcissant, le béton forme le corps allongé 110, 210 de la poutre 100 ou de la dalle 200.

20 Au cours de cette étape, le béton a naturellement tendance à adhérer aux tendeurs permanents 110, 120. Alors, une fois qu'ils seront relâchés, ces tendeurs permanents 110, 120 auront tendance à vouloir reprendre leurs formes initiales, ce qui leur permettra de comprimer le corps allongé 110, 210 de la poutre 100 ou de la dalle 200 selon un axe moyen, ci-après appelé « axe de compression A100, A200 ».

25 Une fois que le béton est jugé suffisamment dur, il est prévu une étape de mise en charge de la poutre 100 ou de la dalle 200, alors que les vérins maintiennent tendus les tendeurs permanents 120, 220.

30 Cette étape de mise en charge intervient lorsque le béton a partiellement durci, c'est-à-dire lorsque ses propriétés mécaniques sont jugées suffisamment élevées. A ce stade, ses propriétés mécaniques présentent des valeurs encore très inférieures aux valeurs nominales qui seront atteintes après 28 jours de séchage.

Au cours de cette étape, qui sera décrite plus en détail dans la suite de cet exposé, un effort provisoire est appliqué sur la poutre ou sur la dalle, selon une direction transversale à l'axe de compression A100, A200.

Par « transversale », on entend que l'effort provisoire s'applique selon

une direction qui est non parallèle à l'axe de compression, et qui est de préférence inclinée de plus de 45 degrés par rapport à celui-ci. Comme cela apparaîtra clairement dans la suite de cet exposé, un angle droit est préféré.

5 A la suite de cette étape de mise en charge de la poutre 100 ou de la dalle 200 (ou simultanément avec cette étape), il est prévu une étape de libération des tendeurs permanents 120 ; 220 de façon à ce que ces derniers compriment le corps allongé 110 ; 210 selon l'axe de compression A100, A200 : le transfert de la précontrainte a donc lieu à ce moment.

10 Parce que cet axe de compression est situé sous la fibre neutre F100, F200 du corps allongé 110, 210, ce dernier a tendance à fléchir vers le haut. L'effort provisoire appliqué sur le corps allongé 110, 210 permet alors de restreindre ou d'empêcher cette déformation en flexion, ce qui évite que des contraintes de traction n'apparaissent dans le béton et créent des fissures.

15 La poutre 100 ou la dalle 200 est alors décoffrée et le banc de fabrication peut alors être rapidement réutilisé.

La poutre 100 ou la dalle 200 est alors placée dans un espace de stockage, de façon à ce que son séchage puisse se prolonger sous charge provisoire.

20 Le séchage du béton se poursuit jusqu'à ce que les propriétés mécaniques du béton atteignent des valeurs proches des valeurs nominales pour lesquelles le béton a été conçu.

Enfin, une fois que le béton est considéré suffisamment sec et solide, il est prévu une étape de décharge au cours de laquelle l'effort provisoire appliqué sur la poutre 100 ou la dalle 200 est supprimé.

25 Cette étape de décharge peut avoir lieu sur le site de fabrication, ou après installation de la poutre 100 ou de la dalle 200 dans l'infrastructure.

30 L'intérêt de décharger la poutre 100 ou la dalle 200 une fois cette dernière installée dans l'infrastructure est qu'il est alors possible de supprimer l'effort provisoire seulement lorsque la poutre 100 ou la dalle 200 supporte par ailleurs des charges permanentes (c'est-à-dire les charges qu'elle devra supporter jusqu'à destruction de l'infrastructure). Ainsi, à aucun moment la poutre 100 ou la dalle 200 ne sera complètement déchargée. On comprend donc qu'il sera dès lors possible de lui appliquer une grande précontrainte (via les tendeurs permanents) sans risquer qu'elle ne fléchisse trop fortement vers le haut au cours de sa

fabrication, de son transport vers l'infrastructure et de son utilisation dans l'infrastructure.

L'effort provisoire appliqué sur la dalle 100 ou sur la poutre 200 peut être exercé de diverses manières. On peut alors maintenant détailler des exemples de réalisation différents illustrant ces différentes manières de mettre en charge la poutre 100 et la dalle 200, en se référant aux figures jointes.

Sur les figures 1A et 1B, on a représenté un premier mode de réalisation de l'invention dans lequel l'élément de structure considéré est une poutre 100 et dans lequel la charge provisoire est appliquée à l'aide d'un dispositif de redressement 130.

Le dispositif de redressement 130 comporte ici deux poutrelles métalliques 131 parallèles et identiques, présentant chacune une partie centrale d'épaisseur constante et deux extrémités affinées.

Chaque poutrelle métallique 131 est utilisée pour mettre en charge la poutre 100 en exerçant un effort provisoire sur celle-ci qui présente :

- une composante de compression (en l'espèce, il s'agit de deux forces de compression T100 s'exerçant sur une partie centrale du corps allongé 110 de la poutre 100), et
- une composante de traction (en l'espèce, il s'agit de deux forces de traction T100' s'exerçant respectivement sur les deux parties d'extrémité du corps allongé 110 de la poutre 100).

Pour utiliser ces poutrelles métalliques 131, il est prévu, au cours de l'étape de coffrage, de placer le coffrage à l'horizontal, de placer les tendeurs permanents 120 à l'horizontal, et de placer des câbles gainés 132 à la verticale dans le coffrage. Ces câbles gainés 132 sont répartis par paires à proximité des extrémités du coffrage. Ils sont placés dans le coffrage de façon à ce que la gaine s'étende sur toute la hauteur du coffrage, et que les extrémités des câbles soient accessibles au-dessus et en dessous du coffrage.

Après l'étape de coulage, les câbles peuvent ainsi coulisser dans leurs gaines de façon à ce que leurs extrémités inférieures s'appuient contre la face inférieure du corps 110 de la poutre 100 et que leurs extrémités supérieures puissent être enfilées au travers d'orifices prévus en correspondance dans les poutrelles métalliques 131.

Au cours de l'étape de mise en charge, des calles 133 sont placées sur

la face supérieure du corps 110 de la poutre 100, de part et d'autre du centre de la poutre (en variante, une seule calle pourrait être employée). Les poutrelles métalliques 131 sont alors installées sur ces calles 133, parallèlement à la fibre neutre F100 du corps 110 de la poutre 100.

5 Puis, les extrémités supérieures des câbles gainés 132 sont enfilées au travers des orifices prévus en correspondance dans les poutrelles métalliques 131.

 Ces câbles gainés 132 sont alors ajustés sans jeu, de façon à être tendus entre les extrémités des poutrelles métalliques 131 et les extrémités du
10 corps 110 de la poutre 100.

 A ce stade, on peut prévoir qu'ils n'exercent aucun effort sur le corps 110 de la poutre 100.

 Toutefois, de façon préférentielle, ces câbles gainés 132 sont mis en tension de façon à exercer des efforts de traction T_{100} verticaux sur les deux
15 extrémités de la poutre 100. Par voie de conséquence et du fait de leurs poids propres, les poutrelles métalliques 131 exercent alors des efforts de compression T_{100} verticaux sur une partie centrale de la poutre 100.

 Puis, au cours de l'étape de libération, le corps 110 de la poutre 100 a naturellement tendance à fléchir, de sorte que les câbles gainés 132 vont
20 simultanément se tendre davantage, ce qui provoque le fléchissement des poutrelles métalliques 131.

 Les efforts de traction et de compression, qui augmentent ainsi brutalement, permettent de générer un moment de force qui s'oppose à la flexion de la poutre 100 induite par les tendeurs permanents 120 lorsque ces derniers
25 sont relâchés.

 A ce stade, on peut prévoir d'augmenter encore les efforts de traction et de compression à l'aide de vérins en tirant sur les câbles gainés 132 ou en poussant les poutrelles métalliques 131 vers les calles.

 Une fois la poutre 100 complètement sèche, il est prévu de détendre les
30 câbles gainés 132 (bien après l'étape de libération) de façon à pouvoir ôter les poutrelles métalliques 131 et à pouvoir les réutiliser. Puisque les câbles gainés 132 sont destinés à rester installés sur la poutre 100 au cours d'une durée réduite de quelques jours, ils peuvent être qualifiés de « tendeurs provisoires » par opposition aux tendeurs permanents 120.

A titre d'exemple, la poutre 100 considérée pourra présenter une longueur de 25 mètres et un poids de 20 tonnes, auquel cas les deux poutrelles métalliques 131 utilisées présenteront ensemble un poids cumulé de 3 tonnes.

5 Selon une variante de ce premier mode de réalisation, l'élément de structure pourra être, non pas une poutre 100, mais plutôt une dalle 200. A titre d'exemple, cette dalle pourra présenter une longueur de 12 mètres et un poids de 5 tonnes, auquel cas les poutrelles métalliques 131 utilisées (du type HEM 200) présenteront ensemble un poids cumulé de 3 tonnes. On pourra dans cette variante utiliser plus de deux poutrelles métalliques 131.

10 Selon une autre variante de ce premier mode de réalisation, on pourrait prévoir d'exercer l'effort provisoire sur la poutre, non pas en tirant sur les câbles gainés, mais plutôt en exerçant un effort de compression sur le centre des poutrelles métalliques, en utilisant par exemple une presse.

15 Selon d'autres variantes de ce premier mode de réalisation, on aurait pu utiliser une seule poutrelle métallique, ou un plus grand nombre de poutrelles métalliques, ou encore des poutrelles fabriquées dans des matériaux différents (fibres de carbone, fibres de verres...).

20 Sur les figures 2A à 3B, on a représenté un second mode de réalisation de l'invention dans lequel l'élément de structure considéré est une poutre 100 et dans lequel le dispositif de redressement est formé, non plus par deux poutrelles métalliques 131, mais plutôt par une seconde poutre 140 de forme identique à la première poutre 100.

25 La mise en charge de la première poutre 100 par la seconde poutre 140 est homologue de celle décrite supra, en référence aux figures 1A et 1B. Ainsi, deux calles 143 sont utilisées pour séparer les deux poutres 100, 140 au niveau de leurs centres, et des câbles gainés 142 traversant transversalement les deux poutres 100, 140 sont utilisées pour empêcher ces deux poutres de fléchir l'une vers l'autre.

30 Ce second mode de réalisation est particulièrement avantageux puisqu'il ne nécessite aucun artifice particulier pour sa mise en œuvre et qu'il permet de fabriquer simultanément deux poutres.

Préférentiellement, les deux poutres 100, 140 sont fabriqués dans des positions symétriques par rapport à un plan médian passant entre elles.

Ainsi, comme le montrent les figures 2A et 2B, les deux poutres 100, 140

peuvent être fabriquées en position superposée l'une au-dessus de l'autre, auquel cas les tendeurs permanents de la poutre 140 du dessus seront placés dans la partie haute de cette poutre, et les tendeurs permanents 120 de la poutre 100 du dessous seront placés dans la partie inférieure de cette poutre.

5 En variante, comme le montrent les figures 3A et 3B, les deux poutres 100, 140 pourront être fabriquées en position juxtaposée l'une à côté de l'autre, auquel cas les tendeurs permanents de la première poutre 100 seront placés du côté opposé de ceux de la seconde poutre 140. Cette variante sera préférée en ce sens qu'elle facilitera les étapes de coulage du béton dans les coffrages des deux
10 poutres 100, 140.

 Sur la figure 4, on a représenté un troisième mode de réalisation de l'invention dans lequel l'élément de structure considéré est une dalle 200 et dans lequel l'effort provisoire T200 appliqué sur la dalle 200 est exercé par un contreponds se présentant ici sous la forme d'un ou plusieurs matelas de
15 chargement 230.

 Dans ce mode de réalisation, au cours de l'étape de coulage et de séchage de la dalle 200, le coffrage est positionné horizontalement de façon à ce que la fibre neutre F200, les tendeurs permanents 220 et la face supérieure du corps 210 de la dalle 200 s'étendent horizontalement.

20 Une fois que le béton est suffisamment sec, la dalle 200 est mise en charge à l'aide de deux matelas de chargement 230 (avant d'être décoffrée et avant que ses tendeurs permanents 220 n'appliquent un effort de compression sur son corps 210).

 Il est ici prévu de charger la dalle 200 en superposant les deux matelas
25 de chargement 230 et en les centrant sur la face supérieure de la dalle 200.

 Ainsi, le poids des matelas de chargement 230 s'exerce selon un axe vertical perpendiculaire à la fibre moyenne F200 du corps 210 de la dalle 200.

 Sur la figure 5, on a représenté en détail l'un de ces matelas de chargement 230. Ce matelas de chargement 230 se présente ici sous la forme
30 d'une housse 231 remplie d'un matériau lourd 233.

 La housse 231 pourra par exemple être réalisée en fibres de verre ou en polyester renforcé. Elle pourra présenter une forme parallélépipédique avec, sur sa surface supérieure, des anses 232 permettant sa manutention à l'aide d'outils adaptés (grues...).

Elle présentera de préférence une longueur au moins égale au tiers de la longueur de la dalle 200, une largeur au moins égale à la moitié de la largeur de la dalle 200, et une épaisseur de 10 à 20 centimètres.

5 Le matériau lourd 233 utilisé pourra par exemple être constitué de granulats, de sable ou de fragments métalliques (en plomb, en acier...). La housse 231 devra alors être compartimentée de façon à ce que sa masse soit sensiblement uniforme dans sa longueur et dans sa largeur.

Le matelas de chargement 230 présentera ainsi de préférence un poids de 200 à 400 kg par mètre carré.

10 Sur les figures 6A et 6B, on a représenté une variante de réalisation de ce troisième mode de réalisation de l'invention, dans laquelle le matelas de chargement est remplacé par une ou plusieurs poutrelles métalliques 240 de poids importants.

15 Ces poutrelles métalliques 240 pourront s'appliquer directement sur la dalle 200. En variante, on pourra utiliser des calles 253 pour répartir le poids de ces poutrelles sur différentes zones de la dalle 200.

Ici, comme le montre la figure 6A, on combine l'effet du poids des poutres avec l'effet des efforts de traction exercés sur des câbles 252 noyés dans le béton de la dalle 200.

20

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un élément de structure (100 ; 200) comportant :

- 5 - une étape de mise en tension d'au moins un tendeur (120 ; 220) de précontrainte,
- une étape de coulage autour de chaque tendeur (120 ; 220) d'un matériau à l'état fluide,
- une étape de séchage dudit matériau qui, en durcissant, forme un corps allongé (110 ; 210) présentant une fibre moyenne (F100 ; F200), et
- 10 - une étape de libération de chaque tendeur (120 ; 220) de façon à ce que le corps allongé (110 ; 210) soit comprimé longitudinalement selon un axe de compression (A100 ; A200) distinct de la fibre moyenne (F100 ; F200),
- caractérisé en ce que, préalablement ou simultanément avec l'étape de libération, il est prévu une étape de mise en charge de l'élément de structure
- 15 (100 ; 200) de façon à lui appliquer un effort provisoire (T100, T100' ; T200) externe, transversal à l'axe de compression (A100 ; A200).

2. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel il est prévu, après l'étape de libération, une étape de décharge au cours de laquelle l'effort provisoire (T100, T100' ; T200) appliqué à l'élément de structure

20 (100 ; 200) est supprimé.

3. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, au cours de l'étape de coulage et de séchage, le corps allongé (110 ; 210) est positionné de façon à ce que sa fibre moyenne (F100 ; F200) s'étende horizontalement, et, au cours de l'étape de mise en charge, l'effort provisoire

25 (T100, T100' ; T200) est appliqué verticalement.

4. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel, au cours de l'étape de mise en charge, un contrepoids (230 ; 240) est positionnée sur le corps allongé (210).

30 5. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel le contrepoids (230 ; 240) est centré sur la face supérieure du corps allongé (210).

6. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel, au cours de l'étape de mise en charge, un dispositif de redressement

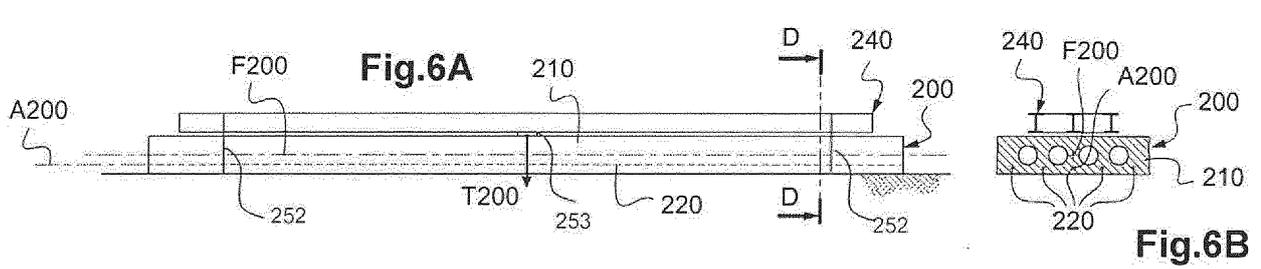
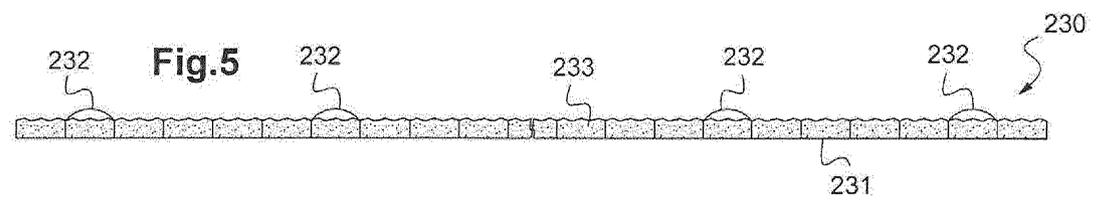
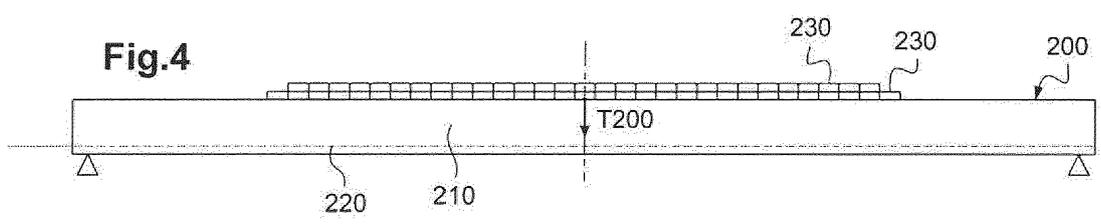
(130 ; 140) est positionné sur le corps allongé (110) de façon à exercer un effort provisoire (T100) de compression sur une partie centrale du corps allongé (110) et des efforts provisoires (T100') de traction sur des parties d'extrémité du corps allongé (110).

5 7. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel, lors de l'étape de mise en charge et avant l'étape de libération, le dispositif de redressement (130) est placé en appui par sa partie centrale contre le corps allongé (110) et des tendeurs provisoires sont tendus sans jeu, entre des parties d'extrémité du dispositif de redressement (130) et les parties d'extrémité du corps
10 allongé (110).

8. Procédé de fabrication selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel, après l'étape de libération, l'effort provisoire (T100) de compression et les efforts provisoires (T100') de traction sont augmentés.

9. Procédé de fabrication selon l'une des trois revendications
15 précédentes, dans lequel le dispositif de redressement (140) est semblable à l'élément de structure (100).

10. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif de redressement (140) et l'élément de structure (100) sont placés de façon symétrique par rapport à un plan médian.



**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche

 N° d'enregistrement
 national

 FA 843439
 FR 1757500

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X A	JP 2000 064616 A (SHOWA CONCRETE IND.) 29 février 2000 (2000-02-29) * abrégé; figures * -----	1-8 9,10	E04C3/26 E04B1/22 E04B1/06
X A	JP 403 090 305 A (DE-P-KENSETSU KOGYO KK) 16 avril 1991 (1991-04-16) * abrégé; figures * -----	1-5 6-10	
A	FR 2 015 884 A1 (PREFLEX) 30 avril 1970 (1970-04-30) * revendication 1; figures * -----	1,9,10	
A	WO 2016/016536 A1 (ALAIN SABBAH) 4 février 2016 (2016-02-04) * abrégé; figures * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			E04C B28B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 avril 2018		Righetti, Roberto	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1757500 FA 843439**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-04-2018**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2000064616	A	29-02-2000	JP 3547623 B2	28-07-2004
			JP 2000064616 A	29-02-2000

JP 403090305	A	16-04-1991	-----	-----
FR 2015884	A1	30-04-1970	AT 295378 B	27-12-1971
			BE 719675 A	19-02-1969
			CH 507431 A	15-05-1971
			DE 1941870 A1	26-02-1970
			ES 370273 A1	16-07-1971
			FR 2015884 A1	30-04-1970
			GB 1285046 A	09-08-1972
			IL 32811 A	30-01-1973
			LU 59270 A1	01-01-1970
			NL 6912540 A	23-02-1970
			US 3588971 A	29-06-1971

WO 2016016536	A1	04-02-2016	EP 3175057 A1	07-06-2017
			FR 3024480 A1	05-02-2016
			US 2017218628 A1	03-08-2017
			WO 2016016536 A1	04-02-2016
