

R. GODIVIER

Programme GRILL 5

Programme REGION X

ORSTOM - S.S.C.

Département A U.R.8
Laboratoire de Géophysique

PROGRAMME GRILLS

1 - Principe.

Ce programme s'inspire de l'article de M. LA PORTE (Elaboration rapide de cartes gravimétriques déduites de l'anomalie de Bouguer à l'aide de calculatrices électroniques, Geophysical Prospecting, vol. X, Number 3, September 1962).

L'anomalie de Bouguer ($g(x, y)$) étant connue en un certain nombre de points $A_i (x_i, y_i)$, irrégulièrement répartis, on se propose d'établir un processus de calcul qui attribue une valeur g_M en tout point $M (x_0, y_0)$. Pour ce faire, à l'intérieur d'une aire entourant le point M , on prélève les stations expérimentales $A_i (x_i, y_i)$ et l'on définit une fonction $G(x, y)$ à l'aide d'un polynôme où x et y sont les coordonnées d'un point quelconque comptées à partir de x_0 et y_0 .

On aura par exemple si la fonction est une quadrique :

$$G(X, Y) = a + b \times cY + dX^2 + eY^2 + fXY$$

On a^{reint} les coefficients a, b, c, d, e, f à être tels que la fonction vérifie au mieux les valeurs g_i , affectées d'un poids P_i d'autant plus grand que A_i est proche de M .

Si $\Delta_i = g_i - G_i$, cette condition s'écrit :

$$\Delta_i^2 \cdot P_i \text{ minimum et se traduit par un calcul des moindres carrés}$$

La valeur interpolée au point M est alors :

$$G(0,0) = G_M = a$$

2 - Choix des paramètres du calcul.

Maille :

Les valeurs de g sont interpolées aux noeuds d'une grille définie par les méridiens et les parallèles. Le côté de la maille dépend de la densité, de la précision des mesures et de l'échelle de la carte que l'on se propose de tracer. S'agissant de la République Centrafricaine où cette méthode a été appliquée, l'erreur de mesure (due pour l'essentiel à l'imprécision du nivelllement barométrique) atteint 2 à 3 mgals, parfois davantage dans les cas défavorables. Le lever dit de reconnaissance consiste en profils espacés de 20 à 50 km selon les facilités d'accès. La distance qui sépare deux stations voisines d'un même profil est de l'ordre de 3 à 5 km. Pour tracer des isonomales de 10 en 10 mgal sur une carte à petite échelle (1/2.000.000) une maille de 10' de côté semblait suffisante. Remarquons que dans cette région subtropicale les mailles sont pratiquement des carrés.

Aire de la zone entourant le point interpolé.

On doit prendre une aire assez grande pour disposer de valeurs expérimentales en nombre surabondant pour justifier la méthode des moindres carrés. Il ne faut toutefois pas tomber dans l'excès inverse car le temps de calcul augmente avec le nombre de points prélevés et l'effet des plus éloignés d'entre eux est négligeable compte tenu de leur faible poids. Afin de faciliter le tri des valeurs prélevées pour le calcul, l'aire adoptée est un carré dont le côté est un multiple entier de la maille élémentaire.

Poids des mesures.

Chaque valeur expérimentale est affectée d'un poids P_i tel que :

$$P_i = \left(\frac{R^2 - d_i^2}{d_i^2 + \eta^2} \right)^n$$

où R est la demi diagonale de l'aire
di la distance du centre à la station expérimentale
et η une constante qui évite que Pi → ∞ lorsqu'une station coïncide avec le point interpolé (di = 0).

L'exposant a été choisi égal à 2 comme le préconise M. LA PORTE et $\eta = 0,04' = 0,075 \text{ km}$.

Degré du polynôme.

On a procédé à plusieurs essais en utilisant des polynômes de degré 1, 2 et 3. Avec les polynômes de degré supérieur à 1, on obtient assez souvent des valeurs estimées peu plausibles. On a donc adopté finalement un polynôme du 1er degré.

3 - Erreurs sur les estimations.

Compte tenu des hypothèses approximatives adoptées pour le calcul des valeurs estimées, il est difficile d'évaluer l'erreur commise. On admet intuitivement que les résultats sont meilleurs si les points à l'intérieur de la zone sont nombreux et régulièrement répartis. C'est ainsi qu'au sud du Tchad où la densité des stations est élevée, le tracé automatique des isonomales à partir de la grille des valeurs estimées diffère très peu du tracé manuel exécuté à partir des valeurs expérimentales. En revanche, si les points sont peu nombreux, mal répartis dans une aire où s'ils sont quasiment alignés, le plan représentatif du polynôme est mal défini et la valeur estimée suspecte.

L'utilisateur a donc intérêt à examiner la répartition et le nombre de points utilisés pour le calcul de chaque valeur estimée. Pratiquement, on s'estime satisfait si, les stations expérimentales étant assez nombreuses et convenablement réparties, la valeur estimée diffère peu de celle mesurée au point le plus proche. Si les points sont éloignés, l'estimation obtenue ne représente qu'une valeur pseudo régionale de l'anomalie.

Le paramètre η (DMN) utilisé pour définir le poids a un effet de lissage plus ou moins marqué. Pour ce qui concerne la RCA, différents calculs avec $\eta = 0,04'$, $\eta = 0,4'$ et $\eta = 4'$ ont donné des résultats voisins, les différences étant généralement inférieures à 1 mgal quand les points sont proches, négligeables s'ils sont éloignés.

4 - Mode d'emploi.

Données.

Carte 1 - Titre (20 A4)

Carte 2 - Paramètres du calcul.

XLAMI, XLAMA, XLAMI, XLAMA latitudes et longitudes limites exprimées en degrés, minutes et dizièmes.

Si la latitude limite inférieure est prise égale à $10^{\circ}20',0$, on écrit XLAMI = 10200.

PALA est le pas de la grille en latitude exprimé en 1/10 de minute. CFCNT indique le nombre de pas élémentaires compris dans une aire de calcul.

Si la maille élémentaire est $10'$ et l'aire $40'$, on écrit : PALA = 100 et CFCNT = 4.

Carte 3 et suivantes. Coordonnées des points et anomalies de Bouguer : LAT, LON, IBOU (I10).

LAT et LON sont respectivement la latitude et longitude du point en degrés, minutes et dizièmes.

IBOU est exprimé en 1/10 de milligals.

Sorties. On édite successivement :

- les coordonnées du point de la grille ;
- le nombre de données expérimentales (IMAX) utilisées pour le calcul ;
- la valeur estimée de g (G EST) en 1/10 milligals ;
- la valeur de g à la station la plus proche (G. PROC.) ;
- la distance qui sépare le point de la grille à la station la plus proche (DISMI) en 1/10 minutes.
- la différence G EST. - G. PROC. (ECRT) ;
- le gradient (GRAD) égal à ECRT/DISMI en mgal/minute.

Les valeurs estimées sont répétées pour chaque bande de latitude constante.

Remarques.

Lorsque le nombre de points est insuffisant (inférieur à 4 dans le cas d'un polynôme du premier degré) la valeur estimée n'est pas calculée. On affecte au point une valeur arbitraire invraisemblable (ici 999). De même les quantités G PROC, DISMI, ECRT, GRAD sont affectées respectivement des valeurs suivantes :

10^4 , 10^3 , 0, 0.

Pour éviter de perdre des valeurs estimées aux frontières, on a intérêt à repousser les limites des latitudes et longitudes d'une quantité égale à 2 mailles élémentaires (quand on prend une zone de calcul dont le côté est égal à 4 mailles).

Dans ce cas, le risque d'erreur est plus grand car les valeurs estimées sont calculées sur une aire plus petite.

Le sous-programme LLSQ est extrait de la bibliothèque SSP du CIRCE. Il peut être utilisé pour la résolution de tout système d'équations linéaires en nombre surabondant.

Le listing ci après donne un exemple d'application du programme à des données gravimétriques du Cameroun.

PTIONS (EXECUTE): NOSO,NOTF

EFFECT: NULIST NOMAP NOXREF GOSTMT NODECK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTES
OPT(3) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) C

........1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*....

C GRILLS

C A=LONGUEUR D'UN ARC DE MERIDIEN D'1/10 MINUTE
C LES COORDONNEES ORIGINALES SONT EXPRIMEES EN DEGRES,MINUTES ET DIZIEMES.
C B=COEFFICIENT DE CONVERSION DES ANGLES EN RADIANS

C 23456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789

C

C DIMENSION XLAT(10000),XLON(10000),R0U(10000),TITRE(20)

C

C READ(5,103) (TITRE(I),I=1,20)
C WRITE(6,104) (TITRE(I),I=1,20)

C

C A=0.185185
C B=3.141593/180./600.

C

C DANS LES CALCULS,LES COORDONNEES ET LES DISTANCES SONT EXPRIMEES EN 1/10
C MINUTE)

C PAL0= PAS EN LONGITUDE(1/10 MIN)

C PALA= PAL0

C LECTURE DU TITRE ET CONVERSION DES COORDONNEES LIMITES EN 1/10 DE MINUTES

C LECTURE DES COORDONNEES LIMITES ET DES PARAMETRES DU CALCUL.
C COORDONNEES LIMITES UTILISEES.

C XLAMI=LATITUDE LIMITE INFERIEURE(DEGRES,MINUTES ET 0.1 MINUTES)

C XLAMA=LATITUDE LIMITE SUPERIEURE

C XLOMI=LONGITUDE LIMITE INFERIEURE

C XLOMA=LONGITUDE LIMITE SUPERIEURE

C CFCNT=MULTIPLE DU PAS QUI DEFINIT LA MAILLE DU CALCUL

C GRAD1=GRADIENT MESURE ENTRE G ESTIME ET G MESURE AU POINT LE PLUS
C PROCHE (MGAL/MIN)

C

C READ(5,102) XLAMI,XLAMA,XLOMI,XLOMA,PALA,CFCNT

C PAL0=PALA

C AMI=XLAMI

C AMA=XLAMA

C OMI=XLOMI

C OMA=XLOMA

C LA=XLAMI/1000

C MIN=XLAMT-LA*1000

C XLAMI=LA*600.+MIN

C LA=XLAMA/1000

C MIN=XLAMA-LA*1000

C XLAMA=LA*600.+MIN

C LO=XLOMI/1000

C MIN=XLOMI-LO*1000

C XLOMI=LO*600.+MIN

C LO=XLOMA/1000

C MIN=XLOMA-LO*1000

C XLOMA=LO*600.+MIN

C

C WRITE(6,104)

C WRITE(6,105) XLAMI,XLAMA,XLOMI,XLOMA

C ESLA=XLAMI+PALA*CFCNT/2.0

```

*....*...1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....
      ESLO=XLOMI+PAL0*CFCNT/2.0
      *WRITE(6,110)
      *WRITE(6,111) ESLA,ESLO
C
C      CONVERSION DES COORDONNEES EN 1/10 MINUTE
C
      *WRITE(6,109) PALA,PAL0
C
C      LECTURE DES DONNEES.
C
C      IALT=ALTITUDE (M)
C      IGAL= ANOMALIE A L'AIR LIBRE(DIZIEMES DE MGAL)
C      IBOU=ANOMALIE DE ROUGUER (DIZIEMES DE MGAL)
C
      J=0
  6   J=J+1
  2   READ(5,112,END=999) LAT,LON,IBOU
      XLAT(J)=LAT
      XLON(J)=LON
      BOU(J)=IBOU
      IF(XLAT(J).LT. AMI.OR.XLAT(J).GT. AMA.OR.XLON(J).LT. AMI.OR.
      XLON(J).GT. OMA) GO TO 2
  4   LA=XLAT(J)/1000
      MIN=XLAT(J)-LA*1000
      XLAT(J)=LA*600.+MIN
      LO=XLON(J)/1000
      MIN=XLON(J)-LO*1000
      XLON(J)=LO*600.+MIN
      GO TO 6
  7   999 JMAX=J-1
C
C      CALCUL DES ESTIMATIONS
C
      CALL MOY      (XLAMI,XLAMA,XLOMI,XLOMA,CFCNT,JMAX,PALA,PAL0,A,R,
      1IP,XLAT,XLON,BOU)
      CONTINUE
C
  4   101 FORMAT(20I4)
  3   102 FORMAT(4F10.0,2F10.4,I10)
  1   103 FORMAT(20A4)
  1   104 FORMAT(1H1,2X,///,20X,20A4,///)
  3   105 FORMAT(2X,'LAT.MIN.= ',F7.0,2X,'LAT.MAX.= ',F7.0,2X,'LON.MIN.= ',
      1F7.0,2X,'LON.MAX.= ',F7.0,/)
  5   106 FORMAT(10X,'COORDONNEES LIMITES EXPRIMEES EN 1/10 MINUTES',/)
  4   109 FORMAT(2X,,5X,'PAS EN 1/10 MN LAT.= ',F10.2,' LON.= ',F10.2,/)
  5   110 FORMAT(2X,,5X,'COORDONNEES EN 1/10 MINUTE DU PREMIER POINT ESTIM
      1'E')
  6   111 FORMAT(2X,,5X,'LATITUDE=',F10.0,5X,'LONGITUDE=',F10.0,/)
  7   112 FORMAT(2I10,10X,I10)
C
      STOP
      END

```

SOURCE STATEMENTS = 59, PROGRAM SIZE = 122250 BYTES, PROGRAM NAME = MAIN

```

EFT: NULIST NOMAP NOXREF GOSTMT NOVECCK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTECH
OPT(3) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CH

*****1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*****

      SUBROUTINE MOY (XLAMI,XLAMA,XLOMI,XLOMA,CFCNT,JMAX,PALA,PALO,A,R,
     IIP,XLAT,XLON,BOU)
C
      DIMENSION XLAT(10000),XLON(10000),BOU(10000),TITPE(20)
     1,C(1000,10),IPP(10),A1(10000),AUX(20),GCEN(100),IGCE(100)
      DIMENSION BO(1000),XLA(1000),XLO(1000),X(10)
C
      INC=NOMBRE D'INCONNUES (POLYNOME DE DEGRE 1)
      POUR UNE QUADRIQUE,INC=6
      POUR UNE CUBIQUE,INC=10
      EPS=TOLERANCE POUR LE CALCUL DES COEFFICIENTS PAR MOINDRES CARRES
C
      INC=3
      EPS=0.0
      L11=1
C
      DELLO=XLOMA-XLOMI
      KMAX=0
      LMAX=0
      XMAIL=PALA*CFCNT
C
      DMN=PARAMETRE ETA UTILISE DANS LE CALCUL DU POIDS.
      IL A POUR EFFET DE LISSEER LES VALEURS ESTIMEES.
      IL AGIT SURTOUT SUR LES STATIONS VOISINES DU POINT OU LA VALEUR
      EST ESTIMEE ICI DMN=ETA=4'.
C
      DMN=XMAIL/10.0
      DMN2=DMN*DMN
      D11=XMAIL/1.414
      D12=D11*D11
      WRITE(6,101) XMAIL
C
      XMAIL=LONGUEUR DU COTE DE LA MAILLE CARREE(KM)
C
      WRITE(6,111)
C
      K=0
      XLAD=XLAMI-PALA
      XLAF=XLAMI+PALA*(CFCNT-1.0)
2     WRITE(6,103)
      XLAD=XLAD+PALA
      XLAF=XLAF+PALA
      IF(XLAF.GE.XLAMA) GO TO 11
      K=K+1
C
      L=0
      XL00=XLOMI-PALO
      XL0F=XLOMI+PALO*(CFCNT-1.0)
4     XL00=XL00+PALO
      XL0F=XL0F+PALO
      ECAR=0.0
      ECAR1=0.0
      CEN=999.0

```

.......1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

```
CEN1=0.0
GRAD=0.0
GRAD1=0.0
IF(XLOF.LE.XLOMA) GO TO 62
LMAX=L
DO 63 L=1,LMAX
IF(GCEN(L).NE.0.0) GO TO 83
IGCE(L)=0
GO TO 63
A3 IGCE(L)=IFIX(GCEN(L)+0.5*ABS(GCEN(L))/GCEN(L))
63 CONTINUE
WRITE(6,103)
WRITE(6,104) (      IGCE(L),L=1,LMAX)
GO TO 2
62 L=L+1
C
XLAZ=0.5*(XLAD+XLAF)
XLOZ=0.5*(XLDD+XLDF)
I1=0
DISMI=1000.0
BOMI=10000.0
C
C   BOMI=VALEUR DE L'ANOMALIE A LA STATION LA PLUS PROCHE DU POINT ESTIME
C   DIS=DISTANCE (0.1 ') QUI SEPARA LE POINT ESTIME D'UN POINT DE MESURE
C   DISMI=DISTANCE QUI SEPARA LE POINT ESTIME DU POINT DE MESURE
C   LE PLUS PROCHE
C
DO 3 J=1,JMAX
IF(XLAT(J).LE.XLAD.OR.XLAT(J).GT.XLAF.OR.XLON(J).LE.XLDD.OR.XLON(J)
1.GT.XLDF) GO TO 3
I1=I1+1
XLAI(I1)=XLAT(J)-XLAZ
XLOI(I1)=(XLON(J)-XLOZ)*COS(B*XLAZ)
DIST=XLAI(I1)**2+XLOI(I1)**2
DIS=SQR(DIST)
IF(DIS.GT.DISMI) GO TO 333
DISMI=DIS
BOMI=BOMI(J)
333 DIST1=012-DIST
DIST2=DIST+DMN2
PDS=11ST1/DIST2
PDS=PDS*PDS
C(I1,1)=1.0*PDS
C(I1,2)=XLAI(I1)*PDS
C(I1,3)=XLOI(I1)*PDS
B0(I1)=BOMI(J)*PDS
3 CONTINUE
I1MAX=I1
C
C
LAU=XLAZ/600
MIU=(XLAZ-FLOAT(LAU)*600.)/10
LOI=XLOZ/600
MIO=(XLOZ-FLOAT(LOI)*600.)/10
C
IF(I1MAX.LE.3) GO TO 14
```

.........1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

C SI ON UTILISE UNE QUADRIQUE, CHANGER L'INSTRUCTION PRECEDENTE
C EN T1MAX.LE.6
C SI ON UTILISE UNE CUNIQUE, METTRE I1MAX.LE.10
C AJOUTER LES EQUATIONS C(I,J)=F(X,Y) EN NOMBRE SUFFISANT SI LE DEGRE
C EST SUPERIEUR A 1.
C
C K1=0
C DO 41 J=1,INC
C DO 91 I=1,I1MAX
C K1=K1+1
C 91 A1(K1)=C(I,J)
C
C CALL LLSN(A1,B0,I1MAX,INC,L11,X,IPP,EPS,TER,AUX)
C
201 CEN1=X(1)
ECAR1=CEN1-B0MI
GRAD1=ECAR1
IF(DISMI.NE.0.0) GRAD1=ECAR1/DISMI
WRITE(6,106)LAU,MIU,LOI,MIO,I1MAX,CEN1,B0MI,DISMI,ECAR1,GRAD1
GCEN(L)=CEN1
GO TO 4
14 WRITE(6,106)LAU,MIU,LOI,MIO,I1MAX,CEN,B0MI,DISMI,ECAR,GRAD
GCEN(L)=CEN
GO TO 4
C
11 CONTINUE
C
101 FORMAT(5X,'ESTIMATIONS DES ANOMALIES DE BRUGUER AU CENTRE D''UNE MA
TILLE CARREE DE COTE=',F10.2,' 1/10 MINUTE',//)
103 FORMAT(2X,/)
104 FORMAT(2X,2015)
105 FORMAT(2015)
106 FORMAT(6X,2I3,5X,2I3,4X,I4,3X,5E12.3)
111 FORMAT(8X,'LAT',8X,'LON',6X,'IMAX',7X,'G EST.',7X,'G PROC.'
1,5X,'DISMI ',7X,'ECRT',7X,'GRAD')
RETURN
END

SOURCE STATEMENTS = 102, PROGRAM SIZE = 95600 BYTES, PROGRAM NAME = MOY PAGE

NO DIAGNOSTICS GENERATED.

COMPILATION 2 *****

EFFECT: NOLIST NOMAP NOXREF GOSTMT NODECK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTEST
OPT(3) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CH

.......1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

C

C

C

SUBROUTINE LLSQ

C

REMARQUE LE SOUS PROGRAMME LLSQ EXISTE DANS LA BIBLIOTHEQUE SSP
DU CIRCE.

C

IL EXISTE AUSSI LE SOUS PROGRAMME LLSQF (DSN=SYS1.BIRLT.NIV1) SOUS
FORME D'UN MODULE EXECUTABLE. SI ON UTILISE CE PROGRAMME SOUS CETTE
FORME, LA TRANSFORMATION DU VECTEUR C(I,J) EN SCALAIRE A1(K) EST
INUTILE. CONSULTER LA NOTICE D'UTILISATION DE LLSQF.

C

PURPOSE

C

TO SOLVE LINEAR LEAST SQUARES PROBLEMS, I.E. TO MINIMIZE
THE EUCLIDEAN NORM OF B-A*X, WHERE A IS A M BY N MATRIX
WITH M NOT LESS THAN N. IN THE SPECIAL CASE M=N SYSTEMS OF
LINEAR EQUATIONS MAY BE SOLVED.

C

USAGE

C

CALL LLSQ (A,B,M,N,L,X,IPIV,EPS,IER,AUX)

C

DESCRIPTION OF PARAMETERS

C

A - M BY N COEFFICIENT MATRIX (DESTROYED).
B - M BY L RIGHT HAND SIDE MATRIX (DESTROYED).
M - ROW NUMBER OF MATRICES A AND B.
N - COLUMN NUMBER OF MATRIX A, ROW NUMBER OF MATRIX X.
L - COLUMN NUMBER OF MATRICES B AND X.
X - N BY L SOLUTION MATRIX.
IPIV - INTEGER OUTPUT VECTOR OF DIMENSION N WHICH
CONTAINS INFORMATION ON COLUMN INTERCHANGES
IN MATRIX A. (SEE REMARK NO.3).
EPS - INPUT PARAMETER WHICH SPECIFIES A RELATIVE
TOLERANCE FOR DETERMINATION OF RANK OF MATRIX A.
IER - A RESULTING ERROR PARAMETER.
AUX - AUXILIARY STORAGE ARRAY OF DIMENSION MAX(2*N,L).
ON RETURN FIRST L LOCATIONS OF AUX CONTAIN THE
RESULTING LEAST SQUARES.

C

REMARKS

C

- (1) NO ACTION BESIDES ERROR MESSAGE IER=-2 IN CASE
M LESS THAN N.
- (2) NO ACTION BESIDES ERROR MESSAGE IER=-1 IN CASE
OF A ZERO-MATRIX A.
- (3) IF RANK K OF MATRIX A IS FOUND TO BE LESS THAN N BUT
GREATER THAN 0, THE PROCEDURE RETURNS WITH ERROR CODE
IER=-K INTO CALLING PROGRAM. THE LAST N-K ELEMENTS OF
VECTOR IPIV DENOTE THE USELESS COLUMNS IN MATRIX A.
THE REMAINING USEFUL COLUMNS FORM A BASE OF MATRIX A.
- (4) IF THE PROCEDURE WAS SUCCESSFUL, ERROR PARAMETER IER
IS SET TO 0.

C

SUBROUTINES AND FUNCTION SUBPROGRAMS REQUIRED

NONE

.......1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

C
C METHOD
C HOUSEHOLDER TRANSFORMATIONS ARE USED TO TRANSFORM MATRIX A
C TO UPPER TRIANGULAR FORM. AFTER HAVING APPLIED THE SAME
C TRANSFORMATION TO THE RIGHT HAND SIDE MATRIX B, AN
C APPROXIMATE SOLUTION OF THE PROBLEM IS COMPUTED BY
C BACK SUBSTITUTION. FOR REFERENCE, SEE
C G. GOLUB, NUMERICAL METHODS FOR SOLVING LINEAR LEAST
C SQUARES PROBLEMS, NUMERISCHE MATHEMATIK, VOL.7,
C ISS.3 (1965), PP.206-216.
C
C -----
C SUBROUTINE LLSN(A,B,M,N,L,X,IPIV,EPS,IER,AUX)
C
C DIMENSION A(1),B(1),X(1),IPIV(1),AUX(1)
C
C ERROR TEST
C IF(M=N)30,1,1
C
C GENERATION OF INITIAL VECTOR S(K) (K=1,2,...,N) IN STORAGE
C LOCATIONS AUX(K) (K=1,2,...,N)
1 PIV=0.
2 IEND=0
3 DO 4 K=1,N
4 IPIV(K)=K
5 H=0.
6 IST=IEND+1
7 IEND=IFND+M
8 DO 2 I=IST,IFND
2 H=H+A(I)*A(I)
3 AIJX(K)=H
4 IF(H=PIV)4,4,3
5 PIV=H
6 KPIV=K
7 4 CONTINUE
C
C ERROR TEST
C IF(PIV)31,31,5
C
C DEFINE TOLERANCE FOR CHECKING RANK OF A
5 SIG=SQRT(PIV)
6 TOL=SIG*ARS(EPS)
C
C DECOMPOSITION LOOP
1 LM=L*M
2 IST=-M
3 DO 21 K=1,N
4 IST=IST+M+1
5 IEND=IST+M-K
6 I=KPIV-K
7 IF(I)8,8,6
C
C INTERCHANGE K-TH COLUMN OF A WITH KPIV-TH IN CASE KPIV.GT.K
6 H=AUX(K)

```

*....*...1.....?.....3.....4.....5.....6.....7.*.....
3
4      AUX(K)=AUX(KPIV)
5      AUX(KPIV)=H
6      ID=I+M
7      DO 7 I=IST,IEND
8      J=I+ID
9      H=A(I)
10     A(I)=A(J)
11     A(J)=H

C      COMPUTATION OF PARAMETER SIG
12    IF(K-1)11,11,9
13    SIG=0.
14    DO 14 I=IST,IEND
15    SIG=SIG+A(I)*A(I)
16    SIG=SQRT(SIG)

C      TEST ON SINGULARITY
17    IF(SIG-TOL132,32,11

C      GENERATE CORRECT SIGN OF PARAMETER SIG
18    H=A(IST)
19    IF(H)12,13,13
20    SIG=-SIG

C      SAVE INTERCHANGE INFORMATION
21    IPIV(KPIV)=IPIV(K)
22    IPIV(K)=KPIV

C      GENERATION OF VECTOR UK IN K-TH COLUMN OF MATRIX A AND OF
C      PARAMETER BETA
23    BETA=H+SIG
24    A(IST)=BETA
25    BETA=1./(SIG*BETA)
26    J=M+K
27    AUX(J)=-SIG
28    IF(K-N)14,19,19

C      TRANSFORMATION OF MATRIX A
29    PIV=0.
30    ID=0
31    JST=K+1
32    KPIV=JST
33    DO 33 J=JST,N
34    ID=ID+M
35    H=0.
36    DO 36 I=IST,IEND
37    II=I+ID
38    15 H=H+A(I)*A(II)
39    H=BETA*H
40    DO 40 I=IST,IEND
41    II=I+ID
42    16 A(II)=A(II)-A(I)*H

C      UPDATING OF ELEMENT S(J) STORED IN LOCATION AUX(J)
43    IT=IST+ID
44    H=AUX(J)-A(IT)*A(II)

```

```

*....*...1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....
AUX(J)=H
IF(H=PIV)18,18,17
17 PIV=H
KPIV=J
18 CONTINUE
C
C      TRANSFORMATION OF RIGHT HAND SIDE MATRIX B
19 DO 21 J=K,L,M,H
H=0.
IEND=J+M-K
TI=IST
DO 20 I=J,IEND
H=H+A(TI)*B(I)
20 II=II+1
H=RET4*H
II=IST
DO 21 I=J,IEND
B(I)=P(I)-A(II)*H
21 II=II+1
      END OF DECOMPOSITION LOOP
C
C      BACK SUBSTITUTION AND BACK INTERCHANGE
IER=0
I=N
LN=L*N
PIV=1./AUX(2*N)
DO 22 K=N,LN,N
X(K)=PIV*B(I)
22 I=I+LN
IF(N=1)26,26,23
23 JST=(N-1)*M+N
DO 25 J=2,N
JST=JST-M-1
K=N+N+1-J
PIV=1./AUX(K)
KST=K-N
ID=IPIV(KST)-KST
IST=2-J
DO 25 K=1,L
H=B(KST)
IST=IST+N
IEND=IST+J-2
II=JST
DO 24 I=IST,IEND
II=II+M
24 H=H-A(II)*X(I)
I=IST-1
II=I+ID
X(I)=X(II)
X(II)=PIV*H
25 KST=KST+M
C
C      COMPUTATION OF LEAST SQUARES
26 IST=N+1

```

.........1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

```
IEND=0
DO 24 J=1,L
IEND=IEND+M
H=0.
IF(M=N)29,29,27
27 DO 28 I=IST,IEND
28 H=H+R(I)*R(I)
IST=IST+M
29 AUX(J)=H
RETURN
C
C      ERROR RETURN IN CASE M LESS THAN N
30 IER=-2
RETURN
C
C      ERROR RETURN IN CASE OF ZERO-MATRIX A
31 IER=-1
RETURN
C
C      ERROR RETURN IN CASE OF RANK OF MATRIX A LESS THAN N
32 IER=K-1
RETURN
END
```

SOURCE STATEMENTS = 133, PROGRAM SIZE = 2786 BYTES, PROGRAM NAME = LLSA PAGE
NO DIAGNOSTICS GENERATED.

F COMPILATION 3 *****

ANOMALIES GRAVIMETRIQUES CAMEROUN

PROFONDEURS LIMITES EXPRIMEES EN 1/10 MINUTES

6000. LAT.MAX.= 7800. LON.MIN.= 7800. LON.MAX.= 9000.

VALEURS EN 1/10 MINUTE DU PREMIER POINT ESTIMME

E= 6200. LONGITUDE= 8000.

LAT MIN LAT.= 100.00 LON.= 100.00

CONS DES ANOMALIES DE BOUGUER AU CENTRE D'UNE MAILLE CARREE DE COTE= 400.00 1/10

LON	IMAX	G EST.	G PROC.	DISMI	ECRT	GRAD
13 20	55	-0.667E+03	-0.621E+03	0.442E+02	-0.464E+02	-0.105E+01
13 30	93	-0.659E+03	-0.638E+03	0.260E+02	-0.205E+02	-0.789E+00
13 40	113	-0.603E+03	-0.592E+03	0.210E+02	-0.112E+02	-0.531E+00
13 50	131	-0.465E+03	-0.448E+03	0.608E+01	-0.172E+02	-0.284E+01
14 0	129	-0.509E+03	-0.508E+03	0.178E+02	-0.659E+00	-0.370E-01
14 10	130	-0.465E+03	-0.454E+03	0.403E+02	-0.112E+02	-0.277E+00
14 20	115	-0.442E+03	-0.452E+03	0.571E+02	0.990E+01	0.173E+00
14 30	111	-0.398E+03	-0.377E+03	0.185E+02	-0.207E+02	-0.112E+01
14 40	102	-0.485E+03	-0.476E+03	0.155E+02	-0.889E+01	-0.573E+00

-603 -465 -509 -465 -442 -398 -485

13 20	37	-0.628E+03	-0.621E+03	0.138E+03	-0.652E+01	-0.471E-01
13 30	59	-0.670E+03	-0.657E+03	0.455E+02	-0.133E+02	-0.293E+00
13 40	87	-0.606E+03	-0.662E+03	0.461E+02	0.557E+02	0.121E+01
13 50	114	-0.489E+03	-0.496E+03	0.300E+01	0.652E+01	0.217E+01
14 0	116	-0.548E+03	-0.540E+03	0.356E+01	-0.769E+01	-0.216E+01
14 10	127	-0.435E+03	-0.408E+03	0.623E+01	-0.271E+02	-0.436E+01
14 20	117	-0.375E+03	-0.352E+03	0.287E+02	-0.226E+02	-0.785E+00
14 30	110	-0.413E+03	-0.389E+03	0.536E+02	-0.237E+02	-0.443E+00
14 40	100	-0.448E+03	-0.445E+03	0.500E+01	-0.257E+01	-0.513E+00

-606 -489 -548 -439 -375 -413 -448

13 20	21	-0.881E+03	-0.657E+03	0.143E+03	-0.224E+03	-0.156E+01
13 30	46	-0.679E+03	-0.651E+03	0.518E+02	-0.278E+02	-0.536E+00
13 40	83	-0.582E+03	-0.583E+03	0.316E+02	0.943E+00	0.299E-01
13 50	107	-0.555E+03	-0.575E+03	0.161E+02	0.197E+02	0.122E+01
14 0	116	-0.575E+03	-0.592E+03	0.464E+02	0.174E+02	0.376E+00
14 10	125	-0.552E+03	-0.598E+03	0.301E+02	0.459E+02	0.153E+01
14 20	123	-0.330E+03	-0.323E+03	0.695E+01	-0.704E+01	-0.101E+01
14 30	123	-0.356E+03	-0.313E+03	0.224E+02	-0.427E+02	-0.190E+01
14 40	110	-0.380E+03	-0.366E+03	0.174E+02	-0.143E+02	-0.824E+00

M

13 20	13	-0.645E+03	-0.585E+03	0.178E+03	-0.599E+02	-0.337E+00
13 30	37	-0.530E+03	-0.585E+03	0.103E+03	0.545E+02	0.530E+00
13 40	73	-0.486E+03	-0.508E+03	0.220E+02	0.219E+02	0.995E+00
13 50	100	-0.595E+03	-0.619E+03	0.181E+02	0.241E+02	0.133E+01
14 0	122	-0.571E+03	-0.567E+03	0.309E+02	-0.410E+01	-0.133E+00
14 10	131	-0.529E+03	-0.485E+03	0.214E+02	-0.444E+02	-0.208E+01
14 20	131	-0.288E+03	-0.300E+03	0.266E+02	0.117E+02	0.441E+00
14 30	129	-0.350E+03	-0.362E+03	0.163E+02	0.124E+02	0.760E+00
14 40	105	-0.386E+03	-0.421E+03	0.939E+01	0.352E+02	0.375E+01

-486 -595 -571 -529 -288 -350 -386

13 20	4	-0.152E+04	-0.585E+03	0.242E+03	-0.938E+03	-0.387E+01
13 30	21	-0.281E+03	-0.507E+03	0.143E+03	0.226E+03	0.158E+01
13 40	47	-0.432E+03	-0.507E+03	0.585E+02	0.748E+02	0.128E+01
13 50	72	-0.545E+03	-0.558E+03	0.366E+02	0.130E+02	0.356E+00
14 0	102	-0.585E+03	-0.573E+03	0.295E+02	-0.123E+02	-0.417E+00
14 10	115	-0.554E+03	-0.563E+03	0.636E+01	0.930E+01	0.146E+01
14 20	124	-0.347E+03	-0.356E+03	0.296E+02	0.859E+01	0.290E+00
14 30	127	-0.301E+03	-0.262E+03	0.119E+02	-0.387F+02	-0.324E+01
14 40	115	-0.428E+03	-0.433E+03	0.717E+01	0.468E+01	0.653E+00

-432 -545 -585 -554 -347 -301 -428

13 20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13 30	8	-0.739E+02	-0.507E+03	0.198E+03	0.433E+03	0.218E+01
13 40	27	-0.557E+03	-0.558E+03	0.141E+03	0.125E+01	0.886E-02
13 50	46	-0.656E+03	-0.574E+03	0.484E+02	-0.821E+02	-0.170E+01
14 0	72	-0.434E+03	-0.414E+03	0.446E+01	-0.204E+02	-0.457E+01
14 10	82	-0.468E+03	-0.473E+03	0.280E+02	0.494E+01	0.176E+00
14 20	95	-0.221E+03	-0.269E+03	0.238E+02	0.477E+02	0.200E+01
14 30	102	-0.271E+03	-0.344E+03	0.477E+02	0.729E+02	0.153E+01
14 40	99	-0.310E+03	-0.268E+03	0.824E+01	-0.425E+02	-0.516E+01

-557 -656 -434 -468 -221 -271 -310

13 20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000F+00	0.000E+00
13 30	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13 40	10	-0.133E+04	-0.574E+03	0.170E+03	-0.758E+03	-0.446E+01
13 50	25	-0.565E+03	-0.381E+03	0.934E+02	-0.184E+03	-0.197E+01
14 0	44	-0.367E+03	-0.381E+03	0.161E+02	0.139E+02	0.864E+00
14 10	57	-0.291E+03	-0.458E+03	0.560E+02	0.167E+03	0.297E+01
14 20	72	-0.868E+02	-0.101E+03	0.840E+01	0.142E+02	0.170E+01
14 30	84	-0.145E+03	-0.143E+03	0.631E+01	-0.184F+01	-0.291E+00
14 40	89	-0.200E+03	-0.241E+03	0.199E+02	0.410E+02	0.206E+01

-1332 -565 -367 -291 -87 -145 -200

13 20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13 30	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13 40	2	0.999E+03	-0.381E+03	0.222E+03	0.000E+00	0.000E+00
13 50	8	-0.320E+03	-0.381E+03	0.147E+03	0.610E+02	0.414E+00
14 0	16	-0.214E+03	-0.381E+03	0.115E+03	0.167E+03	0.145E+01
14 10	24	-0.136E+03	-0.143E+03	0.140E+03	0.279E+03	0.199F+01

14	40	73	-0.202E+03	-0.244E+03	0.105E+02	0.364E+02	0.346E+01
999	-320	-214	136	70	-170	-208	
13	20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	30	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	40	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	50	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	0	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	10	1	0.999E+03	-0.145E+03	0.238E+03	0.000E+00	0.000E+00
14	20	27	-0.276E+03	-0.294E+03	0.185E+03	0.176E+02	0.950E-01
14	30	43	0.313E+01	-0.360E+03	0.886E+02	0.363E+03	0.410E+01
14	40	58	-0.376E+03	-0.360E+03	0.133E+02	-0.159E+02	-0.119E+01
999	999	999	999	-276	3	-376	
13	20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	30	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	40	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	50	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	0	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	10	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	20	22	-0.659E+03	-0.360E+03	0.166E+03	-0.299E+03	-0.181E+01
14	30	39	-0.388E+03	-0.327E+03	0.688E+02	-0.607E+02	-0.883E+00
14	40	54	-0.345E+03	-0.356E+03	0.727E+01	0.113E+02	0.156E+01
999	999	999	999	-659	-388	-345	
13	20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	30	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	40	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	50	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	0	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	10	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	20	23	-0.602E+03	-0.252E+03	0.178E+03	-0.350E+03	-0.197E+01
14	30	39	-0.315E+03	-0.258E+03	0.805E+02	-0.566E+02	-0.703E+00
14	40	52	-0.257E+03	-0.273E+03	0.171E+02	0.158E+02	0.923E+00
999	999	999	999	-608	-315	-257	
13	20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	30	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	40	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	50	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14	0	7	-0.243E+03	-0.346E+03	0.180E+03	0.103E+03	0.571E+00
14	10	14	-0.290E+03	-0.346E+03	0.128E+03	0.561E+02	0.437E+00
14	20	36	-0.291E+03	-0.399E+03	0.124E+03	0.108E+03	0.869E+00
14	30	58	-0.294E+03	-0.296E+03	0.914E+02	0.220E+01	0.241E-01
14	40	68	-0.268E+03	-0.312E+03	0.300E+02	0.440E+02	0.146E+01
999	999	-243	-290	-291	-294	-268	
13	20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13	30	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00

14 0	13	-0.378E+03	-0.356E+03	0.128E+03	-0.221E+02	-0.173E+00
14 10	33	-0.324E+03	-0.346E+03	0.402E+02	0.221E+02	0.549E+00
14 20	55	-0.386E+03	-0.387E+03	0.260E+02	0.122E+01	0.469E-01
14 30	70	-0.327E+03	-0.332E+03	0.156E+02	0.483E+01	0.356E+00
14 40	72	-0.355E+03	-0.363E+03	0.391E+02	0.785E+01	0.200E+00

999 999 -378 -324 -386 -327 -355

13 20	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13 30	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13 40	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
13 50	0	0.999E+03	0.100E+05	0.100E+04	0.000E+00	0.000E+00
14 0	13	-0.431E+03	-0.366E+03	0.121E+03	-0.651E+02	-0.540E+00
14 10	34	-0.373E+03	-0.366E+03	0.401E+02	-0.750E+01	-0.187E+00
14 20	56	-0.356E+03	-0.351E+03	0.287E+02	-0.469E+01	-0.163E+00
14 30	66	-0.424E+03	-0.452E+03	0.306E+02	0.276E+02	0.903E+00
14 40	62	-0.484E+03	-0.467E+03	0.187E+02	-0.166E+02	-0.893E+00

999 999 -431 -373 -356 -424 -484

PROGRAMME REGIONX

I - GENERALITES.

En chaque point, l'anomalie de Bouguer confond les attractions des masses superficielles ou proches et de masses profondes ou lointaines. L'interprétation consiste à séparer ces deux effets et à proposer des modèles qui les expliquent. On est ainsi amené à définir une anomalie dite régionale liée aux masses éloignées et une résiduelle représentative des effets locaux. Les notions d'éloignement et de profondeur des masses perturbatrices sont fonction de l'échelle de l'étude. C'est ainsi qu'une anomalie considérée comme régionale dans une étude à grande échelle a les caractères d'une anomalie locale s'il s'agit d'un levé de reconnaissance qui couvre un pays entier.

Régionales diverses

a) Lissage de l'anomalie de Bouguer.

Cette méthode donne parfois de bons résultats malgré son caractère subjectif.

b) Régionale isostatique.

On a souvent utilisé les corrections isostatiques comme régionales (Louis, Rechenmann) pour des levés de reconnaissance. On peut lui reprocher le choix arbitraire de la profondeur de compensation et l'incertitude résultant de la qualité souvent médiocre des cartes hypsométriques utilisées.

c) Champ prolongé en altitude.

A mesure qu'on s'éloigne des sources proches, les anomalies locales s'estompent et le champ calculé peut être assimilé à l'anomalie régionale. Ce procédé a été appliqué aux anomalies de la RCA. Le but poursuivi n'a été que partiellement atteint car l'irrégularité du tracé des isonomales du champ prolongé montre qu'une partie des anomalies locales n'est pas filtrée.

d) Régionale analytique.

Elle consiste à représenter l'anomalie de Bouguer en un point de coordonnées x, y par un polynôme de degré n dont les coefficients sont déterminés par la méthode des moindres carrés. La représentation est d'autant plus fidèle que le degré n est plus élevé. Si l'on ne calcule que les premiers termes de la série, la surface représentée possède les caractéristiques d'une régionale c'est à dire une anomalie de grande étendue, de gradient régulier et de faible courbure. La méthode peut s'appliquer à l'anomalie de Bouguer mesurée en des stations réparties de manière aléatoire. Le résultat risque d'être biaisé par les zones où la densité des points est élevée. Pour éviter cet inconvénient les données sont les estimations de l'anomalie aux noeuds d'une grille régulière obtenue à l'aide du programme GRILL. Le polynôme choisi dépend du degré de régionalité désiré. C'est finalement cette méthode qui a été adoptée et dont on donne le mode d'emploi ci-après.

II - MODE D'EMPLOI.

a) Données.

Carte 1 : Paramètres de la grille et du polynôme.

LAMAX, L0MAX dimensions de la grille
N nombre de coefficients du polynôme
IDD degré du polynôme.

Carte 2 : Texte (20 A4)

Cartes 3 et suivantes : Données exprimées en milligals

b) Résultats. Anomalies régionales (IREG) et résiduelles (IRES), exprimées en milligals, calculées aux noeuds de la grille et ordonnées par latitudes et longitudes croissantes.

Chaque point où l'anomalie de Bouguer n'est pas calculée est affecté d'une valeur invraisemblable (ici + 99). Il en est de même de l'anomalie résiduelle.

Nous donnons ci après un exemple d'application de la méthode aux données gravimétriques de la RCA.

OPTIONS (EXECUTF): NOSD,NOTE

EFFECT: WOLIST NOMAP NOXREF GOSTMT NODECK SOURCE WOTFP OBJECT FIXED NOTE^T
OPT(3) LANGLVL(77) FTPS(F) FLAG(T) TA(ECAIN...) LT(ECDL,T60) CH

.........1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

C REGIONX

C **** CALCUL DE L'ANOMALIE REGIONALE PAR UN POLYNOME DE DEGRE 3+3,4+4
C OU 5+5 ET DE L'ANOMALIE RESIDUELLE A PARTIR DES VALEURS DE
C L'ANOMALIE DE SOUQUER ESTIMEES AUX NOEUDS D'UNE GRILLE REGULIÈRE ****
C X=LONGITUDES EXPRIMEES EN PAS DE LA GRILLE (ICI 10') COMPTES
C A PARTIR DE LA LONGITUDE MINIMUM, CORRIGEES DE LA CONVERGENCE DES
C DES MERIDIENS.

C Y=LATTITUDES EXPRIMEES EN PAS DE LA GRILLE COMPTES A PARTIR DE LA
C LATITUDE MINIMUM (Y=0,1,2,ETC.)

C PHI=LATTITUDE EXACTE(RADIANS)

C IDEG=LATITUDE (DEGRES)

C MIN=LATITUDE (MINUTES)

C LAMAX=LATITUDE MAXIMUM (EN PAS)

C LOMAX=LONGITUDE MAXIMUM (EN PAS)

C IDO=DEGRE DU POLYNOME (DEGRE DE X+DEGRE DE Y) QUI DEFINIT LA REGIONALE
C SI IDO=8, L'EQUATION EST EN X**4,X**3*Y,X**2*Y**2,X*Y**3,Y**4,ETC.

C G(LA,L0)=VALEUR DE L'ANOMALIE DE SOUQUER AU NOEUD DE COORDONNES LA,L0.
C TOUTE VALEUR MANQUANTE EST REMPLACEE PAR UNE VALEUR INVRAISEMABLE
(ICI 99)

C GRFG(J)=VALEUR DE L'ANOMALIE REGIONALE A LA LONGITUDE J POUR UNE
C LATITUDE DONNEE.

C IGREG=VALEUR ENTIERE DE L'ANOMALIE REGIONALE.

C IRES=VALEUR ENTIERE DE L'ANOMALIE RESIDUELLE.

C TOUTES LES ANOMALIES SONT EXPRIMEES EN MILLIGALS.

C BEG=SECOND MEMBRE DES EQUATIONS F(X,Y,A)=0

C NC=nombre de COEFFICIENTS DU POLYNOME=NOMBRE D'EQUATIONS

C N=10 POLYNOME DE DEGRE 3

C N=15 POLYNOME DE DEGRE 4

C N=21 POLYNOME DE DEGRE 5

C 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789

t DIMENSION G(50,60),GRG(60),IGREG(60),A(3000,25),H(3000),U(25)

1,IDEG(60),MIN(60),TEXT(20),IRES(50,60),AUX(50),C(75000),IP(25)

2 READ(5,108) LAMAX,LOMAX,N,IDO

3 READ(5,105) (TEXT(I),I=1,20)

C

4 EPS=0.0

5 L11=1

C

6 LATITUDE ORIGINE

C IDEGZ=DEGRES

C MINZ=MINUTES

C

7 IDEGZ=2

8 MINZ=30

9 PI=3.141593

I=0

DO 1 LA=1,LAMAX

1 READ(5,101)(G(LA,L0),L0=1,LOMAX)

2 DO 2 LA=1,LAMAX

MAY 1983)

VS FORTRAN

DATE: FEB 06, 1984

TIME: 14:56:48

```

*....*...1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....
;
Y=FLOAT(LA-1)
PHI=(2.0+(30.0+FLOAT(LA)*10.0)/60.0)*PI/180.0
DO 3 L0=1,L0MAX
IF(G(LA,L0).GT.98.0) GO TO 3
I=[+1
X=FLOAT(L0-1)*COS(PHI)
A(I,1)=1.0
A(I,2)=Y
A(I,3)=X
A(I,4)=Y*X
A(I,5)=Y*X
A(I,6)=X*X
A(I,7)=Y**3
A(I,8)=Y*X*X
A(I,9)=Y*X*X
A(I,10)=X*X
IF(N.EQ.10) GO TO 21
A(I,11)=Y**4
A(I,12)=Y**3*X
A(I,13)=(Y*X)**2
A(I,14)=Y*X**3
A(I,15)=X**4
IF(N.EQ.15) GO TO 21
A(I,16)=Y**5
A(I,17)=Y**4*X
A(I,18)=Y**3*X**2
A(I,19)=Y**2*X**3
A(I,20)=Y*X**4
A(I,21)=X**5
21 CONTINUE
B(I)=G(LA,L0)
I=I
3 CONTINUE
2 CONTINUE
;
DO 41 J=1,N
DO 41 J=1,N
K=K+1
41 C(K)=A(I,J)
;
CALL LLSD(C,B,N,N,L11,U,IP,EPS,IER,AUX)
;
WRITE(6,110) N
WRITE(6,102) (U(I),I=1,N)
WRITE(6,106) IDD
IF(IPUCH.EQ.1) WRITE(7,106) IDD
DO 4 LA=1,LAMAX
Y=FLOAT(LA-1)
PHI=(2.0+(30.0+FLOAT(LA)*10.0)/60.0)*PI/180.0
DO 5 L0=1,L0MAX
X=FLOAT(L0-1)*COS(PHI)
GREG(L0)=U(1)+U(2)*Y+U(3)*X+U(4)*Y*X+U(5)*Y*X+U(6)*X*X+
U(7)*Y**3+U(8)*Y*X+U(9)*Y*X*X+U(10)*X**3
IF(N.EQ.10) GO TO 32
GREG(L0)=GREG(L0)+U(11)*Y**4+U(12)*Y**3*X+U(13)*(Y*X)**2+

```

.......1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

```
1U(14)*Y**4*3+U(15)*X**4
  IF(U.EQ.15) GO TO 31
  GREG(L0)=GREG(L0)+U(16)*Y**5+U(17)*Y**4*X+U(18)*Y**3*X**2+
  1U(19)*Y**2*X**3+U(20)*Y*X**4+U(21)*X**5
31 IGREG(L0)=IFIX(GREG(L0)-0.5)
  IRES(LA,L0)=IFIX(G(LA,L0)-IGREG(L0))
  IF(G(LA,L0).GT.99.0) IRES(LA,L0)=99
  XMIN=FLOAT(30+LA*10)
  IDEG=IFIX(XMIN/60.0)
  MIN(LA)=IFIX(XMIN)-IDEG*60
  IDG(LA)=2+IDEG
5 CONTINUE
  WRITE(6,109) IDG(LA),MIN(LA)
  WRITE(6,103) (IGREG(L0),L0=1,LOMAX)
4 CONTINUE
  WRITE(6,107)
  DO 11 LA=1,LA(MAX)
  WRITE(6,109) IDG(LA),MIN(LA)
  WRITE(6,103) (IRES(LA,L0),L0=1,LOMAX)
11 CONTINUE
C FORMATS *****
101 FORMAT(2GF4.0)
102 FORMAT(7E14.5)
103 FORMAT(2X,20I4)
104 FORMAT(2X//)
105 FORMAT(20I4)
106 FORMAT(2X//2X,'ANOMALIES REGIONALES DEGRE',I3//)
107 FORMAT(2X//2X,'ANOMALIES RESIDUELLES'//)
108 FORMAT(5I5)
109 FORMAT(I5,' DEGRES',I5,' MINUTES'//)
110 FORMAT(2X//2X,I5,' POINTS'//)
111 STOP
5 END
```

* SOURCE STATEMENTS = 93, PROGRAM SIZE = 641012 BYTES, PROGRAM NAME = MAIN PA

* NO DIAGNOSTICS GENERATED.

OF COMPILEATION 1 *****

(MAY 1983)

VS FORTRAN

DATE: FEB 06, 1984

TIME: 14:56:54

EFFECT: NOLIST NUMMAP NOXREF GOSTMT NODECK SOURCE NOTERM OBJECT FIXED NOTESET
OPT(3) LANGLVL(77) FIPS(F) FLAG(I) NAME(MAIN) LINECOUNT(60) CH

.......1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

C

C

C

SUBROUTINE LLSQ

C

LE SOUS PROGRAMME LLSQ EXISTE DANS LA BIBLIOTHEQUE SSP DU CIRCE.
IL EXISTE AUSSI UN SOUS PROGRAMME LLSQF SOUS FORME D'UN MODULE
EXECUTABLE (DSN=SYS1.BIBLI.NIV1). SI ON L'UTILISE SUIS CETTE FORME,
LA TRANSFORMATION DU VECTEUR A(I,J) EN SCALAIRE C(K) EST INUTILE
(CONSULTER LA NOTICE D'EMPLOI DE LLSQF).

C

PURPOSE

C

TO SOLVE LINEAR LEAST SQUARES PROBLEMS, I.E. TO MINIMIZE
THE EUCLIDEAN NORM OF B-A*X, WHERE A IS A M BY N MATRIX
WITH M NOT LESS THAN N. IN THE SPECIAL CASE M=N SYSTEMS OF
LINEAR EQUATIONS MAY BE SOLVED.

C

USAGE

C

CALL LLSQ (A,B,M,N,L,X,IPIV,EPS,IER,AUX)

C

DESCRIPTION OF PARAMETERS

C

- A - M BY N COEFFICIENT MATRIX (DESTROYED).
- B - M BY L RIGHT HAND SIDE MATRIX (DESTROYED).
- M - ROW NUMBER OF MATRICES A AND B.
- N - COLUMN NUMBER OF MATRIX A, ROW NUMBER OF MATRIX X.
- L - COLUMN NUMBER OF MATRICES B AND X.
- X - N BY L SOLUTION MATRIX.
- IPIV - INTEGER OUTPUT VECTOR OF DIMENSION N WHICH
CONTAINS INFORMATION ON COLUMN INTERCHANGES
IN MATRIX A. (SEE REMARK NO.3).
- EPS - INPUT PARAMETER WHICH SPECIFIES A RELATIVE
TOLERANCE FOR DETERMINATION OF RANK OF MATRIX A.
- IER - A RESULTING ERROR PARAMETER.
- AUX - AUXILIARY STORAGE ARRAY OF DIMENSION MAX(2*N,L).
ON RETURN FIRST L LOCATIONS OF AUX CONTAIN THE
RESULTING LEAST SQUARES.

C

REMARKS

C

- (1) NO ACTION BESIDES ERROR MESSAGE IER=-2 IN CASE
M LESS THAN N.
- (2) NO ACTION BESIDES ERROR MESSAGE IER=-1 IN CASE
OF A ZERO-MATRIX A.
- (3) IF RANK K OF MATRIX A IS FOUND TO BE LESS THAN N BUT
GREATER THAN 0, THE PROCEDURE RETURNS WITH ERROR CODE
IER=-K INTO CALLING PROGRAM. THE LAST N-K ELEMENTS OF
VECTOR IPIV DENOTE THE USELESS COLUMNS IN MATRIX A.
THE REMAINING USEFUL COLUMNS FORM A BASE OF MATRIX A.
- (4) IF THE PROCEDURE WAS SUCCESSFUL, ERROR PARAMETER IER
IS SET TO 0.

C

SUBROUTINES AND FUNCTION SUBPROGRAMS REQUIRED

NONE

.......1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

C METHOD
C HOUSEHOLDER TRANSFORMATIONS ARE USED TO TRANSFORM MATRIX A
C TO UPPER TRIANGULAR FORM. AFTER HAVING APPLIED THE SAME
C TRANSFORMATION TO THE RIGHT HAND SIDE MATRIX B, AN
C APPROXIMATE SOLUTION OF THE PROBLEM IS COMPUTED BY
C BACK SUBSTITUTION. FOR REFERENCE, SEE
C G. GOLUB, NUMERICAL METHODS FOR SOLVING LINEAR LEAST
C SQUARES PROBLEMS, NUMERISCHE MATHEMATIK, VOL.7,
C ISS.3 (1965), PP.206-216.

C

L C SUBROUTINE LLSQ(A,B,M,N,L,X,IPIV,EPS,TER,AUX)

Z C DIMENSION A(1),B(1),X(1),IPIV(1),AUX(1)

S C ERROR TEST

I IF(H=N)30,1,1

C GENERATION OF INITIAL VECTOR S(K) (K=1,2,...,N) IN STORAGE
C LOCATIONS AUX(K) (K=1,2,...,N)

I PIV=0.
IEND=0
DO 4 K=1,N
IPIV(K)=K
H=0.
IST=IEND+1
IEND=IEND+M
DO 2 I=IST,IEND
2 H=H+A(I)*A(I)
AUX(K)=H
IF(H-PIV)4,4,3
3 PIV=H
KPIV=K
4 CONTINUE

C ERROR TEST

I IF(PIV)31,31,5

C DEFINE TOLERANCE FOR CHECKING RANK OF A

S SIG=SQRT(PIV)
TOL=SIG*ABS(EPS)

C DECOMPOSITION LOOP

I LM=L*M
IST=-M
DO 21 K=1,N
IST=IST+M+1
IEND=IST+M-K
I=KPIV-K
IF(I)8,8,6

C INTERCHANGE K-TH COLUMN OF A WITH KPIV-TH IN CASE KPIV.GT.K
6 H=AUX(K)
AUX(K)=AUX(KPIV)

(MAY 1983)

VS FORTRAN

DATE: FEB 06, 1984

TIME: 14:56:59

.......1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*....

```
1      AUX(KPTV)=H
2      ID=I*2
3      DO 7 I=IST,IEEND
4          J=I+ID
5          H=A(I)
6          A(I)=A(J)
7          A(J)=H
```

C COMPUTATION OF PARAMETER SIG

```
8      IF(K=1)11,11,9
9      SIG=0.
10     DO 10 I=IST,IEEND
11     SIG=SIG+A(I)*A(I)
12     SIG=SQRT(SIG)
```

C TEST ON SINGULARITY
IF(SIG=TOL)32,32,11

C GENERATE CORRECT SIGN OF PARAMETER SIG
11 H=A(IST)
12 IF(H)12,13,13
13 SIG=-SIG

C SAVE INTERCHANGE INFORMATION
13 IPIV(KPTV)=IPIV(K)
14 IPIV(K)=KPIV

C GENERATION OF VECTOR UK IN K-TH COLUMN OF MATRIX A AND OF
C PARAMETER BETA
14 BETA=H+SIG
15 A(IST)=BETA
16 BETA=1./(SIG*BETA)
17 J=N+K
18 AUX(J)=-SIG
19 IF(K=N)14,19,19

C TRANSFORMATION OF MATRIX A
20 PIV=0.

```
21 ID=0
22 JST=K+1
23 KPIV=JST
24 DO 18 J=IST,N
25     ID=ID+H
26     H=0.
27     DO 15 I=IST,IEEND
28         II=I+ID
29         H=H+A(I)*A(II)
30         H=BETA*H
31     DO 16 I=IST,IEEND
32         II=I+ID
33         16 A(II)=A(II)-A(I)*H
```

C UPDATING OF ELEMENT S(J) STORED IN LOCATION AUX(J)
34 I=IST+ID
35 H=AUX(J)-A(II)*A(II)
36 AUX(J)=H

.......1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*....

```
1      IF(H=PTV)18,18,17
2      17 PIV=H
3      KPIV=I
4      18 CONTINUE
C
C      TRANSFORMATION OF RIGHT HAND SIDE MATRIX B
5      19 DO 21 J=K,L",M
6      H=0.
7      IEND=J+M-K
8      IT=IST
9      DO 20 I=J,IEND
10     H=H+A(IT)*B(I)
11     20 II=IT+1
12     H=H*A*H
13     II=IST
14     DO 21 I=J,IEND
15     H(I)=B(I)-A(II)*H
16     21 II=II+1
C      END OF DECOMPOSITION LOOP
C
C      BACK SUBSTITUTION AND BACK INTERCHANGE
7      IER=0
8      I=N
9      LN=L+N
10     PIV=1./AUX(2*N)
11     DO 22 K=N,LN,N
12     X(K)=PIV*B(I)
13     22 I=I+M
14     IF(N=1)26,26,23
15     23 JST=(N-1)*M+N
16     DO 25 J=2,N
17     JST=JST-M-1
18     K=N+M+1-J
19     PIV=1./AUX(K)
20     KST=K-N
21     ID=IPIV(KST)-KST
22     IST=2-J
23     DO 25 K=1,L
24     H=B(KST)
25     IST=IST+N
26     IEND=IST+J-2
27     II=JST
28     DO 24 I=IST,IEND
29     II=II+M
30     24 H=H-A(IT)*X(I)
31     I=IST-1
32     II=I+ID
33     X(I)=X(II)
34     X(II)=PTV*H
35     25 KST=KST+M
C
C      COMPUTATION OF LEAST SQUARES
4      26 IST=N+1
5      IEND=0
```

(MAY 1983)

VS FORTRAN

DATE: FEB 06, 1984

TIME: 14:56:59

.........1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.*.....

```
1      DO 29 J=1,L
2      IEND=IEND+M
3      H=0.
4      IF(M=0)29,29,27
5      27 DO 28 I=IST,IEND
6      28 H=H+B(I)*B(I)
7      IST=IST+M
8      29 AUX(J)=H
9      RETURN
C
C      ERROR RETURN IN CASE M LESS THAN N
10     30 IER=-2
11     RETURN
C
C      ERROR RETURN IN CASE OF ZERO-MATRIX A
12     31 IER=-1
13     RETURN
C
C      ERROR RETURN IN CASE OF RANK OF MATRIX A LESS THAN N
14     32 IER=K-1
15     RETURN
16     END
```

* SOURCE STATEMENTS = 133, PROGRAM SIZE = 2786 BYTES, PROGRAM NAME = ILSQ PAGE

* NO DIAGNOSTICS GENERATED.

*F COMPILE ? *****

2190 POINTS

-0.36324E+01 -0.39304E+01 -0.43532E+01 -0.21948E+00 0.50657E+00 0.52217E+00
 -0.84892E-02 -0.71025E-02 -0.42519E-03 -0.12360E-03 -0.49605E-04 0.19363E-04
 0.17877E-04

ANOMALIES REGIONALES DEGRE 8

2 DEGRES 40 MINUTES

-4 -8 -12 -16 -20 -24 -28 -32 -35 -39 -42 -45 -49 -52 -55 -58 -60 -63 -66 -68
 -70 -72 -74 -76 -78 -79 -81 -82 -83 -84 -84 -85 -85 -84 -83 -83 -81 -80 -78
 -76 -73 -70 -67 -63 -59 -55 -50 -45 -39 -33 -26 -18 -10 -2 6 14 26 37 40
 2 DEGRES 50 MINUTES

-8 -12 -15 -19 -22 -26 -29 -33 -36 -39 -42 -45 -48 -51 -53 -56 -59 -61 -63 -65
 -68 -70 -71 -73 -75 -76 -77 -79 -80 -81 -81 -81 -81 -81 -80 -80 -79 -77 -76
 -74 -72 -69 -66 -63 -59 -55 -50 -46 -40 -34 -28 -21 -14 -6 1 10 20 30 41
 3 DEGRES 0 MINUTES

-12 -16 -19 -22 -25 -28 -31 -34 -37 -40 -42 -45 -48 -50 -53 -55 -57 -59 -62 -64
 -65 -67 -69 -71 -72 -73 -75 -76 -77 -78 -78 -79 -79 -78 -78 -77 -76 -75 -74
 -72 -70 -68 -65 -62 -59 -55 -51 -47 -42 -37 -31 -24 -18 -10 -3 5 14 23 34
 3 DEGRES 10 MINUTES

-17 -20 -23 -26 -29 -31 -33 -36 -38 -41 -43 -46 -48 -50 -52 -54 -56 -58 -60 -62
 -64 -65 -67 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -76 -76 -76 -76 -75 -74 -73 -72
 -71 -69 -67 -65 -62 -59 -56 -52 -48 -44 -39 -34 -28 -22 -15 -8 0 7 16 24
 3 DEGRES 20 MINUTES

-22 -25 -27 -29 -32 -34 -36 -38 -40 -42 -45 -47 -49 -50 -52 -54 -56 -58 -60 -61
 -63 -64 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -74 -75 -75 -74 -73 -72 -71 -70
 -70 -69 -67 -65 -63 -60 -57 -54 -50 -46 -42 -37 -31 -26 -19 -13 -6 1 9 18
 3 DEGRES 30 MINUTES

-27 -29 -31 -33 -35 -37 -39 -41 -43 -44 -46 -48 -49 -51 -53 -54 -56 -57 -59 -60
 -62 -63 -64 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -73 -73 -73 -73 -72 -71 -70
 -70 -69 -67 -65 -63 -61 -58 -55 -52 -48 -44 -40 -35 -30 -24 -18 -11 -4 2 11
 3 DEGRES 40 MINUTES

-33 -34 -36 -37 -39 -40 -42 -43 -45 -46 -48 -49 -51 -52 -54 -55 -56 -58 -60 -61
 -61 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -70 -71 -71 -72 -72 -72 -72 -71 -71 -70
 -70 -69 -67 -66 -64 -62 -60 -57 -54 -51 -47 -43 -39 -34 -29 -23 -17 -11 -4 3
 3 DEGRES 50 MINUTES

-38 -39 -40 -42 -43 -44 -45 -46 -48 -49 -50 -51 -52 -53 -54 -55 -56 -57 -58 -59 -60
 -61 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -69 -70 -70 -71 -71 -72 -71 -71 -71 -70
 -70 -69 -68 -66 -65 -63 -61 -59 -56 -53 -50 -46 -42 -38 -33 -28 -23 -17 -10 -3
 4 DEGRES 0 MINUTES

-43 -44 -45 -46 -47 -48 -49 -50 -51 -52 -53 -54 -55 -56 -57 -58 -59 -60 -61
 -61 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -69 -70 -70 -71 -71 -71 -71 -71 -71 -70
 -70 -69 -68 -67 -66 -64 -62 -60 -58 -56 -53 -50 -46 -42 -38 -33 -28 -23 -17 -10
 4 DEGRES 10 MINUTES

-49 -49 -50 -50 -51 -51 -52 -52 -53 -54 -54 -55 -56 -56 -57 -58 -58 -59 -60 -61
 -62 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -71 -71 -71 -71 -71 -71
 -70 -70 -69 -68 -67 -66 -64 -62 -60 -58 -56 -53 -50 -46 -42 -38 -33 -28 -23 -17 -10
 4 DEGRES 20 MINUTES

-76 -79 -73 -70 -69 -67 -66 -64 -63 -61 -59 -56 -53 -50 -47 -43 -39 -34 -29 -24
 4 DEGRES 30 MINUTES

-59 -59 -59 -59 -58 -58 -58 -58 -59 -59 -59 -59 -59 -59 -60 -60 -60 -60 -61 -61 -61 -62
 -62 -63 -63 -63 -64 -65 -65 -66 -66 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -71 -71 -71 -71
 -71 -71 -70 -70 -69 -68 -67 -66 -65 -63 -61 -59 -57 -54 -51 -48 -44 -40 -35 -30
 4 DEGRES 40 MINUTES

-64 -63 -63 -62 -62 -62 -62 -61 -61 -61 -61 -61 -61 -61 -61 -62 -62 -62 -62 -62 -62
 -63 -63 -64 -64 -65 -65 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -71 -71 -71 -71
 -71 -71 -71 -71 -70 -70 -69 -68 -67 -65 -64 -62 -60 -57 -55 -52 -49 -45 -41 -37
 4 DEGRES 50 MINUTES

-68 -67 -67 -66 -66 -65 -65 -64 -64 -64 -63 -63 -63 -63 -63 -63 -63 -63 -63 -63 -63
 -64 -64 -64 -64 -65 -65 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -71 -71 -71 -72
 -72 -72 -72 -72 -71 -71 -70 -70 -69 -68 -66 -65 -63 -61 -59 -56 -53 -50 -46 -42
 5 DEGRES 0 MINUTES

-72 -71 -71 -70 -69 -68 -68 -67 -67 -66 -66 -65 -65 -64 -64 -64 -64 -64 -64 -64 -64 -64
 -64 -64 -65 -65 -65 -66 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -71 -71 -72 -72
 -72 -72 -73 -73 -72 -72 -72 -71 -70 -70 -69 -67 -66 -64 -62 -60 -57 -54 -51 -48
 5 DEGRES 10 MINUTES

-76 -75 -74 -73 -72 -71 -70 -70 -69 -68 -68 -67 -66 -66 -66 -65 -65 -65 -65 -65 -65
 -65 -65 -65 -65 -66 -66 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -71 -71 -72 -72
 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -72 -71 -71 -70 -68 -67 -65 -63 -61 -59 -56 -53
 5 DEGRES 20 MINUTES

-80 -79 -77 -76 -75 -74 -73 -72 -71 -70 -69 -69 -69 -68 -68 -67 -67 -66 -66 -66 -65
 -65 -65 -65 -65 -66 -66 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -71 -71 -72 -72
 -73 -73 -74 -74 -74 -74 -74 -73 -73 -72 -71 -70 -68 -67 -65 -62 -60 -57
 5 DEGRES 30 MINUTES

-83 -82 -80 -79 -78 -76 -75 -74 -73 -72 -71 -70 -69 -69 -69 -68 -68 -67 -67 -66 -66 -66
 -66 -66 -65 -66 -66 -66 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -71 -71 -72 -73
 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -72 -71 -71 -70 -68 -67 -65 -63 -61 -59 -56 -53
 5 DEGRES 40 MINUTES

-86 -84 -83 -81 -80 -79 -77 -76 -75 -74 -72 -71 -70 -70 -69 -68 -68 -68 -67 -67 -66
 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -71 -71 -72 -73
 -73 -74 -74 -75 -75 -75 -75 -75 -74 -74 -73 -72 -71 -69 -68 -66 -64 -61
 5 DEGRES 50 MINUTES

-88 -87 -85 -83 -82 -80 -79 -77 -76 -75 -74 -73 -71 -71 -70 -69 -68 -68 -67 -67 -66
 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -71 -71 -72 -72
 -73 -74 -74 -75 -75 -76 -76 -76 -76 -75 -75 -74 -73 -72 -71 -69 -68 -66 -64 -61
 6 DEGRES 0 MINUTES

-90 -89 -87 -85 -83 -82 -80 -79 -77 -76 -75 -73 -72 -71 -70 -69 -69 -68 -67 -67 -66
 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -71 -71 -72 -72
 -73 -74 -74 -75 -75 -76 -76 -76 -76 -75 -75 -74 -73 -72 -71 -69 -68 -66 -64 -61
 6 DEGRES 10 MINUTES

-92 -90 -88 -86 -85 -83 -81 -80 -78 -77 -75 -74 -73 -72 -71 -70 -69 -68 -67 -67 -66
 -66 -66 -66 -65 -65 -65 -65 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -71 -71 -72
 -73 -73 -74 -75 -75 -76 -76 -77 -77 -78 -78 -78 -79 -78 -77 -76 -76 -74 -73 -72 -71 -70
 6 DEGRES 20 MINUTES

-93 -91 -90 -87 -85 -84 -82 -80 -79 -77 -76 -74 -73 -72 -71 -70 -69 -68 -67 -67 -66
 -66 -66 -65 -65 -65 -65 -65 -65 -66 -66 -67 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -71 -71
 -72 -73 -74 -75 -75 -76 -76 -77 -77 -78 -78 -79 -79 -79 -78 -77 -77 -76 -75 -74 -73 -72
 6 DEGRES 30 MINUTES

-94 -92 -90 -88 -86 -84 -82 -81 -79 -77 -76 -74 -73 -72 -71 -70 -69 -68 -67 -67 -66

-76 -72 -73 -74 -73 -70 -71 -70 -71 -72 -73 -70 -71 -72 -73 -70 -71 -72 -73
 6 DEGRES 40 MINUTES
 -94 -92 -90 -88 -86 -84 -82 -81 -79 -77 -76 -74 -73 -72 -70 -69 -68 -67 -67 -66
 -65 -65 -64 -64 -64 -64 -64 -64 -64 -65 -65 -66 -66 -67 -68 -68 -69 -70
 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -79 -80 -80 -81 -81 -81 -81 -81 -80 -80
 6 DEGRES 50 MINUTES
 -93 -91 -89 -87 -86 -84 -82 -80 -79 -77 -75 -74 -72 -71 -70 -69 -68 -67 -66 -65
 -65 -64 -64 -63 -63 -63 -63 -63 -63 -64 -64 -65 -66 -67 -68 -68 -69 -70
 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80 -80 -81 -81 -81 -82 -81 -81 -81
 7 DEGRES 0 MINUTES
 -92 -90 -89 -87 -85 -83 -81 -79 -78 -76 -75 -73 -72 -70 -69 -68 -67 -66 -65 -64
 -64 -63 -63 -62 -62 -62 -62 -62 -62 -63 -63 -64 -64 -65 -66 -67 -68 -68
 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80 -81 -81 -82 -82 -82 -81
 7 DEGRES 10 MINUTES
 -91 -89 -87 -85 -84 -82 -80 -78 -77 -75 -74 -72 -71 -70 -68 -67 -66 -65 -64 -63
 -63 -62 -62 -61 -61 -61 -61 -61 -61 -62 -62 -63 -63 -64 -64 -65 -66 -66 -67
 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80 -80 -81 -81 -82 -82 -82
 7 DEGRES 20 MINUTES
 -89 -87 -86 -84 -82 -80 -79 -77 -75 -74 -72 -71 -70 -68 -67 -66 -65 -64 -63 -62
 -62 -61 -61 -60 -60 -60 -60 -60 -60 -61 -61 -62 -62 -63 -63 -64 -64 -65 -65 -64
 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80 -80 -81 -81 -82 -82 -82
 7 DEGRES 30 MINUTES
 -87 -85 -83 -82 -80 -79 -77 -75 -74 -72 -71 -70 -68 -67 -66 -65 -64 -63 -62 -61
 -61 -60 -60 -59 -59 -59 -59 -59 -59 -60 -60 -61 -61 -62 -62 -63 -63 -64 -65 -65
 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80 -80 -81 -81 -82 -82
 7 DEGRES 40 MINUTES
 -84 -82 -81 -79 -78 -76 -75 -73 -72 -70 -69 -68 -67 -65 -64 -63 -62 -61 -61 -60
 -59 -59 -58 -58 -57 -57 -57 -58 -58 -58 -58 -59 -59 -60 -61 -61 -62 -62 -63 -64
 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80 -80 -81 -81 -81
 7 DEGRES 50 MINUTES
 -81 -79 -78 -76 -75 -74 -72 -71 -70 -68 -67 -66 -65 -64 -63 -62 -61 -60 -59 -58
 -58 -57 -57 -57 -56 -56 -56 -56 -57 -57 -57 -58 -58 -59 -59 -60 -61 -61 -62 -63
 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80 -80 -80 -80
 8 DEGRES 0 MINUTES
 -77 -76 -74 -73 -72 -71 -70 -68 -67 -66 -65 -64 -63 -62 -61 -60 -59 -58 -58 -57
 -56 -56 -56 -55 -55 -55 -55 -55 -55 -56 -56 -57 -57 -58 -58 -59 -60 -61 -61 -62
 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -79 -79 -79
 8 DEGRES 10 MINUTES
 -73 -72 -71 -70 -69 -68 -67 -66 -65 -63 -62 -62 -61 -60 -59 -58 -57 -57 -56 -55
 -55 -55 -54 -54 -54 -54 -54 -54 -54 -55 -55 -55 -56 -57 -57 -58 -59 -60 -61
 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -78 -78 -78
 8 DEGRES 20 MINUTES
 -68 -67 -66 -65 -64 -63 -62 -62 -61 -60 -59 -58 -58 -57 -56 -55 -55 -54 -54
 -53 -53 -53 -53 -53 -53 -53 -53 -53 -54 -54 -54 -55 -56 -56 -57 -58 -59 -60
 -60 -61 -62 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -76 -77 -77
 8 DEGRES 30 MINUTES
 -63 -63 -62 -62 -61 -61 -60 -59 -59 -58 -58 -57 -57 -56 -55 -55 -54 -54 -53 -53
 -52 -52 -52 -51 -51 -51 -52 -52 -52 -53 -53 -53 -54 -54 -55 -55 -56 -57 -58 -59
 -60 -61 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -75 -75 -76 -76 -76
 8 DEGRES 40 MINUTES

-58 -58 -57 -57 -57 -57 -56 -56 -55 -55 -54 -54 -53 -53 -53 -52 -52 -51 -51 -51
 -51 -50 -50 -50 -50 -50 -51 -51 -51 -51 -52 -52 -53 -53 -54 -55 -55 -56 -57 -58

0 DEGREES 0 MINUTES

-52 -52 -52 -53 -53 -52 -52 -52 -52 -51 -51 -51 -51 -50 -50 -50 -50 -50 -50 -50 -49
-49 -49 -49 -49 -49 -50 -50 -50 -50 -51 -51 -51 -52 -52 -53 -53 -54 -55 -56 -56 -57
-58 -59 -60 -61 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -70 -71 -72 -72 -73 -73 -73
9 DEGREES 0 MINUTES

-46 -47 -47 -48
-48 -48 -48 -48 -49 -49 -49 -49 -50 -50 -50 -51 -51 -52 -52 -53 -54 -55 -55 -56 -57
-58 -59 -60 -61 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -69 -70 -70 -71 -72 -72 -72 -72 -72
9 DEGREES 10 MINUTES

-40 -41 -42 -43 -43 -44 -44 -45 -45 -45 -45 -46 -46 -46 -46 -46 -46 -46 -46 -46 -47 -47
-47 -47 -47 -48 -48 -48 -49 -49 -50 -50 -50 -51 -51 -52 -52 -53 -54 -55 -55 -56 -57 -57
-58 -59 -60 -61 -62 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -71 -71 -71
9 DEGREES 20 MINUTES

-34 -35 -36 -37 -38 -39 -40 -41 -41 -42 -43 -43 -43 -44 -44 -44 -45 -45 -45 -45 -46 -46
-46 -47 -47 -47 -48 -48 -49 -49 -50 -50 -50 -51 -51 -52 -53 -53 -54 -55 -55 -56 -57 -57
-58 -59 -60 -61 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -70 -70
9 DEGREES 30 MINUTES

-27 -29 -31 -32 -34 -35 -36 -37 -38 -39 -40 -40 -41 -42 -42 -42 -43 -44 -44 -45 -45
-46 -46 -47 -47 -48 -48 -49 -49 -50 -50 -50 -51 -51 -52 -53 -53 -54 -55 -55 -56 -57 -57 -58
-59 -60 -61 -62 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -70 -70
9 DEGREES 40 MINUTES

-20 -23 -25 -27 -29 -30 -32 -33 -35 -36 -37 -38 -39 -40 -41 -42 -43 -43 -43 -44 -45
-45 -46 -47 -47 -48 -49 -50 -50 -51 -51 -52 -52 -53 -53 -54 -55 -55 -56 -57 -58 -58 -59
-60 -61 -62 -63 -63 -64 -65 -66 -66 -67 -68 -68 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -70 -69
9 DEGREES 50 MINUTES

-14 -16 -19 -21 -24 -26 -28 -30 -31 -33 -34 -36 -37 -38 -40 -41 -42 -43 -43 -44 -45
-46 -46 -47 -47 -48 -49 -50 -50 -51 -51 -52 -53 -54 -55 -55 -56 -57 -58 -58 -59 -59 -60 -61
-62 -63 -63 -64 -65 -66 -66 -67 -68 -68 -69 -69 -69 -70 -70 -70 -70 -70 -70 -69
10 DEGREES 0 MINUTES

-7 -10 -13 -16 -19 -22 -24 -26 -28 -30 -32 -34 -36 -37 -39 -40 -41 -43 -44 -45
-46 -47 -48 -49 -50 -51 -52 -53 -54 -55 -56 -57 -58 -58 -59 -60 -61 -62 -63 -64 -65 -66
-67 -68 -69 -69 -70 -70 -71 -72 -72 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -72 -72 -71
10 DEGREES 10 MINUTES

0 -4 -8 -11 -14 -17 -20 -23 -26 -28 -30 -32 -34 -36 -38 -40 -41 -43 -44 -46
-47 -48 -50 -51 -52 -53 -54 -55 -56 -57 -58 -59 -60 -61 -62 -63 -64 -65 -66 -66
-67 -68 -69 -69 -70 -70 -71 -72 -72 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -73 -72 -72 -71
10 DEGREES 20 MINUTES

6 1 -2 -6 -10 -13 -17 -20 -23 -26 -29 -31 -34 -36 -38 -40 -42 -44 -46 -47
-49 -50 -52 -53 -55 -56 -57 -58 -59 -61 -62 -63 -64 -65 -66 -67 -68 -68 -69 -70
-71 -71 -72 -73 -73 -74 -74 -75 -75 -76 -76 -76 -76 -75 -75 -75 -74 -74 -73
10 DEGREES 30 MINUTES

12 7 2 -1 -6 -10 -13 -17 -21 -24 -27 -30 -33 -36 -38 -41 -43 -45 -47 -49
-51 -53 -54 -56 -58 -59 -61 -62 -63 -64 -66 -67 -68 -69 -70 -71 -72 -73 -74 -74 -74
-75 -76 -77 -77 -78 -78 -79 -79 -79 -79 -79 -79 -79 -79 -78 -78 -77 -76 -76 -75
10 DEGREES 40 MINUTES

18 13 7 2 -2 -7 -11 -15 -19 -23 -27 -30 -33 -36 -38 -41 -43 -45 -47 -49 -52
-54 -56 -58 -60 -61 -63 -65 -66 -68 -69 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80
-81 -81 -82 -82 -83 -83 -84 -84 -84 -84 -84 -84 -83 -83 -82 -81 -80 -79 -78
10 DEGREES 50 MINUTES

24 18 12 6 0 -4 -9 -14 -18 -22 -26 -30 -34 -37 -41 -44 -47 -50 -53 -55
-58 -60 -62 -64 -66 -68 -70 -72 -73 -75 -76 -78 -79 -80 -81 -82 -83 -84 -85 -86
-87 -87 -88 -88 -89 -89 -89 -89 -89 -89 -89 -89 -88 -88 -87 -86 -85 -84 -82

ANOMALIES RESIDUELLES

2 DEGRES 40 MINUTES

99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	-12	-10	5	-4	-11	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

2 DEGRES 50 MINUTES

99	99	99	99	99	99	99	99	99	-40	-31	-25	-16	-13	-6	-5	-6	-13	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

3 DEGRES 0 MINUTES

99	99	99	99	99	99	-44	-44	-28	-26	-20	-17	-13	-19	0	-13	-15	99	99	99	
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

3 DEGRES 10 MINUTES

99	99	99	99	99	99	-29	-23	-20	-17	-14	-13	-7	-19	-12	-10	-20	99	99	99	
99	-2	1	5	14	19	25	26	23	27	21	23	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

3 DEGRES 20 MINUTES

99	99	99	99	99	99	-22	-19	-17	-19	-8	-9	0	-6	-3	-3	-1	99	99	99	
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

3 DEGRES 30 MINUTES

99	99	99	99	99	99	-18	-21	-11	-4	2	5	4	-5	-12	-4	-4	99	99	99	
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

3 DEGRES 40 MINUTES

99	99	99	99	99	99	-9	-9	5	5	8	-6	-2	4	-2	0	2	13	25	28	
36	28	20	10	4	11	-7	-11	1	15	23	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

3 DEGRES 50 MINUTES

99	99	99	99	99	99	0	0	0	12	18	9	8	3	6	7	-15	15	0	19	34
51	32	20	10	4	-2	-19	-15	8	1	4	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

4 DEGRES 0 MINUTES

99	99	99	99	14	12	19	16	17	14	14	13	17	15	10	10	7	4	14	51	
43	33	25	15	7	-6	-17	-23	-8	7	11	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99

4 DEGRES 10 MINUTES

99	99	27	29	18	13	20	23	15	18	24	12	14	16	6	4	7	4	9	37	
39	53	40	18	2	-10	-15	-24	-23	-29	-2	-9	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	3	15	22	32	38	22	-8	0	-15	-29	-32	99	99	99	99	99	99	99

4 DEGRES 20 MINUTES

99	25	25	23	21	21	22	18	16	15	15	33	10	14	3	-20	-7	5	18	26	
31	40	31	15	5	-10	-20	-29	-18	-29	-9	-3	1	99	99	99	99	99	99	99	99
-13	-3	-17	-7	7	15	23	36	20	9	-1	-12	-21	-19	-27	99	99	99	99	99	99

4 DEGRES 30 MINUTES

31	23	22	23	25	24	16	12	20	7	7	9	4	1	-2	-15	0	10	14	26
36	41	25	9	0	-15	-28	-28	-12	-9	-7	3	-2	3	-10	-13	-22	-21	-3	-2
12	-6	-12	-21	-10	16	12	39	41	19	14	-7	1	14	-20	99	99	99	99	99

4 DEGRES 40 MINUTES

31 23 18 12 -4 -13 -31 -29 -7 -1 -8 8 -3 3 -9 -13 -20 -27 -7 10
 16 16 -2 -20 -21 -6 12 30 41 45 18 7 6 -8 -12 -26 -29 123 99 99
 4 DEGREES 50 MINUTES

21 14 5 6 8 10 14 1 0 -1 -3 -6 -12 -13 -12 -15 0 3 12 22
 23 21 12 3 -7 -17 -27 -16 -16 -9 -5 -6 1 -4 -2 -19 -23 -19 -18 -4
 4 7 4 -1 -14 -9 2 5 14 17 23 16 11 2 -12 -13 -29 -30 99 99
 5 DEGREES 0 MINUTES

16 10 6 7 2 1 4 -6 -7 -6 -7 -8 -10 -18 -20 -13 -4 2 14 17
 20 19 13 2 -7 -14 -22 -23 -18 -16 -13 -8 -6 -5 -9 -8 -21 -20 -20 -10
 -7 1 -3 4 4 -1 -10 -4 -4 12 18 28 20 12 4 -3 -18 -32 -44 -22
 5 DEGREES 10 MINUTES

9 4 2 -1 -3 -6 -10 -10 -8 -9 -2 -2 -8 -19 -16 -15 -7 2 12 20
 23 12 28 0 -6 -11 -19 -16 -20 -17 -13 -8 -7 -10 -5 -9 -9 -9 -10 -9
 -8 -8 -2 5 8 4 -10 -8 -6 5 13 20 25 14 8 -1 -9 -22 -12 -7
 5 DEGREES 20 MINUTES

7 4 -1 2 -5 -8 -12 -24 -19 -15 -1 9 5 -19 -15 -13 -5 -1 5 18
 17 12 8 3 -6 -9 -12 -13 -14 -18 -13 -30 -14 -10 -1 -5 -8 -6 3 3
 -10 -9 -11 3 6 2 -15 -2 -15 2 6 13 12 1 6 -5 -14 -17 -11 1
 5 DEGREES 30 MINUTES

99 -1 -6 4 -6 -11 -16 -29 -20 -14 -3 15 18 -9 -22 -22 -8 -6 4 14
 9 9 7 7 -4 -6 -9 -15 -10 -5 -10 -19 -15 -14 -5 -14 -18 0 -4 -2
 -12 -17 -13 -1 6 10 4 5 -1 -3 -1 3 2 -4 4 -4 -8 -8 1 8
 5 DEGREES 40 MINUTES

99 13 3 8 -7 -7 -12 -24 -19 -13 -6 -3 15 8 -12 -14 -13 -16 5 5
 12 11 7 0 -2 -5 -8 -7 -8 -9 -10 -3 -6 -13 -17 -23 -13 -19 -22 -21
 -30 -27 -17 -11 2 9 11 -1 1 1 9 2 -10 -13 -9 -8 -5 -10 -3 99
 5 DEGREES 50 MINUTES

99 99 -2 -7 -11 -13 -28 -26 -16 1 -7 -3 5 4 3 -7 -12 -15 -4 4
 6 9 8 4 2 -3 -8 -6 -5 -10 -4 -4 -11 -15 -16 -26 -19 -16 -21 -23
 -22 -18 -7 -9 -1 5 5 6 11 9 19 17 -14 -9 -5 -4 -5 -6 99 99
 6 DEGREES 0 MINUTES

99 99 -16 -20 -22 -27 -23 -12 -15 -7 -17 -15 -3 -2 2 -1 -2 -8 -13 3
 10 17 4 11 2 1 -1 -5 -10 -8 -7 -9 -10 -14 -19 -18 -17 -14 -33 -35
 -25 -16 -30 -14 -5 -7 -9 2 5 2 9 5 4 5 -2 -3 4 99 99 99
 6 DEGREES 10 MINUTES

99 -5 -17 -19 -20 -20 -16 -15 -17 -16 -16 -21 -11 -8 -11 1 6 4 -1 -2
 14 12 12 15 14 14 4 -2 -3 -7 -10 -12 -8 -16 -16 -16 -24 -22 -25 -32
 -22 -23 -23 -19 -7 -11 1 5 15 11 4 8 8 2 7 9 2 99 99 99
 6 DEGREES 20 MINUTES

99 -4 -11 -25 -23 -21 -13 -13 -14 -14 -15 -19 -17 -11 -16 13 9 1 6 6
 5 5 2 9 6 6 5 -3 -4 -6 -4 -10 -21 -22 -21 -21 -23 -27 -34 -19
 -25 -32 -29 -18 -6 0 2 8 9 14 9 15 10 6 6 19 14 99 99 99
 6 DEGREES 30 MINUTES

99 -3 -12 -27 -20 -14 -15 -14 -14 -15 -20 -25 -20 -11 -24 -11 -10 5 3 2
 13 7 5 8 9 8 3 1 -5 -4 -10 -10 -14 -23 -15 -15 -27 -12 -11 -18
 -23 -20 -21 -9 -7 2 6 2 6 5 9 10 9 10 4 5 0 2 99 99 99
 6 DEGREES 40 MINUTES

99 -6 -8 -17 -24 -28 -16 -9 -13 -14 -22 -21 -19 -11 -22 -18 -7 3 7 17
 23 13 5 7 11 4 -6 -1 3 -5 -8 -6 -14 -30 -16 -13 -7 -2 -2 -2 -17
 -14 -12 -12 -8 -3 6 5 10 4 7 6 6 9 10 7 11 3 1 99 99
 6 DEGREES 50 MINUTES

5 -2 5 1 0 10 2 15 17 14 9 14 15 20 7 5 1 4 99 99
 7 DEGRES 0 MINUTES

99 -12 2 2 -5 -12 -24 -29 -20 -9 -15 -24 -23 -18 -16 -15 -8 8 12 6
 18 25 31 16 0 2 -6 11 5 15 9 4 -8 -3 7 7 14 7 4 6
 10 10 17 11 8 15 17 26 21 17 14 14 11 8 0 -3 6 8 99 99
 7 DEGRES 10 MINUTES

99 -16 -3 0 4 7 2 -4 2 -16 -17 -12 -13 -12 -12 -18 -9 -1 -2 12
 19 37 23 19 8 12 11 8 9 10 9 6 8 7 9 14 13 12 15 24
 12 18 19 20 21 26 27 26 20 18 17 11 7 6 0 1 6 5 99 99
 7 DEGRES 20 MINUTES

99 -13 -1 -1 -2 -3 0 0 -1 -3 -7 -2 -10 -13 -19 -11 -3 -3 4 4
 41 46 26 25 19 13 19 21 26 21 25 26 10 18 29 21 14 8 17 8
 12 15 17 21 22 23 28 27 26 20 9 5 1 0 -1 10 1 2 99 99
 7 DEGRES 30 MINUTES

99 3 3 1 -4 -6 -7 -7 -1 7 13 7 -8 -6 -10 -2 6 -3 3 11
 13 24 27 30 23 20 33 37 44 44 35 28 23 23 31 30 21 8 3 4
 6 12 17 20 25 22 23 29 18 7 10 -2 -5 -8 -2 12 5 11 99 99
 7 DEGRES 40 MINUTES

99 12 13 9 6 0 -9 -12 -10 -1 5 9 5 6 4 4 11 5 6 7
 13 12 12 25 18 12 20 35 38 36 26 23 29 21 25 29 17 9 8 -1
 3 0 12 23 17 23 26 31 15 12 4 -3 -11 -11 4 -2 8 6 6 4
 7 DEGRES 50 MINUTES

99 13 14 13 13 17 12 -5 0 3 12 11 12 12 21 16 18 14 10 15
 16 12 19 19 14 13 11 23 31 31 28 33 33 31 32 15 13 7 8 3
 2 3 5 12 12 17 15 19 20 -2 -5 -13 -17 -16 -9 -3 -11 -7 7 99
 8 DEGRES 0 MINUTES

99 14 14 16 16 14 13 17 22 17 16 12 6 15 15 18 18 16 5 7
 6 19 22 20 20 11 11 18 20 20 23 21 29 34 22 5 0 5 14 7
 0 1 2 5 8 9 9 5 -10 -25 -20 -19 -18 -24 -14 -12 -4 -7 -27 99
 8 DEGRES 10 MINUTES

99 22 28 17 15 14 14 11 18 25 21 11 7 4 -6 -11 5 15 -3 -12
 -8 -6 6 15 24 17 11 11 11 15 21 13 2 38 5 -5 -7 -1 13 1
 1 3 -1 -4 3 3 1 -4 -10 -19 -14 -13 -15 -15 -16 -4 -11 -11 -19 99
 8 DEGRES 20 MINUTES

99 27 27 17 9 13 0 13 16 23 14 9 2 -1 -13 -21 -13 -6 10 -10
 -18 -18 -4 14 14 15 7 4 11 5 6 11 4 -1 -2 -8 -14 -14 2 0
 -8 -3 -10 -10 -3 -2 2 -10 -5 -9 -15 -12 -12 -12 -13 -15 -15 -12 -21 -23
 8 DEGRES 30 MINUTES

99 46 28 19 16 16 14 20 17 25 10 -2 -11 -3 -23 -24 -23 -23 -30 -10
 -8 -19 -25 -20 -3 -3 5 12 4 -4 8 0 4 9 7 1 -4 -13 -5 -5
 -21 -10 -3 1 -6 -6 -5 -9 -5 -6 -13 -9 -12 -12 -12 -16 -8 -8 -5 99
 8 DEGRES 40 MINUTES

99 99 8 11 13 30 21 11 11 21 17 -5 -17 -9 -18 -21 -32 -37 -38 -38
 -32 -17 -4 -4 -16 -32 -27 -22 -25 -10 -1 -6 -9 -3 9 5 -3 -10 -9 -11
 -12 -11 -5 -1 -3 -4 -7 -9 -5 -2 -1 0 1 0 -3 99 99 99 99 99
 8 DEGRES 50 MINUTES

99 9 9 13 18 19 3 4 -10 6 4 -9 -8 -14 -21 -27 -33 -31 -40 -45
 -38 -18 -13 -10 -1 -1 -24 -29 -36 -32 -22 -18 -17 -15 -11 -8 -5 -6 -10 -9
 -12 -12 -10 -7 -4 -4 -4 -5 1 1 2 2 2 1 1 11 99 99 99 99 99
 9 DEGRES 0 MINUTES

11 8 7 7 8 -4 1 -7 -9 -4 -9 -4 -4 -4 -7 -19 -18 -24 -25 -20 -26

9 DEGREES 10 MINUTES

99 99 9 0 -12 2 0 -6 5 -2 -14 -4 -6 -12 -7 0 -7 -10 -6 -10
-11 -10 -8 -9 -14 -5 4 -15 -18 -22 -25 -27 -31 -32 -30 -34 -37 -37 -14 -13
-11 -10 -8 -5 -3 -1 2 4 9 13 5 -7 -8 -1 0 99 99 99 99 99

9 DEGREES 20 MINUTES

99 99 7 -15 -1 19 -8 -9 13 13 0 5 8 15 13 -1 5 5 2 1
2 -3 -7 -12 -14 2 4 13 9 -17 -23 -19 -23 -29 -30 -29 -26 -20 -18 -15
-14 -9 -6 -3 4 7 9 10 9 8 -3 -12 -16 -11 -1 -11 -4 99 99 99

9 DEGREES 30 MINUTES

99 99 5 -10 -10 -4 -5 13 6 7 6 7 6 15 15 14 8 9 15 3
3 5 -2 -7 -10 -5 0 13 21 15 9 12 3 -17 -23 -22 -16 -9 -10 -16
-12 -10 1 4 7 11 14 15 14 1 -6 0 0 -1 -1 99 99 99 99 99

9 DEGREES 40 MINUTES

5 12 4 -7 -2 -5 1 14 7 0 -4 2 9 22 16 17 5 10 23 14
1 6 1 -3 -8 -5 -1 8 15 14 8 20 25 27 3 1 5 6 -3 -7
-12 -14 -13 -7 -9 -8 -8 11 11 11 10 4 5 5 4 15 99 99 99

9 DEGREES 50 MINUTES

-19 -26 -19 -13 -15 -11 -4 14 -2 1 -7 5 13 17 11 0 12 1 21 21
18 5 -4 -17 -8 6 10 7 11 3 5 12 18 23 14 8 14 18 10 0
-3 -9 -15 -16 -22 -20 -24 -27 -22 -12 10 10 12 14 10 99 99 99 99 99

10 DEGREES 0 MINUTES

-45 -37 -25 -19 -30 -20 -11 18 2 1 2 2 3 12 -5 -12 -10 -6 -9 19
99 99 99 99 19 21 16 21 16 19 10 4 7 17 7 5 15 15 15 15 13
4 0 -9 -9 -11 -13 -18 -20 -26 -24 -21 5 31 21 20 99 99 99 99 99

10 DEGREES 10 MINUTES

99
99
99 99

10 DEGREES 20 MINUTES

99
99
99 99 99 26 31 32 36 99 99 22 99 99 20 16 -15 -18 99 99 99 99 99

10 DEGREES 30 MINUTES

99
99
99 99 99 20 34 34 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99

10 DEGREES 40 MINUTES

99
99
99 99

10 DEGREES 50 MINUTES

99
99
99 99

10 DEGREES 0 MINUTES

99
99
99 99

10 DEGREES 10 MINUTES

99
99
99 99

10 DEGREES 20 MINUTES

99
99
99 99

10 DEGREES 30 MINUTES

99 99