

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE TRIDIMENSIONNEL D'OBJETS SOUMIS À DES ROTATIONS MULTIPLES

Pierre VIGNES

I - MATÉRIEL UTILISÉ

Micro-ordinateur APPLE IIe, langage BASIC (APPLESOFT), imprimante EPSON RX80.

II - INTENTIONS

Avec un entraînement moyen à la programmation, chacun peut se familiariser avec la pratique du graphisme tridimensionnel mobile, soit pour répondre à des besoins pédagogiques ou de recherche, soit pour se distraire tout simplement.

Dans le premier cas, l'examen des figures successives apparues sur l'écran permet par exemple d'en sélectionner une seule, celle qui visualise un maximum d'information et mérite d'être conservée pour rendre compte d'un objet ou d'un phénomène (graphique à 3 dims.).

Dans le deuxième cas, en filmant chaque figure achevée à l'aide d'une caméra qui accepte le déclenchement image par image, on réalise une animation curieuse ou amusante.

Les deux exemples choisis se rattachent à la seconde éventualité. Le logiciel PER7 fait tourner le globe terrestre, vu légèrement incliné de manière à privilégier l'hémisphère Nord, mieux meublé par les continents, et par contre allégé de nombreuses îles telles que la Nouvelle Calédonie (qui pourtant ne se laisse pas oublier par l'actualité). On peut sans difficulté compléter et affiner les tracés au prix d'un allongement substantiel du temps d'exécution.

Le logiciel PER8 fait voltiger une table basse de salon comportant 12 pièces parallélépipédiques dont un plateau carrelé.

III.- ENTRÉE ET ÉVOLUTION DES DONNÉES PRINCIPALES

Ces données concernent la position dans l'espace des 182 sommets de 7 polygones (non plans) ou des 96 sommets de 12 polyèdres.

Leur nombre, leur nature, leur unité, varient en cours d'exécution, ainsi que leur forme de stockage (DATA ou tableaux).

Au départ, les données brutes entrent sous forme de DATA. Elles ne sont pas plus nombreuses que strictement nécessaire. Les valeurs (exprimées) et les unités (sous-entendues) sont celles des mesures expérimentales.

A la fin, les données sortent d'un tableau. Il s'agit de deux des 3 cotes tridimensionnelles de chaque point s positions en hauteur et en largeur par rapport au centre de l'écran ; la troisième dimension n'intervient plus dans l'affichage alors qu'elle a été prise en compte à part entière lors des opérations intermédiaires. L'unité est l'interligne, égale à l'intercolonne sur l'écran qui est orthonormé (une correction s'impose sur imprimante où les cotes en largeur sont multipliées par 0.83).

Exemple PER7 :

- lignes 10 à 23 s latitude et longitude en degrés (planisphère)
- ligne 45 : latitude et longitude en radians
- ligne 70 : hauteur, largeur, profondeur nouvelles en unité trigonométrique (entre +L et -L)
- ligne 145 : hauteur, largeur nouvelles en interlignes (valeur ci-dessus multipliée par 90)

Exemple PER8 :

- lignes 20 à 27 s pour un huitième des points seulement (sommet L) hauteur, largeur, profondeur en cm, ainsi que longueur des trois arêtes contiguës en cm
- ligne 80 : pour tous les points, hauteur, largeur, profondeur initiales en interlignes (valeur en cm multipliée par 1.45)
- lignes 282 et 285 s pour tous les points, hauteur, largeur nouvelles en interlignes.

IV.- ROTATIONS COMBINÉES ET CHANGEMENTS DE COTÉS TRIDIMENSIONNELLES

Dans le cas de figure le plus complet, trois rotations virtuellement simultanées se produisent à des vitesses différentes dans 3 plans perpendiculaires entre eux et dont l'intersection coïncide avec le centre de l'écran. Combinées, elles réalisent un mouvement original dont témoignent les animations filmées. En réalité, parce que c'est la démarche la plus commode sinon la seule, les 3 rotations se succèdent discrètement entre deux affichages de figures achevées :

- rotation dans le plan horizontal ("tourbillon"); le vecteur hauteur est inchangé, tandis que les vecteurs largeur et profondeur varient en sens inverse (pour la valeur absolue)
- rotation dans le plan sagittal ("tangage"); le vecteur largeur ne change pas, tandis que les vecteurs hauteur et profondeur varient en sens inverse (id)
- rotation dans le plan frontal ("roulis"); le vecteur profondeur est inchangé, tandis que les vecteurs hauteur et largeur varient en sens inverse (id).

A trois reprises au cours des calculs, un angle est connu au titre d'arc-tangente. Mais, alors que deux valeurs angulaires comprises entre 0 et 2π correspondent à une tangente donnée, l'ordinateur ne retient que celle ayant la plus faible valeur absolue et qui n' est pas forcément la bonne.

Or $E = \text{ATN}(C/D)$ où C et D sont proportionnels à SINE et $\text{COS}(E)$. Par conséquent une correction est possible :

IF D < 0 THEN E = E + 3.1416

La même correction s'intègre implicitement aux calculs, sans test conditionnel, si l'on écrit directement :

$E = \text{ATN}(C/D) + 1.5708 = (\text{L-D}/\text{ABS}(D))$

On trouvera cette expression sous des écritures à peine différentes dans PER7 (ligne 70) et PER8 (ligne 205).

Les principales différences des deux logiciels relatives aux rotations sont les suivantes.

Exemple PER7

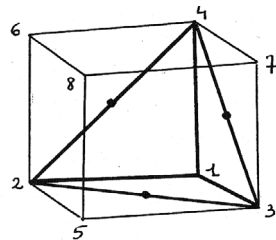
Il y a seulement deux rotations : l'une dans le plan horizontal est progressive (la Terre tourne) ; l'autre dans le plan sagittal est constante (la Terre reste faiblement inclinée vers l'observateur). De ce fait, pour chaque point de la figure, tous les calculs sont condensés (ligne 70) et ils ne nécessitent pas de boucle. Ils comportent cependant 8 expressions trigonométriques dont 2 pour le passage du planisphère au globe et 6 pour la rotation. Et surtout les opérations trigonométriques se renouvellent pour les 182 points de chaque figure, contribuant à ralentir sensiblement l'exécution.

Exemple PER8

Il y a trois rotations, toutes progressives et à des vitesses différentes. Elles s'inscrivent dans une boucle qui totalise 9 opérations trigonométriques par point (lignes 185 à 225). Cette arithmétique élémentaire qui ne nécessite même pas d'élévation à une puissance ou d'extraction de racine autorise une exécution très rapide.

Par contre les transformations sont simplifiées et accélérées du fait que les 12 pièces du meuble sont des parallélépipèdes rectangles, de surcroît parallèles entre eux. Les transformations trigonométriques (sur un cube) sont unitaires (+L ou -1). En fait les calculs (Cette arithmétique élémentaire qui ne nécessite même pas d'élévation à une témoin invisible dont toutes les cotes initiales (hauteur, largeur, profondeur puissance ou d'extraction de racine autorise une exécution très rapide. ne s'imposent que pour 4 sommets du cube, individualisant un tétraèdre témoin (lignes 185 à 225).

On connaît aussitôt les 6 cotes des barycentres de 3 faces du cube témoin (lignes 270, 272). Ensuite le calcul des deux cotes utiles des 8 sommets de chacun des 12 parallélépipèdes consiste en une somme de vecteurs, sans aucune intervention de fonctions trigonométriques (lignes 282 et 285).



Cette arithmétique élémentaire qui ne nécessite même pas d'élévation à une puissance ou d'extraction de racine autorise une exécution très rapide.

V.- GRAPHISME : L'OCCULTATION DES PARTIES CACHÉES

1) L'occultation a priori

Elle consiste dans le non-affichage de segments superflus chaque fois que des tests simples permettent de les identifier.

Exemple PER7

Une première nécessité est d'individualiser les continents et les îles. Les 182 points sont déclarés comme un ensemble simple non subdivisé en sous-ensembles. Ils sont reliés de proche en proche, deux à deux, dans le cadre d'une instruction HPLOT (ligne 145). Mais un test préalable crée le hiatus nécessaire dès l'achèvement de chaque polygone (ligne 140). Il ne s'agit pas d'un test logique, la ligne d'instruction recelant en réalité une mini-banque de données.

Une deuxième nécessité est de masquer la face cachée du globe. C'est ici qu'intervient la cote de profondeur qui pourtant n'est pas utilisée pour le positionnement des points au moment de l'affichage. Si l'une quelconque des deux extrémités d'un segment a une cote de profondeur négative, le segment n'est pas affiché (ligne 135). Il s'agit cette fois d'un test logique. Cette loi du "tout ou rien" pour l'affichage des segments fait disparaître complètement des secteurs côtiers à cheval sur la ligne d'horizon (et qui, d'ailleurs, devraient être courbes et non droits). Mais les déformations dues à la perspective amènent un écrasement général des tracés au voisinage du cercle qui matérialise l'horizon et l'on conviendra, à l'examen des figures, que l'artefact apparaît très peu.

Exemple PER8

Chacun des 12 parallélépipèdes, considéré isolément, a typiquement 9 de ses 12 arêtes visibles, ce nombre tombant à 7 ou à 4 dans des situations très particulières qui ne se présentent jamais parfaitement au cours des rotations. Trois arêtes sont cachées à tout instant. Leur sommet commun est caractérisé par le fait qu'il est virtuellement le plus éloigné derrière l'écran. Lors du calcul des cotes du tétraèdre témoin, celui des 8 sommets du cube témoin qui détient le record de profondeur est reconnu. Son numéro d'ordre est R (lignes 226 à 231). Par la suite, pour chacun des parallélépipèdes, les segments dont l'une des extrémités est le point de rang X sont sautés (ligne 365). C'est encore le numéro d'ordre R du sommet du cube témoin ayant la plus grande profondeur qui

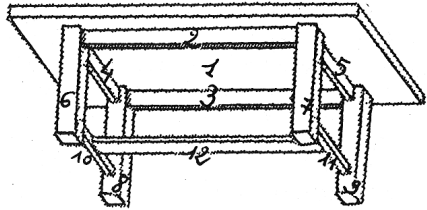
détermine si le carrelage du plateau doit être ou non affiché (ligne 390). En effet si $X = L, 2, 3$ ou 5 , la table est inclinée vers l'observateur.

2) L'occultation a posteriori

Cet aspect plus délicat ne concerne que le logiciel PER8 et il est illustré ici pour la position n°4 (table vue par dessus) et la position n°14 (table vue par dessous).

Tout d'abord l'ordre d'apparition des éléments dépend encore du rang X du sommet du cube témoin ayant la plus forte cote de profondeur. C'est ainsi, pour n'en prendre qu'un seul, que le plateau s'affiche en premier ou en dernier rang. L'ordre d'affichage est préétabli en mémoire (lignes 142 à 160 et ligne 167).

Ensuite l'affichage en clair des arêtes visibles de tout nouvel élément qui apparaît est précédé de l'affichage en noir de trois faces contiguës du parallélépipède, par balayage des surfaces (lignes 310 à 340). Ainsi se trouvent gommées des structures déjà affichées en clair et qui ne doivent pas persister en transparence..



La situation des 3 faces à noircir dépend encore du rang X du sommet du cube témoin le plus éloigné derrière l'écran

Elle est inscrite en mémoire dans les mêmes DATA et le même tableau Q que l'ordre d'affichage des éléments.

N.B. : La méthode décrite consiste à afficher, apparemment pour rien, des structures graphiques qui sont ensuite effacées, en partie ou en totalité. Dans l'exemple d'affichage décomposé de la figure 4, cinq parallélépipèdes sont entièrement recouverts. Mais l'exécution est plus rapide que s'il fallait procéder au seul affichage des détails définitifs, en mettant en œuvre de longs calculs préalables. Avec d'autres moyens d'affichage (écran non graphique, accès direct à l'imprimante, table traçante), c'est pourtant la contrainte qu'il faudrait accepter.

VI.- DÉLAIS D'EXÉCUTION

Le logiciel PER7 exécute une nouvelle figure toutes les 135 secondes. Ce délai est assurément excessif. C'est alors qu'il conviendrait de remplacer le langage évolué par le langage assem1L/4 s'explique par le nombre d'opérations trigonométriques qui s'élève à $8 \times 182 = 1456$! Le logiciel PER8, par contre, ne demande que 27 secondes (cinq fois moins) pour réaliser entièrement une $9 \times 4 = 36$ opérations trigonométriques. En fait l'essentiel du temps d'exécution est pris par l'affichage en noir des silhouettes des éléments, avant que leurs arêtes apparaissent en clair. Mais le délai d'une demi minute environ reste raisonnable, d'autant plus qu'il n'y a pratiquement aucune attente ennuyeuse ; on assiste à la construction de la figure comme sur une notice de montage illustrée de mobilier livré en kit.

VII.- CONCLUSION

Les exemples proposés ne couvrent que des cas limités de graphisme, puisque les solides choisis sont porteurs de lignes réelles qui sont l'objet des transformations. Il est beaucoup moins aisé et rapide de projeter des contours virtuels de surfaces courbes et nues, telle la forme d'une simple poire. Mais, malgré leurs limites, les logiciels décrits démontrent l'opportunité de toujours rechercher des raccourcis logiques qui optimisent les exécutions. A cet égard, l'aspect original du logiciel PER8 réside dans son cube témoin qui, d'une manière économique, n'assume pas moins de cinq fonctions différentes.

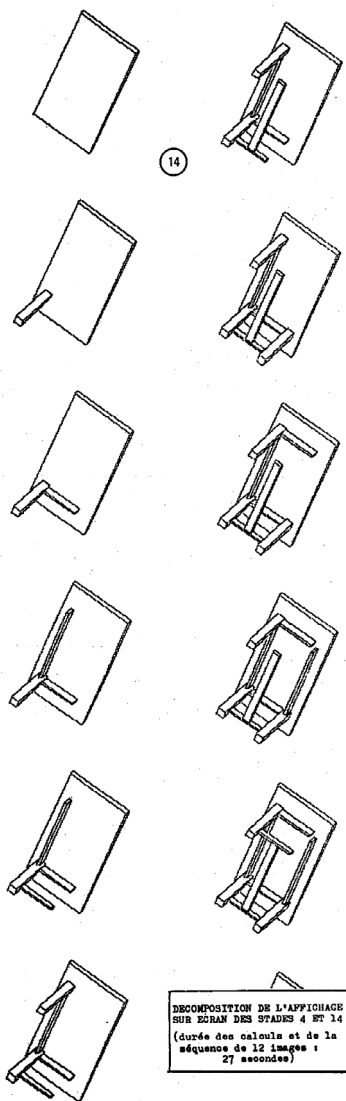
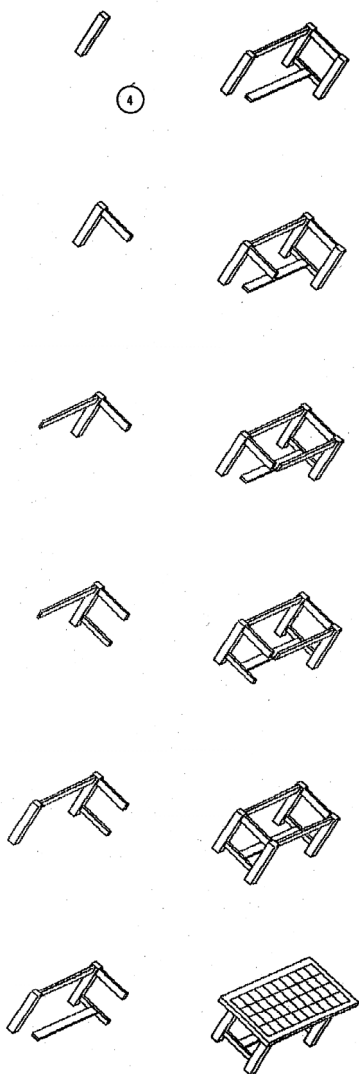
Pierre VIGNES
Lycée Dumont d'Urville - 83000 TOULON

**REPRESENTATION EN PERSPECTIVE
 D'UN OBJET CONSTITUE DE DOUZE
 ELEMENTS PARALLELEPIPEDIQUES
 ET ANIME D'UN MOUVEMENT COM-
 PLEXE (rotations de vitesses
 différentes dans trois plans)**

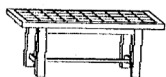
```

1  REM *PERB Pierre VIGNES MA
  RS 85
2  REM *FIGURATION D'UNE TABLE DE
  SALON
3  DIM T(12,8,3): DIM U(4,3): DIM
  Q(8,16): DIM V(8,2): DIM Y(3
  )
4  REM *DONNEES INITIALES
5  REM *COTES INITIALES DES 4
  SOMMETS DU TETRAEDRE TENDIN
6  DATA 1,1,1,-1,1,1,1,-1,1,-1,
  1
7  FOR W = 1 TO 4
8  FOR K = 1 TO 3
9  READ U(W,K)
10 NEXT K
11 NEXT W
15 REM *COTES INITIALES SOMMETS
  I DES 12 PARALLELEPIPEDES
  (PAR REFERENCE AU CENTRE DE
  L'EDRAN)
20 DATA 95,34,34,-36,38,-34,40,-
  34,40,-36,38,36
21 DATA -18,-12,-12,-12,-12,22,2
  2,22,22,15,15,14
22 DATA 25,-16,18,14,14,-14,-14,
  20,20,14,14,3
23 REM *LONGUEURS DES ARETES DES
  12 PARALLELEPIPEDES
25 DATA 110,58,58,2,2,6,6,6,2,
  2,72
26 DATA 4,6,6,6,6,40,40,40,4,4,
  4,2
27 DATA 50,2,2,28,28,6,6,6,6,28,
  28,6
30 FOR K = 1 TO 6
35 FOR Z = 1 TO 12
40 READ Q(K,Z)
45 NEXT Z
50 NEXT K
55 REM *COTES INITIALES DES 8
  SOMMETS DES 12 PARALLELEPIPE
  -DES
60 FOR Z = 1 TO 12
64 FOR K = 1 TO 3
65 FOR W = 1 TO 8: A = 0
67 IF K > 1 THEN 69
68 IF W = 2 OR W = 5 OR W = 6 OR
  W = 8 THEN A = 1
69 IF K < 3 THEN 72
70 IF W = 4 OR W = 6 OR W = 7 OR
  W = 8 THEN A = 1
72 IF K < 3 THEN 80
75 IF W = 3 OR W = 5 OR W = 7 OR
  W = 8 THEN A = 1
80 T(Z,W,K) = (Q(K,Z) - Q(K + 3,Z
  ) * A) * 1.45
85 NEXT W
90 NEXT K
95 NEXT Z
135 REM *ORDRE AFFICHAGE DES 12
  PARALLELEPIPEDES ET POSITION
  DES 3 FACES DE CHACUN D'EUX
  A NOIRCIIR
142 DATA 9,5,3,11,8,12,7,4,2,10,
  6,1,7,6,5,7
145 DATA 8,4,3,10,9,12,6,5,2,11,
  7,1,8,4,3,8
147 DATA 7,5,2,11,6,12,9,4,3,10,
  8,1,8,4,2,8
150 DATA 1,9,5,3,11,8,12,7,4,2,1
  0,6,8,3,2,8
152 DATA 6,4,2,10,7,12,8,5,3,11,
  9,1,7,6,1,6
155 DATA 1,8,4,3,10,9,12,6,5,2,1
  1,7,7,5,1,7
157 DATA 1,7,5,2,11,6,12,9,4,3,1
  0,8,6,5,1,6
160 DATA 1,6,4,2,10,7,12,8,5,3,1
  1,9,4,3,2,4
162 FOR W = 1 TO 8
165 FOR Z = 1 TO 16
167 READ Q(W,Z)
170 NEXT Z
172 NEXT W
175 REM *TRANSFORMATIONS
177 Y(1) = -11:Y(2) = -15:Y(3) =
  -13
180 FOR R = 1 TO 300:MX = - 1
181 REM *TRANSFORMATIONS DU
  TETRAEDRE TENDIN
185 FOR K = 1 TO 3
190 L = INT(4 - K / 2):M = INT
  (2.5 - K / 2)
195 FOR W = 1 TO 4
200 C = U(W,L):D = U(W,M):F = SQR
  (C ^ 2 + D ^ 2)
205 E = ATN(C / D) + 1.5708 * (
  1 - D / ABS(D)) + Y(K)
210 U(W,M) = F * COS(E):U(W,L) =
  F * SIN(E)
220 NEXT W
225 NEXT K
226 FOR W = 1 TO 4
227 IF ABS(U(W,3)) < MX THEN 2
  31
228 MX = ABS(U(W,3)):X = W
229 IF U(W,3) < 0 THEN X = 9 - X
231 NEXT W
231 NEXT W
270 AA = U(4,1) / 2 + U(3,1) / 2:
  BB = U(3,1) / 2 + U(2,1) / 2
  :CC = U(2,1) / 2 + U(4,1) /
  2
272 DD = U(4,2) / 2 + U(3,2) / 2:
  EE = U(3,2) / 2 + U(2,2) / 2
  :FF = U(2,2) / 2 + U(4,2) /
  2
273 REM *TRANSFORMATIONS DES 12
  PARALLELEPIPEDES
274 HGR2
275 FOR Z = 1 TO 12:O = Q(X,Z)
280 FOR W = 1 TO 8
282 V(W,1) = AA * T(O,W,1) + BB *
  T(O,W,2) + CC * T(O,W,3) + 9
  6
285 V(W,2) = DD * T(O,W,1) + EE *
  T(O,W,2) + FF * T(O,W,3) + 9
  6
295 NEXT W
297 REM *GRAPHISME
300 REM *AFFICHAGE EN NOIR
307 IF Z = 1 THEN 350
310 HCOLOR = 4
311 B = 9 - X
312 FOR K = 1 TO 3:A = Q(X,12 +
  K):C = Q(X,13 + K)
317 B = V(C,1) - V(B,2):H = V(C,2
  ) - V(B,2)
318 N = ABS(B):M = ABS(H):IF
  N < M THEN N = M
319 IF N < 1 THEN N = 1
320 B = B / NH: H = H / N
332 FOR W = 0 TO N
333 HPLOT V(B,1) + B * W,V(B,2) +
  H * W TO V(A,1) + B * W,V(A,
  2) + H * W
335 NEXT W
340 NEXT K
345 REM *AFFICHAGE EN CLAIR DES
  ARETES
350 HCOLOR = 3:H# = "123546781325
  476814263758"
355 FOR W = 1 TO 12
360 A = VAL(MID$(H#,W * 2 - 1
  ,1)):B = VAL(MID$(H#,W *
  2,1))
365 IF A = X OR B = X THEN 375
370 HPLOT V(A,1),V(A,2) TO V(B,1
  ),V(B,2)
375 NEXT W
380 REM *AFFICHAGE DU CARRELAG
  E
390 IF X = 4 OR X > 5 OR 0 > 1 THEN
  450
395 E = (V(7,1) - V(8,1)) / 11:F =
  (V(7,2) - V(8,2)) / 11
400 G = (V(6,1) - V(8,1)) / 5:H =
  (V(6,2) - V(8,2)) / 5
405 A1 = V(6,1) + E / 2 - G / 2:A
  2 = V(6,2) + F / 2 - H / 2
410 B1 = V(8,1) + E / 2 + G / 2:B
  2 = V(8,2) + F / 2 + H / 2
415 C1 = V(7,1) - E / 2 + G / 2:C
  2 = V(7,2) - F / 2 + H / 2
420 FOR W = 0 TO 10
425 HPLOT B1 + E * W,B2 + F * W TO
  A1 + E * W,A2 + F * W
430 NEXT W
435 FOR W = 0 TO 4
440 HPLOT B1 + G * W,B2 + H * W TO
  C1 + G * W,C2 + H * W
445 NEXT W
450 NEXT Z
475 NEXT R

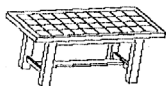
```

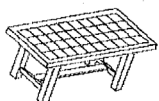
DECOMPOSITION DE L'AFFICHAGE
SUR ECRAN DES STADES 4 ET 14
(durée des calculs et de la
séquence de 12 images :
27 secondes)



1



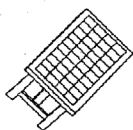
2



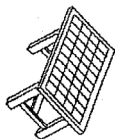
3



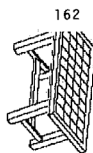
4



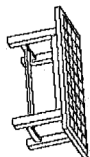
5



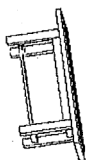
6



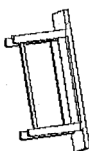
7



8



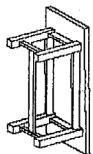
9



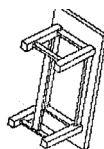
10



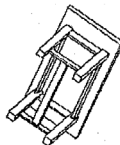
11



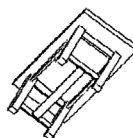
12



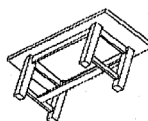
13



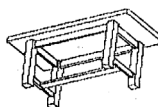
14



15

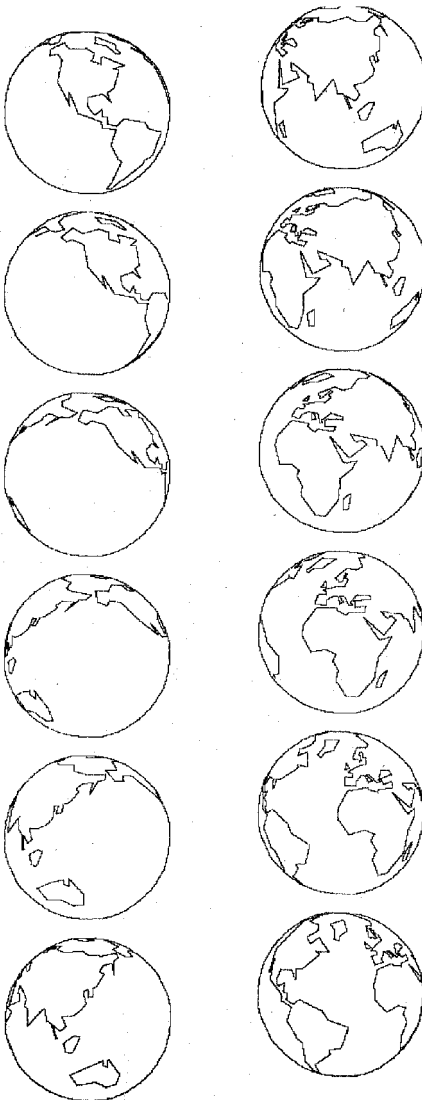


16



17

ENSEMBLE DES IMAGES ACHEVES
 APPAREES SUR ECRAN EN 7,5 cm
 (le rendu est distinct un peu
 et l'imprimante les copie)



```

1  REN **PER**
2  DIM U(2,182) : DIM T(3,182)
10 DATA 52,53,58,52,46,46,49,50,
    59,58,60,62,66,67,58,58,60,6
    0,62,71,68,70,70,73,70
11 DATA 68,43,62,31,1,60,55,83,
    43,42,36,35,41,40,31,26,22,2
    1,11,10,14,9,4,15,16
12 DATA 25,17,11,22,26,32,26,2
    7,23,15,30,12,13,7,0,-17,-33
    -33,-17,-9,-1,4,7,4
13 DATA 15,23,36,37,35,32,34,33,
    37,27,42,42,45,47,41,39,39,4
    6,40,41,40,46,46,42,39
14 DATA 39,40,21,7,-5,7,42,-14,
    -11,-26,-26,16,-35,-23,-14,
    -11,-15,-17,-10,-24,-36,-38,
    -31,-35
15 DATA 70,64,64,77,71,62,61,66,
    70,-55,-53,-40,-19,-16,-5,7,
    8,15,19,23,23,27,27,51,37
16 DATA 61,72,68,72,66,59,55,62,
    51,50,48,39,33,26,32,30,23,1
    8,22,16,15,11,9,13,7,1,-5,-2
    2,-34,-28,-42,-38
17 DATA 172,178,174,172,172,180,
    180,178,188,200,206,202,206,
    202,194,192,192,188,186,206,
    222,242,288,306,330
18 DATA 10,360,348,336,342,324,3
    20,328,316,310,316,300,306,3
    02,304,300,294,286,290,286,2
    80,284,282,278,274
19 DATA 270,264,258,254,250,256,
    230,234,238,242,228,214,224,
    234,230,222,220,210,200,192,
    194,190,192,186,178
20 DATA 166,166,174,192,192,200,
    202,216,218,208,208,224,224,
    212,204,208,202,198,194,198,
    194,192,188,182,182
21 DATA 172,172,288,296,300,294,
    296,288,254,230,228,224,224,
    274,292,308,316,314,300,300,
    330,330,322,312,296
22 DATA 134,138,158,106,128,130,
    138,140,136,114,106,104,116,
    104,100,104,94,92,76,66,70,5
    6,50,36,28
23 DATA 16,20,96,80,96,68,100,10
    6,128,112,118,106,100,102,96
    ,84,64,68,94,94,98,98,104,11
    0,128,132,146,140,132,132,11
    6,114
35 FOR W = 1 TO 2: FOR Z = 1 TO
    182
45 READ U(W,Z):U(W,Z) = U(W,Z) +
    0.0174532
50 NEXT Z: NEXT W
60 FOR P = 1 TO 300: FOR Z = 1 TO
    182
70 A = SIN (U(1,Z)):B = COS (U(
    1,Z)) * SIN (U(2,Z)) + .12 *
    R):E = ATN (A / B) - .35 +
    1.5708 * (1 - B / ABS (B)):
    T(1,Z) = SIN (E) * SCR (A *
    2 + B ^ 2):T(2,Z) = COS (U(
    1,Z)) * COS (U(2,Z)) + .12 *
    R):T(3,Z) = COS (E) * SCR
    (A ^ 2 + B ^ 2)
100 NEXT Z
105 HRS = HCOLDR = 3
115 FOR W = 1 TO 64
120 HPLDT 120 + 90 * SIN (W * 0
    .0982),96 + 90 * COS (W * 0
    .0982) TO 120 + 90 * SIN (U
    (W + 1) * 0.0982),96 + 90 * COS
    (U(W + 1) * 0.0982)
125 NEXT W
130 FOR Z = 1 TO 181
135 IF T(3,Z) < 0 OR T(3,Z + 1) <
    0 THEN 150
140 IF Z = 4 OR Z = 102 OR Z = 1
    68 OR Z = 113 OR Z = 125 OR
    Z = 134 THEN 150
145 HPLDT 120 - 90 * T(2,Z),96 -
    90 * T(1,Z) TO 120 - 90 * T(
    2,Z + 1),96 - 90 * T(1,Z + 1)
150 NEXT Z: NEXT R

```

ROTATION DU GLOBE TERRESTRE
 (une image sur quatre a été
 reproduite sur l'aplanche)