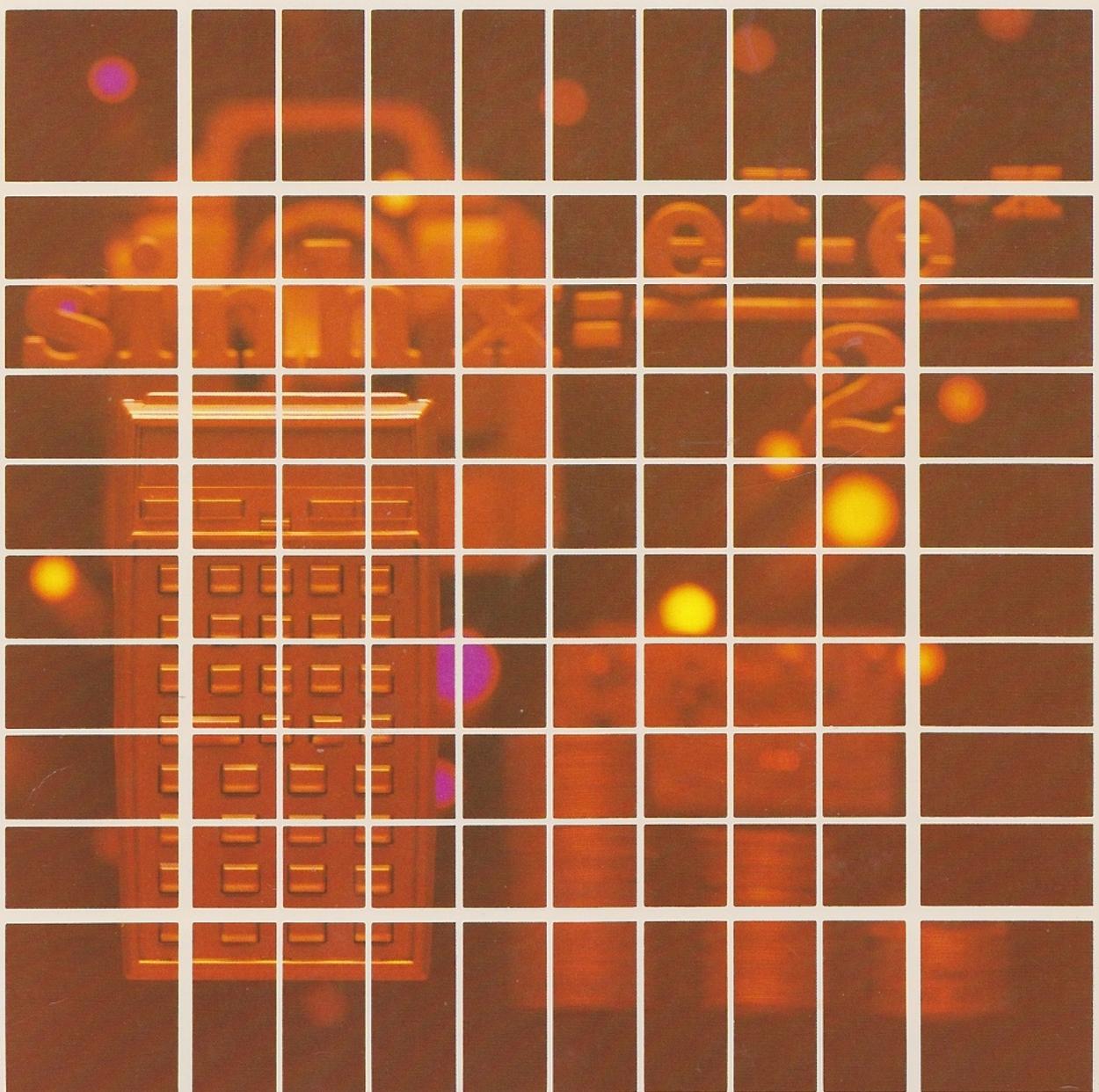


HEWLETT-PACKARD

HP-41C

LIVRET D'APPLICATIONS
MATHÉMATIQUES
HAUT NIVEAU



Ces programmes seront disponibles plus tard sous forme de codes barres, et en anglais, nous avons donc laissé des termes en anglais dans les listages. Si vous souhaitez les traduire, il suffit d'aller à la ligne correspondante. Les traductions suggérées apparaissent en italique dans la colonne commentaires.

NOTE

**Les programmes de ce manuel sont fournis sans aucune garantie.
La Société Hewlett-Packard n'assume donc aucune responsabilité
quant aux conséquences directes ou non de l'utilisation de ces
programmes.**

PRESENTATION

Ce livret d'applications du HP-41C est destiné à vous aider à utiliser à fond les possibilités de votre calculateur. Les programmes choisis couvrent la plupart des problèmes que vous devez résoudre quotidiennement.

Ils vous offrent des possibilités de calcul immédiates et vous présentent des suggestions utiles pour la programmation de votre propre logiciel. Les commentaires accompagnant les listages des programmes décrivent l'approche adoptée pour parvenir à la solution ; ils vous aident à suivre la logique du programmeur et à maîtriser parfaitement votre calculateur Hewlett-Packard.

INTRODUCTION D'UN PROGRAMME DANS LE HP-41C

Avant d'introduire dans votre HP-41C un des programmes contenus dans ce manuel, rappelez-vous quelques points importants. L'imprimante HP 82143A offre un moyen extrêmement pratique de lister des programmes et montre clairement la marche à suivre pour introduire un programme sans faire apparaître toutes les séquences de touches. C'est ce type de sortie qui a été présenté dans ce manuel. La méthode est simple et rapide puisqu'il suffit de suivre le listing pour comprendre les étapes de l'introduction du programme. La procédure est la suivante :

1. A la fin de chaque listing de programme se trouve une liste d'informations d'état nécessaires à la bonne exécution du programme. Cette liste comprend une indication de TAILLE (SIZE). Avant de commencer à introduire le programme, appuyer sur **XEQ ALPHA SIZE ALPHA** et spécifier la taille en trois chiffres. Par exemple, introduisez 010 pour spécifier 10.

Ces informations d'état comprennent également le format de l'affichage et l'état des indicateurs utilisés par le programme. Pour assurer la bonne exécution du programme, vérifier si l'état de l'affichage du HP-41C a été correctement programmé et si tous les indicateurs utilisés sont positionnés ou mis à zéro, suivant les besoins.

2. Mettez le HP-41C en mode PRGM (appuyer sur la touche **PRGM**) et appuyer sur **■ GTO • •** pour préparer le calculateur pour le nouveau programme.
3. Commencez à introduire le programme. Voici quelques conseils qui vous aideront dans cette opération en partant des listages de programmes contenus dans ce manuel.
 - a. Si un caractère ou un groupe de caractères est entouré de guillemets («) dans le programme, ce caractère ou groupe de caractères est alphabétique. Pour les caractères alphabétiques, il suffit d'appuyer sur **ALPHA**, de taper les caractères, puis d'appuyer à nouveau sur **ALPHA**. Par exemple, pour introduire "SAMPLE", la séquence est la suivante : **ALPHA "SAMPLE" ALPHA**.
 - b. Le losange qui précède chaque instruction LBL est un signe dont le seul but est de montrer l'emplacement des labels dans les listages. Ne tenez pas compte de ce signe quand vous introduisez votre programme.
 - c. Sur l'imprimante, le signe de la division est /. Quand vous voyez un / dans le listing, appuyer sur **+**.
 - d. De même, l'imprimante remplace le signe normal de la multiplication par . Quand vous voyez un , appuyez sur **x**.
 - e. Dans le listing, le caractère indique la fonction **APPEND** . Quand vous voyez , appuyez sur **■ APPEND** en mode ALPHA (appuyez sur **■** puis sur la touche K).
 - f. Toutes les opérations faisant appel à des adresses de registres acceptent ces adresses sous la forme suivante : nn (nombre de deux chiffres)
IND nn (INDIRECTE : **■**, suivi d'un nombre de deux chiffres).
X, Y, Z, T, ou L (adresse de registre opérationnel : **□** suivi de X, Y, Z, T ou L)
IND X, Z, T ou L (INDIRECTE registre opérationnel : **■ □** suivi de X, Y, Z, T ou L)

Pour spécifier une adresse indirecte, appuyez sur **■**, puis sur l'adresse indirecte. Pour spécifier une adresse de registre opérationnel, appuyez sur **□**, suivi de X, Y, Z, T ou L. Pour spécifier une adresse indirecte de registre opérationnel, appuyez sur **■ □**, puis sur X, Y, Z, T ou L.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTEGRALES DE SINUS, COSINUS ET EXPONENTIELLES	1
Calcul de $\int_0^x \frac{\sin t}{t} dt$, $\gamma + \ln x + \int_0^x \frac{\cos t - 1}{t} dt$, and $\int_0^x \frac{e^{-t}}{t} dt$.	
2. SYSTEMES DE VALEURS ET DE VECTEURS PROPRES DE DEGRE 3.	6
Pour une matrice donnée de degré 3, avec des valeurs propres réelles distinctes, le programme calcule les valeurs et les vecteurs propres. La première valeur propre (le plus grande) et le premier vecteur propre sont calculés par la méthode des puissances, tandis que les 2ème et 3ème valeurs sont calculées par la méthode de déflation.	
3. VALEURS PROPRES POUR SYSTEMES DE DEGRE 3	13
Le programme calcule les valeurs propres d'un système de degré 3 décrit par $Az - \lambda x$.	
4. POLYNOMES DE TCHEBYSCHEV, LEGENDRE, HERMITE ET LAGUERRE.	19
Calcul des polynômes à l'aide d'équations de récurrence.	
5. QUADRATURE GAUSSIENNE A SEIZE POINTS	25
Calcul d'approximations d'intégrales sur des intervalles finis ou infinis.	
6. FONCTION GAMMA.	32
Le programme approche la valeur de la fonction gamma $\Gamma(x)$ pour $1 \leq x \leq 70$.	
7. FONCTIONS DE BESSSEL, FONCTION D'ERREUR	37
Calcul des fonctions de Bessel, $J_n(x)$ et $I_n(x)$ et de la fonction d'erreur.	
8. EQUATION CARACTERISTIQUE D'UNE MATRICE 4×4	45
Calcul des coefficients de l'équation caractéristique.	
$\lambda^4 + r_1\lambda^3 + r_2\lambda^2 + r_3\lambda + r_4 = 0$ (avec 1 module mémoire supplémentaire).	
9. OPERATIONS SUR MATRICE 4×4	52
Calcul du déterminant et de l'inverse d'une matrice 4×4 , résolution de quatre équations simultanées à quatre inconnues par élimination gaussienne (avec un module mémoire supplémentaire).	

INTÉGRALES DE SINUS, COSINUS ET EXPONENTIELLES

Ce programme calcule les intégrales suivantes :

Intégrale du sinus

$$\begin{aligned} Si(x) &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)} \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)} \\ &= \int_0^x \frac{\sin t}{t} dt \\ Si(-x) &= Si(x) \end{aligned}$$

Intégrale du cosinus

$$\begin{aligned} Ci(x) &= \gamma + \ln x + \int_0^x \frac{\cos t - 1}{t} dt \\ &= \gamma + \ln x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n}}{2n(2n)!} \end{aligned}$$

$$Ci(-x) = Ci(x) - i\pi \text{ for } x > 0$$

REMARQUE : Pour $Si(x)$ et $Ci(x)$, la précision du résultat décroît si x croît. Pour $x = 10$, le résultat est précis jusqu'à la septième position décimale. Pour x égal à des valeurs voisines de 20, les résultats sont précis jusqu'à la deuxième position décimale.

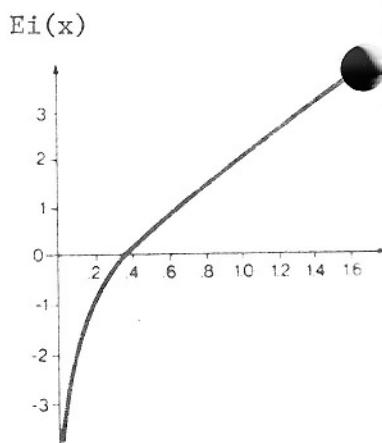
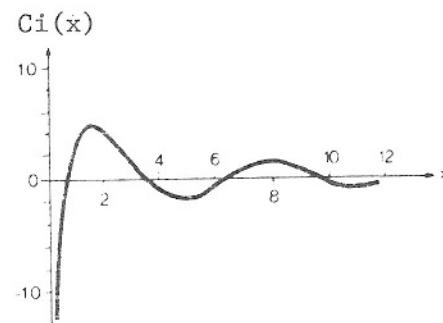
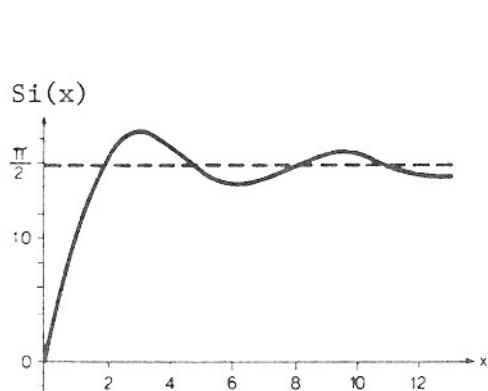
Intégrale exponentielle

$$Ei(x) = \int_{-\infty}^x \frac{e^t}{t} dt = \gamma + \ln x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n n!}$$

où $x > 0$ et $\gamma = 0.5772156649$ est la constante d'Euler.

REMARQUE : Pour $Ei(x)$, si x est trop grand, le calcul d'un nouveau terme de la série peut provoquer un dépassement de capacité. Dans ce cas, l'écran affiche "OUT OF RANGE" et le programme s'arrête.

Le programme calcule les sommes partielles successives de la série. Lorsque deux sommes partielles successives sont égales, la valeur obtenue est prise comme somme de la série.



Référence : Abramowitz, Handbook of Mathematical Functions, National Bureau of Standards, 1968.

Exemples :

1. Calculer $Si(0,69)$
2. Calculer $Si(9,8)$
3. Calculer $Ci(1,38)$
4. Calculer $Ci(5)$
5. Calculer $Ei(1,59)$
6. Calculer $Ei(0,61)$

Appuyer sur :	Affichage
[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 004	
1. [XEQ] [ALPHA] SI [ALPHA]	X?
.69 [R/S]	SI(0.69)=0.67
2. [XEQ] [ALPHA] SI [ALPHA]	X?
9.8 [R/S]	XI(9.80)=1.67
3. [XEQ] [ALPHA] CI [ALPHA]	X?
1.38 [R/S]	CI(1.38)=0.46
4. [XEQ] [ALPHA] CI [ALPHA]	X?
5 [R/S]	CI(5.00)=-0.19
5. [XEQ] [ALPHA] EI [ALPHA]	X?
1.59 [R/S]	EI(1.59)=3.57
6. [XEQ] [ALPHA] EI [ALPHA]	X?
.61 [R/S]	EI(0.61)=0.80

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE AUF INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG

LISTAGE DU PROGRAMME

LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touchés Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touchés Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01 *LBL "EJ"		Si (x)	52	LN	
02 "X?"			53	. 5772156	
03 PROMPT			649		
04 STO 02			54	+	
05 STO 03			55	RTH	
06 X†2			56 *LBL "EI"		Ei(x)
07 CHS			57 "X?"		
08 STO 00			58 PROMPT		
09 1			59 STO 03		
10 STO 01			60 STO 00		
11 RCL 02			61 1		
12 "SI<"			62 STO 02		
13 *LBL 00		Boucle pour	63 0		
14 RCL 00		addition des	64 STO 01		
15 RCL 01		termes de la	65 RCL 00		
16 1		série	66 XEQ 01		
17 +			67 *LBL 03		
18 /			68 RCL 00		
19 LASTX			69 RCL 01		
20 XEQ 02			70 XEQ 02		
21 X#Y?			71 X#Y?		
22 GTO 00			72 GTO 03		
23 GTO d			73 "EI<"		
24 *LBL 02		Sous-program-	74 *LBL d		Affichage
25 1		me commun	75 FIX 2		
26 +			76 RCL 03		
27 STO 01			77 ARCL X		
28 /			78 "F>="		
29 RCL 02			79 ARCL Y		
30 *			80 AVIEW		
31 STO 02			81 STOP		
32 RCL 01			82 .END.		
33 /			80		
34 +					
35 RTH					
36 *LBL "CI"		CI (x)	85		
37 "X?"					
38 PROMPT					
39 STO 03					
40 X†2					
41 CHS					
42 STO 00					
43 1			90		
44 STO 02					
45 0					
46 STO 01					
47 LASTX					
48 XEQ 01					
49 "CIC"			95		
50 GTO 00					
51 *LBL 01					
50			100		

REGISTERS, STATUS, FLAGS
REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN
REGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉRATOIRES
REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

Registers				Status						
				Berriebsart Modes opératoires Modi operativi						
00	$-x^2$, x	50		Size	004	Total Reg.	24			
01	temporaire			Eng	<input type="checkbox"/>	Fix	<input checked="" type="checkbox"/> 2			
02	temporaire			Deg	<input checked="" type="checkbox"/>	Rad	<input type="checkbox"/>			
03	x			Sci	<input type="checkbox"/>	Grad	<input type="checkbox"/>			
05		55		Purpose	Flags					
10		60		Bedeutung						
15		65		Signification						
20		70		Scopo						
25		75		00	positionnés					
30		80		01						
35		85		02						
40		90		03						
45		95		04						
		99		05						
				06						
				07						
				08						
				09						
				10						
				11	Audio execute					
				12						
				13						
				14						
				15						
				16						
				17						
				18						
				19						
				20						
				21	Printer Enable					
				22	Number Input					
				23	Alpha Input					
				24	Range Ignore					
				25	Error Ignore					
				26	Audio Enable					
				27	User Mode					
				28	Decimal Point					
				29	Digit Grouping					
				Assignments						
				Tastenbelegung / Assignations / Assegnamenti						
				Function		Function				
				Funktion		Funktion				
				Fonction		Fonction				
				Funzione		Funzione				
				Taste		Taste				
				Touche		Touche				
				Tasto		Tasto				

SYSTEMES DE VALEURS ET DE VECTEURS PROPRES DE DEGRE 3
AVEC VALEURS PROPRES RELLES DISTINCTES

Pour une matrice A, les valeurs propres peuvent être obtenues à partir de $Ax = \lambda x$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

a) Méthode des puissances

Supposons que A ait pour valeurs propres λ_1 , λ_2 et λ_3 avec $|\lambda_1| > |\lambda_2| \geq |\lambda_3|$

Faisons agir A de manière récurrente sur un vecteur v qui peut être exprimé comme une combinaison linéaire de vecteurs propres $v = c_1 v_1 + c_2 v_2 + c_3 v_3$

On a

$$Av = c_1 Av_1 + c_2 Av_2 + c_3 Av_3 = \lambda_1 (c_1 v_1 + c_2 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} v_2 + c_3 \frac{\lambda_3}{\lambda_1} v_3)$$

$$A^P v = \lambda_1^P [c_1 v_1 + c_2 (\frac{\lambda_2}{\lambda_1})^P v_2 + c_3 (\frac{\lambda_3}{\lambda_1})^P v_3]$$

$$\text{donc } \lambda_1 = \lim_{P \rightarrow \infty} \frac{(A^{P+1} v_1)}{(A^P v_1)}$$

b) Pour la méthode par déflation, se reporter à la référence (2).

REMARQUE : Le programme ne fonctionne que pour les systèmes ayant des valeurs propres distinctes et partant d'une "bonne" estimation du vecteur propre initial v_1 . Si le premier composant des vecteurs propres est nul, l'utilisation de ce programme impose des transformations de similitude.

Référence : Charles Cullen, Matrices and Linear Transformations.
Addison-Wesley Pub. Company, mars 1967

Carl-Erik Forberg, Intro. to Numerical Analysis.
Addison-Wesley, Pub. Company 1969

Exemples :

Soit $A = \begin{bmatrix} -3 & 1 & 0 \\ 2 & -3 & 2 \\ 0 & 1 & -3 \end{bmatrix}$ et v_1 estimé égal à $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$, calculer $\lambda_1, v_1, \lambda_2, v_2, \lambda_3$ et

Appuyer sur

Affichage

[USER]	(mettre le calculateur en mode USER)
[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 026	
3 [CHS] [STO] 01	
[STO] 05	
[STO] 09	
2 [STO] 02	
[STO] 08	
0 [STO] 03	
[STO] 07	
1 [STO] 04	
[STO] 06	
1 [STO] 20	
[STO] 21	
[STO] 22	
[XEQ] [ALPHA] EVV [ALPHA]	-5.0000 (λ_1)
[R/S]	1.0000
[R/S]	-2.0000 } v ₁
[R/S]	1.0000
[R/S]	-3.0000 (λ_2)
[R/S]	1.0000
[R/S]	1.0000 -09 } v ₂
[R/S]	-1.0000
[R/S]	-1.0000 (λ_3)
[R/S]	1.0000
[R/S]	2.0000 } v ₃
[R/S]	1.0000

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE AUF INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

Step Schritt Pas Passo	Instructions Operation Instructions Istruzioni	Variables Dateneingabe Données Dati	Function(s) Taste(n) Touche(s) Tasti	Result Resultat Résultat Risultato
1	Chargement de programme Passer en mode USER		[USER]	
2	Stocker une matrice 3 x 3	a11 a21 a31 a12 a22 a32 a13 a23 a33	[STO] 01 [STO] 02 [STO] 03 [STO] 04 [STO] 05 [STO] 06 [STO] 07 [STO] 08 [STO] 09	
3	Pour revoir la matrice :		[A] [R/S] [R/S] [R/S] [R/S] etc.	a11 a21 a31 a12 a22
4	Pour calculer les valeurs et vecteurs propres, introduire une estimation du vecteur propre	v11 v12 v13 et	[STO] 20 [STO] 21 [STO] 22 [XEQ] EVV [R/S] [R/S] [R/S] [R/S] [R/S] [R/S]	$\lambda 1$ $v_1^{'1}$ $v_1^{'2}$ $v_1^{'3}$ $\lambda 2$ v_2^1 v_2^2

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE AUF INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01	LBL 9	- revoir la	50	STO 22	
02	1.009	matrice	51	GTO 03	
03	STO 25		52	LBL 00	Afficher λ_1 ,
04	LBL 01		53	STOP	v_1
05	RCL IND		54	1	
25			55	STO 20	
06	STOP		56	STOP	
07	ISG 25		57	RCL 24	
08	GTO 01		58	RCL 23	
09	STOP		59	/	
10	LBL "EVW	- calculer λ_1 et v_1	60	STO E1	
"			61	STOP	
11	CF 00		62	RCL 25	
12	LBL 03		63	RCL 23	
13	RCL 01		64	/	
14	RCL 04		65	STO 22	
15	XEQ 08		66	STOP	
16	RCL 07		67	RCL 05	construire la
17	RCL 22		68	RCL 21	matrice B
18	*		69	RCL 04	
19	+		70	*	
20	STO 23	- Itération : méthode des puissances	71	-	
21	RCL 02		72	STO 16	
22	RCL 05		73	RCL 06	solution pour
23	XEQ 08		74	RCL 22	λ_2 et λ_3
24	RCL 08		75	RCL 04	
25	RCL 22		76	*	
26	*		77	-	
27	+		78	STO 17	
28	STO 24		79	RCL 08	
29	RCL 03		80	RCL 21	
30	RCL 06		81	RCL 07	
31	XEQ 08		82	*	
32	RCL 09		83	-	
33	RCL 22		84	STO 19	
34	*		85	RCL 09	
35	+		86	RCL 22	
36	STO 25		87	RCL 07	
37	RCL 23		88	*	
38	RCL 20		89	-	
39	/		90	STO 19	
40	RCL 00		91	RCL 16	
41	X=Y?		92	+	
42	GTO 00		93	STO 25	
43	X<>Y		94	X \leftrightarrow Y	
44	STO 00		95	RCL 16	
45	RCL 23		96	RCL 19	
46	STO 20		97	+	
47	RCL 24		98	RCL 18	
48	STO 21		99	RCL 17	
49	RCL 25		100	*	
50			00		

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touchés Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touchés Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
101	-		152	RCL 10	
102	4		153	RCL 13	
103	*		154	STO 10	
104	-		155	X<>Y	
105	SQRT		156	STO 13	
106	2		157	RCL 11	
107	/		158	RCL 12	
108	STO 23		159	RCL 14	
109	RCL 25		160	RCL 15	
110	2		161	STO 12	
111	/		162	RDN	
112	STO 24		163	STO 11	
113	RCL 23		164	RDN	
114	-		165	STO 15	
115	STO 10		166	RDN	
116	RCL 24		167	STO 14	
117	RCL 23		168	GTO 02	
118	+		169♦LBL 08		
119	STO 13	solution pour	170	RCL 20	
120♦LBL 02		v2	171	X<>Y	
121	RCL 10		172	RCL 21	
122	STOP		173♦LBL 09		
123	RCL 16		174	*	
124	-		175	RDN	
125	STO 12		176	*	
126	RDN		177	R↑	
127	RCL 18		178	+	
128	STO 11		179	RTH	
129	RCL 04		180	.END.	
130	R↑				
131	RCL 07				
132	XEQ 09		80		
133	RCL 10				
134	RCL 00				
135	-				
136	/				
137	ST/ 11				
138	ST/ 12		85		
139	RCL 21				
140	ST+ 11				
141	RCL 22				
142	ST+ 12				
143	RCL 20		90		
144	STOP				
145	RCL 11				
146	STOP				
147	RCL 12				
148	STOP				
149	FS? 00	solution pour	95		
150	RTH	v3			
151	SF 00				
50			100		

REGISTERS, STATUS, FLAGS

REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN REGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉRATOIRES REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

Registers				Status				
				Betriebsart Modes opératoires Modi operativi				
00	$\lambda 1$	50		Size	026	Total Reg.	63	User Mode
	a11			Eng	<input type="checkbox"/>	Fix	<input checked="" type="checkbox"/>	Sci <input type="checkbox"/>
	a12			Deg	<input type="checkbox"/>	Rad	<input type="checkbox"/>	Grad <input type="checkbox"/>
	a13			Purpose				Flags
	a21			Bedeutung Signification Scopo				SET <input type="checkbox"/> CLEAR <input type="checkbox"/>
05	a22	55		00	C RETOUR			POURSUITE
	a23			01				
	a31			02				
	a32			03				
	a33			04				
10	λ^3	60		05				
	Z_2^3, V_2^3			06				
	Z_3^3, V_3^3			07				
	$\lambda 2$			08				
	Z_2^2, V_2^2			09				
15	Z_3^2, V_3^2	65		10				
	b11			11	Audio execute			
	b21			12				
	b22			13				
	temporaire			14				
20	$(\lambda^2) k$	70		15				
	$(X_3^1) k$			16				
	temporaire			17				
	temporaire			18				
25	temporaire	75		19				
				20				
				21	Printer Enable			
				22	Number Input			
30		80		23	Alpha Input			
				24	Range Ignore			
				25	Error Ignore			
				26	Audio Enable			
				27	User Mode			
35		85		28	Decimal Point			
				29	Digit Grouping			
				Assignments Tastenbelegung / Assignations / Assegnamenti				
40		90		Function	Funktion Fonction Funzione	Key	Function	Key
					Taste Touche Tasto		Funktion Fonction Funzione	Taste Touche Tasto
45		95						

VALEURS PROPRES POUR SYSTEME DE DEGRE 3

Ce programme calcule les valeurs propres d'un système de degré 3 décrit par $Ax = \lambda x$, notamment :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

Les valeurs propres λ_1, λ_2 , et λ_3 sont données par l'équation

$$\det(\lambda I - A) = 0$$

Les racines de l'équation cubique sont données par la formule exacte.

Exemple : soit à calculer les valeurs propres de la matrice suivante :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -0.05 \end{bmatrix}$$

Appuyer sur :

Affichage :

[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA]	021		
[XEQ] [ALPHA] EV [ALPHA]	1.0000		
1 [R/S]	2.0000		
0 [R/S]	3.0000		
0 [R/S]	4.0000		
0 [R/S]	5.0000		
0 [R/S]	6.0000		
1 [R/S]	7.0000		
0 [R/S]	8.0000		
1 [CHS] [R/S]	9.0000		
.05 [CHS] [R/S]	1.0000	λ_3	
[R/S]	-0.0250	λ_1 (réel)	
[R \downarrow]	-0.9997	λ_1 (imaginaire)	
[R \downarrow]	-0.0250	λ_2 (réel)	
[R \downarrow]	0.9997	λ_2 (imaginaire)	

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE AUF INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01	*LBL "EV"	stockage de la	51	RCL 09	
02	CLRG	matrice	52	RCL 04	
03	10		53	RCL 02	
04	ENTER↑		54	XEQ 09	
05	1		55	ST+ 11	
06	*LBL A		56	RCL 01	
07	STOP		57	RCL 05	
08	STO IND		58	RCL 09	
Y			59	+	
09	RDN		60	+	
10	1		61	CHS	
11	+		62	STO 12	vérification
12	X?Y?		63	CF 00	si constante
13	GTO A		64	CF 01	nulle
14	RCL 08	calcul des	65	RCL 10	
15	RCL 06	coefficients	66	X=0?	
16	RCL 05	du polynôme de	67	GTO d	
17	RCL 09	degré 3	68	RCL 11	
18	XEQ 09		69	3	
19	RCL 01		70	*	
20	*		71	RCL 12	
21	STO 10		72	X↑2	
22	RCL 02		73	-	
23	RCL 09		74	9	
24	RCL 08		75	/	
25	RCL 03		76	STO 13	
26	XEQ 09		77	RCL 11	résolution
27	RCL 04		78	RCL 12	pour la racine
28	*		79	*	réelle λ_3
29	ST+ 10		80	9	
30	RCL 03		81	*	
31	RCL 05		82	RCL 10	
32	RCL 06		83	27	
33	RCL 02		84	*	
34	XEQ 09		85	-	
35	RCL 07		86	RCL 12	
36	*		87	3	
37	ST+ 10		88	Y↑X	
38	RCL 01		89	2	
39	RCL 05		90	*	
40	RCL 07		91	-	
41	RCL 03		92	54	
42	XEQ 09		93	/	
43	STO 11		94	STO 14	
44	RCL 01		95	X↑2	
45	RCL 09		96	RCL 13	
46	RCL 08		97	3	
47	RCL 06		98	Y↑X	
48	XEQ 09		99	+	
49	ST+ 11		100	0	
50	RCL 05		101	X<=Y?	

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touchés Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touchés Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
102	GTO 03		153	4	
103	RCL 14		154	*	
104	RCL 13	λ_3 pour Q3 + $R^2 < 0$	155	-	
105	3		156	CHS	
106	Y↑X		157	X>0?	
107	CHS		158	SF 01	
108	SQRT		159	X=0?	
109	/		160	SF 00	
110	ACOS		161	ABS	
111	3		162	SQRT	
112	/		163	2	
113	COS		164	/	
114	RCL 13		165	STO 20	
115	CHS		166	RCL 18	
116	SQRT		167	CHS	
117	*		168	2	
118	2		169	/	
119	*		170	STO 00	
120	GTO 04		171	FS? 01	
121	*LBL 03		172	GTO 01	
122	X<>Y		173	RCL 20	
123	SQRT		174	+	
124	STO 19		175	0	
125	RCL 14		176	X<>Y	
126	+		177	RCL 00	
127	XEQ 05		178	RCL 20	
128	RCL 14		179	-	
129	RCL 19		180	0	
130	-		181	X<>Y	
131	XEQ 05		182	STOP	
132	+		183	*LBL 01	
133	*LBL 04	λ_3	184	RCL 20	
134	RCL 12		185	X<>Y	
135	3		186	RCL 20	
136	/		187	CHS	
137	-		188	RCL 00	
138	STO 19		189	STOP	
139	STOP		190	*LBL 09	ZT - XY
140	RCL 12	Réduction à	191	*	
141	RCL 19	un polynôme de	192	RTN	
142	+	degré 2 et cal-	193	*	
143	STO 18	cul de $\lambda_1 \lambda_2$	194	R↑	
144	RCL 10		195	-	
145	RCL 19		196	RTN	$\pm\sqrt{ }$
146	/		197	*LBL 05	
147	CHS		198	X<0?	
148	STO 17		199	SF 02	
149	*LBL 07		200	ABS	
150	RCL 18		201	1	
151	X↑2		202	ENTER↑	
152	RCL 17		203	3	
50			00		

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
204	/		51		
205	Y ¹ X				
206	FS?C 02				
207	CHS				
208	RTN				
209	LBL d	$\lambda_3 = 0$	55		
210	STOP				
211	RCL 11				
212	STO 17				
213	RCL 12				
214	STO 18		60		
215	GTO 07				
216	.END.				
15			65		
20			70		
25			75		
30			80		
35			85		
40			90		
45			95		
50			100		

REGISTERS, STATUS, FLAGS

REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN
EGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉRATOIRES
REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

Registers				Status	
				Betriebsart Modes opératoires Modi operativi	
00	-σ (or b b/2)	50		Size <u>021</u> Total Reg. <u>61</u>	User Mode
	a11			Eng <input type="checkbox"/> Fix <input type="checkbox"/> Sci <input type="checkbox"/>	On <input type="checkbox"/>
	a21			Deg <input type="checkbox"/> Rad <input type="checkbox"/> Grad <input type="checkbox"/>	Off <input checked="" type="checkbox"/>
	a31			Purpose	
	a12			Bedeutung Signification Scopo	
05	a22	55		00	
	a32			01	
	a13			02	
	a23			03	
10	utilisé	60		04	
	utilisé			05	
	utilisé			06	
	utilisé			07	
15	utilisé	65		08	
	utilisé			09	
	utilisé			10	
	utilisé			11	Audio execute
	utilisé			12	
20	utilisé	70		13	
				14	
				15	
				16	
				17	
25		75		18	
				19	
				20	
				21	Printer Enable
				22	Number Input
30		80		23	Alpha Input
				24	Range Ignore
				25	Error Ignore
				26	Audio Enable
				27	User Mode
35		85		28	Decimal Point
				29	Digit Grouping
Assignments					
				Tastenbelegung / Assignations / Assegnamenti	
40		90		Function	Key
				Funktion Fonction Funzione	Taste Touche Tasto
45		95		Function	Key
				Funktion Fonction Funzione	Taste Touche Tasto

POLYNOMES DE TCHEBYSCHEV, LEGENDRE, HERMITE ET LAGUERRE

Le label T calcule la valeur du polynôme de Tchebyschev $T_n(x)$ à l'aide de l'équation de récurrence :

$$T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x)$$

Les valeurs initiales étant : $T_0(x) = 1$, $T_1(x) = x$ et n étant un entier positif.

Le label P calcule la valeur du polynôme de Legendre $P_n(x)$ à l'aide de l'équation de récurrence :

$$P_{n+1}(x) = \frac{(2n+1)xP_n(x) - nP_{n-1}(x)}{n+1}$$

Les valeurs initiales étant : $P_0(x)=1$, $P_1(x)=x$ et n étant un entier positif.

Le label H calcule la valeur du polynôme de Hermite $H_n(x)$ à l'aide de l'équation de récurrence

$$H_{n+1}(x) = 2xH_n(x) - 2H_{n-1}(x)$$

Les valeurs initiales étant $H_0(x) = 1$, $H_1(x) = 2x$ et n étant un entier positif.

Le label L calcule la valeur du polynôme de Laguerre $L_n(x)$ à l'aide de l'équation de récurrence

$$L_{n+1}(x) = \frac{(2n+1-x)L_n(x) - nL_{n-1}(x)}{n+1}$$

Notons que les quatre fonctions laissent $f(x)$ dans le registre x d'où elle peut être extraite pour affichage sur l'écran (voir ex. 4).

Exemple :

1. Calculer $T_3(0,4)$
2. Calculer $P_{10}(0,98)$
3. Calculer $H_5(3)$
4. Calculer $L_6(3)$

Appuyer sur

Affichage :

[XEQ] [ALPHA]	SIZE [ALPHA]	007
[XEQ] [ALPHA]	T [ALPHA]	N?
3 [R/S]		X?
.4 [R/S]		T3(0.40)=-0.94
[XEQ] [ALPHA]	P [ALPHA]	N?
10 [R/S]		X?
0.98 [R/S]		P10(0.98)=0.16
[XEQ] [ALPHA]	H [ALPHA]	N?
5 [R/S]		X?
3 [R/S]		H5(3.00)=3,816.00
[XEQ] [ALPHA]	L [ALPHA]	N?
6 [R/S]		X?
3 [R/S]		L6(3.00)=-0.01
■ [FIX]	4	-0.0125

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE ALARM INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

21

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01 *LBL "T"			52 STO 03		
02 XEQ A		Polynôme de	53 X<>Y		
03 STO 00		Tchebyschev	54 X<=Y?		
04 2			55 GTO 04		
05 STO 01			56 2		
06 *			57 STO 02		
07 STO 02			58 *LBL 03		Boucle pour
08 CLX			59 RCL 04		équation de
09 X<>Y			60 RCL 01		récurrence
10 X<=Y?			61 *		
11 GTO 00			62 ENTER↑		
12 1			63 ENTER↑		
13 STO 03			64 RCL 03		
14 X=Y?			65 -		
15 GTO 01			66 +		
16 *LBL 02		Boucle pour	67 LASTX		
17 CLX		équation de	68 RCL 04		
18 RCL 02		récurrence	69 STO 03		
19 RCL 00			70 CLX		
20 *			71 RCL 02		
21 RCL 03			72 /		
22 LASTX			73 -		
23 STO 03			74 STO 04		
24 RTN			75 RCL 00		
25 -			76 RCL 02		
26 STO 00			77 1		
27 CLX			78 +		
28 RCL 01			79 STO 02		
29 1			80 X<=Y?		Test
30 +			81 GTO 03		
31 STO 01			82 RCL 04		
32 X<=Y?		Test; $r_1 \leq n_1$	83 "P"		
33 GTO 02		donc retour	84 GTO d		
34 *LBL 01		dans la boucle	85 *LBL 04		
35 RCL 00			86 RCL 01		
36 "T"			87 RTN		
37 GTO d			88 *LBL H		Polynôme
38 *LBL 00			89 XEQ A		d'Hermite
39 1			90 STO 01		
40 "T"			91 2		
41 GTO d			92 *		
42 *LBL "P"			93 STO 03		
43 XEQ A		Polynôme de	94 CLX		
44 STO 01		Legendre	95 X<>Y		
45 STO 04			96 X<=Y?		
46 CLX			97 GTO 00		
47 X<>Y			98 1		
48 STO 00			99 STO 00		
49 X<=Y?			100 STO 02		
50 GTO 00			101 X<>Y		
51 1			102 X<=Y?		
			00		

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
103	GTO 05		154	RCL 03	
104	*LBL 06		155	-	
105	RCL 00	Test pour	156	RCL 04	
106	RCL 03	équation de	157	+	
107	STO 00	récurrence	158	RCL 01	
108	RCL 01		159	RCL 04	
109	*		160	*	
110	X<>Y		161	RCL 03	
111	RCL 02		162	-	
112	*		163	RCL 02	
113	-		164	/	
114	2		165	RCL 04	
115	*		166	STO 03	
116	STO 03		167	RDN	
117	CLX		168	-	
118	RCL 02		169	STO 04	
119	1		170	RCL 00	
120	+		171	RCL 02	
121	STO 02		172	1	
122	X<>Y		173	+	
123	X=Y?	Test	174	STO 02	
124	GTO 06		175	X=Y?	Test
125	RCL 03		176	GTO 08	
126	"H"		177	*LBL 07	
127	GTO 4		178	RCL 04	
128	*LBL 05		179	"L"	
129	RCL 03		180	GTO 4	
130	RTN		181	STOP	
131	*LBL "L"	Polynôme de	182	*LBL R	Introduction
132	XEQ A	Laguerre	183	"H?"	n et x
133	ENTER†		184	PROMPT	
134	1		185	STO 05	
135	STO 03		186	"X?"	
136	+		187	PROMPT	
137	STO 01		188	STO 06	
138	2		189	RTH	
139	STO 02		190	*LBL 4	
140	X<>Y		191	CF 29	Affichage
141	-		192	FIX 0	
142	STO 04		193	ARCL 05	
143	CLX		194	"F<"	
144	X<>Y		195	SF 29	
145	X<=Y?		196	FIX 2	
146	GTO 06		197	ARCL 06	
147	STO 00		198	"F>="	
148	1		199	ARCL X	
149	X<>Y		200	VIEW	
150	X<=Y?		201	STOP	
151	GTO 07		202	.END.	
152	*LBL 08	Boucle pour			
153	RCL 04	équation de			
		récurrence			

REGISTERS, STATUS, FLAGS

REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN
REGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉATOIRES
REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

Registers				Status			
				Bereichsart Modes opératoires Modi operativi			
00	modif. temporaire	50		Size	007	Total Reg.	45
	modif. temporaire			Eng	<input type="checkbox"/>	Fix	<input checked="" type="checkbox"/>
	modif. temporaire			Deg	<input type="checkbox"/>	Rad	<input type="checkbox"/>
	modif. temporaire					Grad	<input type="checkbox"/>
05	n	55		Purpose			
	x			Bedeutung Signification Scopo			
10		60		00			
				01			
				02			
15		65		03			
				04			
				05			
				06			
				07			
20		70		08			
				09			
				10			
				11	Audio execute		
				12			
25		75		13			
				14			
				15			
				16			
				17			
30		80		18			
				19			
				20			
				21	Printer Enable		
				22	Number Input		
				23	Alpha Input		
				24	Range Ignore		
				25	Error Ignore		
				26	Audio Enable		
				27	User Mode		
35		85		28	Decimal Point		
				29	Digit Grouping		
40		90		Assignments			
				Tastenbelegung / Assignations / Assegnamenti			
45		95		Function	Key	Function	Key
				Funktion	Taste	Funktion	Taste
				Fonction	Touche	Fonction	Touche
				Funzione	Tasto	Funzione	Tasto
		99					

QUADRATURE GAUSSIENNE A SEIZE POINTS

Ce programme effectue des approximations d'intégrales sur des intervalles finis ou infinis par la méthode des quadratures à seize points de Gauss-Legendre. Si $f(x)$ est la fonction à intégrer, on peut calculer

$$\int_a^b f(x) \, dx \quad \text{or} \quad \int_a^\infty f(x) \, dx$$

La fonction $f(x)$ doit être explicitement connue et introduite par l'utilisateur dans la mémoire des programmes sous LBL FX. Après introduction de FX, la valeur de x se trouve dans le registre X. Les registres R_1 à R_6 , ainsi que le registre opérationnel, permettent à l'utilisateur de définir $f(x)$.

$$\int_a^b f(x) \, dx = \frac{b-a}{2} \sum_{i=1}^{16} w_i f\left(\frac{z_i(b-a) + b + a}{2}\right)$$

$$\int_a^\infty f(x) \, dx = 2 \sum_{i=1}^{16} \frac{w_i}{(1+z_i)^2} f\left(\frac{2}{1+z_i} + a-1\right)$$

Les constantes (w_i et z_i) peuvent être stockées sur une carte de données ; leurs valeurs et leurs emplacements en mémoire sont donnés à la page suivante.

REMARQUE :

1. Pour éviter des oublis dans le calcul des intégrales faisant intervenir des fonctions trigonométriques, le sous-programmes FX devra opérer le passage du mode trigonométrique au mode radians.
2. L'exécution de ce programme occupe au total 55 registres auxquels il faut ajouter l'espace mémoire nécessaire à la définition de $f(x)$.

CONTENU DES REGISTRES DE DONNEES POUR QUADRATURGE GAUSSIENNE A
SEIZE POINTS

<u>Registre</u>	<u>Contenu</u>	<u>Z_i ou W_i</u>
0	0	
1	0	
2	0	
3	0	
4	0	
5	0	
6	0	
7	0	
8	0	
9	.02715245941	W15, W16
10	.98940093500	Z15, -Z16
11	.06225352394	W13, W14
12	.94457502310	Z13, -Z14
13	.09515851168	W11, W12
14	.86563120240	Z11, -Z12
15	.12462897130	W9, W10
16	.75540440840	Z9, -Z10
17	.14959598880	W7, W8
18	.61787624440	Z7, -Z8
19	.16915651940	W5, W6
20	.45801677770	Z5, -Z6
21	.18260341500	W3, W4
22	.28160355080	Z3, -Z4
23	.18945061050	W1, W2
24	.09501250984	Z1, -Z2
25	0	

Exemples :

1. Calculer $\int_1^4 \frac{1}{x^2} dx$
2. Calculer $\int_1^\infty \frac{1}{x^2} dx$

Appuyer sur :

Affichage :

1. [XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 026

2.715245941 [EEX] 2 [CHS] [STO] 09

9.894009350 [EEX] 1 [CHS] [STO] 10

6.225352394 [EEX] 2 [CHS] [STO] 11

9.445750231 [EEX] 1 [CHS] [STO] 12

9.515851168 [EEX] 2 [CHS] [STO] 13

8.656312024 [EEX] 1 [CHS] [STO] 14

1.246289713 [EEX] 1 [CHS] [STO] 15

7.554044084 [EEX] 1 [CHS] [STO] 16

1.495959888 [EEX] 1 [CHS] [STO] 17

6.178762444 [EEX] 1 [CHS] [STO] 18

1.691565194 [EEX] 1 [CHS] [STO] 19

4.580167777 [EEX] 1 [CHS] [STO] 20

1.826034150 [EEX] 1 [CHS] [STO] 21

2.816035508 [EEX] 1 [CHS] [STO] 22

1.894506105 [EEX] 1 [CHS] [STO] 23

9.501250984 [EEX] 2 [CHS] [STO] 24

[GTO] [ALPHA] FX [ALPHA]

[PGRM] ■ [X²] [1/X]

[PGRM]

[XEQ] [ALPHA] A-B [ALPHA]

a?

1 [R/S]

b?

4 [R/S]

7.5000 -01

2. [XEQ] [ALPHA] A- [ALPHA]

a?

1 [R/S]

1.0000 00

USER INSTRUCTIONS

**PROGRAMMABLE AUF
INSTRUCTIONS D'EMPLOI
NORME OPERATIVE**

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01 *LBL "A-B"			50 /		
"		A-B	51 XEQ "F%"		
02 SCI 4			52 DSE 25		
03 "a?"			53 RCL IND		
04 PROMPT		$\int_a^b f(x)dx$	25		
05 "b?"			54 DSE 25		
06 PROMPT			55 *		
07 STO 08			56 ST+ 00		
08 X<>Y			57 RTN		
09 STO 07			58 *LBL "A-"		
10 0			59 SCI 4		A-
11 STO 00			60 "a?"		
12 CF 00			61 PROMPT		
13 *LBL 01			62 STO 07		
14 24			63 0		
15 STO 25			64 STO 00		
16 XEQ 15			65 CF 00		
17 XEQ 15			66 *LBL 03		
18 XEQ 15			67 24		
19 XEQ 15			68 STO 25		
20 XEQ 15			69 XEQ 16		
21 XEQ 15			70 XEQ 16		
22 XEQ 15			71 XEQ 16		
23 XEQ 15			72 XEQ 16		
24 FS? 00			73 XEQ 16		
25 GTO 02			74 XEQ 16		
26 SF 00			75 XEQ 16		
27 GTO 01			76 XEQ 16		
28 *LBL 02			77 FS? 00		
29 RCL 08			78 GTO 04		
30 RCL 07			79 SF 00		
31 -			80 GTO 03		
32 2			81 *LBL 04		
33 /			82 RCL 00		
34 RCL 00			83 2		
35 *			84 *		
36 RTN			85 RTN		
37 *LBL 15			86 *LBL 16		
38 RCL IND		$\sum_i W_i Z_i (b-a) + b + a$	87 RCL IND		
25		$\frac{2}{2}$	25		$2 \sum_i \frac{W_i}{(1+Z_i)^2}$
39 FS? 00			88 FS? 00		
40 CHS			89 CHS		$f(\frac{2}{1+Z_i} + a-1)$
41 RCL 08			90 1		
42 RCL 07			91 +		
43 -			92 2		
44 *			93 X<>Y		
45 RCL 08			94 /		
46 +			95 RCL 07		
47 RCL 07			96 +		
48 +			97 1		
49 2			98 -		

PROGRAM LISTING**PROGRAMMAUFLISTUNG****LISTAGE DU PROGRAMME****LISTATO DI PROGRAMMA**

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
99	XEQ "FX"		51		
100	RCL IND				
25					
101	FS? 00				
102	CHS		55		
103	1				
104	+				
105	X†2				
106	DSE 25				
107	RCL IND		60		
25					
108	DSE 25				
109	X<>Y				
110	/				
111	*				
112	ST+ 00		65		
113	RTN				
114	LBL "FX"				
115	RTN	f (x)			
116	.END.				
20			70		
25			75		
30			80		
35			85		
40			90		
45			95		
50			00		

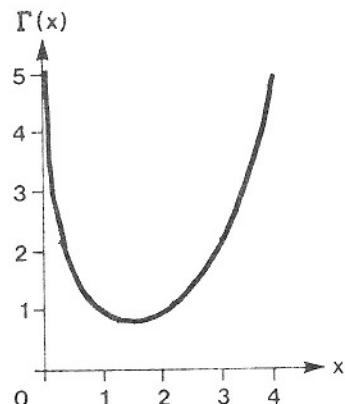
REGISTERS, STATUS, FLAGS
REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN
REGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉRATOIRES
REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

Registers				Status			
Datenspeicher				Betragsart			
Registres de données				Modes opératoires			
Registri				Modi operativi			
				Size			
				026			
				Total Reg.			
				55+			
				User Mode			
				<input type="checkbox"/> Eng			
				<input type="checkbox"/> Fix			
				<input type="checkbox"/> Sci			
				<input type="checkbox"/> Deg			
				<input type="checkbox"/> Rad			
				<input type="checkbox"/> Grad			
				Purpose			
				Bedeutung			
				Signification			
				Scopo			
				Flags			
				SET			
				CLEAR			

FONCTION GAMMA

Ce programme effectue une approximation de la valeur de la fonction gamma, $1 \leq x \leq 70$.

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt$$



$$1. \Gamma(x) = (x - 1) \Gamma(x-1) \text{ si } x > 2$$

2. Pour $1 \leq x \leq 2$, l'approximation polynomiale peut être utilisée.

$$\Gamma(x) \simeq 1 + b_1 (x - 1) + b_2 (x - 1)^2 + \dots + b_8 (x - 1)^8$$

avec $b_1 = -0.577191652, b_2 = 0.988205891$

$b_3 = -0.897056937, b_4 = 0.918206857$

$b_5 = -0.756704078, b_6 = 0.482199394$

$b_7 = -0.193527818, b_8 = 0.035868343$

Remarques :

1. Ce programme permet de calculer la factorielle généralisée $x!$ pour $0 \leq x \leq 69$, avec $x! = \Gamma(x + 1)$.

2. Si la valeur introduite pour x est un entier, $\Gamma(x)$ est évaluée comme factorielle de $(x-1)$.

3. Si $x < 1$, le programme s'arrête et affiche "ILLEGAL X".

Références :

Handbook of Mathematical Functions, Abramowitz and Stegun, National Bureau of Standards, 1968.

Exemples : Calculer la fonction gamma pour les arguments
5,25, 8 et 3,34.

Appuyer sur :

Affichage :

[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 001

[XEQ] [ALPHA] GAMMA [ALPHA]

X?

5.25 [R/S]

GAMMA=35.21

[XEQ] [ALPHA] GAMMA [ALPHA]

X?

8 [R/S]

GAMMA=5,040.00

[XEQ] [ALPHA] GAMMA [ALPHA]

X?

3.34 [R/S]

GAMMA=2.80

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE AUF INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touchés Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touchés Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01 *LBL "GAM MA"		Introduire x	44 *		
02 FIX 2			45 .9982058		
03 "X?"			91		
04 PROMPT			46 +		
05 1			47 *		
06 -			48 -.577191		
07 "ILLEGAL X"		(x-1) < 0, erreur	652		
08 X<0?			49 +		
09 PROMPT			50 *		
10 INT			51 1		
11 LASTX			52 +		
12 X=Y?			53 RCL 00		
13 GTO 16			54 *		
14 1			55 "GAMMA="		Affichage
15 STO 00			56 ARCL X		
16 X<>Y			57 AVIEW		
17 *LBL 09			58 STOP		
18 X<=Y?			59 *LBL 16		
19 GTO 00		(x-1)(x-2)	60 FACT		
20 STO* 00			61 "GAMMA="		
21 1		(x-3)... jus-	62 ARCL X		
22 -		qu'à < 1	63 AVIEW		
23 GTO 09			64 STOP		
24 *LBL 00			65 .END.		
25 ENTER↑		Approx. poly-	75		
26 ENTER↑		nômiale ici			
27 ENTER↑		0 < argument			
28 .0358683		≤ 1			
43					
29 *					
30 -.193527			80		
818					
31 +					
32 *					
33 .4821993					
94			85		
34 +					
35 *					
36 -.756704					
078					
37 +			90		
38 *					
39 .9182068					
57					
40 +					
41 *					
42 -.897056			95		
937					
43 +					
50			100		

REGISTERS, STATUS, FLAGS

REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN
REGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉRATOIRES
REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

Registers				Status			
Datenspeicher Registres de données Registri				Betriebsart Modes opératoires Modi operativi			
00	II	50		Size	001	Total Reg.	27
				Eng	<input type="checkbox"/>	Fix	<input checked="" type="checkbox"/> 2
				Deg	<input type="checkbox"/>	Rad	<input type="checkbox"/>
						Grad	<input type="checkbox"/>
05				Purpose		Flags	
Bedeutung Signification Scopo							
10		60		00			
				01			
				02			
				03			
				04			
				05			
				06			
				07			
15		65		08			
				09			
				10			
				11	Audio execute		
				12			
20		70		13			
				14			
				15			
				16			
				17			
25		75		18			
				19			
				20			
				21	Printer Enable		
				22	Number Input		
30		80		23	Alpha Input		
				24	Range Ignore		
				25	Error Ignore		
				26	Audio Enable		
				27	User Mode		
35		85		28	Decimal Point		
				29	Digit Grouping		
40				Assignments			
90				Tastenbelegung/Assignations/Assegnamenti			
45		95		Function Funktion Fonction Funzione	Key Taste Touche Tasto	Function Funktion Fonction Funzione	Key Taste Touche Tasto
		99					

FONCTIONS DE BESSSEL, FONCTION D'ERREUR

Le premier sous-programme calcule les fonctions de Bessel $J_n(x)$ et $I_n(x)$, n étant un entier positif et $x > 0$. Le second calcule la fonction d'erreur et la fonction d'erreur complémentaire pour des arguments positifs.

Fonctions de Bessel

Les fonctions de Bessel $J_n(x)$ et $I_n(x)$ se calculent par une série d'estimations T_k obtenues à l'aide de relations de récurrence. La récurrence commence à un index m donné par

$$m = 2 \text{ INT} \left[\frac{6 + \max(n, z) + \frac{9z}{z+2}}{2} \right]$$

avec $z = \frac{3x}{2}$.

Les valeurs initiales choisies pour la récurrence sont : $T_{m+1} = 10^{-9}$, $T_{m+2} = 0$

Pour les fonctions $J_n(x)$, chaque terme T_k ($0 \leq k \leq m$) est calculé par la relation

$$T_k(x) = \frac{2(k+1)}{x} T_{k+1}(x) - T_{k+2}(x)$$

en partant de $k = m$

$J_n(x)$ peut alors être calculé en divisant le terme $T_n(x)$ par la constante de normalisation.

$$K = T_0(x) + 2 \sum_{k=1}^{m/2} T_{2k}(x).$$

Après avoir calculé $J_n(x)$, on peut calculer les valeurs de $J_0(x)$ et $J_1(x)$ avec très peu de calculs supplémentaires.

Pour les fonctions $I_n(x)$, chaque T_k est calculé à partir de la relation de récurrence

$$T_k(x) = \frac{2(k+1)}{x} T_{k+1}(x) + T_{k+2}(x),$$

$0 \leq k \leq m$, en partant de $k = m$.

$I_n(x)$ est alors donné par l'équation :

$$I_n(x) = e^x \frac{T_n(x)}{T_0(x) + 2 \sum_{k=1}^m T_k(x)}$$

Fonction d'erreur

$$\text{La fonction d'erreur est définie par : } \operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

et la fonction d'erreur complémentaire par :

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x).$$

Si x a de grandes valeurs (≥ 3), la fonction d'erreur est très proche de 1. Si $\operatorname{erfc}(x)$ est calculé par $1 - \operatorname{erf}(x)$, la plupart des chiffres significatifs de $\operatorname{erfc}(x)$ sont perdus pour $x > 3$. Le programme emploie donc deux algorithmes, un pour $x \leq 3$ et l'autre pour $x > 3$. Pour $x \leq 3$, la fonction d'erreur est calculée par une somme de séries.

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2^n}{1 \cdot 3 \cdots (2n+1)} x^{2n+1}$$

et la fonction d'erreur complémentaire

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x).$$

Pour $x > 3$, le programme commence par calculer la fonction d'erreur complémentaire à l'aide du développement asymptotique

$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{1}{x \sqrt{\pi}} e^{-x^2} \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n 1 \cdot 3 \cdots (2n-1)}{(2x^2)^n} \right]$$

Puis il calcule la fonction d'erreur à l'aide de l'équation :

$$\operatorname{erf}(x) = 1 - \operatorname{erfc}(x).$$

La précision du calcul de $\operatorname{erf}(x)$ et $\operatorname{erfc}(x)$ à partir de sommes de séries peut être contrôlée par l'utilisateur. Pour $x \leq 3$, une précision maximale de 9 est dans les limites du raisonnable ; pour $x > 3$, la série risque de ne jamais converger avec 9 et il est plus prudent de choisir une précision de 6 chiffres.

Remarque :

1. Le domaine des valeurs $0 \leq x \leq 10^{-6}$ est trop grand pour les fonctions de Bessel calculées par ce programme. Dans ce domaine, on peut prendre, au contraire : $J_o(x) = J_o(0) = I_o(x) = I_o(0) = 1$ et $J_n(x) = J_n(0) = I_n(x) = I_n(0) = 0 \quad n \neq 0$.
2. Le calcul de $\text{erfc}(x)$ s'arrête sur un dépassement de capacité à $x \geq 15$.

Référence : Abramowitz and Stegun, handbook of Mathematical Functions, National Bureau of Standards, 1968.

Exemples :

1. Calculer J_5 (9.2)
2. Calculer J_0 (9.2)
3. Calculer J_1 (9.2)
4. Calculer I_3 (4.7)
5. Calculer erf et erfc 4.55 sur 6 positions

Appuyez sur	Affichage	
[USER]		(mode USER)
[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 007		
[XEQ] [ALPHA] INIT [ALPHA]		
[J]	N?	
5 [R/S]	X?	
1) 9.2 [R/S]	J=-0.1005	
2) [R/S]	J0=-0.1367	
3) [R/S]	J1=0.2174	
[I]	N?	
3 [R/S]	X?	
4) 4.7 [R/S]	I=7.4195	
[E]	ACCURACY?	
6 [R/S]	X?	
5) 4.55 [R/S]	ERF=1.000000	
[R/S]	ERFC=1.237405E-10	

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE AUF INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

PROGRAM LISTING
PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISATTO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01♦LBL "INI"		"INIT"	51	+	
T"			52	2	
02 CLRG			53	+	
03 RTN			54	STO 06	
04♦LBL J			55	3	
05 XEQ a			56	RCL 03	
06 SF 00			57	/	
07♦LBL 09			58	STO 02	
08 XEQ b			59	0	
09 CF 02			60	STO 05	
10 ST+ 00			61	STO 00	
11 XEQ b			62	E-9	
12 FS?C 02			63	STO 04	
13 GTO 09			64	RTN	
14 RCL 03			65♦LBL b		Calcul d'un
15 RCL 00			66	DSE 06	terme - FZ
16 ENTER↑			67	SF 02	positionné
17 +			68	RCL 06	sauf pour F=0
18 RCL 05			69	RCL 01	
19 -			70	X*Y?	
20 /			71	GTO 00	
21 "J="			72	RCL 04	
22 XEQ d			73	STO 03	
23 GTO C		Introduire	74♦LBL 00		
24♦LBL a		n + x	75	RDN	
25 FIX 4			76	RCL 05	
26 "N?"			77	FS? 00	
27 PROMPT			78	CHS	
28 STO 01			79	X<>Y	
29 "X?"			80	RCL 02	
30 PROMPT			81	*	
31 1.5			82	RCL 04	
32 *			83	STO 05	
33 STO 03			84	*	
34 RCL 01			85	+	
35 X<=Y?			86	STO 04	
36 X<>Y			87	RTN	
37 6			88♦LBL C		Calcul de J_0
38 +			89	RCL 05	$(x) + J_1(x)$
39 RCL 03			90	RCL 00	
40 9			91	ENTER↑	
41 *			92	+	
42 RCL 03			93	RCL 05	
43 2			94	-	
44 +			95	/	
45 /			96	"J0="	
46 +			97	XEQ d	
47 2			98	RCL 04	
48 /			99	CHS	
49 INT			100	RCL 00	
50 ENTER↑			101	ENTER↑	
			102	+	
50			00		

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeil Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeil Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
103 RCL 05			152 X>Y?		
104 -			153 GTO 03		
105 /			154 *LBL 07		
106 "J1= "			155 RCL 02		Boucle pour erf
107 GTO d			156 RCL 03		
108 *LBL I	"I"		157 2		
109 CF 00			158 +		
110 XEQ a			159 STO 03		
111 *LBL 08			160 /		
112 ST+ 00			161 RCL 01		
113 XEQ b			162 *		
114 FS?C 02			163 STO 01		
115 GTO 08			164 +		
116 RCL 03			165 X<>Y		
117 RCL 00			166 RND		
118 ENTER†			167 X<>Y		
119 +			168 RND		
120 RCL 05			169 X=Y?		
121 -			170 GTO 00		
122 /			171 LASTX		
123 2			172 GTO 07		
124 RCL 02			173 *LBL 00		Sortie de erf
125 /			174 LASTX		
126 E↑X			175 RCL 04		
127 *			176 /		
128 "I= "			177 2		
129 GTO d			178 *		
130 *LBL E			179 1		
131 "ACCURAC	"PRECISION"		180 X<>Y		
Y?"		Calcul de	181 -		
132 PROMPT		l'erreur	182 LASTX		
133 FIX IND			183 GTO 02		
X			184 *LBL 03		
134 "X?"			185 RCL 02		Calcul de erfc
135 PROMPT			186 1/X		x > 3
136 STO 01			187 STO 02		
137 X↑2			188 RCL 01		
138 STO 04			189 1/X		
139 2			190 STO 01		
140 *			191 *LBL 06		
141 STO 02			192 RCL 02		Boucle pour
142 1			193 RCL 03		erfc
143 STO 03			194 2		
144 RCL 04			195 -		
145 E↑X			196 STO 03		
146 PI			197 *		
147 SQRT			198 RCL 01		
148 *			199 *		
149 STO 04			200 STO 01		
150 3			201 +		
151 RCL 01			202 X<>Y		
			203 RND		

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linha	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linha	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
204	X<>Y		51		
205	RND				
206	X=Y?				
207	GTO 00				
208	LASTX		55		
209	GTO 06				
210♦LBL 00					
211	LASTX				
212	RCL 04	erfc(x)			
213	/				
214	1		60		
215	X<>Y				
216	-				
217	LASTX	erfc(x)			
218	X<>Y				
219♦LBL 02			65		
220	"ERF="				
221	XEQ d				
222	X<>Y				
223	"ERFC="				
224♦LBL d		affichage	70		
225	ARCL X				
226	AVIEW				
227	STOP				
228	.END.				
25			75		
30			80		
35			85		
40			90		
45			95		
50			00		

REGISTERS, STATUS, FLAGS

REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN
REGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉRATOIRES
REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

				Status	
				Betriebsart Modes opératoires Modi operativi	
00	ΣT_K	50		Size 007 Total Reg. 53	User Mode
	n; terme de erf			Eng <input type="checkbox"/> Fix 09 Sci <input type="checkbox"/>	On <input checked="" type="checkbox"/>
	2/x			Deg <input type="checkbox"/> Rad <input type="checkbox"/> Grad <input type="checkbox"/>	Off <input type="checkbox"/>
	1.5x, Tn			Purpose	Flags
	$T_k; (e^{x^2/\pi})^{-1}$			Bedeutung Signification Scopo	SET CLEAR
05	Tk+1	55		00	
	K ; positions			01	
				02	
10		60		03	
				04	
				05	
				06	
				07	
15		65		08	
				09	
				10	
				11	Audio execute
				12	
20		70		13	
				14	
				15	
				16	
				17	
25		75		18	
				19	
				20	
				21	Printer Enable
				22	Number Input
30		80		23	Alpha Input
				24	Range Ignore
				25	Error Ignore
				26	Audio Enable
				27	User Mode
35		85		28	Decimal Point
				29	Digit Grouping
				Assignments Tastenbelegung/Assignations/Assegnamenti	
40		90		Function	Key
				Funktion Fonction Funzione	Taste Touche Tasto
45		95		Function	Key
				Funktion Fonction Funzione	Taste Touche Tasto
		99			

EQUATION CARACTERISTIQUE D'UNE MATRICE 4×4

(CE PROGRAMME DEMANDE UN MODULE MEMOIRE SUPPLEMENTAIRE)

Soit :

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ a_5 & a_6 & a_7 & a_8 \\ a_9 & a_{10} & a_{11} & a_{12} \\ a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} \end{pmatrix}$$

L'équation caractéristique est $\lambda^4 + r_1\lambda^3 + r_2\lambda^2 + r_3\lambda + r_4 = 0$

avec

$$r_1 = -(a_1 + a_6 + a_{11} + a_{16})$$

$$r_2 = (a_1 + a_{11})a_6 + (a_1 + a_{16})a_{11} + (a_1 + a_6)a_{16} - a_8a_{14} - a_{12}a_{15} - a_7a_{10} - a_2a_5 - a_3a_4 - a_4a_{13}$$

$$r_3 = -\det(A_1) - a_1(a_6a_{11} + a_6a_{16} + a_{11}a_{16} - a_8a_{14} - a_{12}a_{15} - a_7a_{10}) + a_2[a_5(a_{11} + a_{16}) -$$

$$a_8a_{13} - a_7a_9] - a_3[-a_9(a_6 + a_{16}) + a_5a_{10} + a_{12}a_{13}] + a_4[a_{13}(a_6 + a_{11}) - a_9a_{15} - a_5a_{14}]$$

$$r_4 = a_1\det(A_1) - a_2\det(A_2) + a_3\det(A_3) - a_4\det(A_4)$$

et

$$A_1 = \begin{pmatrix} a_6 & a_7 & a_8 \\ a_{10} & a_{11} & a_{12} \\ a_{14} & a_{15} & a_{16} \end{pmatrix} \quad A_2 = \begin{pmatrix} a_5 & a_7 & a_8 \\ a_9 & a_{11} & a_{12} \\ a_{13} & a_{15} & a_{16} \end{pmatrix} \quad A_3 = \begin{pmatrix} a_5 & a_6 & a_8 \\ a_9 & a_{10} & a_{12} \\ a_{13} & a_{14} & a_{16} \end{pmatrix}$$

et

$$A_4 = \begin{pmatrix} a_5 & a_6 & a_7 \\ a_9 & a_{10} & a_{11} \\ a_{13} & a_{14} & a_{15} \end{pmatrix}$$

NOTA : Analysez $(A) - -r_1 \det(A) = -r_4$

Exemples : Calculez l'équation caractéristique de la matrice

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & -1 \\ 3 & -1 & 0 & 2 \\ -2 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix} \left(\text{réponse : } \lambda^4 - \lambda^3 + 7\lambda + 2 = 0 \right)$$

Appuyer sur :

Affichage :

[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 026

[XEQ] [ALPHA] CEM [ALPHA]	A1?
1 [R/S]	A2?
0 [R/S]	A3?
1 [R/S]	A4?
0 [R/S]	A5?
1 [R/S]	A6?
0 [R/S]	A7?
2 [R/S]	A8?
1 [CHS] [R/S]	A9?
3 [R/S]	A10?
1 [CHS] [R/S]	A11?
0 [R/S]	A12?
2 [R/S]	A13?
2 [CHS] [R/S]	A14?
1 [CHS] [R/S]	A15?
1 [CHS] [R/S]	A16?
0 [R/S]	R1=-1.000
[R/S]	R2=0.000
[R/S]	R3=7.000
[R/S]	R4=2.000

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE AUF INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

PROGRAM LISTING
PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01 *LBL 00		Calcul du dé-	50	1	
02 RCL 05		terminant de :	51	ST- 25	
03 RCL 09			52	RCL 10	
04 *			53	STO 00	
05 RCL 06			54	RCL 15	
06 RCL 08			55	+	
07 *			56	RCL 20	
08 -			57	+	
09 RCL 01			58	RCL 25	
10 *			59	+	
11 RCL 06			60	CHS	
12 RCL 07			61	"R1="	Affichage de
13 *			62	XEQ d	r1
14 RCL 04			63	RCL 10	
15 RCL 09			64	RCL 20	
16 *			65	+	
17 -			66	RCL 15	
18 RCL 02			67	*	
19 *			68	RCL 10	
20 +			69	RCL 25	
21 RCL 04			70	+	
22 RCL 08			71	RCL 20	
23 *			72	*	
24 RCL 05			73	+	
25 RCL 07			74	RCL 10	
26 *			75	RCL 15	
27 -			76	+	
28 RCL 03			77	RCL 25	
29 *			78	*	
30 +			79	+	
31 RTN			80	RCL 17	
32 *LBL "CEM		Initialisation et chargement de la matrice	81	RCL 23	
"			82	*	
33 10.025			83	-	
34 STO 25			84	RCL 21	
35 *LBL 01			85	RCL 24	
36 RCL 25			86	*	
37 9.025			87	-	
38 -			88	RCL 16	
39 CF 29			89	RCL 19	
40 FIX 0			90	*	
41 "A"			91	-	
42 ARCL X			92	RCL 11	
43 "F?"			93	RCL 14	
44 PROMPT			94	*	
45 STO IND			95	-	
25			96	RCL 12	
46 ISG 25			97	RCL 18	
47 GTO 01			98	*	
48 SF 29			99	-	
49 FIX 3			100	RCL 13	
			101	RCL 22	
50			00		

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zelle Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zelle Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
102	*		153	+	
103	-		154	RCL 14	
104	"R2= "		155	*	
105	XEQ d		156	RCL 17	
106	RCL 15		157	RCL 21	
107	STO 01	Affichage de	158	*	
108	RCL 16	r ₂	159	-	
109	STO 02		160	RCL 16	
110	RCL 17		161	RCL 18	
111	STO 03		162	*	
112	RCL 19		163	-	
113	STO 04		164	RCL 11	
114	RCL 20		165	*	
115	STO 05		166	+	
116	RCL 21		167	RCL 15	
117	STO 06		168	RCL 25	
118	RCL 23		169	+	
119	STO 07		170	RCL 18	
120	RCL 24		171	*	
121	STO 08		172	RCL 19	
122	RCL 25		173	RCL 14	
123	STO 09		174	*	
124	XEQ 00		175	-	
125	ST* 00		176	RCL 21	
126	CHS		177	RCL 22	
127	RCL 25		178	*	
128	RCL 26		179	-	
129	+		180	RCL 12	
130	RCL 20		181	*	
131	*		182	+	
132	RCL 20		183	RCL 15	
133	RCL 25		184	RCL 20	
134	*		185	+	
135	+		186	RCL 22	
136	RCL 17		187	*	
137	RCL 23		188	RCL 18	
138	*		189	RCL 24	
139	-		190	*	
140	RCL 21		191	-	
141	RCL 24		192	RCL 14	
142	*		193	RCL 23	
143	-		194	*	
144	RCL 16		195	-	
145	RCL 19		196	RCL 13	
146	*		197	*	
147	-		198	+	
148	RCL 18		199	"R3= "	
149	*		200	XEQ d	Affichage de
150	-		201	RCL 14	r ₃
151	RCL 26		202	STO 01	
152	RCL 25		203	RCL 18	

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
204	STO 04		51		
205	RCL 22				
206	STO 07				
207	XEQ 00				
208	RCL 11		55		
209	*				
210	ST- 00				
211	RCL 15				
212	STO 02				
213	RCL 19				
214	STO 05		60		
215	RCL 23				
216	STO 08				
217	XEQ 00				
218	RCL 12				
219	*		65		
220	ST+ 00				
221	RCL 16				
222	STO 03				
223	RCL 20				
224	STO 06		70		
225	RCL 24				
226	STO 09				
227	XEQ 00				
228	RCL 13				
229	*				
230	ST- 00		75		
231	RCL 00				
232	"R4="	Affichage de r_4			
233	*LBL d				
234	ARCL X				
235	AVIEW		80		
236	STOP				
237	RTN				
238	.END.				
35			85		
40			90		
45			95		
50			00		

REGISTERS, STATUS, FLAGS
REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN
REGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉATOIRES
REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

Registers				Status			
				Betriebsart			
				Modes opératoires			
				Modi operativi			
(0)	temporaire	50		Size	026	Total Reg.	76
	R1			Eng	<input type="checkbox"/>	Fix	<input checked="" type="checkbox"/> 3
	R2			Deg	<input type="checkbox"/>	Rad	<input type="checkbox"/>
	R3					Grad	<input type="checkbox"/>
	R4			Purpose	Flags		
05	R5	55		Bedeutung			
	R6			Signification			
	R7			Scopo			
	R8			00			
	R9			01			
10	a1	60		02			
	a2			03			
	a3			04			
	a4			05			
	a5			06			
15	a6	65		07			
	a7			08			
	a8			09			
	a9			10			
	a10			11	Audio execute		
20	a11	70		12			
	a12			13			
	a13			14			
	a14			15			
	a15			16			
25	a16	75		17			
				18			
				19			
				20			
				21	Printer Enable		
				22	Number Input		
30		80		23	Alpha Input		
				24	Range Ignore		
				25	Error Ignore		
				26	Audio Enable		
				27	User Mode		
35		85		28	Decimal Point		
				29	Digit Grouping		
				Assignments			
				Tastenbelegung / Assignations / Assegnamenti			
40		90		Function		Key	
				Funktion	Taste	Funktion	
				Fonction	Touche	Fonction	
				Funzione	Tasto	Funzione	
45		95					
		99					

OPERATIONS SUR UNE MATRICE 4×4

(CE PROGRAMME DEMANDE UN MODULE DE MEMOIRE SUPPLEMENTAIRE)

Ce programme permet de calculer le déterminant et l'inverse d'une matrice 4×4 et de résoudre un système d'équations simultanées à 4 inconnues.

La méthode utilisée dans ce programme est celle d'une élimination gaussienne avec un pivotage partiel. Faute de place, les équations intervenant dans cette opération ne pourront pas être traitées en détail ici, cependant, chaque étape du calcul est indiquée dans la partie Commentaires du listage du programme.

En résumé, le programme permet d'introduire la matrice A et de transformer A en une matrice triangulaire supérieure U en supposant que A soit non singulière. Les multiplicateurs utilisés pour cette transformation forment une matrice triangulaire inférieure, L, qui a des 1 le long de sa diagonale. Si nous faisons abstraction du pivotage (technique de permutation de lignes qui peut améliorer la précision et introduire une ou plusieurs matrices de permutation), la relation entre ces matrices est $U = LA$. La matrice originale est perdue. Les éléments initiaux a_{ij} ont été remplacés par les éléments de U ($i \leq j$) et de L ($i > j$). (Les éléments de U continueront à être appelés a_{ij} , tandis que ceux de L seront appelés m_{ij} dans les commentaires du listage du programme). La deuxième partie du programme utilise les matrices transformées U et L pour calculer le déterminant et l'inverse de A et pour résoudre les systèmes d'équations simultanées.

équations

$$\text{Soit } A = \begin{bmatrix} a_1 & a_5 & a_9 & a_{13} \\ a_2 & a_6 & a_{10} & a_{14} \\ a_3 & a_7 & a_{11} & a_{15} \\ a_4 & a_8 & a_{12} & a_{16} \end{bmatrix} \text{ en entrée et } A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}$$

Pour les calculs

Le déterminant de A, $\text{Det } A$, est donné, après sa transformation en U, par le produit des éléments de la diagonale :

$$\text{Det } A = (-1)^k a_{11} a_{22} a_{33} a_{44},$$

k étant le nombre de permutations de lignes imposé par le pivotage.

Un ensemble de 4 équations simultanées à 4 inconnues peut s'écrire comme suit :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 = b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 = b_3$$

$$a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{44}x_4 = b_4$$

$\{x_i\}$ étant les inconnues et $\{b_i\}$ les constantes.

En notation matricielle, on obtient $Ax = b$, x et b étant respectivement les vecteurs colonne

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix}$$

Le problème est résolu (sans pivotage) puisque $Ux = Lb$.

Soit C l'inverse de A , c.à.d. la matrice 4×4 , de telle sorte que $AC = CA = I$, où I est la matrice identité 4×4 .

C est calculé colonne par colonne de la manière suivante :

Soit $c^{(j)}$ le $j^{\text{ème}}$ vecteur colonne de C . On a :

$$c^{(j)} = \begin{bmatrix} c_{1j} \\ c_{2j} \\ c_{3j} \\ c_{4j} \end{bmatrix}, \quad j = 1, 2, 3, 4.$$

$c^{(j)}$ est donné par la solution de l'équation :

$$Ac^{(j)} = I^{(j)}$$

Par exemple, $c^{(1)}$ est donné par la solution de

$$A c^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Si les opérations doivent être effectuées sur la même matrice pendant une certaine période de temps, il pourrait être utile d'enregistrer les éléments de la matrice sur une carte magnétique afin de pouvoir les réintroduire rapidement plus tard.

Références :

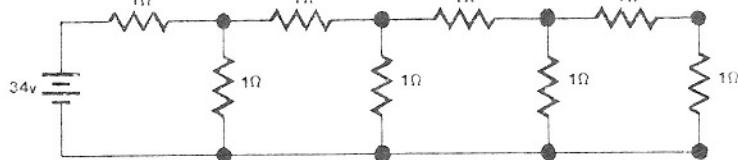
George E. Forsythe, Michael A. Malcolm, and Cleve B. Moler, computer Methods in Mathematical Computation, Computer Science Department, Stanford University 1972.

G. Forsythe and C. Moler, Computer Solution of Linear Algebraic Systems, Prentice-Hall, 1967.

C. Moler, "Matrix Computations with Fortran and Paging", Comm, ACM, vol. 15, no. 4 pages 268 à 270 (avril 1972).

Exemple 1 :

En appliquant la technique des boucles de courants au circuit suivant, calculer I_1 , I_2 , I_3 et I_4 .



Les équations à résoudre sont :

$$\begin{array}{rcl} 2I_1 & -I_2 & = 34 \\ -I_1 & +3I_2 & = 0 \\ -I_2 & +3I_3 & = 0 \\ & -I_3 & +3I_4 = 0 \end{array}$$

Sous forme matricielle :

$$\begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 3 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 34 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Appuyer sur :	Affichage :
[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 026	
[XEQ] [ALPHA] 4*4 [ALPHA]	A1?
2 [R/S]	A2?
1 [CHS] [R/S]	A3?
0 [R/S]	A4?
0 [R/S]	A5?
1 [CHS] [R/S]	A6?
3 [R/S]	A7?
1 [CHS] [R/S]	A8?
0 [R/S]	A9?
0 [R/S]	A10?
1 [CHS] [R/S]	A11?
3 [R/S]	A12?
1 [CHS] [R/S]	A13?
0 [R/S]	A14?
0 [R/S]	A15?
1 [CHS] [R/S]	A16?
3 [R/S]	20
[R/S]	2.62
[XEQ] [ALPHA] SYS [ALPHA]	b1?
34 [R/S]	b2?
0 [R/S]	b3?
0 [R/S]	b4?
0 [R/S]	21.00 (I ₁)

Appuyer sur :

Affichage :

[R/S]

8.00 (I₂)

[R/S]

3.00 (I₃)

[R/S]

1.00 (I₄)

Exemple 2 :

Calculez le déterminant et l'inverse de la matrice 4x4 dans le problème précédent.

Suite du programme précédent :

[XEQ] [ALPHA] DET [ALPHA]	DET=34.00
[XEQ] [ALPHA] INV [ALPHA]	0.62 c ₁
[R/S]	0.24 c ₂
[R/S]	0.09 c ₃
[R/S]	0.03 c ₄
[R/S]	0.24 c ₅
[R/S]	0.47 c ₆
[R/S]	0.18 c ₇
[R/S]	0.06 c ₈
[R/S]	0.09 c ₉
[R/S]	0.18 c ₁₀
[R/S]	0.44 c ₁₁
[R/S]	0.15 c ₁₂
[R/S]	0.03 c ₁₃
[R/S]	0.06 c ₁₄
[R/S]	0.15 c ₁₅
[R/S]	0.38 c ₁₆

USER INSTRUCTIONS

PROGRAMMABLE AUF INSTRUCTIONS D'EMPLOI NORME OPERATIVE

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
01 *LBL "4*4"		Initialisation	50 XEQ c		Permutation
"		et mémorisation	51 2		de la ligne n
02 FIX 0		de la matrice	52 XEQ c		avec la ligne
03 SF 29	a ₁₁ a ₁₂ a ₁₃ a ₁₄		53 3		1
04 4	a ₂₁ a ₂₂ a ₂₃ a ₂₄		54 XEQ c		
05 STO 00	a ₃₁ a ₃₂ a ₃₃ a ₃₄		55 4		Mémorisation
06 *LBL A	a ₄₁ a ₄₂ a ₄₃ a ₄₄		56 XEQ c		du multiplicat-
07 1			57 *LBL 00		eur
08 ST+ 00			58 RCL 05		
09 "A"			59 CHS		M _{j1} - a ₁₁
10 RCL 00			60 ST/ 06		
11 4			61 ST/ 07		
12 -			62 ST/ 08		
13 ARCL X			63 9		
14 "F?"			64 STO 25		
15 PROMPT			65 XEQ d		
16 STO IND			66 XEQ d		
00			67 XEQ d		
17 RCL 00			68 2		Commencement
18 20			69 STO 21		de 3x3. Re-
19 X=Y?			70 STO 23		cherche pivot,
20 GTO A			71 RCL 10		colonne 2
21 STOP			72 ABS		
22 *LBL "GO"		Lancement du programme.	73 STO 22		
23 CLD			74 3		
24 FIX 2		Nota : le pi-	75 RCL 11		
25 SF 29		vot est l'élé-	76 XEQ d		
26 0		ment ayant la	77 4		
27 STO 00		valeur absolue	78 RCL 12		
28 1		la plus grande	79 XEQ d		
29 STO 21		dans la colon-	80 2		
30 STO 23		ne	81 RCL 21		Si n=2, aucune
31 STO 24			82 X=Y?		permutation
32 RCL 05		n ← k ← l	83 GTO 00		
33 ABS		recherche du	84 10		
34 STO 22		pivot, colonne	85 *		
35 2		1	86 XEQ b		
36 RCL 06			87 2		Permutation de
37 XEQ D			88 XEQ c		la ligne n
38 3			89 3		avec la ligne
39 RCL 07			90 XEQ c		2
40 XEQ D			91 4		
41 4			92 XEQ c		
42 RCL 08			93 *LBL 00		
43 XEQ D			94 RCL 10		
44 1			95 CHS		
45 RCL 21		Si n=1, aucune	96 ST/ 11		Mémorisation
46 X=Y?		permutation de	97 ST/ 12		du multipli-
47 GTO 00		ligne	98 RCL 11		ateur
48 XEQ b			99 RCL 14		
49 1			100 *		
50			00		

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touchées Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touchées Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
101	ST+ 15		152	RDN	
102	RCL 12	Ajustement des éléments rés-	153	STO 21	
103	RCL 14	tants à l'aide de multipli- cateurs	154	RTN	
104	*		155	*LBL b	
105	ST+ 16		156	ST+ 00	
106	RCL 11		157	RCL 24	
107	RCL 18		158	CHS	
108	*		159	STO 24	
109	ST+ 19		160	RTN	
110	RCL 12		161	*LBL c	
111	RCL 18		162	STO 22	
112	*		163	RCL 23	
113	RCL 20		164	RCL 22	
114	+		165	XEQ E	
115	STO 20		166	RCL 21	
116	RCL 15	Début de 2 x 2	167	RCL 22	
117	ABS		168	XEQ E	
118	RCL 16	si a ₂₃ < a ₃₃	169	X<>Y	
119	ABS		170	STO IND	
120	X<=Y?		25		
121	GTO 00	aucune permu-	171	X<>Y	
122	RCL 15	tation n'a	172	RCL 23	
123	RCL 16	lieu	173	RCL 22	
124	STO 15	permutation	174	4	
125	X<>Y		175	*	
126	STO 16		176	+	
127	RCL 19		177	STO 25	
128	RCL 20		178	RDN	
129	STO 19		179	STO IND	
130	X<>Y		25		
131	STO 20		180	RTN	
132	.4		181	*LBL E	
133	XEQ b	Incrémantion de R ₀₀ par 0,4	182	4	
134	*LBL 00		183	*	
135	RCL 15		184	+	i étant dans Y
136	CHS		185	STO 25	ij dans X ra-
137	ST/ 16		186	CLX	pelle Aij
138	RCL 19		187	RCL IND	
139	RCL 16		25		
140	*		188	RTN	
141	RCL 26		189	*LBL d	
142	+		190	RCL IND	Sert à ajouter
143	STO 20		25		chaque colonne
144	STOP	Sert à trouver les pivots.	191	STO 21	de la sous-ma-
145	*LBL D		192	ISG 25	trice 3 x 3 à
146	ABS	R ₂₂ contient le plus grand élément trouvé dans la colonne, le signe est ignoré.	193	"A"	l'aide de mul-
147	RCL 22		194	RCL 06	tiplicateurs
148	X>Y?		195	XEQ e	dans R ₀₆ , R ₀₇
149	RTN		196	RCL 07	R ₀₈ .
150	RDN		197	XEQ e	
151	STO 22		198	RCL 08	
			199	XEQ e	

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
200 RTN			25		
201 *LBL e			248 RCL 01		
202 RCL 21			249 STO IND		
203 *			25		
204 ST+ IND			250 X<>Y		
25			251 STO 01		
205 ISG 25			252 *LBL 00		
206 RTN			253 RCL 01		
207 RTN			254 RCL 06		
208 *LBL "DET"		Recherche du déterminant	255 *		
"			256 ST+ 02		
209 RCL 24			257 RCL 01		
210 RCL 05			258 RCL 07		
211 *			259 *		
212 RCL 10			260 ST+ 03		
213 *			261 RCL 01		
214 RCL 15			262 RCL 08		
215 *			263 *		
216 RCL 20			264 ST+ 04		
217 *			265 RCL 00		
218 "DET="			266 RCL 23		Début k = 2
219 ARCL X			267 /		
220 AVIEW			268 INT		
221 STOP			269 X=0?		n=0, pas de permutation
222 *LBL "SYS"		Résolution d'un système	270 GTO 00		
"		4 x 4	271 STO 25		
223 "b1?"			272 RCL IND		
224 PROMPT			25		
225 STO 01			273 RCL 02		
226 "b2?"			274 STO IND		
227 PROMPT			25		
228 STO 02			275 X<>Y		
229 "b3?"			276 STO 02		
230 PROMPT			277 *LBL 00		
231 STO 03			278 RCL 12		
232 "b4?"			279 RCL 11		
233 PROMPT			280 RCL 02		
234 STO 04			281 *		
235 *LBL a			282 ST+ 03		
236 RCL 00			283 CLX		
237 10			284 RCL 02		
238 STO 23			285 *		
239 /			286 ST+ 04		
240 FRC			287 RCL 00		
241 RCL 23			288 FRC		Début k = 3
242 *			289 RCL 23		
243 INT		Si n=0, pas de permutation	290 *		
244 X=0?			291 X=0?		
245 GTO 00			292 GTO 00		
246 STO 25			293 STO 25		
247 RCL IND			294 RCL IND		
			25		
50			00		

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG
LISTAGE DU PROGRAMME
LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
295	RCL 03		345	CHS	
296	STO IND		346	*	
297	X<>Y		347	ST+ 01	
298	STO 03		348	RCL 05	
299	*LBL 00		349	ST/ 01	
300	RCL 16		350	RCL 01	
301	RCL 03		351	STOP	
302	*		352	RCL 02	Affichage des valeurs
303	ST+ 04		353	STOP	
304	RCL 20		354	RCL 03	
305	ST/ 04	Résolution de	355	STOP	
306	RCL 04	$u_x = L_b$	356	RCL 04	
307	CHS		357	STOP	
308	STO 21		358	RTN	
309	RCL 15		359	*LBL "INV"	
310	STO 22		360	XEQ c	
311	RCL 19		361	1	
312	RCL 18		362	STO 01	
313	RCL 17		363	XEQ a	
314	RCL 21		364	XEQ c	
315	*		365	1	
316	ST+ 01		366	STO 02	
317	CLX		367	XEQ a	
318	RCL 21		368	XEQ c	
319	*		369	1	
320	ST+ 02		370	STO 03	
321	CLX		371	XEQ a	
322	RCL 21		372	XEQ c	
323	*		373	1	
324	ST+ 03		374	STO 04	
325	RCL 22		375	XEQ a	
326	ST/ 03		376	CLX	
327	RCL 03		377	RTN	
328	CHS		378	*LBL c	
329	STO 21		379	CLX	
330	RCL 10		380	STO 01	
331	STO 22		381	STO 02	
332	RCL 14		382	STO 03	
333	RCL 13		383	STO 04	
334	RCL 21		384	RTN	
335	*		385	*LBL "REV"	
336	ST+ 01		386	5	Examen de la matrice
337	CLX		387	STO 00	
338	RCL 21		388	*LBL F	
339	*		389	RCL 00	
340	ST+ 02		390	4	
341	RCL 22		391	-	
342	ST/ 02		392	"A"	
343	RCL 09		393	FIX 0	
344	RCL 02				

PROGRAM LISTING

PROGRAMMAUFLISTUNG

LISTAGE DU PROGRAMME

LISTATO DI PROGRAMMA

Line Zeile Ligne Linea	Keystrokes Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti	Line Zeile Ligne Linea	Key pressed Tastenfolge Touches Tasti	Comments Kommentar Commentaires Commenti
394	CF 29		51		
395	ARCL X				
396	"F="				
397	SF 29				
398	FIX 2		55		
399	ARCL IND				
400	00				
400	AVIEW				
401	PSE				
402	1		60		
403	ST+ 00				
404	21				
405	RCL 00				
406	X=Y?				
407	GTO "GO"				
408	GTO F		65		
409	.END.				
20			70		
25			75		
30			80		
35			85		
40			90		
45			95		
50			00		

REGISTERS, STATUS, FLAGS

REGISTERBELEGUNG, FLAGS, BETRIEBSARTEN REGISTRES, INDICATEURS, MODES OPÉRATOIRES REGISTRI, MODI OPERATIVI, FLAGS

63

Registers				Status
Datenspeicher				Betriebsart
Registres de données				Modes opératoires
Registri				Modi operativi
00	Pivots	50		Size 026 Total Reg. 122
b1				Eng <input type="checkbox"/> Fix <input checked="" type="checkbox"/> Sci <input type="checkbox"/>
b2				Deg <input type="checkbox"/> Rad <input type="checkbox"/> Grad <input type="checkbox"/>
b3				Purpose
b4				Bedeutung Signification Scopo
05	a1	55		Flags
a2, m21				SET
a3, m31			00	CLEAR
a4, m41			01	
a5			02	
10	a6	60	03	
a7, m32			04	
a8, m42			05	
a9			06	
a10			07	
15	a11	65	08	
a12, m43			09	
a13			10	
a14			11	Audio execute
a15			12	
20	a16	70	13	
temporaire			14	
temporaire			15	
10			16	
±1			17	
25	temporaire	75	18	
			19	
			20	
			21	Printer Enable
			22	Number Input
30		80	23	Alpha Input
			24	Range Ignore
			25	Error Ignore
			26	Audio Enable
			27	User Mode
35		85	28	Decimal Point
			29	Digit Grouping
Assignments				
Tastenbelegung/Assignations/Assegnamenti				
40			Function	Key
			Funktion Fonction Funzione	Taste Touche Tasto
45			Function	Key
			Funktion Fonction Funzione	Taste Touche Tasto

