

STELCA - Programme d'application pour l'étude de la stabilité élastique de cadres multiples rectangulaires plans (suite et fin)

Autor(en): **Vinnakota, Sriramulu / Beer, Jean-Pierre**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **103 (1977)**

Heft 13: **SIA spécial, no 3, 1977**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73249>

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.

STELCA - Programme d'application pour l'étude de la stabilité élastique de cadres multiples rectangulaires plans (suite et fin)¹

Par SRIRAMULU VINNAKOTA et JEAN-PIERRE BEER, Lausanne

4. Description du programme STELCA

Le programme STELCA est essentiellement caractérisé par un déroulement non séquentiel des tâches et une interaction constante avec l'utilisateur. L'ordre des opérations est entièrement défini par l'utilisateur, pour peu que cet ordre soit logique. Cette particularité a une influence primordiale sur l'organisation interne du programme.

4.1 Organisation

Le programme est divisé en modules indépendants qui remplissent chacun une tâche précise sous le contrôle d'un module moniteur, ce dernier assurant également la communication avec l'utilisateur. La seule hiérarchie apparente est celle qui existe entre le module moniteur et les modules d'exécution des tâches.

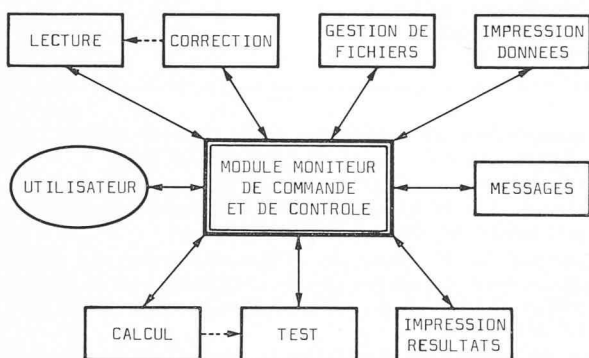


Fig. 6. — Organigramme simplifié.

L'organigramme simplifié (fig. 6) montre comment les modules d'exécution sont groupés autour du module de commande ; les fonctions remplies par chacun d'eux sont les suivantes :

1. Module de commande : lecture et décodage des commandes de l'utilisateur ; appel des modules d'exécution et communication.
2. Module de lecture : lecture de l'information concernant la structure et examen de la cohérence des données.
3. Module de correction : correction d'une partie quelconque des données. Ce module utilise en grande partie les fonctions du module de lecture.
4. Module de gestion des fichiers : écriture et lecture de données sur un fichier (disque).
5. Module d'impression des données.
6. Module d'impression des résultats.
7. Module de test : vérifie si la structure donnée est conforme aux hypothèses théoriques.
8. Module de calcul : effectue le calcul de la charge critique.

Parmi ces modules, les fonctions de deux d'entre eux sont plus particulièrement importantes et nous allons les examiner plus en détail.

¹ Voir *BTSR* N° 11 du 26 mai 1977, p. 135.

4.2 Interaction

Pour pouvoir agir sur le déroulement d'un programme par intervention externe, il est nécessaire de définir un langage qui permette cette action. L'exemple le plus simple est représenté par les données numériques classiques qui ont la forme d'un langage simple composé de caractères numériques ordonnés selon des critères prédéfinis. Pour utiliser au mieux les possibilités du télétraitement et faciliter l'introduction des données, nous avons fait appel à un petit langage de commande, formé d'une combinaison de mots clés alphabétiques, les données numériques pures n'ayant pas d'action directe sur le déroulement du programme. Une commande complète est composée d'un nom suivi éventuellement de un ou plusieurs arguments. Lorsqu'une telle commande est introduite au moyen d'une console interactive, son contenu est analysé et la tâche demandée est exécutée immédiatement ; après exécution de cette tâche, le contrôle est rendu au module moniteur pour recevoir la prochaine commande. Le travail avec STELCA prend ainsi un aspect conversationnel et il est possible d'exécuter à son gré une des tâches suivantes :

- lecture des données,
- modification des données,
- enregistrement des données sur un fichier,
- édition des données se trouvant sur un fichier créé précédemment,
- test de la cohérence des données,
- calcul de la charge critique,
- impression des résultats.

L'introduction des données numériques se fait sous forme de tableau, séparément pour les nœuds, les barres, les charges nodales et les charges de barres ; les erreurs de données triviales sont détectées et signalées au cours du processus interactif. La modification des données s'effectue selon le même schéma.

Les possibilités de stockage des données sur un support permanent (disques rapides) sont relativement limitées, mais néanmoins suffisantes pour archiver des données et les réutiliser ultérieurement avec des modifications ou non. Les fichiers créés en cours d'exécution sont à accès séquentiel. Cette manière de faire apporte naturellement un certain nombre de désavantages, dont le plus apparent est la responsabilité de l'utilisateur vis-à-vis de l'organisation du fichier. Ce type d'accès a pourtant été retenu, car il possède l'avantage d'être directement compatible avec l'utilisation de bandes magnétiques. Pour rendre la manipulation de ces fichiers moins lourde, la lecture peut s'effectuer sous une forme d'accès pseudo-direct.

Le travail en mode interactif nécessite une détection aussi efficace que possible des erreurs commises par l'utilisateur. L'expérience montre que des erreurs sont commises fréquemment dans la formulation du problème et dans sa traduction en données numériques. Alors qu'une erreur de formulation ne peut en principe pas être détectée sauf cas particulier (par exemple : structure initialement instable),

une erreur purement numérique peut être localisée plus facilement, la méthode actuellement la plus efficace consistant en une représentation graphique des données. Le domaine d'application restreint considéré ici permet le contrôle automatique de ce type d'erreur sans recourir à l'image ; toute erreur représente une déviation inacceptable par rapport à certains caractères du sous-ensemble de structures admis par le programme. La localisation de ces erreurs permet à l'utilisateur une correction immédiate et minimise ainsi le temps global consacré à l'étude d'un problème donné.

4.3 Evaluation de la charge critique

La première étape du calcul consiste essentiellement en un travail de préparation. Les données introduites en principe dans un ordre quelconque sont arrangées à nouveau et des tables permettant d'accélérer le processus d'itération sont créés. Toutes les charges sont réduites à leur équivalent en charges nodales en utilisant le modèle de la poutre simple (pas de flexion primaire).

La phase de calcul proprement dite effectue les opérations suivantes :

- assemblage de la matrice de rigidité,
- calcul du déterminant de la matrice de rigidité,
- contrôle de l'itération $\Delta = f(\lambda)$.

La procédure choisie pour le calcul du facteur de charge critique λ_{cr} est basée sur l'évaluation directe du déterminant de la matrice de rigidité en utilisant une élimination de Gauss avec échange des pivots. Toutes les opérations sont effectuées avec le triangle supérieur seul de la matrice de rigidité. Le premier zéro de la fonction $f(\lambda)$ est obtenu par un processus itératif au cours duquel une approximation de plus en plus fine de λ_{cr} est obtenue par extrapolations quadratiques successives (fig. 7).

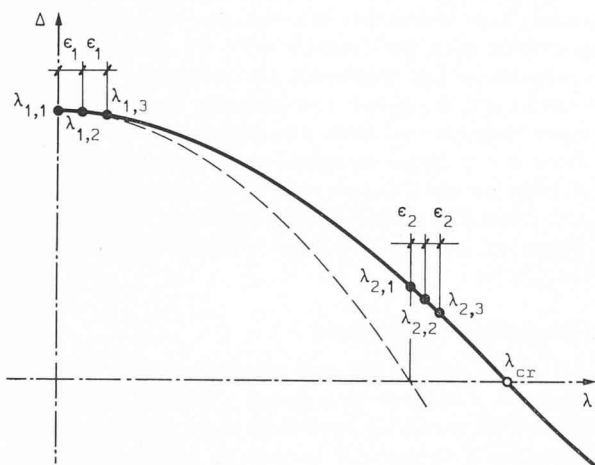


Fig. 7. — Schéma de l'itération $\lambda-\Delta$.

Le premier pas de l'itération est effectué en évaluant la valeur de dét. (R) pour trois approximations de λ_{cr} données par :

$$\lambda_{1,1} = 0, \lambda_{1,2} = \lambda_{1,1} + \varepsilon_1; \lambda_{1,3} = \lambda_{1,2} + \varepsilon_1;$$

où ε_1 est tout d'abord une fonction de la rigidité de chaque barre isolée. Lorsqu'une n -ième approximation $\lambda_{i,1}$ de λ_{cr} est obtenue par extrapolation, on a :

$$\lambda_{i,2} = \lambda_{i,1} + \varepsilon_j, \lambda_{i,3} = \lambda_{i,2} + \varepsilon_j;$$

où ε_j est devenu une fonction de la vitesse de convergence. L'itération est arrêtée lorsque $|\delta_{\lambda_{i,2}}| \leq 10^{-5} \lambda_{i,2}$, où

$\delta_{\lambda_{i,2}}$ est l'accroissement apporté à $\lambda_{i,2}$ par l'extrapolation d'ordre $i + 1$.

Le nombre d'itérations nécessaires pour obtenir la précision voulue est généralement compris entre 4 et 6. Il peut arriver cependant que certaines structures possèdent une fonction $\lambda-\Delta$ discontinue ; le nombre d'itérations est alors légèrement plus élevé. Un contrôle final du résultat permet de s'assurer de la validité du facteur de charge critique.

4.4 Préparation des données

Les données soumises à STELCA doivent tenir compte de deux limitations importantes liées aux hypothèses théoriques, soit :

- la géométrie du cadre,
- le système de charges.

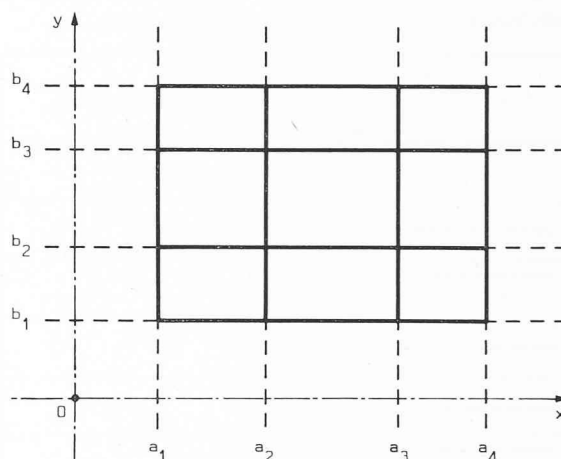


Fig. 8. — Constitution d'un cadre régulier.

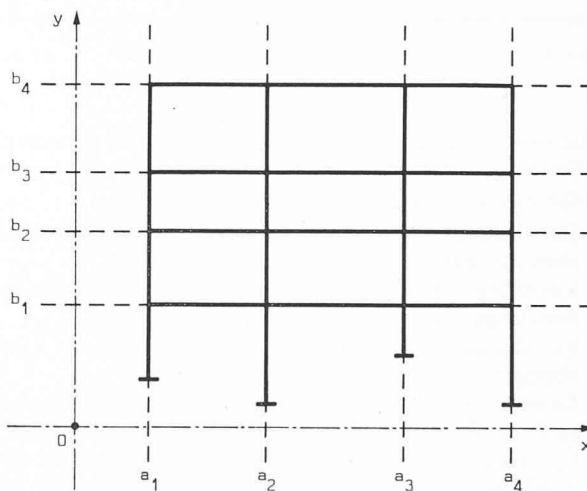


Fig. 9. — Liaisons externes d'un cadre régulier.

Le domaine d'application de STELCA est limité au sous-ensemble des cadres rectangulaires réguliers plans. Les nœuds de ce type de cadre peuvent être définis dans un repère orthogonal x, y comme étant l'ensemble des intersections des droites $x = a_i$ et $y = b_j$ ($i = 1, n$; $j = 1, m$), les a_i et b_j étant des constantes. Tous les nœuds sont liés entre eux par des segments de droite parallèles aux axes x et y , ce qui représente la trame de base (fig. 8). L'idée de cadre rectangulaire régulier est généralisée de la manière suivante : un nombre quelconque de nœuds peut être supprimé de la trame comme elle est définie ci-dessus, à condition que $N_j \geq N_{j+1}$, N étant le nombre de nœuds d'intersection par droite $y = b_j$, respectivement $y =$

b_{j+1} avec $b_j < b_{j+1}$. La géométrie ainsi définie, les liaisons statiques minimum sont réalisées en attachant à chaque nœud défini par $y = b_1$ un segment de droite vertical, de longueur quelconque, appuyé à son autre extrémité (fig. 9).

Les possibilités de liaisons de ces barres sont résumées à la figure 10. D'autres liaisons peuvent être ajoutées, soit en bloquant le déplacement d'un nœud, soit en ajoutant des barres horizontales aux nœuds de bord définis par $y = b_m$ ($b_m \geq b_1$). Par défaut, les barres sont liées rigide-ment entre elles. Pour pouvoir introduire facilement des éléments tels que des béquilles, une articulation peut être définie entre l'extrémité d'une barre et un nœud. Il faut remarquer à ce sujet que le nœud est considéré théorique-ment comme un élément indépendant qui peut être initialement instable si toutes les barres y sont liées par l'intermédiaire d'une rotule. La figure 10 résume les possibilités géométriques et de liaisons statiques.

LIAISONS	DEFORMATIONS LIBRES CORRESPONDANTES
libre	ψ_z, v_x, v_y
	ψ_z, v_y
	ψ_z, v_x
	ψ_z
	v_y
	v_x
	aucune

Fig. 10. — Types de liaisons externes considérés (x, y, z : système de référence global).

Le système de charge, composé d'une partie constante et d'une partie variable proportionnellement au facteur de charge λ , est limité par les exigences suivantes :

- Les charges sont verticales, parallèles à l'axe y du système de référence.
- Les charges doivent produire un effort de compression dans chaque barre sollicitée, quel que soit λ .
- Les charges permanentes doivent être inférieures à la charge critique.
- La précision du calcul n'est pas totalement indépendante de l'intensité initiale des charges, donc de la valeur de λ . On admet que la structure a été dimensionnée au préalable au moins par un rapide calcul classique de manière à ce que λ soit compris entre 1 et 100 pour les charges de service.

Un nombre important de structures peut être calculé en utilisant leur symétrie géométrique et leur symétrie de charge. Un cadre peut être réduit de moitié, au quart, ou moins en utilisant les liaisons statiques appropriées. La connaissance du mode de déformation postcritique du cadre est ici essentielle ; les liaisons de symétrie choisies doivent tenir compte de la déformation des éléments le long de l'axe de symétrie. La figure 11 montre deux exemples simples de réduction symétrique.

La version actuelle du programme accepte des cadres possédant au plus 82 degrés de liberté effectifs (nombre de nœuds libres ajouté au nombre d'étages). Pour des raisons pratiques, la taille maximum est limitée à 54 nœuds

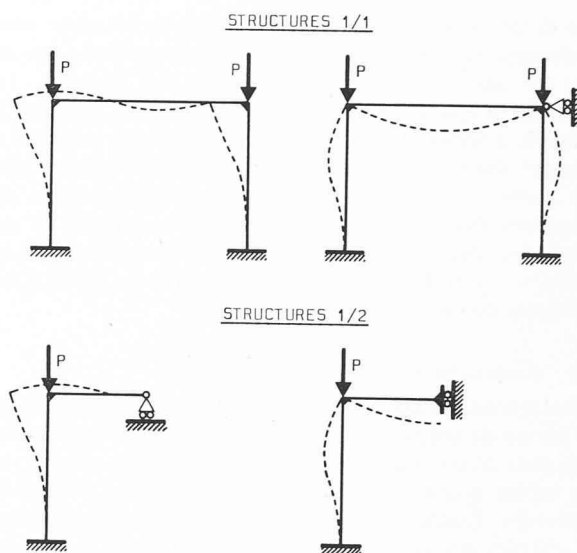


Fig. 11. — Réduction de cadres symétriques.

au total. Cette taille peut paraître faible à priori, mais elle recouvre la grande majorité des cas rencontrés pratiquement. Si cela est nécessaire, il est d'ailleurs possible de modifier sans autre cette limite.

5. Utilisation du programme STELCA

La version actuelle, écrite en FORTRAN IV, est opérationnelle sur l'ordinateur CDC Cyber 7326 du Centre de calcul de l'EPFL et peut être accédée par n'importe quelle console qui y est raccordée par une ligne asynchrone. La technique utilisée exige très peu de place mémoire et de temps de calcul, permettant ainsi l'implantation sur des systèmes beaucoup plus petits, si nécessaire.

L'utilisation de STELCA ne réclame pas de connaissances étendues dans le domaine informatique, même si la technique utilisée n'est pas traditionnelle. Le dialogue avec le programme ne fait appel qu'à un vocabulaire limité et le processus est en partie autoéducatif, limitant ainsi de longues références au mode d'emploi.

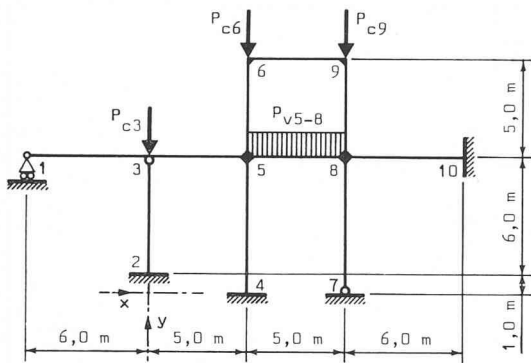
Nous avons choisi de présenter au paragraphe suivant trois exemples qui illustrent mieux le travail à effectuer pour la résolution d'un problème de bifurcation. (Pour les détails d'utilisation, consulter le mode d'emploi du programme STELCA [6].)

6. Exemples numériques

La charge critique des trois cadres présentés ci-après a été calculée à l'aide du programme STELCA. Leur nature différente démontre les possibilités et les performances du programme en fonction de la taille du problème et du but recherché. Les annexes démontrent l'usage de quelques commandes, ainsi que la façon d'introduire et de modifier partiellement les données au cours de l'exécution. Ces exemples ne sont évidemment pas exhaustifs et d'autres possibilités sont offertes pour remplir certaines exigences particulières.

a) Exemple n° 1

Le cadre représenté à la figure 12 est une illustration des combinaisons de géométrie, de liaisons statiques et de charges qu'il est possible d'utiliser. L'état de charge est une combinaison de charges constantes et de charges variables. L'évaluation du facteur de charge critique a nécessité cinq itérations et le temps de calcul (processeur central) est de 0,6 s. Le facteur de charge critique obtenu est $\lambda_{cr} = 31,81$.



$$J_{1-3} = J_{3-5} = J_{6-9} = J_{8-10} = 5000 \text{ cm}^4.$$

$$J_{2-3} = J_{5-6} = J_{5-8} = J_{8-9} = 15000 \text{ cm}^4.$$

$$J_{4-5} = J_{7-8} = 20000 \text{ cm}^4.$$

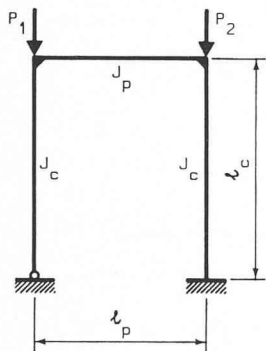
Pour toutes les barres : $E = 2100 \text{ t/cm}^2$.

$P_{c3} = 10,0 \text{ t}$; $P_{c6} = 15,0 \text{ t}$; $P_{c9} = 20,0 \text{ t}$; $p_{v5-8} = 5,0 \text{ t/m}'$.

Fig. 12. — Exemple n° 1.

Le déroulement complet de l'opération interactive comprenant la lecture des données, l'impression des données, le calcul et l'impression des résultats est donné à l'annexe 1 sous forme de copie du listing obtenu au terminal (les commandes de l'utilisateur sont soulignées).

b) Exemple n° 2



$$\alpha = \frac{E_p J_p l_c}{E_c J_c l_p}$$

$$\beta = \frac{P_1}{P_2}$$

$$P_{cr \text{ ét}} = \frac{\pi^2 E_c J_c}{l_c^2}$$

$$\gamma = \frac{P_2 \text{ cr}}{P_{cr \text{ ét}}}$$

Fig. 13. — Exemple n° 2.

En utilisant les commandes de modification des données, il est possible d'utiliser STELCA pour l'étude de l'influence de la variation d'un paramètre. Pour démontrer cette possibilité, nous avons imaginé le cadre simple de la figure 13 pour lequel nous avons établi le graphique de la fonction $\gamma = f(\alpha)$ avec différentes valeurs de β . Les résultats de cette étude sont présentés sous forme graphique à la figure 14.

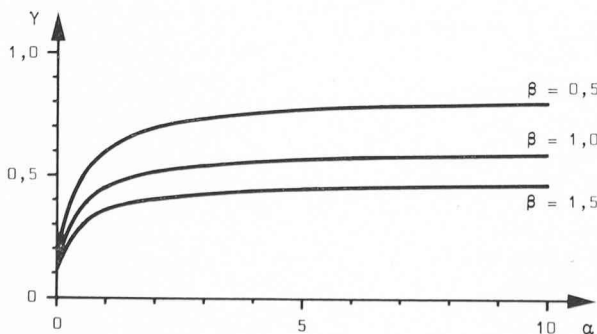


Fig. 14. — Diagramme α - γ de l'exemple n° 2.

c) Exemple n° 3

Alors que les exemples précédents sont purement académiques, nous avons choisi de présenter ici un cadre autostable de taille plus importante (fig. 15), dimensionné selon les règles actuellement en vigueur en Suisse. L'ossature est composée de colonnes HEA et HEM et les poutres sont des profilés IPE. Tous les éléments ont l'axe y (faible) dans le plan du cadre. L'équidistance des cadres est de 5,0 m et les charges admises pour le cas P sont :

- planchers : q_c (charge constante) 500 kg/m^2 ,
 q_v (charge variable) 400 kg/m^2 ,
- toiture : q_c (charge constante) 150 kg/m^2 ,
 q_v (charge variable) 100 kg/m^2 .

Le dimensionnement a été effectué en négligeant la contribution de la dalle à la résistance de l'ossature métallique.

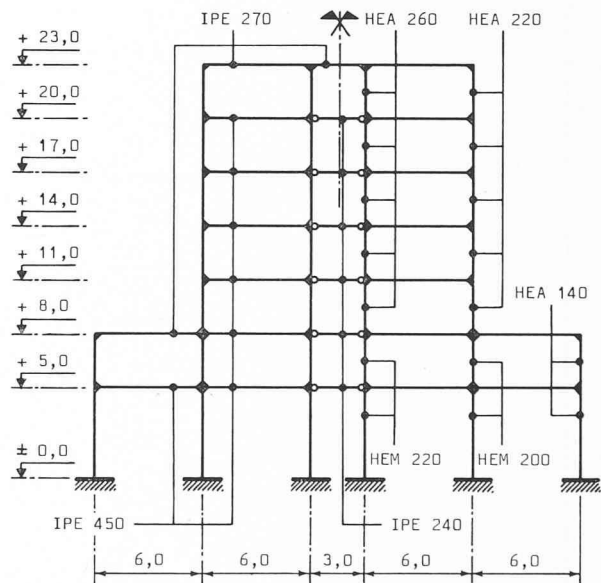


Fig. 15. — Exemple n° 3 (cotes en mètres).

Le calcul du facteur de charge critique a été réalisé en utilisant la totalité de la structure ; l'état de charge critique s'écrit :

$$q_{t \text{ cr}} = q_c + \lambda_{cr} q_v \text{ avec } \lambda_{cr} = 16,4.$$

en admettant que le flambage se produit dans le plan du cadre et que les cadres adjacents n'ont pas d'effet stabilisant.

Le temps de calcul utilisé est de 6 s (39 degrés de liberté effectifs) et comprend 6 itérations.

7. Remarques finales

Le programme développé à l'ICOM/EPFL par les auteurs est d'ambition modeste et ne prétend pas être une contribution majeure au problème de la stabilité des structures, d'autant plus que le modèle utilisé est déjà d'un certain âge. L'idée qui a présidé à sa création répond néanmoins bien à des préoccupations actuelles :

- offrir aux étudiants des 2^e et 3^e cycles, ainsi qu'aux praticiens intéressés par le problème, le moyen d'évaluer et d'apprécier facilement l'influence de divers paramètres sur les phénomènes d'instabilité,
- faciliter l'usage des Recommandations européennes pour évaluer la charge limite des cadres plans multi-étages.

ANNEXE 1

LISTING DE L'EXEMPLE NO 1.

PROGRAMME STELCA - VERSION 3.2/FEV.76 - EPFL/ICOM

PROGRAMME INTERACTIF POUR LE CALCUL DE LA CHARGE CRITIQUE ELASTIQUE DE CADRES MULTIPLES RECTANGULAIRES PLANS.

SUITE..UNITES T CM

SUITE..LECTURE DONNEES

TITRE: FIGURE 12. - STRUCTURE EXEMPLE NO 1.

LECTURE DES DONNEES

A) CARACTERISTIQUES DES NOEUDS

NOEUD NO	COORD X (CM)	COORD Y (CM)	TYPE D'APPUI
1	-500	700	2
2	0	100	6
3	0	700	
4	500	0	6
5	500	700	
6	500	1200	
7	1000	0	3
8	1000	700	
9	1000	1200	
10	1600	700	6

FIN

B) CARACTERISTIQUES DES BARRES

NOEUD I	NOEUD J	INERTIE(CM4)	MODULE ELASTIQUE(T/CM2)	LIAISONS I-J
1	3	5000	2100	
3	5	5000	2100	
6	9	5000	2100	
8	10	5000	2100	
2	3	15000	2100	0 1
5	6	15000	2100	
5	8	15000	2100	
8	9	15000	2100	
4	5	20000	2100	
7	8	20000	2100	

FIN

C) CHARGES NODALES

NOEUD NO	PPY (T)	PPX (T)	PSY (T)	PSX (T)
3	0	0	-10	
6	0	0	-15	
9	0	0	-20	

FIN

D) CHARGES DE BARRES

NOEUD I	NOEUD J	CHARGE REPARTIE (T/CM)	CHARGE CONC. (T)
		PPYI - PPYJ - PSYI - PSYJ	PSY - A
5	8	-0.05 -0.05	

FIN

SUITE..IMPRESSION DONNEES

IMPRESSION DES DONNEES

-TITRE: FIGURE 12. - STRUCTURE EXEMPLE NO 1.

A) CARACTERISTIQUES DES NOEUDS

NOEUD NO	COORD X (CM)	COORD Y (CM)	TYPE D'APPUI
1	-500.000	700.000	2
2	0.000	100.000	6
3	0.000	700.000	
4	500.000	0.000	6
5	500.000	700.000	
6	500.000	1200.000	
7	1000.000	0.000	3
8	1000.000	700.000	
9	1000.000	1200.000	
10	1600.000	700.000	6

NOMBRE DE NOEUDS = 10

B) CARACTERISTIQUES DES BARRES

NOEUD I	NOEUD J	INERTIE(CM4)	MODULE ELASTIQUE(T/CM2)	LIAISONS I-J
1	3	.500E+04	.210E+04	
3	5	.500E+04	.210E+04	
6	9	.500E+04	.210E+04	
8	10	.500E+04	.210E+04	
2	3	.150E+05	.210E+04	0 1
5	6	.150E+05	.210E+04	
5	8	.150E+05	.210E+04	
8	9	.150E+05	.210E+04	
4	5	.200E+05	.210E+04	
7	8	.200E+05	.210E+04	

NOMBRE DE BARRES = 10

C) CHARGES NODALES

NOEUD NO	PPY (T)	PPX (T)	PSY (T)	PSX (T)
3	0.	0.	-10.0	0.
6	0.	0.	-15.0	0.
9	0.	0.	-20.0	0.

NOMBRE DE NOEUDS CHARGES = 3

D) CHARGES DE BARRES

NOEUD I	NOEUD J	CHARGE REPARTIE (T/CM)	CHARGE CONC. (T)
		PPYI - PPYJ - PSYI - PSYJ	PSY - A
5	8	-.500E-01 -500E-01	0. 0. 0. 0.

NOMBRE DE BARRES CHARGES = 1

SUITE..RESOLUTION

-FIN DU CALCUL-
SUITE..IMPRESSION RESULTATS

RESULTATS DU CALCUL

-TITRE: FIGURE 12. - STRUCTURE EXEMPLE NO 1.

LAMBDA= 31.8094

EFFORTS DANS LES BARRES (A LA CHARGE CRITIQUE)

BARRE I - J	EFFORT (T)
2 3	319.
5 6	477.
8 9	536.
4 5	492.
7 8	551.

CHARGES CRITIQUEES

NOEUD NO	PPY (T)	PPX (T)	PSY (T)	PSX (T)
3	0.	0.	-319.	0.
6	0.	0.	-477.	0.
9	0.	0.	-536.	0.

CHARGES DE BARRES

NOEUD I	NOEUD J	CHARGE REPARTIE (T/CM)	CHARGE CONC. (T)
		PPYI - PPYJ - PSYI - PSYJ	PSY - A
5	8	-.500E-01 -500E-01	0. 0. 0. 0.

SUITE..STOP

ANNEXE 2

LISTING PARTIEL DE L'EXEMPLE NO 2.

SUITE..UNITES T CM

SUITE..LECTURE DONNEES

TITRE: FIGURE 13. - STRUCTURE EXEMPLE NO 2. BETA=1., VARIATION ALPHA.

LECTURE DES DONNEES

A) CARACTERISTIQUES DES NOEUDS

NOEUD NO	COORD X (CM)	COORD Y (CM)	TYPE D'APPUI
1	0	0	3
2	0	500	
3	500	500	
4	500	0	6

FIN

B) CARACTERISTIQUES DES BARRES

NOEUD I	NOEUD J	INERTIE(CM4)	MODULE ELASTIQUE(T/CM2)	LIAISONS I-J
1	2	1000	2100	
2	3	10	2100	
3	4	1000	2100	

FIN

C) CHARGES NODALES

NOEUD NO	PPY (T)	PPX (T)	PSY (T)	PSX (T)
2	0	0	-1	
3	0	0	-1	

RESOLUTION

-FIN DU CALCUL-

SUITE..IMPRESSION LAMBDA

RESULTATS DU CALCUL

-TITRE: FIGURE 13. - STRUCTURE EXEMPLE NO 2. BETA=1., VARIATION ALPHA.

LAMBDA= 12.1419

SUITE..MODIFICATION BARRES SUP

CORRECTION DES DONNEES

NOEUD I	NOEUD J	INERTIE(CM4)	MODULE ELASTIQUE(T/CM2)	LIAISONS I-J
2	3	50	2100	

MODIFICATION DES CARACTERISTIQUES DE LA BARRE

>> 2 3

RESOLUTION

-FIN DU CALCUL-

SUITE..IMPRESSION LAMBDA

RESULTATS DU CALCUL

-TITRE: FIGURE 13. - STRUCTURE EXEMPLE NO 2. BETA=1., VARIATION ALPHA.

LAMBDA= 14.8360

SUITE..DEBUT TAPES

SUITE..COPIE TAPES

SUITE..STOP

Remerciements

Les auteurs remercient le Centre Informatique du Département de Génie Civil de l'EPFL du concours apporté à l'élaboration de la routine d'évaluation de déterminants.

Leur gratitude va également à M. Michel Lugeon pour l'aide apportée à l'élaboration des exemples, à M. Maurice Fiaux pour l'exécution des figures ainsi qu'à M^{me} Geneviève Millet pour avoir exécuté la dactylographie.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] MASSONNET, Ch. et SAVE, M. : *Calcul plastique des constructions*, vol. I, Structures dépendant d'un paramètre. Editions Nelissen, Liège (Belgique), 1977.
- [2] *Stability of Frames*, chapter 8. Second International Colloquium on Stability, Introductory Report, Liège, April 13-15, 1977.

- [3] MERCHANT, W. : *The failure load of rigidly jointed frameworks as influenced by stability*. The Structural Engineer 7/1954, p. 185-190.
- [4] VINNAKOTA, S., et BADOUX, J.-C. : *Flambage par bifurcation des cadres rectangulaires plans*. Bulletin technique de la Suisse romande 23/1970, p. 335-348.
- [5] TIMOSHENKO, P. : *Théorie de la stabilité élastique*. Dunod, Paris 1966.
- [6] BEER, J.-P., et VINNAKOTA, S. : *STELCA*. Bibliothèque des programmes de calcul sur ordinateur, manuel de l'utilisateur, EPFL/ICOM, Lausanne 1976.

Adresse des auteurs :

Sriramulu Vinnakota, D^r ès sc., adjoint scientifique
Jean-Pierre Beer, ingénieur EPFL
Institut de la construction métallique (ICOM) de l'EPFL
Chemin des Délices 9, 1006 Lausanne

Congrès

Conception, projet et exécution de constructions dans les régions en développement

Munich (RFA), 24-26 octobre 1977

C'est le thème du colloque organisé par l'Association internationale des ponts et charpentes, avec le concours du groupe allemand de l'AIPC.

Le programme comprend, outre des visites techniques, des films et des visites, des exposés et des discussions. Programme de dames.

Séances techniques

Besoins des pays en développement. — Choix des projets et financement des travaux. — Formulation du contrat. — Collaboration dans les phases de projet et d'exécution. — Aspects du projet. — Exécution des travaux et management du projet. — Collaboration des régions en développement et des pays industrialisés.

Programme et renseignements : Secrétariat de l'AIPC, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zurich (Suisse).

Inscription : Groupe allemand de l'AIPC, Ebertplatz 1, D-5000 Köln 1, République fédérale d'Allemagne.

Séismes et construction

Berne, vendredi 4 novembre 1977

C'est le thème de la session d'automne 1977 de la Société suisse de mécanique des sols et des roches, qui aura lieu au Kursaal.

Programme et renseignements : secrétariat de la SSMSR, case postale 140, 1000 Lausanne 13.

Evolution et théories modernes en élasticité et plasticité

C'est le thème du séminaire organisé par le Collège international des sciences de la construction à Saint-Rémy-lès-Chevreuse, du 12 au 15 décembre 1977.

Programme et informations disponibles auprès de M. L'Hermite, Collège international des sciences de la construction (UTI), B.P. n° 1, 78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse (France).

Le drainage des routes

Berne, 22-24 mai 1978

C'est le thème du symposium international organisé par l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE).

Le symposium sera de nature scientifique et technique. Il aura pour but de permettre aux chercheurs et aux ingénieurs des différents pays de se communiquer les résultats d'investigations récentes, d'échanger des informations sur des études en cours, de discuter de l'état des connaissances acquises, de présenter des solutions pratiques et économiques, et de dégager des priorités pour les recherches futures en matière de drainage des routes. Les thèmes principaux seront les suivants :

1. Données hydrologiques pour l'établissement du système de drainage routier. — 2. Géométrie de la chaussée et caractéristique de surface. — 3. Drainage du corps de la chaussée (drainage interne) — 4. Protection de l'environnement. — 5. Conception des systèmes de drainage.

Les auteurs éventuels de communications sont priés de demander le programme détaillé au secrétariat du symposium : Service fédéral des routes et des digues, Monbijoustrasse 30, 3003 Berne (tél. (031) 61 94 11) ou chez le professeur R. Crottaz, chaire des voies de circulation EPFL, avenue de Cour 16, 1007 Lausanne (tél. (021) 27 78 36). Délais pour la livraison d'un résumé : 12 août 1977 ; livraison de la communication écrite (max. 3000 mots), 1^{er} février 1978.

Protection des eaux et lutte contre la pollution de l'air et le bruit

Jönköping (Suède), 25-29 septembre 1978

Le programme comprend des conférences, des visites et une exposition d'installations et d'équipements pour la protection de l'eau et de l'air et pour la lutte contre le bruit.

Programme et renseignements : Elmia AB, Box 6066, S-550 06 Jönköping, Suède, ou, en France, à Equivalences, 105, rue de Miromesnil, 75008 Paris.

Communication SVIA

Application théorique et pratique de la norme SIA N° 181

A la suite du « Séminaire acoustique 1977 » qui s'est tenu en date du 15.4.77 à l'EPFL, nous disposons encore d'un certain nombre d'exemplaires de la brochure réunissant l'ensemble des exposés présentés à cette occasion.

Ces brochures sont en vente au prix de Fr. 40.— au Secrétariat de la SVIA, 8, avenue Jomini, 1004 Lausanne.