

A LA COMPOSITION MUSICALE AUTOMATIQUE

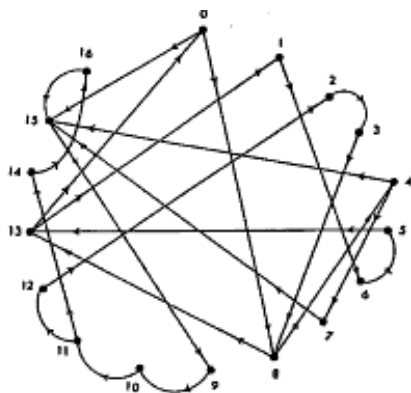
PAR

P. BARBAUD

PRÉFACE DE

A. KAUFMANN

Professeur à l'Institut supérieur d'Électronique de Paris



DUNOD

PARIS

1966

PRÉFACE

L'économie industrielle, la planification, la gestion et bien d'autres disciplines ont bénéficié depuis une quinzaine d'années d'une science de l'action qui met en jeu des politiques ou des stratégies définies dans des modèles combinatoires aux multiples données. On a ainsi appliqué à des domaines, apparemment étrangers l'un à l'autre, des méthodes communes.

L'art, et, en premier lieu, la musique, ne devait pas échapper à ce courant de la pensée contemporaine, et composer, désormais, c'est un peu gérer des stocks de notes, pour le meilleur et pour le pire...

Considérée au moyen âge plus comme une science que comme un art, la musique était, on le sait, enseignée à cette époque au degré le plus élevé des études universitaires, le *quadrivium*, en même temps que la mathématique et l'astronomie. Aussi, Jean de Liège pouvait-il écrire tout naturellement cette phrase : *Ille proprie musicus est qui musicam habet speculativam*. Si cette affirmation nous étonne aujourd'hui, c'est que la musique, dans l'intervalle, est montée sur les planches et qu'elle a donné naissance à l'opéra. Elle en a gardé jusqu'à nos jours des habitudes théâtrales qui ont quelque peu influencé ses manières. Bien des jugements qui sont portés sur elle proviennent de critères de spectacle, bien des qualités qu'on réclame d'elle sont des qualités théâtrales : chacun lui demande, à des degrés divers, de suggérer, d'étonner, de feindre, d'émouvoir, bref, de jouer la comédie, et, depuis le XVII^e siècle, toute musique se doit d'être, un peu, un opéra. C'est cet aspect qui, seul, est sensible à l'amateur.

La particularité du fait musical libéré de toute contingence échappe souvent à l'auditeur non spécialisé. L'apprentissage rudimentaire de la composition musicale ne lui est en effet donné à aucun degré de l'enseignement général. Si l'on commence à peindre et à sculpter dès l'école maternelle — j'entends qu'on y enseigne aux marmots à prendre déjà des décisions de peintre ou de sculpteur — nulle part on ne nous a habitués à composer de la musique, à prendre des décisions de compositeur, si modestes soient-elles.

Aussi chacun de nous peut-il, avec plus ou moins de bonheur, dessiner sans être dessinateur, philosopher sans être philosophe, écrire, bâtir, planter, forger, guérir, herboriser, bref, dans la plupart des domaines de l'activité humaine, nous sommes à même de manier gauchement les outils matériels ou les outils de pensée, dont le spécialiste est à même de se servir dans les cas complexes.

La musique seule nous échappe, car il semble acquis que l'activité compositionnelle ne présente pas un modèle assez général pour que ses bienfaits portent leurs fruits dans d'autres domaines. En apprenant à peindre, on acquiert les réflexes d'une discipline plus vaste, en apprenant à composer on n'acquieserait, semble-t-il, que ceux de la composition musicale.

Lisant ce petit, mais très utile et passionnant livre de Pierre Barbaud, chacun se convaincra du contraire. Ce sont, pour une fois, les Anciens qui avaient raison de placer la musique au rang des sciences les plus générales. Remercions vivement l'auteur de nous l'avoir rappelé ; les lecteurs lui devront certainement des vues très nouvelles sur la création musicale.

A. KAUFMANN.

AVERTISSEMENT

On pourra s'étonner, dans les milieux musicaux, de nous voir accorder une place importante à la description d'un programme (*) de musique tonale, au lieu de nous consacrer exclusivement à des recherches apparemment plus fructueuses en vue de leurs applications. Cette attitude a été jusqu'à nous valoir, sous une plume compétente, l'étiquette de musicien de « variétés ». Elle a deux raisons.

D'une part ces recherches dans le domaine tonal ont été faites dans une optique *musicologique* : elles sont surtout destinées à l'étude de textes et non à en fournir qui soient valables dans un concert. D'autre part, il nous a semblé que nous plaiderions mieux la cause de la « musique à la machine » devant un large public, en analysant une méthode susceptible de fournir des textes dont la structure lui soit familière. Il s'agit en effet, dans cette modeste « initiation » d'indiquer des procédés généraux qui peuvent être transposés dans d'autres domaines et prolongés dans n'importe quelle direction. Il s'agit bien plus d'indiquer comment on peut faire que de vouloir imposer un modèle immuable.

L'autre partie de nos recherches, dont les applications nous ont valu, sous la même plume compétente, l'étiquette de compositeur « sériel », n'a aucune préoccupation sérielle : on pourra s'en rendre compte en en prenant connaissance ici-même.

Qu'il nous soit permis de remercier M. Kaufmann, qui a bien voulu présenter au public ce modeste ouvrage. Nous remercions également la Compagnie Bull-General-Electric qui a mis généreusement ses machines à notre disposition.

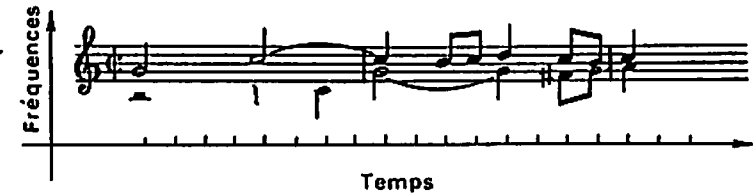
Nous avons eu ainsi l'occasion de recevoir les conseils précieux de ses ingénieurs, en particulier de MM. Esmein, Bernadat, Groboillot et Ben Soussan. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre reconnaissance, ainsi que Madame Sawa, qui, dès 1959, en rédigeant elle-même, sur nos indications et sur celles de Roger Blanchard un programme qui a été depuis abandonné, nous a fait profiter de sa grande expérience.

P. BARBAUD

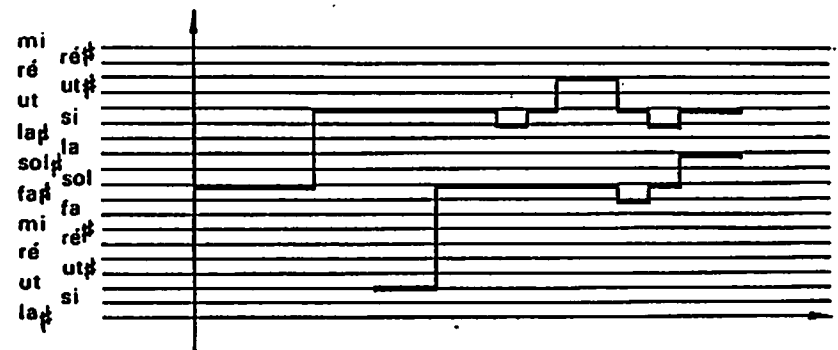
(*) L'utilisation éventuelle à des fins commerciales ou industrielles des programmes décrits dans le présent ouvrage est soumise à l'autorisation de l'auteur et de l'éditeur.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES AUTOMATES MUSICAUX

Dans notre civilisation occidentale, l'œuvre musicale est matérialisée par un graphique, nommé partition. Le temps y est porté en abscisses, la fréquence des sons en ordonnées. Le graphe de la fonction fréquence pour la variable temps y prend un aspect visuel particulier, dû à l'emploi de nombreux signes conventionnels de caractère mnémotechnique, légués par la tradition :



Le graphique suivant, qui ne se distingue d'aucun autre graphique destiné à rendre compte de valeurs discrètes prises successivement par deux fonctions pendant un certain nombre d'unités de temps (comme la comparaison des courbes de température de deux malades), livre strictement le même message que le précédent :

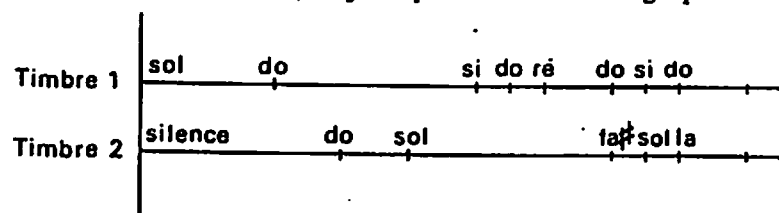


S'il a sur le premier l'avantage d'être universellement transmissible, il nécessite, pour rendre compte de toutes les fréquences employées en musique, l'emploi de 90 lignes horizontales environ. Le système des « clés », dans la notation clas-

sique, permet de ne prendre à la fois en considération qu'une faible partie des hauteurs de sons utilisées pendant un laps de temps. De plus, l'appréciation des multiples et sous-multiples (entiers ou non) de l'unité de temps choisie y est instantanée pour l'œil, grâce à la forme particulière des « figures de notes ».

D'autres indications sont inscrites sur la partition. En principe une « portée » y est réservée à chaque instrument, l'ensemble de ces derniers formant l'ensemble des « timbres » employés. Des indications sur la dynamique des sons (*p*, *f*, *ff*, etc), la parsèment également. Les quatre « dimensions » du son sont couramment nommées sa fréquence (ou hauteur), sa durée, son timbre et son intensité.

On pourrait convenir d'affecter par exemple une couleur à un timbre, une épaisseur de trait aux valeurs dynamiques pour compléter le deuxième des graphiques ci-dessus. On peut aussi convenir de le réduire à une ligne par timbre et de reporter, au-dessus des segments de longueur proportionnelle aux durées, les valeurs prises par la fonction fréquence pour chaque valeur de la variable temps. Nous aurions cette fois, toujours pour le même message que ci-dessus :



Nous voici amenés à supprimer purement et simplement l'axe des ordonnées, inutile si l'on convient de représenter chaque unité de temps par une espace typographique. De plus, chaque son peut être représenté par une lettre différente (par exemple celles des notes en allemand ou en anglais) :

timbre 1 | G . . . C H C D . C H D .
timbre 2 | C . G F G A .

Cette façon de faire ne pouvant rendre compte de toutes les divisions d'une ou plusieurs unités de temps (on ne peut faire figurer trois lettres dans une espace, ou quatre dans six en divisant six en quatre parties égales) nous nous voyons dans l'obligation d'ajouter à la ligne typographique, qui contient les sons, une ligne supplémentaire où des chiffres indiqueront dans combien d'unités sont répartis les sons auxquels ils sont affectés, de la façon suivante par exemple :



(« deux dans deux », « trois dans deux », etc).

Les positions vides (silence) peuvent, par exemple, être remplies pour l'œil par un signe conventionnel quelconque, comme un zéro barré :



(« trois dans deux », « trois dans quatre », etc).

Il ne nous reste plus qu'une étape à franchir pour arriver à une notation absolument précise des fréquences et des durées : remplacer les lettres par des nombres, afin de pouvoir commodément opérer des calculs à l'occasion.

Nous constaterons alors que les musiciens ont l'habitude d'employer, comme pour l'heure, mais sans s'en apercevoir, une numération à base 12 pour exprimer les fréquences, numération dans laquelle la douzaine se nomme, en souvenir d'une ancienne division par 8, « octave ». Les chiffres y portent des noms étranges tels que fa dièse, la bémol, voire fa double-dièse, etc. De plus, le même chiffre peut y porter plusieurs noms : ré bémol est la même chose que do dièse. De sorte que, pour exprimer onze unités et trois douzaines, les musiciens, disent tantôt « si, trois octaves », tantôt « do bémol, quatre octaves ». Ne nous étonnons pas de la difficulté qu'éprouvent les enfants, ou même les grandes personnes, à assimiler ce système de numération, évidemment un peu primitif.

Débroussaillant ce fatras, écrivons la correspondance suivante, en employant, par exemple, les chiffres préconisés par Buffon pour la numération duodécimale :

do	do#	ré	ré#	mi	fa	fa#	sol	sol#	la	la#	si
ou : si#	réb		mib	fab	mi#	solb		lab		sib	dob
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	Z

Ce seront les sons les plus graves (tout à fait à gauche du piano). Les douzaines suivantes seront notées :

N.2 Ottava

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1X	1Z
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2X	2Z
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3X	3Z

Nous sommes maintenant en possession, pour nos études « ethnologiques », d'un système de notation cohérent qui va nous permettre, sinon, par sa seule vertu, de composer de la musique, mais au moins de comprendre la structure de l'espace mélodico-harmonique et d'envisager, peut-être, une simulation de l'activité compositionnelle. Car une partition, bonne ou mauvaise, mais nous en jugerons plus tard, sera matérialisée par des nombres sur lesquels nous

pourrions définir des opérations. Ces nombres, disposés en lignes (déroulement dans le temps) et en colonnes (simultanéité) :

37	37	40	.	.	37	34	30	30	.	22	.	30	.	34	.	32
0	0	37	.	.	34	30	27	27	.	.	.	27	.	30	.	22
0	0	34	.	.	30	27	24	25	.	.	.	24	.	27	26	27
0	0	10	.	.	14	17	20	22	.	.	.	20	.	17	.	.

(Beethoven, Quatuor op. 28, n° 2)

constituent un rangement d'objets, obéissant à certaines lois qui varient avec les époques, les goûts, les modes, la géographie et, surtout, avec le tempérament de chacun, et nous pouvons nous efforcer d'en dégager les constantes. Certaines sont de simple bon sens : « défense de faire un morceau de musique durant plus de 24 heures ou moins de 1 minute » (cette loi, appliquée tous les jours, n'est exprimée nulle part explicitement). D'autres sont réunies dans des traités d'écriture (harmonie, contrepoint, musique sérielle, fugue, etc), recueils précieux et dogmatiques de recettes éprouvées donnant un nombre limité de solutions à la plupart des problèmes combinatoires le plus souvent rencontrés par les élèves. On y décrète les choses « bonnes », « mauvaises » ou « passables » au nom d'une éthique le plus souvent surannée, sans se poser la question de savoir si un caractère commun peut unir toutes les choses bonnes, toutes les mauvaises, toutes les passables, et, faute de pouvoir contrôler toute la complexité du phénomène étudié, ni même de l'entrevoir, ces recueils restent lettre morte. Aussi conseille-t-on, une fois qu'ils sont assimilés, de les oublier. Ce qui nous amène à une troisième sorte de règles, celles de l'oubli des règles, puis à l'introduction de règles nouvelles.

Le premier « automate incorporel », destiné à établir des séquences de mots musicaux, date de 1754. L'auteur anonyme du « Ludus melothedicus [sic] ou le jeu de dez harmonique par lequel toute personne pourra composer des « menuets et leur basse au moyen de deux dez même sans savoir la musique » (1) expose une méthode très simple en la camouflant sous un algorithme compliqué destiné à dérouter le lecteur : écrire 16 mesures de musique, parmi lesquelles certaines peuvent s'enchaîner indifféremment avec deux ou plusieurs autres. Il suffit alors de répertorier ces enchaînements comme les pièces d'un jeu de dominos, puis de tirer au sort 16 fois pour savoir quelle mesure suivra l'autre. Ainsi, une mesure, partie « gauche » d'un domino étant acquise, la mesure suivante, partie « droite », est susceptible d'amener l'entrée soit d'une mesure, soit d'une autre, qui, au jet de dés suivant, devenue partie gauche d'un second domino, pourra, à son tour, bifurquer vers telle ou telle mesure indiquée par

(1) On retrouve cet ouvrage, sous des titres divers, attribué à des auteurs divers dans de nombreuses éditions s'échelonnant jusqu'au seuil du XIX^e siècle. Des éditeurs avisés l'attribuèrent sans vergogne à Mozart, qui n'en eut sans doute jamais connaissance. Stendahl fait allusion à la méthode et l'attribue ... à Haydn.

le sort. Il s'agit d'un graphe de 16 points déterminant un nombre assez grand de chemins conformes à un certain style déterminé par le vocabulaire.

Cet automate incorporel fut par la suite matérialisé sous la forme de 16 cylindres mis bout à bout sur un axe commun. En faisant tourner les cylindres, sur chacun desquels étaient imprimées les mesures, on obtenait une séquence conforme aux flèches du graphe. Un de ces appareils se trouve au musée instrumental du Conservatoire de Paris.

Si primitif que soit cet automate, nous y voyons appliquée pour la première fois au domaine de la musique l'idée qui consiste à extraire des éléments d'un ensemble de couples, d'une part en fonction d'une règle (« étant donné un couple (A, B), le couple suivant devra être choisi parmi les (B, X) »), d'autre part en fonction de la valeur prise par une variable aléatoire : « s'il existe plusieurs (B, X), alors le choix d'un des (B, X) est soumis au jet d'un dé ».

Dans le *Ludus melothedicus*, un seul ensemble est prospecté, celui des couples de mesures. Essayons, pour améliorer la méthode, de définir à priori des couples d'accords (E, S) conformes aux lois de l'harmonie, constitués par un accord « entrée », E, à gauche s'enchaînant à un accord « sortie », S, à droite. Nous nous bornerons pour l'instant à définir les sons qui constituent ces accords à l'octave près, c'est-à-dire que nous ne raisonnerons que sur les unités de premier ordre du système de numération duodécimal (0, 1, 2, ..., X, Z). Ainsi, les deux accords suivants formeront un couple :



E	S
7 (sol)	9 (la)
4 (mi)	5 (fa)
0 (ut)	0 (ut)
0 (ut)	5 (fa)

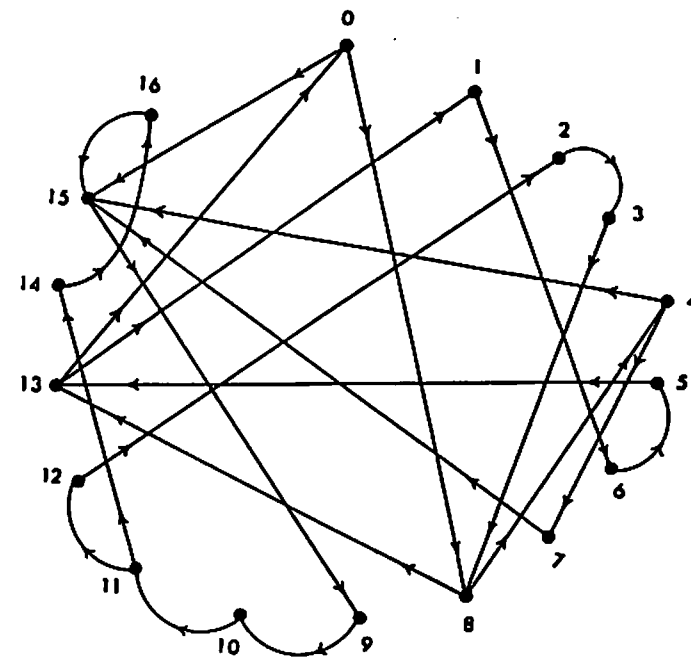
que nous noterons

E	S
0 0 4 7	5 0 5 9

dans un souci de confort typographique. Il est bien entendu que notre ambition se borne, pour l'instant, à enchaîner les accords, sans aucun souci rythmique, mélodique, contrapunctique ou, plus généralement, artistique. Il faut, pour que le jeu puisse fonctionner, qu'à chacune des sorties S_j corresponde au moins une entrée $E_i = S_j$: si je tire un couple tel que (0 0 4 7, 9 0 4 9) je devrai trouver au moins un couple tel que (9 0 4 9, x). La liste suivante est conforme à cette condition :

E	S	
$i = 0$	0 0 4 7	$j = 8$
0	0 0 4 7	13
1	0 0 4 9	6
2	0 7 0 4	3
3	0 0 4 X	8
4	2 2 5 9	15
4	2 2 5 9	7
5	2 9 2 6	13
6	2 Z 2 7	5
7	4 2 4 8	15
8	5 0 5 9	4
8	5 0 5 9	13
9	5 2 5 9	10
10	5 9 2 5	11
11	7 7 0 4	12
11	7 7 0 4	14
12	7 7 Z 2	2
13	7 Z 2 7	0
13	7 Z 2 7	1
14	8 5 Z 2	16
15	9 0 4 9	9
16	9 4 9 0	15

Décidons, pour limiter notre expérience, que toute séquence débutant par E_0 et se terminant par S_0 sera retenue. Cela signifie que nous pouvons parcourir le graphe suivant en nous conformant à la direction des flèches, pourvu que nous partions du point 0 et que nous arrivions au même point :



Si nous tirons par exemple les couples :

(0, 8), (8, 4), (4, 15), (15, 9), (9, 10), (10, 11), (11, 14), (14, 16), (16, 15), (15, 9), (9, 10), (10, 11), (11, 12), (12, 2), (2, 3), (3, 8), (8, 13), (13, 0),

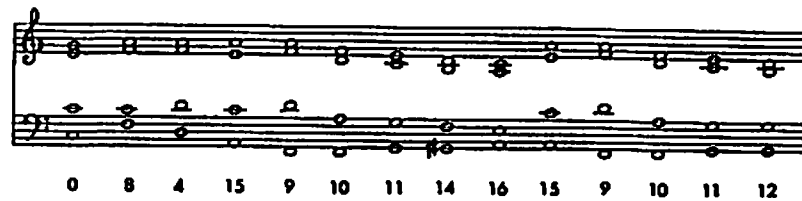
nous obtenons la séquence d'accords correspondante en ne retenant que les entrées indiquées dans chaque couple (sauf dans le dernier où nous retiendrons également la sortie) :

0, 8, 4, 15, 9, 10, 11, 14, 16, 15, 9, 10, 11, 12, 2, 3, 8, 13, 0

c'est-à-dire :

0	0 0 4 7	15	9 0 4 9
8	5 0 5 9	9	5 2 5 9
4	2 2 5 9	10	5 9 2 5
15	9 0 4 9	11	7 7 0 4
9	5 2 5 9	12	7 7 Z 2
10	5 9 2 5	2	0 7 0 4
11	7 7 0 4	3	0 0 4 X
14	8 5 Z 2	8	5 0 5 9
16	9 4 9 0	13	7 Z 2 7
		0	0 0 4 7

soit, en notation traditionnelle, en supposant définies des octaves :



Nous constatons qu'une entrée E_i menant vers deux sorties, soit (E_i, S_j) et (E_i, S_k) implique l'apparition équiprobable de S_j ou de S_k . Pour fixer les idées établissons la matrice stochastique correspondant au graphe ci-dessus (entrées verticales, sorties horizontales) :

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0									0.5							0.5	
1							1										
2			1														
3								1									
4							0.5									0.5	
5													1				
6					1												
7																1	
8				0.5									0.5				
9										1							
10											1						
11												0.5		0.5			
12			1														
13	0.5	0.5															
14																1	
15										1							
16																1	

Considérons par exemple les deux couples de même entrée (4, 7) et (4, 15). Pour des raisons diverses, nous pouvons déplorer l'équiprobabilité d'apparition des accords 7 ou 15 après l'accord 4, soit parce que nous ne la considérons pas comme un reflet suffisamment exact des habitudes harmoniques que nous ayons l'intention de simuler (introduction des « bons » ou des « mauvais » degrés), soit par goût personnel, ce qui revient au même, car nous pouvons considérer dans ce cas que nous nous proposons de nous simuler nous même, soit pour toute autre raison. Supposons donc que nous considérions l'enchaînement (4, 7) comme plus « normal » que l'enchaînement (4, 15), sans vouloir toutefois éliminer l'apparition de ce dernier. Nous pouvons espérer, en modifiant la ligne 4 de la matrice précédente, favoriser l'apparition de (4, 7), par exemple de la façon suivante :

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0																	
1																	
2																	
3								0.7								0.3	
4								↓								↓	
...																	
...																	

Il nous faudra alors, pour le tirage au sort des couples inventer un processus qui nous donne une probabilité de sortir le couple (4, 7) dans la proportion de $\frac{7}{10}$ et, par conséquent de sortir (4, 15) dans la proportion de $\frac{3}{10}$. Le plus simple est d'ouvrir l'annuaire téléphonique à une page quelconque et de prendre les deux derniers chiffres en haut et à droite de la quatrième colonne. Si ces chiffres sont inférieurs à 70, nous choisirons (4, 7), sinon nous choisirons (4, 15). Nous pouvons ainsi espérer, en modifiant la matrice stochastique correspondant aux probabilités d'apparition des éléments de notre univers harmonique, canaliser le hasard vers des « habitudes », des « tics », peut-être vers un certain style harmonique, en un mot simuler mieux la réalité vivante qu'en s'en tenant, pour chaque mot du discours, à une équiprobabilité d'apparition :

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0									0.37							0.63	
1							1										
2			1														
3								1									
4							0.7									0.3	
5													1				
6						1											
7																1	
8					0.4									0.6			
9											1						
10												1					
11													0.55		0.45		
12			1														
13	0.35	0.65															
14																1	
15										1							
16																1	

Le fait qu'une seule sortie soit prévue pour les lignes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 16 de la matrice (probabilité d'apparition de l'accord suivant égale à l'unité) est, par ailleurs, une faiblesse : il y a certitude et non choix possible pour ces points du graphe. En effet, l'apparition de (15, 9), par exemple, entraîne inévitablement la séquence

(15, 9), (9, 10), (10, 11).

De même, on a toujours :

(1, 6), (6, 5), (5, 3)

(12, 2), (2, 3), (3, 8).

On peut, certes, prévoir au moins deux sorties pour chacun des points du graphe, mais, dans la plupart des cas, cette sortie nous mènera elle-même vers

une nouvelle entrée à ajouter au graphe, et nous ne ferons ainsi que reculer le problème en définissant un ensemble trop vaste pour que nous puissions le contrôler.

Afin que le lecteur non spécialiste puisse saisir l'idée qui nous a guidé pour établir un graphe des relations harmoniques, qui, bien que beaucoup plus vaste que ceux de nos exemples précédents, reste cependant contrôlable, il nous faut donner une description du modèle abstrait du système des « tonalités » dans la musique traditionnelle.

Nous avons vu que le renouvellement des phénomènes musicaux liés aux fréquences a lieu de 12 en 12, ce qui justifie l'emploi d'une numération à base 12, ou, lorsqu'on ne tient pas compte des unités de second ordre, c'est-à-dire des « octaves » ou douzaines, l'emploi du calcul modulo le nombre 12 (comme dans le décompte de l'heure) :

$$6 + 5 = Z \pmod{12}$$

$$7 + 6 = 1 \pmod{12}$$

« sept demi-tons plus six demi-tons » dépassent l'octave d'un « demi-ton », comme 7 heures + 6 heures dépassent d'une heure le tour d'un cadran.

Dans l'ensemble des 12 sons de la « gamme chromatique tempérée », on appelle « gamme majeure » la sélection suivante :

0	2	4	5	7	9	Z
ut	ré	mi	fa	sol	la	si

On appelle accord « naturel » de trois sons tout triplet extrait de cette sélection tel que, r étant le rang du premier son de l'accord, les rangs des deux autres soient $r+2$ et $r+4$. On a ainsi, à partir des 7 sons de la gamme, 7 accords de trois sons possibles :

(0, 4, 7), (2, 5, 9), (4, 7, Z), (5, 9, 0), (7, Z, 2), (9, 0, 4), (Z, 2, 5).

On appelle « modulation » l'addition ou la soustraction (mod. 12) d'une des quantités 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, X ou Z à tous les éléments de la gamme. Ainsi, en additionnant la quantité 7 à tous les chiffres des accords de la tonalité majeure qui sert de modèle (on la nomme par son premier son 0 ou ut) on obtient la « tonalité de sol (7) majeur » :

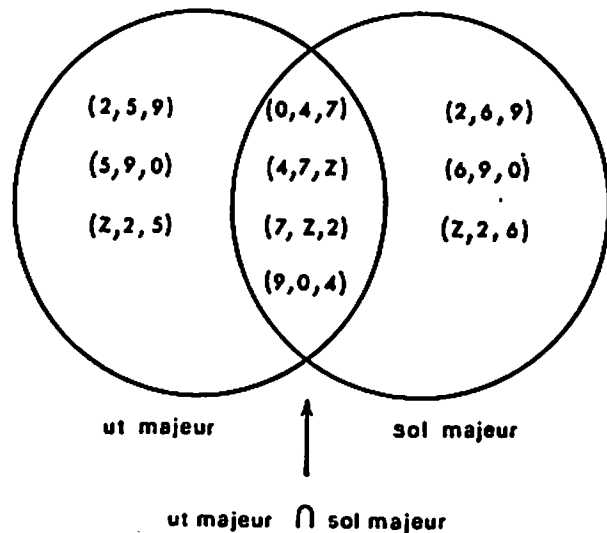
(7, Z, 2), (9, 0, 4), (Z, 2, 6), (0, 4, 7), (2, 6, 9), (4, 7, Z), (6, 9, 0).

Nous constatons que quatre accords sont communs aux deux tonalités :

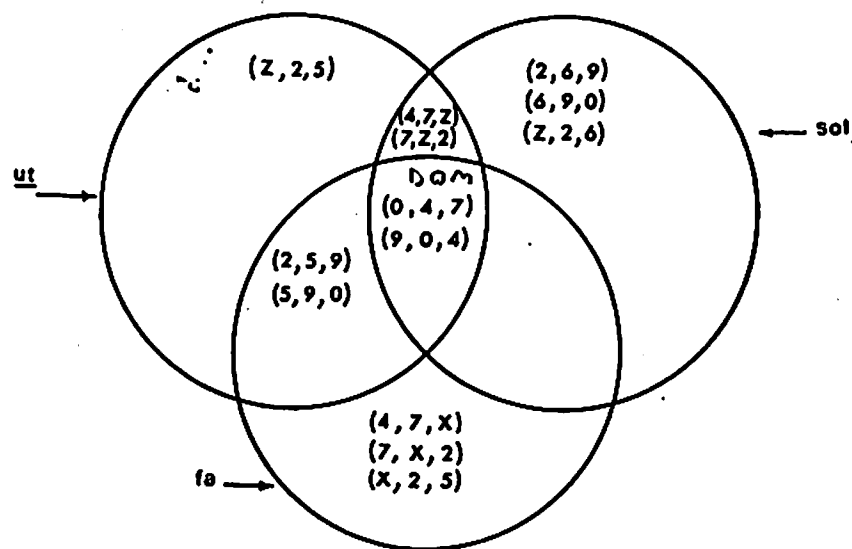
(0, 4, 7), (4, 7, Z), (7, Z, 2), (9, 0, 4)

Do M Mi Sol M La M

et qu'ils en sont donc l'intersection, ce qui peut être figuré par le schéma suivant :



Pour les trois tonalités *ut*, *sol*, *fa*, nous avons :



Il est facile, en se servant du schéma suivant :

8 Z 3	8 0 3	8 0 3	8 0 3	9 0 3	9 0 4	9 0 4	9 0 4	9 1 4	9 1 4	9 1 4	X 1 4	X 1 5
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

5 8 Z	5 8 0	5 8 0	5 8 0	5 9 0	5 9 0	5 9 0	6 9 0	6 9 1	6 9 1	6 9 1	6 X 1	6 X 1
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

1 5 8	1 5 8	1 5 8	2 5 8	2 5 9	2 5 9	2 5 9	2 6 9	2 6 9	2 6 9	3 6 9	3 6 X	3 6 X
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

X 1 5	X 1 5	X 1 5	X 2 5	X 2 5	X 2 5	Z 2 5	Z 2 6	Z 2 6	Z 2 6	Z 3 6	Z 3 6	Z 3 6
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

6 X 1	6 X 1	7 X 1	7 X 2	7 X 2	7 X 2	7 Z 2	7 Z 2	7 Z 2	8 Z 2	8 Z 3	8 Z 3	8 Z 3
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

3 6 X	3 6 X	3 7 X	3 7 X	3 7 X	4 7 X	4 7 Z	4 7 Z	4 7 Z	4 8 Z	4 8 Z	4 8 Z	5 8 Z
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Z 3 6	0 3 6	0 3 7	0 3 7	0 3 7	0 4 7	0 4 7	0 4 7	1 4 7	1 4 8	1 4 8	1 4 8	1 5 8
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

sol^b (ou $\hat{6}$)
 ré^b (ou $\hat{1}$)
 la^b (ou $\hat{8}$)
 mi^b (ou $\hat{3}$)
 si^b (ou $\hat{X}$)
 fa (ou $\hat{5}$)
 ut (ou $\hat{0}$)
 sol (ou $\hat{7}$)
 ré (ou $\hat{2}$)
 la (ou $\hat{9}$)
 mi (ou $\hat{4}$)
 si (ou $\hat{Z}$)
 fa[#] (ou $\hat{6}$)

de trouver quels sont les accords communs à deux ou trois tonalités différentes, en suivant les deux ou trois lignes horizontales qui correspondent à ces tonalités. On trouve par exemple, pour *ré* bémol et *mi* bémol :

$$\hat{1} \cap \hat{3} = \{ (5, 8, 0), (8, 0, 3) \}.$$

En n'entendant que les accords qui sont dans l'intersection de deux tonalités, l'oreille est incapable de distinguer si elle est dans l'une ou dans l'autre.

Certains des accords de trois sons sont « *diminués* » : *a*, *b* et *c* étant les sons qui les composent, on a :

$$b - a = 3 \quad (\text{mod. } 12)$$

$$c - b = 3 \quad (\text{mod. } 12)$$

par exemple :

$$(0, 3, 6), (7, X, 1)$$

d'autres sont « *mineurs* » :

$$b - a = 3 \quad (\text{mod. } 12)$$

$$c - b = 4 \quad (\text{mod. } 12)$$

$$(0, 3, 7), (7, X, 2).$$

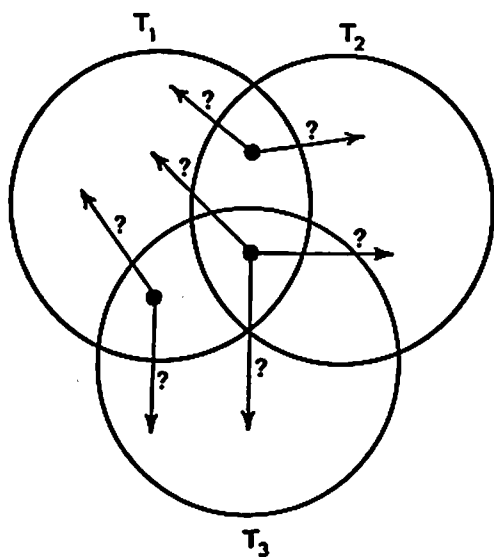
Les autres sont « *majeurs* » :

$$b - a = 4 \quad (\text{mod. } 12)$$

$$c - b = 3 \quad (\text{mod. } 12)$$

$$(0, 4, 7), (7, Z, 2).$$

« *Moduler* » c'est passer d'une tonalité à une autre en empruntant les accords



inclus dans l'intersection de ces deux tonalités.

Nous pouvons désormais perfectionner notre jeu de dominos harmoniques en ne perdant pas de vue la structure particulière de l'espace mélodico-harmonique que nous nous sommes efforcé de décrire ci-dessus.

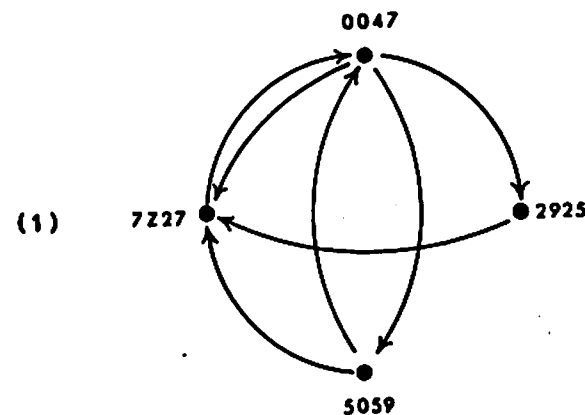
En effet, pour chaque sortie d'un couple (E_n, S_j) nous pourrions nous poser la question de savoir si S_j , qui, compte tenu du contexte passé appartient à une tonalité T_1 et se trouve par ailleurs dans l'intersection de T_1 et d'une tonalité T_2 , voire dans la partie commune à T_1 ,

T_2 et à une tonalité T_3 , restera en T_1 pour le contexte à venir ou bifurquera vers T_2 ou T_3 , ce que schématise la figure ci-contre.

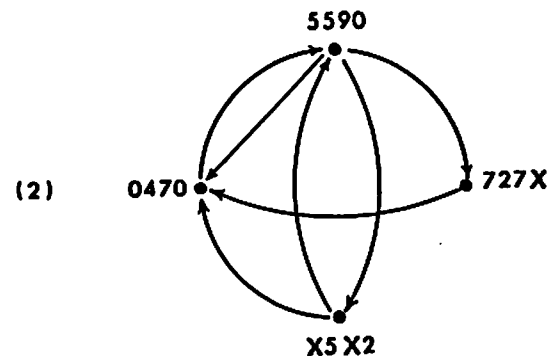
Pour fixer les idées, établissons, comme nous l'avons fait précédemment, une liste de couples vérifiant la condition qu'à chaque sortie corresponde au moins une entrée :

<u>E</u>	<u>S</u>
0 0 4 7	2 9 2 5
0 0 4 7	5 0 5 9
0 0 4 7	7 Z 2 7
2 9 2 5	7 Z 2 7
5 0 5 9	0 0 4 7
5 0 5 9	7 Z 2 7
7 Z 2 7	0 0 4 7

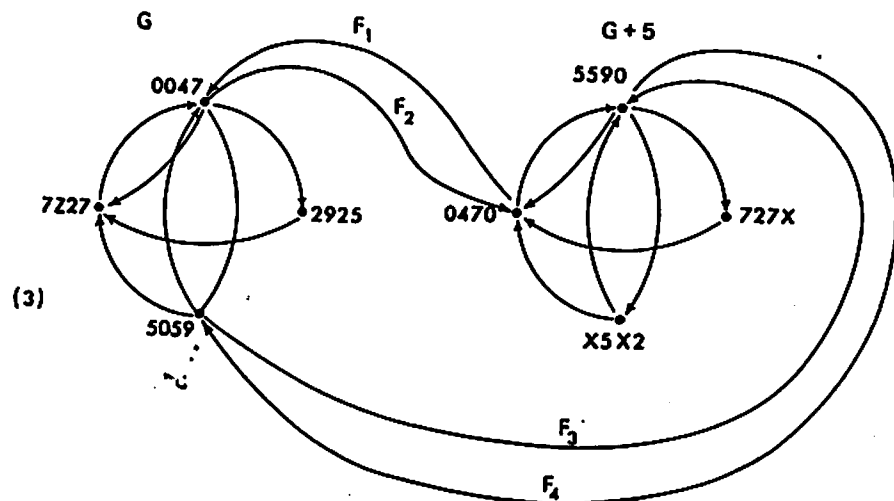
Cette liste (intentionnellement très restreinte), définit un graphe de 4 points et 7 flèches :



mais, compte tenu du mécanisme des tonalités que nous avons exposé ci-dessus, en définit encore 11 autres possédant la même structure, graphes que nous nommerons $G + 1, G + 2, \dots, G + Z$, puisque chacun des accords qui en sont les points est susceptible d'être transposé 11 fois. Voici par exemple $G + 5$:



Nous constatons que les accords (0, 0, 4, 7) et (0, 4, 7, 0) d'une part, (5, 0, 5, 9) et (5, 5, 9, 0) d'autre part sont respectivement composés des mêmes sons. Supposons opérée, en $G + 5$, une permutation dans l'ordre des sons telle qu'on puisse enchaîner (0, 0, 4, 7) à (0, 4, 7, 0) et (5, 0, 5, 9) à (5, 5, 9, 0) et l'inverse : il y aura, entre les éléments de G et ceux de $G + 5$ les relations graphiques suivantes :



ce qui enrichit considérablement le nombre des chemins possibles.

Le lecteur pourra suivre dans la partie technique (chapitre 2) la méthode que nous avons employée pour opérer les permutations des sons des accords homophones de deux tonalités. Il suffisait ici de montrer qu'une liste de couples, si restreinte soit-elle (7 pour l'exemple ci-dessus) se trouve en fait extrêmement amplifiée par le jeu des modulations possibles. La liste des couples, établie pour la tonalité d'*ut* majeur, ne doit donc en réalité être considérée que comme un sous-graphe d'un graphe référentiel dont le nombre de points est celui des points du sous-graphe multiplié par 12. Le sous-graphe que nous avons établi dans la partie technique comportant 456 points, définit donc en réalité un graphe de 5 472 points.

Il est bien évident que les flèches entre les sous-graphes seront elles-mêmes affectées d'une probabilité d'apparition que nous pourrions faire figurer dans une matrice stochastique comme la suivante, qui, établie arbitrairement pour la tonalité d'*ut* majeur, donne la probabilité de passer dans les tonalités qui ont avec *ut* majeur une partie commune, pour chacun des accords sur chaque degré :

	0	2	4	5	7	9	Z
0	0.6			0.3	0.1		
2		0.6				0.4	
4			1				
5	0.2			0.6	0.2		
7	0.3			0.1	0.6		
9		0.4				0.6	
Z							1

En lisant la quatrième ligne par exemple, nous voyons que la probabilité pour que l'accord (5, 9, 0), c'est-à-dire la sous-dominante d'*ut* majeur, devienne tonique de *fa* majeur est 0.2, qu'elle est 0.6 pour que cet accord reste sous-dominante d'*ut*, qu'elle est enfin 0.2 pour qu'il devienne dominante de *sol* majeur.

Au lieu d'établir arbitrairement les matrices stochastiques définissant les probabilités d'accord à accord ou de sous-graphe à sous-graphe, on peut évidemment les établir par une étude de textes musicaux (auteur, époque, etc).

En définissant a priori un processus aléatoire pour parcourir entre deux points donnés (en principe à partir de la tonique d'une tonalité jusqu'au retour à cette tonique) un graphe ainsi constitué, on établit une harmonie consonnante dont les caractères pourront varier du tout au tout suivant les probabilités d'apparition édictées pour les enchaînements eux-mêmes, d'une part et pour les flèches de tonalités à tonalités, d'autre part.

Nous avons à dessein insisté sur l'élaboration automatique d'une simple séquence d'accords consonnants, car cette méthode est valable pour toutes les autres parties du discours musical. Dans le programme dont on pourra lire la description détaillée dans la partie technique, le lecteur verra, s'il le désire, comment, à partir d'un schéma harmonique consonnant constitué par un chemin dans un graphe analogue au précédent, on arrive à un enrichissement progressif de la matière musicale ainsi obtenue par des procédés proches de ceux qui ont été exposés ci-dessus.

Si une paire de dés suffisent pour composer en quelques minutes, grâce au *Ludus melothedicus*, « un menuet et sa basse », il est bien évident que l'élaboration de chemins dans plusieurs graphes successifs aussi vastes que celui dont nous avons donné plus haut une description sommaire, demanderait un volume de calculs beaucoup plus important et nécessiterait un temps hors de proportions avec le résultat qu'on peut obtenir.

Il va de soi qu'à ce stade de complexité, la machine devient nécessaire. Le hasard y est simulé au moyen d'une variable aléatoire, dont les valeurs succes-

sives, à chaque point des graphes destinés à établir d'abord l'harmonie, puis les modulations, le choix des septièmes, des sixtes ajoutées, des éléments mélodiques, en un mot de tous les éléments du discours musical, permettent de se diriger vers un point ou un autre, reliés au premier par des flèches. Donnons un exemple simple sur le graphe (1) : A partir du point (0 0 4 7), la machine peut se diriger sur l'un des points (2 9 2 5), (5 0 5 9) ou (7 2 7 Z). Supposons que nous ayons arbitrairement décidé que les probabilités attachées aux flèches du graphe obéissent à la matrice suivante :

	0047	2925	5059	7227
0047		0.1	0.4	0.5
2925				1
5059	0.4			0.6
7227	1			

Cette matrice peut être implantée en machine, par exemple sous la forme d'un « tableau » (liste) de onze nombres formant, pour chaque ligne un diagramme cumulatif de 0 à 99 :

0, 9, 49, 99, 0, 0, 0, 99, 39, 39, 39, 99, 99, 99, 99, 99.

Il suffit alors d'utiliser un nombre quelconque extrait d'une des mémoires et de le diviser par 100. Le reste de la division, suivant qu'il est, pour le choix d'une des flèches issues de (0 0 4 7), inférieur à 9, compris entre 9 et 49 ou supérieur à 49, indiquera quelle flèche du graphe suivra le point (0 0 4 7). Soit par exemple 7 3 2 6 8 3 ce nombre. Le reste de sa division par 100 étant 83, la flèche désignée par le sort sera dans ce cas celle qui se dirige vers (7 2 2 7).

L'automate dont nous venons de faire une description sommaire a donné lieu à la rédaction des programmes ALGOM 3 et ALGOM 4 (*algorismic music*), qu'on trouvera *in extenso* à partir de la page 81. Les chapitres 2 et 3 donnent une description détaillée du processus de composition automatique dont ils sont l'expression en langage symbolique Algol. Le grand nombre des instructions et le volume assez important des données ont rendu nécessaire la rédaction de deux programmes, le second (ALGOM 4) utilisant les résultats partiels livrés par l'exploitation du premier sous forme de cartes perforées.

On s'est efforcé, en rédigeant le programme ALGOM 5 de répartir, autant de fois qu'il est indiqué dans les données, les sons du total chromatique en obéissant à un certain nombre de contraintes. Les unes sont générales (pas de redondances dans la présentation des 12 sons, pas de « fausses relations »). Les autres varient en fonction des données introduites pour chaque exploitation du programme.

Les 12 sons de la gamme chromatique tempérée se répartissent dans les résultats au maximum sur 7 octaves. Les 84 sons ainsi définis (de 0.00 à 6.11) sont classés sur 6 zones de trois octaves chacune qui peuvent se recouvrir en totalité ou en partie, par exemple de la façon suivante :

Zones	Octaves	
1	(0, 1, 2)	(de 0.00 à 2.11)
2	(1, 2, 3)	(de 1.00 à 3.11)
3	(1, 2, 3)	(de 1.00 à 3.11)
4	(2, 3, 4)	(de 2.00 à 4.11)
5	(3, 4, 5)	(de 3.00 à 5.11)
6	(4, 5, 6)	(de 4.00 à 6.11)

Chaque zone est elle-même divisée en trois registres correspondant aux trois octaves qui la définissent. Les indications perforées comme données ont pour effet de répartir les sons dans les différentes zones en conformité avec les pourcentages indiqués. Ces pourcentages concernent :

- l'apparition des sons dans chacune des six zones,
- l'apparition des sons, pour chaque zone, dans les registres grave, moyen ou aigu,
- leur densité moyenne, c'est à-dire dans quelle proportion deux sons consécutifs sont séparés ou non par un silence,
- la répartition sur l'ensemble des sons de durées brèves, semi-brèves, semi-longues ou longues.

Il va sans dire que les programmes décrits dans les chapitres qui vont suivre, peuvent être perfectionnés et prolongés. Nous ne les proposons pas comme des modèles immuables, mais bien comme des exemples de ce qu'il est actuellement possible de faire dans ce domaine. Puisse leur imperfection susciter l'éclosion de systèmes plus parfaits !

On pourra s'étonner par ailleurs que nous ayons insisté sur la description d'un automate destiné à élaborer de la musique « tonale » (ALGOM 3 et 4) au lieu d'insister plus sur les mécanismes d'une musique plus évoluée dans le sens des recherches actuelles, et, par là plus intéressante en tant que phénomène artistique. C'est que les principes heuristiques qui sont valables pour une sorte de musique le sont aussi pour l'autre et qu'il nous a semblé utile de livrer au public dans les deuxième et troisième chapitres de la deuxième partie, un moyen d'analyse nouveau des musiques traditionnelles, ce qui présente un intérêt musicologique certain, pour réserver le troisième chapitre à l'élaboration d'un véritable « compositeur artificiel » soucieux des problèmes de la musique actuelle. L'étude de la deuxième partie, par les caractères généraux des processus employés n'est par ailleurs pas inutile à des perfectionnements ultérieurs de la troisième.

DESCRIPTION DE DEUX AUTOMATES

1. NOTATION DES FRÉQUENCES ET DES DURÉES

La suite des nombres entiers peut servir à désigner les demi-tons successifs de la gamme tempérée. Cependant, afin de mettre en évidence le renouvellement de 12 en 12 des phénomènes musicaux liés aux fréquences, tel qu'on peut l'observer dans la civilisation occidentale, il est préférable d'exprimer ces nombres entiers par leur quotient dans la division par 12, suivi, après un point de leur reste dans la même division. Les restes 11 et 12 nécessitant deux espaces typographiques, nous sommes amenés à noter également sur deux espaces, dont la première est occupée par un zéro, les restes inférieurs à 10. Si nous prenons $ut_{-3} = 32,704$ Hz comme origine, le 43^e son de la liste par exemple, c'est-à-dire (sol, quatrième « octave »), sera noté 4.07.

De cette manière, les mêmes restes, que nous avons fait figurer arbitrairement à droite du point, désigneront les mêmes sons (0 pour *ut*, 1 pour *ut* dièse ou *ré* bémol, 2 pour *ré*, etc.), les mêmes quotients (à gauche du point), le même nombre d'« octaves », c'est-à-dire de *douzaines*. Les quatre opérations seront, bien entendu, faites en base 12 :

$$\begin{array}{r} 4.07 \\ + 1.06 \\ \hline 6.01 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3.00 \\ - 0.11 \\ \hline 2.01 \end{array}$$

en convenant d'employer deux espaces typographiques pour les unités de premier ordre, afin d'une part de ne pas compliquer la notation par l'emploi de deux chiffres significatifs étrangers à ceux que nous employons dans la vie quotidienne, d'autre part, de faciliter l'élaboration d'un programme de calcul destiné à une machine. Les sons des douzaines audibles seront ainsi notés :

	ut	ut [#]	ré	ré [#]	mi	fa	fa [#]	sol	sol [#]	la	si ^b	si [#]
ut ₋₃	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11
ut ₋₂	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11
ut ₋₁												

ut ₃	6.00	6.01	6.02	6.03	6.04	6.05	6.06	6.07	6.08	6.09	6.10	6.11
-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Par convention, la vacance du son, ou silence, sera notée 0.00. Egalement, pour des raisons de commodité de programmation, nous noterons *verticalement* la succession des sons dans le temps. Provisoirement, nous considérerons le même son répété dans plusieurs lignes successives comme un son « tenu » au sens musical du terme et non comme un son « attaqué » plusieurs fois. Une « mélodie » (en donnant à ce mot son sens le plus extensif) se présentera donc comme une suite de fréquences notées dans une colonne verticale dont chaque ligne sera nommée position :

3.04
3.04
3.02
3.04
3.07
3.09
4.00
4.11
4.00

Les positions seront numérotées 0, 1, 2, ..., n . Afin de rester en conformité avec les habitudes musicales, nous nommerons *ligne* la suite des positions.

Dans une ligne parallèle à celle des sons et située à droite de cette dernière, nous noterons leur durée au moyen d'un nombre du système décimal. Ces durées sont exprimées en multiples et sous-multiples d'une unité de durée choisie, pour chaque morceau, d'une façon arbitraire. On peut les relier au système des « figures de notes » traditionnel ou à des fractions de secondes : pour l'unité valant une noire, par exemple, 2 indiquera la « blanche », 0.5 indiquera la « croche », etc.

Lorsque plusieurs positions sont réparties par durées *égales* dans un certain nombre d'unités de temps, on fait suivre le nombre de la colonne des durées d'autant de zéros moins un qu'il y a de sons ou de silences intéressés par cette répartition. Ainsi, l'exemple suivant indique, pour une unité égale à la noire, un « triolet de noires », un « triolet de croches » et deux « noires pointées » :

4.03	2	}		« trois dans 2 »
4.02	0			
4.00	0			
4.03	1	}		« trois dans 1 »
4.02	0			
4.00	0			
4.03	3	}		« deux dans 3 »
4.02	0			

Plusieurs lignes destinées à être entendues en même temps sont écrites en parallèles verticales. La somme de leurs unités de temps doit, évidemment, être la même.

Le point que nous avons utilisé pour séparer les douzaines des unités simples n'est pas nécessaire, et l'on peut fort bien écrire 307, 309 par exemple, au lieu de 3.07 et 3.09. Cette façon de faire serait utilisée au cas où nous serions amenés à considérer des quarts ou des huitièmes de ton, dont la notation pourra alors être (huitièmes de ton) :

000.0	000.3	000.6	000.9	001.0	001.3	001.6	...
100.0	100.3	100.6	100.9	101.0	101.3	101.6	...
200.0	200.3	200.6	200.9	201.0	201.3	201.6	...
600.0	600.3	600.6	600.9	601.0	601.3	601.6	...

2. ÉTABLISSEMENT DE L'HARMONIE

1. Les éléments de l'ensemble mélodico-harmonique référentiel sont constitués par des colonnes de la forme $\boxed{a \ a \ b \ c \ c \ a}$ dans lesquelles on a, suivant les cas, en calculant mod. 12 :

$$\begin{array}{ll} a - b = 3 & \text{ou} \quad a - b = 4 \\ a - c = 6 & \text{«} \quad a - c = 7 \\ b - a = 3 & \text{«} \quad b - a = 4 \\ b - c = 3 & \text{«} \quad b - c = 4 \\ c - a = 6 & \text{«} \quad c - a = 7 \\ c - b = 3 & \text{«} \quad c - b = 4 \end{array}$$

*Accord Diminué
Accord Mineur
Accord Majeur*

Cet ensemble référentiel, qui comporte 36 éléments, sera noté E :

$$E = \left\{ \begin{array}{cccccccccccc} \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{2} & \boxed{2} & \boxed{2} & \boxed{3} & \boxed{3} & \boxed{3} & \dots \\ \boxed{6} & \boxed{7} & \boxed{7} & \boxed{7} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{10} & \boxed{10} & \dots \\ \boxed{6} & \boxed{7} & \boxed{7} & \boxed{7} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{10} & \boxed{10} & \dots \\ \boxed{3} & \boxed{3} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{6} & \boxed{6} & \boxed{6} & \boxed{7} & \dots & \dots \\ \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{2} & \boxed{2} & \boxed{2} & \boxed{3} & \boxed{3} & \boxed{3} & \dots \\ \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{2} & \boxed{2} & \boxed{2} & \boxed{3} & \boxed{3} & \boxed{3} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{6} & \boxed{6} & \boxed{6} & \boxed{7} & \boxed{7} & \dots \\ \dots & \boxed{10} & \boxed{11} & \boxed{11} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{2} & \dots \\ \dots & \boxed{10} & \boxed{11} & \boxed{11} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{2} & \dots \\ \dots & \boxed{7} & \boxed{7} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{10} & \boxed{10} & \boxed{10} & \dots \\ \dots & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{6} & \boxed{6} & \boxed{6} & \boxed{7} & \boxed{7} & \dots \\ \dots & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{6} & \boxed{6} & \boxed{6} & \boxed{7} & \boxed{7} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{10} & \boxed{10} & \boxed{10} & \boxed{11} & \boxed{11} & \dots \\ \dots & \boxed{2} & \boxed{3} & \boxed{3} & \boxed{3} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{6} & \dots \\ \dots & \boxed{2} & \boxed{3} & \boxed{3} & \boxed{3} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{5} & \boxed{6} & \dots \\ \dots & \boxed{11} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{2} & \boxed{2} & \boxed{3} & \dots \\ \dots & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{10} & \boxed{10} & \boxed{10} & \boxed{11} & \boxed{11} & \dots \\ \dots & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{8} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{9} & \boxed{10} & \boxed{10} & \boxed{10} & \boxed{11} & \boxed{11} & \dots \end{array} \right\}$$

Musicalement parlant, ces éléments représentent les 36 « accords de trois sons, diminués, mineurs ou majeurs » bâtis sur les 12 sons de la gamme chromatique tempérée. Pour des raisons qui seront évidentes par la suite, nous y avons doublé la « quinte » (lettre c) et triplé la « fondamentale » (lettre a). La « tierce » (lettre b) n'y figure qu'une fois.

Si nous numérotions de 1 à 36 les éléments de l'ensemble E, la sélection des colonnes de rang 3, 8, 14, 18, 24, 29 et 34 constituera, par définition, le sous-ensemble mélodico-harmonique d'ut majeur. Ce sous-ensemble sera noté $\hat{0}$ (« tonalité d'ut majeur ») :

$$\hat{0} = \left\{ \begin{array}{cccccccc} \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \dots \\ \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{5} & \dots \\ \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{5} & \dots \\ \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{2} & \dots \\ \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \dots \\ \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \dots \end{array} \right\}$$

*DO Majeur
RE mineur
MI mineur
FA Majeur
SOL Majeur
LA mineur
Si... Diminué*

L'addition modulo 12 d'une des quantités 1, 2, ..., 11 à chaque chiffre des colonnes du sous-ensemble $\hat{0}$ génère l'un des sous-ensembles $\hat{1}, \hat{2}, \hat{3}, \dots, \hat{11}$. Par exemple, l'addition de 7 donne (« tonalité de sol majeur ») :

$$\text{Sol Majeur } \hat{7} = \left\{ \begin{array}{cccccccc} \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{6} & \dots \\ \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{6} & \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \boxed{0} & \dots \\ \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{6} & \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \boxed{0} & \dots \\ \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{6} & \boxed{7} & \boxed{9} & \dots \\ \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{6} & \dots \\ \boxed{7} & \boxed{9} & \boxed{11} & \boxed{0} & \boxed{2} & \boxed{4} & \boxed{6} & \dots \end{array} \right\}$$

Nous considérerons donc en tout, y compris le sous-ensemble $\hat{0}$, douze sous-ensembles. Chacune des colonnes de ces douze sous-ensembles appartient à E.

Pour simplifier la notation, nous serons amenés par la suite à désigner une colonne, élément de l'ensemble E, par un couple de parenthèses contenant le chiffre a qui figure aux extrémités de cette colonne. En outre, les colonnes de l'ensemble E étant numérotées de 0 à 35, nous ferons figurer à droite de la parenthèse un des trois indices 0, 1 ou 2, suivant que la colonne considérée sera du type d'une des trois colonnes de rang 0, 1 ou 2 dans l'ensemble E. Avec cette convention, nous aurons toujours, en calculant modulo-12, pour une colonne d'indice 0 :

$$\begin{array}{ll} b - a = 3 \\ c - a = 6 \end{array} \quad (\text{accord « diminué »),$$

pour une colonne d'indice 1 :

$$\begin{array}{ll} b - a = 3 \\ c - a = 7 \end{array} \quad (\text{accord « mineur »),$$

pour une colonne d'indice 2 :

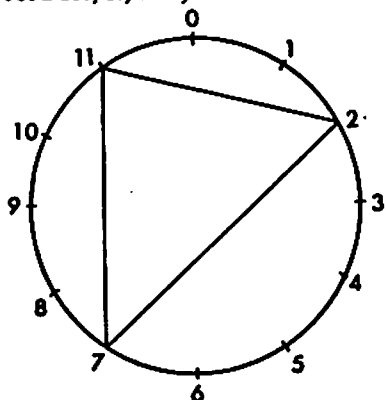
$$\begin{array}{ll} b - a = 4 \\ c - a = 7 \end{array} \quad (\text{accord « majeur »).$$

Les exemples suivants familiariseront le lecteur avec cette notation simplifiée des colonnes :

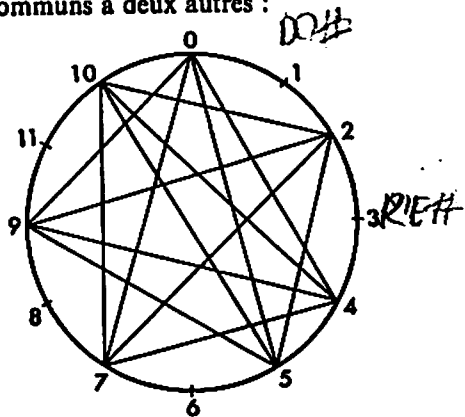
$$\begin{array}{c} (0)_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 7 \\ 7 \\ 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\ \text{MAG.} \end{array} \quad \begin{array}{c} (2)_1 = \begin{bmatrix} 2 \\ 9 \\ 9 \\ 5 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix} \\ \text{MIN.} \end{array} \quad \begin{array}{c} (4)_0 = \begin{bmatrix} 4 \\ 10 \\ 10 \\ 7 \\ 4 \\ 4 \end{bmatrix} \\ \text{DIM} \end{array}$$

(« accord majeur sur *ut* ») (« accord mineur sur *ré* ») (« accord diminué sur *mi* »).

2. Le calcul modulo 12 nous amène à considérer la gamme chromatique tempérée comme isomorphe à un dodécagone régulier de sommets 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. Compte non tenu des redoublements de chiffres, une colonne quelconque de l'ensemble **E** est donc isomorphe à un triangle de sommets *a, b, c*. Par exemple la colonne $(7)_2$ est isomorphe au triangle de sommets 7, 11, 2 (« accord *sol, si, ré* ») :



Le sous-ensemble $\hat{0}$ est donc isomorphe à un sous-ensemble de 7 triangles inclus dans l'ensemble des 36 triangles de l'ensemble **E**. Deux des côtés de chaque triangle sont communs à deux autres :



On constate que les rotations de $\frac{5\pi}{6}$ ou de $\frac{7\pi}{6}$ conservent 4 triangles et en font apparaître 3 nouveaux utilisant un seul nouveau sommet, que les rotations de $\frac{\pi}{3}$ et $\frac{5\pi}{3}$ conservent 2 triangles et en font apparaître 5 nouveaux, utilisant deux nouveaux sommets. Aucun triangle n'est conservé dans les autres rotations possibles. Autrement dit, en additionnant modulo 12 les quantités 5 ou 7 à chacun des chiffres *a, b, c* de chaque colonne du sous-ensemble $\hat{0}$, nous créons trois nouvelles colonnes et nous en conservons 4 :

sous-ensemble $\hat{0}$		sous-ensemble $\hat{7}$
(0, 4, 7)	$\xrightarrow{+7}$	(7, 11, 2)
(2, 5, 9)	$\xrightarrow{+7}$	(9, 0, 4)
(4, 7, 11)	$\xrightarrow{+7}$	(11, 2, 6)
(5, 9, 0)	$\xrightarrow{+7}$	(0, 4, 7)
(7, 11, 2)	$\xrightarrow{+7}$	(2, 6, 9)
(9, 0, 4)	$\xrightarrow{+7}$	(4, 7, 11)
(11, 2, 5)	$\xrightarrow{+7}$	(6, 9, 0)

La rotation ci-dessus conserve les triangles (0, 4, 7), (4, 7, 11), (7, 11, 2) et (9, 0, 4) et fait apparaître les triangles (2, 6, 9), (6, 9, 0) et (11, 2, 6) utilisant le sommet 6 qui ne figure pas dans le sous-ensemble $\hat{0}$.

Le sous-ensemble des triangles conservés au cours d'une rotation $\frac{nk\pi}{12}$ sera nommé *intersection* entre le sous-ensemble $\hat{X}$ et le sous-ensemble $\hat{X} + n$, ($0 \leq n \leq 11$). Nous pourrions écrire par exemple, en utilisant la notation des colonnes décrite plus haut :

$$\hat{0} \cap \hat{7} = \{ (0)_2, (4)_1, (7)_2, (9)_1 \}$$

$$\hat{2} \cap \hat{4} = \{ (6)_1, (9)_2 \}.$$

En effet, on a :

$$\begin{aligned} \hat{2} \cap \hat{4} &= \left\{ \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \\ 2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 11 \\ 7 \\ 4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 9 \\ 6 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 2 \\ 11 \\ 7 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 4 \\ 1 \\ 9 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 6 \\ 2 \\ 11 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 7 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix} \right\} \cap \left\{ \begin{bmatrix} 11 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 9 \\ 6 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 3 \\ 11 \\ 8 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 4 \\ 1 \\ 9 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 6 \\ 3 \\ 11 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 8 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \\ 3 \end{bmatrix} \right\} \\ &= \{ (6)_1, (9)_2 \}. \end{aligned}$$

De même la réunion de deux sous-ensembles $\hat{X}$ et $\hat{X} + n$ sera le sous-ensemble des triangles appartenant à $\hat{X}$ et à $\hat{X} + n$:

$$\hat{0} \cup \hat{7} = \left\{ \begin{bmatrix} 7 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 9 \\ 5 \\ 2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \\ 2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 11 \\ 7 \\ 4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 9 \\ 5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 9 \\ 6 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 2 \\ 11 \\ 7 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 9 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 5 \\ 2 \\ 11 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 6 \\ 2 \\ 11 \end{bmatrix} \right\}$$

Nous avons vu que pour $n \neq 5, n \neq 7, n \neq 2, n \neq 10$, l'intersection entre $\hat{X}$ et $\hat{X} + n$ est vide ce que nous exprimerons par le symbole $\emptyset$:

$$\hat{2} \cap \hat{3} = \{\emptyset\}.$$

Etant donné un sous-ensemble $\hat{X} \subset E$, nous nommerons la famille des sous-ensembles $\hat{X} + 2, \hat{X} + 5, \hat{X} + 7$ et $\hat{X} + 10$ le voisinage de $\hat{X}$.

③ Pour constituer une « polyphonie à quatre voix », nous nous efforcerons en premier lieu d'élaborer 4 lignes (voir chapitre préliminaire) à partir des colonnes, éléments des 12 sous-ensembles $\hat{0}, \hat{1}, \hat{2}, \dots, \hat{11}$, dont les relations ont été exposées ci-dessus. Il nous faut auparavant définir, sur une colonne de type $a a b c c a$, telle qu'elle figure dans l'ensemble E, dix transformations qui seront désignées par un indice de 0 à 9. Chacune de ces transformations remplace deux chiffres de la colonne par deux points :

$$a a b \bullet \bullet a$$

et, pour certaines, remplace certains nombres par d'autres :

$$a a b + 1 c \bullet \bullet$$

Les indices de 0 à 9 qui désignent ces transformations seront dits indices-morphologiques. Les colonnes seront, comme plus haut, désignées par la lettre a , même si ce chiffre est remplacé par un autre en conformité avec une transformation résultant de l'indice morphologique. Les chiffres d'une colonne sont numérotés de 0 à 5, comme suit :

$$\begin{array}{cccccc} a & a & b & c & c & a \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array}$$

L'indice 0 indique, pour une colonne quelconque appartenant à l'ensemble E, le remplacement, par deux points, des chiffres c et a qui figurent aux rangs 4 et 5 de la colonne :

$$\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 4 & 7 & 7 & 0 \\ 8 & 8 & 11 & 3 & 3 & 8 \end{array} \rightarrow \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 4 & 7 & \bullet & \bullet \\ 8 & 8 & 11 & 3 & \bullet & \bullet \end{array}$$

L'indice 1 indique le remplacement, par deux points, des chiffres b et a qui figurent aux rangs 2 et 5 de la colonne et l'addition modulo 12 de la quantité 4 au chiffre a qui figure au rang 0 :

$$\begin{array}{ccc} 9 & 9 & 0 & 4 & 4 & 9 \\ 4 & 4 & 7 & 11 & 11 & 4 \end{array} \rightarrow \begin{array}{ccc} 1 & 9 & \bullet & 4 & 4 & \bullet \\ 8 & 4 & \bullet & 11 & 11 & \bullet \end{array}$$

Voici la liste complète des transformations désignées par les 10 indices :

Colonne avant transformation :	$\hat{0}$	$\hat{1}$	$\hat{2}$	$\hat{3}$	$\hat{4}$	$\hat{5}$
	a	a	b	c	c	a
Indice 0	a	a	b	c	$\bullet$	$\bullet$
Indice 1	$a + 4$	a	$\bullet$	c	c	$\bullet$
Indice 2	a	$\bullet$	b	c	c	$\bullet$
Indice 3	b	a	$\bullet$	c	c	$\bullet$
Indice 4	b	a	$\bullet$	c	$\bullet$	a
Indice 5	b	a	b	c	$\bullet$	$\bullet$
Indice 6	c	a	b	c	$\bullet$	$\bullet$
Indice 7	a	a	$b + 1$	c	$\bullet$	$\bullet$
Indice 8	a	a	$b - 1$	c	$\bullet$	$\bullet$
Indice 9	$a + 1$	$\bullet$	b	c	$c + 3$	$\bullet$

Nous commencerons par l'élaboration de lignes à partir de colonnes exclusivement tirées du sous-ensemble $\hat{0}$, nous réservant d'étendre plus loin la prospection à tout l'ensemble E. Nous noterons donc les colonnes uniquement par le chiffre a qui pourra prendre les valeurs 0, 2, 4, 5, 7, 9, 11.

Enchaîner une colonne A appartenant au sous-ensemble $\hat{0}$ à une seconde colonne B appartenant au même sous-ensemble, la colonne A ayant subi une des dix transformations indiquées par un indice morphologique i , la colonne B ayant subi également une des dix transformations indiquées par un indice morphologique j , c'est opérer, sur les rangs des chiffres a, b, c, c, a (rangs 1, 2, 3, 4, 5)

Concaterne - Connettere

de la colonne B_j une certaine permutation. Par définition, cette permutation n'affectera que les rangs 1, 2, 3, 4, 5 numérotés, pour cette opération seulement 5, 4, 3, 2, 1. L'enchaînement sera noté :

$$A_i \quad P_k \quad B_j, \quad (0 \leq i, j \leq 9), \quad (k \geq 0).$$

Nous verrons que deux enchaînements peuvent se suivre si la deuxième colonne du premier est la même et a le même indice morphologique que la première colonne du deuxième. Nous noterons donc une suite d'enchaînements ou séquence :

$$\begin{array}{ccc} A_1 & P0 & B_j \\ B_j & P1 & C_k \\ C_k & P2 & D_l \\ D_l & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & X_x \\ X_x & P(n-2) & Y_y \\ Y_y & P(n-1) & Z_z, \end{array} \quad (0 \leq i, j, k, \dots \leq 9).$$

La permutation à opérer dans l'ordre des lignes de la seconde colonne d'un enchaînement est désignée par un nombre de 0 à 119 en correspondance avec l'ensemble des permutations de 5 objets, classé alphabétiquement :

permutation n°	0	1	2	3	4	5
		1	2	3	5	4
		2	1	2	4	3
		3	1	2	4	5
		4	1	2	5	3
		5	1	2	5	4
		6	1	3	2	4
		...	...	...	...	...
		...	...	...	...	...
	118	5	4	3	1	2
	119	5	4	3	2	1

Les enchaînements entre colonnes du sous-ensemble $\hat{O}$ sont réunis à la page 75. Ils constituent un dictionnaire dont chaque mot est nommé *bigramme*. Pour des raisons de programmation, les permutations y sont désignées par des nombres de 00 à 99. L'usage montre en effet que ces 100 premières permutations sont amplement suffisantes pour rendre compte de tous les enchaînements utilisés dans la pratique.

Les bigrammes de la page 75 se présentent comme des mots de 10 chiffres chacun. Les deux premiers chiffres désignent, par 00, 02, 04, 05, 07, 09, 11 une des colonnes du sous-ensemble $\hat{O}$. Le troisième désigne l'indice morphologique (de 0 à 9) qui transformera cette colonne pour lui donner sa forme définitive. Le quatrième et le cinquième désignent, de 00 à 99, la permutation à faire subir

aux rangs 1, 2, 3, 4, 5 de la seconde colonne du bigramme. Les trois suivants désignent, à la façon des trois premiers pour la première colonne, quelle est la seconde et quelle est sa forme. Nous verrons par la suite quelle est la signification des deux derniers chiffres.

Prenons comme exemple le bigramme

0 5 0 0 5 0 0 8 5 0.

Il signifie que la colonne $(5)_2$ du sous-ensemble $\hat{O}$, dans la forme 0 (troisième chiffre), est enchaînée par la permutation n° 5 (1-2-5-4-3) à la colonne $(0)_2$ du même sous-ensemble, dans la forme 8. Autrement dit, les chiffres et les points de la colonne A du bigramme :

rangs : (0) 5 4 3 2 1
A

5	5	9	0	•	•
---	---	---	---	---	---

étant numérotés de droite à gauche 1, 2, 3, 4, 5, ceux de la colonne B

rangs : (0) 3 4 5 2 1
B

0	0	3	7	•	•
---	---	---	---	---	---

doivent être écrits dans l'ordre 1, 2, 5, 4, 3, également de droite à gauche, pour réaliser, rang par rang, l'enchaînement suivant :

rangs de A (0) 5 4 3 2 1
A

5	5	9	0	•	•
---	---	---	---	---	---

B

0	7	3	0	•	•
---	---	---	---	---	---

rangs de B (0) 3 4 5 2 1

qu'on lira verticalement 5 < 0, 5 < 7, 9 < 3, 0 < 0. Nous avons déjà indiqué que deux bigrammes peuvent se suivre lorsque la première colonne du deuxième est la même et a le même indice morphologique que la seconde colonne du premier. Nous sommes ainsi amenés à constituer des séquences comme la suivante :

0 0 0	0 4	0 2 5
0 2 5	0 4	0 5 8
0 5 8	0 3	0 0 6
0 0 6	0 3	0 7 0
0 7 0	0 4	0 0 0

La première colonne d'un bigramme de rang quelconque est toujours considérée comme étant, par rapport à la seconde, dans l'ordre 1, 2, 3, 4, 5. Lorsque la

seconde aura été permutée, elle sera, par rapport à celle qui la suivra, considérée à son tour comme étant dans l'ordre 1, 2, 3, 4, 5, et ainsi de suite, étant bien entendu qu'on écrit ces permutations *de droite à gauche* (5, 4, 3, 2, 1 au lieu de 1, 2, 3, 4, 5). Il convient donc de comparer chaque permutation, désignée, dans un bigramme, par son numéro d'ordre, à la permutation-unité 1 2 3 4 5 et de faire suivre chaque chiffre de la permutation précédente du chiffre indiquant quel rang occupe ce chiffre dans la permutation traitée. Ainsi, pour la première permutation 04 de la séquence ci-dessus, on écrit d'abord la permutation unité 1 2 3 4 5 qui indique le rang de droite à gauche des chiffres de la première colonne du premier bigramme. Puis on compare la permutation 04, c'est-à-dire 1 2 5 3 4 à la permutation unité :

1 2 3 4 5
1 2 5 3 4

en disant :

- 1 occupe le rang 1, donc 1 sera suivi de 1
- 2 occupe le rang 2, donc 2 sera suivi de 2
- 5 occupe le rang 3, donc 5 sera suivi de 3
- 3 occupe le rang 4, donc 3 sera suivi de 4
- 4 occupe le rang 5, donc 4 sera suivi de 5

Ecrivant ces résultats à la suite de 1 2 3 4 5, on obtient l'ordre des lignes de la seconde colonne du premier bigramme :

1 2 3 4 5
1 2 4 5 3

Supposons maintenant que le bigramme suivant soit 0 2 5 0 5 0 7 0. La permutation 05 c'est-à-dire 1 2 5 4 3, comparée à son tour à la permutation unité, donnera lieu au calcul suivant :

1 2 3 4 5
1 2 5 4 3

- 1 occupe le rang 1, donc 1 sera suivi de 1
- 2 occupe le rang 2, donc 2 sera suivi de 2
- 5 occupe le rang 3, donc 5 sera suivi de 3
- 4 occupe le rang 4, donc 4 sera suivi de 4
- 3 occupe le rang 5, donc 3 sera suivi de 5,

ce qui permet d'obtenir l'ordre des chiffres contenus dans les 3 colonnes de ce début de séquence :

0 0 0 0 4 0 2 5
0 2 5 0 5 0 7 0

de la façon suivante, en tenant compte des deux permutations 04 et 05 :

1 2 3 4 5
1 2 4 5 3
1 2 4 3 5

On obtient ainsi, pour la séquence de bigrammes citée plus haut, soit

0 0 0 0 4 0 2 5
0 2 5 0 4 0 5 8
0 5 8 0 3 0 0 6
0 0 6 0 3 0 7 0
0 7 0 0 4 0 0 0

l'ordre suivant :

1 2 3 4 5
1 2 4 5 3
1 2 5 3 4
1 2 4 5 3
1 2 3 4 5
1 2 4 5 3

Par ailleurs, les chiffres qui désignent les colonnes (successivement 0, 2, 5, 0, 7, 0) nous permettent d'en noter les chiffres en les prélevant dans l'ensemble $\hat{0}$:

	a	a	b	c	c	a
Colonne A	0	0	4	7	7	0
B	2	2	5	9	9	2
C	5	5	9	0	0	5
D	0	0	4	7	7	0
E	7	7	11	2	2	7
F	0	0	4	7	7	0

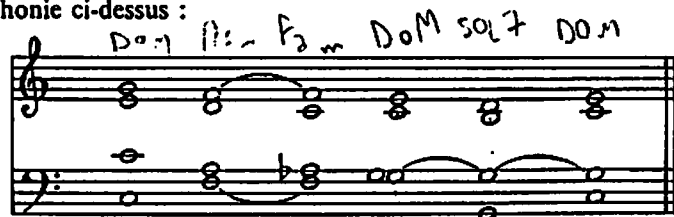
Les indices morphologiques (successivement 0, 5, 8, 6, 0, 0) feront subir à ces colonnes les transformations suivantes :

	a	a	b	c	c	a
A	0	0	4	7	•	•
B	5	2	5	9	•	•
C	5	5	8	0	•	•
D	7	0	4	7	•	•
E	7	7	11	2	•	•
F	0	0	4	7	•	•

Opérant alors les permutations indiquées dans les résultats obtenus plus haut, nous pouvons écrire finalement :

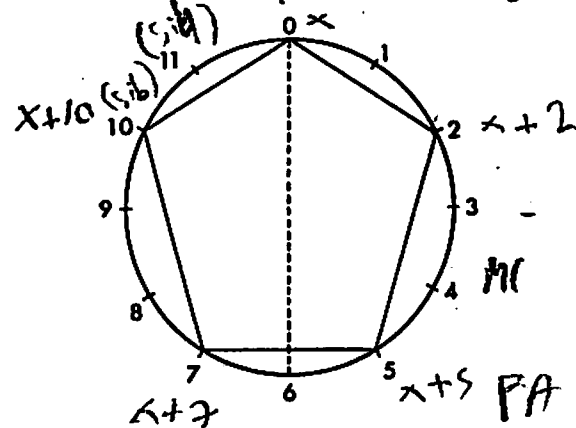
A	0	0	4	7	•	•	5 4 3 2 1
B	5	9	2	5	•	•	3 5 4 2 1
C	5	8	0	5	•	•	4 3 5 2 1
D	7	7	0	4	•	•	3 5 4 2 1
E	7	7	11	2	•	•	5 4 3 2 1
F	0	7	0	4	•	•	3 5 4 2 1

Les lignes de ce résultat final (n'oublions pas que, par lignes, nous désignons des listes de sons écrites verticalement) représentent, de gauche à droite, la « basse », le « ténor », l'« alto » et le « soprano » d'une polyphonie en accords consonnants, dont les sons seront localisés dans des « octaves » au cours d'une opération qui définira les unités de second ordre (douzaines) de chacune des unités de premier ordre ainsi obtenues. A-titre de curiosité, voici, en notation traditionnelle, supposant faite la localisation dans des « octaves », l'aspect de la polyphonie ci-dessus :



7	5	5	4	2	4
4	2	0	0	11	0
0	9	8	7	7	7
0	5	5	7	7	0

④ Nous nommerons voisinage à gauche d'un sous-ensemble $\hat{X}$ la famille des sous-ensembles $\hat{X} + 7$ et $\hat{X} + 10$, voisinage à droite du même sous-ensemble, la famille des sous-ensembles $\hat{X} + 2$ et $\hat{X} + 5$. Nous mettons ainsi en évidence l'axe de symétrie du pentagone de voisinage, de sommets x , $x + 2$, $x + 5$, $x + 7$, $x + 10$. Pour $x = 0$ par exemple nous avons la figure suivante :



Comme dans le cas des sous-ensembles $\hat{0}, \hat{1}, \dots, \hat{11}$, on constate que les rotations de $\frac{5\pi}{6}$ et $\frac{7\pi}{6}$ sont celles qui conservent le plus grand nombre de sommets, soit 4, les sommets nouveaux étant respectivement $x + 3$ et $x + 9$.

Une colonne (x) , appartenant à un sous-ensemble $\hat{X}$, constituée par les mêmes chiffres qu'une colonne appartenant à un sous-ensemble $\hat{X} + n$ du pentagone de voisinage, à droite ou à gauche, occupe dans chacun d'eux des rangs différents. Ainsi, par exemple, la colonne (7) qui, dans le sous-ensemble $\hat{0}$, occupe le rang 5 (si l'on compte les rangs de 1 à 7), occupe dans le sous-ensemble $\hat{7}$, le rang 1, dans le sous-ensemble $\hat{2}$, le rang 4. Nous dirons qu'elle a, dans les sous-ensembles $\hat{0}, \hat{7}, \hat{1}$, respectivement les fonctions 5, 1 et 4. Autrement dit, en abandonnant la notion de rang pour celle de correspondance avec les colonnes du sous-ensemble $\hat{0}$, nous constatons que la colonne (7) a, en $\hat{0}$, la fonction qu'a la colonne (0) en $\hat{0}$, qu'elle a, en $\hat{2}$, la fonction qu'a la colonne (5) dans ce même sous-ensemble. Nous sommes ainsi amenés à dresser le tableau suivant, où (entrée horizontale), étant donné, d'une part une colonne représentée par un chiffre $x + n$, la lettre n pouvant prendre les valeurs 0, 2, 4, 5, 7, 9, et x l'une quelconque des valeurs de 0 à 11, d'autre part (entrée verticale) un sous-ensemble et son voisinage, on trouve à l'intersection de la ligne et de la colonne correspondantes, la fonction de la colonne $x + n$ dans le sous-ensemble $\hat{0}$:

	$\hat{X} + 7$	$\hat{X} + 10$	$\hat{X}$	$\hat{X} + 2$	$\hat{X} + 5$
$(x + 0)$	(5)	(2)	(0)	(10)	(7)
$(x + 2)$	(7)	(4)	(2)	(0)	(9)
$(x + 4)$	(9)	(6)	(4)	(2)	(11)
$(x + 5)$	(10)	(7)	(5)	(3)	(0)
$(x + 7)$	(0)	(9)	(7)	(5)	(2)
$(x + 9)$	(2)	(11)	(9)	(7)	(4)

Pour $x = 3$, par exemple, on voit que la colonne $(x + 4) = (7)$ a, dans le sous-ensemble $\hat{X} + 7 = \hat{10}$ la fonction (9).

Si, au cours de la constitution d'une séquence, la seconde colonne (x) d'un bigramme de rang n (établi par définition dans le sous-ensemble $\hat{0}$) est aussi élément d'un des sous-ensembles, soit $\hat{0} + k$, qui constituent le voisinage de $\hat{0}$, elle pourra, en devenant première colonne du bigramme de rang $n + 1$, être traitée, soit selon la fonction qu'elle a dans le sous-ensemble $\hat{0}$, soit selon celle qu'elle a en $\hat{0} + k$. Dans le premier cas, le bigramme de rang $n + 1$ sera

prélevé dans le dictionnaire parmi ceux dont les premiers chiffres désignent x , suivant la méthode exposée plus haut. Dans le second cas, le bigramme de rang $n + 1$ sera prélevé parmi ceux dont les premiers chiffres désignent la colonne qui, dans le sous-ensemble $\hat{O}$, a la fonction qu'a (x) en $\hat{O} + k$. Prenons un exemple : soit le bigramme

0 5 3 1 6 0 9 0

qui enchaîne les colonnes (5) et (9) du sous-ensemble $\hat{O}$. La colonne (9) peut être considérée comme faisant partie du sous-ensemble $\hat{O}$, avec la fonction (9). Dans ce cas, le bigramme suivant sera cherché à 090. La colonne (9) peut aussi être considérée comme ayant, dans le sous-ensemble $\hat{O} + 7 = \hat{7}$, la fonction qu'a la colonne $(7 + 2) = (9)$ dans le sous-ensemble $\hat{O}$. Au croisement de la ligne ($x + 9$) et de la colonne $\hat{X} + 7$ du tableau ci-dessus, nous trouvons (2), et nous chercherons le bigramme de rang $n + 1$ à 020. Prélevant alors, par exemple, le bigramme 0 2 0 1 0 0 7 3, nous noterons que le sous-ensemble $\hat{O}$ a subi une rotation de $\frac{7\pi}{6}$, et nous additionnerons la quantité 7 (mod. 12) à tous les chiffres de la colonne (7), deuxième du bigramme de rang $n + 1$:

7 7 11 2 2 7

pour obtenir :

2 2 6 9 9 2

Les rotations successives subies par les bigrammes s'additionnent ainsi modulo 12, et l'on a, n étant le rang d'un bigramme, $\hat{E}_n$ le sous-ensemble de rang n :

$$\sum_0^n R_n = \hat{E}_n$$

Pratiquement, étant donné un bigramme de rang n de la forme

$A_i \quad P_m \quad B_j$,

on cherchera, dans le dictionnaire, le bigramme de rang $n + 1$ à B_j , à $(B + x)_j$ ou à $(B + y)_j$, suivant qu'on voudra rester dans le sous-ensemble $\hat{O}$ (rotation nulle), passer par rotation de $\frac{x\pi}{6}$ dans l'ensemble $\hat{X}$ ou, par rotation de $\frac{y\pi}{6}$ dans l'ensemble $\hat{Y}$. La sommation modulo 12 des rotations successives indique, à chaque niveau, le sous-ensemble dans lequel figure la colonne d'un rang quelconque. Soit, par exemple, la séquence suivante :

Rang	Bigrammes	Valeur des Rotations			Sous-ensembles
0	0 0 0 0 4 0 2 0	0	+	0	
1	0 2 0 5 0 0 0 4	0	+	0	(0 + 0 = 0)
2	0 5 4 4 2 0 7 9	7	+	7	(0 + 7 = 7)
3	0 7 9 1 8 0 9 0	0	+	7	(7 + 0 = 7)
4	0 2 0 0 4 0 4 7	7	+	2	(7 + 7 = 2)
5	0 4 7 0 4 0 9 0	0	+	2	(2 + 0 = 2)
6	0 9 0 0 3 0 5 0	0	+	2	(2 + 0 = 2)
7	0 5 0 0 3 0 0 0	0	+	2	(2 + 0 = 2)

Les colonnes définies par cette séquence sont :

0 0 0 4 7 7 0
 8 2 2 5 9 9 2
 16 0 0 4 7 7 0
 24 7 7 11 2 2 7
 32 9 9 0 4 4 9
 40 4 4 7 11 11 4
 48 9 9 0 4 4 9
 56 5 5 9 0 0 5
 64 0 0 4 7 7 0

Compte tenu de la sommation des rotations indiquée dans la colonne « sous-ensembles », elles seront, à partir de la deuxième, augmentées respectivement des quantités 0, 0, 7, 7, 2, 2, 2, 2 pour se transformer en :

0 0 4 7 7 0
 2 2 5 9 9 2
 0 0 4 7 7 0
 2 2 6 9 9 2
 4 4 7 11 11 4
 6 6 9 1 1 6
 11 11 2 6 6 11
 7 7 11 2 2 7
 2 2 6 9 9 2

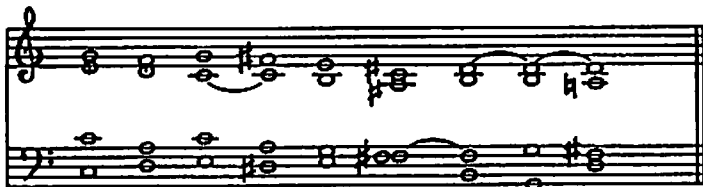
Elles seront ensuite transformées suivant les indications fournies par les indices morphologiques (0, 0, 4, 9, 0, 7, 0, 0, 0)

0 0 4 7 . .
 2 2 5 9 . .
 4 0 . 7 . 0
 3 . 6 9 0 .
 4 4 7 11 . .
 6 6 10 1 . .
 11 11 2 6 . .
 7 7 11 2 . .
 2 2 6 9 . .

puis permutes en conformité avec les numéros d'ordre des permutations (04, 50, 42, 48, 04, 04, 03, 03) pour donner enfin :

0	0	0	4	7	...
1	2	9	2	5	...
2	4	0	0	7	...
3	3	9	0	6	...
4	4	7	11	4	...
5	6	6	10	1	...
6	11	6	11	2	...
7	7	7	11	2	...
8	2	6	9	2	...

soit, en notation traditionnelle :



0 1 2 3 4 5 6 7 8

Pratiquement, on se bornera à pratiquer les rotations suivantes :

Pour la colonne	(0) ₂	0	5	7
"	"	(2) ₁	0	7
"	"	(4) ₁	0	
"	"	(5) ₂	0	2 7
"	"	(7) ₂	0	5 10
"	"	(9) ₁	0	5
"	"	(11) ₀	0	

Les rotations $\frac{\pi}{3}$ et $\frac{5\pi}{3}$ à partir des colonnes (5)₂ et (7)₂ pourront être affectées, comme nous le verrons par la suite, d'une probabilité d'apparition plus faible que les rotations $\frac{5\pi}{6}$ et $\frac{7\pi}{6}$.

De plus, la rotation sera (ou pourra être) nulle pour tous les bigrammes de rang pair, et le premier bigramme commencera obligatoirement par 000.

5. L'ensemble des trois premiers chiffres d'un bigramme se nomme entrée, l'ensemble des sixième, septième et huitième chiffres se nomme sortie.

A la droite des trois chiffres qui désignent sa sortie, 2 chiffres complètent un bigramme. Ils sont nommés indice de probabilité d'apparition. Pour une même entrée dans plusieurs bigrammes, ces indices vont en croissant de 00 à 99. La différence entre l'indice d'un bigramme de rang n du dictionnaire doit être considérée comme le numérateur d'une fraction de dénominateur 100, indiquant la probabilité d'apparition affectée (arbitrairement ou en conformité avec des études statistiques sur des textes) au bigramme de rang $n - 1$, comme si 100 bigrammes de même entrée figuraient effectivement dans la liste. Les

bigrammes d'indice 99 n'apparaissent donc jamais (leurs autres chiffres sont des zéros) et ne figurent dans le dictionnaire que pour fournir le premier terme d'une soustraction, dont le résultat indique la probabilité d'apparition du bigramme qui les précède.

Il va sans dire que la liste des bigrammes (arrêtée ici aux 455 mots de la page 75) n'est pas immuable : chacun pourra la modifier à son gré en tenant compte cependant du fait qu'à chaque sortie doivent obligatoirement correspondre des entrées en conformité avec chacune des rotations possibles : à 004 (sortie) par exemple, doivent obligatoirement répondre 074 et 054 (entrées).

Les indices de probabilité pourront évidemment être modifiés également d'une exploitation du programme à l'autre.

6. Les calculs exposés dans les §§ précédents permettent d'établir une polyphonie de quatre lignes, contenant, dans chaque ligne, le même nombre de chiffres. Musicalement parlant, nous avons « enchaîné des accords consonnants à quatre parties » avec possibilités de « modulation ». Dans les §§ suivants, deux nombres consécutifs de cette polyphonie occuperont, dans chaque ligne, deux positions séparées par 7 positions vides matérialisées par des points (en machine, nous le verrons, ces 7 positions seront occupées par le nombre 96, qui, divisé plus tard par 12, donnera 8.00, symbole du silence). Il résulte de ce qui précède que $n - 1$ bigrammes fournissent n colonnes. Nous aurons donc en tout $8n$ positions que nous numérotions de 0 à $8n - 1$. Ce nombre étant désigné en machine par le symbole NKK, nous l'utiliserons dès maintenant.

Pour trois colonnes, comptées de 0 à 2, par exemple, la partition a, à ce stade des calculs, l'aspect suivant :

Rang des positions	0	0	0	4	7	Rang des colonnes ($n = 0$)
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
8	7	11	2	7		($n = 1$)
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
16	4	0	0	7		($n = 2$)
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	

NKK = 23

7. Nous nommerons segment de ligne, de limites respectivement inférieure et supérieure a et b , la partie de cette ligne dont les positions a et b sont les positions extrêmes, respectivement en haut et en bas. Deux segments $S1$ et $S2$ sont dits parallèles lorsque, leurs limites étant les mêmes, la différence entre les deux nombres en a est égale à la différence entre les deux nombres en b . Cette différence est calculée modulo 12 en soustrayant le nombre qui occupe la ligne d'ordre le plus bas de celui qui occupe la ligne d'ordre le plus élevé, les lignes étant comptées de gauche à droite, de 0 à 3. La valeur de cette différence est nommée *distance* des segments $S1$ et $S2$. Deux segments de longueur 8, dont les différences en a et b sont respectivement 6 et 7 sont considérés comme parallèles et distants de 7 :

$$\begin{array}{ccc} 6 & 0 & 0 - 6 = 6 \pmod{12} \\ \vdots & \vdots & \\ \vdots & \vdots & \\ \vdots & \vdots & \\ \vdots & \vdots & \\ \vdots & \vdots & \\ 7 & 2 & 2 - 7 = 7 \pmod{12} \end{array}$$

La distance entre deux segments de longueur 8 doit obéir à certaines lois qui ne sont pas toujours respectées dans les résultats des opérations précédentes. Le but de l'opération suivante est de rendre tous les segments de longueur 8 conformes à ces lois.

Soient $S1$ et $S2$ deux segments de longueur 8, a et b les positions limites de ces segments, le numéro d'ordre de la ligne à laquelle appartient $S1$ étant supposé inférieur à celui de la ligne à laquelle appartient $S2$. Soient $S1(a)$ et $S1(b)$, $S2(a)$ et $S2(b)$ les nombres qui occupent les positions limites de ces segments. Les implications suivantes doivent être respectées pour tout segment de longueur 8, entre tous les couples de lignes :

- (1) $\{ S2(a) - S1(a) = 6 \} \Rightarrow \{ S2(b) - S1(b) \neq 7 \}$
 (2) $\{ S2(a) - S1(a) = 7 \} \Rightarrow \{ S2(b) - S1(b) \neq 7 \}$
 (3) $\{ S2(a) - S1(a) = 0 \} \Rightarrow \{ S2(b) - S1(b) \neq 0 \}$.

Cependant, pour l'implication (3), si $S1(b) = S1(a)$, il n'y a pas disposition défectueuse, et l'on peut écrire l'implication 3 bis :

$$\{ \{ S2(a) - S1(a) = 0 \} \wedge \{ S1(b) \neq S1(a) \} \} \Rightarrow \{ S2(b) - S1(b) \neq 0 \}$$

Les deux segments suivants, par exemple, ne respectent pas l'implication (2):

7	2	
.	.	
.	.	
.	.	
.	.	
.	.	
.	.	
5	0	

Lorsqu'une disposition défectueuse se présentera d'un rang r à un rang $r + 8$, on écrira en $r + 4$ une colonne dont on aura permuté les lignes 1, 2 et 3 en 1, 3, 2 en y faisant figurer les mêmes chiffres qu'en r et l'on permutera de la même façon les lignes des colonnes $r + 8$, $r + 16$, etc. jusqu'à la colonne de rang $NKK - 7$. Si les segments $(r, r + 8)$ et $(r + 4, r + 8)$ sont alors conformes aux implications (1), (2) et (3 bis), on passera au segment suivant en donnant à r la valeur $r + 8$, sinon, on permutera les lignes en 2, 1, 3, puis, dans les cas défavorables, successivement en 2, 3, 1, en 3, 1, 2 et en 3, 2, 1. Si aucun des cas n'entraîne le respect des implications (1), (2) et (3 bis) à la fois, c'est que la colonne de rang r est de la forme $baac$. Dans ce cas, on doit régresser jusqu'en $r - 8$: on permute alors en $r - 4$ les chiffres de la colonne $r - 8$ dans l'ordre 1, 3, 2, ainsi que ceux des colonnes en r , $r + 8$, $r + 16$, ..., $NKK - 7$. De cette façon, on obtient en r une colonne de la forme $baca$. Si les implications (1), (2) et (3 bis) ne sont toujours pas respectées, on permute de la même façon pour avoir en r une colonne de la forme $bcac$. On verra une application de cette règle dans l'exemple suivant :

$r - 8$	2	5	9	2	2	5	9	2
	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.
$r - 4$	.	.	.	.	2	5	2	9
	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.
r	11	7	7	2	11	7	2	7
	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.
$r + 4$	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.
$r + 8$	0	9	4	4	0	4	4	9

Les identificateurs particuliers au second bloc sont :

'DEBUT' 'REEL' 'TABLEAU' BIG \$ (0 : 455) \$,
IMD, CAT, IMF \$ (0 : 39) \$;
L4, L5 \$ (0 : 319) \$,
P2 \$ (0 : 40, 1 : 5) \$, PERMUT \$ (0 : 99) \$ ϕ .

Cette division en deux blocs a pour but d'effacer le plus vite possible, dès qu'il est devenu inutile, le contenu des mémoires utilisées pour le deuxième bloc sans l'être dans le premier.

La procédure LECBIG lit la liste des bigrammes déclarée BIG \$ (0 : 455) \$. On trouvera cette liste à la page 75. Elle peut figurer *in extenso* dans les données ou, au contraire, être restreinte à un nombre K qui figure comme identificateur local de la procédure LECBIG. Ce nombre doit donc précéder les bigrammes dans les données. Si la liste de la page 75 est lue *in extenso*, la valeur de cette première donnée sera 455.

L'identificateur FA est un nombre aléatoire. Sa première valeur est lue en tête de la procédure BIGDEB qui choisit le premier bigramme. QA est toujours le quotient de FA par un nombre entier, RA le reste de la division de FA par ce nombre entier.

L'identificateur NB est le nombre-des-bigrammes. La valeur de NB, arbitraire, est lue dans les données, en tête de l'appel des procédures du premier bloc. $NK = NB + 1$ désigne le nombre des colonnes, $NKK = (NK \times 8) + 7$ le nombre des positions. Ces identificateurs prennent également leur valeur en tête de l'appel des procédures du premier bloc, valeur qui est déduite de celle de NB et ne figure donc pas dans les données.

L'identificateur NC est souvent employé comme compteur.

L0, L1, L2, L3 sont les lignes 0, 1, 2 et 3 de la polyphonie, telles qu'elles ont été définies dans ce qui précède.

L4 et L5, lignes 4 et 5 ne figurent que dans le second bloc, car elles deviennent inutiles après les permutations indiquées dans les bigrammes.

IMD est la liste des entrées lues au cours d'une séquence.

IMF est la liste des sorties, CAT la liste des permutations lues au cours de cette séquence.

PERMUT est la liste des 100 premières permutations de 5 objets nommés 1, 2, 3, 4, 5, classés alphabétiquement. Elle figure dans les données et est lue au cours de la procédure PERMUTATIONS.

P2 est la liste, élaborée au cours des procédures BIGDEB et SELBIG, des permutations à opérer entre les chiffres des colonnes. C'est un tableau à double entrée.

RET, ENS, FON, SEC, TIE, QUA, QUI, SIX, SEP sont des listes qui, pour chaque colonne, désignent respectivement, pour RET, la valeur de la rotation subie par le bigramme, pour ENS, le sous-ensemble auquel appartient la colonne, pour FON, le chiffre a de la colonne (a), pour SEC, le chiffre $a + 1$ ou $a + 2$ de la colonne (a), pour TIE, le chiffre $a + 3$ ou $a + 4$, pour QUA, le

chiffre $a + 5$ ou $a + 6$, pour QUI, le chiffre $a + 6$ ou $a + 7$, pour SIX, le chiffre $a + 8$ ou $a + 9$, pour SEP, le chiffre $a + 10$ ou $a + 11$. Les tableaux RET et ENS sont remplis à la fin de la procédure SELBIG. Les autres listes se remplissent au cours de la procédure GAMME.

Dans les procédures LECBIG et BIGDEB, les bigrammes sont lus dans les données comme nombres entiers de 10 chiffres décimaux. Ils y sont soumis à des opérations arithmétiques qui ont pour but d'isoler leur entrée, leur numéro de permutation, leur sortie et leur indice de probabilité. Grâce au reste de la division de FA par 100, la machine choisit, à partir de 0 jusqu'à 99, le premier bigramme dont l'indice de probabilité est inférieur à ce reste. Le nombre FA se renouvelle, pour le choix des NB bigrammes, grâce au procédé connu sous le nom de « middle of square ».

Le tableau PRM \$ (0 : 12) \$, qui figure parmi les identificateurs locaux de la procédure SELBIG est une matrice carrée de rang 5. Cette matrice indique, pour chaque colonne du sous-ensemble 0, sa probabilité de subir une rotation. Soit par exemple :

	0	2	5	7	9
0	0.44		0.28	0.28	
2		0.50			0.50
5	0.42		0.31	0.27	
7	0.42		0.27	0.31	
9		0.50			0.50

une telle matrice. Elle indique par exemple que la colonne (0)₂ a une probabilité de 0.28 de devenir par rotation une colonne (5)₂ ou ne colonne (7)₂, une probabilité de 0.44 de rester (0)₂ (rotation nulle). Cette matrice figure dans les données sous la forme d'un tableau de 13 nombres, à une entrée. Ces nombres figureront comme nombres entiers compris entre 0 et 99. Ils formeront pour chaque ligne un diagramme cumulatif : voici par exemple comment la matrice ci-dessus sera introduite dans les données :

43, 71, 99, 49, 99, 41, 72, 99, 41, 68, 99, 49, 99.

La valeur de l'identificateur J, particulier à la procédure SELBIG, est lue dans les données. Cette valeur sera 0 ou 1. Si $J \leq 0$, aucun des bigrammes ne subit de rotation. Dans le cas contraire, les rotations ont lieu dans les proportions indiquées par la matrice PRM, qui doit être introduite dans les données, même si $J = 0$.

L'identificateur RK, également particulier à la procédure SELBIG résulte de la division de l'identificateur K, compteur des colonnes, par 2 : il permet de bloquer toute rotation sur les bigrammes de rang pair.

Les procédures suivantes, COLONNES, MODULATIONS, GAMME, PERMUTATIONS, LIGNES, CANCELLATION, SCANDICUS, QUINTES ne font qu'exécuter les opérations décrites dans les paragraphes 1 à 8. On en suivra aisément le déroulement. Il convient cependant de remarquer que toutes ces opérations sont décrites, en machine, en base décimale. Il appartient à la procédure FELIZITAS de transformer en base 12 les résultats finaux. On trouvera cette procédure à la fin du programme ALGOM 5.

Les procédures PERTUIS, PERFON, et PERFENS, permettent de perforer les résultats partiels (lignes L0, L1, L2, L3, listes ENS, FON, SEC, TIE, QUA, QUI, SIX, SEP), nécessaires à l'exploitation du programme ALGOM 5.

Les données sont introduites dans l'ordre suivant, après le programme :

— K (nombre de bigrammes). Ce nombre ne doit pas être supérieur à 455 dans l'état actuel du programme. Si l'on désirait établir un dictionnaire plus vaste, il conviendrait de modifier les dimensions du tableau BIG.

— K bigrammes : on aura bien soin, si l'on fait une sélection parmi la liste de la page 75 de prévoir, pour chaque sortie une entrée pour chaque valeur possible des rotations. Ainsi le bigramme de sortie 050 impliquera au moins une entrée pour 000, 050 et 070.

— FA : un nombre de six chiffres.

— cette donnée sera 0 ou 1 suivant qu'on voudra moduler ou non.

2/ La liste des permutations PERMUT, sous la forme 1 2 3 4 5, 1 2 3 5 4, ..., 5 1 3 2 4, 5 1 3 4 2.

3. DE L'HARMONIE A LA POLYPHONIE

1. L'exploitation du programme ALGOM 4 livre des enchaînements de colonnes dans lesquelles peuvent se rencontrer au plus trois chiffres différents (a, b, c). Dans les quatre listes de sons L0, L1, L2 et L3 (« basse », « ténor », « alto », « soprano »), ces sons occupent les positions de rang 4 r ,

$$(0 \leq r \leq NKK - 3).$$

Ces chiffres sont les unités de premier ordre, en système duodécimal, de nombres pour chacun desquels nous allons maintenant définir des unités de second ordre : nous allons localiser ces sons dans des « octaves ». Nous définirons en premier lieu les octaves, c'est-à-dire les douzaines, dans les lignes L1 et L2, au cours d'une même séquence d'opérations, puis celles de la ligne L0, enfin celles de la ligne L3.

Les opérations portent sur quatre nombres à la fois, ceux qui, dans les lignes L1 et L2 occupent les rangs r et $r + 4$. La première valeur de r étant 0, r prendra la valeur $r + 4$ lorsque toutes les opérations sur ces quatre nombres auront été effectuées, et ainsi de suite, jusqu'à ce que r prenne la valeur $NKK - 3$. Soient p et q les chiffres qui, en ligne L1, occupent respectivement les positions r et $r + 4$, s et t ceux qui, en L2, occupent les mêmes positions. P, Q, S, T seront les nombres de deux chiffres qui, au cours des calculs, viendront remplacer respectivement les chiffres p, q, s, t , provisoirement ou définitivement. La figure suivante rendra plus visible les positions de chacun de ces chiffres ou de ces nombres, avant et après les opérations :

	L1	L2	L1	L2
r	p	s	P	S
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	.	.	.	.
$r + 4$	q	t	Q	T

Les opérations sur p, q, s, t se font modulo 12, les opérations où interviennent P, Q, S, T se font en système duodécimal.

Nous définirons encore les nombres suivants :

$$\begin{aligned} i1 &= s - p \quad (\text{mod. } 12) \\ i2 &= t - q \quad (\text{mod. } 12) \\ m1 &= q - p \quad (\text{mod. } 12) \\ m2 &= t - s \quad (\text{mod. } 12). \end{aligned}$$

On cherche successivement, dans l'ordre, les valeurs de P , de Q , de S , de T .

Lorsque $r = 0$, la valeur de p ne peut être que 0, 4 ou 7, puisque la première colonne ne peut être que $(0)_2$. Si $p = 0$, alors P prend la valeur 3.00 (n'oublions

pas que les unités de premier ordre occuperont désormais deux espaces typographiques : voir à ce sujet le chapitre préliminaire sur la notation). Si $p = 4$, alors $p : = 3.04$ (nous emploierons désormais le symbole : $=$, qu'on lira « prend la valeur »). Si $p = 7$, alors $P : = 2.07$. La première valeur prise par S sera :

$$S = P + i1 \quad (\text{base } 12)$$

$i1$ et $i2$ sont les « intervalles harmoniques » respectivement entre les sons s et p d'une part, t et q d'autre part. De même $m1$ et $m2$ sont les « intervalles mélodiques » entre q et p d'une part, t et s d'autre part. P et S étant définis, Q et T le seront par les relations :

$$(1) \quad Q : = P + m1 \quad (\text{base } 12)$$

$$(2) \quad T : = S + m2 \quad (\text{base } 12).$$

Cependant, si $m1$ est inférieur à 6, la relation (1) est remplacée par :

$$Q : = P - m1 \quad (\text{base } 12).$$

On peut écrire, d'une façon générale pour toutes les opérations concernant les nombres Q et P :

$$|Q - P| > |Q - P - 1.00| \Rightarrow Q : = Q - 1.00 \quad (\text{base } 12).$$

Pour $p = 0$, $q = 7$, $s = 4$, $t = 0$, par exemple, on a :

$$i1 = 4$$

$$i2 = 5$$

$$m1 = 7$$

$$m2 = 8$$

d'où nous déduisons :

$$P = 3.00$$

$$S = 3.00 + 0.04 = 3.04$$

$$Q = 3.00 + 0.07 = 3.07.$$

Comme nous avons :

$$|3.07 - 3.00| > |3.07 - 3.00 - 1.00|$$

Q sera diminué d'une unité de second ordre :

$$Q : = 3.07 - 1.00 = 2.07$$

et nous aurons pour les valeurs des quatre nombres P , Q , S , T :

$$P = 3.00$$

$$S = 3.04$$

$$Q = 2.07$$

$$T = 3.00.$$

Ces nombres prendront en $L1$ et $L2$ les places respectives qu'occupaient les chiffres $p = 0$, $q = 7$, $s = 4$, $t = 0$.

Les valeurs de P et de S sont désormais définitives. Celles de Q et de T pourront être modifiées par la suite, lorsque r aura pris la valeur $r + 4$.

Il serait fastidieux de décrire tous les tests qui, au cours de cette séquence de calculs, peuvent amener à modifier les valeurs de P , Q , S et T suivant la variété des cas qui se présentent. Le lecteur pourra plus aisément en suivre les détails en lisant la procédure DOUZAINES du programme ALGOM 5, sans oublier que toutes les opérations, décrites ci-dessus en base duodécimale pour la clarté de l'exposé, sont, en machine, décrites en base décimale.

La procédure BASSE et la procédure SOPRANO définissent, suivant des procédés similaires, les douzaines des nombres qui figurent dans les lignes $L0$ et $L3$. A titre d'exemple, voici ce que devient la polyphonie de la page 43 après les procédures DOUZAINES, BASSE et SOPRANO :

2.00	3.00	3.04	3.07
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
2.00	3.04	4.00	4.07
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
2.07	3.02	3.11	4.07
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
2.07	3.02	3.11	4.07
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
2.04	3.00	4.00	4.07
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
2.04	3.00	4.00	4.07

(2. Il résulte de tout ce que nous avons exposé jusqu'au § précédent que chaque colonne (écrite horizontalement) contient maintenant quatre nombres, exprimés en base 12 (en machine en base 10), nombres dont les unités de premier ordre sont a , b ou c , telles qu'elles ont été définies par l'appartenance de la colonne à l'ensemble E). Suivant la fonction de la colonne (a), le chiffre b peut prendre les valeurs $a + 3$ ou $a + 4$ (mod. 12). De même, c peut prendre l'une

des valeurs $a + 6$ ou $a + 7$. Les valeurs de a , de b et de c , pour chaque colonne, ont été notées en machine, comme nous l'avons vu, au cours de la procédure GAMME respectivement dans les tableaux FON, TIE et QUI (« fondamentale », « tierce », « quinte »). Nous allons maintenant introduire, dans les colonnes de rang $4r + 4$ ($0 \leq r \leq \text{NKK} - 11$), partout où c'est possible, un quatrième chiffre, en remplaçant a , b ou c par une quatrième lettre d (la « sixte ») ou e (la « septième »). r prendra successivement les valeurs 0, 1, 2, ..., $\text{NKK} - 11$. d et e , selon la fonction de la colonne, prendront les valeurs suivantes, notées également au cours de la procédure GAMME respectivement dans les tableaux SIX et SEP ($\hat{E}$ indique la quantité ajoutée à la valeur de d ou de e suivant le sous-ensemble auquel appartient la colonne : si par exemple ce sous-ensemble est $\hat{7}$, on a $e = d + 7$ et $d = d + 7$) :

	Valeur de d	Valeur de e
fonction $(0)_2$	$9 + \hat{E}$	$10 + \hat{E}$
fonction $(2)_1$	$11 + \hat{E}$	$0 + \hat{E}$
fonction $(4)_1$	$0 + \hat{E}$	$2 + \hat{E}$
fonction $(5)_2$	$2 + \hat{E}$	$4 + \hat{E}$
fonction $(7)_2$	$4 + \hat{E}$	$5 + \hat{E}$
fonction $(9)_1$	$5 + \hat{E}$	$7 + \hat{E}$
fonction $(11)_0$	$7 + \hat{E}$	$9 + \hat{E}$

Soient maintenant :

A4, une colonne de rang $4r + 4$ ($0 \leq r \leq \text{NKK} - 11$),
B8, la colonne occupant le rang $4r + 8$,

a, b, c, a', b', c' les éléments constitutifs, respectivement des colonnes A4 et B8,

$A, B, C, D, A', B', C', D'$ les unités de second ordre (en base 12) des nombres occupant respectivement les lignes L0, L1, L2 et L3 des colonnes A4 et B8.

Trois cas peuvent se présenter :

Si la valeur absolue de $a' - a$ est différente de 5 ou 7, on laisse la colonne A4 en l'état et r prend la valeur $r + 2$:

$$(1) \quad \{ |a' - a| \neq 5 \} \vee \{ |a' - a| \neq 7 \} \Rightarrow \{ r := r + 2 \}.$$

Si $|a' - a| = 5$, alors l'un des éléments a, b , ou c prend la valeur e . Cet élément est celui qui, en A4, occupe la même ligne que b' en B8. Si nous nommons x l'élément qui, dans une ligne quelconque, précède b' , nous avons :

$$(2) \quad \{ |a' - a| = 5 \} \Rightarrow \{ \{ x < b' \} \Rightarrow \{ x := e \} \}.$$

Si $|a' - a| = 7$ alors l'un des éléments a, b ou c prendra la valeur d dans les mêmes conditions que dans l'implication (2) :

$$(3) \quad \{ |a' - a| = 7 \} \Rightarrow \{ \{ x < b' \} \Rightarrow \{ x := d \} \}.$$

Ces valeurs de d ou e sont les unités de premier ordre de nombres dont A, B, C ou D resteront les unités de second ordre, suivant que d ou e auront été placés dans l'une des lignes L0, L1, L2 ou L3 par l'une des implications (2) ou (3). Un exemple fera comprendre la suite des opérations : soient les deux colonnes de rang $4r + 4$ et $4r + 8$:

L0	L1	L2	L3	
2.07	2.11	3.02	3.07	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
2.04	3.00	3.07	3.07	$(\hat{E} = \hat{0})$.

Nous avons :

$$\begin{array}{lll} a = 7 & b = 11 & c = 2 \\ a' = 0 & b' = 4 & c' = 7 \\ A = 2.00 & B = 2.00 & C = 3.00 \quad D = 3.00 \\ A' = 2.00 & B' = 3.00 & C' = 3.00 \quad D' = 3.00. \end{array}$$

Comme $|a' - a| = 5 \pmod{12}$, alors $x := d = 5 + \hat{E} = 5$. Comme, d'autre part, $b' = 4$ et se trouve, en B8, dans la ligne L0, nous aurons, en nommant X le nombre qui, en A4, aura x comme unité de premier ordre :

$$X = A + x = 2.00 + 0.05 = 2.05.$$

L'enchaînement des deux colonnes devient :

2.05	2.11	3.02	3.07
.	.	.	.
.	.	.	.
2.04	3.00	3.07	3.07

A la fin des opérations décrites ci-dessus, si nous nommons X le transformé d'un des quatre nombres de la colonne A4, et X' le nombre qui, en B8, est le suivant de X dans la même ligne, on modifiera au besoin la valeur de X en lui ajoutant ou en lui retranchant une douzaine en conformité avec les implications suivantes :

$$\begin{array}{ll} X - X' > 9 & \Rightarrow \quad X := X - 1.00 \quad (\text{base } 12) \\ X' - X > 9 & \Rightarrow \quad X := X + 1.00 \quad (\text{base } 12) \end{array}$$

On verra un exemple de l'application de cette règle dans la colonne de rang 4 de la polyphonie suivante :

2.00	2.07	3.04	3.07	2.00	2.07	3.04	3.07
.	.	.	.	.	.	.	.
2.00	2.07	3.07	4.04	2.00	2.07	2.09	4.04
.	.	.	.	.	.	.	.
1.07	2.07	2.11	4.02	1.07	2.07	2.11	4.02
.	.	.	.	.	.	.	.
2.07	2.11	3.02	3.07	2.05	2.11	3.02	3.07
.	.	.	.	.	.	.	.
2.04	3.00	3.07	3.07	2.04	3.00	3.07	3.07
.	.	.	.	.	.	.	.
2.04	2.07	3.07	4.00	2.04	2.07	3.07	4.00
.	.	.	.	.	.	.	.
2.02	2.09	3.05	4.02	2.02	2.07	3.05	4.02

Toutes ces opérations sont faites en machine au cours de la séquence de calculs qui fait l'objet de la procédure SEPTIEMES.

(3) En vue d'une séquence de calculs qui sera exécutée ultérieurement et qui fera l'objet de la procédure REGINE, nous allons élaborer, dès maintenant, un tableau de quatre lignes, numérotées de 0 à 3 et de 2 NK colonnes (on se rappelle que $NK = NB + 1$, NB étant le nombre des bigrammes). Ce tableau est déclaré en machine sous l'identificateur CAN \$(0:3, 0:49)\$. A chaque rang r de ce tableau ($0 \leq r \leq 2NK$), correspond le rang $4r$ des colonnes de la polyphonie. A chaque rang r' de ses lignes, correspond le même rang r' des lignes de la polyphonie.

Pour tout fragment $(4r, r')$ de la polyphonie considérée comme un tableau à deux dimensions, on cherchera l'unité de premier ordre qui se trouve dans cette position. Suivant que ce nombre sera l'une des 5 valeurs a, b, c, d ou e de la colonne de rang $4r$, on fera figurer cette lettre en (r, r') dans le tableau CAN. En machine, les quatre lettres a, b, c, d, e sont remplacées respectivement par 1, 3, 5, 6, 7. Nous obtenons ainsi pour CAN correspondant à la polyphonie ci-dessus (§ 2) :

a	c	b	c	1	5	3	5
a	c	e	b	1	5	7	3
a	a	b	c	1	1	3	5
d	b	c	a	6	3	5	1
b	a	c	c	3	1	5	5
b	c	c	a	3	5	5	1
a	c	b	a	1	5	3	1

Ces opérations sont effectuées en machine au cours de la procédure MARIE THERESE, appelée quatre fois successivement pour les lignes L0, L1, L2 et L3.

4. La procédure PREPSEP transforme à l'occasion $X \leftarrow X'$ dans une ligne quelconque, si X' occupe un rang $4r$, en conformité avec l'implication suivante :

$$\{X_{4r} = X'_{4r+4}\} \Rightarrow \{X := X'\} \quad (0 \leq r \leq NKK - 11)$$

Voici une application de cette opération (« préparation de la septième ») :

2.05	3.05	3.09	4.00	FA	2.05	3.05	3.09	4.00	FA
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2.05	3.05	3.09	4.00	FA	2.05	3.05	3.09	4.00	FA
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2.07	3.02	3.07	3.11	SOL	2.05	3.02	3.07	3.11	SOL
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2.05	3.02	3.07	3.11	SOL	2.05	3.02	3.07	3.11	SOL
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2.04	3.00	3.07	4.00	DO	2.04	3.00	3.07	4.00	DO

(5) Des 8 positions de tout segment $[8r, 8r + 7]$ ($0 \leq r \leq NK - 1$), de chaque ligne, seules sont remplies jusqu'à présent, les positions $8r$ et $8r + 4$. Nous nommerons configuration d'un segment l'un des arrangements de deux lettres

aa	ba	ca	ee
ab	bb	cb	
ac	bc	cc	
ad	bd	cd	
ae	be	ce	

qui, suivant les valeurs des nombres qui occupent les rangs $8r$ et $8r + 4$, peuvent se rencontrer dans un segment donné. Compte tenu des opérations qui précèdent, aucun des autres arrangements deux à deux des cinq lettres a, b, c, d, e ne peut s'y rencontrer. La polyphonie de la page précédente, c'est-à-dire :

a	a	b	c
a	a	b	c
e	c	a	b
e	c	a	b
b	a	c	a

présente, dans la ligne L1 par exemple, les configurations aa , cc , dans la ligne L2, bb , aa .

Le *melos* d'un segment de longueur $[8r, 8r + 7]$ est la différence entre le nombre C qui occupe la position $8r + 4$ et le nombre A , qui occupe la position $8r$ dans la même ligne. La valeur M du *melos* peut être positive, négative ou nulle (« intervalle montant, intervalle descendant, unisson »). Elle est, bien entendu, exprimée en base 12 :

rang :	$8r$	$A = 4.00$	4.04	2.05	3.07	2.09	2.09
	$8r + 4$	$C = 4.04$	4.00	2.05	2.09	3.07	3.09
Valeur de $M = C - A$:	$+4$	-4	0	-10	$+10$	1.00	

Nous nommerons respectivement $A2$, B , $B2$, C , $C2$, D , $D2$ les nombres qui sont destinés à remplir les positions $8r + 1$, $8r + 2$, $8r + 3$, $8r + 5$, $8r + 6$ et $8r + 7$:

A	$A2$	B	$B2$	C	$C2$	D	$D2$
$8r$							$8r + 7$

Rappelons que, pour chaque colonne, nous connaissons les valeurs a, b, c, d, e des nombres qui la constituent, ainsi que de $a' = a + 1$ ou $a' = a + 2$ (suivant la fonction de la colonne (a)) et de $b' = b + 1$ ou $b' = b + 2$ (suivant également la fonction de (a)), valeurs dont la liste se trouve consignée en machine, respectivement pour a, a', b, b', c, d, e dans les tableaux FON, SEC, TIE, QUA, QUI, SIX, SEP.

Pour chaque segment $[8r, 8r + 4]$, $0 \leq r \leq NK - 1$, nous choisirons aléatoirement une des lignes L0, L1, L2 ou L3, et, dans la ligne L désignée par le sort, nous remplirons les positions $8r + 2$ et $8r + 6$ par des nombres B et D dont la valeur sera définie en fonction de la configuration AC et de la valeur du *melos* $C - A$. Si M est, en valeur absolue, supérieur à 5, nous laisserons les choses en l'état, et nous passerons, sans changer la valeur de r , au segment homologue de la ligne $L + 1 \pmod{4}$, jusqu'à rencontrer un segment de ligne dont le *melos* soit inférieur à 5 en valeur absolue. L'opération à effectuer (qui peut, d'ailleurs, être nulle, c'est-à-dire laisser le segment en l'état) dépend alors du *melos* et de la configuration AC . Si aucune opération n'est possible, ce que nous exprimerons par le symbole (ϕ) , et que nous ayons prospecté toutes les lignes dans le segment $[8r, 8r + 7]$, nous passerons au segment suivant en donnant à r la valeur $r + 8$.

Dans le programme ALGOM 5, chaque configuration donne, pour une même valeur du *melos*, quatre possibilités qui sont choisies aléatoirement. Par exemple, pour $M = 5$, nous trouvons, pour la configuration ca , sous les étiquettes AIBA, AIBB, AIBC, AIBD :

AIBA :	AIBB :	AIBC :	AIBD :
$A : = c$	$A : = c$	$A : = d$	$A : = c$
$A2 : = c$	$A2 : = c$	$A2 : = d$	$A2 : = c$
$B : = a$	$B : = a$	$B : = c$	$B : = d$
$B2 : = a$	$B2 : = a$	$B2 : = c$	$B2 : = c$
$C : = a$	$C : = e$	$C : = a$	$C : = a$
$C2 : = a$	$C2 : = e$	$C2 : = a$	$C2 : = a$
$D : = c$	$D : = a$	$D : = e$	$D : = e$
$D2 : = a$	$D2 : = a$	$D2 : = a$	$D2 : = a$

Les opérations ci-dessus décrites sont exécutées en machine au cours de la procédure EXORNATIO.

6. Les opérations qui suivent ont pour but d'effacer certains segments des lignes L0, L1, L2, L3 et d'y remplacer les nombres qui occupent les positions de ces segments par le symbole 8.00 (silence). On commence par effectuer un certain nombre d'opérations sur le tableau CAN \$ (0 : 3, 0 : 49) \$ (cf. § 2, 3). Les résultats de ces opérations sont utilisés pour déterminer les limites des segments de lignes dont les nombres seront remplacés par le symbole du silence. Outre le signe «*précède*», qui sera utilisé pour deux lettres immédiatement consécutives d'une même ligne de CAN, nous utiliserons le signe «*surmonte*», pour deux lettres immédiatement consécutives dans une colonne supposée lue dans l'ordre 3, 2, 1, 0 des lignes.

x désigne l'une ou l'autre des lettres a et c .

(x) désigne une colonne où, dans une ligne qu'on est en train de lire, se trouve x .

(d) et (e) désignent respectivement des colonnes où, dans une ligne quelconque, figure l'une des lettres d ou e .

On lira toutes les lignes du tableau CAN dans l'ordre 0, 1, 2, 3, position par position. Les lettres rencontrées seront conservées ou remplacées par des zéros suivant qu'elles seront ou non en conformité avec les implications suivantes :

- (1) $\exists b \Rightarrow b : = b$ (b est toujours conservé)
- (2) $\exists d \Rightarrow d : = d$ (d est toujours conservé)
- (3) $\exists e \Rightarrow e : = e$ (e est toujours conservé)
- (4) $\forall x = a, \forall x = c : x \in (d) \Rightarrow x : = x$
- (5) $\forall x = a, \forall x = c : x \in (e) \Rightarrow x : = x$

(x ayant l'une des valeurs a ou c est toujours conservé s'il figure dans une colonne qui contient d ou e)

- (6) $\forall x = a, \forall x = c : (x) < (d) \Rightarrow x : = x$
- (7) $\forall x = a, \forall x = c : (x) < (e) \Rightarrow x : = x$

(x ayant l'une des valeurs a ou c est conservé dans tous les cas où la colonne qui le contient précède une colonne qui contient d ou e).

- (8) $\forall x = a, \forall x = c : (d) < (x) \Rightarrow x : = x$
- (9) $\forall x = a, \forall x = c : (e) < (x) \Rightarrow x : = x$

(x ayant l'une des valeurs a ou c est conservé dans tous les cas où la colonne qui le contient suit une colonne qui contient d ou e)

(10) $\{c \in L1 \wedge a \in L0\} \Rightarrow a := a$

(a en $L0$ est conservé si c est au même rang en $L1$).

Dans tous les autres cas, x est toujours remplacé par 0. Prenons par exemple la polyphonie suivante, dans l'état où elle se trouve après la procédure PREP SEP :

rang	L0	L1	L2	L3	rang	Tableau CAN
0	2.00	3.00	3.04	3.07	0	A A B C
	...	...	...	...		
4	2.00	3.00	3.04	3.07	1	A A B C
	...	...	...	...		
8	1.09	3.00	3.05	3.05	2	B C A A
	...	...	...	...		
12	1.09	3.00	3.05	4.05	3	B C A A
	...	...	...	...		
16	2.02	2.09	3.05	4.02	4	A C B A
	...	...	...	...		
20	2.02	2.09	3.05	4.02	5	A C B A
	...	...	...	...		
24	2.07	2.11	3.07	4.02	6	A B A C
	...	...	...	...		
28	2.05	2.11	3.07	4.02	7	E B A C
	...	...	...	...		
32	2.04	3.00	3.07	4.00	8	B A C A
	...	...	...	...		
36	2.04	2.07	4.00	4.00	9	B C A A
	...	...	...	...		
40	2.05	2.09	3.09	4.02	10	B C C A
	...	...	...	...		
44	2.05	2.09	3.09	4.02	11	B C C A

En conformité avec les implications (1), (2), ..., (10) ci-dessus, le tableau CAN devient :

0	0	0	B	0
1	0	0	B	0
2	B	0	0	0
3	B	0	0	0
4	A	0	B	0
5	A	0	B	0
6	A	B	A	C
7	E	B	A	C
8	B	A	C	A
9	B	0	0	0
10	B	C	C	A
11	B	0	0	0

Cette opération étant terminée, si deux positions du tableau CAN occupées par des 0, sont, dans la même ligne, séparées par des positions ne contenant que des a ou des C , ces positions intermédiaires seront alors remplies par des 0. Le cas se produit, dans l'exemple, dans la ligne L3, entre les positions 5 et 9. Le tableau devient alors :

0	0	0	B	0
1	0	0	B	0
2	B	0	0	0
3	B	0	0	0
4	A	0	B	0
5	A	0	B	0
6	A	B	A	0
7	E	B	A	0
8	B	A	C	0
9	B	0	0	0
10	B	C	C	A
11	B	0	0	0

A chaque lettre du tableau CAN correspondent, nous l'avons vu, 4 positions dans la même ligne de la polyphonie. Autrement dit, une lettre occupant dans le tableau CAN un rang r , à ce rang correspondent dans la polyphonie les positions $4r$, $4r + 1$, $4r + 2$, $4r + 3$.

Lorsque, dans le tableau CAN en l'état où nous l'avons laissé, le symbole 0 occupe, dans une même ligne, plus de 5 positions consécutives, d'un rang r à un rang r' , tous les nombres autres que 96 qui occupent les positions du segment $[4r - 2, 4r' + 2]$ de la ligne considérée seront remplacés par le symbole 8.00 (en machine par le nombre 96, qui sera converti en 8.00 par la procédure FELIZITAS). Si $r = 0$, la limite inférieure du segment de ligne sera 0. Si $r' = NK$, la limite supérieure du segment sera $NKK - 3$.

Toutes ces opérations ont lieu au cours de la procédure REGINE, à partir du tableau CAN, après la procédure EXORNATIO (qui remplit les positions $A2, B, B2, C2, D, D2$ de chaque segment $[8r, 8r + 7]$ comme nous l'avons vu au § 2.5).

7. Les procédures DOUZAINES, BASSE, SOPRANO, MARIE THERESE, EXORNATIO et REGINE, qui constituent le programme ALGOM 5, sont précédées d'une procédure LECTURE destinée à remplir les tableaux L0, L1, L2, L3, ENS, FON, SEC, TIE, QUA, QUI, SIX, SEP par les données livrées comme résultat de l'exploitation du programme ALGOM 4.

8. Dans un ouvrage qui paraîtra ultérieurement, nous nous efforcerons de perfectionner l'automate dont nous avons donné la description ci-dessus; notamment dans le domaine du rythme. Tel quel, il peut être utilisé soit avec le dictionnaire de bigrammes qui figure à la page 75, soit avec une partie seulement de ce dictionnaire, soit avec un dictionnaire différent, dans lequel les indices morphologiques définiront des transformations de colonnes autres que celles que nous avons indiquées. Il faudra, dans ce dernier cas, modifier la procédure SELBIG en conséquence.

4. POLYPHONIES NON TONALES

1. La règle fondamentale à laquelle obéit la musique obtenue par l'exploitation du programme ALGOM 3 dont nous donnons ci-dessous la description, est la suivante :

C étant l'ensemble des 12 sons de la gamme chromatique tempérée :

$$C = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11\},$$

quel que soit $x \in C$, si x est classé à une date t , alors x peut être classé de nouveau à une date $t + \Delta t$, si, et seulement si, tout $y \neq x$ ($y \in C$) a été classé entre les dates t et $t + \Delta t$.

2. Les polyphonies obtenues mettent en jeu des sons compris entre 0,00 et 6,11. Ces sons sont répartis dans 6 lignes numérotées de 0 à 5 (L0, L1, L2, L3, L4, L5). Chaque ligne contient des sons répartis sur des zones sonores d'une étendue de 3 douzaines chacune. Les zones peuvent se recouvrir partiellement ou totalement. Leurs limites sont indiquées dans les données du programme. Dans ce dernier, dont on trouvera la rédaction *in extenso* en langage symbolique Algol à la page 95, les lignes L0, L1, L2, L3, L4, L5 sont composées d'un nombre de positions numérotées à partir de 0 jusqu'à un nombre désigné par $FL - 1$ (« fin de liste »). Le nombre FL doit être un multiple de 12. La limite inférieure de la valeur qui lui est assignée dans les données est 36, la limite supérieure est 192. Ce nombre peut donc prendre les valeurs 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132, 144, 156, 168, 180, 192. On pourra constituer des listes de plus de 192 positions dans la mesure où la capacité de la machine employée le permet.

3. Des données, destinées à remplir les listes PCAN, PTIM, PREG, PDEN, PLON sont lues au cours de la procédure GYTTE. Chacune de ces listes est composée de 13 positions, numérotées de 0 à 12. Pour tout couple (x, y) d'éléments d'une de ces listes, on doit avoir :

$$x < y \Rightarrow x \leq y.$$

De plus, le premier élément de ces listes est toujours 0, le dernier est toujours FL.

La liste PTIM, déclarée en tête du programme sous la forme TABLEAU PTIM \$(0 : 12)\$, comporte obligatoirement 6 zéros aux rangs 0, 1, 2, 3, 4, 5 et 7 nombres, 0, a, b, c, d, e , FL aux rangs 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Ces nombres sont échelonnés, par grandeurs croissantes entre 0 et FL. La différence $a - 0$ doit être considérée comme le numérateur d'une fraction de dénominateur FL exprimant la proportion de sons qui apparaîtront dans la ligne L0. Si $FL = 132$ par exemple et si $a = 13$, il apparaîtra dans la ligne L0, 13 sons sur les 132 positions qu'elle comporte, soit une proportion d'environ 0.09.

L'égalité de deux nombres consécutifs dans la liste PTIM implique bien entendu qu'aucun son n'apparaîtra dans la zone correspondant à la différence entre ces deux nombres. Ainsi, si l'on veut n'utiliser que 3 zones par exemple, on peut indiquer dans les données (FL = 120) :

0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 50, 80, 120

ce qui fera apparaître 50/120 sons dans la ligne L3, 30/120 sons dans la ligne L4 et 40/120 sons dans la ligne L5. Les données suivantes :

0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 25, 25, 59, 59, 110, 120

feraient apparaître 25/120 sons dans la ligne L0, 0/120 son dans la ligne L1, 34/120 sons dans la ligne L2, 0/120 son dans la ligne L3, 51/120 sons dans la ligne L4 et 10/120 sons dans la ligne L5, ce qui revient à utiliser 4 zones au lieu des 6 zones possibles. Nous verrons ultérieurement comment indiquer les limites de ces zones.

Chaque zone est divisée en trois registres. L'étendue de chaque registre est de une douzaine. Les données relatives aux registres sont incorporées dans la liste PREG \$ (0 : 12) \$, qui comporte obligatoirement 9 zéros aux rangs 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 4 nombres 0, a, b, FL aux rangs 9, 10, 11, 12. Comme dans la liste PTIM pour les zones, la différence entre deux nombres consécutifs de la liste PREG exprime la probabilité d'apparition des sons dans les différents registres d'une zone. La liste suivante, par exemple,

0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 10, 110, 120

fait apparaître 10/120 des sons dans le registre « aigu ». Nous verrons plus loin l'utilisation des listes PDEN, PLON et PCAN, qui sont constituées de façon similaire.

La liste PCAN est indiquée en paramètre de la procédure GYTTE, appelée 5 fois, successivement avec les paramètres PCAN, PTIM, PREG, PDEN, PLON. Ces listes sont imprimées grâce à des instructions d'édition et d'impression qui figurent entre les appels de procédures.

4. La liste PCAN \$ (0 : 12) \$ n'est utilisée par la suite que si l'on appelle la procédure ANNE. Si l'on désire que la loi générale du § (3.1) s'applique à un nombre de sons inférieur à 12, autrement dit, que certains sons soient effacés au cours des ordinations successives de C, on appellera la procédure ANNE. De toute façon la lecture des données relatives à PCAN doit avoir lieu pour chaque exploitation du programme au cours de la procédure GYTTE(PCAN) : elles seront utilisées ou non suivant qu'on appellera ou non la procédure ANNE. La liste PCAN \$ (0 : 12) \$ comprend 13 nombres, 0, a, b, c, d, e, f, i, j, k, FL. Les 12 différences $a - 0$, $b - a$, $c - b$, ..., $FL - k$, permettront, au cours de la procédure LILO (PCAN, LISSON 2) de dresser la liste de FL nombres égaux ou supérieurs à 0, égaux ou inférieurs à 11 déclarée 'TABLEAU' LISSON 2 \$ (0 : 191) \$, dans la proportion $(a - 0)/FL$ pour 0, $(b - a)/FL$ pour 1, $(c - b)/FL$ pour 2, ..., $(FL - k)/FL$ pour 11.

5. La procédure LUCIE dresse une liste de FL nombres, de 0 à 11, dans l'ordre 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 répété FL/12 fois. Cette liste est déclarée sous l'identificateur LISSON \$ (0 : 191) \$. Elle servira ou non, suivant qu'on appellera ou non la procédure ANNE.

6. La procédure LILO, affectée successivement des couples de paramètres (PCAN, LISSON 2), (PTIM, LISTIM), (PREG, LISREG), (PDEN, LISDEN), (PLON, LISLON), est appelée 5 fois. Elle dresse donc 5 listes, déclarées respectivement LISSON 2, LISTIM, LISREG, LISDEN, LISLON \$ (0 : 191) \$.

LISSON 2 (« liste de sons n° 2 »), comme nous l'avons vu, comporte FL nombres de 0 à 11, dans les proportions indiquées par PCAN.

LISTIM (« liste des timbres ») comporte FL nombres, de 0 à 5, dans les proportions indiquées par PTIM (« proportion des timbres »).

LISREG (« liste des registres ») comporte FL nombres, de 0 à 2, dans les proportions indiquées par PREG (« proportion des registres »).

LISDEN (« liste de densités ») comporte FL nombres, de 0 à 1, dans les proportions indiquées par PDEN (« proportion des densités »).

LISLON (« liste des longueurs ») comporte FL nombres, de 0 à 3, dans les proportions indiquées par PLON (« proportions des longueurs »).

7. Les identificateurs F1, F2, F3, F4, F5, F6 sont six entiers décimaux de 1 ou 2 chiffres, dont la valeur est lue dans les données. Cette valeur reste constante pendant tout le déroulement du programme. L'identificateur FA prend, chaque fois qu'il entre en jeu, une valeur correspondant à la somme de multiples de F1, F2, F3, F4, F5, F6 par des puissances de 10. Par exemple, dans la procédure NICOLE, la première valeur de FA est :

$$FA = F1 \times 100 + F2 \times 10 + F3$$

QA est toujours le quotient de FA par un nombre entier. RA est le reste de FA dans la division de FA par un entier.

L'élévation de FA au carré et sa division par un entier n permet, suivant les valeurs de RA ainsi obtenues, de procéder à des choix aléatoires entre n possibilités, suivant la méthode dite « middle of square ». Il convient, à chaque exponentiation de FA, d'ajouter un nombre (généralement un « compteur ») avant de procéder à la division, afin d'éviter un cyclage. On en verra plusieurs exemples dans le programme.

8. Les listes LISSON 2, LISTIM, LISREG, LISDEN, LISLON, telles qu'elles sont dressées par la procédure LILO sont du type :

$$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n, b_{n+1}, b_{n+2}, \dots, x_{FL-2}, x_{FL-1}$$

c'est-à-dire qu'elles contiennent des nombres répétés et rangés par valeurs croissantes dans des positions numérotées de 0 à FL - 1, par exemple, pour FL = 144 :

nombres	0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, ..., 6, 6, 6, 6, 7, 7, ..., 11, 11, 11, 11
rang des positions	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 140, 141, 142, 143

1. ANNO → QUALITÀ DEL SUONO / VOCE DELLO STRUMENTO
2. REGISTRO → ESTENSIONE E MELODICA DEGLI STRUMENTI

La procédure NICOLE, appelée 5 fois, en permute les éléments de façon aléatoire : $RA_0, RA_1, RA_2, \dots, RA_{FL-1}$ étant les restes successifs obtenus par le procédé « middle of square », l'élément de rang 0 est permuté avec l'élément de rang RA_0 , l'élément de rang 1 est permuté avec l'élément de rang RA_1 et ainsi de suite jusqu'au rang $FL - 1$, dont l'élément est permuté avec celui de rang RA_{FL-1} . On obtient ainsi 5 listes, dont les éléments $a, b, c, \dots, x$ sont en proportions conformes avec celles indiquées dans les données, et dont la répartition est aléatoire. L'état primitif d'une ligne étant, par exemple :

0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 ...

elle deviendra successivement, pour les restes indiqués en marge :

$RA_0 = 9$	1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 2 2 2 2 2 3 3 ...
$RA_1 = 17$	1 3 0 0 0 0 0 1 0 1 1 2 2 2 2 2 0 3 ...
$RA_2 = 8$	1 3 1 0 0 0 0 0 0 1 1 2 2 2 2 2 0 3 ...
$RA_3 = 13$	1 3 1 2 0 0 0 0 0 1 1 2 0 2 2 2 0 3 ...
$RA_4 = 2$	1 3 0 2 1 0 0 0 0 1 1 2 0 2 2 2 0 3 ...
etc.	

9. La procédure ANNE compare la liste LISSON, obtenue par la procédure LUCIE (§ 3.5) et qui, rappelons-le, se compose des nombres 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, classés FL/12 fois de suite dans cet ordre, à la liste LISSON 2. Chaque fois que, dans un rang quelconque, le nombre qui figure dans les deux listes est le même, il est remplacé, dans la liste LISSON par le nombre 96 qui, divisé plus tard par 12, donnera 8.00, symbole du silence. Voici un exemple :

LISSON 2	0 5 11 2 4 10 3 7 0 11 9 0 6 ...
LISSON	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 0 ...
devient :	96 1 2 3 96 5 6 96 8 9 10 11 0 ...

L'appel de cette procédure est, rappelons-le, facultatif.

10. La procédure GISELA dresse, à partir de la liste LISTIM, une liste LISTIM 2. Cette dernière sera composée de FL/12 segments de liste de 12 éléments chacun. Dans chaque segment, tous les 0 doivent occuper les rangs les plus bas, puis, à leur suite tous les 1, et ainsi jusqu'aux 5, qui doivent occuper les rangs les plus élevés. Au cours de la procédure GISELA, chaque position de chaque segment de LISTIM est lue, et tous les 0 qu'elle contient sont reportés dans les premiers rangs de LISTIM 2. La même opération est faite pour tous les 1 qui sont rangés à la suite des zéros, puis pour les 2, etc. Lorsque toutes les positions du premier segment de LISTIM 2 sont remplies, on passe au second et on le soumet à la même séquence d'opérations, et ainsi de suite, jusqu'au FL/12^e segment. Voici un exemple portant sur deux segments :

LISTIM	1 4 5 0 4 0 0 1 2 3 2 2	0 5 3 1 2 4 3 1 0 5 3 4
LISTIM 2	0 0 0 1 1 2 2 2 3 4 4 5	0 0 1 1 2 3 3 3 4 4 5 5

11. La procédure JEANET permute les nombres qui figurent dans chaque segment de 12 de la liste LISSON. Cette opération se fait par un procédé analogue à celui qui a été employé pour la procédure LILO. On en suivra aisément le déroulement dans le programme ALGOM 3.

12. Les informations contenues dans les listes que nous avons dressées jusqu'à la procédure précédente vont maintenant nous permettre d'élaborer les lignes L0, L1, L2, L3, L4, L5. Il faut d'abord répartir les sons dans les différentes zones, en conformité avec les indications contenues dans les listes LISSON et LISTIM 2. C'est le rôle de la procédure LILI. Les listes LISTIM 2 et LISSON étant comparées position par position, les nombres de LISTIM 2 indiquent dans quelle ligne doivent figurer ceux de la liste LISSON. Provisoirement, ils sont classés dans les lignes L0, L1, L2, L3, L4 ou L5 au rang qu'ils occupent dans la liste LISSON. Ainsi, pour :

LISSON	3 5 4 10 0 2 8 9 1 7 6 11 ...
LISTIM 2	0 1 1 1 1 2 2 3 3 3 4 5 ...

on obtient la répartition suivante :

L0	3
L1	. 5 4 10 0
L2	 2 8
L3	 9 1 7
L4	 6
L5	 11

Les positions inoccupées, que nous avons figurées par des points, sont, en machine, occupées par le nombre 96.

13. Soient L_i et L_j deux lignes différentes, dans l'état où les laisse la procédure LILI. Soit $12r$ ($0 \leq r \leq NKK$) une des positions dont le rang est un multiple de 12, et $12r + n$ le rang du dernier nombre différent de 96, à la droite de cette position, antérieure, en L_i à la position $12(r + 1)$. Soient $S1$ le nombre qui, en L_i , occupe la position $12r + n$, et $S2$, le nombre $S1 = S2$, différent de 96 qui, en L_j , occupe une position $12(r + 1) + m$ ($m < 12$). Si alors il s'agit d'une configuration défectueuse, nommée vulgairement « fausse relation d'octave ». Les deux segments de lignes suivants en montrent un exemple avec $S1 = S2 = 2$:

L_i	. . 1 7 2	. . . 4 8 7
L_j	3 5	. . 2 9 6 1
rang	$12r$	$12(r + 1)$
	$12r + 4$	$12(r + 1) + 5$

On remédie à cet état de choses en permutant le nombre $S1$ avec le nombre $S2$:

• • 1 7 2 • • • • •	• • • 2 8 7 • • • • •
3 5 • • • • •	• • 4 9 6 1 • • • • •

La procédure MARIA vérifie si chaque segment de 12 positions respecte, dans les 6 lignes, cette contrainte combinatoire et, dans les cas défavorables, y remédie en opérant les permutations convenables. On suivra le déroulement de cette séquence de calculs dans le programme en langage Algol. Comme nous avons à comparer 6 lignes 2 à 2, la procédure MARIA devra être appelée successivement avec les couples de paramètres $(L0, L1)$, $(L0, L2)$, ..., $(L5, L4)$, soit en tout :

$$\binom{6}{2} \times 2! = 30 \text{ fois.}$$

14. La procédure JANINE a pour but d'opérer une permutation circulaire sur les nombres différents de 96, qui, dans chaque ligne, occupent les positions de $12r + m$ à $12r + n$, ($m < n$; $m, n < 12$) respectivement jusqu'aux positions

$$12(r + 1) - (n - 1), 12(r + 1) - (n - 2), \dots, 12(r + 1) - 1,$$

comme le montre l'exemple suivant :

devient :

• • 1 3 5 2 • • • • •	8 7 4 3 5 • • • • •
• • • • • 1 3 5 2 • • • • •	8 7 4 3 5

12r
12(r + 1)

Si le nombre 96 (figuré ici par un point), à la suite de l'application de la procédure ANNE, a un précédent et un conséquent différents de 96, on lui fait également subir la permutation :

• • 1 • 3 5 2 • • • • • 8 7 4 • 3 5 • • • • •
 • • • • • 1 • 3 5 2 • • • • • 8 7 4 • 3 5

15. La liste LISDEN, dressée par la procédure LILO (PDEN, LISDEN) (cf. § 6), dont les éléments ont été permutés par la procédure NICOLE (LISDEN), se compose des nombres 0 et 1 répartis aléatoirement dans les proportions indiquées dans les données, dont la lecture a livré la liste PDEN. Ces données sont de la forme :

0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, a , FL.

La différence $a - 0$ donne la proportion des zéros, la différence $FL - a$ donne la proportion des 1.

Etant donnée l'une quelconque des lignes $L0, L1, L2, L3, L4$ ou $L5$, soit $12r + n$ ($0 \leq r \leq 15, 0 \leq n \leq 11$) le rang occupé par un nombre P dans cette ligne. Soit Q le nombre (0 ou 1) qui occupe le même rang dans la liste LISDEN. Soient par ailleurs les quantités booléennes :

$$\begin{aligned} X &:= P \neq 96 \\ Y &:= Q = 1 \\ Z &:= X \text{ « et » } Y \\ U &:= X \text{ « et » } \bar{Y} \\ V &:= Y \text{ « et » } \bar{X}. \end{aligned}$$

Soit enfin $12r + m$ ($m < n$) la dernière position qui, à la droite de $12r$, contient un nombre différent de 96.

Si Z est vrai, alors la position $12r + m + 1$ doit être remplie par le nombre 96, la position $12r + m + 2$ par le nombre P , et la position $12r + n$, qui contenait P , par le nombre 96, ainsi que le montre le schéma suivant ($m = 0, n = 9$) :

- Sons	4	•	•	•	•	•	•	•	•	3	1	2	5
LISDEN	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0

Après l'opération la ligne des sons devient :

4 96 3 • • • • • 96 1 2 5.

Si Z n'est pas vrai et que U le soit, alors la position $12r + m + 1$ doit être remplie par le nombre P , et la position $12r + n$, qui contenait P , doit être remplie par le nombre 96 :

4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3	1	2	5
0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
4	3	•	•	•	•	•	•	•	•	96	1	2	5

Si ni Z ni U ne sont vrais et que V le soit, alors la position $12r + m + 1$ doit être remplie par le nombre 96 :

4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	96	1	2	5
1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
4	96	•	•	•	•	•	•	•	•	96	1	2	5

Dans tous les autres cas, c'est-à-dire lorsque le nombre 96 se trouve, dans la ligne des sons, au même rang que 0 dans la liste LISDEN, n progresse d'une unité et m garde sa valeur.

Lorsque la condition Z est remplie, m doit progresser de 2 unités, alors que n ne progresse que d'une unité pour prospecter la position suivante de LISDEN. Dans certains cas (abondance de sons dans la ligne des sons et abondance de 1 dans la liste LISDEN), m devient, à partir d'un certain moment, égal à n .

Dans ce cas la suite de la prospection des positions est abandonnée à partir de ce moment pour le segment de 12 considéré, et r prend la valeur $r + 1$.

Ces opérations sont effectuées au cours de la procédure NELLY, appelée 6 fois. Elles ont pour but de séparer ou non deux sons consécutifs par un silence, dont la durée exacte sera déterminée ultérieurement.

16. La liste LISLON est composée d'une répartition aléatoire des nombres 0, 1, 2 ou 3 dans des proportions qui dépendent, nous l'avons vu, des données lues au cours de la procédure GYTTE (PLON). Les opérations effectuées au cours de la procédure LOTTE ont pour but, à partir des informations contenues dans la liste LISLON, de reporter une, deux ou trois fois dans des positions $n + 1$, $n + 2$, $n + 3$ un nombre qui, dans une ligne de sons, occupe une position de rang n , cela, afin de doubler, tripler ou quadrupler la durée des sons, en conformité avec les indications fournies par les données. Le nombre 0 dans la liste LISLON, indique qu'une position doit être occupée par le nombre correspondant dans la ligne des sons, le nombre 1, que deux positions doivent être occupées par ce nombre. Les nombres 2 et 3 indiquent respectivement que 3 ou 4 positions doivent être occupées par ce nombre.

Le compteur C1 des positions successives de LISLON progresse, pas 1, de 0 à FL - 1. Celui des positions doublées, triplées et quadruplées, soit C2, progresse, de son côté, pas 1, pas 2, pas 3 ou pas 4. Il arriverait fréquemment, si l'on ne prenait certaines précautions, que ce second compteur rattrapât très vite le premier. Pour éviter cette conjoncture, la procédure KARIN précède, pour chaque ligne, la procédure LOTTE. Elle a pour but, dans chaque segment de 12 positions, de vérifier que le nombre maximum que peut atteindre le compteur C2 ne dépasse pas 12, et, dans les cas défavorables, de modifier la liste LISLON en conséquence. Dans l'exemple suivant :

LISLON	3	5	1	2	6	•	•	•	•	•	•
LISLON	1	3	2	3	3	2	1	3	0	1	3

si l'on tenait compte des indications contenues dans la liste LISLON, 16 positions seraient nécessaires pour classer tous les sons :

3 3 5 5 5 5 1 1 1 2 2 2 2 6 6 6 6.

La procédure KARIN, dans chaque segment de 12 positions, prospecte celles qui sont occupées par des sons de $12r$ à $12r + 11$, et, pour chacune d'elles, relève le nombre de positions nouvelles qu'elles sont susceptibles de requérir. Si la somme des rangs requis par ces positions est supérieure à 12, la liste LISLON est modifiée par la soustraction des quantités nécessaires aux nombres qu'elle contient, en prospectant les positions de $12r + 11$ à $12r$. L'exemple précédent devient ainsi :

LISLON	3	5	1	2	6	•	•	•	•	•	•
LISLON	1	3	2	1	0	2	1	3	0	1	3

ce qui impliquera, après l'appel de la procédure LOTTE :

3 3 5 5 5 5 1 1 1 2 2 6.

Les appels successifs de la procédure KARIN, en soustrayant une ou plusieurs unités aux nombres inclus dans la liste LISLON modifient les proportions indiquées dans la liste PLON. Pour remédier à cet état de choses, la fin de la procédure LOTTE, à partir de l'étiquette ENDE, ajoute, dans certaines conditions, des unités aux nombres inclus dans LISLON, en vue de son utilisation ultérieure pour la ligne suivante, indiquée en paramètre de la procédure.

17. A la fin de la procédure LOTTE, les sons contenus dans un segment de 12 positions, de $12r$ à $12r + 11$ se trouvent dans les positions $12r$, $12r + 1$, $12r + 2$, ..., $12r + n$. Les positions $12r + n + 1$, $12r + n + 2$, ..., $12r + 11$ sont vides, c'est-à-dire contiennent le nombre 96, qui, provisoirement, symbolise le silence, à moins que toutes les positions du segment ne soient occupées par des sons, cas relativement rare.

Au cours de la procédure MARTINE, les positions vides de chaque segment de longueur 12, sont comptées. Soit p leur nombre pour un segment donné. Un processus de « middle of square » permet alors de diviser les valeurs successives du nombre FA obtenues (cf. § 7) par p (si $p = 0$, alors $r : = r + 1$) et d'obtenir un reste RA < p . Ce reste indique la valeur de la translation que doivent subir, vers la droite du segment considéré, les sons qui occupent les positions de $12r$ à $12r + n$. Autrement, si les sons occupent, avant l'appel de la procédure MARTINE, les rangs $12r$, $12r + 1$, $12r + 2$, ..., $12r + n$, ils occuperont, après l'appel, respectivement les positions $12r + RA$, $12r + RA + 1$, $12r + RA + 2$, ..., $12r + RA + n$. Voici un exemple :

FA/7 = QA	3	•	1	5	5	2	•	•	•	•	•
RA : = FA - QA × 7 = 5	•	•	•	•	•	3	•	1	5	5	2

18. La procédure YVETTE localise dans les registres 0, 1 ou 2 (cf. § 3) les sons de chaque zone contenus dans les listes L0, L1, L2, L3, L4 et L5. Chaque appel de la procédure donne lieu à la lecture d'une donnée, soit DZ0 pour L0, DZ1 pour L1, ..., DZ5 pour L5. Cette donnée est, bien entendu, un multiple entier de 12 (y compris 0) et indique la limite inférieure des sons pour la zone considérée. Si la donnée est, par exemple, 36 pour la ligne L3, les paramètres de la procédure YVETTE seront (DZ3, L3) et le son le plus grave de la zone L3 sera :

$36/12 = 3.00$ (flûte, par exemple).

Les limites inférieure et supérieure des données ne peuvent dépasser respectivement 0 et 48, si l'on a le souci de rester dans les zones audibles.

Chaque son de chaque ligne est, au cours d'une première opération, addi-

tionné à la donnée qui contrôle cette ligne. Pour la donnée 36 de l'exemple précédent, la ligne suivante :

3 1 0 2 2 6

deviendra :

3.03 3.01 3.00 3.02 3.02 3.06

Les nombres obtenus sont ensuite augmentés de 0, 1 ou 2 douzaines, suivant que la position correspondante de la liste LISREG contient un 0, un 1 ou un 2 :

3.03 3.01 3.00 3.02 3.02 3.06
1 0 1 2 2 0 1 2 0 1 1 2

Cet exemple donne, à la fin de l'opération :

4.03 3.01 4.00 5.02 5.02 3.06

Si toutefois le même son, dans deux positions consécutives, est affecté de deux valeurs différentes dans la liste LISREG, le second est égalé au premier.

Toutes ces opérations, que nous avons directement effectuées en base 12 dans un souci de clarté, sont, bien entendu, décrites dans le programme en base décimale. La procédure FELIZITAS, en fin de programme, convertira en base 12 les nombres décimaux qui occupent les mémoires avant son appel.

19. Les opérations qui vont suivre ont pour but d'élaborer les listes R0, R1, R2, R3, R4, R5, contenant chacune FL positions comptées de 0 à FL - 1, qui préciseront la durée des sons contenus dans les lignes L0, L1, L2, L3, L4 et L5, établies définitivement au cours des opérations précédentes. La donnée affectée à l'identificateur R au début de la procédure RENEE est la plus grande valeur plus 1 qui pourra figurer dans les listes R0, R1, ..., R5. Il est évident qu'elle ne saurait dépasser une valeur « raisonnable » (3 ou 4), et qu'elle doit être au moins égale à 1.

Le compteur de positions progresse, pas 4, à partir de la position 0. Si le reste RA de la division de FA par R est égal à 0, la position $4r$ ($0 \leq r \leq 48$) du segment de quatre positions considéré, sera remplie par le nombre 0.5 (demi-unité arbitraire de durée). Si RA est différent de 0, la position sera remplie par la valeur de RA, qui, suivant les cas, sera 1, 2, ..., R - 1. Après 48 progressions du compteur, chaque position de rang $4r$ sera donc occupée par un des nombres 0.5, 1, 2, ..., R - 1.

Le compteur de positions progresse ensuite, pas 4, à partir de la position 1. Le nombre FA est divisé par 5. Si le reste RA est égal à 0, la position $4r + 1$ du segment considéré est remplie par le nombre 0. Pour RA = 1, la position est remplie par 0.5. Si RA est supérieur à 1, la position est remplie par RA - 1. La valeur RA - 1 est alors additionnée à la valeur qui occupe la position $4r$. Si la somme de ces nombres est inférieure à R, la position de rang $4r + 1$ est remplie par la valeur RA - 1, sinon par la valeur RA - 2. Des opérations

similaires, dont on suivra aisément le déroulement dans le programme en langage Algol, sont faites sur les nombres qui occupent les positions de rang $4r + 2$. Les positions de rang $4r + 3$ sont remplies par le nombre 0.

La liste R0 étant ainsi constituée est ensuite recopiée, position par position, 5 fois, pour constituer les listes R1, R2, R3, R4, R5, de sorte que, après l'appel de la procédure RENEE, on se trouve en présence de 6 listes rigoureusement semblables.

20. La procédure LAETIZIA appelée 5 fois, c'est-à-dire pour chacune des listes R0, R1, R2, R3, R4, R5, permute aléatoirement, dans chaque segment ($4r, 4r + 3$), les nombres qui sont contenus dans les positions $4r + 1, 4r + 2, 4r + 3$. La permutation à opérer est choisie aléatoirement au moyen du reste de la division de FA par 6. La première valeur prise par FA lors du premier appel de la procédure étant :

$$FA = F4 \times 10 + F1$$

il convient d'ajouter à cette valeur une donnée K, différente pour les six appels, afin d'éviter les mêmes séquences de calculs à partir des mêmes valeurs, ce qui conduirait à l'obtention de 6 listes semblables.

21. A la fin de la procédure LAETIZIA, si l'on imprime, de gauche à droite, dans l'ordre indiqué, les listes :

L0, R0, L1, R1, L2, R2, L3, R3, L4, R4, L5, R5,

on obtient une partition conforme à la règle fondamentale du § 3.1, dont les composantes sonores sont, de plus, en conformité avec les proportions indiquées dans les données. Cette partition définit, sur 6 zones sonores, la fréquence de FL sons, leur date d'apparition et leur date de disparition.

Il peut être utile, surtout pour l'utilisation éventuelle de cette partition comme source d'information d'un synthétiseur de sons digital, de convertir en longueurs les indications contenues dans les listes R0, R1, ..., R5. Pour cela, on fera figurer, à la suite du programme déjà décrit, la procédure KIRSTEN ci-dessous. Pour une longueur unitaire U, lue dans les données (on choisira comme valeur de U, de préférence, un nombre ayant de nombreux diviseurs, 24 ou 48, par exemple), on obtiendra, à la droite de chaque son ou silence, la longueur proportionnelle à sa durée. Ainsi, au lieu de :

4.04	1
8.00	0
8.00	0
3.01	2
3.02	3
3.08	0
8.00	1
4.07	0.5

on obtiendra, pour $U = 48$ par exemple :

4.04	16
8.00	16
8.00	16
3.01	96
3.02	72
3.08	72
8.00	48
4.07	24

```

PROCEDURE KIRSTEN(R0) ♦ 'REEL' 'TABLEAU' R0 ♦
DEBUT 'REEL' X, Y ♦ 'ENTIER' L, M, N, U, QL, RL ♦
M := 0 ♦ U := DONNEE ♦
ORIG : N := M + 1 ♦ K := 1 ♦
      X := R0 $ (M) $ ♦
ET1 : Y := R0 $ (N) $ ♦
      'SI' Y = 0 'ALORS' K := K + 1 'SINON' 'ALLER A' ET2 ♦
      N := N + 1 ♦ 'ALLER A' ET1 ♦
ET2 : L := U ⊗ X ♦
      'SI' K = 1 'ALORS' 'ALLER A' UN
      'SINON' 'SI' K = 2 'ALORS' 'ALLER A' DEUX
      'SINON' 'SI' K = 3 'ALORS' 'ALLER A' TROIS
      'SINON' 'ALLER A' QUATRE ♦
UN : R0 $ (M) $ := L ♦
PROG : M := N ♦ 'SI' M > FL - 1 'ALORS' 'ALLER A' ENDE ♦
      'ALLER A' ORIG ♦
DEUX : QL := ENT (L/2) ♦ RL := L - QL ⊗ 2 ♦
      R0 $ (M) $ := QL + RL ♦ R0 $ (M + 1) $ := QL + RL ♦
      'ALLER A' PROG ♦
TROIS : QL := ENT (L/3) ♦ RL := L - QL ⊗ 3 ♦
      R0 $ (M) $ := QL ♦ R0 $ (M + 1) $ := QL + RL ♦
      R0 $ (M + 2) $ := QL ♦ 'ALLER A' PROG ♦
QUATRE : QL := ENT (L/4) ♦ RL := L - QL ⊗ 4 ♦
      R0 $ (M) $ := QL ♦ R0 $ (M + 1) $ := QL ♦
      R0 $ (M + 2) $ := QL + RL ♦ R0 $ (M + 3) $ := QL ♦
      'ALLER A' PROG ♦
ENDE : 'FIN' ♦

```

22. Tout segment de polyphonie défini par $[12r, 12r + 11]$ ($0 \leq r \leq 15$) représente une ordination de l'ensemble C conforme à la règle fondamentale du § 3.1. Soit $12r + m$ ($m \leq 11$), le rang d'un nombre N différent de 8.00, dans une quelconque des lignes $L0, L1, \dots, L5$. Si le même nombre se trouve également dans une position $12r + 11 + n$ ($n \leq 11$), dans la même ligne, et que les positions $12r + m + 1, 12r + m + 2, \dots, 12r + 10 + n$ soient vides

(c'est-à-dire occupées par le symbole 8.00), on peut envisager de les remplir avec le nombre N en restant en conformité avec la règle générale. Sans faire de ce remplissage une opération appliquée systématiquement chaque fois que le cas se présente, on peut abandonner la décision de la faire ou non, à un processus aléatoire, soumis à un certain nombre de tests. C'est ce qu'on pourra suivre dans l'exposé de la procédure URSULA, appliquée à chaque zone de sons.

23. Les procédures INGRID et TOVE dressent 6 listes, $IN0, IN1, IN2, IN3, IN4$, et $IN5$, de FL positions chacune, comptées de 0 à $FL - 1$, qui, pour chaque zone, indiquent, par, 1, 2, 3, 12, 13, 23, 123, quel timbre, ou mélange de timbres est affecté aux sons correspondants des listes $L0, L1, \dots, L5$. Le mot timbre doit être compris dans un sens très général et peut désigner aussi bien le timbre d'un instrument déterminé qu'une certaine façon de jouer (« arco », « pizzicato », « flatterzunge », « trémolo », « glissando », etc). Etant donnés un son et trois « timbres », le son peut être émis par un des 7 arrangements 1 à 1, 2 à 2, 3 à 3 de trois objets énumérés ci-dessus. Sauf dans le cas où ces timbres sont émis par un synthétiseur de sons, on ne peut envisager de changements trop rapides d'un son au suivant. La procédure INGRID détermine, pour toutes les zones à la fois, la longueur des segments dont les sons seront émis par le ou les mêmes timbres, en se basant sur la présence simultanée, dans une même position du symbole 8.00 dans toutes les lignes. Les positions où, dans les 6 zones à la fois, se trouve un silence, sont notées 0 dans les 6 listes $IN0, IN1, \dots, IN5$. Toutes les autres positions sont notées 1. Les segments de ces listes qui, après l'appel de la procédure INGRID sont constitués par des séquences de 1, déterminent la longueur des segments qui seront affectés du même timbre ou groupe de timbres. La procédure TOVE déterminera ce timbre ou groupe de timbres.

24. Les données qui figurent après l'appel des procédures du programme ALGOM 1 devront être perforées conformément aux indications ci-dessous :

F1 }
 F2 }
 F3 } 6 nombres différents de 0 et inférieurs à 100
 F4 }
 F5 }
 F6 }

FL un multiple entier de 12 au plus égal à 192

PCAN	0,	a,	b,	c,	d,	e,	f,	g,	h,	i,	j,	k,	FL,
PTIM	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	l,	m,	n,	o,	p,	FL,
PREG	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	q,	r,	FL,	
PDEN	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	s,	FL,		
PLON	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	t,	u,	v,	FL,

Tout nombre figurant dans une de ces listes doit être supérieur ou égal à celui qui est à sa gauche.

R : un nombre de grandeur « raisonnable » (voir § 3.19).

A, B, C, D, E, F : 6 nombres aléatoires, lus au cours de la procédure LAETIZIA.

DZ0, DZ1, DZ2, DZ3, DZ4, DZ5 : six nombres indiquant les limites inférieures des six zones. Ces nombres sont lus au cours de la procédure YVETTE et doivent être des multiples entiers de 12 (y compris 0).

G, H, I, J, K, L : 6 nombres aléatoires, lus au cours de la procédure INGRID.

M, N, O, P, Q, R, S : 6 nombres aléatoires lus au cours de la procédure TOVE.

PROGRAMMES EN LANGAGE SYMBOLIQUE ET TABLES

Bigrammes

Algom 3

Algom 4

Algom 5

00 (0-112) | 02 (113-204) | 04 (205-237) | 05 (238-324)
 07 (325-375) | 09 (376-442) | 11 (443-454)

intere le pariali colonne 0 pag. 25.
 co (0)₂ (2)₁ (4)₂ (5)₂ (7)₂ (9)₁ (11)₀ in E

0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
 intere morfologie di trasfonazione pag. 29

00 | 01 | ... | 98 | 99
 intere le prime 00 delle 119 parole pronunciate
 di 50000 parole al telefono per 30
 per persone di 50000 parole al telefono 578910

07 = 12

0 = 1:3

123 = 11 ingressi

123 = 11 uscite

00 | 01 | ... | 98 | 99
 intere di probabilità di 50000 parole

33 e 34 per le parole della stessa classe
 33 e 34 per le parole della stessa classe

33 e 34 per le parole della stessa classe
 33 e 34 per le parole della stessa classe

0590 530 850
 parole telefoniche (5)₂ di 0 nella forma 0

5590 = 0 parole telefoniche (5)₂ di 0 nella forma 0
 (= 12543) parole telefoniche (5)₂ di 0 nella forma 0

parole telefoniche (5)₂ di 0 nella forma 0
 parole telefoniche (5)₂ di 0 nella forma 0

parole telefoniche (5)₂ di 0 nella forma 0
 parole telefoniche (5)₂ di 0 nella forma 0

LISTE DES BIGRAMMES

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
0	402000	38 22207049
1	1002102	39 22807355
2	1702206	40 22707461
3	1402306	41 22207667
4	402509	42 22307873
5	402712	43 20309179
6	404014	44 20309384
7	404716	45 22509489
8	405019	46 20311394
9	1005324	47 21911597
10	5205433	48 99
11	405634	49 31202000
12	405839	50 31202707
13	1705944	51 31704014
14	307049	52 31704717
15	1707253	53 31605019
16	1607357	54 31805229
17	2207361	55 31805942
18	5207465	56 31307049
19	307669	57 31607055
20	507873	58 31807261
21	907977	59 30507367
22	309079	60 32907472
23	809182	61 31309079
24	2209384	62 32409489
25	5009487	63 99
26	309590	64 44102000
27	309792	65 43502110
28	911294	66 44005019
29	811397	67 44405226
30	99	68 44005834
31	22502400	69 42805941
32	22002507	70 43707049
33	22304014	71 44007659
34	22205019	72 44007869
35	20305332	73 43909079
36	22505433	74 43909589
37	21405942	75 99

BARBAUD. La composition musicale automatique

12345678910

12345678910

5590 ..

0730 ..

0037 ..

parole telefoniche 32-33

76	51002300	119	200405823	162	231204716	205	99
77	50502707	120	201705924	163	231605022	206	402200300
78	50404715	121	200407025	164	230405223	207	400900903
79	51005316	122	201707233	165	230505324	208	400802105
80	50505918	123	201007341	166	232805925	209	402105912
81	50307019	124	205207448	167	231607026	210	400409013
82	50307834	125	200307655	168	231707041	211	401609127
83	50309049	126	200307862	169	231807256	212	401709241
84	55009464	127	201707971	170	231707867	213	401009355
85	50309785	128	200309080	171	231309080	214	405209469
86	99	129	201609182	172	231809286	215	400409783
87	60405000	130	201709284	173	231709793	216	401711297
88	65205415	131	201609386	174	99	217	401611398
4-89	60307029	132	205209488	175	243900500	218	99
90	60907980	133	200309790	176	243900603	219	411709000
91	99	134	202211392	177	242500906	220	410409233
92	80402000	135	200211596	178	244104009	221	411709766
93	81002103	136	99	179	243504113	222	99
94	81402306	137	211607000	180	244104717	223	431709000
95	80402509	138	211807249	181	243605520	224	99
96	80402712	139	211607879	182	244105822	225	443609500
97	80305015	140	99	183	244205924	226	99
98	81705222	141	220300300	184	244007025	227	470802100
99	81605329	142	221900503	185	242507243	228	471702201
100	80305836	143	220000906	186	244007861	229	470802302
101	81705943	144	222504409	187	244009780	230	475002403
102	80307050	145	222305021	188	99	231	472105905
103	81607361	146	221805523	189	252100900	232	470409006
104	80307672	147	222207025	2-190	250405821	233	471009121
105	80307883	148	220307339	191	251705923	234	471009336
106	80011594	149	222507453	192	250307025	235	475209451
107	99	150	222307867	193	250507043	236	470409566
108	91802000	151	222209080	194	251707961	237	470409782
109	91802725	152	220309383	195	250809180	238	99
110	92207650	153	222709486	196	99	239	500300000
111	91309174	154	222209789	197	261004100	240	501700206
112	99	155	220311392	198	99	241	501600312
113	200300000	156	99	199	275000400	242	505200418
114	200800302	157	232400400	200	270900912	243	500300623
115	205000404	158	231300503	201	271105921	244	500500832
116	200000606	159	231400605	202	270407025	245	500302039
117	200404709	160	230700907	203	271007355	246	501702242
118	200405021	161	231204010	204	270307885	247	502202344

12345678910

248	505002447	291	544000826
249	500302549	292	543902039
250	500302753	293	543902546
251	500804154	294	543607056
252	500407055	295	542407372
253	501707261	296	544207990
254	501407368	297	542811297
255	507407474	298	99
256	500407882	299	550300000
257	502307988	300	550300829
258	500409093	301	550302040
259	501009394	302	550802144
260	505209495	303	555002447
261	500409796	304	555302550
262	501711297	305	550302753
263	501011398	306	550409756
264	99	307	99
265	522200000	308	560300000
266	520300312	309	560900980
267	522700424	310	99
268	522200636	311	580300000
269	522200848	312	581600315
270	520902160	313	580300630
271	522502470	314	580300838
272	520005980	315	580900945
273	99	316	580407050
274	531300000	317	580407880
275	531800207	318	99
276	530500314	319	592200600
277	532400421	320	590902139
278	531600828	321	590902344
279	531302039	322	592702449
280	532402444	323	591807056
281	531302749	324	591807887
282	531405954	325	99
283	531207056	326	700400000
284	531807980	327	701000313
285	531609090	328	705200424
286	531709794	329	702400645
287	531811298	330	700400846
288	99	331	701700957
289	543700000	332	700305068
290	544000613	333	705005474

334	700305880	377	900400000
335	700905986	378	900400804
336	702107989	379	901700906
337	701009192	380	900402010
338	99	381	901002120
339	722500400	382	901002330
340	720904164	383	905202440
341	722205068	384	900402550
342	722205875	385	900402760
343	720005982	386	905204470
344	722109589	387	900304775
345	99	388	900305080
346	731700000	389	901705282
347	730400278	390	902205384
348	731109389	391	905005488
349	731409595	392	900807390
350	99	393	99
351	744000000	394	911302000
352	742500275	395	911702010
353	744000880	396	910402220
354	742800984	397	911302780
355	743509189	398	911702790
356	743509391	399	99
357	99	400	922302000
358	750302700	401	920902310
359	752107960	402	922502440
360	99	403	922302760
361	765200400	404	922204070
362	761700975	405	922204785
363	99	406	920307390
364	780300000	407	922207897
365	781700210	408	99
366	781602164	409	931702000
367	780302777	410	931802225
368	780409090	411	931702740
369	781009191	412	931304070
370	781009392	413	931304780
371	780409594	414	934807490
372	780409796	415	99
373	99	416	944100800
374	791809000	417	944200907
375	791809785	418	944002010
376	99	419	942902130

420	944002731	438	970402763
421	943704070	439	970905980
422	943704790	440	975007487
423	943511395	441	970307894
424	99	442	970907997
425	950400800	443	99
426	951700907	444	1121509300
427	952202110	445	1121909550
428	950302715	446	99
429	951604120	447	1131400000
430	950007640	448	1131509565
431	99	449	1131509666
432	960304700	450	99
433	99	451	1150000000
434	972100900	452	1157400425
435	970402010	453	1150000850
436	971002128	454	1150309575
437	971002346	455	99

123456789

```

0  'DEBUT' REEL FA,QA,RA 0
1  'ENTIER' NR,NC,NK,NKK 0
2  'REEL' TABLEAU LD,L1,L2,L3S(01319)S,
3  RET,ENS,FON,SEC,TIE,QUA,QUI,SIX,SEPS(0139)S 0
4  'DEBUT'
5  'REEL' TABLEAU BIGS(01455)S,
6  IND,CAT,IMFS(0139)S,
7  LA,LSS(01319)S,PERMUTS(0199)S,P2S(0140,1151)S
8  'PROCEDURE' LECRIQ 0
9  'DEBUT'
10 'ENTIER' M,K 0
11 K=DONNEE 0
12 'POUR' MI=0 'PAS' 1 'JUSQUA' K 'FAIRE' 'DEBUT' BIGS(MI)=DONNEE 0
13 EDITER('FS,0','M') 0 EDITER('FIS,0','BIGS(MI)') 0
14 IMPRIMER(1) 0 'FIN' 0
15 'FIN' 0
16 'PROCEDURE' RIDDER 0
17 'DEBUT'
18 'REEL' A,B,C,D,E, P1,P2,X1,X2,Y1,PP1 0
19 'ENTIER' M 0
20 FA=DONNEE 0
21 NC=0 0
22 M=0 0
23 QA=ENT(FA/100) 0 RA=FA-QA*100 0
24 COMP:P1=BIGS(MI) 0
25 X1=P1/100 0
26 X2=ENT(X1) 0 Y1=X1-X2 0 Y1=Y1*100 0
27 'SI' Y1<RA 'ALORS' M=M+1
28 'SINON' 'ALLER' A'LISTE 0
29 'ALLER' A'COMP 0
30 LISTE:P2=BIGS(M-1)S 0
31 A=ENT(P2/10000000) 0
32 B=ENT(P2/100000) 0 (A*100) 0
33 C=ENT(P2/100) 0 (B*1000) 0 (A*100000) 0
34 D=0 0
35 E=D 0
36 A=A/10 0
37 C=C/10 0
38 IND$ (NC)$=A 0
39 CAT$ (NC)$=B 0
40 IMFS$ (NC)$=C 0
41 ENS$ (NC)$=D 0
42 RET$ (NC)$=E 0
43 FON$ (NC)$=0 0 SECS$ (NC)$=2 0 TIE$ (NC)$=4 0
44 QUA$ (NC)$=5 0 QUI$ (NC)$=7 0 SIX$ (NC)$=9 0
45 SEPS$ (NC)$=11 0
46 'FIN' 0
47 'FIN' 0
48 'PROCEDURE' SELRIQ 0 'DEBUT'
49 'REEL' CO,X,K,OK,RK,Y,Y1,0,M0,A1,A,B,C,M,N,P,M1 0 J,M
50 'TABLEAU' PRMS(0112)S 0
51 NC=1 0 K=0 0 J=DONNEE 0
52 'POUR' MI=0 'PAS' 1 'JUSQUA' 12 'FAIRE' PRMS(MI)=DONNEE 0
53 ORID:QA=ENT(FA/100) 0 RA=FA-QA*100 0
54 CO=IMFS$ (NC)-1)S 0 X=ENT(CO) 0
55 'SI' K=0 'ALORS' RK=0 'SINON' 'ALLER' A'QUOT 0
56 'ALLER' A'MIXE 0
57 QUOT:OK=ENT(K/2) 0 RK=K-OK*2 0
58 MIXE: 'SI' X=0 'ALORS' 'ALLER' A'UT 0
59 'SI' X=2 'ALORS' 'ALLER' A'RE 0

```

```

66 'SI'K=4'ALORS'ALLER A'MIO'SI'X=5'ALORS'ALLER A'FACQ
68 'SI'X=7'ALORS'ALLER A'SOLA'SI'X=9'ALORS'ALLER A'LAQ
70 'ALLER A'SIO
71 UT: 'SI'J=0'ALORS'ALLER A'UTA'SI'RK=0'ALORS'ALLER A'UTA
73 'SI'J=0'SI'RA<PRMSI'WIS'ALORS'ALLER A'UTA'SINON'SI'
74 'RA<PRMSI'WIS'ALORS'ALLER A'UTB'SINON'ALLER A'UTC
75 UTAI'Y=COORETS(NCIS)=0'ALLER A'PROG
76 UTAI'Y=COORETS(NCIS)=70'ALLER A'PROG
78 UTAI'Y=COORETS(NCIS)=50'ALLER A'PROG
81 UTAI'Y=COORETS(NCIS)=0'ALLER A'PROG
84 RE: 'SI'J=0'ALORS'ALLER A'REA'SI'RK=0'ALORS'ALLER A'REA
86 'SI'J=0'SI'RA<PRMSI'WIS'ALORS'ALLER A'REA'SINON'ALLER A'RECQ
88 REAI'Y=COORETS(NCIS)=0'ALLER A'PROG
91 REAI'Y=COORETS(NCIS)=50'ALLER A'PROG
94 MI: 'YI=COORETS(NCIS)=0'ALLER A'PROG
97 FAC: 'SI'J=0'ALORS'ALLER A'FACQ'SI'RK=0'ALORS'ALLER A'FACQ
99 'SI'J=0'SI'RA<PRMSI'WIS'ALORS'ALLER A'FACQ'SINON'SI'
100 'RA<PRMSI'WIS'ALORS'ALLER A'FACQ'SINON'ALLER A'FACQ
101 FACAI'Y=COORETS(NCIS)=0'ALLER A'PROG
104 FACAI'Y=COORETS(NCIS)=50'ALLER A'PROG
107 FACAI'Y=COORETS(NCIS)=10'ALLER A'PROG
110 SOL: 'SI'J=0'ALORS'ALLER A'SOLA'SI'RK=0'ALORS'ALLER A'SOLA
112 'SI'J=0'SI'RA<PRMSI'WIS'ALORS'ALLER A'SOLA'SINON'SI'
113 'RA<PRMSI'WIS'ALORS'ALLER A'SOLA'SINON'ALLER A'SOLA
114 SOLAI'Y=COORETS(NCIS)=0'ALLER A'PROG
117 SOLAI'Y=COORETS(NCIS)=70
118 RETS(NCIS)=7
119 'ALLER A'PROG
120 SOL: 'YI=COORETS(NCIS)=2'ALLER A'PROG
123 LA: 'SI'J=0'ALORS'ALLER A'LAQ'SI'RK=0'ALORS'ALLER A'LAQ
125 'SI'J=0'SI'RA<PRMSI'WIS'ALORS'ALLER A'LAQ'SINON'ALLER A'
126 LAQ
127 LAAI'Y=COORETS(NCIS)=0'ALLER A'PROG
130 LAAI'Y=COORETS(NCIS)=7'ALLER A'PROG
133 SI: 'YI=COORETS(NCIS)=0'ALLER A'PROG
135 PROG: QI=0
136 PROG: MOI=MOI/10
137 AI=ENT(10/1000000)
138 AI=AI/10
139 'SI'Y=AI'ALORS'ALLER A'PROG
140 QI=QI+1'ALLER A'PROG
142 PPOR: IND(IND)=Y
143 FAI=(FA+2)*INC(10)
144 BORN(IND)=SI'FA>10000'ALORS'FAI=ENT(FA/10)
145 'SINON'ALLER A'BORNINF
146 'ALLER A'BORNINF
147 BORNINF: 'SI'FA<100'ALORS'FAI=(FA+2)*SINON'ALLER A'DIV
148 'ALLER A'BORNINF
149 DIV: FAI=ENT(FA/100)
150 RA=FA-QA*100
151 PROG(IND)=RIS(0+1)
152 MOI=MOI/10
153 MI=MI/100
154 XI=ENT(MI)
155 YI=MI-X'YI=YI*100
156 'SI'YI>RA'ALORS'ALLER A'DIOR'SINON'QI=QI+1
157 'ALLER A'PROG
158 DIOR: MOI=MOI/10'MOI=MOI/10000
159 XI=ENT(MI)
160 YI=MOI-X'YI=YI*100000
161 XI=X/100
162 AI=ENT(XI)
163 BI=X-A
164 AI=B/100
165 CI=ENT(YI/100)
166 CATS(IND)=B'INFS(IND)=C
167 MI=ENS(IND)=1
168 NI=RETS(IND)
169 PI=M+N
170 ENS(IND)=P
171 'SI'P>12'ALORS'ENS(IND)=P-12
172 NC=NC+1'K=K+1

```

158?

179
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312

```

'SI'NC=K'ALORS'ALLER A'TESTFIN
'SI'NC=K+1'ALORS'ALLER A'TESTFIN
FAI=(FA+2)*INC(10)
LIMSUP: 'SI'FA>10000'ALORS'FAI=ENT(FA/10)
'SINON'ALLER A'LIMINF
ALLER A'LIMSUP
LIMINF: 'SI'FA<100'ALORS'FAI=(FA+2)*INC(10)
'SINON'ALLER A'ORIO
ALLER A'LIMSUP
TFSTFIN: 'POUR'KI=0'PAS'1'JUSQUA'N8'FAIRE
'DEBUT
EDITER('F6.1'INDS(KIS)
EDITER('F6.0'CATS(KIS)
EDITER('F6.1'INFS(KIS)
EDITER('F4.0'RETS(KIS)
EDITER('F6.0'ENS(KIS)
IMPRIMER(1)
'FIN'
'FIN'

'PROCEDURE'COLONNES'DEBUT
'REEL'X,Y
'ENTIER'N,N
NC=0'HI=0'X=IND(IND)
ORIG: YI=X-ENT(X)
YI=Y*10
LOS(MI)=0'LIS(MI)=0'L2S(MI)=40
L3S(MI)=70'L4S(MI)=70'L5S(MI)=0
'SI'Y=0'ALORS'L4S(MI)=96'SINON'ALLER A'TWO
L5S(MI)=96'HI=HI+80'ALLER A'DEB
TWO: L5S(MI)=96'LIS(MI)=96'HI=HI+80
DEB: XI=INFS(IND)
YI=X-ENT(X)
YI=Y*10
NC=NC+1
'SI'ENT(X)=0'ALORS'ALLER A'UT
'SI'ENT(X)=2'ALORS'ALLER A'RE
'SI'ENT(X)=4'ALORS'ALLER A'HI
'SI'ENT(X)=5'ALORS'ALLER A'FAC
'SI'ENT(X)=7'ALORS'ALLER A'SOL
'SI'ENT(X)=9'ALORS'ALLER A'LA
'SI'ENT(X)=11'ALORS'ALLER A'SI
UT: LOS(MI)=0'LIS(MI)=0'L2S(MI)=40
L3S(MI)=70'L4S(MI)=70'L5S(MI)=0
FONS(IND)=0'SECS(IND)=2'TIES(IND)=4'QUAS(IND)=50
QUIS(IND)=7'SIXS(IND)=9'SEPS(IND)=10
ALLER A'IND
RE: LOS(MI)=20'LIS(MI)=20'L2S(MI)=30
L3S(MI)=90'L4S(MI)=90'L5S(MI)=20
FONS(IND)=2'SECS(IND)=4'TIES(IND)=5'QUAS(IND)=70
QUIS(IND)=9'SIXS(IND)=11'SEPS(IND)=0
ALLER A'IND
MI: LOS(MI)=40'LIS(MI)=40'L2S(MI)=70
L3S(MI)=110'L4S(MI)=110'L5S(MI)=40
FONS(IND)=4'SECS(IND)=5'TIES(IND)=7'QUAS(IND)=90
QUIS(IND)=11'SIXS(IND)=0'SEPS(IND)=2
ALLER A'IND
FAC: LOS(MI)=50'LIS(MI)=50'L2S(MI)=90
L3S(MI)=0'L4S(MI)=0'L5S(MI)=30
FONS(IND)=5'SECS(IND)=9'TIES(IND)=9'QUAS(IND)=1
QUIS(IND)=0'SIXS(IND)=2'SEPS(IND)=4
ALLER A'IND
SOL: LOS(MI)=70'LIS(MI)=70'L2S(MI)=110
L3S(MI)=20'L4S(MI)=20'L5S(MI)=70
FONS(IND)=7'SECS(IND)=9'TIES(IND)=11'QUAS(IND)=0
QUIS(IND)=2'SIXS(IND)=4'SEPS(IND)=5
ALLER A'IND
LA: LOS(MI)=90'LIS(MI)=90'L2S(MI)=0
L3S(MI)=40'L4S(MI)=40'L5S(MI)=90
FONS(IND)=9'SECS(IND)=11'TIES(IND)=0'QUAS(IND)=2
QUIS(IND)=4'SIXS(IND)=5'SEPS(IND)=7
ALLER A'IND
SI: LOS(MI)=110'LIS(MI)=110'L2S(MI)=20
L3S(MI)=50'L4S(MI)=50'L5S(MI)=110

```

179

237?

```

313 FONSINCIS=110SECSINCIS=0 TIESINCIS=2 0 QUASINCIS=4 0
319 QUISINCIS=5 0 SIXSINCIS=7 0 SEPSINCIS=9 0
322 INDI'SI'Y=0'ALORS'ALLER A'ZERO
323 'SI'Y=1'ALORS'ALLER A'UNO
324 'SI'Y=2'ALORS'ALLER A'DEUX
325 'SI'Y=3'ALORS'ALLER A'TROIS
326 'SI'Y=4'ALORS'ALLER A'QUATRE
327 'SI'Y=5'ALORS'ALLER A'CINQ
328 'SI'Y=6'ALORS'ALLER A'SIS
329 'SI'Y=7'ALORS'ALLER A'SEPT
330 'SI'Y=8'ALORS'ALLER A'HUIT
331 'ALLER A'NEUF
332 ZERO:L4S(M)S=960L5S(M)S=960'ALLER A'PROG
335 UN: L5S(M)S=960L2S(M)S=960K=L0S(M)S=0'SI'K=0'ALORS'K=K+3
338 'SINON'SI'K=5'ALORS'K=K+3'SINON'SI'K=7'ALORS'
338 K=K+3'SINON'K=K+40'SI'K=12'ALORS'K=K-12
340 L0S(M)S=0'ALLER A'PROG
342 DEUX:LIS(M)S=960L5S(M)S=960'ALLER A'PROG
345 TROIS:L0S(M)S=L2S(M)S=L2S(M)S=960L5S(M)S=960
348 'ALLER A'PROG
349 QUATRE:L0S(M)S=L2S(M)S=L2S(M)S=960L4S(M)S=960
352 'ALLER A'PROG
353 CINQ:L5S(M)S=96 0 L4S(M)S=96 0
355 L0S(M)S=L2S(M)S=960'ALLER A'PROG
357 SIS: L5S(M)S=96 0 L4S(M)S=96 0
359 L0S(M)S=L3S(M)S=0 'ALLER A'PROG
361 SEPT:L5S(M)S=96 0 L4S(M)S=96 0 K=L2S(M)S=K+1 0
365 L2S(M)S=K 0 TIESINCIS=K 0 'ALLER A'PROG
368 HUIT:L5S(M)S=96 0 L4S(M)S=96 0 K=L2S(M)S
371 K=K-1 0 L2S(M)S=K 0 TIESINCIS=K 0 'ALLER A'PROG
375 NEUF:K=L0S(M)S=0'SI'K=0'ALORS'ALLER A'NEUF'SINON'SI'K=5
376 'ALORS'ALLER A'NEUF'SINON'SI'K=7'ALORS'ALLER A'
376 NEUF'SINON'ALLER A'NEUF2
377 NEUF:K=K+10'SI'K=12'ALORS'K=K-120L0S(M)S=K
380 LIS(M)S=960L5S(M)S=960K=L4S(M)S=K+30'SI'K=12'ALORS'
384 K=K-120L4S(M)S=K+K=L0S(M)S=K-10FONSINCIS=K
389 'ALLER A'PROG
390 NEUF2:LIS(M)S=960L5S(M)S=960FONSINCIS=L0S(M)S
393 K=L4S(M)S=K+20'SI'K=12'ALORS'K=K-120L4S(M)S=K
397 K=L3S(M)S=K-10'SI'K=0'ALORS'K=K-120L3S(M)S=K
401 PROG:M=8 0 'SI'M>NKK-7'ALORS'ALLER A'ENDE
403 'ALLER A'DEB
404 ENDE: M=0
405 SIL: 'POUR'M=N+1'PAS'1'JUSQUA'M-7'FAIRE'
405 'DEBUT'
405 L0S(M)S=960LIS(M)S=960L2S(M)S=960
408 L3S(M)S=960L4S(M)S=960L5S(M)S=960
411 'FIN'
412 N=M+8
413 'SI'M>NKK'ALORS'ALLER A'IMP'SINON'ALLER A'SIL
414 IMP: 'FIN'
415
415 'PROCEDURE'MODULATION(LO)
416 'REEL'TABLEAU'LO
417 'DEBUT'
417 'REEL'X.Y.Z
418 'ENTIER'M.N
419 M=8 N=0
421 AA:SI'L0S(M)S=96'ALORS'M=M+8'SINON'ALLER A'AB
422 'SI'M>NKK-7'ALORS'ALLER A'ENDE
423 M=M+1
424 'ALLER A'AA
425 AR: X=L0S(M)S Y=ENS5S(M)S Z=X+Y
428 'SI'Z=12'ALORS'Z=Z-12
429 L0S(M)S=Z N=M+8
431 'SI'M>NKK-7'ALORS'ALLER A'ENDE
432 N=M+1 'ALLER A'AA
434 ENDE:'FIN'
435
435 'PROCEDURE'DAMME
436 'DEBUT'REEL'A.B.C.D.E.F.G.Y.N

```

386-387
358?
392?

```

437 NC=1 0 N=0
439 ORIG: Y=ENS5S(M)S
440 A=FONSINCIS 0 B=SECSINCIS 0 C=TIESINCIS 0
443 D=QUASINCIS 0 E=QUISINCIS 0
445 F=SIXSINCIS 0 G=SEPSINCIS 0
447 A=AY 0 'SI'A>12'ALORS'A=A-12 0
449 B=BY 0 'SI'B>12'ALORS'B=B-12 0
451 C=CY 0 'SI'C>12'ALORS'C=C-12 0
453 D=DY 0 'SI'D>12'ALORS'D=D-12 0
455 E=EY 0 'SI'E>12'ALORS'E=E-12 0
457 F=FY 0 'SI'F>12'ALORS'F=F-12 0
459 G=GY 0 'SI'G>12'ALORS'G=G-12 0
461 FONSINCIS=A 0 SECSINCIS=B 0 TIESINCIS=C 0
464 QUASINCIS=D 0 QUISINCIS=E 0
466 SIXSINCIS=F 0 SEPSINCIS=G 0
468 NC=NC+1 0 N=N+1
470 'SI'N>NKK'ALORS'ALLER A'ORIG
471 'FIN'
472
472 'PROCEDURE'PERMUTATIONS'DEBUT'REEL'M.N.P.X.Y.A.A1.B.B1.C.C1.
473 0.01.E.V.W
474 'TABLEAU'PIS(0:40,1:5)POUR'M=0'PAS'1'JUSQUA'99'FA
475 'RE'PERMUTS(M)S=00NNEE
476 V=0 0 W=1 0
478 P2S(V,W)S=1 0 P2S(V,W+1)S=2 0 P2S(V,W+2)S=3 0 P
481 2S(V,W+3)S=4 0 P2S(V,W+4)S=5 0
483 M=0
484 ORIGIX:CATS(M)S
485 Y=PERMUTSIXS
486 A=Y/10000
487 A=ENT(A1)
488 B1=
488 [A1-A]100R1=ENT(B1)C1=(B1-B)100C1=ENT(C1)D1=(C1-C)100
492 100D=ENT(D1)E1=(D1-D)100
495 MARIN=1PIS(M,N)S=AOPIS(M,N+1)S=BOPIS(M,N+2)S=COPIS(M,N+3)S
499 =DOPIS(M,N+4)S=E
501 T1:PIS
502 NF: 'SI'PIS(M,N)S=P2S(M,PIS'ALORS'ALLER A'CAON=M+10'ALLER A'NEO
505 CA: P2S(M+1,PIS=NOP=P+10'SI'P>5'ALORS'ALLER A'PU=N+10
509 'ALLER A'NE
510 PUI: M=N+10
511 'SI'M>NB'ALORS'ALLER A'ENDE
512 'ALLER A'ORIG
513 'ALLER A'MAR
514 'SI'M=12'ALORS'ALLER A'T1
515 'SI'M=N+1 0 'ALLER A'T1
517 'PRO'NT=0 0 P1=1
519 PROA:P1=1 0 'SI'P>5'ALORS'ALLER A'PROA
521 'ALLER A'PROA
522 PROB:M=M+1 0 P1=1
524 'SI'M>NB'ALORS'ALLER A'ENDE
525 'ALLER A'PROA
526 ENDE:'FIN'
527
527 'PROCEDURE'LIGNES
528 'DEBUT'REEL'
529 'ENTIER'L.K.LL.KK
530 'TABLEAU'TABS(1:5,0:40)S
531 NC=8 0 LI=1 0 KI=1 0 LL=5 0 KK=1 0
536 OFB: A=L5SINCIS 0 B=L4SINCIS 0 C=L3SINCIS 0
539 D=L2SINCIS 0 F=L1SINCIS 0
541 UN: 'SI'P2S(L,K)S=1'ALORS'ALLER A'DEUX
542 TABS(LL,KK)S=A 0 'ALLER A'PROG
544 DEUX: 'SI'P2S(L,K)S=2'ALORS'ALLER A'TROIS
545 TABS(LL,KK)S=B 0 'ALLER A'PROG
547 TROIS: 'SI'P2S(L,K)S=3'ALORS'ALLER A'QUATRE
548 TABS(LL,KK)S=C 0 'ALLER A'PROG
550 QUATRE: 'SI'P2S(L,K)S=4'ALORS'ALLER A'CINQ
551 TABS(LL,KK)S=D 0 'ALLER A'PROG
553 CINQ: TABS(LL,KK)S=E
554 PROG: LL=LL-1 0 K=K+1 0

```

8

Handwritten box containing the following text:

```

TOI: 'SI'N=12'ALORS'ALLER A'T1
N=N+1 0 'ALLER A'T1
PRO'NT=0 0 P1=1
PROA:P1=1 0 'SI'P>5'ALORS'ALLER A'PROA
ALLER A'PROA
PROB:M=M+1 0 P1=1
SI'M>NB'ALORS'ALLER A'ENDE
ALLER A'PROA
ENDE:'FIN'

```

Handwritten signature: Assl.

```

554 'SI'LL=0'ALORS'ALLER A'PROGA 0
557 'ALLER A'UN 0
558 PROGA: NC=NC+8 0 LI=L+1 0 KI=1 0 LL=5 0 KK=KK+1 0
563 'SI'LL=MK'ALORS'ALLER A'DEB 0
564 NC=8 0 LL=5 0 KK=1 0
567 ANF: L5S(NC)=TAB(ILL, KK) 0 LL=4 0
569 L4S(NC)=TAB(ILL, KK) 0 LL=3 0
571 L3S(NC)=TAB(ILL, KK) 0 LL=2 0
573 L2S(NC)=TAB(ILL, KK) 0 LL=1 0
575 L1S(NC)=TAB(ILL, KK) 0 NC=NC+8 0 KK=KK+1 0 LL=5 0
579 'SI'KK<=MK'ALORS'ALLER A'ANF 0
580 'FIN' 0
581 'PROCEDURE' CANCELLATION 0 'ENTIER' M 0
582 'DEBUT' REEL' X 0
584 NI=0 0 XI=L4S(NI) 0
586 'SI'X=96'ALORS'ALLER A'ENDE 0
587 'POUR' NI=0'PAS'8'JUSQUA'NKK-7'FAIRE'
587 'DEBUT'
587 L1S(NI)=L2S(NI) 0
588 L2S(NI)=L3S(NI) 0
589 L3S(NI)=L4S(NI) 0
590 'FIN' 0
591 ENDE: 'FIN' 0
592
592 NI=38 0
593 NKK=NI+1 0 NKK=(NKK+8)+7 0
595
595 LFCBIO 0
596 BIGDEB 0
597 SELBIO 0
598 COLONNES 0
599 MODULATION(L0) 0 MODULATION(L1) 0
601 MODULATION(L2) 0 MODULATION(L3) 0
603 MODULATION(L4) 0 MODULATION(L5) 0
605 GAMME 0
606 PERMUTATIONS 0
607 LIGNES 0
608 CANCELLATION 0
609 'FIN' 0
610
610 'DEBUT'
610
610 'PROCEDURE' SCANDICUS 'DEBUT' REEL' X.Y 0 'ENTIER' M.N.P 0
613 NC=0 0 'POUR' PI=NC+4'PAS'8'JUSQUA'NKK-7'FAIRE' 'DEBUT'
614 LOS(PIS)=LOS(P-4) 0 LIS(PIS)=LIS(P-4) 0
616 L2S(PIS)=L2S(P-4) 0 L3S(PIS)=L3S(P-4) 0
618 'FIN' 0
619 ORIG: FAI=(FAA2)+(M+100) 0
620 LIMSUP: 'SI'FA>=1000'ALORS'FAI=ENT(FA/10)'SINON' 'ALLER A'
620 LIMINF 0 'ALLER A' LIMSUP 0
622 LIMINF: 'SI'FA<10'ALORS'FAI=(FAA2)+(M+100) 0
623 OAI=ENT(FA/12) 0 RAI=FA-OAI 0
625 'SI'RA<9'ALORS'ALLER A'PROG 0
626 'POUR' NI=M+4'PAS'4'JUSQUA'NKK-7'FAIRE' 'DEBUT'
626 XI=L3S(NI) 0 YI=L2S(NI) 0
628 L3S(NI)=L1S(NI) 0 L2S(NI)=X 0 LIS(NI)=Y 0 'FIN' 0
632 PROG: NI=M+8 0 'SI'N<NKK-15'ALORS'ALLER A'ORIG 0
634 'FIN' 0
635
635 'PROCEDURE' QUINTES 0
636 'DEBUT' REEL' X.Y.J1.J2.A.B.C.D.AA.BB.CC.DD.AAA.BBB.CCC.DDD 0
637 'ENTIER' P.Q.K.L 0 'BOOLEEN' BO.B1.B2.B3 0
639 NC=0 0
640 LI=0 0
641 BCD: KI=0 0
642 ORIG: A=L1S(NC) 0 B=L1S(NC) 0 C=L2S(NC) 0 D=L3S(NC) 0
646 AA=L1S(NC+4) 0 BB=L1S(NC+4) 0
648 CC=L2S(NC+4) 0 DD=L3S(NC+4) 0
650 AAA=L1S(NC+8) 0 BBB=L1S(NC+8) 0 CCC=L2S(NC+8) 0
653 DDD=L3S(NC+8) 0 'ALLER A' COND 0
655 COMPI: J1=8-A 0 J2=8-B-AAA 0 R0=AAA-A 0 0=0 0

```

*Mus
b assigne
Zion
JM*

```

659 COND: 'SI'J1<0'ALORS'J1=J1+12 0
660 'SI'J2<0'ALORS'J2=J2+12 0
661 'SI'J1=0'ALORS'ALLER A'OCT 0
662 'SI'J1=6'ALORS'ALLER A'QUINT 0
663 'SI'J1=7'ALORS'ALLER A'QUINT 0
664 0=0+1 0
665 PROG: 'SI'0=1'ALORS'ALLER A'EINS 0 'SI'0=2'ALORS'ALLER A'
666 ZWEI 0 'SI'0=3'ALORS'ALLER A'DREI 0 'SI'0=4'ALORS'
668 'ALLER A'VIER 0 'SI'0=5'ALORS'ALLER A'FUENF 0 'SI'0=6
670 'ALORS'ALLER A'SECHS 0 'SI'0=7'ALORS'ALLER A'SIEBEN 0
672 'SI'0=8'ALORS'ALLER A'ACHT 0 'SI'0=9'ALORS'ALLER A'
673 NEUN 0 'SI'0=10'ALORS'ALLER A'ZEHN 0 'SI'0=11'ALORS'
675 'ALLER A'ELF 0 'ALLER A'ZWOELF 0
677 EINS: J1=C-A 0 J2=CCC-AAA 0 'ALLER A'COND 0
680 ZWEI: J1=D-A 0 J2=DDD-AAA 0 'ALLER A'COND 0
683 DREI: J1=E-B 0 J2=CCC-BBB 0 B0=BBB-B 0 'ALLER A'COND 0
687 VIER: J1=F-B 0 J2=DDD-BBB 0 'ALLER A'COND 0
690 FUENF: J1=G-C 0 J2=DDD-CCC 0 B0=CCC-C 0 'ALLER A'COND 0
694 SECHS: J1=BB-AA 0 J2=BBB-AAA 0 B0=AAA-AA 0 'ALLER A'COND 0
698 SIEBEN: J1=CC-AA 0 J2=CCC-AAA 0 'ALLER A'COND 0
701 ACHT: J1=DD-AA 0 J2=DDD-AAA 0 'ALLER A'COND 0
704 NEUN: J1=CC-BB 0 J2=CCC-BBB 0 B0=BBB-BB 0 'ALLER A'COND 0
708 ZEHN: J1=DD-BB 0 J2=DDD-BBB 0 'ALLER A'COND 0
711 ELF: J1=DD-CC 0 J2=DDD-CCC 0 B0=CCC-CC 0 'ALLER A'COND 0
715 ZWOELF: L3S(NC+4)=DD 0 L2S(NC+4)=CC 0 L1S(NC+4)=BB 0
718 LOS(NC+4)=AA 0 L3S(NC+8)=DDD 0 L2S(NC+8)=CCC 0
721 LIS(NC+8)=BBB 0 LOS(NC+8)=AAA 0
723
723 PROCCOL: 'SI'LI=1'ALORS'LI=0'SINON'ALLER A'PROCCOL2 0
724 NC=NC+8 0 TEXTE: 'IMPOSSIBLE' 0 IMPRIMER(1) 0
727 PROCCOL2: NC=NC+8 0 KI=0 0
729 'SI'NC=NKK-7'ALORS'ALLER A'ENDE 0
730 'ALLER A'ORIG 0
731 OCT: 'SI'J2<0'ALORS'ALLER A'PROG 0
732 'SI'80'ALORS'ALLER A'PROG 0
733 'ALLER A'TRANSK 0
734 QUINT: 'SI'J2=7'ALORS'ALLER A'PROG 0
735 TRANSK: 'SI'K=0'ALORS'ALLER A'BCD 0
736 'SI'K=1'ALORS'ALLER A'CBN 0
737 'SI'K=2'ALORS'ALLER A'CDB 0
738 'SI'K=3'ALORS'ALLER A'DBC 0
739 'SI'K=4'ALORS'ALLER A'DCB 0
740 KI=0 0 'POUR' PI=NC+4'PAS'4'JUSQUA'NKK-7'FAIRE' 'DEBUT'
741 XI=L3S(PIS) 0 L3S(PIS)=LIS(PIS) 0 LIS(PIS)=X 0 'FIN' 0
745 LI=L+1 0 'SI'LI=2'ALORS'ALLER A'PROCCOL 0
747 NC=NC+8 0 'SI'NC<0'ALORS'ALLER A'ENDE 0
749 'ALLER A'ORIG 0
750 BDC: KI=1 0
751 BDCA: 'POUR' PI=NC+4'PAS'4'JUSQUA'NKK-7'FAIRE' 'DEBUT'
751 XI=L3S(PIS) 0 L3S(PIS)=L2S(PIS) 0 L2S(PIS)=X 0
754 'FIN' 0 'ALLER A'ORIG 0
756 CRO: KI=2 0
757 'POUR' PI=NC+4'PAS'4'JUSQUA'NKK-7'FAIRE' 'DEBUT'
757 XI=L3S(PIS) 0 YI=L2S(PIS) 0
759 L2S(PIS)=LIS(PIS) 0
760 LIS(PIS)=X 0 L3S(PIS)=Y 0 'FIN' 0 'ALLER A'ORIG 0
764 CDR: KI=3 0 'POUR' PI=NC+4'PAS'4'JUSQUA'NKK-7'FAIRE' 'DEBUT'
765 XI=L3S(PIS) 0 L3S(PIS)=L2S(PIS) 0 L2S(PIS)=X 0
768 'FIN' 0 'ALLER A'ORIG 0
770 DBC: KI=4 0
771 'POUR' PI=NC+4'PAS'4'JUSQUA'NKK-7'FAIRE' 'DEBUT'
771 XI=L3S(PIS) 0 YI=L2S(PIS) 0
773 L3S(PIS)=LIS(PIS) 0
774 L2S(PIS)=X 0 LIS(PIS)=Y 0
776 'FIN' 0 'ALLER A'ORIG 0
778 DCB: KI=5 0 'POUR' PI=NC+4'PAS'4'JUSQUA'NKK-7'FAIRE' 'DEBUT'
779 XI=L3S(PIS) 0 L3S(PIS)=L2S(PIS) 0 L2S(PIS)=X 0
782 'FIN' 0 'ALLER A'ORIG 0
784 ENDE: 'FIN' 0
785
785 'PROCEDURE' TENDR 'DEBUT' REEL' P.Q.OP.RP.10'ENTIER' MO
786 NI=0 0 LIS(NI)=360

```

2

```

790 ORIG: P1=L1S(M1S001=L1S(M+4)S00P1=ENT(P/12)0RP1=P-OP*120
794 11=0-RP0'S1'120'ALORS'11=1+120
796 01=51'11<6'ALORS'P1'51NON'P-12+10
797 'S1'0>4'ALORS'ALLER A'SUP0
798 'S1'0>31'ALORS'ALLER A'PROG0
799 INF1 01=0-120'S1'0-P>B'ALORS'01=0-120'ALLER A'PROG0
802 SUP1 01=0-120'S1'P-Q>B'ALORS'01=0-120
804 PROG:L1S(M+4)S1=00M1=M+40
806 'S1'M=NKK-3'ALORS'ALLER A'ENDE0'ALLER A'ORIG0
808 ENDE:'FIN'0
809
809 'PROCEDURE'ALT00'DEBUT'REEL'P.OP.RP.Q.QQ.RQ.R.QR.RR.
810 S.OS.RS.N20
811 'ENTIER'M.OH.RM0'B00LEEN'RO.B10M1=00L2S(M1S1=400
815 ORIG:P1=L1S(M1S00P1=ENT(P/12)0RP1=P-OP*120
818 01=L1S(M+4)S0001=ENT(0/12)0R01=0-00*120
821 R1=L2S(M1S00R1=ENT(R/12)0RR1=R-OR*120
824 S1=L2S(M+4)S0M21=5-RR0'S1'M2<0'ALORS'M21=M2+120
827 S1'S1'M2<6'ALORS'R+M2'S1NON'R-12'M20
828 OS1=ENT(S/12)0RS1=S-OS*120
830 OM1=ENT(M/8)0RM1=M-QH*80'S1'RM<0'ALORS'ALLER A'UN0
833 ZERO1'S1'Q>5'ALORS'S1=5-120B01=R-S0B11=5-Q>120
836 'S1'B0'ET'B1'ALORS'S1=5-120'ALLER A'PROG0
838 UN1 B01=R0-R50'S1'NON'B0'ALORS'ALLER A'PROG0
840 B01=R-S0B11=P-00'S1'B0'ET'B1'ALORS'ALLER A'PROG0
843 B01=R>S0B11=P>00'S1'B0'ET'B1'ALORS'ALLER A'OCT10
846 B01>S>R0B11=0>P0'S1'B0'ET'B1'ALORS'ALLER A'OCT2
848 'S1NON'ALLER A'PROG0
849 OCT11'ALLER A'PROG0OCT21'ALLER A'PROG0
851 PROG:L1S(M1S1=POL1S(M+4)S1=00L2S(M1S1=R0L2S(M+4)S1=50
855 M1=M+40'S1'M=NKK-3'ALORS'ALLER A'ENDE0
857 'ALLER A'ORIG0ENDE:'FIN'0
859
859 'PROCEDURE'SOPRANO'DEBUT'REEL'P.Q.R.S.QR.RR.13.ONC.RNC0
861 NC1=00L3S(NC1S1=430
863 ORIG: P1=L2S(NC1S001=L2S(NC+4)S0R1=L3S(NC1S0S1=L3S(NC+4)S0
867 OR1=ENT(R/12)0RR1=R-OR*120131=5-RR0'S1'13<0'ALORS'131=
870 13+120S1'S1'13<6'ALORS'R+13'S1NON'R-12+1300NC1=ENT(NC/8)0
873 RNC1=NC-QNC*80'S1'RNC<0'ALORS'ALLER A'PROG0'S1'S<0
875 'ALORS'S1=5-120'S1'5-Q>12'ALORS'S1=5-120
877 PROG:L3S(NC+4)S1=S0NC1=NC+40'S1'NC=NKK-3'ALORS'ALLER A'ENDE0
880 'ALLER A'ORIG0ENDE:'FIN'0
882
882 'PROCEDURE'RASSE'DEBUT'REEL'P.Q.R.S.OP.RP.M00'ENTIER'M0
885 M1=00P1=240L0S(M1S1=P0M1=M+40
889 ORIG: P1=L0S(M1S001=L0S(M+4)S0R1=L1S(M1S0S1=L1S(M+4)S0
893 OP1=ENT(P/12)0RP1=P-OP*120
895 'S1'RP<0'ALORS'RP1=RP+120
896 M01=0-RP0'S1'M0<12'ALORS'M01=M0+120
898 01=51'M0>6'ALORS'P-12+M0'S1NON'P+M00
899 'S1'Q>5'ALORS'01=0-120
900 'S1'S>0>12'ALORS'01=0-120
901 'S1'Q>R'ALORS'01=0-120
902 L0S(M+4)S1=00
903 M1=M+40'S1'M=NKK-3'ALORS'ALLER A'ENDE0'ALLER A'ORIG0
906 ENDE:'FIN'0
907
907 'PROCEDURE'SEPTIEMES
909 'DEBUT'REEL'P.Q.R.S.T.U.V.W.X.Y.7.F1.F2.M1.A.B.OP.
910 OS.QV.OX.OO.OT.OV.QZ.RO.RT.RV.R7
911 'ENTIER'K.M
912 NC1=8 0 K1=1 0
915 ORIG:M1=L0S(NC1S1 0 P1=L0S(NC+4)S1 0 O1=L0S(NC+8)S1 0
918 R1=L1S(NC1S1 0 S1=L1S(NC+4)S1 0 T1=L1S(NC+8)S1 0
921 U1=L2S(NC1S1 0 V1=L2S(NC+4)S1 0 W1=L2S(NC+8)S1 0
924 X1=L3S(NC1S1 0 Y1=L3S(NC+4)S1 0 Z1=L3S(NC+8)S1 0
927 F1=FONS(K1S1 0 F2=FONS(K+1)S1 0 M1=F2-F1 0
929 'S1'M1=-7'ALORS'ALLER A'SEPT 0
930 'S1'M1=5'ALORS'ALLER A'SEPT 0
931 'S1'M1=7'ALORS'ALLER A'SIXTE 0
932 'S1'M1=-5'ALORS'ALLER A'SIXTE 0
933 'ALLER A'PROG 0

```

```

132 SEPT1A1=TIE1(K+1)S1 0 R1=SEPS(K1S1 0
134 COND1001=ENT(0/12) 0 R01=0-00*12 0
136 QT1=ENT(T/12) 0 RT1=T-OT*12 0
138 OM1=ENT(W/12) 0 RM1=M-OW*12 0
140 OZ1=ENT(Z/12) 0 RZ1=Z-OZ*12 0
142 'S1'RO=A'ALORS'ALLER A'BASSE 0
143 'S1'RT=A'ALORS'ALLER A'TENOR 0
144 'S1'RW=A'ALORS'ALLER A'ALTO 0
145 'ALLER A'SOPR 0
146 BASSE:P1=ENT(0/12)121+B0
147 'ALLER A'QUINTES0
148 TENOR:S1=ENT(T/12)121+B0
149 'ALLER A'QUINTES0
150 ALTO:V1=ENT(W/12)121+B0
151 'ALLER A'QUINTES0
152 SOPR:Y1=ENT(Z/12)121+B0
153 'ALLER A'QUINTES0
154 SIXTE:A1=TIE1(K+1)S1 0 B1=SIXS(K1S1 0
156 'ALLER A'COND 0
157 QUINTES:L0S(NC+4)S1=P 0 L1S(NC+4)S1=S 0
159 L2S(NC+4)S1=V 0 L3S(NC+4)S1=Y 0
161 PROG: NC1=NC+8 0 K1=K+1 0
163 'S1'NC=NKK-7'ALORS'ALLER A'ENDE 0
164 'ALLER A'ORIG 0
165 ENDE:'FIN' 0
166
166 'PROCEDURE'PREP10'DEBUT'REEL'TABLEAU'L00
168 'DEBUT'REEL'A.B.OB.RB 0 'ENTIER'M.N 0
170 M1=4 0 N1=1 0
172 A1=L0S(M1S0B1=L0S(M+8)S0OB1=ENT(B/12)0RB1=B-OB*120
176 'S1'RB=SEPS(N1S1'ALORS'ALLER A'PREP0
177 PROG:M1=M+80N1=N+10'S1'M>NKK-15'ALORS'ALLER A'ENDE0
180 PREP1'S1'L0S(M+8)S1=L0S(M1S1'ALORS'L0S(M+4)S1=L0S(M1S1
181 'ALLER A'PROG0
182 ENDE:'FIN'0
183
183 'PROCEDURE'FELIZITAS(L0) 0
184 'REEL'TABLEAU'L0 0
185 'DEBUT'REEL'X.O.R.F 0
186 'ENTIER'M.NE0
187 'POUR'M1=0'PAS'1'JUSQUA'NKK'FAIRE'
188 'DEBUT' F1=L0S(M1S1 0 O1=ENT(F/12) 0
189 R1=F-O*12 0
190 X1=O-(R/100) 0
191 L0S(M1S1=X 0
192 'FIN' 0
193 'POUR'M1=0'PAS'1'JUSQUA'NKK-1'FAIRE'
193 'S1'L0S(M+1)S1=B'ALORS'L0S(M+1)S1=L0S(M1S1 0
194 'FIN' 0
195
195 'PROCEDURE'IMPRESSION 0
196 'DEBUT'
196 'POUR'NC1=0'PAS'1'JUSQUA'NKK'FAIRE'
196 'DEBUT'
196 EDITER('F6.2'.,L3S(NC1S1) 0
197 EDITER('F6.2'.,L2S(NC1S1) 0
198 EDITER('F6.2'.,L1S(NC1S1) 0
199 EDITER('F6.2'.,L0S(NC1S1) 0
200 IMPRIMER(1) 0
201 'FIN' 0
202 'FIN' 0
203
203 'PROCEDURE'PERTUIS(L3) 0 'REEL'TABLEAU'L3 0 'DEBUT'
205 'ENTIER'M.N.P 0 P1=0 0
207 'POUR'M1=0'PAS'1'JUSQUA'19'FAIRE'DEBUT'
207 'S1'P=0'ALORS'DEBUT'M1=0 0 ESPACE(17) 0 'FIN' 0
210 EDITER('F5.02'.,L3S(M1S1) 0 TEXTE(''') 0 N1=M+1 0
213 'S1'M<10'ALORS'P1=1'S1NON'DEBUT'P1=00PERFORER0'FIN'0
216 'FIN' 0 'FIN' 0
218
218 'PROCEDURE'PERFENS 0 'DEBUT'ENTIER'M.N.P 0 P1=0 0
218

```

```

221 *POUR 'M1=0' PAS 1 'JUSQUA' 31 'FAIRE' 'DEBUT'
221 'S1' P=0 'ALORS' 'DERUT' N1=0 'ESPACE' (17) 'FIN' '
224 EDITER ('F6.0' 'ENSSIMIS) 'TEXTE' (''') 'N1=N+1'
227 'S1' N<8 'ALORS' P1=1 'SINON' 'DEBUT' P1=0 'PERFORER' 'FIN'
230 'FIN'
231 *POUR 'M1=32' PAS 1 'JUSQUA' 38 'FAIRE' 'DEBUT'
231 ESPACE (17) 'EDITER' ('F6.0' 'ENSSIMIS) 'TEXTE' (''')
234 PERFORER 'FIN'
236 'FIN'
237
237 *PROCEDURE PERFFON (FON) 'REEL' 'TABLEAU' FON 'DEBUT'
239 'ENTIER' 'M,N,P' 'P1=0'
241 *POUR 'M1=0' PAS 1 'JUSQUA' 39 'FAIRE' 'DEBUT'
241 'S1' P=0 'ALORS' 'DEBUT' N1=0 'ESPACE' (17) 'FIN'
244 EDITER ('F6.0' 'FONS (M1) 'TEXTE' (''') 'N1=N+1'
247 'S1' N<8 'ALORS' P1=1 'SINON' 'DEBUT' P1=0 'PERFORER' 'FIN'
250 'FIN' 'FIN'
252
252 SCANDICUS '
253 QUINTES '
254 TENOR '
255 TEXTE ('TENOR') 'IMPRIMER'
257 ALTO '
258 TEXTE ('ALTO') 'IMPRIMER'
260 SOPRANO '
261 TEXTE ('SOPRANO') 'IMPRIMER'
263 BASSE '
264 TEXTE ('BASSE') 'IMPRIMER'
266 SEPTIENES '
267 PREPIL01 'PREPIL1) 'PREPIL2) 'PREPIL3) '
271 FELIZITASIL0) '
272 FELIZITASIL1) '
273 FELIZITASIL2) '
274 FELIZITASIL3) '
275 TEXTE ('NUMEROSONCO COLLIGANDONISIO AUDITUDJUCUNDOS')
276 IMPRIMER
277 TEXTE ('HICOINCIPITOMUSICA') 'IMPRIMER'
279 IMPRESSION '
280 TEXTE ('PETRVS BARBALDVS ALGORISMVM INVENITOMANNO OMCHLXIV')
281 IMPRIMER
282 PERTUIS (L3) 'PERTUIS (L2) 'PERTUIS (L1) 'PERTUIS (L0) '
286 PERFFENS '
287 PERFFON (FON) 'PERFFON (SEC) 'PERFFON (TIE) '
290 PERFFON (QUA) 'PERFFON (QUI) 'PERFFON (SIX) 'PERFFON (SEP) '
294 'FIN'
295 'FIN'

```

```

0 *DEBUT 'REEL' FA,QA,RA '
1 *ENTIER 'NK,NC,NKK '
2 *REEL 'TABLEAU' L0,L1,L2,L3 '10131915.CANS (0,3,0,9915,
2 CAN2S (0,3,0,9915,
2 ENS,FON,SEC,TIE,QUA,QUI,SIX,SEPS (0,4915 '
3
3 *PROCEDURE LECTURE (L3) 'REEL' 'TABLEAU' L3 'DEBUT'
5 *ENTIER 'M,K 'K1=0 'DONNEE '
7 *POUR 'M1=0' PAS 1 'JUSQUA' K 'FAIRE' 'DEBUT'
7 L3 (M1) = DONNEE '
8 *FIN' 'FIN'
10
10 *PROCEDURE MARIE THERESE (L0) 'REEL' 'TABLEAU' L0 '
12 *DEBUT 'REEL' A,X,ON,RN 'ENTIER' L,H,N,P '
14 M1=0 'N1=0 'P1=0 'L1=DONNEE '
18 ORG: A1=L0S (M1) 'X1=(A-ENT (A1)) *1000
20 'S1' X=FONS (P1) 'ALORS' CANSIL,N1S1=1
20 'SINON' 'S1' X=TIES (P1) 'ALORS' CANS (L,N1)S1=3
20 'SINON' 'S1' X=QUIS (P1) 'ALORS' CANS (L,N1)S1=5
20 'SINON' 'S1' X=SIXS (P1) 'ALORS' CANS (L,N1)S1=6
20 'SINON' CANS (L,N1)S1=70
21 M1=M+40 'S1' M>NKK-7 'ALORS' ALLER A'ENDE
23 M1=N+10 'N1=ENTIN/2 'RN1=N-ON*20
26 'S1' RN=0 'ALORS' P1=P+10 'ALLER A'ORG0
28 ENDE 'FIN'
29
29 *PROCEDURE REGINE 'DEBUT' 'ENTIER' L,K,L1=0 'K1=0 '
33 ORG: 'S1' CANS (L,K)S1=3 'ALORS' CAN2S (L,K)S1=1
33 'SINON' CAN2S (L,K)S1=0 'K1=K+10
35 'S1' K=2*NK 'ALORS' L1=L+1 'SINON' ALLER A'ORG0
36 'S1' L=4 'ALORS' ALLER A'ENDOK1=0 'ALLER A'ORG0 ENDE 'FIN'
40
40 *PROCEDURE WYLUO 'DEBUT' 'ENTIER' K,L,P,Z 'L1=0 'K1=0 '
44 ORG: 'S1' CANS (L,K)S1=6 'ALORS' ALLER A'UN0
44 'S1' CANS (L,K)S1=7 'ALORS' ALLER A'KOL0
46 UN: 'POUR' Z1=0 'PAS 1 'JUSQUA' 3 'FAIRE' 'DEBUT'
46 CAN2S (Z,K-1)S1=10 'CAN2S (Z,K)S1=10 'CAN2S (Z,K+1)S1=10
49 'FIN' 'ALLER A'PRK0
51 KOL: P1=00
52 SIS: 'S1' CANS (P,K)S1=6 'ALORS' ALLER A'UN0
53 'S1' CANS (P,K)S1=7 'ALORS' ALLER A'UN0
54 P1=P+10 'S1' P<4 'ALORS' ALLER A'SIS0
56 PRK: K1=K+10 'S1' K=2*NK 'ALORS' L1=L+1 'SINON' ALLER A'ORG0
58 K1=00 'S1' L=4 'ALORS' ALLER A'END0 'ALLER A'ORG0
61 ENDE L1=00 'POUR' K1=0 'PAS 1 'JUSQUA' 2*NK 'FAIRE' 'DEBUT'
62 EDITER ('F5.0' 'CAN2S (L,K)S1) 'EDITER ('F5.0' 'CAN2S (L+1,K)S1)
64 EDITER ('F5.0' 'CAN2S (L+2,K)S1) 'EDITER ('F5.0' 'CAN2S (L+3,K)S1)
66 IMPRIMER 'FIN'
68 *FIN'
69
69 *PROCEDURE EXORNATIO 'DEBUT' 'REEL' A,B,C,D,A2,B2,C2,D2,X,ON,RN,
70 AA,CC,Z, R,S,
70 RM,P,K 'NC1=0 'P1=0 'K1=1 '
74 FA=DONNEE '
75 OPIG: EDITER ('F15.0' 'FA) 'IMPRIMER'
77 QA=ENT (FA/3) 'RA1=(FA-QA*3) 'L0K1=10 'Z1=10
81 RM1=RA0 'K1=RM0
83 RESTE: 'S1' RA=1 'ALORS' ALLER A'UN0
84 'S1' RA=2 'ALORS' ALLER A'DEUX 'ALLER A'TROIS '
86 UN: A1=L1S (NC)S1 'A2=L1S (NC+1)S1 'B1=L1S (NC+2)S1 'B2=L1S (NC
89 +3)S1 'C1=L1S (NC+4)S1 'D1=L1S (NC+5)S1 'C2=L1S (NC+5)S1 '
93 D2=L1S (NC+7)S1 'ALLER A'HELOS '
95 DEUX: A1=L2S (NC)S1 'A2=L2S (NC+1)S1 'B1=L2S (NC+2)S1 'B2=L2S (
98 NC+3)S1 'C1=L2S (NC+4)S1 'C2=L2S (NC+5)S1 'D1=L2S (NC+6)S1 '

```

```

102 D21=L25(1NC+7)15 0 'ALLER A'MELO5 0
104 TPO15: A1=L35(1NC+1)5 0 A21=L35(1NC+1)15 0 R1=L35(1NC+2)15 0 B21=L35(1NC
107 +3)15 0 C1=L35(1NC+4)15 0 C21=L35(1NC+5)15 0 D1=L35(1NC+6)15 0
111 D21=L35(1NC+7)15 0
112 MFLOS:CC1=(1-ENT(C1))100 0 AA1=(1-ENT(A1))100 0 X1=CC-AA 0
115 'SI'X=0'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=1'ALORS'X1=-X 0
117 'SI'X=2'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=3'ALORS'X1=X12 0
118 'SI'X=4'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=5'ALORS'X1=X12 0
120 'SI'X=6'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=7'ALORS'X1=X12 0
122 'SI'X=8'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=9'ALORS'X1=X12 0
124 'SI'X=10'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=11'ALORS'X1=X12 0
126 'SI'X=12'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=13'ALORS'X1=X12 0
128 'SI'X=14'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=15'ALORS'X1=X12 0
129 'SI'X=16'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=17'ALORS'X1=X12 0
130 'SI'X=18'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=19'ALORS'X1=X12 0
133 'SI'X=20'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=21'ALORS'X1=X12 0
134 'SI'X=22'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=23'ALORS'X1=X12 0
135 'SI'X=24'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=25'ALORS'X1=X12 0
137 'SI'X=26'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=27'ALORS'X1=X12 0
138 'SI'X=28'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=29'ALORS'X1=X12 0
139 'SI'X=30'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=31'ALORS'X1=X12 0
141 'SI'X=32'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=33'ALORS'X1=X12 0
142 'SI'X=34'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=35'ALORS'X1=X12 0
145 'SI'X=36'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=37'ALORS'X1=X12 0
149 'SI'X=38'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=39'ALORS'X1=X12 0
151 'SI'X=40'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=41'ALORS'X1=X12 0
154 'SI'X=42'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=43'ALORS'X1=X12 0
155 'SI'X=44'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=45'ALORS'X1=X12 0
159 'SI'X=46'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=47'ALORS'X1=X12 0
164 'SI'X=48'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=49'ALORS'X1=X12 0
169 'SI'X=50'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=51'ALORS'X1=X12 0
170 'SI'X=52'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=53'ALORS'X1=X12 0
172 'SI'X=54'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=55'ALORS'X1=X12 0
173 'SI'X=56'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=57'ALORS'X1=X12 0
174 'SI'X=58'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=59'ALORS'X1=X12 0
175 'SI'X=60'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=61'ALORS'X1=X12 0
177 'SI'X=62'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=63'ALORS'X1=X12 0
178 'SI'X=64'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=65'ALORS'X1=X12 0
182 'SI'X=66'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=67'ALORS'X1=X12 0
184 'SI'X=68'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=69'ALORS'X1=X12 0
188 'SI'X=70'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=71'ALORS'X1=X12 0
189 'SI'X=72'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=73'ALORS'X1=X12 0
193 'SI'X=74'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=75'ALORS'X1=X12 0
195 'SI'X=76'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=77'ALORS'X1=X12 0
199 'SI'X=78'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=79'ALORS'X1=X12 0
200 'SI'X=80'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=81'ALORS'X1=X12 0
204 'SI'X=82'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=83'ALORS'X1=X12 0
206 'SI'X=84'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=85'ALORS'X1=X12 0
210 'SI'X=86'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=87'ALORS'X1=X12 0
212 'SI'X=88'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=89'ALORS'X1=X12 0
213 'SI'X=90'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=91'ALORS'X1=X12 0
215 'SI'X=92'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=93'ALORS'X1=X12 0
216 'SI'X=94'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=95'ALORS'X1=X12 0
220 'SI'X=96'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=97'ALORS'X1=X12 0
223 'SI'X=98'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=99'ALORS'X1=X12 0
225 'SI'X=100'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=101'ALORS'X1=X12 0
227 'SI'X=102'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=103'ALORS'X1=X12 0
230 'SI'X=104'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=105'ALORS'X1=X12 0
232 'SI'X=106'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=107'ALORS'X1=X12 0
233 'SI'X=108'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=109'ALORS'X1=X12 0
234 'SI'X=110'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=111'ALORS'X1=X12 0
235 'SI'X=112'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=113'ALORS'X1=X12 0
236 'SI'X=114'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=115'ALORS'X1=X12 0
237 'SI'X=116'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=117'ALORS'X1=X12 0
238 'SI'X=118'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=119'ALORS'X1=X12 0
240 'SI'X=120'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=121'ALORS'X1=X12 0
244 'SI'X=122'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=123'ALORS'X1=X12 0
244 'SI'X=124'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=125'ALORS'X1=X12 0
245 'SI'X=126'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=127'ALORS'X1=X12 0
249 'SI'X=128'ALORS'X1=X12 0 'SI'X=129'ALORS'X1=X12 0

```

```

253 ADRC:R1=SECS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0
255 R1=QUAS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
259 AOBDR1=QUAS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0
261 R1=SECS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
265 ADBE:R1=SECS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0B21=C0
268 R1=QUAS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
272 ADC:R1=SECS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0B21=C0
272 'SI'RM=0'ALORS'ALLER A'ADCA'SINON'SI'RM=1'ALORS'
272 'ALLER A'ADCB'SINON'SI'RM=2'ALORS'ALLER A'ADCC'SINON'
272 'SI'RM=3'ALORS'ALLER A'ADCD'SINON'ALLER A'ADCE0
273 ADCA:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0B21=B0
276 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
280 ADCB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0
282 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=D0D21=D0'ALLER A'REP0
287 ADCC:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0
289 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C1=B0C21=B0'ALLER A'REP0
294 ADCE:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0
296 R1=QUAS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0
298 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
302 ADCE:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0
304 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C1=B0C21=B0'ALLER A'REP0
309 ADD:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
309 'ALLER A'ADDB'SINON'SI'RM=2'ALORS'ALLER A'ADOC'SINON'
309 'SI'RM=3'ALORS'ALLER A'ADDD'SINON'ALLER A'ADDE0
310 ADDA:R1=QUIS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0B21=B0
313 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
317 ADBB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
321 ADCD:R1=QUIS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0B21=B0
324 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
328 ADDD:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0
330 R1=QUIS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C1=R0C21=B0D21=D0
333 'ALLER A'REP0
336 ADDE:R1=QUIS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0
338 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
342 AE:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
344 'SI'RM=0'ALORS'X1=X12 0
345 'SI'RM=1'ALORS'X1=X12 0
347 'SI'RM=2'ALORS'X1=X12 0
348 'SI'RM=3'ALORS'X1=X12 0
352 AEAB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
357 AEAB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
358 AG:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
360 'SI'RM=0'ALORS'X1=X12 0
361 'SI'RM=1'ALORS'X1=X12 0
362 'SI'RM=2'ALORS'X1=X12 0
363 'SI'RM=3'ALORS'X1=X12 0
365 AGA:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
366 AGAA:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
370 AGAB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
375 'ALLER A'REP0
376 AGB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
377 AGBA:R1=QUAS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
381 AGBB:R1=QUAS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
383 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
387 ARC:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
388 AGCA:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
392 AGCB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
394 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
398 AI:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
400 'SI'RM=0'ALORS'X1=X12 0
401 'SI'RM=1'ALORS'X1=X12 0
402 'SI'RM=2'ALORS'X1=X12 0
404 'SI'RM=3'ALORS'X1=X12 0
405 AIAA:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
410 AIAB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
413 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
417 AIB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
417 'ALLER A'AIBB'SINON'SI'RM=2'ALORS'ALLER A'AIBC'SINON'
417 'ALLER A'AIB0
418 AIBB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
423 AIBB:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
426 R1=SEPS(P150C1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0
430 AIBC:R1=SEPS(P150B1=ENT(C1)+(R/100)0C21=C0'ALLER A'REP0

```

```

0  'DEBUT'
0  'ENTIER' F1, F2, F3, F4, F5, F6, DZ5, DZ4, DZ3, DZ2, DZ1, DZ0, FL,
0  CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, FA, QA, RA, S0, S1, S2, S3, S4, S5
1  'REEL' 'TABLEAU' L0, L1, L2, L3, L4, L5, R0, R1, R2, R3, R4, R5 (0:19) IS 0
2  'TABLEAU' LISSON, LISSON2 (0:19) IS, PCANS (0:12) IS,
2  PTIM (0:12) IS, LISTIM, LISTIM2 (0:19) IS,
2  PREQS (0:12) IS, LISREGS (0:19) IS,
2  PDENS (0:12) IS, LISDENS (0:19) IS, PLONS (0:12) IS,
2  LISLON, IN0, IN1, IN2, IN3, IN4, IN5 (0:19) IS 0
3
3  'PROCEDURE' MARIE THERESE 0 'DEBUT'
4  F1:=DONNEE0 F2:=DONNEE0 F3:=DONNEE0 F4:=DONNEE0 F5:=DONNEE0
9  F6:=DONNEE0 FL:=DONNEE0 FIN' 0
12
12  'PROCEDURE' LUCIE
13  'DEBUT'
13  'ENTIER' M 0
14  'POUR' M:=0 'PAS' 1 'JUSQUA' FL-1 'FAIRE'
14  LISSON2 (M) IS: M-(ENTIM/12)*12) 0
15  'FIN'
16
16  'PROCEDURE' GYTF (PCAN) 0 'TABLEAU' PCAN 0 'DEBUT'
18  'ENTIER' M0
19  'POUR' M:=0 'PAS' 1 'JUSQUA' 12 'FAIRE' 'DEBUT'
19  PCANS (M) IS:=DONNEE 0
20  EDITER (F5, 0, PCANS (M) IS) 0 IMPRIMER (1) 0
22  'FIN' 0 'FIN' 0
24
24  'PROCEDURE' LIL0 (PCAN, LISSON2)
25  'TABLEAU' PCAN, LISSON2
26  'DEBUT'
26  'ENTIER' M, N, P, O, S
27  S:=0
28  M:=0
29  AIP:=PCANS (M) IS
30  O:=PCANS (M+1) IS
31  'SI' O=0 'ALORS' M:=M+1 'SINON' 'ALLER A'B 0
32  'ALLER A'A 0
33  B1 'POUR' M:=P 'PAS' 1 'JUSQUA' O-1 'FAIRE'
33  'DEBUT'
33  LISSON2 (M) IS:=S
34  'FIN' 0
35  S:=S+1
36  M:=M+1
37  'SI' M<12 'ALORS' 'ALLER A'A
38  'FIN'
39
39  'PROCEDURE' NICOLE (F1, F2, F3, LISSON2) 0
40  'ENTIER' F1, F2, F3 0
41  'TABLEAU' LISSON2 0
42  'DEBUT' 'ENTIER' M, V, W, FA, QA, RA 0 M:=0 0
44  FA:=FIN (D0, F2*10, F3) 0
45  ORIGI V:=LISSON2 (M) IS 0
46  QA:=ENT (FA/F1) 0 RA:=FA-QA*FL 0
48  'SI' RA=M 'ALORS' 'ALLER A'EXPFA 0
49  M:=LISSON2 (RA) IS 0
50  V:=LISSON2 (M) IS 0
51  LISSON2 (M) IS:=W 0 LISSON2 (RA) IS:=V 0
53  EXPFA (FA:=FA*(M+10) 0 FA:= (FA+2) 0
55  LIMSUP (S1, FA)=10000 'ALORS' FA:=ENT (FA/10)
55  'SINON' 'ALLER A' LIMINF 0
56  'ALLER A' LIMSUP 0

```

```

57 LIMINF:SI'FA<FL'ALORS'FA=FA*(M=10)
57 *SINON**ALLER A'PROG 0
58 *ALLER A'LIMSUP 0
59 PROG: M=M+1 0
60 *SI'M<FL-1'ALORS**ALLER A'ORIG 0
61 *FIN' 0
62
62 *PROCEDURE'ANNE
63 *DEBUT'
63 *ENTIER'X,Y,M
64 *POUR'M=0'PAS'1'JUSQUA'FL-1'FAIRE'
64 *DEBUT'
64 X=LISONS(M)
65 Y=LISONS(2*(M))
66 *SI'X=Y'ALORS'LISONS(M)=12
67 *FIN'
68 *FIN'
69 *PROCEDURE'JEANET 0 *DEBUT'*ENTIER'X,Y,M,V,W
71 X=0 0 M=0 0
73 FA=FIN*100+F3*10+F5 0
74 ORIGIY=X+1 0
75 EXPFA=FA*(FA+2)*(M=10) 0 LIMSUP:SI'FA>1000'ALORS'FA=
76 ENT(FA/10)'SINON**ALLER A'LIMINF0'ALLER A'LIMSUP0LIMINF:SI'
78 FA<12'ALORS'FA=(FA+5)*M'SINON**ALLER A'OIVO'ALLER A'LIMSUP0
80 DIV(OA+ENT(FA/12)+RA+FA-OA*12+V=LISONS(M)+W=LISONS(
83 X=RA+O*SI'V=M'ALORS**ALLER A'PROG0
85 LISONS(M)=M 0 LISONS(X)=RA+V 0
87 PROG:M=M+1 0 *SI'M=Y+1
88 *ALORS'X=X+12'SINON**ALLER A'EXPFA 0
89 *SI'X=FL'ALORS**ALLER A'ENDE 0
90 *ALLER A'ORIG 0
91 ENDE:'FIN' 0
92
92 *PROCEDURE'GISELA
93 *DEBUT'
93 *ENTIER'M,N,P,X Y
94 M=0 0
95 N=0
96 P=0
97 X=0
98 A: *SI'LISONS(M)=P'ALORS'LISONS(2*(M))=P
98 *SINON**ALLER A'ADD 0
99 M=M+1
100 ADD: M=M+1 0
101 *SI'M=X+12'ALORS'P=P+1
101 *SINON**ALLER A'A 0
102 *SI'P<6'ALORS'M=X
102 *SINON**ALLER A'B 0
103 *ALLER A'A 0
104 B: P=0 0
105 X=X+12 0
106 M=X 0
107 *SI'X<FL'ALORS**ALLER A'A 0
108 *FIN'
109
109 *PROCEDURE'LILI
110 *DEBUT'
110 *ENTIER'M,J1,X1,S0
111 M=0
112 A: *SI'LISONS(2*(M))=0'ALORS'S=LISONS(M)'SINON**ALLER A'B 0
113 LOS(M)=S0 0
114 L1S(M)=12
115 L2S(M)=12
116 L3S(M)=12
117 L4S(M)=12
118 L5S(M)=12
119 Z: M=M+1
120 *SI'M<FL'ALORS**ALLER A'A
120 *SINON**ALLER A'ENDE 0
121 B: *SI'LISONS(2*(M))=1'ALORS'S=LISONS(M)'SINON**ALLER A'C 0
122 L1S(M)=S 0

```

```

123 LOS(M)=12
124 L2S(M)=12
125 L3S(M)=12
126 L4S(M)=12
127 L5S(M)=12
128 *ALLER A'Z
129 C: *SI'LISONS(2*(M))=2'ALORS'S=LISONS(M)'SINON**ALLER A'D 0
130 L2S(M)=S 0
131 LOS(M)=12
132 L1S(M)=12
133 L3S(M)=12
134 L4S(M)=12
135 L5S(M)=12
136 *ALLER A'Z
137 D: *SI'LISONS(2*(M))=3'ALORS'S=LISONS(M)'SINON**ALLER A'E 0
138 L3S(M)=S 0
139 LOS(M)=12
140 L1S(M)=12
141 L2S(M)=12
142 L4S(M)=12
143 L5S(M)=12
144 *ALLER A'Z
145 E: *SI'LISONS(2*(M))=4'ALORS'S=LISONS(M)'SINON**ALLER A'F 0
146 L4S(M)=S 0
147 LOS(M)=12
148 L1S(M)=12
149 L2S(M)=12
150 L3S(M)=12
151 L5S(M)=12
152 *ALLER A'Z
153 -F: *SI'LISONS(2*(M))=5'ALORS'S=LISONS(M)'SINON**ALLER A'Z 0
154 L5S(M)=S 0
155 LOS(M)=12
156 L1S(M)=12
157 L2S(M)=12
158 L3S(M)=12
159 L4S(M)=12
160 *ALLER A'Z 0
161 ENDE:'FIN' 0
162 *PROCEDURE'MARIA(L0,L1) 0
163 *REEL'TABLEAU'L0,L1 0
164 *DEBUT'
164 *ENTIER'Z,M,N,R,P,Q,S 0 Z=110
166 O: M=Z 0
167 *SI'M<FL-1'ALORS**ALLER A'ENDE 0
168 A: *SI'LOS(M)=12'ALORS'M=M-1
168 *SINON**ALLER A'R 0
169 *SI'M=Z-12'ALORS'Z=Z+12
169 *SINON**ALLER A'A 0
170 *ALLER A'O 0
171 B: P=LOS(M) 0
172 M=Z+1 0
173 BAI: *SI'LOS(M)=12'ALORS'M=M+1
173 *SINON**ALLER A'C 0
174 *SI'M=7+13'ALORS'Z=Z+12
174 *SINON**ALLER A'BA 0
175 *ALLER A'O 0
176 C: O=LOS(M) 0
177 R=Z+1 0
178 CA: *SI'LISONS(12'ALORS'R=R+1
178 *SINON**ALLER A'D 0
179 *SI'R=Z+13'ALORS'Z=Z+12
179 *SINON**ALLER A'CA 0
180 *ALLER A'O 0
181 D: S=LISONS 0
182 *SI'S=P'ALORS'Z=Z+12
182 *SINON**ALLER A'PERM 0
183 *ALLER A'O 0
184 PERM: LOS(M)=S0 L1S(M)=0 0
186 Z=Z+12 0
187 *ALLER A'O 0

```

```

188 ENDE: 'FIN' 0
189
190 'PROCEDURE' JANINEILO 0
191 'REEL' 'TABLEAU' LO 0
192 'DEBUT'
193 'ENTIER' M, N, NN, K, P, X
194 M=0 0
195 N=M+1 0
196 NN=M 0
197 'SI' M=FL-1 'ALORS' 'ALLER' A'PERCIRC 0
198 M=M-1 0
199 'SI' M=N 'ALORS' 'ALLER' A'A 0
200 M=M+1 0
201 'SI' M=FL 'ALORS' 'ALLER' A'ENDE 0
202 'ALLER' A'0 0
203 PERCIRC: 'SI' M=N+1 'ALORS' NN=NN-1 'SINON' 'ALLER' A'PE 0
204 'ALLER' A'DIM 0
205 PE: P=LOSINIS 0
206 LOSINNIS: P 0
207 M=M-1 0
208 NN=NN-1 0
209 LIM: 'SI' M=N 'ALORS' 'ALLER' A'SIL 0
210 REC: 'SI' LOSINIS<12 'ALORS' 'ALLER' A'PE 0
211 DIM: M=M-1 0
212 'SI' M=N 'ALORS' 'ALLER' A'REC 0
213 SIL: POUR Y=M-PAS-1 'JUSQUA' NN 'FAIRE'
214 LOSIXIS: 12 0
215 'ALLER' A'B 0
216 ENDE: 'FIN' 0
217
218 'PROCEDURE' NELLYILO 0
219 'REEL' 'TABLEAU' IO 0
220 'DEBUT'
221 'ENTIER' M, N, R, S, T 0
222 'BOOLEEN' U, V, X, Y, Z 0
223 M=0 0
224 OO: M=M+1 0
225 'SI' M=FL-1 'ALORS' 'ALLER' A'ENDE 0
226 S=0 0
227 O: X=LOSINIS<12 0
228 Y=LISDENSIKIS=1 0
229 Z=X ET Y 0
230 U=X ET NON Y 0
231 V=Y ET NON X 0
232 'SI' Z 'ALORS' 'ALLER' A'A
233 'SINON' 'SI' U 'ALORS' 'ALLER' A'B
234 'SINON' 'SI' V 'ALORS' 'ALLER' A'C 0
235 'ALLER' A'AA 0
236 A: R=LOSINIS 0
237 LOSINIS: 12 0
238 LOSIN-10: S: S=12 0
239 S=S+2 0
240 'SI' M=N-1 'S' 'ALORS' M=M+1 'SINON' 'ALLER' A'AA 0
241 'ALLER' A'OO 0
242 AA: M=M+1 0
243 'SI' M=N 'ALORS' 'ALLER' A'0 'SINON' M=M+1 0
244 'ALLER' A'OO 0
245 O: R=LOSINIS 0
246 LOSINIS: 12 0
247 LOSIN-11: S: S=12 0
248 S=S+1 0
249 'SI' M=N-1 'S' 'ALORS' M=M+1 'SINON' 'ALLER' A'AA 0
250 'ALLER' A'OO 0
251 C: 'SI' M=0 'ALORS' 'ALLER' A'AA 0
252 'SI' LOSIN-11<12 'ALORS' 'ALLER' A'AA 0
253 'ALLER' A'B 0
254 O: 'ALLER' A'AA 0
255 ENDE: 'FIN' 0
256
257 'PROCEDURE' KARINILO, LISLON 0

```

```

251 'REEL' 'TABLEAU' LO 0 'TABLEAU' LISLON 0
252 'DEBUT'
253 'ENTIER' M, N, P, INF, SUP, K, L, A
254 'BOOLEEN' BO, BI
255 P=0 0 INF=0 0 SUP=INF+1 0
256 ORIG: M=M+1 0 M=M+1 0
257 'SI' M=FL-1 'ALORS' 'ALLER' A'ENDE 0
258 AA: 'SI' LOSINIS<12 'ALORS' M=M+1 'SINON' 'ALLER' A'DOUZE 0
259 LIMSUP: 'SI' M=N+1 'ALORS' 'ALLER' A'IXE 0
260 'ALLER' A'AA 0
261 DOUZE: 'SI' M=INF 'ALORS' 'ALLER' A'COND 0
262 'ALLER' A'DOUZE 0
263 COND: 'SI' LOSINIS=12 'ALORS' M=M+1 'SINON' 'ALLER' A'CONDB 0
264 'ALLER' A'AA 0
265 CONDB: P=P+1 0 M=M+1 0 'ALLER' A'AA 0
266 DOUZE: 'SI' M=SUP 'ALORS' 'ALLER' A'IXE 0
267 BO: LOSIN-11<12 0
268 BI: LOSIN+11<12 0
269 'SI' BO ET BI 'ALORS' P=P+1 0
270 M=M+1 0 'ALLER' A'LIMSUP 0
271 IXE: M=INF 0
272 IXEA: 'SI' LOSINIS=12 'ALORS' M=M+1 'SINON' 'ALLER' A'NULL 0
273 'SI' M=N+1 'ALORS' 'ALLER' A'DODEKA 0
274 'ALLER' A'IXEA 0
275 NULL: 'SI' LISLON(SINIS)=0 'ALORS' P=P+1
276 'SINON' 'ALLER' A'EINS 0
277 'ALLER' A'PROO 0
278 EINS: 'SI' LISLON(SINIS)=1 'ALORS' P=P+2
279 'SINON' 'ALLER' A'ZWEI 0
280 'ALLER' A'PROO 0
281 ZWEI: 'SI' LISLON(SINIS)=2 'ALORS' P=P+3 'SINON' 'ALLER' A'DREI 0
282 'ALLER' A'PROO 0
283 DREI: P=P+4 0
284 PROO: M=M+1 0
285 'SI' M=N+1 'ALORS' 'ALLER' A'DODEKA 0
286 'ALLER' A'IXEA 0
287 DODEKA: 'SI' P>12 'ALORS' 'ALLER' A'DIM 0
288 FORT: INF=INF+12 0
289 SUP=SUP-12 0
290 P=0 0
291 'ALLER' A'ORIO 0
292 DIM: K=M 0
293 URQU: 'SI' LOSIKIS=12 'ALORS' K=K-1 'SINON' 'ALLER' A'ZERO 0
294 TEST: 'SI' K<INF 'ALORS' 'ALLER' A'DODEKA
295 'SINON' 'ALLER' A'URQU 0
296 ZERO: 'SI' LISLON(KIS)>0 'ALORS' LI=LISLON(KIS)
297 'SINON' 'ALLER' A'REQ 0
298 LI=L-1 0 P=P-1 0 LISLON(KIS)=L 0
299 'SI' P=12 'ALORS' 'ALLER' A'FORT 0
300 'ALLER' A'ZERO 0
301 REQ: K=K-1 0 'ALLER' A'TEST 0
302 ENDE: 'FIN' 0
303
304 'PROCEDURE' LOTTEILO, LISLON 0
305 'REEL' 'TABLEAU' LO 0 'TABLEAU' LISLON 0
306 'DEBUT' 'ENTIER' M, N, K, P, Z
307 'BOOLEEN' BO, BI, B2, B3, B4, B5 0
308 M=0 0
309 ORIG: M=M+1 0
310 EDITER: 'FS.0' 'N' 0 IMPRIMER: 0
311 'SI' M=FL-1 'ALORS' 'ALLER' A'ENDE 0
312 K=M 0
313 ARC: P=LOS(KIS) 0 'SI' P=12 'ALORS' 'ALLER' A'IXE 0 K=K-1 0
314 'SI' K>M 'ALORS' 'ALLER' A'ABC 0
315 M=M+12 0 'ALLER' A'ORIO 0
316 IXE: 'SI' K=N 'ALORS' 'ALLER' A'PROO
317 'SI' LISLON(KIS)=0 'ALORS' 'ALLER' A'ZERO
318 'SI' LISLON(KIS)=1 'ALORS' 'ALLER' A'UN 0
319 'SI' LISLON(KIS)=2 'ALORS' 'ALLER' A'DEUX 0 'ALLER' A'DREI 0
320 ZERO: LOSINIS=LOS(KIS) 0 LOSIKIS=12 0
321 M=M-1 0 Z=M 0

```

```

334 'SI'K=M*ALORS'ALLER A'TROISA 0
335 'SI'LOS(K-1)S=12*ALORS'LOS(N)S=12
336 'SINON'ALLER A'UNB
337 N=M-1 0 Z=N 0
338 'ALLER A'UNB 0
339 UN:LOS(N)S=LOS(K)S 0
340 LOS(N-1)S=LOS(K)S 0 LOS(K)S=12 0
341 N=M-2 0 Z=N 0
342 'SI'K=M*ALORS'ALLER A'TROISA 0
343 'SI'LOS(K-1)S=12*ALORS'LOS(N)S=12
344 'SINON'ALLER A'UNB
345 N=M-1 0 Z=N 0
346 'ALLER A'UNB 0
347 UNB: K=K-1 0
348 'SI'K=M*ALORS'ALLER A'TROISA 0
349 'ALLER A'ABC 0
350 DEUX:LOS(N)S=LOS(K)S 0
351 LOS(N-1)S=LOS(K)S 0
352 LOS(N-2)S=LOS(K)S 0
353 LOS(K)S=12 0
354 N=M-3 0 Z=N 0
355 'SI'K=M*ALORS'ALLER A'TROISA 0
356 'SI'LOS(K-1)S=12*ALORS'LOS(N)S=12
357 'SINON'ALLER A'UNB
358 N=M-1 0 Z=N 0
359 'ALLER A'UNB 0
360 DREI:LOS(N)S=LOS(K)S 0 LOS(N-1)S=LOS(K)S 0
361 LOS(N-2)S=LOS(K)S 0 LOS(N-3)S=LOS(K)S 0
362 LOS(K)S=12 0
363 N=M-4 0 Z=N 0
364 'SI'K=M*ALORS'ALLER A'TROISA 0
365 'SI'LOS(K-1)S=12*ALORS'LOS(N)S=12
366 'SINON'ALLER A'UNB
367 N=M-1 0 Z=N 0 'ALLER A'UNB 0
368 TROIS:POUR N=M-PAS 1 JUSQUA Z FAIRE
369 LOS(N)S=12 0
370 PROG:MI=M-12 0
371 'ALLER A'ORIG 0
372 ENDE:MI=1 0
373 AA: K=LISLONS(M)S 0
374 'SI'K=3*ALORS'ALLER A'AB 0
375 MI=LISLONS(M-1)S 0 PI=LISLONS(M+1)S 0
376 'SI'N>P*4*ALORS'ALLER A'AB 0
377 K=K+1 0 LISLONS(M)S=K 0
378 AB: MI=M+1 0 'SI'M=FL-1*ALORS'ALLER A'NE 0
379 'ALLER A'AB 0
380 NE: 'FIN' 0
381
382 'PROCEDURE' MARTINE(L0) 0
383 'REEL' 'TABLEAU' L0 0
384 'DEBUT' 'ENTIER' M.S.K 0
385 FAI=FA*10+FS 0 NI=0 0
386 ORIG: SI M=1 0 'SI'S>FL-1*ALORS'ALLER A'ENDE 0
387 K=0 0
388 AA: 'SI'LOS(M+K)S=12*ALORS'ALLER A'DIV 0
389 K=K+1 0
390 AB: 'SI'M+K=5*1*ALORS'ALLER A'PROG 0
391 'ALLER A'AA 0
392 DIV: 'SI'K=0*ALORS'ALLER A'PROG 0
393 OA=ENT(FA/K) 0 RA=FA-OAK 0
394 AC: LOS(M+RA)S=LOS(M+K)S 0 LOS(M+K)S=12 0
395 RA=RA+1 0 K=K+1 0
396 'SI'M+K=5*1*ALORS'ALLER A'PROG 0
397 'ALLER A'AC 0
398 PROG:MI=S+1 0 FAI=(FA+2)*K 0
399 LIMSUP: 'SI'FA>1000*ALORS'FAI=ENT(FA/10)
400 'SINON'ALLER A'LIMINF 0
401 'ALLER A'LIMSUP 0
402 LIMINF: 'SI'FA<15*ALORS'FAI=FA+15*K 0
403 'ALLER A'ORIG 0
404 ENDE: 'FIN' 0
405

```

```

417 'PROCEDURE' RENE 0 'DEBUT' 'ENTIER' M.N.R 0
418 NI=0 0 FAI=FINIO+FA 0 NI=0 0
419 R=DONNEE 0
420
421 AA: OA=ENT(FA/R) 0 RA=FA-OAKR 0
422 AB: 'SI'RA=0*ALORS'ALLER A'AD 0
423 AC: ROS(M)S=0.5 0 'ALLER A'AE 0
424 AD: ROS(M)S=RA 0
425 AE: NI=M+4 0 'SI'M=FL-4*ALORS'ALLER A'BA 0 NI=M+1 0
426 FAI=(FA+2)*M+10 0
427 AF: 'SI'FA<100*ALORS'ALLER A'AG 0
428 FAI=ENT(FA/10) 0 'ALLER A'AF 0
429 AG: 'SI'FA>10*ALORS'ALLER A'AA 0
430 FAI=FA+5*N 0 'ALLER A'AA 0
431 BA: NI=1 0 NI=1 0 FAI=FA*10+FS 0
432 BB: OA=ENT(FA/5) 0 RA=FA-OAK5 0
433 BC: 'SI'RA=0*ALORS'ALLER A'BD 0
434 ROS(M)S=0 0 'ALLER A'BF 0
435 BD: 'SI'RA>1*ALORS'ALLER A'BE 0
436 ROS(M)S=0.5 0 'ALLER A'BF 0
437 BE: ROS(M)S=RA-1 0
438 BEE: 'SI'ROS(M)S+ROS(M-1)S<R*ALORS'ALLER A'BF 0
439 RA=RA-1 0 ROS(M)S=RA 0 'ALLER A'BEE 0
440 BF: MI=M+4 0 NI=M+1 0 'SI'M>FL-3*ALORS'ALLER A'CA 0
441 FAI=(FA+2)*M+10 0
442 BG: 'SI'FA<100*ALORS'ALLER A'BH 0
443 FAI=ENT(FA/10) 0 'ALLER A'BG 0
444 BH: 'SI'FA>10*ALORS'ALLER A'BB 0
445 FAI=FA+5*N 0 'ALLER A'BB 0
446 CA: NI=2 0 NI=2 0 FAI=FA*10+FS 0
447 CB: OA=ENT(FA/5) 0 RA=FA-OAK5 0
448 CC: 'SI'RA=0*ALORS'ALLER A'CD 0
449 ROS(M)S=0 0 'ALLER A'CF 0
450 CD: 'SI'RA>1*ALORS'ALLER A'CE 0
451 ROS(M)S=0.5 0 'ALLER A'CF 0
452 CE: ROS(M)S=RA-1 0
453 CEE: 'SI'ROS(M)S+ROS(M-1)S<R*ALORS'ALLER A'CF 0
454 RA=RA-1 0 ROS(M)S=RA 0 'ALLER A'CEE 0
455 CF: MI=M+4 0 NI=M+1 0 'SI'M>FL-2*ALORS'ALLER A'DA 0
456 FAI=(FA+2)*M+10 0
457 CG: 'SI'FA<100*ALORS'ALLER A'CH 0
458 FAI=ENT(FA/10) 0 'ALLER A'CG 0
459 CH: 'SI'FA>10*ALORS'ALLER A'CB 0
460 FAI=FA+5*N 0 'ALLER A'CB 0
461 DA: 'POUR' MI=3 PAS 4 JUSQUA FL-1 FAIRE
462 ROS(M)S=0 0
463 'POUR' MI=0 PAS 1 JUSQUA FL-1 FAIRE
464 'DEBUT'
465 R1(M)S=ROS(M)S 0
466 R2(M)S=ROS(M)S 0
467 R3(M)S=ROS(M)S 0
468 R4(M)S=ROS(M)S 0
469 R5(M)S=ROS(M)S 0 'FIN' 0 'FIN' 0
470
471 'PROCEDURE' LAETIZIA(RO) 0 'REEL' 'TABLEAU' RO 0 'DEBUT'
472 'REEL' A.B.C 0 'ENTIER' M.N.K 0 K=DONNEE 0
473 NI=1 0 FAI=FA*10+FI 0 FAI=FA+K 0 NI=1 0
474 ORIG: OA=ENT(FA/6) 0 RA=FA-OAK6 0
475 A=ROS(M)S 0 B=ROS(M+1)S 0 C=ROS(M+2)S 0
476 'SI'RA=0*ALORS'ALLER A'UN 0 'ALLER A'PROG 0
477 'SI'RA>1*ALORS'ALLER A'DEUX 0
478 ROS(M+1)S=C 0 ROS(M+2)S=B 0 'ALLER A'PROG 0
479 DEUX: 'SI'RA>2*ALORS'ALLER A'TROIS 0
480 ROS(M)S=B 0 ROS(M+1)S=A 0 'ALLER A'PROG 0
481 TROIS: 'SI'RA>3*ALORS'ALLER A'QUATRE 0
482 ROS(M)S=B 0 ROS(M+1)S=C 0
483 ROS(M+2)S=A 0 'ALLER A'PROG 0
484 QUATRE: 'SI'RA>4*ALORS'ALLER A'CINO 0
485 ROS(M)S=C 0 ROS(M+1)S=A 0
486 ROS(M+2)S=B 0 'ALLER A'PROG 0
487 CINO: ROS(M)S=C 0 ROS(M+2)S=A 0
488 PROG:MI=M+40 'SI'N<FL-3*ALORS'ALLER A'EXPFA 0 'ALLER A'ENDE 0
489

```

```

538 EXPFA: NI=M+1 * FA=(FA+2)*M+10 *
540 LIMSUP: SI FA<1000 ALORS * ALLER A' LIMINF *
541 FA=ENT(FA/10) * ALLER A' LIMSUP *
543 LIMINF: SI FA<1 ALORS FA=(FA+2)*M * ALLER A' ORIG *
545 ENDE: FIN *
546
546 *PROCEDURE YVETTE(DZO,LO) * ENTIER DZO *
548 REEL TABLEAU LO *
549 DFRUIT *
549 ENTIER J, M, N, S, K
550 DZO=DONNEE * K=DZO *
552 M=0 *
553 N=0 *
554 LUNDI: SI LOS(M)=12 ALORS LOS(M)=96 *
554 SINON ALLER A' MERCREDI *
555 MARDI: M=M+1 *
556 SI M=FL ALORS ALLER A' DIMANCHE *
556 SINON ALLER A' LUNDI *
557 MERCREDI: S=LOS(M) *
558 SI LISREGS(M)=0 ALORS S=S+K *
558 SINON ALLER A' VENDREDI *
559 LOS(M)=S *
560 JEUDI: M=M+1 *
561 ALLER A' MARDI *
562 VENDREDI: SI LISREGS(M)=1 ALORS S=S+K+12 *
562 SINON ALLER A' SAMEDI *
563 LOS(M)=S *
564 ALLER A' JEUDI *
565 SAMEDI: S=S+K+24 *
566 LOS(M)=S *
567 ALLER A' JEUDI *
568 DIMANCHE: FIN *
569
569 *PROCEDURE FELICITAS(LO) *
570 REEL TABLEAU LO *
571 DEBUT *
571 REEL X,Y,O,R,F,X1,X2,Y1,Y2
572 ENTIER M
573 ENTIER M
574 BOOLEEN BO,B1,B2,B3
575 POUR M=0 PAS 1 JUSQUA FL-1 FAIRE *
575 DEBUT *
575 F=LOS(M) *
576 O=ENT(F/12) *
577 R=F-Q*12 *
578 X1=O*(R/100) *
579 LOS(M)=X *
580 FIN *
581 M=O*N+10
583 ORIG: X=LOS(M) *
584 A1: Y=LOS(M) *
585 SI Y=0 ALORS ALLER A' AB *
586 M=M+10 SI M=FL-1 ALORS ALLER A' ENDE *
588 ALLER A' AA *
589 AB: X1=ENT(X) * X2=X-X1 *
591 Y1=ENT(Y) * Y2=Y-Y1 *
593 B1=X2-Y2 * B2=X1-Y1 *
595 SI B1<B2 ALORS ALLER A' AD *
596 AC: M=M *
597 SI M=FL-1 ALORS ALLER A' ENDE *
598 M=M+1 *
599 ALLER A' ORIG *
600 AD: SI X=B ALORS LOS(M)=LOS(M) *
601 ALLER A' AC *
602 ENDE: FIN *
603
603 *PROCEDURE INORIO *
604 DEBUT *
604 ENTIER M,S
605 BOOLEEN BO,B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8,B9,B10
606 M=0 *

```

```

607 S=DONNEE *
608 FA=(F6+10*(F2+10*(F3)+S) *
609 FA=(FA+2)*M+10 *
610 LIMSUP: SI FA>1000 ALORS FA=ENT(FA/10) SINON ALLER A' LIMINF *
611 ALLER A' LIMSUP *
612 LIMINF: SI FA<10 ALORS FA=(FA+2)*M SINON ALLER A' DIV *
613 ALLER A' LIMSUP *
614 DIV: O=ENT(FA/3) * RA=(FA-O*3)+1 *
616 ORIG: B0=LOS(M)=8 * B1=LIS(M)=8 *
618 B2=L2S(M)=8 * B3=L3S(M)=8 *
619 B4=L4S(M)=8 * B5=L5S(M)=8 * B6=B0*ET*B1 * B7=B2
623 ET*B3 * B8=B4*ET*B5 * B9=B6*ET*B7 * B10=B8*ET*B9 *
627 SI B10 ALORS ALLER A' ZERO SINON ALLER A' INSTR *
628 INSTR: INOS(M)=RA * INIS(M)=RA * IN2S(M)=RA *
631 IN3S(M)=RA * IN4S(M)=RA * IN5S(M)=RA *
634 PROG: M=M+1 *
635 SI M=FL ALORS ALLER A' ORIG SINON ALLER A' ENDE *
636 ZERO: INOS(M)=0 * INIS(M)=0 * IN2S(M)=0 *
639 IN3S(M)=0 * IN4S(M)=0 * IN5S(M)=0 *
642 ALLER A' PROG *
643 ENDE: FIN *
644 *PROCEDURE TOVE(FA,OA,RA,SO,INO) *
645 ENTIER FA,OA,RA,SO *
646 TABLEAU INO *
647
647 DEBUT *
647 REEL X,Y,Z
648 ENTIER M
649 BOOLEEN BO,B1,B2,B3,B4,B5,B6
650 M=0 *
651 SO=DONNEE *
652 FA=(F2+10*(F3)+SO *
653 ORIG: X=INOS(M) *
654 FA=(FA+2)*M *
655 SUP: SI FA>100 ALORS FA=ENT(FA/10) SINON ALLER A' INF *
656 ALLER A' SUP *
657 INF: SI FA<4 ALORS FA=(FA+2)*(2*M) SINON ALLER A' DIV *
658 ALLER A' SUP *
659 DIV: O=ENT(FA/3) * RA=FA-O*3 * RA=RA+1 *
662 SI X=0 ALORS ALLER A' PROG *
663 B1=X=1 * B2=X=2 * B3=X=3 *
666 SI B1 ALORS ALLER A' UN SINON SI B2 ALORS ALLER A'
666 DEUX * ALLER A' TROIS *
668 UN: B1=RA=1 * B2=RA=2 * B3=RA=3 *
671 SI B1 ALORS ALLER A' PROG SINON SI B2 ALORS ALLER A' ZWEI
672 ALLER A' DREI *
673 ZWEI: INOS(M)=2 * ALLER A' PROG *
675 DREI: INOS(M)=3 *
676 DEUX: B1=RA=1 * B2=RA=2 * B3=RA=3 *
679 SI B1 ALORS ALLER A' DOUZE *
679 SINON SI B2 ALORS ALLER A' TREIZE *
680 ALLER A' TROIS *
681 DOUZE: INOS(M)=12 * ALLER A' PROG *
683 TREIZE: INOS(M)=13 * ALLER A' PROG *
685 TROIS: INOS(M)=23 * ALLER A' PROG *
687 TROIS: INOS(M)=123 *
688 PROG: M=M+1 *
689 SI M=FL-1 ALORS ALLER A' ENDE *
690 Y=INOS(M) * Z=INOS(M-1) *
692 SI Y=X ALORS INOS(M)=Z SINON ALLER A' ORIG *
693 ALLER A' PROG *
694 ENDE: FIN *
695
695 *PROCEDURE URSULA (LO) *
695 REEL TABLEAU LO *
697 DEBUT REEL X,Y,O ENTIER M,N,K BOOLEEN BO,B1
700 M=0 *
701 FA=F6+10*(F1 *
702 ORIG: M=M+1 *
703 SI M=FL-1 ALORS ALLER A' ENDE *
704 X=LOS(M) *
705 MARDI: LOS(M)=BO * X=B * B1=Y=B *

```

```

708 'S1-B0*ALORS*NI=M*1'SINON*ALLER A'TIO
709 'ALLER A'ORIG
710 T1: 'S1-B1*ALORS*NI=M*1'SINON*ALLER A'NE
711 'S1-M>FL-1*ALORS*ALLER A'ENDE
712 'ALLER A'MAR
713 NE: 'S1-M>2*ALORS*ALLER A'PUO
714 CA: NI=M*1 'ALLER A'ORIG
715 PU: 'S1-M>Y*ALORS*ALLER A'TO 'SINON*ALLER A'CA
716 TO: GAI=ENTIFA/3) 0 RA=FA-QA=3 0
717 'S1-RA=0*ALORS*ALLER A'PIVOT 0 'ALLER A'CA
718 PIVOT: 'S1-M>20*ALORS*ALLER A'CA
719 'POUR*NI=M*1*PAS*1*JUSQUA*N-1*FAIRE
720 LOS(KISIX) 0
721 FA=IFA+21*(NI-10) 0
722 LINSUP: 'S1-FA>100*ALORS*FA=ENTIFA/10)
723 'SINON*ALLER A'LIMINF
724 'ALLER A'LINSUP
725 LIMINF: 'S1-FA<3*ALORS*FA=FA+M'SINON*ALLER A'CA
726 'ALLER A'LINSUP
727 ENDE: 'FIN
728
729 'PROCEDURE*NATHALIE
730 'DEBUT
731 'ENTIER*M
732 'POUR*NI=0*PAS*1*JUSQUA*FL-1*FAIRE
733 'DEBUT
734 EDITER('F7.2'..LOS(MIS) 0
735 EDITER('F5.1'..ROS(MIS) 0
736 EDITER('F5.0'..INOS(MIS) 0
737 EDITER('F7.2'..LIS(MIS) 0
738 EDITER('F5.1'..RIS(MIS) 0
739 EDITER('F5.0'..INIS(MIS) 0
740 EDITER('F7.2'..L24(MIS) 0
741 EDITER('F5.1'..R24(MIS) 0
742 EDITER('F5.0'..IN24(MIS) 0
743 EDITER('F7.2'..L34(MIS) 0
744 EDITER('F5.1'..R34(MIS) 0
745 EDITER('F5.0'..IN34(MIS) 0
746 EDITER('F7.2'..L44(MIS) 0
747 EDITER('F5.1'..R44(MIS) 0
748 EDITER('F5.0'..IN44(MIS) 0
749 IMPRIMER(1) 0
750 'FIN
751 'FIN
752
753 MARIE THERESE
754 LUCIE
755 TEXTE('LUCIE') 0 IMPRIMER(1) 0
756 TEXTE('CANCELLATION') 0 IMPRIMER(1) 0 GYTT(PCA) 0
757 TEXTE('ZONES') 0 IMPRIMER(1) 0 GYTT(PTM) 0
758 TEXTE('REGISTRES') 0 IMPRIMER(1) 0 GYTT(PRE) 0
759 TEXTE('DENSITE') 0 IMPRIMER(1) 0 GYTT(PDE) 0
760 TEXTE('LONGUEURS') 0 IMPRIMER(1) 0 GYTT(PLM) 0
761 LIL(PCA,LISSON2)
762 LIL(PTM,LISTM)
763 LIL(PRE,LISREG)
764 LIL(PDE,LISDEN)
765 LIL(PLM,LISLON)
766 TEXTE('JALON1') 0 IMPRIMER(1) 0
767 NICOLE(F1,F2,F3,LISSON2) 0
768 NICOLE(F2,F3,F4,LISTM) 0
769 NICOLE(F3,F5,F1,LISREG) 0
770 NICOLE(F1,F4,F2,LISDEN) 0
771 NICOLE(F2,F3,F1,LISLON) 0
772 JEANET
773 TEXTE('JALON3') 0 IMPRIMER(1) 0
774 OISELA
775 TEXTE('JALON4') 0 IMPRIMER(1) 0

```

```

789 LIL
790 TEXTE('JALON5') 0 IMPRIMER(1) 0
791 MARIA(L0,L1) 0
792 MARIA(L0,L2) 0
793 MARIA(L0,L3) 0
794 MARIA(L0,L4) 0
795 MARIA(L0,L5) 0
796 MARIA(L1,L0) 0
797 MARIA(L1,L2) 0
798 MARIA(L1,L3) 0
799 MARIA(L1,L4) 0
800 MARIA(L1,L5) 0
801 MARIA(L2,L0) 0
802 MARIA(L2,L1) 0
803 MARIA(L2,L3) 0
804 MARIA(L2,L4) 0
805 MARIA(L2,L5) 0
806 MARIA(L3,L0) 0
807 MARIA(L3,L1) 0
808 MARIA(L3,L2) 0
809 MARIA(L3,L4) 0
810 MARIA(L3,L5) 0
811 MARIA(L4,L0) 0
812 MARIA(L4,L1) 0
813 MARIA(L4,L2) 0
814 MARIA(L4,L3) 0
815 MARIA(L4,L5) 0
816 MARIA(L5,L0) 0
817 MARIA(L5,L1) 0
818 MARIA(L5,L2) 0
819 MARIA(L5,L3) 0
820 MARIA(L5,L4) 0
821 TEXTE('JALON6') 0 IMPRIMER(1) 0
822 JANINE(L0)
823 JANINE(L1)
824 JANINE(L2)
825 JANINE(L3)
826 JANINE(L4)
827 JANINE(L5)
828 TEXTE('JALON7') 0 IMPRIMER(1) 0
829 Nelly(L0) 0
830 Nelly(L1) 0
831 Nelly(L2) 0
832 Nelly(L3) 0
833 Nelly(L4) 0
834 Nelly(L5) 0
835 TEXTE('JALON8') 0 IMPRIMER(1) 0
836 KARIN(L0,LISLON) 0
837 LOTTE(L0,LISLON) 0
838 KARIN(L1,LISLON) 0
839 LOTTE(L1,LISLON) 0
840 KARIN(L2,LISLON) 0
841 LOTTE(L2,LISLON) 0
842 KARIN(L3,LISLON) 0
843 LOTTE(L3,LISLON) 0
844 KARIN(L4,LISLON) 0
845 LOTTE(L4,LISLON) 0
846 KARIN(L5,LISLON) 0
847 LOTTE(L5,LISLON) 0
848 TEXTE('JALON9') 0 IMPRIMER(1) 0
849 MARTINE(L0) 0
850 MARTINE(L1) 0
851 MARTINE(L2) 0
852 MARTINE(L3) 0
853 MARTINE(L4) 0
854 MARTINE(L5) 0
855 TEXTE('JALON10') 0 IMPRIMER(1) 0
856 F1=20F2=40F3=60F4=30F5=70F6=90
857 RENE
858 TEXTE('JALON11') 0 IMPRIMER(1) 0
859 LAETIZIA(PO) 0

```

```

072 LAETIZIA(R1) 0
073 LAETIZIA(R2) 0
074 LAETIZIA(R3) 0
075 LAETIZIA(R4) 0
076 LAETIZIA(R5) 0
077 TEXTE('JALON12') 0 IMPRIMER(1) 0
079 YVETTE(DZ0.L0) 0 YVETTE(DZ1.L1) 0
081 YVETTE(DZ2.L2) 0 YVETTE(DZ3.L3) 0
083 YVETTE(DZ4.L4) 0 YVETTE(DZ5.L5) 0
085 TEXTE('JALON13') 0 IMPRIMER(1) 0
087 FELICITAS(L0) 0
088 FELICITAS(L2) 0
089 FELICITAS(L3) 0
090 FELICITAS(L4) 0
091 FELICITAS(L5) 0
092 INGRID 0
093 TOVE(FA,QA,RA,S0,IN0) 0
094 TOVE(FA,QA,RA,S1,IN1) 0
095 TOVE(FA,QA,RA,S2,IN2) 0
096 TOVE(FA,QA,RA,S3,IN3) 0
097 TOVE(FA,QA,RA,S4,IN4) 0
098 TOVE(FA,QA,RA,S5,IN5) 0
099
100 URSULA (L0) 0
101 URSULA (L1) 0
102 URSULA (L2) 0
103 URSULA (L3) 0
104 URSULA (L4) 0
105 URSULA (L5) 0
106 NATHALIE 0
107 TEXTE('PETRUS BARBARDUS INVENIT ALGORISMUM ANNO DMIXLXIII') 0
108 IMPRIMER(1) 0
109
110 'FIN' 0
111

```