



HAL
open science

Simulation des phénomènes de polarisation et de répulsion à partir du problème de Weber

Luc Normand-Tellier, Xavier Ceccaldi, François Tessier

► **To cite this version:**

Luc Normand-Tellier, Xavier Ceccaldi, François Tessier. Simulation des phénomènes de polarisation et de répulsion à partir du problème de Weber. [Rapport de recherche] Institut de mathématiques économiques (IME). 1984, 49 p., figures. hal-01542772

HAL Id: hal-01542772

<https://hal.science/hal-01542772>

Submitted on 20 Jun 2017

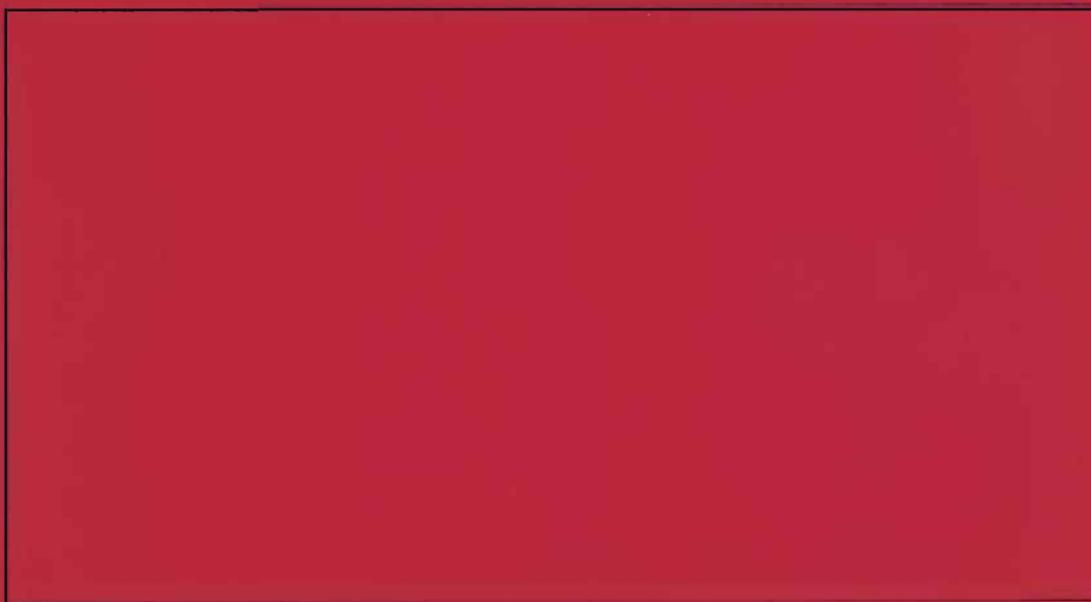
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

I.M.E.

EQUIPE DE RECHERCHE ASSOCIEE AU C.N.R.S.

DOCUMENT DE TRAVAIL



INSTITUT DE MATHEMATIQUES ECONOMIQUES

UNIVERSITE DE DIJON

FACULTE DE SCIENCE ECONOMIQUE ET DE GESTION

4, BOULEVARD GABRIEL — 21000 DIJON

N° 70

SIMULATION DES PHENOMENES DE POLARISATION ET DE REPULSION

A PARTIR DU PROBLEME DE WEBER

Luc-Normand Tellier
Xavier Ceccaldi
François Tessier

NOVEMBRE 1984

SIMULATION DES PHÉNOMÈNES DE POLARISATION ET DE RÉPULSION

À PARTIR DU PROBLÈME DE WEBER

Communication présentée au colloque de l'Institut
de mathématiques économiques de l'Université de
Dijon le 30 novembre 1984

Luc-Normand Tellier
Professeur, Université du
Québec à Montréal,
Professeur associé, INRS-
Urbanisation

Xavier Ceccaldi, ing.
Projet Archipel
Gouvernement du Québec

François Tessier, B. Urb.

Les phénomènes de polarisation comptent, sans conteste, parmi les plus importants dans le domaine couvert par la théorie de la localisation. Cette dernière propose plusieurs explications possibles à de tels phénomènes; la prédominance obligée des points critiques dans un espace de type réseau, la différenciation de l'espace (entre autres par l'existence de points de rupture), le jeu de la concurrence (chez Hotelling) ou du recoupement des aires de marché (chez Losch et Christaller), l'existence d'économies externes, etc.

Nous soumettons ici que les tendances à la polarisation sont si "naturelles" qu'elles apparaissent d'elles-mêmes dans des conditions idéales où aucune hypothèse de contrainte ou de discontinuité particulière n'existe (si ce n'est celle de la friction de l'espace), où ni concurrence spatiale, ni différenciation de l'espace, ni réseau, ni économies externes ne sont supposés.

Nous analysons ici, tout d'abord, les phénomènes de polarisation dans le contexte du problème de Weber (plaine uniforme indifférenciée, taux de transport constants, etc), contexte où le recours à des contraintes exogènes au processus de localisation est le plus faible en théorie de la localisation. Nous tenterons de démontrer, au moyen de simulations, que, dans ce contexte, la localisation successive de points par rapport à des points d'attraction¹ choisis au hasard et en fonction de forces de localisation déterminées aléatoirement, donne lieu à l'apparition spontanée de phénomènes de

¹ Les concepts de point d'attraction, de point de répulsion, de fonction de localisation et de forces de localisation sont définis dans Tellier (1984). Leur définition est rapidement reprise dans le texte.

polarisation et que l'ampleur de ces phénomènes augmente avec l'importance des contraintes introduites dans le système². Nous examinerons ensuite l'impact de l'introduction de points de répulsion dans les systèmes étudiés.

Notre analyse se limitera au cas du triangle de Weber et utilisera la solution trigonométrique du problème correspondant donnée par Tellier (1972). Une solution similaire sera proposée pour le cas où des points de répulsion sont considérés. La fréquence des solutions au sommet sera estimée. Les schémas de localisation obtenus au terme des simulations seront caractérisés au moyen de différents indices et tests statistiques.

1. Rappel du problème de Weber et de sa solution trigonométrique

Le problème de Weber consiste à localiser dans un espace bidimensionnel uniforme (c'est-à-dire où l'effet d'un déplacement sur une distance euclidienne donnée est le même dans toutes les directions) une activité dont le choix de localisation est régi par une fonction-objectif Φ , que nous appellerons fonction de localisation, par rapport à une série de points prélocalisés. S'il s'agit de minimiser Φ (si, par exemple, comme l'examine Weber, Φ est une fonction de coût de transport), le point i sera considéré comme un point d'attraction si $\delta \Phi / \delta g_i > 0$, où g_i est la distance euclidienne du point i à l'activité que nous cherchons à localiser. Le point i sera un point de répulsion si $\delta \Phi / \delta g_i < 0$.

² Le présent texte fait suite à Tellier et Ceccaldi (1983), qu'il complète sur plusieurs points.

Comme Weber l'a pressenti et comme Tellier (1972) l'a démontré, la solution de ce problème est analogue à celle d'un problème d'équilibre de forces physiques s'exerçant dans le même espace suivant les modalités suivantes:

- 1) à chaque point d'attraction ou de répulsion correspond une force;
- 2) toutes les forces s'exercent sur un même point, à savoir le point correspondant à l'activité à localiser;
- 3) chaque force définie par rapport à un point d'attraction est orientée vers ce point, tandis que chaque force correspondant à un point de répulsion est orientée en direction opposée à ce point;
- 4) les intensités des diverses forces sont égales aux valeurs $\delta_{\phi} / \delta g_i$ des premières dérivées partielles de la fonction de localisation ϕ par rapport aux variables g_i .

1.1 Cas de trois points d'attraction

Weber n'a analysé que le cas où les points de référence³ du problème de localisation sont tous des points d'attraction. De plus, il s'est plus particulièrement attaché au cas du triangle, où seulement trois points d'attraction sont considérés. La résolution du problème du

³ Par point de référence, nous entendons soit un point d'attraction, soit un point de répulsion.

triangle est facilitée du fait que les angles au centre formés par les forces de localisation sont déterminés indépendamment de la localisation des points de référence, ce qui ne peut se faire quand il y a plus de trois points de référence. Nous présenterons ici la solution trigonométrique du problème du triangle impliquant trois points d'attraction qui a été utilisée au cours de nos simulations.

Supposons le triangle de localisation ABC illustré à la figure 1, où les sommets correspondent à trois points d'attraction. Supposons que la fonction de localisation Φ considérée est concave et doit être minimisée (Weber suppose une telle fonction⁴). Soit A, B et C, les sommets du triangle, dont les côtés sont de longueur AB, AC et BC. Soit O, le point de localisation optimale. Les forces de localisation d'intensités W_A , W_B et W_C , sont orientées respectivement vers A, B et C. Les intensités W_A , W_B et W_C sont respectivement égales aux dérivées partielles $\frac{\delta \Phi}{\delta g_A}$, $\frac{\delta \Phi}{\delta g_B}$ et $\frac{\delta \Phi}{\delta g_C}$. L'équilibre des forces détermine les angles au centre α_A , α_B et α_C

La solution trigonométrique utilisée pour le calcul numérique de simulation consiste d'abord à déterminer ces angles à partir des relations circulaires de la forme:

$$\cos \alpha_A = \frac{W_A^2 - W_B^2 - W_C^2}{2 W_B W_C}$$

⁴ Sur les conditions mathématiques du problème de Weber, voir Cooper (1968) et Kuhn et Kuenne (1962).

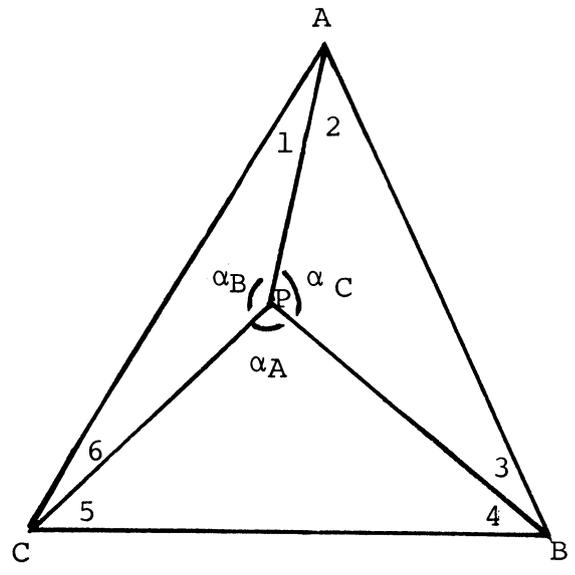


Figure 1: cas de trois points d'attraction

Les relations trigonométriques usuelles permettent ensuite de calculer les différents angles, une fois connu l'angle \hat{I} par exemple, donné par:

$$\tan \hat{I} = \frac{k \sin k'}{1 + k \cos k'}$$

$$\text{avec } k = \frac{BC \sin \alpha_B}{AC \sin \alpha_A}$$

$$\text{et } k' = \hat{A} + \hat{B} + \alpha_C - 180^\circ$$

Les angles connus, il est possible de calculer les coordonnées du point de localisation dans différents systèmes d'axes.

1.2 Cas d'un point de répulsion

La force de localisation correspondant à un point de répulsion est orientée à l'opposé de son point de référence. Son effet est de tendre à éloigner la localisation optimale du point de répulsion. Dans un espace uniforme non borné, s'il n'existe qu'un seul point de référence qui se trouve être un point de répulsion, la localisation optimale se trouvera dans n'importe quelle direction à l'infini. S'il y a deux points de référence, l'un d'attraction et l'autre de répulsion, la localisation optimale dépendra de l'intensité relative des deux forces. Quand la force de répulsion est partout plus grande que la force d'attraction, la localisation optimale se retrouve à l'infini si l'espace considéré n'est pas borné.

Dans le cas du triangle, si les trois points de référence sont des points de répulsion, la localisation optimale se trouve à l'infini. S'il y a un ou deux points de répulsion et que la résultante des forces de répulsion est partout plus grande que la résultante des forces d'attraction, la localisation optimale est à l'infini.

Par contre, si la résultante des forces d'attraction est, en certains points, plus grande que la résultante des forces de répulsion, la localisation optimale ne se trouve, ni à l'infini, ni aux points de répulsion, ni à l'intérieur du triangle de localisation. Elle peut se trouver soit à l'extérieur du triangle, soit sur un point d'attraction. Dans ce cas, les solutions trigonométriques suivantes peuvent être utilisées (voir Tellier et Ceccaldi (1983) et Tellier (1984)).

Dans le cas représenté à la figure 2 où il y a deux points d'attraction (A et B) et un point de répulsion R, les étapes du calcul sont les suivantes.

On peut d'abord trouver les angles r et b à partir des relations circulaires de la forme:

$$\cos r = \frac{W_R^2 - W_A^2 - W_B^2}{2W_A W_B}$$

Les relations trigonométriques usuelles permettent ensuite de calculer les différents angles, une fois connu l'angle $\hat{2}$ par exemple, donné par:

$$\tan \hat{2} = - \frac{RB \sin^2 B + RA \sin (r+b) \sin (r-A)}{RA \sin (r+b) \cos (r-A) + RB \sin b \cos B}$$

Les angles connus, il est possible de calculer les coordonnées des points de localisation dans différents systèmes d'axes.

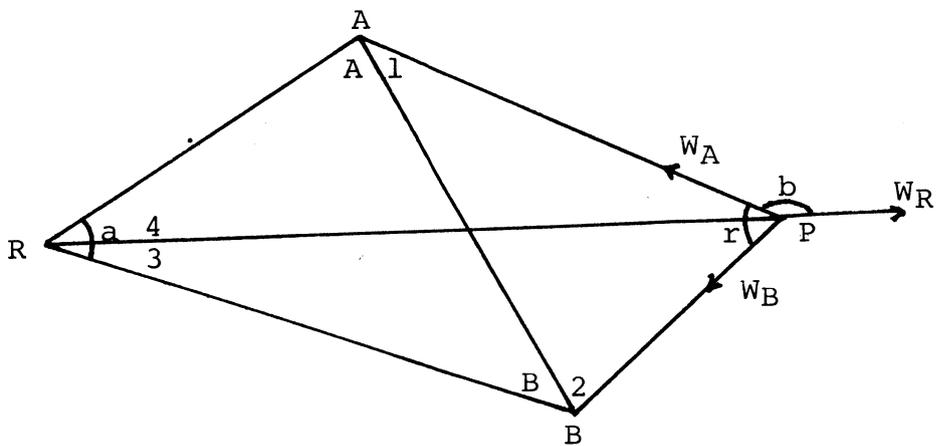


Figure 2: cas de deux points d'attraction et d'un point de répulsion

1.3 Cas de deux points de répulsion

Dans le cas de la figure 3, avec deux points de répulsion et d'un point d'attraction, la solution suivante est applicable, pourvu que la force d'attraction ne soit pas supérieure ou égale à la somme des deux forces de répulsion:

- trouver les angles a et r à partir des relations circulaires de la forme,

$$\cos a = \frac{W_A^2 - W_R^2 - W_S^2}{2 W_R W_S}$$

- les relations trigonométriques usuelles permettent ensuite de calculer les différents angles, une fois connu l'angle \hat{l} par exemple, donné par:

$$\tan \hat{l} = \frac{-RA \sin r \sin (S + R + a)}{SA \sin (a + r) + RA \sin r \cos (S + R + a)}$$

- les angles connus, il est possible de calculer les coordonnées du point de localisation dans différents systèmes d'axes.

2. Localisations aux sommets: explication et fréquence

Les solutions trigonométriques que nous venons d'exposer permettent de calculer le point optimal lorsque ce point n'est pas confondu avec l'un des sommets du triangle. Quand les trois points de référence sont des points d'attraction, une localisation à l'un des sommets peut être observée:

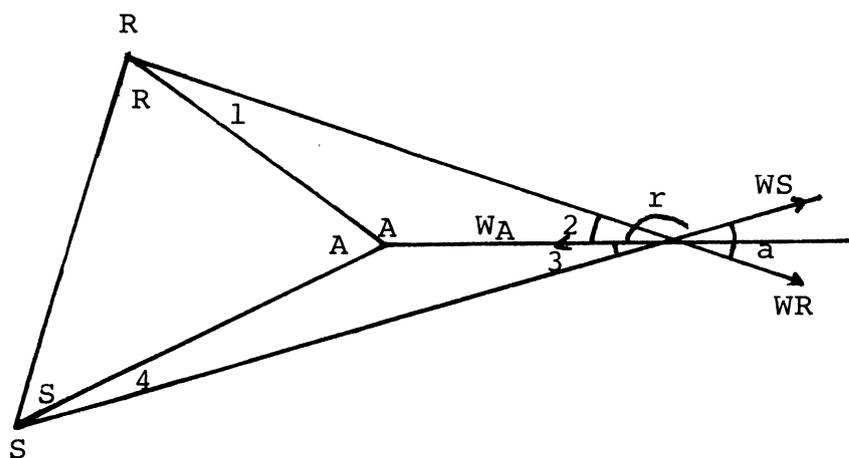


Figure 3: cas de deux points de répulsion et
et d'un point d'attraction

- 1) quand l'une des forces est dominante, c'est-à-dire quand son intensité est plus grande que la somme des intensités de l'ensemble des autres forces d'attraction dans le système; dans un tel cas, la localisation optimale sera au point d'attraction maximale;
- 2) pour certaines localisations relatives des sommets et certaines intensités des forces d'attraction telles que les angles au centre ne peuvent se réaliser à l'intérieur du polygone de localisation: si un des angles au centre calculé par la méthode trigonométrique est tel que $\alpha_i < \hat{I}$, la localisation optimale se trouve alors au sommet I.

L'introduction de points de répulsion dans le système de localisation a des effets radicaux. Alors que les localisations en dehors du triangle de localisation sont impossibles quand les trois points de référence sont des points d'attraction, il suffit qu'un de ces trois points soit un point de répulsion pour que ce soit les localisations à l'intérieur du triangle qui deviennent impossibles. Les seules localisations possibles communes aux deux situations sont les localisations aux sommets. Pour qu'une localisation au sommet ait lieu quand il y a un ou deux points de répulsion, il faut absolument qu'il y ait dans le système une force d'attraction dominante, auquel cas la localisation optimale se trouve au point d'attraction correspondant à cette force. La présence de points de répulsion donne lieu à un véritable bouleversement des systèmes de localisation, aussi peut-on s'étonner que leur étude ait été fort négligée dans la littérature.

Il est possible, à partir des simulations réalisées, d'apprécier la fréquence approximative des localisations aux sommets dans le cas de trois points d'attraction.

Cette fréquence approximative des localisations aux sommets est en moyenne de 78%.

Cette fréquence élevée est d'autant plus significative que les conditions supposées par Weber sont les moins contraignantes qu'on puisse imaginer, tout en acceptant l'idée d'une friction de l'espace positive. Elle explique d'ailleurs en bonne partie les tendances à la polarisation dénotées plus loin.

3. Simulations: cas des points d'attraction

À l'aide des solutions trigonométriques au cas du triangle présentées plus haut, des simulations ont été faites sur ordinateur qui avaient pour but:

- 1) d'estimer la fréquence des localisations aux sommets;
- 2) de voir dans quelle mesure, suivant divers scénarios, des phénomènes de polarisation apparaissent, c'est-à-dire dans quelle mesure les localisations optimales avaient tendance à s'agglomérer;
- 3) de voir si la structuration de l'espace observée faisait apparaître une hiérarchie de centres;
- 4) de caractériser les schémas de localisation au moyen de divers indices.

Les simulations ont été faites dans le contexte d'un espace borné, suivant un processus itératif de détermination successive des localisations optimales correspondant à des points de références, choisis aléatoirement suivant divers scénarios, et à des forces de localisation dont l'intensité a été déterminée de façon aléatoire⁵.

Trois scénarios ont été plus particulièrement étudiés dans le cas où tous les points de référence sont des points d'attraction. Le scénario A consiste à choisir à chaque itération trois points et trois forces d'attraction de façon aléatoire, et ce, indépendamment des itérations précédentes. Le scénario B consiste à choisir, à chaque itération, deux points d'attraction de façon aléatoire dans l'ensemble des points de la surface et le troisième point de façon aléatoire dans l'ensemble des points déjà retenus comme localisations optimales au cours des itérations précédentes. Dans ce scénario, le choix des forces d'attraction est aléatoire. Dans le scénario C, deux des points d'attraction sont choisis aléatoirement dans l'ensemble des points d'attraction déjà choisis lors des itérations précédentes, deux nouveaux points s'ajoutant à cet ensemble à chaque itération. Ces deux nouveaux points sont choisis aléatoirement dans l'ensemble de la surface. Le troisième point d'attraction est choisi dans l'ensemble des localisations optimales, de la même façon que pour le scénario B. Là aussi, le choix des forces d'attractions est aléatoire. Ainsi, dans le scénario A, les itérations sont totalement indépendantes les unes des autres. Dans les scénarios D et C, chaque itération est influencée par les itérations précédentes, le plus grand degré d'interdépendance des itérations étant atteint avec le scénario C.

⁵ Wesolowsky a traité le cas du problème de Weber impliquant des distances rectangulaires et des points d'attraction aléatoires.

Les trois scénarios ont été simulés sur un nombre variable d'itérations, de façon à faire ressortir la convergence des indices caractérisant chacun des scénarios. L'espace considéré est discret et de dimension 280 points par 160. Les différents scénarios sont comparés à partir:

- 1) du graphique des distributions des points de localisation, selon deux formats de présentation,
- 2) du calcul d'un indice de dispersion R,
- 3) d'un test statistique d'écart par rapport à une distribution aléatoire de même densité;
- 4) du nombre de fois qu'un point, appelé alors "point de concentration", est choisi comme localisation optimale,
- 5) d'un indice de concentration centrale Y appliqué à l'ensemble des points de localisation.

L'indice de dispersion R est celui de P.J. Clark et F.C. Evans (1954). Il est basé sur la mesure de la distance au point le plus proche, pour chacun des points de localisation:

$$R = \frac{RA}{RE}$$

où $RA = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N}$: distance moyenne au point le plus proche dans la distribution étudiée,

et $RE = \frac{1}{2\sqrt{\frac{N}{A}}}$: distance moyenne au point le plus proche dans une distribution aléatoire infinie de densité N/A .

où $d_i =$ distance du point i au point le plus proche,
 $N =$ nombre de points,
 $A =$ superficie de l'espace borné étudié.

Pour une distribution aléatoire, $R = 1$. Lorsque toutes les localisations sont concentrées en un seul point, $R = 0$. La distance moyenne au point le plus proche, RA , sera maximale dans une distribution uniforme où chaque point occupe le sommet d'un hexagone. R est alors égal à 2,1491 (voir P.J. Clark et F.C. Evans, 1954). R est égal à 0,5 quand la distance moyenne au point le plus proche est en moyenne deux fois plus faible que l'on pouvait s'y attendre pour une distribution aléatoire de la même densité.

L'application d'un test statistique permet de vérifier si, compte tenu du nombre de points et de la surface étudiés, on peut tirer, de façon significative, des conclusions sur le type de distribution étudié en calculant la valeur de son indice R . Le test est réalisé à partir de l'erreur standard de la courbe normale, $U = (RE-RA)/s$ où $s = 0,26136 \sqrt{A/N}$ est l'erreur standard de la distance moyenne au point le plus proche, pour une distribution aléatoire de densité N/A . À 99% de certitude, l'hypothèse de distribution aléatoire est vraie pour U compris entre -2,58 et +2,58.

Un indice de concentration centrale Y est calculé de la façon suivante:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{RN} ,$$

- où N = nombre de points étudiés
 D_i = distance du point i au centre de la surface étudiée.
 k = rayon du cercle inscrit dans l'espace rectangulaire considéré (ici k = 80) (cercle de référence arbitraire).

Lorsque tous les points sont concentrés au centre, Y = 0. Si Y > 1, la distance moyenne au centre est supérieure à k.

Les graphiques 1 à 24 représentent graphiquement les distributions trouvées. Chaque scénario A, B, C a été testé pour quatre cas d'itérations (100, 200, 300 et 400 itérations). Les résultats sont présentés à chaque fois selon deux formats. Chaque point de localisation est repéré, soit par le nombre de fois où ce point est choisi, soit par un point dont la dimension est d'autant plus grande que le point est choisi comme localisation optimale. Les tableaux 1 à 4 résument les principaux résultats des simulations pour les scénarios étudiés, toujours dans le cas où les trois points de référence sont des points d'attraction.

La distribution du scénario A n'est pas significativement différente d'une distribution aléatoire. L'indice de concentration des points de localisation, voisin de 1, peut servir de référence pour l'analyse des autres scénarios.

Les distributions des scénarios B et C sont significativement différentes d'une distribution aléatoire et sont plus concentrées. Les hypothèses du scénario C conduisent à la concentration la plus élevée ($R = 0,52$ contre $R = 0,67$).

Dans les deux scénarios, des points de concentrations (des "agglomérations", pourrions-nous dire) apparaissent. Le scénario C donne naissance à une occupation de l'espace très concentrée.

Dans ce scénario (400 itérations), le nombre de points distincts représente 60% environ du nombre maximum de points possibles. 12 agglomérations, soit 5% du total, représentent à elles seules 21% des localisations optimales; un point concentre 25 localisations, un autre 10 localisations. La hiérarchisation entre les centres est bien marquée. La suite de nombres aléatoires permettant la génération des points de référence étant toujours identique, quel que soit le nombre d'itérations (et le scénario), il est possible de suivre l'évolution "temporelle" de la structuration de l'espace au travers des itérations. Les centres apparaissent et leur taille augmente de façon régulière avec les itérations. Un traitement statistique permettrait sans doute de comparer cette hiérarchie à celles que l'on rencontre dans la littérature et éventuellement à des cas réels.

Dans les scénarios B et C, les points de la localisation semblent plus proches en moyenne du point central que dans le scénario A. Des tests statistiques permettraient de vérifier s'il existe une différence entre les deux scénarios du point de vue de leur concentration centrale.

Tous ces résultats tendent vers une limite propre à chaque scénario quand on augmente le nombre d'itérations. D'autres scénarios pourraient être étudiés, d'autres indices calculés et d'autres tests réalisés, qui permettraient de mettre en évidence et d'analyser les effets de structuration de l'espace obtenus avec un minimum d'hypothèses simples et une génération aléatoire des principaux paramètres. Notons que les simulations réalisées ont été effectuées à partir de points initiaux aléatoires. L'effet de contraintes posées sur ces points pourrait être intéressant à étudier. (Par exemple qu'arrive-t-il quand, sur un continent, comme l'Amérique du Nord, le processus de localisation débute à partir de points d'attraction qui sont tous situés à la limite d'un espace borné?).

Conclusions

De ces premières analyses, on peut tirer les conclusions suivantes:

- 1) Malgré les faibles contraintes qu'il comporte, le modèle de Weber réussit, à lui seul, à produire des phénomènes de polarisation, de concentration centrale et des hiérarchies de points de concentration dès que les choix successifs de localisations optimales sont rendus interdépendants.
- 2) La tendance à la concentration est d'autant plus forte que les cas de points de répulsion sont rares et que l'influence qu'exerce une itération sur l'itération suivante est importante.

- 3) L'introduction de points de répulsion a tendance à freiner le processus de concentration centrale et peut même le renverser au point de produire une polarisation "à l'envers" en faveur de la périphérie.

Ces observations sur les tendances naturelles à la structuration de l'espace peuvent avoir une résonance particulière, tant au niveau continental qu'au niveau des hiérarchies urbaines. Au niveau continental, le phénomène de concentration centrale découlant de la prédominance des forces d'attraction peut suggérer une explication partielle à la croissance des villes du centre des continents (comme, en Amérique du Nord, Chicago, Toronto, Atlanta et Dallas), alors que la croissance des villes côtières s'expliquera mieux à partir de la théorie des points de rupture.

Pour ce qui est des hiérarchies urbaines, on les retrouve spontanément évoquées quand on examine les distributions obtenues de points de concentration. Il semble que ces distributions stochastiques soient conformes à la loi rang-dimension (rank size rule). Il semble même que, plus une localisation optimale sera susceptible d'être choisie comme point de référence dans une itération ultérieure, plus le découpage de la hiérarchie sera net, c'est-à-dire plus l'écart entre les dimensions des centres supérieurs, moyens et inférieurs sera prononcé.

Au niveau intra-urbain, les résultats obtenus peuvent suggérer certaines explications à des phénomènes de concentration et de répulsion. Par exemple, le processus induit par des points de répulsion peut expliquer en partie le déplacement de certaines activités des centres-

villes vers les périphéries, les forces de répulsion naissant souvent de la congestion et de la hausse des valeurs foncières caractéristiques des centres-villes.

	NOMBRE D'ITÉRATIONS			
	100	200	300	400
<u>Indice de dispersion R</u>	1,06	1,03	1,05	1,05
<u>Erreur Standard U</u>	1,15	0,72	1,55	1,99
<u>Indice de concentration centrale</u>	0,93	0,96	0,96	0,97
<u>Nombre de points localisés sur un sommet du triangle de Weber</u>	78 (78%)	154 (77%)	321 (77%)	306 (77%)
<u>Nombre de points distincts</u>	100	200	300	400
<u>Nombre de points de concentration à l localisation</u>	100	200	300	400

TABLEAU 1: RÉSULTATS DES SIMULATIONS

SCÉNARIO A

	NOMBRES D'ITÉRATIONS			
	100	200	300	400
<u>Indice de dispersion R</u>	0,48	0,67	0,69	0,67
<u>Erreur standard U</u>	-9,86	-8,87	-10,20	-12,65
<u>Indice de concentration centrale</u>	0,81	0,84	0,84	0,85
<u>Nombre de points localisés sur un sommet du triangle de Weber</u>	73 (73%)	152 (75%)	222 (74%)	297 (74%)
<u>Nombre de points distincts</u>	68 (68%)	141 (71%)	214 (71%)	284 (71%)
<u>Nombre de points de concentration à</u>				
1 localisation	50	11	169	221
2 localisations	13	19	31	44
3 localisations	2	5	5	7
4 localisations	2	3	4	6
5 localisations		2	3	3
6 localisations			1	2
10 localisations	1			
14 localisations		1		
17 localisations			1	
19 localisations				1

TABLEAU 2: RÉSULTATS DES SIMULATIONS

SCÉNARIO B

	NOMBRES D'ITÉRATIONS			
	100	200	300	400
<u>Indice de dispersion R</u>	0,54	0,45	0,47	0,52
<u>Erreur standard U</u>	-8,86	-14,80	-17,45	-18,27
<u>Indice de concentration centrale</u>	0,89	0,86	0,86	0,86
<u>Nombre de points localisés sur un sommet du triangle de Weber</u>	84 (84%)	168 (84%)	247 (82%)	331 (83%)
<u>Nombre de points distincts</u>	57 (57%)	116 (58%)	178 (59%)	237 (59%)
<u>Nombre de points de concentration à</u>				
1 localisation	37	74	118	160
2 localisations	13	26	35	39
3 localisations	2	11	18	26
4 localisations	2		2	5
5 localisations				2
6 localisations	2	2	2	2
7 localisations		2	1	1
10 localisations			1	1
11 localisations	1			
15 localisations		1		
21 localisations			1	
25 localisations				1

TABLEAU 3: RÉSULTATS DES SIMULATIONS

SCÉNARIO C

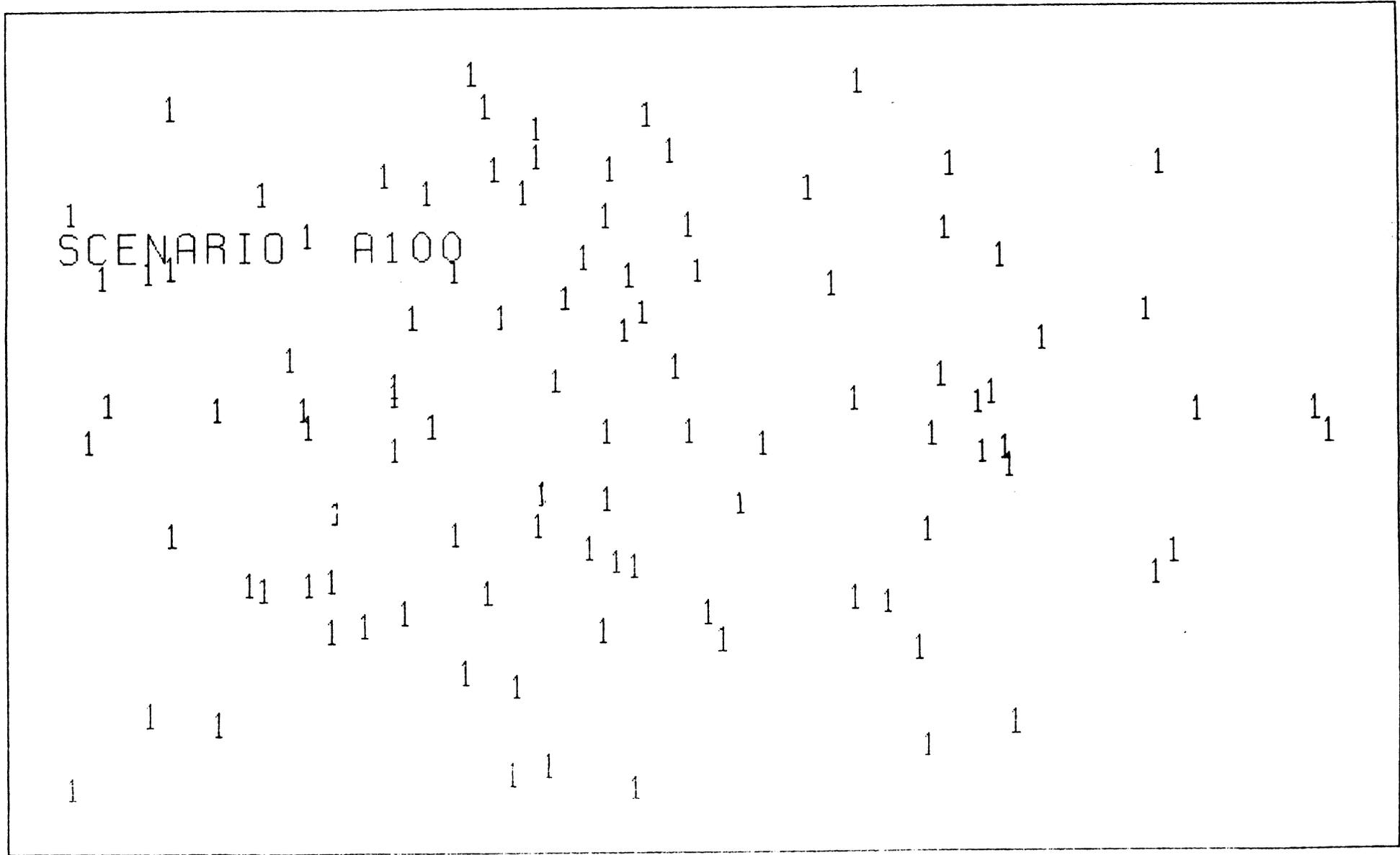
	NOMBRES D'ITÉRATIONS		
	A	B	C
<u>Indice de dispersion R</u>	1,05	0,67	0,52
<u>Erreur standard U</u>	1,99	-12,65	-18,27
<u>Indice de concentration centrale</u>	0,97	0,85	0,86
<u>Nombre de points localisés sur un sommet du triangle de Weber</u>	306 (77%)	297 (74%)	331 (83%)
<u>Nombre de points distincts</u>	400 (100%)	284 (71%)	237 (59%)
<u>Nombre de points de concentration à</u>			
1 localisation	400	221	160
2 localisations		44	39
3 localisations		7	26
4 localisations		6	5
5 localisations		3	2
6 localisations		2	2
7 localisations			1
10 localisations			1
19 localisations		1	
25 localisations			1

TABLEAU 4: RÉSULTATS DES SIMULATIONS

(400 ITÉRATIONS)

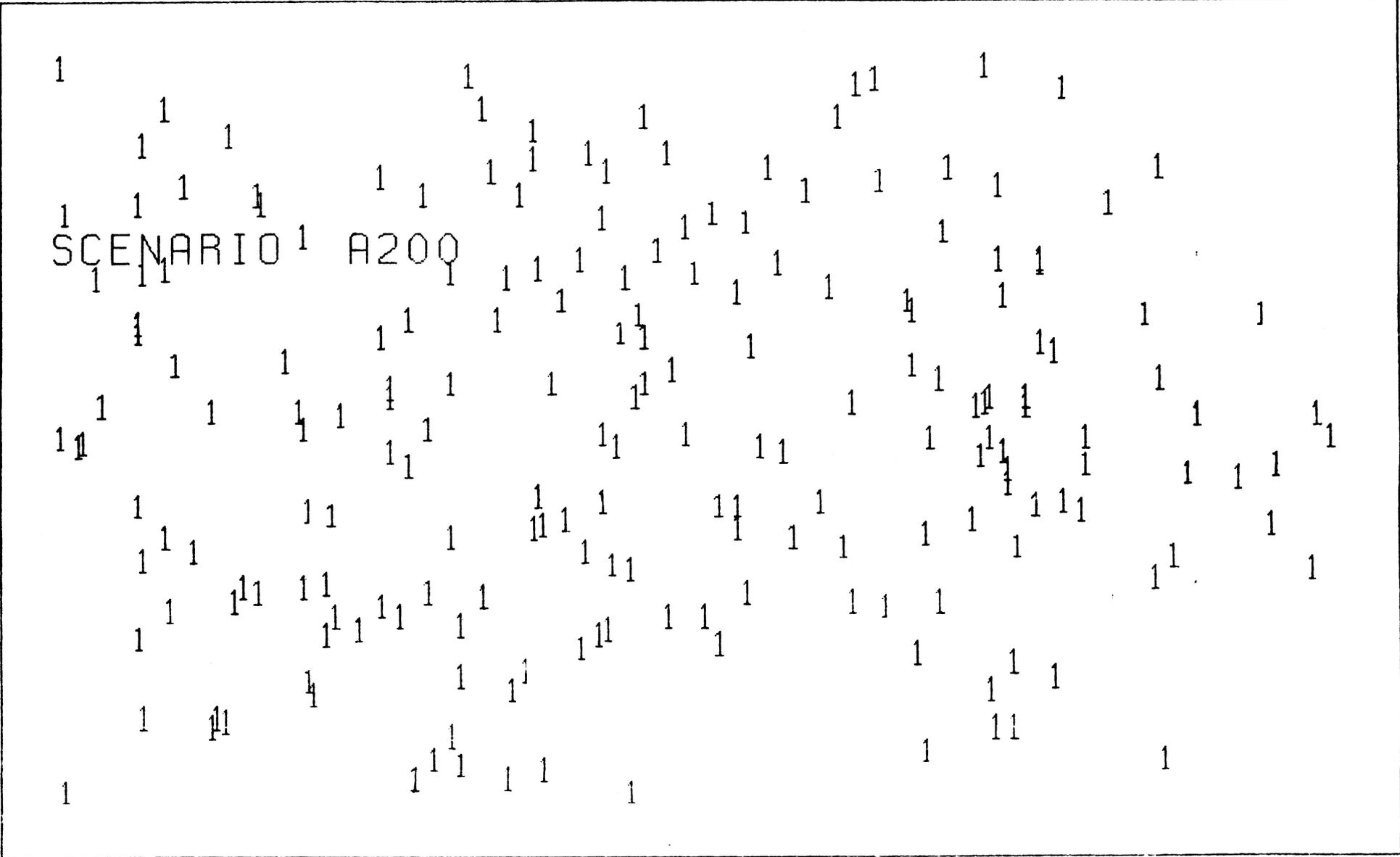
BIBLIOGRAPHIE

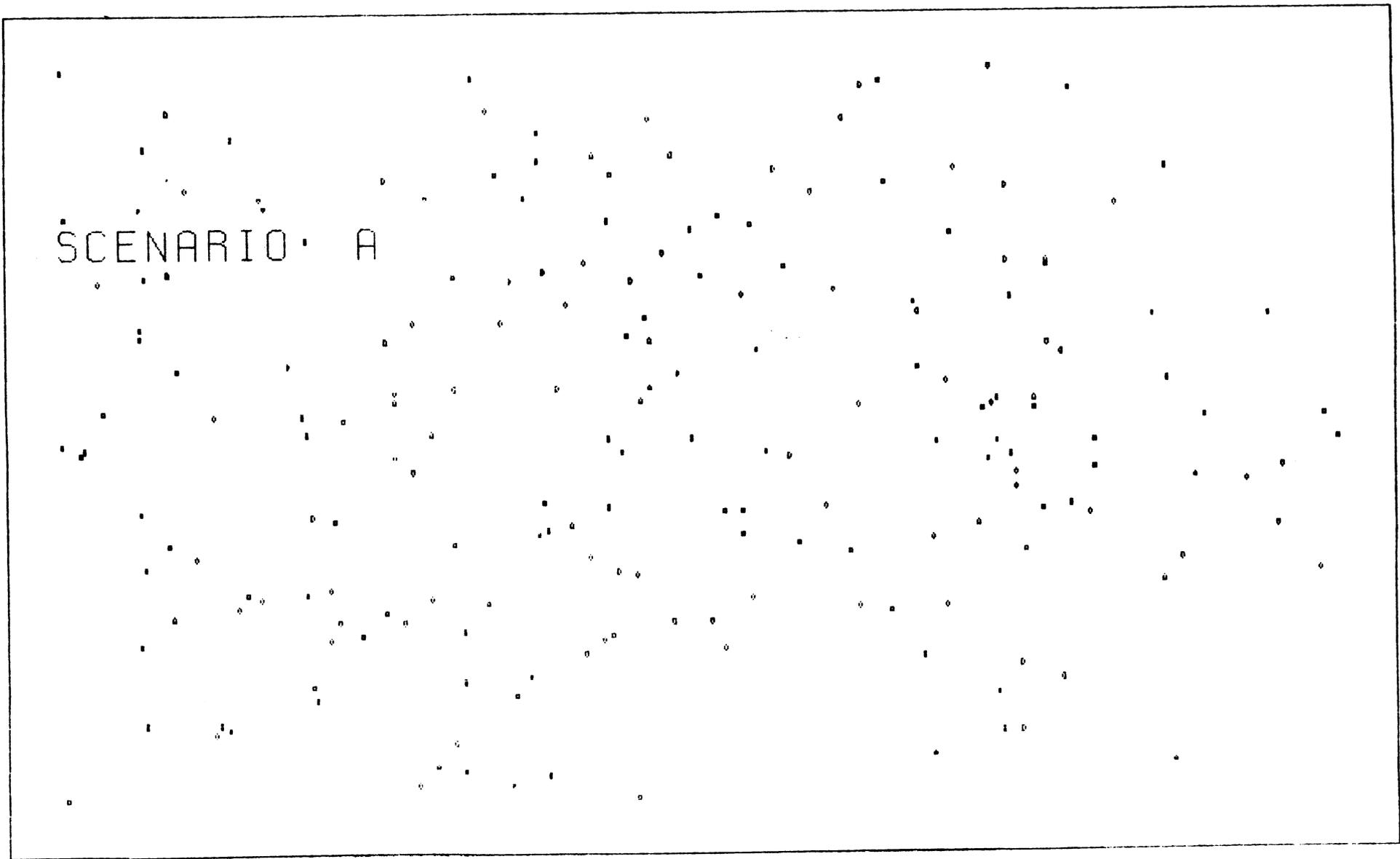
- CLARK, P.J. et F.C. EVANS (1954) "Distance to Nearest Neighbour as a Measure of Spatial Relationships in Populations", Ecology, vol. 35, no.4, p. 445-453.
- COOPER, L. (1968), "An Extension of the Generalized Weber Problem", Journal of Regional Science, vol. 8, no. 2, p. 181-198.
- KUHN, H.W. et R.E. KUENNE (1962), "An Efficient Algorithm for the Numerical Solution of the Generalized Weber Problem in Spatial Economies", Journal of Regional Science, vol. 4, no. 2, p. 21-34.
- TELLIER, L.-N. (1972), "The Weber Problem: Solution and Interpretation", Geographical Analysis, vol 4, no. 3, p. 215-233.
- TELLIER, L.-N. et X. CECCALDI (1983), "Phénomènes de polarisation et de répulsion dans le contexte du problème de Weber", communication présentée devant l'Association canadienne des sciences régionales, à Vancouver.
- TELLIER, L.-N. (1984), Economie spatiale, Chicoutimi, Gaëtan Morin, éditeur.
- WEBER, A. (1929), Theory of the Location of Industries, Chicago, University of Chicago Press, 256 pages.
- WESOLOWSKY, G.O. (1977), "The Weber Problem with Rectangular Distances and Randomly Distributed Destinations", Journal of Regional Science, vol. 17, no. 1, p. 53.



SCENARIO · A

2: A-100

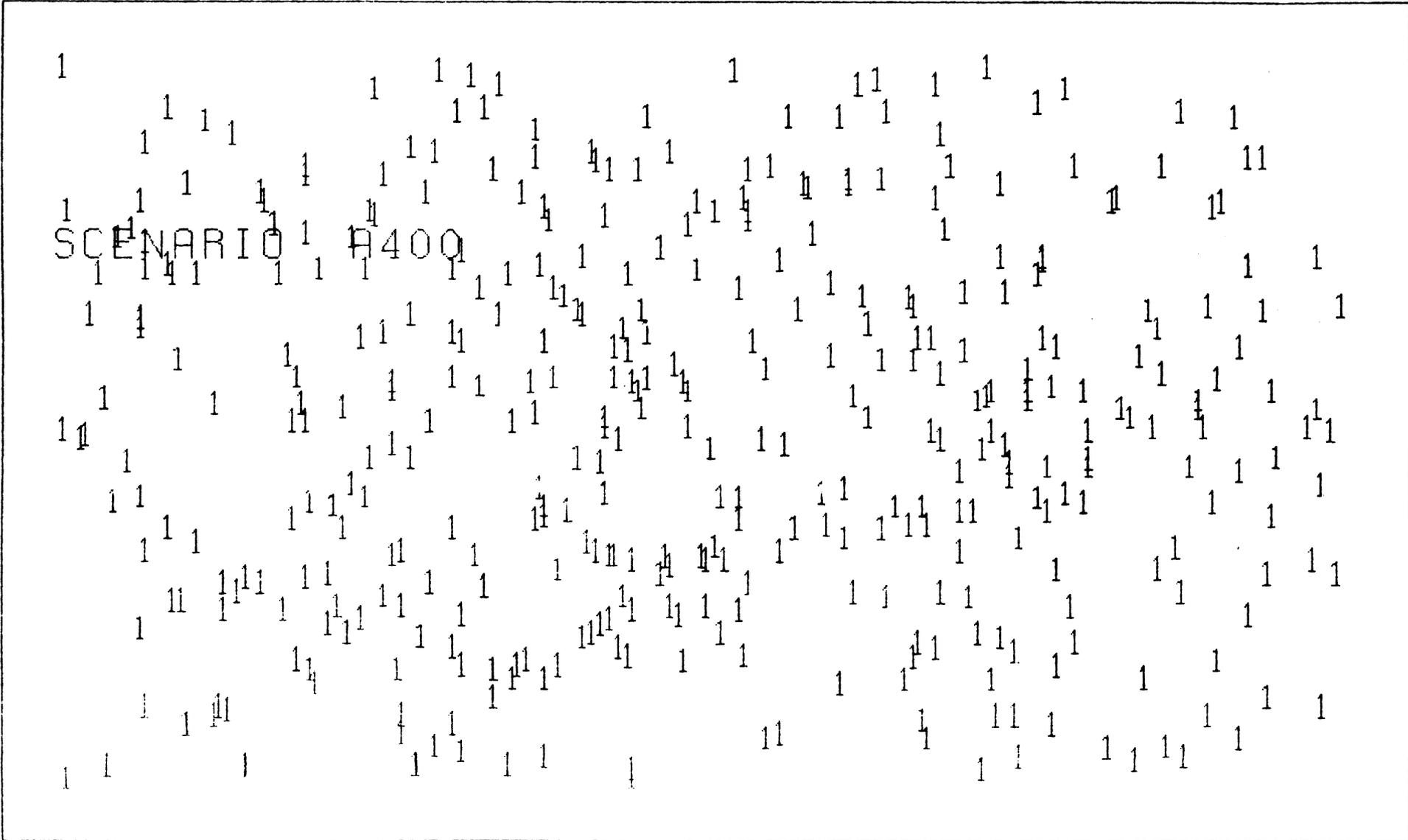




4: A-200

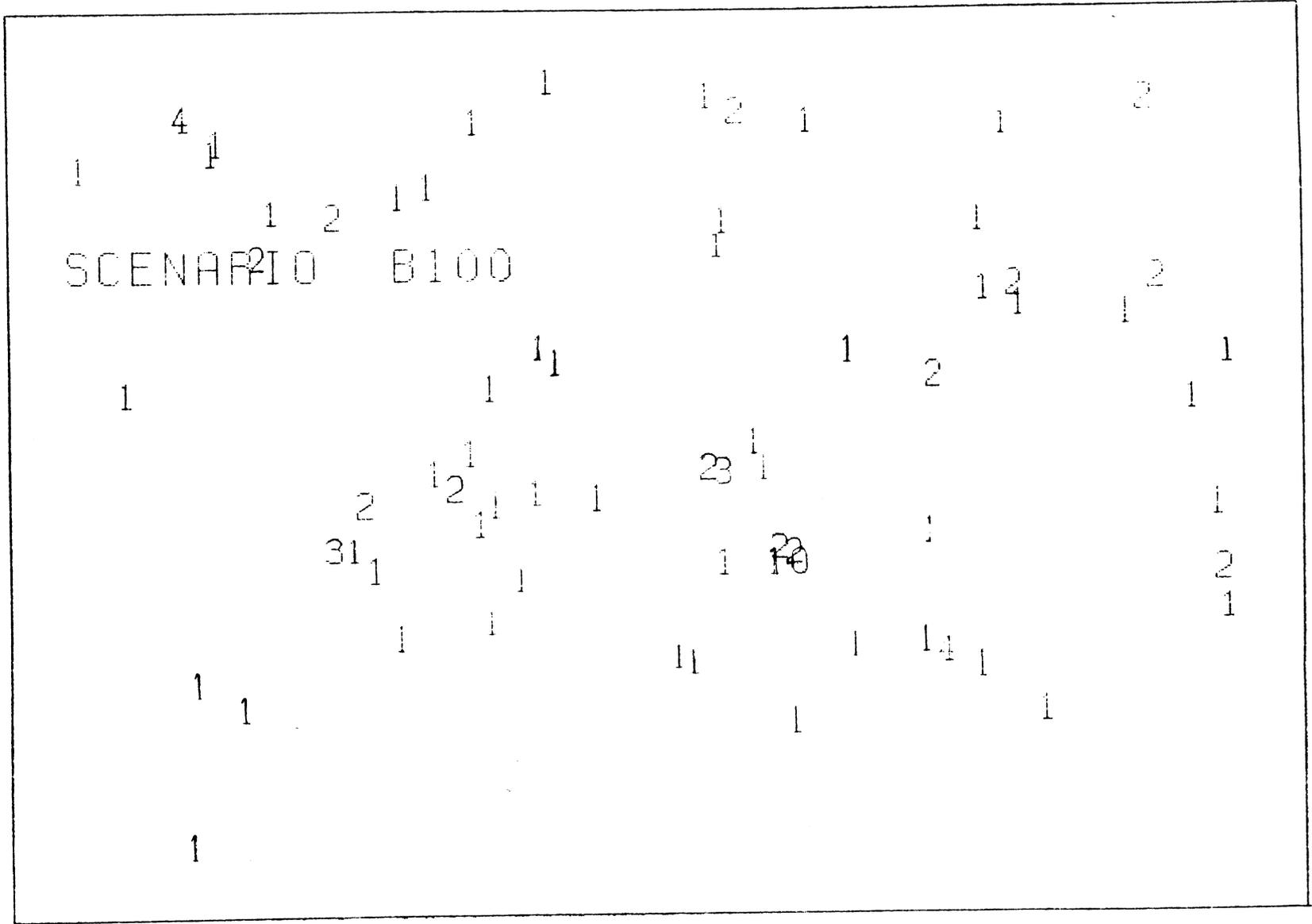
SCENARIO A

1 1 1

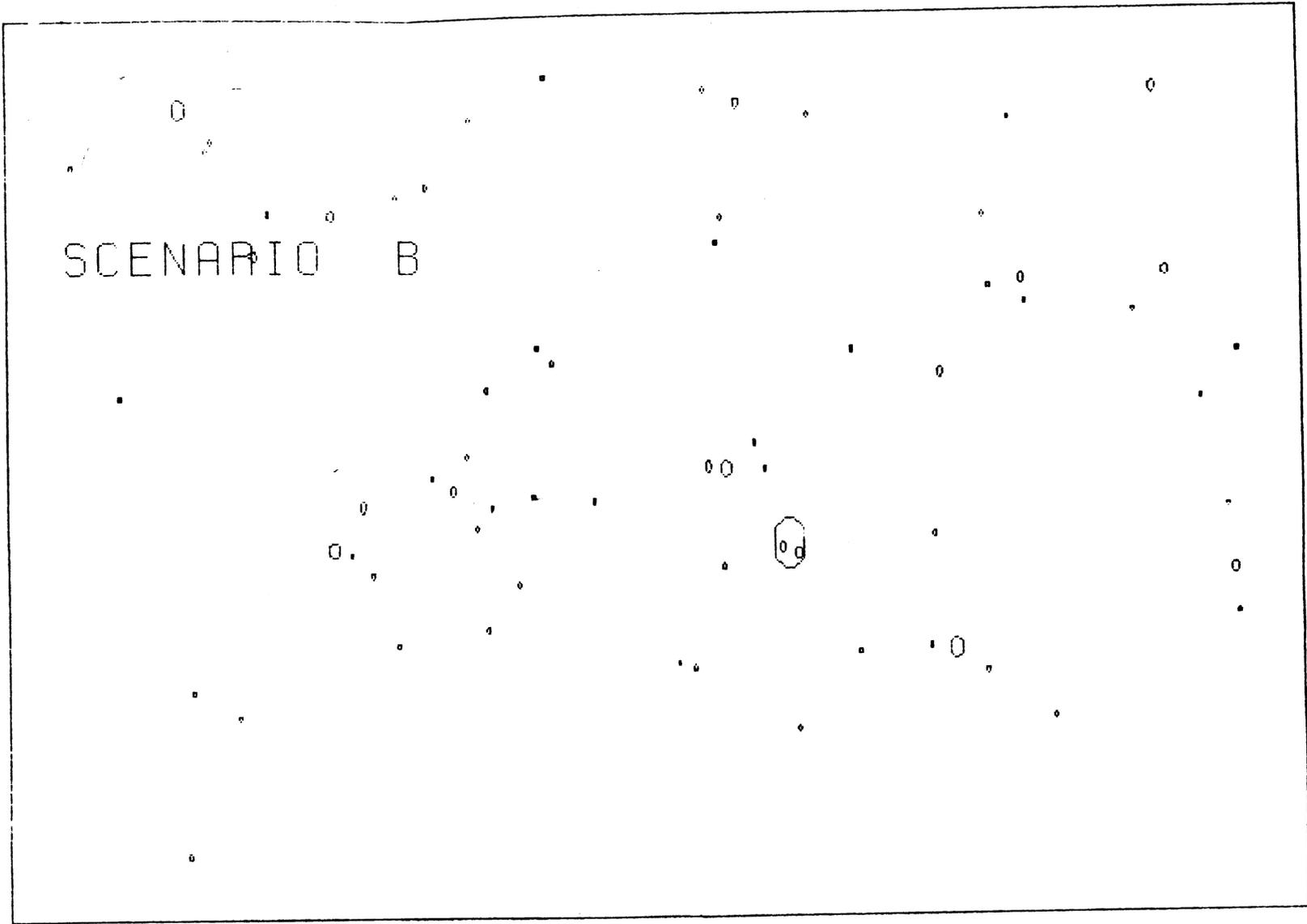


SCENARIO A

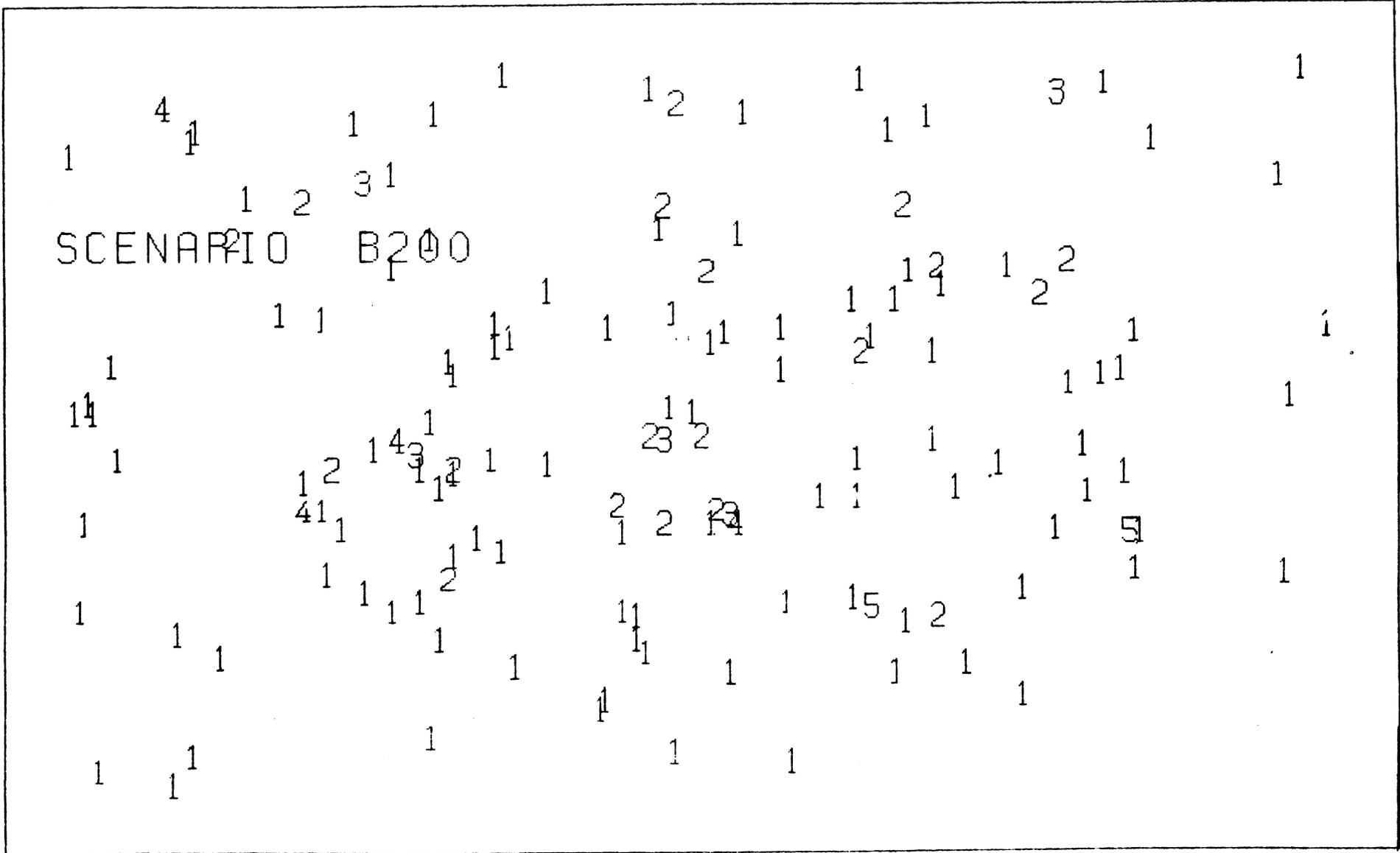
8: A-400

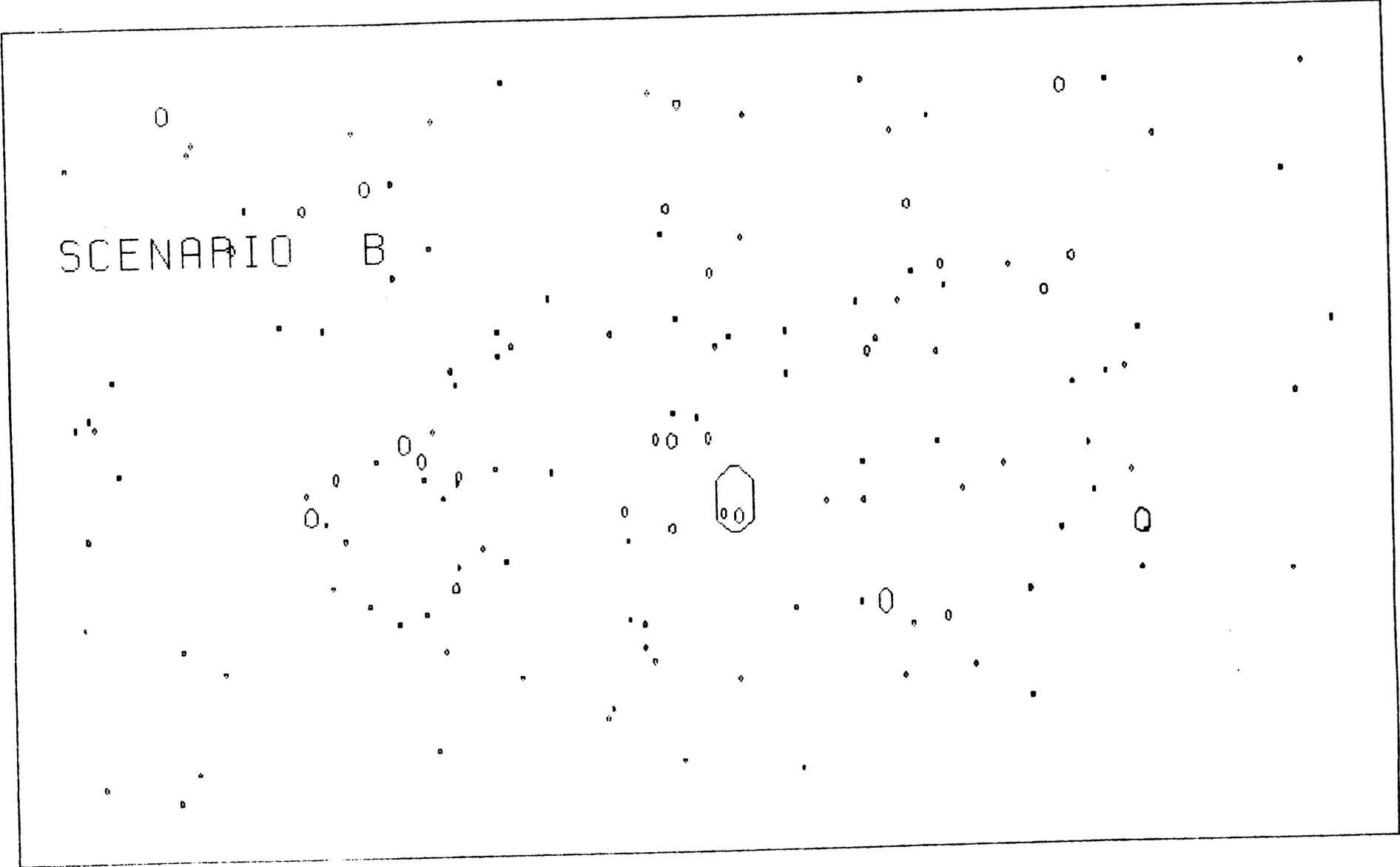


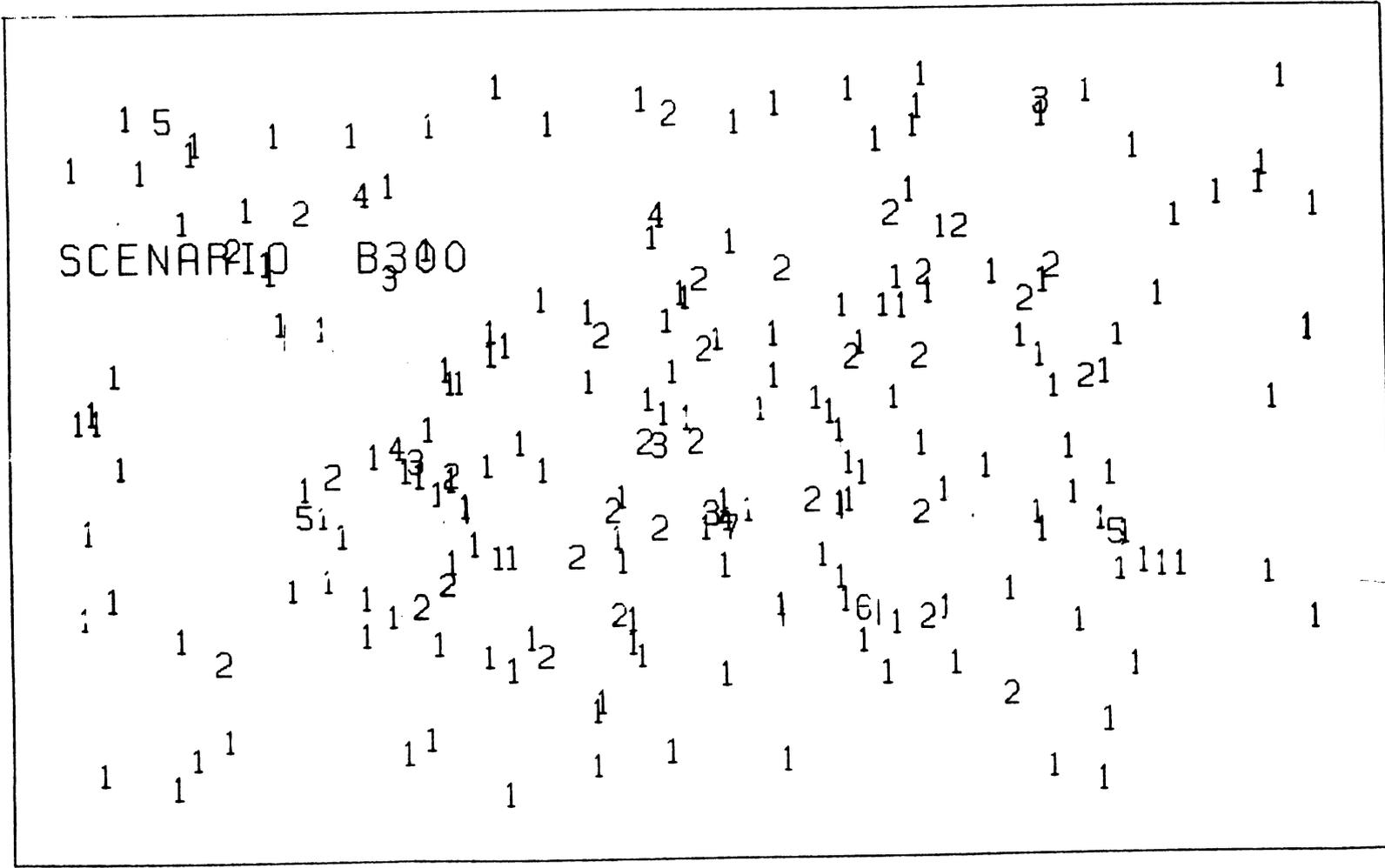
9: B-100



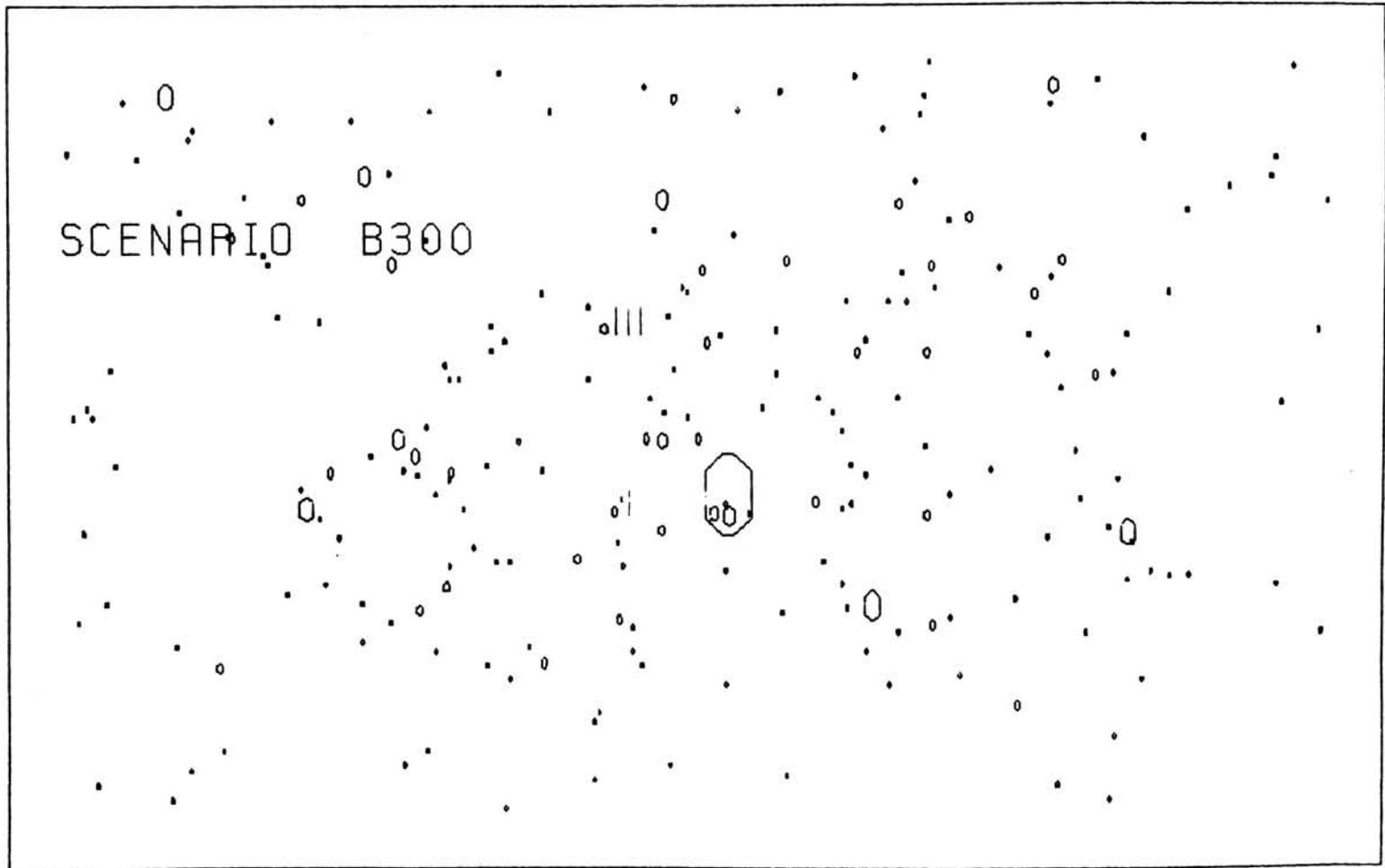
10: B-100



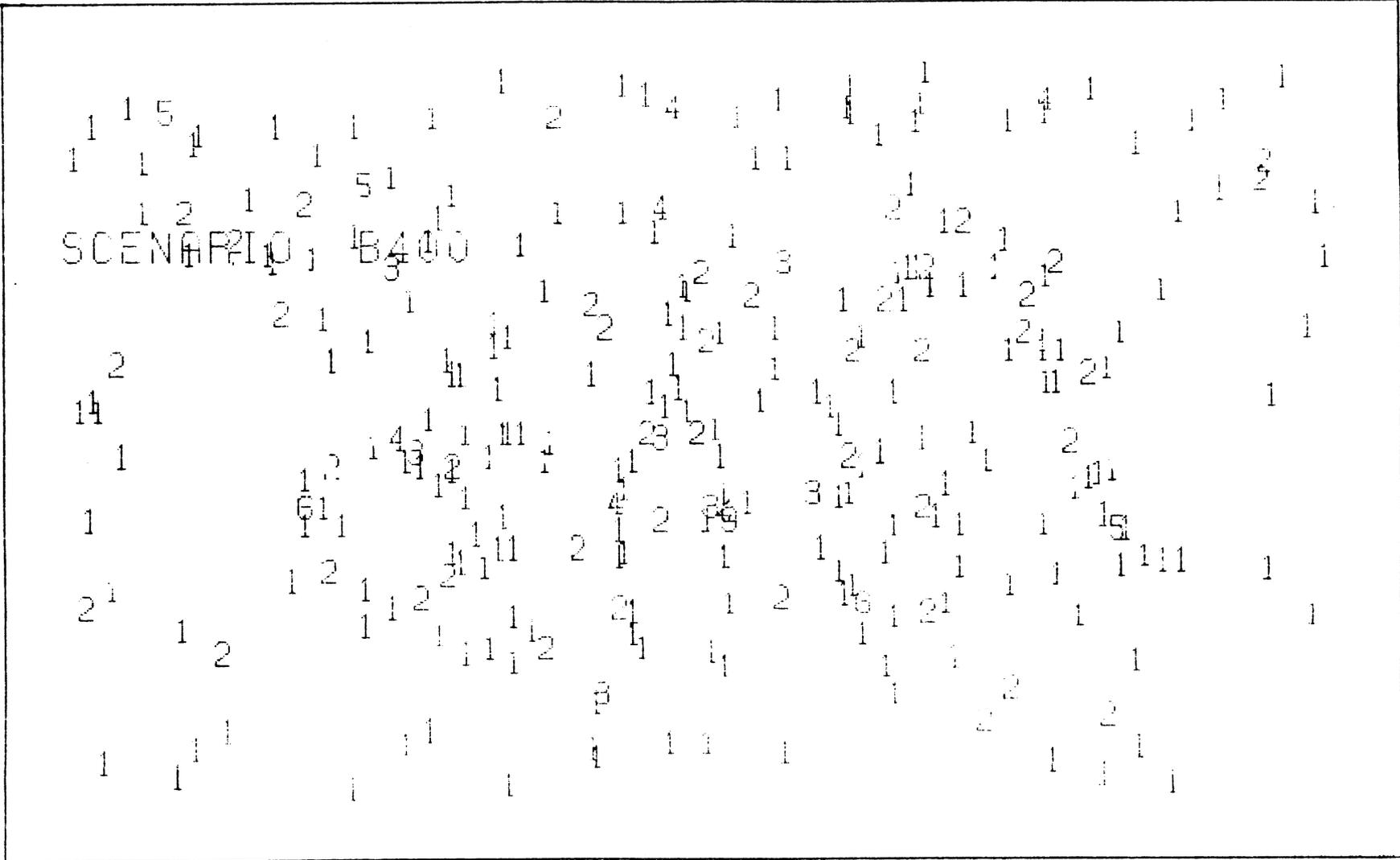




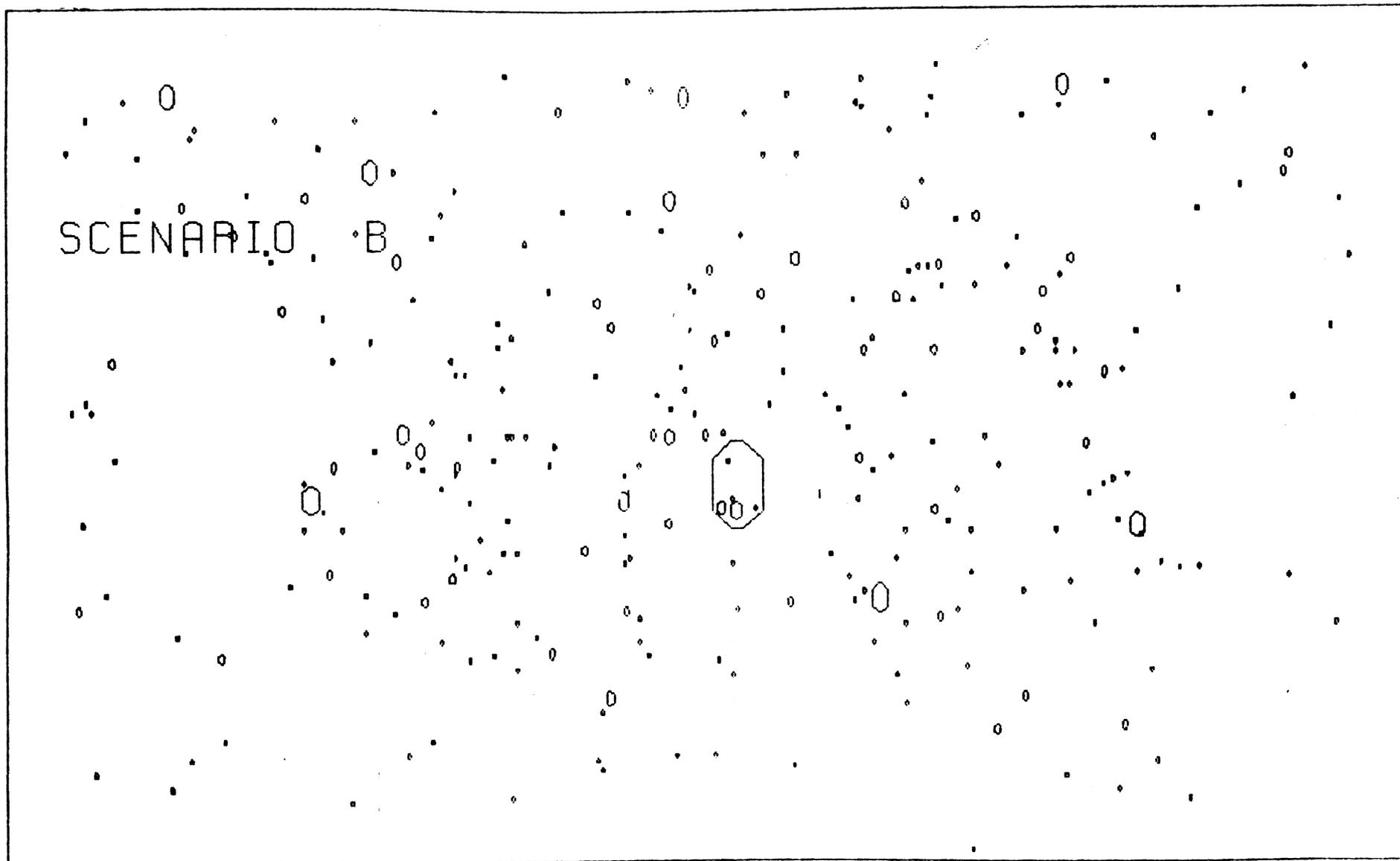
13 : B-300



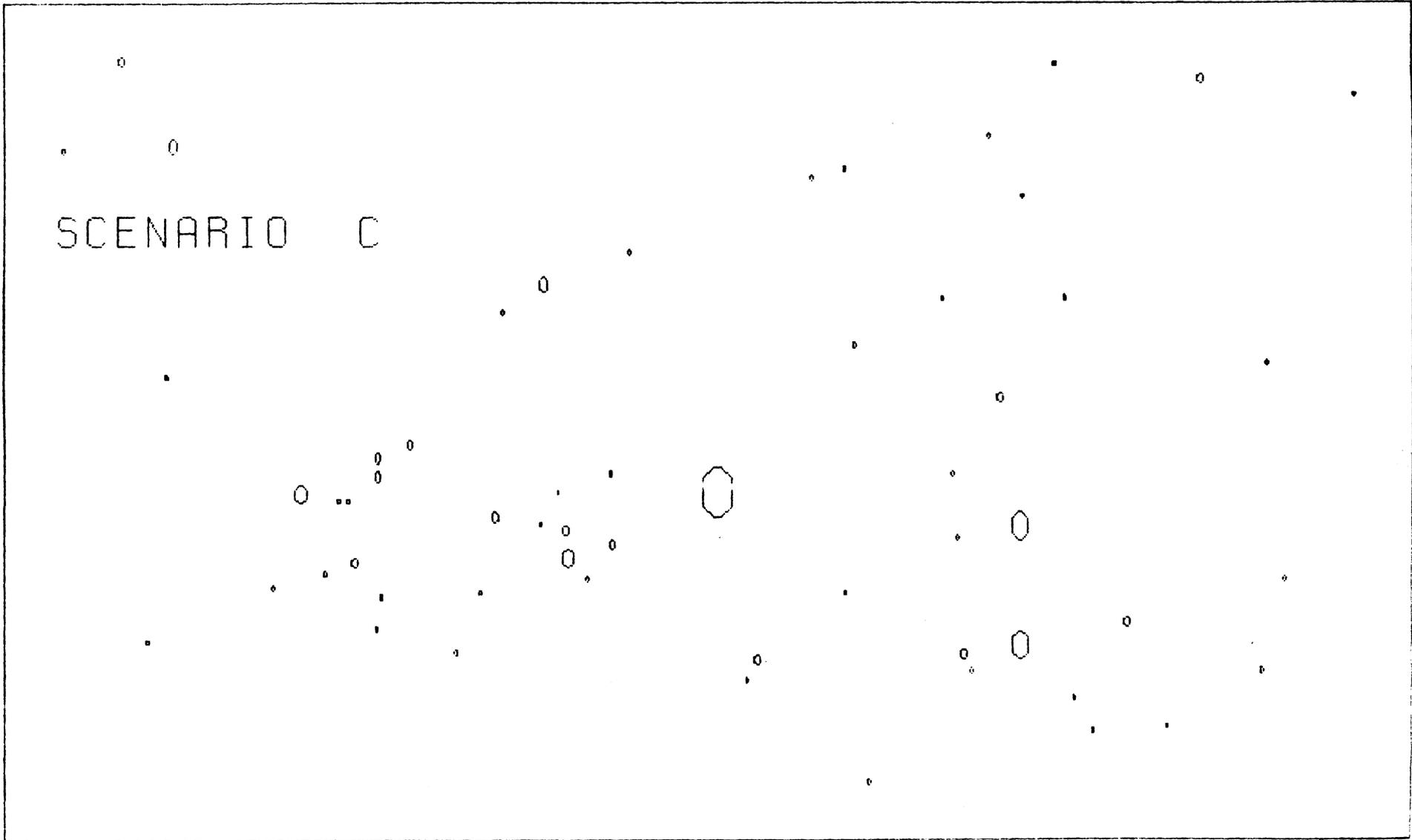
14: B-300



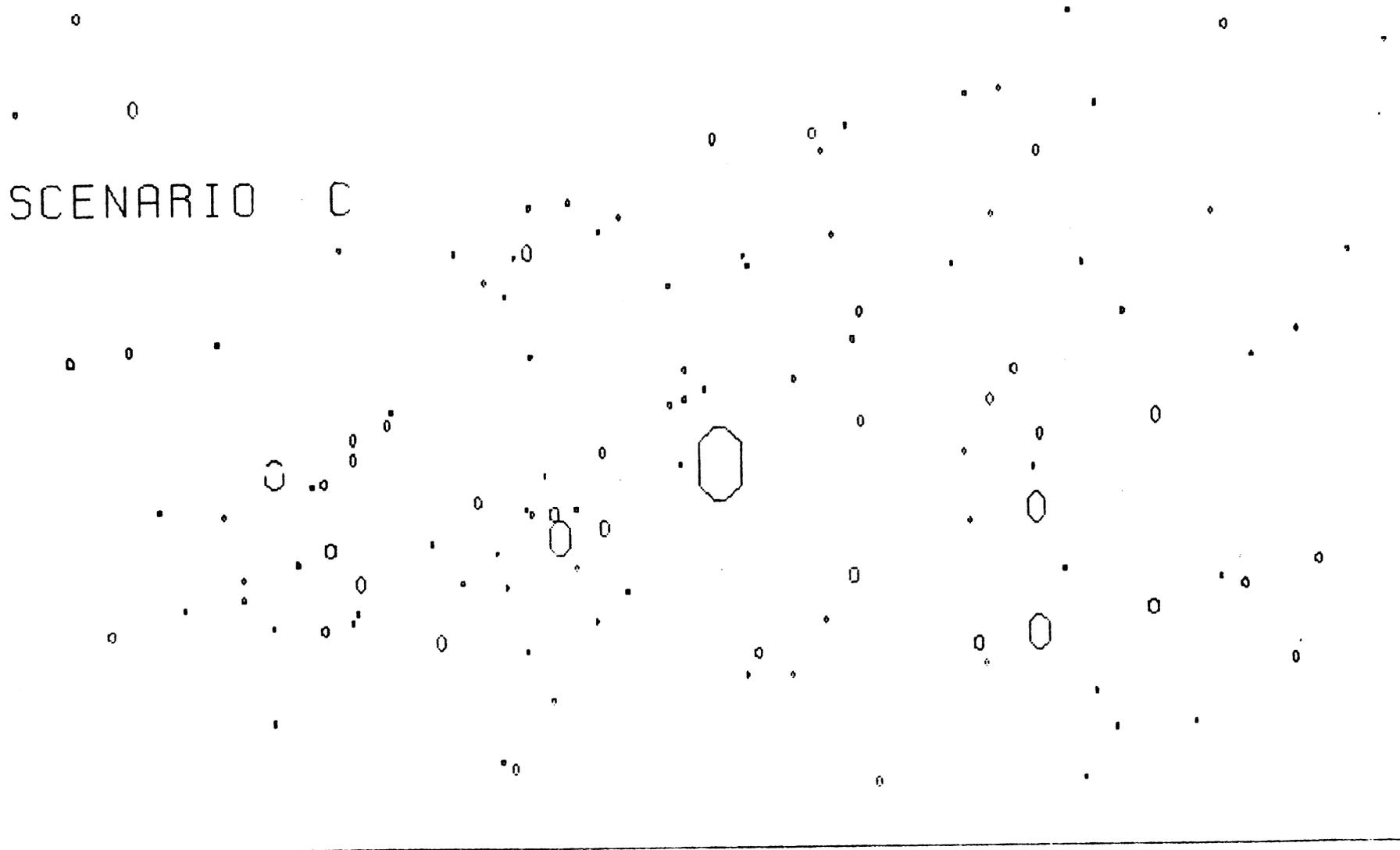
15 : B-400



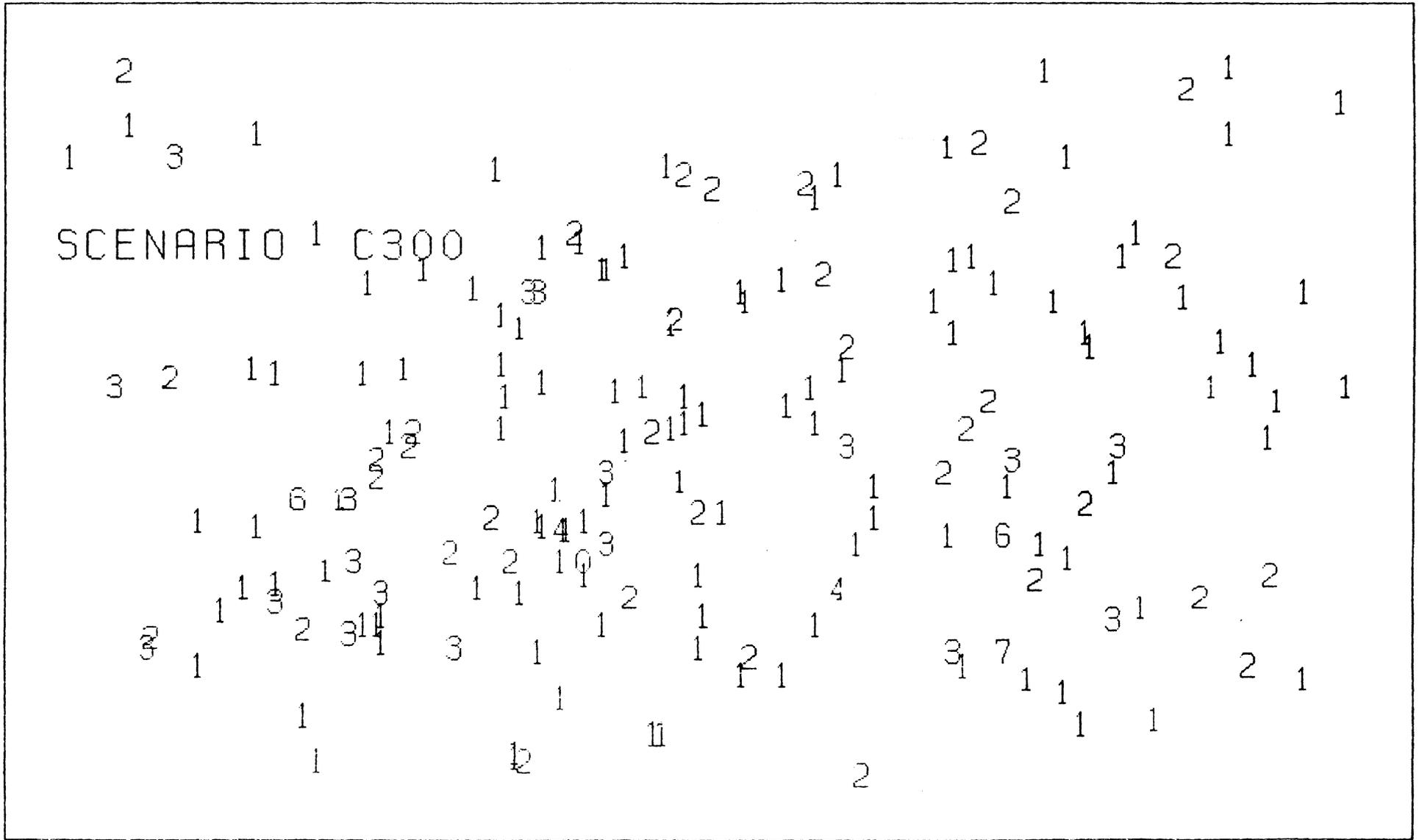
16: B-400



SCENARIO C



20 : C-200



SCENARIO · C

SCENARIO · C

