

Confrontation des méthodes Stüssi et Mayor en hyperstatique spatiale

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

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **99 (1973)**

Heft 19: **54e Comptoir Suisse, Lausanne 8-23 septembre 1973**

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71699>

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.

Confrontation des méthodes Stüssi et Mayor en hyperstatique spatiale

par A. ANSERMET, ingénieur, professeur honoraire¹

Généralités

Le texte publié dans le N° 11 du Bulletin technique en hommage au professeur Mayor devait être le dernier consacré au calcul de systèmes statiques surdéterminés. Il paraît toutefois opportun de consacrer quelques lignes à la méthode développée dans la « Baustatik » du professeur Stüssi.

L'un de ces éminents staticiens choisit comme inconnues les variations de coordonnées des nœuds mais sans faire de coupures pour les barres surabondantes ; cette remarquable solution, qui fut prise en considération par l'Académie des sciences, se prête particulièrement bien au calcul des déformations. Elle fut reprise notamment par un professeur berlinois mais, à l'époque, le professeur Maurice Paschoud n'eut pas de peine à montrer que la chaire de statique de Lausanne avait la priorité dans ce domaine.

Avant de poursuivre rappelons que les équations, dont les coefficients constituent la matrice de rigidité, peuvent être obtenues à partir de l'équilibre des nœuds ou à partir de la condition du minimum de l'énergie potentielle. Mais pour traiter ce problème, qui prend toujours plus d'ampleur, il faut appliquer la méthode des moindres carrés ; cette solution est classique pour les systèmes surdéterminés, disent les mathématiciens.

Un élément fondamental est constitué par l'ellipsoïde de déformation d'un nœud ; dans la littérature hyperstatique en langue allemande on trouve l'appellation « Formänderungsellipsoid » et parfois « Verschiebungsellipsoid ». Par la méthode des moindres carrés ce calcul est un jeu, surtout si on fait intervenir les poids a posteriori des barres. En même temps on obtient un contrôle bienvenu pour les calculs puisque la somme des quotients des poids a priori et a posteriori est égale au nombre des inconnues.

Le calcul des ellipsoïdes de déformation des nœuds est connu en fonction des coefficients de poids des inconnues. Il faut rendre nul le déterminant ayant pour éléments diagonaux les trois binômes $(Q_{xx}-K)$, $(Q_{yy}-K)$, $(Q_{zz}-K)$ les trois coefficients quadratiques ayant une somme indépendante de l'orientation des axes de coordonnées. De ce qui précède résulte une équation de 3^e degré résolue en général par voie semi-graphique. Les valeurs obtenues pour K sont proportionnelles aux carrés des longueurs des axes principaux. Dès que les matrices de rigidité et inverse sont formées il ne faut pas poursuivre le calcul si l'ellipsoïde de déformation du nœud est très aplati ou allongé. Il suffit parfois de modifier quelque peu les poids de certaines barres.

Solution Stüssi

Elle fut exposée de façon si claire dans la « Baustatik » qu'un rappel succinct suffit. Les inconnues hyperstatiques sont obtenues en fonction linéaire des éléments de la matrice conjuguée de celle des équations d'élasticité, les coefficients étant les termes absolus des dites équations.

¹ Texte rédigé en hommage au professeur Dr F. Stüssi.

Le calcul des déformations v est également simple ; à un terme absolu t_a il faut ajouter une fonction linéaire des inconnues hyperstatiques :

$v = t_a + F(X_1, X_2, X_3 \dots)$ (v pour une barre), c'est l'application du principe de la superposition. Le déterminant des équations d'élasticité peut prendre des valeurs dangereusement petites.

Mayor connaissait cette solution mais il considérait les variations de coordonnées des nœuds comme vraies inconnues hyperstatiques :

$v = f(dX, dY, dZ)$, les notations étant celles du texte du n° 11 du *Bulletin technique*.

La confrontation des méthodes Stüssi et Mayor est un problème complexe ; dans certains cas, à titre de contrôle, on peut appliquer les deux simultanément. La formation de dérivées de l'énergie de déformation n'est plus nécessaire avec la solution préconisée à Lausanne. Un candidat au prix Mayor devrait s'efforcer, en s'appuyant sur des cas concrets, de mettre bien en évidence les avantages de l'une et de l'autre.

Solution Stüssi-Mayor

Cette appellation, un peu arbitraire, résulte du fait qu'on s'est inspiré partiellement des deux solutions précédentes. Elle fut traitée notamment dans les publications EPFL n°s 111 et 123. Le texte, traduit à Zurich, sur le calcul d'une coupole, comporte la coupure de barres mais le choix, comme inconnues, de variations de coordonnées des nœuds $dx, dy, dz \dots$

Cette solution est particulièrement favorable au calcul d'ellipsoïdes de déformation des nœuds ; à cet effet, considérons un cas concret comme précédemment constitué par un *double pylône*.

Il y a encore 9 barres dont 3 surabondantes et 6 inconnues $dx, dy, dz \dots$. Entre les poids p a priori et P a posteriori on a

$$\text{somme } p/P = 6$$

Pour la déformation quadratique moyenne relative à l'unité de poids M on obtient

$$M^2 \simeq \frac{\text{somme } pvv}{3}$$

Les nœuds 1 et 6 sont libres et les 8 autres fixes ; si certains de ceux-ci sont astreints à se déplacer sur des surfaces le calcul est moins simple mais il est traité à fond dans la littérature sur les moindres carrés. Ce cas fut aussi traité par Mayor. Ce dernier distingue 4 groupes d'équations mais il n'a des termes absolus que dans certaines équations d'équilibre.

Dans le cas concret considéré on a des *sphères* au lieu d'ellipsoïdes grâce aux valeurs numériques choisies.

En formant les matrices de rigidité et inverse on constate la sphéricité des ellipsoïdes de déformation. Ce cas concret a un caractère plutôt didactique.

barres	a	b	c	a'	b'	c'	p	P	
1-2	-0,5	0	+0,866				1	1,5	les a, b, c... sont les coefficients des inconnues $a^2 + b^2 + c^2 = 1$
1-3	-0,5	0	-0,866				1	1,5	
1-4	-0,5	+0,866	0				1	1,5	
1-5	-0,5	-0,866	0				1	1,5	
1-6	+1	0	0	-1	0	0	1	1,5	
6-7				+0,5	0	-0,866	1	1,5	
6-8				+0,5	0	+0,866	1	1,5	
6-9				+0,5	-0,866	0	1	1,5	
6-10				+0,5	+0,866	0	1	1,5	

En conclusion on peut dire que les méthodes Stüssi et Mayor sont toutes deux remarquables et sont à traiter à fond dans l'enseignement supérieur ainsi que la combinaison traitée ci-dessus sous l'appellation quelque peu arbitraire Stüssi-Mayor, laquelle se prête particulièrement bien au calcul des déformations.

LITTÉRATURE

1. MAYOR, B. : *Statique des systèmes spatiaux* (Cours EPUL, épuisé).
2. STÜSSI, F. : *Baustatik I, II* (Birkhäuser).
3. WOLF, H. : *Ausgleichsrechnung...* (Dümler-Verlag).

4. DUPUIS, G. : *L'électronique au service de l'ingénieur* (Publication EPUL, n° 104).
5. FRIEDRICH, K. : *Richtigkeit der Methode der kleinsten Quadrate aus den Grundsätzen der Mechanik abgeleitet* (Zeitschr. f. Vermessungsw. 1943).
6. ANSERMET, A. : *Berechnung überstimmter Fachwerkkuppeln* (trad. chaire statique ETH) (Publication subsidiée par le Fonds national).
7. LINKWITZ : Diverses publications de l'Institut Geodäsie-Bauwesen Stuttgart.

Adresse de l'auteur :

A. Ansermet, Clos d'Aubonne 46, 1814 La Tour-de-Peilz

Concours d'idées pour l'aménagement d'un centre polysportif à Verbier

1. Jugement des projets

Le jury s'est réuni les 23, 24 et 25 juillet 1973 à la Gare de Téléverbier. Il était composé comme suit :

Président : M. Ch. Zimmermann, architecte FSAI/SIA, architecte de l'Etat du Valais.

Membres : MM. F. Brugger, architecte FAS/SIA, Lausanne; A. Camenzind, architecte FAS/SIA, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich; A. Gaillard, architecte FAS/SIA, professeur à l'Ecole d'architecture de l'Université de Genève; W. Ferrez, ingénieur diplômé, président de la Commune de Bagnes; L. Bruchez, avocat et notaire à Verbier; R. Lovisa, directeur de l'Office du tourisme de Verbier.

Suppléant : M. P. Morisod, architecte FAS/SIA, Sion.

Experts : MM. J. Casanova, directeur de Téléverbier SA, Verbier; R. Fellay, député et président de la Société de développement de Verbier; A. Oreiller, hôtelier à Verbier.

45 projets ont été déposés dans les délais prescrits à l'Office du tourisme à Verbier.

Après avoir pris connaissance du rapport de contrôle établi par les soins de M. Maurice Theytaz, architecte-technicien ETS à Orsières, en collaboration avec MM. Francis Bruchez et Régis Vaudan, techniciens à Verbier, le jury a constaté que tous les projets, à l'exception d'un seul, ne comportaient pas d'infraction grave au règlement et au programme et les a admis à l'examen.

Un projet a été exclu à l'unanimité, les documents présentés ayant été reconnus insuffisants par rapport aux exigences du règlement du concours.

A l'unanimité également, le jury écarte de la répartition des prix deux autres projets, les documents présentés étant

en partie trop sommaires pour permettre un jugement objectif.

Après avoir fait une visite des terrains, le jury procède à une première élimination de deux projets qui présentent de graves défauts en ce qui concerne l'intégration dans le site et le cadre naturel.

Une critique détaillée aboutit à une deuxième élimination de quinze projets qui ne répondent pas aux critères du 1^{er} tour appliqués avec plus de sévérité et qui présentent des défauts évidents en ce qui concerne la distribution des fonctions d'une part et la réalisation par étape d'autre part.

Au troisième tour d'élimination sont écartés huit projets qui tout en présentant des qualités soit sur le plan de l'organisation, soit sur celui de l'urbanisme et de l'architecture, ne tiennent pas suffisamment compte des facilités d'exploitation et des conditions économiques ou de l'attrait ou encore de l'unité architecturale de l'ensemble.

Après un jugement complet des projets, le jury procède tout d'abord à un contrôle pour le classement des 1^{er}, 2^e et 3^e tours, puis au classement d'après le critère suivant : les projets sont rangés en fonction de leur contenu en apport d'idées et de la force de leur parti. Voici le résultat de ce classement :

1^{er} prix — « AR » — Fr. 10 500.— MM. René Koechlin et Marc Moser, architectes SIA/FAS; Yves Godillot et Jacques Picot, collaborateurs; A. Lasram et H. Leber, ingénieurs SIA, collaborateurs, Genève.

2^e prix — « Drugsport » — Fr. 9500.— M^{me} Aristeia Baud-Bovy-Tzanos, architecte EAUG; M. Manuel Baud-Bovy, architecte, Genève.