

**BREVET D'INVENTION**

P.V. n° 931.100

N° 1.377.291

Classification internationale :

E 04 b

**Structures linéaires autotendantes.**

M. DAVID GEORGES EMMERICH résidant en France (Seine).

Demandé le 10 avril 1963, à 15<sup>h</sup> 51<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré par arrêté du 28 septembre 1964.

*(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 45 de 1964.)**(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)*

La présente invention a pour objet un nouveau moyen de construction utilisable en particulier dans l'industrie du bâtiment, des travaux publics et des télécommunications, et qui se prête à une fabrication en grande série; il se réalise par la combinaison de deux ou d'un nombre très réduit de types d'éléments et qui permet de composer des structures oblongues d'une variété pratiquement infinie.

En principe la structure se compose d'un ou plusieurs solides polyédriques qui peuvent être identiques ou différents. Le rôle de ces polyèdres est celui des tambours d'un fût de colonne; en en juxtaposant un nombre quelconque, on obtient une structure linéaire. Selon l'invention, le polyèdre est un équilibre.

Selon l'invention, la construction se caractérise essentiellement par le fait qu'elle est constituée de deux éléments de base : des barres et des tirants. Les barres restent entre elles discontinues tandis que les tirants forment une configuration ou un graphe continu. Les barres travaillent exclusivement à la compression et la configuration des tirants à la traction. Les premières insérées dans la seconde, se constituent en un ensemble équilibré. Dans un tel équilibre, poussées et tractions s'annulent dans un cycle vectoriel fermé tout en écartant et solidarissant les éléments les uns aux autres, et l'ensemble se dresse par précontrainte comme un solide stéréométrique, en une structure autotendante.

Un équilibre est composé d'une configuration déformable à nombre de sommets pair et homéomorphe aux arêtes d'un prisme ou d'une pyramide tronquée d'une part, et d'un nombre de barres de compression égal à la moitié du nombre des sommets de la configuration d'autre part. La configuration déformable est comparable à un filet à provisions tendu par un certain nombre de baguettes; le plus simple de ces filets n'a que cinq mailles, six nœuds et trois barres pour le tendre.

En principe, dans les cas élémentaires, la face supérieure ou inférieure de l'équilibre est un polygone quelconque; par exemple triangle, carré, pentagone, hexagone..., le nombre des barres est respectivement trois, quatre, cinq, six..., et le nombre des sommets respectivement six, huit, dix, douze... Mais on peut créer aussi un équilibre par l'interpénétration de deux ou plusieurs équilibres élémentaires identiques ou différents. Dans ce cas les faces supérieures et inférieures du graphe resteront respectivement des triangles, carrés, pentagones, hexagones..., mais le nombre des barres et des sommets se multiplie autant de fois que le nombre de corps en pénétration; par exemple le « compound » de deux corps à base triangulaire, à trois barres et six sommets, est un équilibre composite à face supérieure et inférieure triangulaire mais à six barres et douze sommets.

La configuration élémentaire, maille souple de la chaîne est la matérialisation d'un groupe de connexions minima nécessaires à l'érection d'un équilibre; elle est homéomorphe à un polyèdre convexe : la pyramide tronquée en général ou le prisme en cas de section constante. La configuration subira sous l'effet de l'imbrication des barres et par suite de la mise en tension une déformation topologique continue.

En principe, à chaque sommet d'un équilibre il y a l'incidence d'une et d'une seule barre de compression et d'au moins deux tirants. Dans une configuration élémentaire la barre prend toujours une position diagonale sur une face latérale quadrangulaire. Cette dernière déformée peut être considérée comme un tétraèdre où manque la diagonale reliant les deux autres sommets. En cas d'équilibre composite, les barres relient les mêmes sommets qu'elles reliaient à l'origine dans les corps élémentaires composants.

En cas d'un équilibre élémentaire, la déforma-

tion du graphe se caractérise par une rotation de la face supérieure par rapport à la base. Le déplacement se produit suivant la position des barres soit dans le sens de la montre vers la droite et on parle alors d'un équilibre dextrogyre, soit contre le sens de la montre et c'est alors un équilibre levogyre. Un tel corps garde la tendance à une action hélicoïdale et il se produira une flèche de torsion sous l'effet des sollicitations extérieures. En cas d'un équilibre composite, dérivé de l'interpénétration de solides de pouvoir rotatoire opposé, l'action peut être compensée en partie ou même complètement annulée; on parle alors d'équilibre racémique ou inactif.

Selon l'invention on construit une structure linéaire par la juxtaposition organique de plusieurs équilibres. La jonction de deux solides peut se réaliser à l'aide d'un polygone dont le nombre des sommets est égal à la somme des sommets des deux faces mises en contact. Le polygone de jonction se substitue à ces deux faces virtuellement pré-existantes, dont il est au fond la résultante.

En joignant deux solides à base identique, l'un décrira par rapport à l'autre une rotation pour que leurs sommets de préférence ne coïncident pas. Par exemple, en cas de jonction de deux équilibres à base triangulaire équilatérale la rotation peut varier de zéro à soixante degrés, et en cas de base carrée de zéro à quarante-cinq degrés, etc.

Les polygones de jonction, forment autant de chaînages qu'il y a de mailles dans la structure; ils sont plans en principe, mais peuvent éventuellement subir une déformation dans l'espace sous l'effet des connexions reliant leurs sommets à d'autres niveaux.

Par maille le nombre des tirants est au moins égal au nombre des barres mais on peut rajouter des tirants; en réalisant toutes les connexions possibles entre les sommets sans que les tirants se recouvrent, on arrive à la triangulation latérale complète des configurations. Leurs formes deviennent alors des deltoïdes annulaires ou autrement dit des antiprismes, et l'équilibre est à connexion saturée. Il y a naturellement des états intermédiaires de la connectivité. Par exemple en cas d'un équilibre à trois barres situé entre deux hexagones de jonction, il est nécessaire et suffisant un minimum de trois tirants, mais possible d'en avoir douze en tout; en rajoutant par trois des connexions supplémentaires on parle de structure connectée d'ordre 2, 3 et 4, ces chiffres correspondent à un facteur de sécurité; en cas d'ordre 4, la forme sera une configuration saturée: un antiprisme à douze faces latérales triangulaires et deux hexagones.

Une structure oblongue est composée de polyèdres quelconques. En cas d'organisation répétitive d'équilibres élémentaires de nature identique, la structure sera levogyre ou dextrogyre, tandis que l'em-

ploi alternatif de corps énantiomorphes donne un ensemble racémique ou inactif. Sous l'effet des sollicitations dans l'une se produit une simple torsion gauche ou droite tandis que dans l'autre se produit des couples de torsion inverse.

En superposant des corps dérivés du prisme on obtient un ensemble de section constante; avec les dérivés de la pyramide tronquée des ensembles de section variable; avec l'inversion et l'alternance des deux une structure de silhouette quelconque. L'axe est droit quand les polygones de jonction sont parallèles et oblique, brisé, ou courbe autrement.

Une structure peut être montée avec des éléments isolés ou des équilibres préassemblés. On peut même procéder de telle façon qu'on monte complètement l'ensemble excepté le nombre de connexions par maille correspondant au facteur de sécurité; on obtient ainsi une structure collapsée en un amas organisé lequel s'ouvrira comme un accordéon au cours du montage final. D'ailleurs des structures peuvent être conçues de manière à devenir mobiles, extensibles, rétrécissables ou déformables même sans démontage par l'allongement ou raccourcissement des tirants ou des barres.

Les deux éléments composants de la structure, barres et tirants peuvent être réalisés d'une manière quelconque; à titre d'exemple et sans aucun caractère limitatif les barres peuvent être: métal, béton, bois, plastique, chambre pneumatique; tube, de section carrée, à ailettes, périscopiques, à ressort, articulées ou même un mat selon la présente invention; les tirants: câbles, cordes, chaînes, profilés, tiges souples ou rigides d'un apprêt quelconque. Les tirants peuvent être aussi composés de bord profilé d'une plaque laquelle peut servir pour couvrir ou séparer des volumes. Certains ou éventuellement tous les tirants peuvent être munis d'un dispositif réglant leur longueur et la mise en tension de l'ensemble. Les pièces de réglage peuvent être quelconques, par exemple: contrevis, lanterne, poulie, cran, ressort, amortisseur, manomètre branché sur un autorégulateur: servo-moteur, pompe, etc.

L'assujettissement d'une barre et des tirants ou des tirants entre eux se réalise d'une manière quelconque; en principe sans pièce de jonction particulière, les tirants s'orientant naturellement dans le sens de l'effort, mais on pourra faire intervenir une ou plusieurs membrures intermédiaires. A titre d'exemple la connexion peut se faire par ancrage, boulons, colliers, soudure, puzzles, tressage, nœuds, anneaux, crochets, mâchoires, etc. Ces pièces peuvent déjà exister dans le commerce ou être créées spécialement pour cet usage.

Les structures et les ensembles constituants selon l'invention peuvent être utilisés tels quels dans une construction, mais ils peuvent aussi bien entendu servir d'ossature destinée à être noyée dans le béton ou pour constituer des armatures de pou-

tres ou d'appuis. Dans ce cas, la tension que l'on peut provoquer par le réglage des tirants dans les éléments permet de donner une précontrainte au béton, et non seulement dans le sens de la longueur de la structure, mais selon les trajectoires tridimensionnelles.

Il est bien entendu que les structures autotendantes selon l'invention et leurs composants peuvent être fabriqués de dimensions absolument quelconques. Toutefois il y a avantage pour permettre la fabrication en série et faciliter l'assemblage, de normaliser la dimension des barres et des tirants et construire des ensembles selon l'invention d'un seul type de chaque. Une structure ainsi réalisée est donc extrêmement simple à constituer, et est très facilement démontable, tous ses éléments peuvent être ensuite intégralement récupérés.

Il est clair que la présente invention couvre toutes les applications possibles des structures autotendantes linéaires. Parmi les applications, on peut citer à simple titre d'exemples explicatifs et sans aucun caractère limitatif la réalisation des poutres, traverses, charpentes, points d'appui, tours, silos, osatures, fuselages, arcs, etc. dans l'industrie du bâtiment; ponts, étalements, échaffaudages etc. pour les travaux publics; antennes, pilones, arcs, supports pour télécommunications; des constructions flexibles tout particulièrement des antennes télescopiques, des arcs modifiables, fuselages élastiques, structures modifiables ou développables de toute sorte; motifs décoratifs ou publicitaires, compositions plastiques etc.

Les figures ci-annexées à titre d'exemples non limitatifs représentent diverses formes possibles de la réalisation d'éléments et de structures autotendantes selon l'invention :

La figure 1 est une vue axonométrique d'un ensemble équilibré, levogyre et élémentaire construit de trois barres et d'une configuration de tirants homéomorphe à un prisme triangulaire;

La figure 2 représente la vue axonométrique d'un équilibre destructroyre élémentaire réalisé de quatre barres et d'une configuration de tirants transformée du cube en un antiprisme régulier à base carrée;

La figure 3 montre la vue axonométrique d'un équilibre levogyre élémentaire composé de cinq barres et dérivé d'un prisme pentagonal;

La figure 4 est la vue axonométrique d'un équilibre composite inactif à six barres obtenu par l'interpénétration de deux équilibres, levogyre et destructroyre, élémentaires à trois barres;

La figure 5 représente une structure autotendante linéaire assemblée de cinq équilibres élémentaires à trois barres alternativement lévo et dextrogyres avec des polygones de jonction hexagonaux.

RÉSUMÉ

Structures linéaires autotendantes dont la construction présente isolément ou en combinaison les caractéristiques suivantes :

1° Les structures sont constituées de groupes de barres et de tirants organisés en ensemble équilibré;

2° Les structures se dressent par la mise en tension des ensembles équilibrés;

3° Les barres sont isolées dans un équilibre;

4° Les tirants forment une configuration continue;

5° La configuration élémentaire est dérivée d'une pyramide tronquée;

6° La configuration élémentaire est dérivée d'un prisme;

7° L'interpénétration de deux ou plusieurs équilibres élémentaires donne un équilibre composite;

8° L'assemblage des équilibres en une structure s'effectue à l'aide des polygones de jonction;

9° Les structures sont d'une connectivité minimale;

10° Les structures sont d'une connectivité saturée;

11° Les structures ont une action rotatoire;

12° Les structures sont inactives par compensation;

13° Les structures ont une section, une silhouette et un axe quelconque, constant ou variable;

14° Les structures sont rigides;

15° Les structures sont mobiles;

16° Les barres sont métalliques;

17° Les barres sont en bois;

18° Les barres sont en béton;

19° Les barres sont pneumatiques;

20° Les barres sont télescopiques;

21° Les tirants sont de cordage;

22° Les tirants sont métalliques;

23° Les tirants sont souples;

24° Les tirants sont rigides;

25° Les tirants sont munis d'un dispositif de réglage;

26° La connexion des éléments se réalise d'une manière quelconque;

27° Les structures sont utilisées telles quelles dans une construction;

28° Les structures sont utilisées comme armatures noyées dans une matière;

29° La tension des tirants est utilisée pour provoquer une précontrainte tridimensionnelle du béton.

DAVID GEORGES EMMERICH,  
rue St.-André-des-Arts, 27. Paris (VI<sup>e</sup>)

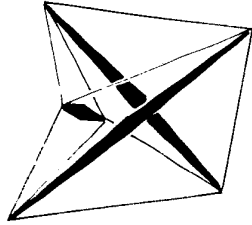


FIG. 1.

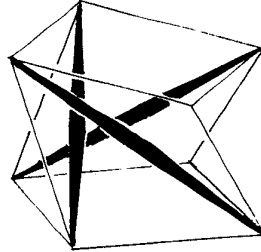


FIG. 2.

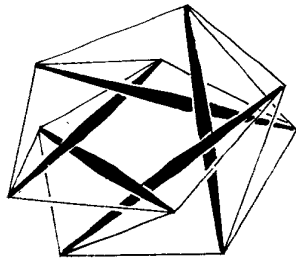


FIG. 3.

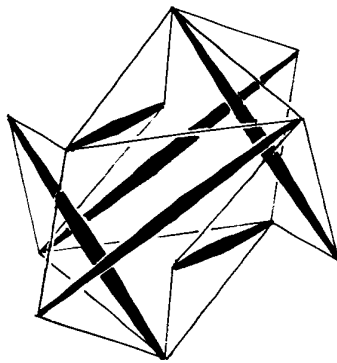


FIG. 4.

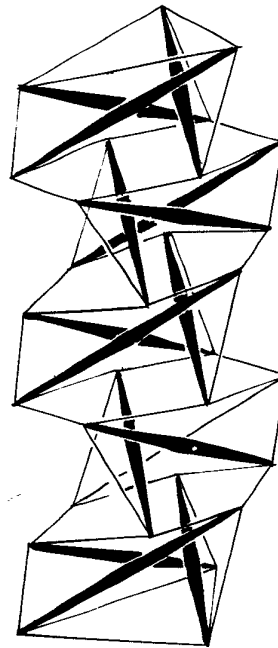


FIG. 5.