

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 931.099

N° 1.377.290

Classification internationale :

E 04 b

Construction de réseaux autotendants.

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

Demandé le 10 avril 1963, à 15^h 50^m, 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 réseaux de structures d'une variété pratiquement infinie.

En principe, une structure se compose d'un ou plusieurs solides polyédriques, chacun constitué d'un groupe de barres et de tirants. Le rôle de ces polyèdres pourrait être comparé à celui des hourdis d'un plancher ou d'une voûte; en en organisant un nombre quelconque en plan ou en volume, on obtient un réseau autotendant. Selon l'invention les polyèdres sont des équilibres.

Selon l'invention, la construction se caractérise essentiellement par le fait qu'on utilise pour la confection des polyèdres constituant les réseaux deux sortes d'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 provi-

sions 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 supérieure et inférieure 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.

On peut distinguer pénétration partielle et complète. L'interpénétration complète des deux corps décrits dans l'exemple précédent produit une stella octangula amputée de deux points opposés et tous les nœuds de cet équilibre composite se situent sur deux niveaux parallèles, disposés sur deux trames isométriques inversées.

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 particulier. 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 com-

pression 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 relient à l'origine dans les corps élémentaires composants.

En cas d'un équilibre élémentaire, la déformation 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 lévogyre. 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, dérive 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 un réseau autotendant par la juxtaposition organique de plusieurs équilibres. On peut assembler un réseau en mettant en contact tous les sommets des solides le composant; ou seulement une partie des sommets; ou encore de telle façon qu'aucun sommet ne soit en contact. On parle alors respectivement de réseau contact, semi-contact, ou non contact. Dans un réseau non contact, les liaisons se réalisent exclusivement par tirants entre les équilibres et par conséquence entre les barres.

La jonction des solides se réalise à la base d'un schéma d'appareillage à maille polygonale. Les sommets d'un solide correspondent en plan aux nœuds d'un polygone. En cas d'emploi d'équilibres réguliers, la trame utilisée pour la construction d'un réseau selon l'invention sera une tessellation géométrique qui peut être : régulière, semi-régulière, duale régulière, duale semi-régulière, autoamorphe régulière et automorphe semi-régulière.

Les tessellations régulières sont au nombre de trois, constituées de polygones réguliers congruents et identiques; les semi-régulières sont huit, constituées de deux ou trois sortes de polygones réguliers; les tessellations duales proviennent des précédentes en transformant les centres polygonaux en sommets : les trois régulières sont duales entre elles et les huit semi-régulières se composent de polygones identiques semi-réguliers. Parmi les tessellations auto-morphes à effet tournoyant, les régulières se constituent de polygones uniformes réguliers de deux ou plusieurs dimensions; les semi-régulières de deux ou plusieurs formes de polygones réguliers.

Les sommets d'un réseau se situent sur deux ou

plusieurs niveaux; par conséquence, les nœuds du schéma combinatoire se distribuent sur autant de plans de l'espace. Les diverses nappes de nœuds sont entre elles complémentaires et projetées ensemble forment la tessellation caractéristique du réseau. Ces trames peuvent être aussi répétées et superposées orthogonalement ou encore subir un déplacement ou une rotation l'une par rapport à l'autre.

Tous les polygones de la trame peuvent représenter un équilibre, mais il est possible que seule une partie en soit construite par exemple : les polygones voisins ayant deux nœuds communs; les voisins ayant un nœud commun; les espacés d'une unité; et quand il y a plusieurs sortes de polygones : les identiques voisins; les identiques éloignés d'une unité... Les maillons inoccupés peuvent rester entièrement vides ou ne recevoir que des tirants reliant les équilibres riverains.

Il est évident que si aucune maille utilisée ne se touche, le réseau est non-contact; il en est de même si les sommets d'équilibres voisins occupent des nœuds distincts de la tessellation et lorsqu'il y a coïncidence de deux ou plusieurs sommets dans certains ou plusieurs nœuds, on parle respectivement de réseau semi-contact ou contact.

Un réseau autotendant se compose donc de deux ou plusieurs treillis de préférence parallèles et reliés entre eux par des tirants obliques ou perpendiculaires dont le nombre par maille est au moins égal au nombre des barres. Des tirants supplémentaires peuvent être rajoutés et réaliser toutes les connexions possibles entre les sommets sans que les tirants se recouvrent. On arrive ainsi à une triangulation complète des configurations. La forme des équilibres élémentaires devient un deltaèdre ou anti-prisme et on parle alors de connexion saturée. Il y a aussi des états intermédiaires selon que l'équilibre et partant le réseau est plus ou moins saturé.

La construction d'un réseau autotendant est réalisable à l'aide d'équilibres polyédriques quelconques. Sous l'effet des sollicitations extérieures, dans chaque équilibre élémentaire se produit une flèche de torsion : chaque nœud ayant tendance à se déplacer selon une trajectoire hélicoïdale; par conséquence, un réseau actif ou élastique présente des zones de tournoiement gauche ou droit et un réseau inactif ou rigide des groupes de rotation entre eux compensés. L'emploi répétitif de solides identiques, lévogyres ou dextrogyres, donne un ensemble inactif — les éléments riverains étant parcourus par des forces d'orientation opposée, l'application alternative sans inversion de corps énantiomorphes donne un ensemble actif — les bords étant parcourus par des forces de même orientation; et l'assemblage de solides composites donne une organisation inactive, excepté en cas d'appareillage automorphe lequel par nature même de la trame donne un réseau actif.

Il est clair qu'à la base de ces données, on

peut construire des réseaux autotendants d'une variété d'appareillages et de formes pratiquement infinis.

En juxtaposant des corps dérivés du prisme, on obtient un ensemble de section constante; avec des dérivés de la pyramide tronquée des ensembles de section courbe ou brisée; avec l'inversion ou l'alternance des deux une structure d'une silhouette ou d'un galbe quelconque et d'une épaisseur variable quelconque.

Une structure peut être montée avec des barres et des tirants isolés ou des équilibres préassemblés. On peut même procéder de telle façon qu'on monte le nombre des connexions minima moins une par maille et obtenir 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 matière 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, articulée 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 auto-réglage : servomoteur, pompe...

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 poutres 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 dimension absolument quelconque. 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 de la construction des réseaux autotendants. Parmi les applications, on peut citer à simple titre d'exemples explicatifs et sans aucun caractère limitatif la réalisation des planchers, parois, charpentes, hangars, squelettes de pavillon, ossatures d'étage, voûtes, coupoles, halles, clôtures, etc., dans l'industrie du bâtiment; ponts, pontons, étalements, barrages, brise-lames, armatures de caissons flottants, etc. pour les travaux publics; antennes, structures pliantes, supports d'émetteurs, etc., pour les télécommunications; des constructions flexibles tout particulièrement; des 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 la construction des ensembles en réseaux autotendants.

La figure 1 est une vue axonométrique d'un équilibre élémentaire, lévogyre construit de trois barres et d'une configuration de tirants homéomorphe à une pyramide tronquée triangulaire;

La figure 2 représente la vue axonométrique d'un ensemble à six barres composite et inactif, obtenu par l'interpénétration complète en position invertie de deux équilibres décrits dans la précédente figure, dont l'un est lévogyre et l'autre est dextrogyre. Les sommets de l'équilibre se distribuent suivant une stella octangula tronquée;

La figure 3 montre la vue axonométrique d'un équilibre élémentaire lévogyre réalisé de quatre barres et d'une configuration de tirants homéomorphe à une pyramide tronquée à base carrée et dont les sommets forment un demi-cuboctaèdre;

La figure 4 est le plan d'un réseau inactif et non contact construit d'équilibres composites décrits sous la figure 3 sur une trame semi-régulière à triangles et hexagones réguliers. La cunéiformité des barres indique, ici et dans la figure suivante, la position des sommets sur des niveaux différents;

La figure 5 représente le plan d'un réseau inactif et non contact construit d'équilibres élémentaires alternativement dextrogyres et lévogyres réalisés de quatre barres et d'une configuration de tirants trans-

formée du cube en un antiprisme régulier à base carrée, selon une tessellation semi-régulière à carrés et octogones;

La figure 6 montre la vue axonométrique d'un réseau autotendant inactif et non contact assemblé d'équilibriums élémentaires décrits sous la figure 3 sur une trame automorphe régulière à base de deux carrés.

RÉSUMÉ

Réseaux autotendants 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 ensembles équilibrés;

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 équilibriums élémentaires donne un équilibre composite;

8° L'assemblage des équilibriums en une structure s'effectue à l'aide d'une tessellation polygonale;

9° Les barres sont en contact, en semi-contact, ou en non-contact selon le mode d'assemblage des équilibriums;

10° La connectivité des structures varie de la minimale à la saturée;

11° Les structures ont une action rotatoire;

12° Les structures sont inactives par compensation;

13° Les structures ont une section ou une silhouette quelconque, constante 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 armature 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^e)

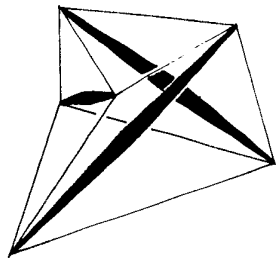


FIG. 1.

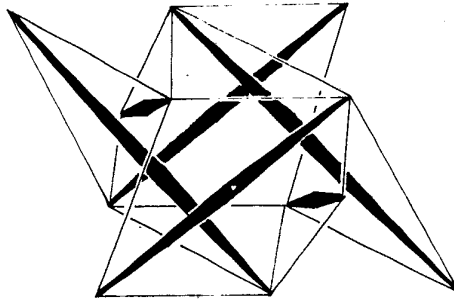


FIG. 2.

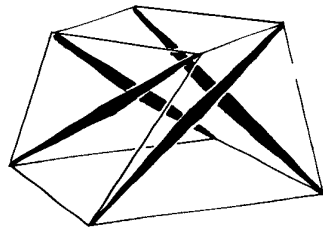


FIG. 3.

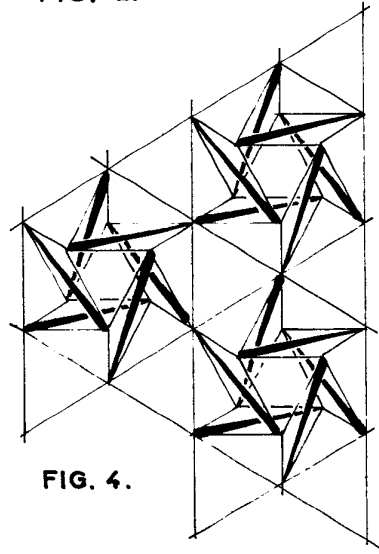


FIG. 4.

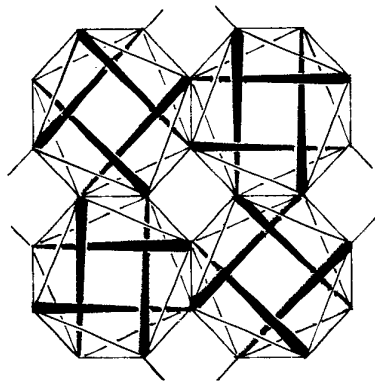


FIG. 5.

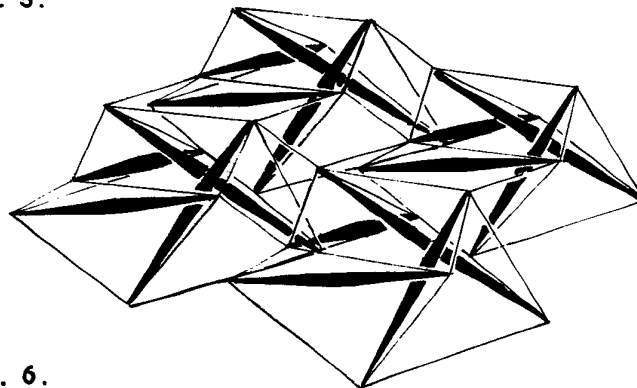


FIG. 6.