

À propos de la théorie de B. Mayor en hyperstatique spatiale

Autor(en): **Aserment, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **92 (1966)**

Heft 17

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-68383>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SIA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-
technique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Groscurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; M. Chevalier, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,
architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires	»	» 33.—		
Prix du numéro	»	» 2.—	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie
La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:	
1/1 page	Fr. 385.—
1/2 »	» 200.—
1/4 »	» 102.—
1/8 »	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26, 1000 Lausanne et succursales



SOMMAIRE

A propos de la théorie de B. Mayor en hyperstatique spatiale, par A. Ansermet, ingénieur, professeur.
Gestion opérationnelle et analyse séquentielle, par Paul Gaillard, ingénieur SIA, Cully.
Divers. — Bibliographie. — Les congrès. — Carnet des concours.
Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Informations diverses.

À PROPOS DE LA THÉORIE DE B. MAYOR EN HYPERSTATIQUE SPATIALE

par A. ANSERMET, ingénieur, professeur ¹

Dans tous les domaines de la science et de la technique il se produit parfois des conflits de priorité; des chercheurs aboutissent aux mêmes résultats mais pas simultanément, d'où des controverses plus ou moins acrimonieuses. Un cas bien connu donna lieu à un tel conflit entre les chaires de statique de Lausanne et Berlin (professeur von Mises); à l'époque le professeur Maurice Paschoud prouva de façon péremptoire que la priorité n'appartenait pas à son collègue berlinois. Les recherches portaient sur la statique spatiale des systèmes articulés; nos lecteurs connaissent ce problème, qui fut traité avec compétence dans le *Bulletin technique* de 1953 (p. 259) par un de nos staticiens chevronnés ².

Il faut dire que le professeur B. Mayor soumettait ses recherches à l'Académie des sciences, dont les comptes rendus n'étaient pas très lus par les praticiens de la statique; une fois de plus son droit de priorité est méconnu.

Maintenant c'est l'hyperstatique spatiale des systèmes articulés qui est en cause, mais le cas est moins simple,

plus complexe que le précédent. Récemment, dans des périodiques fort répandus non seulement en Europe, notamment le *Stahlbau*, et les *Mémoires de l'Association internationale des ponts et charpentes* (voir [1], [2]), on trouve des publications remarquables sur cet intéressant problème qui est vaste et susceptible de donner lieu encore à bien des recherches. La solution développée porte sur une combinaison judicieuse d'équations d'équilibre et aux déformations (Verformungen). L'auteur, staticien éminent, M. Shu-T'ien Li, ignorait certainement que pour la chaire de statique de Lausanne, cette théorie, depuis 1915, n'était pas nouvelle. On ne peut même pas dire avec certitude à qui appartient formellement la priorité dans ce domaine; il faudrait consulter une abondante documentation dans plusieurs langues. Pour la solution en représentation plane d'un

¹ Rédigé à l'occasion du 100^e anniversaire de la naissance du professeur Mayor et sous le patronage de M. le directeur de l'EPUL. (Collaboration du centre de calcul électronique EPUL).

² Extension de la méthode des lignes d'influence au calcul des systèmes articulés de l'espace, par G. Roubakine, ingénieur EPUL, Lausanne.

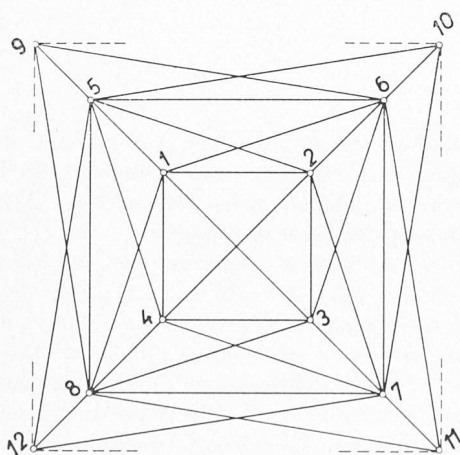
système articulé gauche, on peut affirmer, sans se tromper, qui est le précurseur (Comptes rendus Académie des sciences, août 1915, communication *B. Mayor*).

Le professeur Mayor, comme d'ailleurs l'auteur de l'article du *Stahlbau*, voyait surtout comme éléments primaires, prépondérants à déterminer, les déformations même si le degré d'hyperdétermination était élevé. C'est l'évidence même.

Il faut dire aussi qu'à l'époque, à la chaire de statique de Lausanne, la méthode dite aux inconnues hyperstatiques ne jouissait pas d'une grande faveur, surtout quand le nombre de barres surabondantes était élevé ; le calcul des coefficients des équations pouvait devenir très laborieux. Dans les équations aux déformations et d'équilibre, on peut même opérer par voie semi-graphique pour former les coefficients. L'exemple traité ci-après porte sur une petite coupole Schwedler ; il y a 34 barres, donc 34 efforts axiaux, exprimés linéairement en fonction de 24 inconnues, les variations de coordonnées des nœuds 1, 2, 3, ... 8. L'auteur de l'article du *Stahlbau* fait remarquer avec raison que l'emploi de calculatrices modernes rend caduc un argument que l'on faisait valoir du temps de Mayor : le nombre des équations à résoudre. Les vraies inconnues sont les variations de coordonnées des nœuds, appelées aussi déplacements (*Verschiebungen*).

Coordonnées des nœuds

	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
1	0	+ 1	+ 2
2	+ 1	0	+ 2
3	0	- 1	+ 2
4	- 1	0	+ 2
5	0	+ 2	+ 1
6	+ 2	0	+ 1
7	0	- 2	+ 1
8	- 2	0	+ 1
9	0	+ 2,75	0
10	+ 2,75	0	0
11	0	- 2,75	0
12	- 2,75	0	0



Cas d'une coupole

Les nœuds 1, 2, ... 8 sont libres. L'unité de mesure est arbitraire.

Quant à la question de priorité, elle revêt ici un autre caractère que pour la statique spatiale ; la manière de faire du professeur berlinois fut sévèrement jugée par les professeurs Mayor et Paschoud, tandis que le chercheur Shu-T'ien Li fut surtout insuffisamment documenté. La publication de Mayor de 1926 était moins

connue que celle de 1910. Les remarquables publications [1], [2] prouvent combien est encore actuelle la méthode appliquée par la chaire de statique de Lausanne avant 1926 déjà.

L'écueil est de faire un choix entre les deux formes d'équations aux déformations.

Généralisation de la théorie de Mayor

La combinaison d'équations d'équilibre et aux déformations sera donc, en général, une bonne solution ; mais on a l'impression que l'éminent professeur lausannois n'a pas publié le résultat de toutes ses recherches. Une solution plus générale consiste à utiliser des équations aux déformations avec termes absolus (*Bulletin technique* du 12 février 1966)¹. Dans ce domaine, un précurseur pourrait être K. Friederich. On forme les dérivées partielles du travail ou, ce qui revient au même, on applique le principe des moindres carrés. Implicitement ce principe est contenu aussi dans les équations d'élasticité.

Pour la coupole Schwedler, admettons des poids qui permettent d'éliminer certains éléments non diagonaux dans les matrices

Barres	Poids	Barres	Poids	Barres	Poids	Barres	Poids
1-3	0,7	1-5	0,8	1-6	1,2	5-10	1
2-4	0,7	2-6	0,8	2-5	1,2	6-9	1
1-2	0,8	3-7	0,8	2-7	1,2	6-11	1
2-3	0,8	4-8	0,8	3-6	1,2	7-10	1
3-4	0,8	5-9	1	3-8	1,2	7-12	1
4-1	0,8	6-10	1	4-7	1,2	8-11	1
5-6	1	7-11	1	4-5	1,2	8-9	1
6-7	1	8-12	1	1-8	1,2	5-12	1
7-8	1						
8-5	1						

Poids proportionnels à *E*, coefficient d'élasticité, à *S* section transversale et à l'inverse de la longueur des barres. La formation des équations normales est immédiate. Il serait très intéressant de calculer une même structure par les deux solutions : avec ou sans termes absolus dans les équations aux déformations.

La centrale de calcul électronique de l'EPUL a bien voulu calculer la matrice symétrique aux coefficients de poids des inconnues (voir [3]) :

0,933	0	0	+0,492	.....	.....	+0,257
	0,950	-0,13	-0,086	.....	.....	+0,034
		1,959	-0,013	.....	.....	+0,233
			0,950	.....	.....	.....
						
$\sqrt{0,95}$	=	$\pm 0,975$					
$\sqrt{0,93}$	=	$\pm 0,965$					
$\sqrt{1,96}$	=	$\pm 1,40$					
$\sqrt{0,57}$	=	0,755	.....			
$\sqrt{1,23}$	=	1,11	.....			
				1,228	+0,102	-0,031	+0,041
					0,573	0	-0,199
						0,574	0
							1,228

Les ellipsoïdes de déformation pour les nœuds 1 à 4 ont des axes à peu près proportionnels à 0,97, 0,97, 1,40 et pour les nœuds 5 à 8 : 0,75, 0,75, 1,11

Ces résultats pourraient être améliorés en modifiant la structure et les poids. Quant à la théorie de ces

¹ « Les déformations des systèmes articulés spatiaux très hyperstatiques », par A. Ansermet.

ellipsoïdes, la chaire de statique de Zurich s'exprime ainsi, judicieusement, après quelques considérations sur les matrices :

« Il serait intéressant de développer cette étude de façon plus générale, c'est-à-dire aussi bien pour les équations qui expriment les conditions de compatibilité élastique dans la méthode classique aux efforts hyperstatiques que pour les équations d'équilibre de la méthode des déformations. »

Ce problème n'a pas encore été traité à fond. (Voir [3].)

En terminant ce dernier article sur cet important problème, l'auteur de ces lignes exprime sa reconnaissance à ceux qui l'ont encouragé (Fonds national de

la recherche, Société académique, Direction de l'EPUL, chaire de statique de Zurich). Un des buts recherchés ici était d'établir que, pour la seconde fois, le droit de priorité d'un ancien et éminent professeur de l'EPUL était méconnu.

LITTÉRATURE

- [1] MUCHA, A. : *Die Berechnung von Antennenspiegeln und das Verfahren von Shu-T'ien Li* (Der Stahlbau, 1965).
- [2] SHU-T'EN LI : *Matrix Analysis of Indeterminate Space Trusses* (Mémoires internationaux des ponts et charpentes, 1962).
- [3] ANSERMET, A. : *L'extension à la statique de la méthode aux variations de coordonnées* (Schw. Zeitschr. f. Vermessung, n° 4, 1966).

GESTION OPÉRATIONNELLE ET ANALYSE SÉQUENTIELLE ¹

par PAUL GAILLARD, ingénieur S.I.A., Cully

1. L'école moderne en matière de conduite de l'entreprise admet assez généralement les notions suivantes :

- a) L'échange de produits et/ou de services avec le milieu économique est l'objet naturel de la *gestion* de l'entreprise.
- b) Tandis que les activités qui consistent à mettre en place des équipements ² constituent des *opérations*.

Ainsi, la construction d'un bâtiment industriel est une *opération*, de même qu'un cours de perfectionnement auquel on envoie des cadres. Alors que l'exploitation du même bâtiment aux fins pour lesquelles il a été érigé, et la conduite du même personnel en phase de production sont de la *gestion*.

Cette distinction n'est pas absolument indispensable. A preuve, le fonctionnement satisfaisant d'affaires où tout le monde l'ignore. Cependant, elle est fertile, et apporte plus d'ordre et d'efficacité dans les entreprises où l'on est conscient de son existence.

« Gestion » et « opération » étant définies, qu'est-ce que la « gestion opérationnelle » ? Eh bien, c'est simplement la « conduite d'une opération » de son début à sa fin, en la considérant comme une « production » d'équipements, en tant que but non permanent, donc de durée finie.

Il résulte de cette convention que, quand une entreprise décide de produire, elle-même et de manière continue, ses propres équipements, elle crée une *nouvelle unité de production entrant dans le cadre de la gestion*. Il en résulte aussi, à l'opposé, que certaines entreprises font en permanence de la *gestion opérationnelle* (construction de bâtiments, de barrages, voire d'une série relativement courte de gros avions, etc.).

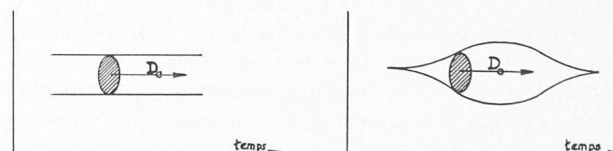
2. A un certain point de vue, la distinction entre « gestion continue » (G.C.) et « gestion opérationnelle » (G.O.) prend une importance capitale : c'est dans le domaine du planning.

En régime de G.C., le planning repose essentiellement sur les « tableaux de charge » (charge de machines, d'ins-

tallations, d'ateliers, etc.). On tend à « charger » les unités de production de manière qu'elles soient occupées en permanence, et à les faire travailler en régime homogène, équilibré, sans goulot d'étranglement. Elles sont, si possible, saturées.

En G.O., dans le cadre d'une opération donnée, on est généralement obligé d'admettre l'intervention discontinue de certains moyens, et une intensité d'activité en forme de fuseau. Autrement dit, on commence l'opération avec des moyens réduits, qu'on augmente ensuite, pour les faire passer par un maximum avant de les réduire pour les amener finalement à zéro, quand l'opération se termine.

Le « débit d'investissement » ¹ a idéalement les allures suivantes :



En G.C., l'enchaînement des opérations élémentaires est mécanique et total. Un arrêt n'est jamais partiel : la moindre panne stoppe la chaîne. Il n'y a pas de raison de stocker des pièces produites en surnombre (industrie automobile, par exemple).

En G.O., les moyens en excès momentanément privés d'activité peuvent souvent être déplacés et utilisés efficacement ailleurs, parfois même très utilement, pour rattraper un retard.

Ces quelques comparaisons suffisent à justifier le choix des méthodes et matériels de planning. On sait que les tableaux de charge sont utilisés en G.C., mais qu'ils sont de médiocre utilité en G.O. Malgré cela, ils y ont été longtemps appliqués parce qu'on ne disposait pas d'autres moyens. Nous verrons qu'ils sont en passe d'être supplantés par la nouvelle méthode américaine

¹ Le lecteur est censé connaître la méthode dite du « chemin critique ».

² Equipements est pris au sens large : hommes, méthodes, installations, etc.

¹ Investissement est pris au sens large : argent, énergie, effectifs, matières, etc.