

DETERMINATION DE LA DIRECTION ET DE L'INCLINAISON D'UNE COUCHE RECOUPEE PAR TROIS SONDAGES.

PROGRAMME POUR HEWLETT PACKARD 25 C ET 41 C.

Par J.M. GRAULICH

La détermination de la direction et de l'inclinaison d'une couche repère recoupée par trois sondages peut se faire graphiquement, mais la méthode est assez long, c'est la raison qui m'a amené à établir un programme pour le petit ordinateur de poche "Hewlett Packard 25 C".

C'est un programme à la limite des possibilités de cet ordinateur, car il utilise les 49 pas de la mémoire d'instruction et les 8 registres de mémoire.

En partant du même principe de calcul, je donne également un programme pour la H.P. 41 C dont le mode ALPHA permet d'établir un programme comprenant l'entrée des données et un étiquetage des résultats ne laissant aucune ambiguïté quant aux sens de la direction et l'inclinaison de la couche.

Mise en mémoire du programme pour H.P. 25 C.

Passer en mode P.R.G.M. - f (P.R.G.M.)

Affichage

Pas	Code	Touches	Commentaires
00			
01	15 09	g → P	Passer en polaires (module de 1 - 3)
02	23 71 03	STO : 3	tan α 3 dans Rég. 3
03	21	x ⇒ y	δ 3 (argument de 1 - 3)
04	24 03	RCL 3	tan α 3
05	15 22	g 1/x	1/tan α 3
06	14 09	f → R	Passer en rectangulaires
07	23 04	STO 4	x _B dans Rég. 4
08	21	x ⇒ y	
09	23 05	STO 5	y _B dans Rég. 5
10	24 00	RCL 0	y ²
11	24 01	RCL 1	x ²
12	15 09	g → P	Passer en polaires (module de 1 - 2)
13	23 71 02	STO : 2	tan α 2 dans Rég. 2
14	21	x ⇒ y	δ 2 (argument de 1 - 2)

Pas	Code	Touches	Commentaires
15	23 07	STO 7	$\delta 2$ dans Rég. 7
16	24 02	RCL 2	$\tan \alpha 2$
17	15 22	g 1/x	$1/\tan \alpha 2$
18	14 09	f \rightarrow R	Passer en rectangulaires (x_A et y_A)
19	24 04	RCL 4	x_B
20	41	-	$x_A - x_B$
21	21	x \rightleftharpoons y	y_A
22	24 05	RCL 5	y_B
23	41	-	$y_A - y_B$
24	71	./.	$x_A - x_B / y_A - y_B$
25	15 06	g \tan^{-1}	Direction de la couche par rapport à l'axe des Y (= Nord)
26	74	R/S	
27	24 07	RCL 7	$\delta 2$ (Rotation d'axe d'un angle $\delta 2$)
28	24 04	RCL 4	x_B
29	14 09	f \rightarrow R	Passer en rectangulaires
30	24 07	RCL 7	$\delta 2$
31	24 05	RCL 5	y_B
32	14 09	f \rightarrow R	Passer en rectangulaires
33	22	R \downarrow	
34	51	+	x'_B dans nouvelles coordonnées
35	22	R \downarrow	
36	41	-	y'_B dans nouvelles coordonnées
37	24 02	RCL 2	$\tan \alpha 2$
38	15 22	g 1/x	$1/\tan \alpha 2$
39	22	R \downarrow	
40	22	R \downarrow	
41	22	R \downarrow	x'_B
42	41	-	$1/\tan \alpha 2 - x'_B$
43	71	./.	tan de l'angle aigu (β)
44	15 06	g \tan^{-1}	angle aigu (β)
45	14 04	f sin	$\sin \beta$
46	24 02	RCL 2	$\tan \alpha 2$
47	21	x \rightleftharpoons y	$\sin \beta$
48	71	./.	tan de l'inclinaison vraie
49	15 06	g \tan^{-1}	inclinaison vraie

Explication des sigles.

- $\alpha 2$: pente apparente de la couche dans la ligne de coupe 1 - 2
- $\alpha 3$: pente apparente de la couche dans la ligne de coupe 1 - 3
- $\delta 2$: argument de la ligne de coupe 1 - 2
- $\delta 3$: argument de la ligne de coupe 1 - 3
- β : angle aigu entre la direction de la couche et la ligne de coupe 1 - 2
- A : point se situant sur la ligne de coupe 1 - 2 et distant du point 1 d'une valeur égale à $1/\tan \alpha 2$.
Soit l'emplacement de la couche un mètre plus bas que sa cote de recoupe au point 1.
Coordonnées (X_A Y_A)
- B : point se situant sur la ligne de coupe 1 - 3 et distant du point 1 d'une valeur égale à $1/\tan \alpha 3$.
Soit l'emplacement de la couche un mètre plus bas que sa cote de recoupe au point 1.
Coordonnées (X_B Y_B)

Après les résultats on peut obtenir :

- RCL 2 : tangente de l'angle apparent dans la coupe 1 - 2
- RCL 3 : tangente de l'angle apparent dans la coupe 1 - 3
- RCL 7 : direction de la ligne de coupe 1 - 2 par rapport à l'axe des X.

Si x_0 et y_0 sont les coordonnées du sondage n° 1
 x_2 et y_2 sont les coordonnées du sondage n° 2
 x_3 et y_3 sont les coordonnées du sondage n° 3
 p_1 est la cote de la couche repère dans le sondage n° 1
 p_2 est la cote de la couche repère dans le sondage n° 2
 p_3 est la cote de la couche repère dans le sondage n° 3

1. Introduire le programme puis passer en mode RUN

2. Mettre en mémoire

y_2	STO 0
x_2	STO 1
$p_1 - p_2$	STO 2
$p_1 - p_3$	STO 3
y_3	
Enter	
x_3	

3. f (P.R.G.M.)

4. R/S : Direction de la couche par rapport à l'axe des Y c'est-à-dire par rapport au Nord.

Valeur négative : N x° W (*)

Valeur positive : N x° E (*)

5. R/S : Inclinaison de la couche.

Valeur positive : La couche incline du sondage 1 vers le sondage 2 (**)

Valeur négative : La couche incline du sondage 2 vers le sondage 1 (**)

Si les sondages sont donnés en coordonnées Lambert, soit par exemple un cas rencontré lors de l'étude du barrage de l'Ourthe Occidentale, où nous avons les coordonnées (X, Y, Z) et la profondeur d'une couche repère H.

Sondages	1	2	3
X	244.068,17	244.178,65	244.092,75
Y	89.735,22	89.630,15	89.552,61
Z	402,30	376,88	390,50
H	13,50	70,00	67,30

(*) : Si le sens positif de l'axe des Y est dirigé vers le Nord.

(**) : Cette règle est uniquement applicable pour les résultats de RCL 2 $g \tan^{-1}$ et RCL 3 $g \tan^{-1}$.

Introduire le programme puis passer en mode RUN - f (P.R.G.M.)

Mettre en mémoire :

630,15 dans STO 0	70,00	-	
735,22 dans STO 4	STO - 2	(Z1 - H1) - (Z2 - H2)	dans STO 2
STO - 0 (Y2 - Y1) dans STO 0	390,50	Enter	
178,65 dans STO 1	67,30	-	
68,17 dans STO 5	STO - 3	(Z1 - H1) - (Z3 - H3)	dans STO 3
STO - 1 (X2 - X1) dans STO 1	522, 61		
402, 3 Enter	RCL 4	-	(Y3 - Y1) dans X puis dans Y
13,5	92,75		
- dans STO 2 et 3	RCL 5	-	(X3 - X1) dans X
376,88 Enter			

f (P.R.G.M.)

R/S direction de la couche : + 32,98° donc N 32, 98° E

R/S inclinaison de la couche : 28,66° vers le Sud, car dans les coupes 1 - 2 (voir RCL 2) et 1 - 3 (voir RCL 3), l'inclinaison est positive donc la pente se fait de 1 vers 2 et de 1 vers 3.

RCL 7 : direction de la ligne de coupe 1 - 2 = - 43,56°. Cette dernière valeur pouvant se contrôler sur le plan de situation des sondages peut servir de vérification.

Programme pour l'Hewlett Packard 41 C.

Ce programme utilise les registres R 00 à R 08.

Demander le programme : GTO . "INCL DI"

On peut affecter ce programme à la touche TAN.

ASN "INCL DI" TAN

Pour demander le programme il suffit de faire : USER TAN USER.

Les trois sondages étant donnés en coordonnées Lambert (X, Y, Z) et la profondeur de la couche repère étant H, introduire les données en suivant les demandes du calculateur :

Z1 - H1, ZA - HA, YA - Y1, XA - X1, ZA - HA, YA - Y1, XA - X1.

A = 2, quand un petit 2 à l'affichage indique que l'indicateur binaire 02 est armé.

A = 3, quand un petit 3 à l'affichage indique que l'indicateur binaire 03 est armé.

Après chaque introduction pousser sur R/S pour avoir la demande suivante.

Quand les sept valeurs sont introduites :

R/S donne la direction de la couche par rapport au Nord (1) et (2)

DIR NE.....dans le sens du Nord vers l'Est

DIR NW.....dans le sens du Nord vers l'Ouest

R/S donne l'inclinaison de la couche (1) et (2)

INCL N.....vers le secteur E N W

INCL S.....vers le secteur E S W

R/S : retour pour l'introduction du problème suivant.

(1) Il est évident que ces résultats ne sont valables que si l'axe des Y positifs est dirigé vers le Nord et que l'introduction des données respecte les demandes du calculateur.

(2) Il peut y avoir une incertitude quant au sens de l'inclinaison et de la direction si la couche repère a une direction Sud-Nord. Dans ce cas, il suffit d'introduire après la ligne 42 43 X = 0 ?

44 XEQ "DIR NS"

et le programme "DIR NS" donné en N.B.

Comme vérification, RCL 01 donne la direction de la ligne de coupe passant par les sondages 1 et 3 par rapport à l'axe des X.

RCL 00 : La tangente de l'inclinaison apparente de la couche dans le plan passant par les sondages 1 et 3.

RCL 05 : La direction de la couche

RCL 06 : L'inclinaison de la couche.

N.B. Programme pour une couche de direction Sud-Nord

P.R.G.M.

GTO ..

01	LBL " DIR NS "	11	CHS
02	RCL 01	12	STO 06
03	RCL 00	13	" INCL W "
04	1/X	14	GTO 08
05	P - R	15	LBL 06
06	1/X	16	" INCL E "
07	TAN -1	17	LBL 08
08	STO 06	18	ARCL 06
09	XEQ " X > 0 ? "	19	AVIEWW
10	GTO 06	20	R/S

Si la direction de la couche est Sud - Nord, la première pression sur :

R/S donne l'inclinaison de la couche INCL E

ou INCL W

R/S donne la direction de la couche : DIR NE 0,00 mais il ne faut pas tenir compte du sens NE.

Programme pour H.P. 41 C

Les caractères entre guillemets doivent être rentrés en mode ALPHA

P.R.G.M.

GTO ..

01	LBL " INCL DI "	26	RCL 03
02	" Z1 - H1 "	27	X < > Y
03	XEQ " PROMPT "	28	-
04	STO 04	29	RCL 02
05	SF 02	30	RCL . Z
06	LBL 01	31	-
07	RCL 04	32	RTN
08	" ZA - HA "	33	LBL 02
09	XEQ " PROMPT "	34	STO 03
10	-	35	X < > Y
11	STO 00	36	STO 02
12	" YA - Y1 "	37	SF 03
13	XEQ " PROMPT "	38	XEQ 01
14	" XA - X1 "	39	:

15	XEQ " PROMPT "	40	TAN -1
16	R - P	41	STO 05
17	STO : 00	42	STO 07
18	X < > Y	43	XEQ " X > 0 ? "
19	STO 01	44	GTO 04
20	RCL 00	45	CHS
21	1/X	46	STO 05
22	P - R	47	" DIR NW "
23	XEQ " FS ? C " 02	48	GTO 05
24	XEQ 02	49	LBL 04
25	CF 03	50	" DIR NE "
51	LBL 05	80	XEQ " SIGN "
52	ARCL 05	81	RCL 00
53	AVIEUW	82	XEQ " SIGN "
54	R/S	83	+
55	RCL 01	84	STO 08
56	RCL 03	85	RCL 01
57	P - R	86	XEQ " X > 0 ? "
58	RCL 01	87	GTO 09
59	RCL 02	88	- 90
60	P - R	89	RCL 07
61	RDN	90	-
62	+	91	X > Y ?
63	RDN	92	GTO 10
64	-	93	GTO 11
65	RCL 00	94	LBL 09
66	1/X	95	90
67	RCL . T	96	RCL 07
68	-	97	-
69	:	98	X > Y ?
70	TAN -1	99	GTO 11
71	SIN	100	GTO 10
72	RCL 00	101	LBL 10
73	X < > Y	102	RCL 08
74	:	103	X ≠ 0 ?
75	TAN -1	104	GTO 06
76	XEQ " X < 0 ? "	105	GTO 07
77	CHS	106	LBL 11
78	STOP 06	107	RCL 08
79	RCL 07	108	X ≠ 0 ?
109	GTO 07	116	LBL 08
110	GTO 06	117	ARCL 06
111	LBL 06	118	AVIEUW
112	" INCL N "	119	R/S
113	GTO 08	120	XEQ " INCL DI "
114	LBL 07	121	GTO ..
115	" INCL S "		

Explication de l'organigramme.

1ère partie : Direction de la couche (de 01 à 54)

Le programme va du 01 au 23 en armant l'indicateur binaire 02 à l'instruction 05.

Au 23 il y a une condition : l'indicateur binaire 02 est-il armé ? La réponse est oui et cette instruction le désarme. Donc du 23 on passe au 24 où un XEQ 02 ordonne un branchement au LBL 02 de la ligne 33 et le programme se poursuit jusqu'au 38, où un XEQ 01 ordonne un branchement au LBL 01 de la ligne 06. De 06 le programme se poursuit jusqu'au 23, où comme l'indicateur binaire 02 a été désarmé, la réponse est non, donc du 23 on va au 25 et de là au 32 où un RTN transfère l'exécution à la ligne suivant le XEQ qui a donné l'instruction de branchement, donc du 32 on passe au 39 et de là au 42, qui pose une question : la direction est-elle positive ou négative ?

Si positive (dans le quadrant du N vers l'Est) du 42 passe au 43 où un GTO 04 ordonne un branchement au LBL 04 de la ligne 48 et de là au 52 où la direction est affichée : DIR NE

Si négative (dans le quadrant du N vers l'Ouest) du 42 passe au 44, qui change le signe et de là au 47 où un GTO 05 ordonne un branchement au LBL 05 de la ligne 50 et de là au 52 où la direction est affichée : DIR NW

Cette partie du programme est limitée par un R/S à la ligne 54.

2ème partie : Inclinaison de la couche (de 55 à 119)

Une pression sur R/S ordonne l'exécution des instructions 55 à 78 où est stocké la valeur de l'inclinaison de la couche.

A partir de la ligne 79, le programme est établi pour afficher l'inclinaison de la couche avec son sens, soit vers le secteur Sud ou le secteur Nord.

Le sens de l'inclinaison dépend du signe : 1 - de α_3 qui est l'inclinaison apparente dans le ligne de coupe passant par les sondages 1 et 3, elle est positive si la couche incline du sondage 1 vers le sondage 3 et négative dans le cas contraire. Comme α_3 ne varie qu'entre $+90^\circ$ et -90° il a le même signe que $\text{TAN } \alpha_3$.
2 - de ζ_3 qui est l'angle que fait la ligne de coupe avec l'axe des X.

C'est l'argument obtenu en passant des coordonnées rectangulaires en leurs équivalents polaires, or pour les H.P., il est positif dans le secteur E N W et négatif dans le secteur E S W, l'axe des Y positifs étant dirigé vers le Nord.

3 - de l'angle θ qui est la direction de la couche par rapport à l'axe des Y qui est positif dans les quadrants N E et S W et négatif dans les deux autres.

Pour arriver au sens de l'inclinaison de la couche, le cheminement du programme est régi par trois conditions sur les signes de δ_3 , θ et $\text{TAN } \alpha_3$.

		Signes de θ et TAN α_3	Sens dans secteur		
δ_3	+	$< 90^\circ - \theta$	Mêmes	Sud	
			Différents	Nord	
	> $90^\circ - \theta$		Mêmes	Nord	
			Différents	Sud	
		< $-90^\circ - \theta$		Mêmes	Nord
				Différents	Sud
> $-90^\circ - \theta$		Mêmes	Sud		
		Différents	Nord		

Après l'affichage de l'inclinaison INCL N ou INCL S, une pression sur R/S positionne le pointeur au début du programme pour résoudre le problème suivant.

Si nous reprenons l'exemple de l'Ourthe Occidentale, après introduction des données R/S : DIR NE 32,98°
R/S : INCL S 28,66°