

CENTRE DE RECHERCHES MATHÉMATIQUES

2.T Etude portant sur l'optimisation du
nombre d'assignation de fréquences

par

1.T^c M. DELFOUR (chercheur principal)
Centre de Recherches Mathématiques
Université de Montréal
C.P. 6128, Succ. "A"
Montréal, Québec
H3C 3J7



UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

P
91
C655
D443
1985
v.1

P
91
C655
D443
1985
v.1

RAPPORT FINAL 1984-85

2.7 Etude portant sur l'optimisation du
nombre d'assignation de fréquences

par

1. T. e. M. DELFOUR (chercheur principal)
Centre de Recherches Mathématiques
Université de Montréal
C.P. 6128, Succ. "A"
Montréal, Québec
H3C 3J7

A L'INTENTION DU :

Ministère des Communications, Ottawa, Ontario, Canada

EN VERTU DU

CONTRAT NO. 24ST.36100-4-4121
NO. DE SERIES OST84-00256
du Ministère des Approvisionnements et Services du Canada

PERIODE

1^{er} avril 1984 - 31 mars 1985

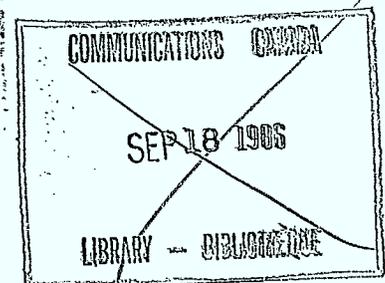
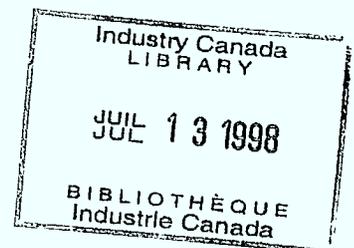


TABLE DES MATIERES :

	PAGES:
1. INTRODUCTION	1
1.1 Une nouvelle méthode souple et économique	1
1.2 Brève rétrospective	2
1.3 Les objectifs 1984-85	8
2. LES STRATEGIES LINEAIRES	9
2.1 Le spectre	9
2.2 Les stratégies d'assignation dans un rectangle	11
2.3 Stratégies linéaires dans un rectangle	12
2.4 Expression des conditions de non-interférence	14
2.5 Résumé de certains résultats	17
3. LES ASSIGNATIONS MULTIPLES PAR LES MULTISTRATEGIES	19
3.1 Les multistratégies	20
3.2 Nouvelles conditions de non-interférence	21
3.3 Condition nécessaire et suffisante pour éviter les produits d'intermodulation entre fréquences sur un même mât	22
3.4 Calcul de l'écart de fréquence minimum	24
3.5 Calcul des distances e_k et e_k^+ pour les multistratégies	25
3.6 Ensemble de conditions de non-interférence pour les multistratégies	26
3.7 La vérification de la condition de co-canalité	28
3.8 Résumé de certains résultats	37
4. UTILISATION DE FILTRES POUR AUGMENTER LA MOBILITE DES ANTENNES ET LA DENSITE DES ASSIGNATIONS	46
4.1 Description des filtres	47
4.2 Résumé des conditions de non-interférence	48
4.2.1 Adjacence	48
4.2.2 Désensibilisation	49
4.2.3 Intermodulation R_X	52
4.2.4 Intermodulation T_X	53
4.3 Compression maximale de la ville pour les deux filtres	63
4.4 Déplacement des antennes à l'intérieur d'un petit carré concentrique à la cellule	77
4.5 Addition des filtres au programme d'optimisation : filtre large	79
4.6 Dispersion des N fréquences à l'intérieur de la cellule : filtre large	82

5.	AUGMENTATION DU NOMBRE MAXIMUM D'ASSIGNATIONS PAR CELLULE	84
5.1	Méthode de construction et choix des distributions de la fréquence 0	86
5.2	Calcul du pourcentage d'assignation des fréquences	93
5.3	Résultats en fonction de P_{MIN} pour les filtres large et étroit.	96
5.4	Assignations non-uniformes	101
5.4.1	Assignation sans répétition avec un pôle de concentration	101
5.4.2	Assignation avec répétition 5 fois et un pôle de concentration	105
5.4.3	Assignation avec répétition 5 fois et 2 ou 3 pôles de concentration	108
5.4.4	Assignation avec répétition 5 fois, 3 pôles de concentration et une assignation minimum uniforme de 2 fréquences par cellule	112
5.5	Conclusions	115
6.	ASSIGNATIONS NON-UNIFORMES DANS UNE VILLE DE 96km AVEC REPETITION DU SPECTRE CINQ FOIS	117
6.1	La ville type choisie pour l'étude	118
6.2	Un seul centre-ville	119
6.2.1	Assignation uniforme dans chaque région	120
6.2.2	Assignation avec un pôle de concentration dans chaque région	134
6.2.3	Assignation uniforme en périphérie et un pôle de concentration et au moins 5 fréquences par gros carré de 4km de côté au centre-ville	147
6.3	Deux centres-villes (ou un centre-ville et une zone industrielle).	150
6.3.1	Assignation uniforme dans chaque région	151
6.3.2	Assignation avec un pôle de concentration dans chaque région	165
6.3.3	Assignation uniforme en périphérie et un minimum de une fréquence par petit carré de 1km de côté avec concentration au centre des deux centres-villes	176

7.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	180
7.1	Résultats et conclusions	180
7.2	Recommandations	182
7.3	Recommandation pour le système cellulaire	184
ANNEXE AU RAPPORT 1984-85 (M. Lapointe)		186
	Utilisation des programmes	188
	Exécution des programmes sur une machine étrangère	189
	Annexe A. Programme DISQUE	190
	Annexe B. Programme FREA 2	200
	Annexe C. Programme FREA 3	211
	Annexe D. Programme DREA 3	218
	Annexe E. Programme TEST 6	228
	Annexe F. Programme SP 4	234

RESUME

L'objectif de ce rapport est de présenter une nouvelle méthode mathématique pour la génération de grilles d'assignation des fréquences aux stations de bases d'un réseau de radios mobiles terrestres dans une grande ville canadienne.

Le résultat concret de ce travail a été la mise au point d'une nouvelle approche mathématique pour ce problème. Les avantages pratiques en sont:

1. une réduction considérable des coûts de gestion du spectre par la suppression presque totale des calculs de compatibilité électro-magnétique (EMC),
2. une gestion souple et rapide favorisant une certaine décentralisation des décisions,
3. une grande uniformité de la qualité des communications d'un usager à l'autre,
4. la possibilité d'améliorer encore la qualité des communications en tenant compte au départ de plus de mécanismes d'interférence.

Cette approche avantageuse nécessite un minimum de planification préalable basée sur la génération de grilles de grande capacité pouvant s'adapter aux changements de la demande des utilisateurs dans le temps et dans l'espace.

Le potentiel d'application de ces méthodes est très vaste. Selon les accords existants à l'échelle nationale ou internationale, il est possible de considérer une région urbaine, le Canada, l'Amérique du Nord ou même toute la planète. Ces grilles sousjacentes sont indépendantes de la position, de la forme et de la grandeur de la région considérée. En tout point on pourra pratiquement installer une antenne où il y aura un choix très large de fréquences à assigner. Dans une région urbaine, on pourra concentrer une partie importante des assignations au centre-ville et dans les zones industrielles tout en conservant aussi un minimum de fréquences pour les régions périphériques. Si le centre-ville ou les zones industrielles se déplacent, ces changements pourraient être faits de façon continue sans avoir à modifier la grille initiale ou bouculer les utilisateurs existants.

Il est cependant nécessaire pour l'application de ces méthodes de partir avec un spectre de fréquences "vierge". Pour un pays industrialisé, cette méthode pourrait donc être utilisée pour une nouvelle bande de fréquences qui serait ouverte aux utilisateurs comme le nouveau système ACSSB (Amplitude Compounded Single Sided Band). Pour un pays en voie de développement, c'est la méthode la plus efficace, rapide et économique de mettre sur pied un réseau de communication pour les radios mobiles terrestres.

1. INTRODUCTION.

Ce rapport est l'aboutissement d'un projet élaboré il y a cinq ans sur le développement de méthodes mathématiques donnant des grilles d'assignation des fréquences aux stations de bases d'un réseau de radios-mobiles terrestres dans une grande ville canadienne. Il combine à la fois le rapport final 1984-85 et une révision des résultats que nous jugeons les plus pertinents à la solution de ce problème formulé à l'époque par le Dr. G. De Couvreur du Ministère des Communications.

1.1 UNE NOUVELLE METHODE SOUPLE ET ECONOMIQUE.

Le résultat concret de ce travail a été la mise au point d'une nouvelle approche mathématique pour ce problème. Les avantages pratiques en sont :

1. une réduction considérable des coûts de gestion du spectre par la suppression presque totale des calculs de compatibilité électromagnétique (EMC),
2. une gestion souple et rapide favorisant une certaine décentralisation des décisions,
3. une grande uniformité de la qualité des communications d'un usager à l'autre,
4. la possibilité d'améliorer encore la qualité des communications en tenant compte au départ de plus de mécanismes d'interférence.

Cette approche avantageuse nécessite un minimum de planification préalable basée sur la génération de grilles de grande capacité pouvant s'adapter aux changements de la demande des utilisateurs dans le temps et dans l'espace.

Le potentiel d'application de ces méthodes est très vaste. Selon les accords existants à l'échelle nationale ou internationale, il est possible de considérer une région urbaine, le Canada, l'Amérique du Nord ou même toute la planète. Ces grilles sousjacentes sont indépendantes de la position, de la forme et de la grandeur de la région considérée. En tout point on pourra pratiquement installer une antenne où il y aura un choix très large de fréquences à assigner. Dans une région urbaine, on pourra concentrer une partie importante des assignations au centre-ville et dans les zones industrielles tout en conservant aussi un minimum de fréquences pour les régions périphériques. Si le centre-ville ou les zones industrielles se déplacent, ces changements pourraient être faits de façon continue sans avoir à modifier la grille initiale ou bousculer les utilisateurs existants.

Il est cependant nécessaire pour l'application de ces méthodes de partir avec un spectre de fréquences "vierge". Pour un pays industrialisé cette méthode pourrait donc être utilisée pour une nouvelle bande de fréquences qui serait ouverte aux utilisateurs comme le nouveau système ACSSB (Amplitude Compounded Single Sided Band). Pour un pays en voie de développement, c'est la méthode la plus efficace, rapide et économique de mettre sur pied un réseau de communication pour les radios mobiles terrestres.

1.2 BREVE RETROSPECTIVE.

Nous avons étudié le problème de l'assignation d'une bande d'environ 1 000 fréquences à une région géographique carrée d'environ 100km de côté. Diverses situations ont été retenues :

- 1) distribution géographique uniforme (densité d'assignation constante par unité de surface),

- 2) distribution géographique non-uniforme (présence d'un centre-ville),
- 3) réassignation dans une même région de la même bande de fréquences jusqu'à cinq fois,
- 4) utilisation de filtres passe-bande pour augmenter la mobilité des antennes et la densité des assignations.

Les premiers résultats ont démontré qu'en présence de conditions de non-interférence simplifiées (adjacence et désensibilisation), ce problème et ses variations pouvaient être résolus avec divers outils mathématiques (cf. rapport final 1980-81).

La faisabilité de ce genre d'étude ayant été établie, nous avons ajouté aux conditions de non-interférence par adjacence et désensibilisation, celles de non-interférence par intermodulation R_X du récepteur. Cette complication du problème nous a amené à réévaluer les méthodes d'assignation et à ne retenir que celles qui offraient la plus grande souplesse et la plus grande efficacité : les stratégies dites linéaires. En effet la structure de ces stratégies est particulièrement bien adaptée à la présence des conditions de non-interférence par intermodulation (cf. rapport final 1981-82).

Cet important développement nous a amené à reprendre systématiquement l'analyse et la formulation des conditions de non-interférence avec pour objectif d'arriver à des formulations mieux compatibles avec les stratégies linéaires. Les différents aspects de ce travail sont contenus dans un rapport du Ministère des Communications par le Dr. G. De Couvreur (cf. De Couvreur [1]) et le rapport final 1982-83. Dans ce dernier rapport nous avons également étendu avec succès nos méthodes au cas de l'assignation de plusieurs fréquences sur un même mât.

En 1983-84, après consultations avec l'autorité scientifique du Ministère, il a été résolu de concentrer tous les efforts sur l'étude, le développement et l'exploitation des stratégies linéaires introduites et développées par M. Delfour afin d'en déterminer le plein potentiel. En particulier les résultats montrèrent que la réassignation de 1024 fréquences dans une ville carrée de 100km de côté est possible cinq (5) fois et même dix (10) fois avec respectivement cinq et dix fréquences par cellule. Pour ce faire nous avons construit les multistratégies (assignations multiples dans chaque cellule) en utilisant un vecteur de translations d'une stratégie linéaire. Ce nouvel outil préserve la souplesse des stratégies linéaires et permet de tenir compte des nouvelles conditions de non-interférence entre les fréquences assignées à une même cellule (c'est-à-dire, un petit carré de 3,125km de côté). Il permet d'assigner N fois un spectre de M fréquences en plaçant N fréquences par cellule.

Dans chaque cellule nous avons imposé

- a) qu'il n'y ait pas de fréquences adjacentes
- b) qu'il n'y ait pas de produits d'intermodulation et
- c) qu'il y ait un écart de fréquence minimum ΔF^{\min} (ici au moins 6 canaux).

Des méthodes mathématiques ont été développées pour réduire le problème des interférences intracellulaires (entre fréquences d'une même cellule) à la construction d'un vecteur de N fréquences dans une seule cellule. Des conditions nécessaires et suffisantes garantissent qu'une fois cette construction réalisée, il n'y ait pas d'interférence intracellulaires dans aucune des autres cellules.

Les résultats obtenus en 1983-84 avec les multistratégies se sont révélés d'un intérêt considérable. En effet on peut retenir les chiffres suivants. Lorsque le spectre de 1024 fréquences est répété 5 (resp. 10) fois on peut assigner 90,27% (resp. 85,47%) des fréquences, soit 4622 (resp. 8752) fréquences sur un total de 5120 (resp. 10240). Cependant on sait que, selon les politiques présentes du Ministère, il n'est pas permis de partager une fréquence entre plus de 5 usagers. Alors quel est l'intérêt de générer des grilles permettant de réassigner 10 fois? Il existe au moins deux bonnes raisons pour le faire. Si l'on utilise la grille prévoyant 5 fois, on arrive à assigner que 90,27% des fréquences. Mais si l'on utilise la grille correspondant à 10 fois en n'assignant que 5 fois chaque fréquence, on arrive à assigner 100% des $5 \times 1024 = 5120$ fréquences, soit le maximum possible selon les politiques du Ministère. Mais il y a aussi une deuxième raison aussi importante de créer des grilles permettant d'assigner 10 fois. Lorsqu'une grille prévoit un emplacement pour 8752 fréquences et qu'il n'y a que 5120 fréquences à distribuer, cela donne au gestionnaire une très large marge de manoeuvre pour mieux tenir compte de la non-uniformité naturelle de la demande des utilisateurs.

Une des propriétés importantes d'une assignation est la mobilité des antennes autour de leur position nominale. Dans le rapport 1982-83, cette mobilité était mesurée par le diamètre $2R$ du disque à l'intérieur duquel l'antenne peut-être déplacée tout en vérifiant toutes les conditions de non-interférence. Pour les multistratégies le diamètre maximum $2R$ de ce disque passe de 2,93km à 0,73km lorsque l'indice de répétition N varie de 2 à 10 pour un $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ et une puissance d'émission de 200 Watts.

Afin d'augmenter la mobilité des antennes nous avons étudié l'effet de la présence d'un filtre passe-bande dont les spécifications sont assez conservatrices. En effet il semblerait que les caractéristiques du matériel présentement disponible correspondent à celles retenues pour cette étude en présence de ce filtre. Les calculs de non-interférence ont donc été repris pour tenir compte du filtre. Avec le "filtre large" il est possible de déplacer le mât dans un petit carré de 3,120km de côté concentrique à la cellule carrée de 3,125km de côté avec un écart minimum de fréquence dans chaque cellule de 128, 100, 100 et 50 canaux pour un indice de répétition N égal à 5, 6, 7 et 8, respectivement. Et ces chiffres n'ont pas fait l'objet d'une optimisation.

Ces résultats ont des conséquences immédiates fort intéressantes. En effet, il devient possible, à l'intérieur de chaque cellule, de distribuer les N fréquences dans le carré concentrique de 3,120km de côté au lieu de toutes les garder sur un même mât. Ceci est rendu possible pour les deux raisons suivantes. D'abord et ceci par construction, il n'y a pas de produit d'intermodulation entre les N fréquences assignées à la cellule et il n'y a pas non plus de fréquences adjacentes. Il ne reste à vérifier que les seules conditions de désensibilisation. D'autre part l'écart minimum de fréquence entre les fréquences assignées à la cellule varie de 50 à 128 canaux. Cela signifie que pour $P_{MIN} = -132\text{dBW}$ les antennes peuvent être placées à 22cm, 7,0cm et 4,7cm les unes des autres pour des écarts de 50, 100 et 128 canaux. Pour $P_{MIN} = -140\text{dBW}$, ces chiffres deviennent de l'ordre de 55cm, 18cm et 11,8cm. A toute fin pratique, on peut en conclure que les N fréquences peuvent être assignées presque n'importe où à l'intérieur de chaque cellule

en ne faisant essentiellement plus de calculs de compatibilité électromagnétique (EMC). Dans le contexte ci-haut la règle pourrait être : deux antennes doivent être distantes d'au moins un mètre l'une de l'autre ou montées sur un même mât.

=

Le lecteur est invité à lire le paragraphe 7 sur les résultats et conclusions pour obtenir une version concise du dernier épisode de ce suspense (c'est-à-dire, les résultats 1984-85).

Monsieur Michel Lapointe a assumé la responsabilité de tous les travaux d'informatique du projet. Sa contribution ne s'est pourtant pas limitée là. L'intérêt qu'il a pris dans tous les aspects du problème et son esprit critique ont rendu sa participation extrêmement précieuse. Il a rédigé l'Annexe regroupant les programmes utilisés dans nos constructions et donnant les indications nécessaires à leur utilisation harmonieuse.

1.3 LES OBJECTIFS 1984-85

L'objectif de cette étude est la poursuite de celle de 1983-84 sur la mise au point de stratégies d'assignation d'un spectre de fréquences en mode co-canal à une région géographique donnée. Pour 1984-85 les tâches retenues seront les suivantes :

1. l'augmentation de la non-uniformité des assignations en permettant à l'intérieur de chaque cellule un nombre d'assignation supérieur à 10.
2. la relaxation de la contrainte que les fréquences soient assignées à l'intérieur d'un cercle centré au milieu de chaque cellule. A la limite, il serait bon qu'à l'intérieur d'une même cellule le gestionnaire puisse distribuer toutes les fréquences assignées à cette cellule en ne se préoccupant que des conditions de non-interférences locales : adjacence et désensibilisation (car il n'y a pas d'inter-modulation entre fréquences assignées dans une même cellule).

En plus il a été résolu de réunir dans une Annexe au rapport 1984-85 tous les programmes utilisées dans nos constructions afin de pouvoir rapidement reprendre les calculs.

D'autre part, il a été convenu de rédiger en plus du rapport final 1984-85, un rapport abrégé dégageant les motivations, résultats, conclusions et recommandations les plus importants de l'ensemble du projet.

2. LES STRATEGIES LINEAIRES

L'outil de base à la construction de toutes les grilles contenues dans ce rapport est la "stratégie linéaire". Cette stratégie d'assignation du spectre à une région géographique donnée permet de grandement simplifier les calculs de compatibilité électromagnétique. En effet pour ce type de stratégie il est suffisant de vérifier les conditions de non-interférence autour de la cellule située à l'origine (0,0) dans le plan.

Ce paragraphe a été emprunté au rapport 1983-84. Il rappelle au lecteur la construction et les principaux résultats sur les stratégies linéaires d'assignation horizontale dans un rectangle (cf. Rapport 1982-83).

2.1 LE SPECTRE

De façon générale le spectre à assigner est de la forme

$$(1) \quad \Sigma = \{f_0 + m\Delta f \mid 0 \leq m < M\}, \quad f_0 > 0, \quad \Delta f > 0$$

où les quantités f_0 , Δf et le nombre entier M sont fixés pour une bande de fréquences donnée. Si les fréquences du spectre Σ sont exprimées en canaux, c'est-à-dire, en unités Δf , le spectre Σ est équivalent à une suite finie de nombres entiers

$$(2) \quad \mathbb{M} = \{m \mid 0 \leq m < M\}.$$

Pour l'adjacence et la désensibilisation, les conditions de non-interférence ne feront intervenir que les différences entre fréquences

$$(3) \quad \delta = f_m - f_n = (f_0 + m\Delta f) - (f_0 + n\Delta f) = (m-n)\Delta f;$$

pour l'intermodulation, les conditions de non-interférence feront intervenir des relations de la forme (ou produits d'intermodulation)

$$f_{n_0} = 2f_{n_1} - f_{n_2}$$

$$(4) \quad f_0 + n_0 \Delta f = 2(f_0 + n_1 \Delta f) - (f_0 + n_2 \Delta f) = f_0 + (2n_1 - n_2) \Delta f.$$

Les différences et les produits d'intermodulation sont équivalents aux mêmes différences ou produits d'intermodulation sur les entiers de \mathbb{M} :

$$(5) \quad m - n \quad \text{et} \quad n_0 = 2n_1 - n_2.$$

Dans tous les cas, ces quantités sont indépendantes de la fréquences f_0 . Quant au paramètre Δf , il sera directement incorporé (avec f_0) dans les conditions de non-interférence.

A la lumière de cette discussion, nous remplacerons le spectre par la suite \mathbb{M} que nous appellerons "spectre" et dont les nombres entiers m seront les "fréquences".

Nous avons vu qu'il est avantageux de donner au spectre \mathbb{M} une structure d'anneau algébrique ce qui revient à définir sur l'ensemble \mathbb{M} une addition \oplus et une multiplication \odot

$$(6) \quad m \oplus n = (m+n) \text{ Mod } M$$

$$(7) \quad m \odot n = mn \text{ Mod } M$$

où l'opération Mod M est définie de l'ensemble des entiers \mathbb{Z} dans l'ensemble M ,

$$(8) \quad \text{Mod } M : \mathbb{Z} \rightarrow M$$

$$m \rightarrow \bar{m}$$

où \bar{m} est l'entier unique déterminé comme suit

$$(9) \quad m = \bar{m} + cM, \quad c \in \mathbb{Z}, \quad 0 \leq \bar{m} < M.$$

Les entiers \bar{m} et c sont évidemment uniques pour chaque m . Ces opérations nous permettent d'ajouter, de soustraire et de multiplier les fréquences du spectre M tout en restant dans l'ensemble \mathbb{M} comme l'illustre l'exemple suivant :

Exemple 1. $M = 9, \quad \mathbb{M} = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$

$$5 \oplus 5 = (10) \text{ Mod } 9 = (1 \times 9 + 1) \text{ Mod } 9 = 1$$

$$3 \odot 7 = (21) \text{ Mod } 9 = (2 \times 9 + 3) \text{ Mod } 9 = 3$$

$$3 \ominus 5 = (-2) \text{ Mod } 9 = (-1 \times 9 + 7) \text{ Mod } 9 = 7$$

$$3 \otimes 6 = 18 \text{ Mod } 9 = (2 \times 9 + 0) \text{ Mod } 9 = 0.$$

2.2 LES STRATEGIES D'ASSIGNATION DANS UN RECTANGLE

Supposons que nous voulions assigner $M = N_1 N_2$ ($N_1 \geq 1, N_2 \geq 1$) fréquences dans un rectangle de dimension $A \times A(N_2/N_1)$ km. De façon plus précise, le rectangle est divisé en $N_1 N_2$ petits carrés de côté A/N_1

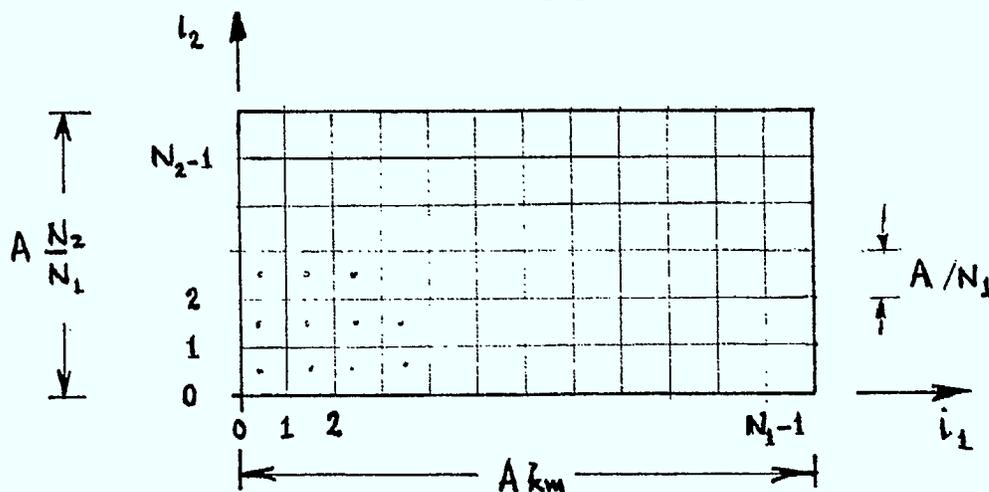


Figure 1.

Chaque antenne est placée au centre de chaque petit carré où l'on assigne l'une des fréquences du spectre

$$(10) \quad \mathbb{M} = \{m \mid 0 \leq m < N_1 N_2\}.$$

Chaque petit carré est étiqueté par les coordonnées (i_1, i_2) de son coin inférieur gauche.

Le problème de l'assignation uniforme est celui de trouver une stratégie d'assignation qui associe à l'ensemble des coordonnées

$$(11) \quad \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2 = \{(i_1, i_2) \mid 0 \leq i_1 < N_1, 0 \leq i_2 < N_2\}$$

toutes les fréquences du spectre \mathbb{M} tel que défini par (10). En termes mathématiques, cela revient à chercher une bijection

$$(12) \quad a : \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2 \rightarrow \mathbb{M}.$$

Il est facile de constater qu'il y a $M!$ (factoriel M) façons de construire une stratégie d'assignation. Pour $N_1 = N_2 = 32$, cela fait $1024!$.

2.3 STRATEGIES LINEAIRES DANS UN RECTANGLE

Au paragraphe 2.1, nous avons donné à l'ensemble \mathbb{M} une structure d'anneau algébrique en définissant une addition \oplus et une multiplication \odot : $(\mathbb{M}, \oplus, \odot)$ forme un anneau commutatif avec un élément unité 1. On peut aussi considérer l'anneau \mathbb{M} comme un module sur \mathbb{Z} en définissant l'action "." de l'anneau \mathbb{Z} des nombres entiers positifs, négatifs et nul sur \mathbb{M} de la façon suivante :

$$(13) \quad \forall \alpha \in \mathbb{Z}, \forall m \in \mathbb{M}, \alpha \cdot m = (\alpha m) \text{ Mod } (N_1 N_2).$$

Enfin, nous allons étendre la définition d'une stratégie d'assignation du rectangle $\mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2$ à tout le plan $Z \times Z$. Cet espace produit possède lui aussi une structure de module sur Z avec les opérations habituelles d'addition et de multiplication pour l'ensemble Z des nombres entiers.

La notion de "linéarité naturelle" que nous allons utiliser ici est celle d'"homomorphisme" entre deux modules sur Z . Une application

$$(14) \quad L : Z \times Z \rightarrow \mathbb{M}$$

est un Z -homomorphisme entre les modules $Z \times Z$ et \mathbb{M} si

$$(15) \quad \forall (i_1, i_2), (j_1, j_2), \quad L(i_1+i_2, j_1+j_2) = L(i_1, i_2) \oplus L(j_1, j_2)$$

$$(16) \quad \forall \alpha \in Z, \forall (i_1, i_2), \quad L(\alpha i_1, \alpha i_2) = \alpha \cdot L(i_1, i_2).$$

C'est essentiellement l'équivalent de la notion d'application linéaire entre espaces vectoriels.

Définition 1. On dira qu'un Z -homomorphisme : $L : Z \times Z \rightarrow \mathbb{M}$ est une stratégie linéaire si sa restriction à $\mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2$ est une bijection, c'est-à-dire

$$(17) \quad L(\mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2) = \mathbb{M}. \quad \square$$

On renvoie le lecteur au rapport 1982-83 pour des exemples et la théorie détaillée (cf. M. Delfour et al. [1, Chapitre 2, paragraphes 5 et 5.1.4 pour les exemples]). Il est cependant utile de rappeler le théorème suivant.

Théorème 1. Toute stratégie linéaire est de la forme

$$(18) \quad L(i_1, i_2) = (i_1 I_1 + i_2 I_2) \text{ Mod } N_1 N_2$$

où I_1 et I_2 sont des entiers tels que

$$(19) \quad 0 \leq I_1 < N_1 N_2, \quad 0 \leq I_2 < N_1 N_2$$

qui vérifient l'une ou l'autre des conditions suivantes :

$$(20a) \quad I_1 = N_2 J_1, \quad (J_1, N_1) = 1 \quad \text{et} \quad (I_2, N_2) = 1$$

ou

$$(20b) \quad I_2 = N_1 J_2, \quad (J_2, N_2) = 1 \quad \text{et} \quad (I_1, N_1) = 1$$

où (X, Y) indique le plus grand commun diviseur de X et Y . \square

2.4 EXPRESSION DES CONDITIONS DE NON-INTERFERENCE

Cette question a été longuement étudiée dans le rapport 1982-83.

On ne donne ici que l'ensemble des conditions qui servira de base à notre étude.

Soient les ensembles E et E_k et la distance e_k pour $k \geq 1$:

$$(21) \quad E = \{(\ell_1, \ell_2) \mid |\ell_1| < N_1 \quad \text{et} \quad |\ell_2| < N_2\}$$

$$(22) \quad E_k = \{(\ell_1, \ell_2) \in E \mid L(\ell_1, \ell_2) = k \text{ Mod } (N_1 N_2)\}$$

$$(23) \quad e_k = \text{Min}\{\sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2} \mid (\ell_1, \ell_2) \in E_k\}.$$

Les conditions de non-interférence pour la bande VHF ($\Delta F = 0,03$ MHz) à vérifier sont les suivantes :

a) *Adjacence*

$$(24a) \quad \begin{cases} D_{\Delta f}^A \leq \frac{A}{N_1} \Rightarrow \text{rien à vérifier} \\ D_{\Delta f}^A > \frac{A}{N_1} \Rightarrow e_1 \geq \frac{N_1}{A} D_{\Delta f}^A \end{cases}$$

b) *Désensibilisation et intermodulation* T_X

$$(24b) \quad \begin{cases} D_1^{DT} \leq \frac{A}{N_1} \Rightarrow \text{rien à vérifier} \\ D_1^{DT} > \frac{A}{N_1} \Rightarrow e_k \geq \frac{N_1}{A} D_k^{DT}, \quad 1 \leq k \leq \min \left\{ K, \left[\frac{N_1 N_2}{2} \right] \right\} \end{cases}$$

c) *Intermodulation* R_X

$$(24c) \quad \begin{cases} D_{\Delta f}^R \leq \frac{A}{N_1} \Rightarrow \text{rien à vérifier} \\ D_{\Delta f}^R > \frac{A}{N_1} \Rightarrow e_k^{2/3} e_{2k}^{1/3} \geq \frac{N_1}{A} D_{\Delta f}^R, \quad 1 \leq k \leq \min \left\{ \left[\frac{N_1 N_2 - 1}{2} \right], K_R \right\} \end{cases}$$

où $[X]$ est le plus grand entier inférieur ou égal à X et les entiers K et K_R sont calculés de la façon suivante :

$$(25) \quad K : D_{K+1}^{DT} \leq \frac{A}{N_1} \quad \text{et} \quad D_K^{DT} > \frac{A}{N_1}$$

$$(26) \quad K_R : K_R < \frac{N_1}{A} D_{\Delta f}^R \leq K_R + 1.$$

Les distances $D_{\Delta f}^A$, D_k^{DT} et $D_{\Delta f}^R$ sont données pour le VHF ($\Delta f = 0,03$ MHz) par

a) *Adjacence*

$$(27) \quad D_{\Delta f}^A = \begin{cases} 5,443\ 522, & P_{\text{MIN}} = -132 \\ 13,673\ 510, & P_{\text{MIN}} = -140 \\ 34,346\ 304, & P_{\text{MIN}} = -148 \end{cases}$$

b) *Désensibilisation et intermodulation* T_X

$$\underline{P_{\text{MIN}} = -132}$$

$$(28a) \quad D_m^{DT} = \begin{cases} 4,3710 / m^{0,315} & 1 \leq m \leq 13 \\ 136,77 / m^{1,645} & 14 \leq m \leq 15 \\ 300,84 m^{0,225} / (50+m)^{1,425}, & 16 \leq m \end{cases}$$

$$\underline{P_{\text{MIN}} = -140}$$

$$(28b) \quad D_m^{DT} = \begin{cases} 10,980 / m^{0,315} & , \quad 1 \leq m \leq 13 \\ 343,57 / m^{1,645} & , \quad 14 \leq m \leq 21 \\ 476,80 m^{0,225} / (50+m)^{1,425}, & 22 \leq m \end{cases}$$

$$\underline{P_{\text{MIN}} = -148}$$

$$(28c) \quad D_m^{DT} = \begin{cases} 27,579 / m^{0,315} & , \quad 1 \leq m \leq 13 \\ 863,01 / m^{1,645} & , \quad 14 \leq m \leq 30 \\ 755,67 m^{0,225} / (50+m)^{1,425}, & 31 \leq m \end{cases}$$

c) Intermodulation R_X

$$(29) \quad D_{\Delta f}^R = \begin{cases} 22, 35, & P_{\text{MIN}} = -132 \\ 30, 38, & P_{\text{MIN}} = -140 \\ 41, 30, & P_{\text{MIN}} = -148 \end{cases}$$

et pour tout k , $1 \leq k \leq \left\lceil \frac{N_1 N_2 - 1}{2} \right\rceil$,

$$(30) \quad e_k^{2/3} e_{2k}^{1/3} \geq \frac{N_1}{A} D_{\Delta f}^R \quad \text{si} \quad \begin{cases} 1 \leq k & , & P_{\text{MIN}} = -132 \\ 1 \leq k \leq 4 \quad \text{et} \quad 24 \leq k, & P_{\text{MIN}} = -140 \\ 1 \leq k \leq 2 \quad \text{et} \quad 62 \leq k, & P_{\text{MIN}} = -148. \end{cases}$$

(Cette condition est plus précise que la condition (24c).)

2.5 RESUME DE CERTAINS RESULTATS

Dans ce rapport nous allons surtout utiliser l'exemple de la ville carrée dont la longueur A du côté est 100km et

$$N_1 = N_2 = 32, \quad M = N_1 N_2 = 1024$$

pour $P_{\text{MIN}} = -132, -140$ et -148dBW . Pour cet exemple le nombre de paires I_1, I_2 admissibles était très grand comme en témoigne le tableau suivant :

P_{MIN}	No. de paires admissibles	paire optimisée I_1, I_2
-132	8x1760	416, 195
-140	8x1413	480, 419
-148	8x 180	352, 57

Tableau 1.

Nous avons aussi cherché à maximiser le rayon R autour de la position de l'antenne pour lequel l'antenne peut être déplacée dans un disque de diamètre $2R$ tout en respectant les conditions de non-interférence.

P_{MIN}	$2R$	No. de solutions admissibles	I_1	I_2
-132	2, 9665	6	480	497, 499, 503, 505, 507, 509
-140	2, 84	1	480	427
-148	2, 57	3	352	465, 483, 485

Tableau 2. Relaxation de la position de l'antenne

Enfin nous avons cherché à comprimer la ville de façon à augmenter la densité des assignations. Dans le tableau suivant A^* représente la longueur minimum du côté du carré pour vérifier toutes les conditions de non-interférence.

P_{MIN}	A^*	paires (I_1, I_2)
-132	39, 221	(96, 57), (288, 57)
-140	53, 315	(96, 57), (288, 57)
-148	78, 143	(224, 485)

Tableau 3. Compression maximale de la ville

3. LES MULTISTRATEGIES

Ce paragraphe résume le paragraphe 4 du rapport 1983-84. Comme au paragraphe 2, nous nous donnons deux entiers $N_1 \geq 1$ et $N_2 \geq 1$ et supposons la ville rectangulaire de dimension A par $A(N_2/N_1)$ où A est exprimé en kilomètres (cf. Figure 1 au paragraphe 2). Supposons encore la ville subdivisée en petits carrés de côté A/N_1 .

Nous supposons un spectre $[M]$ de M fréquences pour un entier $M \geq 1$. Notre objectif est maintenant d'assigner le spectre non plus une fois mais R fois ($R \geq 1$, un entier) en disposant dans chaque cellule R fréquences sur un même mât (nous verrons plus tard que ces R fréquences pourraient être dispersées à l'intérieur du petit carré).

Nous faisons l'hypothèse suivante :

$$(1) \quad MR \text{ est un multiple de } N_1 N_2.$$

On désigne par N

$$(2) \quad N = \frac{MR}{N_1 N_2}$$

le nombre de fréquences assignées par cellule et comme précédemment

$$(3) \quad [N]_1 = \{i_1 \mid 0 \leq i_1 < N\} \quad , \quad [N]_2 = \{i_2 \mid 0 \leq i_2 < N_2\}$$

$$(4) \quad [N] = \{n \mid 0 \leq n < N\} \quad , \quad [R] = \{r \mid 0 \leq r < R\}.$$

Le problème de l'assignation en mode co-canal avec assignations multiples dans une même cellule est équivalent à construire des applications

$$(5) \quad \left\{ \begin{array}{l} a : \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2 \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{M} \times \mathbb{R} \\ (i_1, i_2, n) \rightarrow a(i_1, i_2, n) \end{array} \right.$$

qui soient bijectives sous l'hypothèse

$$(6) \quad \mathbb{N}_1 \mathbb{N}_2 = \mathbb{M} \mathbb{R}.$$

Comme l'ensemble de toutes les applications a est énormément grand, il a été résolu de choisir une famille de stratégies plus petite mais suffisamment riche pour obtenir des résultats intéressants.

3.1 LES MULTISTRATEGIES.

En gros les multistratégies sont obtenues en faisant plusieurs translations d'une assignation linéaire telle que décrite au paragraphe 2.

Nous nous restreignons donc au cas où

$$(7) \quad \mathbb{N} = \mathbb{R} \quad (\text{et donc } \mathbb{M} = \mathbb{N}_1 \mathbb{N}_2)$$

et aux stratégies qui correspondent à l'empilement de translations d'une stratégie linéaire

$$(8) \quad L^0 : \mathbb{Z} \times \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{M}$$

(au sens de la Définition 1 du paragraphe 2).

Définition 1. Soient $N = R$ et $M = N_1 N_2$.

(i) Une multistratégie d'assignation est une application

$$(9) \quad (i_1, i_2, n) \rightarrow NL(i_1, i_2, n) = L^0(i_1, i_2) \oplus T(n) : \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2 \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{M}$$

où $L^0 : \mathbb{Z} \times \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{M}$

est une stratégie linéaire au sens de la Définition 1 du paragraphe 2 et

$$(10) \quad T : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{M}$$

est une application arbitraire. \square

Remarque 1. Il est facile de vérifier que l'application a correspondant à une multistratégie est donnée par

$$(11) \quad a(i_1, i_2, n) = (NL(i_1, i_2, n), n) : \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2 \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{M} \times \mathbb{N}$$

et que cette application est bijective.

Remarque 2. Lorsque l'application T est linéaire, il existe un entier T tel que

$$(12) \quad NL(i_1, i_2, n) = (I_1 I_1 + i_2 I_2 + nT) \text{Mod } N_1 N_2.$$

3.2 NOUVELLES CONDITIONS DE NON-INTERFERENCE

Il y a deux nouvelles conditions provenant de la répétition des fréquences de leur co-localisation.

• Condition de co-canalité

Une fréquence f ne peut être répétée dans un rayon inférieur à 5km ou supérieur à 30km. \square

• Condition de non-interférence entre fréquences assignées sur un même mât

- a) toutes les fréquences sont différentes
- b) il n'y a pas de produits d'intermodulation entre elles, et
- c) il doit y avoir un écart minimum de fréquences $\Delta F \geq 6$ canaux. \square

On voit facilement que c) entraîne a).

Il est bon de souligner que toutes les autres conditions de non-interférence au paragraphe 2.4 entre fréquences appartenant à des cellules différentes doivent également être vérifiées (avec e_k^+ au lieu de e_k , voir paragraphe 3.5 plus loin).

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons donc

- 1) donner une condition nécessaire et suffisante sur $T(n)$ pour qu'il n'y ait pas de produit d'intermodulation entre les fréquences assignées sur un même mât;
- 2) réviser le calcul des distances e_k pour tenir compte de la multi-assignation et obtenir les conditions additionnelles pour tenir compte de la condition de co-canalité.

3.3 CONDITION NECESSAIRE ET SUFFISANTE POUR EVITER LES PRODUITS D'INTERMODULATION ENTRE FREQUENCES SUR UN MEME MAT

En se reportant à la Définition 1, on voit que l'ensemble des fréquences assignées au petit carré (ou cellule) de coordonnées (i_1, i_2) sera donné par

$$F(i_1, i_2) = \{L^0(i_1, i_2) * T(n) \mid 0 \leq n < N\}.$$

Lorsque (i_1, i_2) parcourt $\mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2$, $L^0(i_1, i_2)$ parcourt exactement le spectre \mathbb{N} . Si $L^0(i_1, i_2) = m$, il suffira donc de résoudre le problème pour les ensembles

$$(13) \quad F_m = \{T(n) \circledast m \mid 0 \leq n < N\}, \quad 0 \leq m < M,$$

plutôt que les ensembles

$$(14) \quad F(i_1, i_2) = \{L^0(i_1, i_2) \circledast T(n) \mid 0 \leq n < N\}, \quad (i_1, i_2) \in \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2,$$

puisqu'il y a correspondance biunivoque.

Donc il n'y aura pas de produits d'intermodulation dans chacune des cellules (i_1, i_2) , $(i_1, i_2) \in \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2$, si et seulement si il n'y a pas de produits d'intermodulation dans chacune des cellules m , $0 \leq m < M$.

Théorème 1. Soient $N \geq 3$ le nombre de fréquences par cellule et $M \geq 3$ le nombre de fréquences dans le spectre. Soit

$$(15) \quad F(0,0) = \{T(n) \mid 0 \leq n < N\}$$

l'ensemble des fréquences toutes différentes assignées dans la cellule $(0,0)$ (c'est-à-dire, l'image de T). Alors la condition nécessaire et suffisante pour qu'il n'y ait pas de produit d'intermodulation dans chacune des cellules (i_1, i_2) , $(i_1, i_2) \in \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2$ est la suivante :

$$(16) \quad \forall n_0, n_1, n_2 \in \mathbb{N}, T(n_2) + T(n_1) - 2T(n_0) \neq kM, \quad \forall k \in \{-1, 0, 1\}. \quad \square$$

3.4 CALCUL DE L'ECART DE FREQUENCE MINIMUM.

On voudra plus tard assurer qu'il y ait un écart minimum entre chaque paire de fréquences d'une même cellule. Le théorème suivant permettra de calculer cette borne inférieure à partir des fréquences de la cellule (0,0) seulement.

Théorème 2. Soient $N \geq 2$ le nombre de fréquences par cellules, et $M \geq 2$ le nombre de fréquences dans le spectre et l'ensemble des fréquences

$$F(0,0) = \{T(n) \mid 0 \leq n < N\}$$

que l'on suppose toutes différentes les unes des autres (T est injective).

Si l'on définit l'écart minimum entre les fréquences de la cellule (i_1, i_2) par

$$(17) \quad \Delta F(i_1, i_2) = \text{Min}\{|f_2 - f_1| : \forall f_1 \neq f_2, f_1 \text{ et } f_2 \text{ dans } F(i_1, i_2)\}$$

et le minimum de cet écart par rapport à toutes les cellules par

$$(18) \quad \Delta F = \text{Min}\{\Delta F(i_1, i_2) : \forall (i_1, i_2) \in \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2\}$$

alors

$$(19) \quad \Delta F = \text{Min}\{\Delta F_0^{\text{min}}, M - \Delta F_0^{\text{max}}\}$$

où

$$(20) \quad \begin{cases} \Delta F_0^{\text{min}} = \text{Min}\{|T(n_2) - T(n_1)| : \forall n_2 \neq n_1 \text{ dans } \mathbb{N}\} \\ \Delta F_0^{\text{max}} = \text{Max}\{|T(n_2) - T(n_1)| : \forall n_2 \neq n_1 \text{ dans } \mathbb{N}\}. \quad \square \end{cases}$$

3.5 CALCUL DES DISTANCES e_k ET e_k^+ POUR LES MULTISTRATEGIES

Pour le calcul des distances, nous renvoyons le lecteur au rapport 1982-83 pour les justifications sous-jacentes au choix du mode de calcul ainsi qu'aux propriétés particulières dont jouissent les distances e_k .

Pour les multistratégies, il faut apporter un certain nombre de modifications. Afin de faciliter la compréhension par le lecteur, nous reprenons les calculs du paragraphe 2.4.

Nous partons de la ville rectangulaire $\mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2$ (sans dimension) et nous supposons que les fréquences y ont été assignées selon la multistratégie

$$NL : \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2 \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{M}.$$

Soient deux fréquences m et m' assignées au points (i_1, i_2, n) et (i'_1, i'_2, n') telles que

$$(21) \quad NL(i_1, i_2, n) = m \quad \text{et} \quad NL(i'_1, i'_2, n') = m'.$$

Alors

$$(22) \quad m' - m = NL(i'_1, i'_2, n') - NL(i_1, i_2, n) = L^0(i'_1 - i_1, i'_2 - i_2) \circ T(n') \circ T(n).$$

Soient

$$(23) \quad E = \{(\ell_1, \ell_2) \mid |\ell_1| < N_1, |\ell_2| < N_2\}.$$

$$(24) \quad E_k = \left\{ (\ell_1, \ell_2) \in E \mid \begin{array}{l} \exists n' \text{ et } n \in \mathbb{N} \text{ tels que} \\ L^0(\ell_1, \ell_2) \circ T(n') \circ T(n) = k \end{array} \right\}$$

Nous définissons alors les distances minimum à l'origine (0,0)

$$(25) \quad e_k = \text{Min} \{ \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \mid (l_1, l_2) \in E_k \}.$$

La nouveauté ici est que pour des écarts de fréquences $k \geq 1$ la distance e_k peut être zéro. En fait si nous faisons l'hypothèse que $T(0) = 0$, alors $e_k = 0$ pour toutes les fréquences k assignées à la cellule (0,0). Comme nous traitons différemment l'interférence entre fréquences assignées sur un même mât et celle entre fréquences situées sur des mâts différents (différentes cellules), il nous a fallu introduire une nouvelle distance qui ne s'annule pas

$$(26) \quad e_k^+ = \text{Min} \{ \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \mid (0,0) \neq (l_1, l_2) \in E_k \}, \quad k \geq 0;$$

il est donc maintenant possible de parler de e_0^+ .

3.6 ENSEMBLE DE CONDITIONS DE NON-INTERFERENCE POUR LES MULTISTRATEGIES

I. Conditions de non-interférence dans une cellule

- 1) toutes les fréquences sont différentes
- 2) il n'y a pas de produit d'intermodulation
- 3) l'écart entre deux fréquences arbitraires doit être d'au moins 6 ($\Delta F \geq 6$) canaux. \square

D'autre part, la réutilisation d'une même fréquence est régie par la condition suivante :

II. Condition de co-canalité

Une fréquence ne peut être répétée dans un rayon inférieur à 5km ou supérieur à 30km. □

Enfin, les conditions de non interférence intercellules sont celles du paragraphe 2.4 avec e_k remplacé par e_k^+ .

III. Conditions de non-interférence entre cellules

a) *Adjacence*

$$(27a) \quad \begin{cases} D_{\Delta f}^A \leq \frac{A}{N_1} & \Rightarrow \text{rien à vérifier} \\ D_{\Delta f}^A > \frac{A}{N_1} & \Rightarrow e_1^+ \geq \frac{N_1}{A} D_{\Delta f}^A. \end{cases}$$

b) *Désensibilisation et intermodulation T_X*

$$(27b) \quad \begin{cases} D_1^{DT} \leq \frac{A}{N_1} & \Rightarrow \text{rien à vérifier} \\ D_1^{DT} > \frac{A}{N_1} & \Rightarrow e_k^+ \geq \frac{N_1}{A} D_k^{DT}, \quad 1 \leq k \leq \min \left\{ K, \left[\frac{N_1 N_2}{2} \right] \right\} \end{cases}$$

où $[X]$ est le plus grand entier inférieur ou égal à X et K est un entier calculé comme suit

$$(28) \quad K : D_{K+1}^{DT} \leq \frac{A}{N_1} \text{ et } D_K^{DT} > \frac{A}{N_1}.$$

c) *Intermodulation R_X*

$$(27c) \quad \begin{cases} D_{\Delta f}^R \leq \frac{A}{N_1} & \Rightarrow \text{rien à vérifier} \\ D_{\Delta f}^R > \frac{A}{N_1} & \Rightarrow (e_k^+)^{2/3} (e_{2k}^+)^{1/3} \geq \frac{N_1}{A} D_{\Delta f}^R, \quad 1 \leq k \leq \min \left\{ \left[\frac{N_1 N_2 - 1}{2} \right], K_R \right\} \end{cases}$$

où K_R est un entier calculé comme suite

$$(29) \quad K_R : K_R < \frac{N_1}{A} D_{\Delta f}^R \leq K_R + 1.$$

Les distances $D_{\Delta f}^A$, D_k^{DT} et $D_{\Delta f}^R$ sont données par les équations (27) à (30) au paragraphe 2.4.

3.7 LA VERIFICATION DE LA CONDITION DE CO-CANALITE

Avant de poursuivre nous allons étudier un exemple pour mieux illustrer le rôle de la condition de co-canalité.

Exemple 1. Soit $A = 100\text{km}$ et

$$(30) \quad NL(i_1, i_2, n) = (10i_1 + 3i_2 + 15n) \text{Mod } 25$$

avec $N_1 = N_2 = 5$, $M = 25$ et $N = 2$.

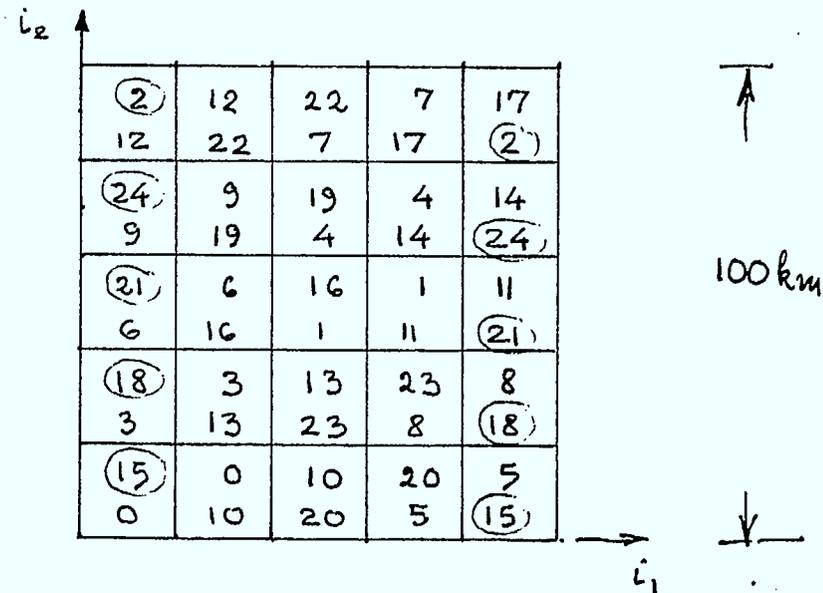


Figure 1.

Dans l'exemple 1, chaque fréquence est réassignée à une distance de 20km sauf les fréquences

15 18 21 24 et 2

qui sont réassignées à une distance de 80km. En fait, peu importe la translation choisie, certaines fréquences situées près de la frontière du carré seront réassignées à des distances d'environ 100km. Par contre, pour les fréquences assignées au centre du carré de 100km de côté il est possible de construire la translation $T(n)$ de façon à vérifier la condition de co-canalité.

Comme la multiassignation (30) s'étend à tout le plan, il est instructif de regarder ce qui se passe sur la partie E du plan $Z \times Z$ où se font les calculs des e_k et e_k^+ (cf. Figure 2). D'abord on comprend pourquoi les fréquences sont répétées à 20 ou 80km : ceci est dû à la présence de la fréquence 0 en $(\pm 1, 0)$ et $(\pm 4, 0)$. Pour le calcul des distances, $e_k^+ = e_k$ sauf

$$e_{10} = e_0 = e_{15} = 0 \quad \text{avec} \quad e_{10}^+ = e_0^+ = e_{15}^+ = 1.$$

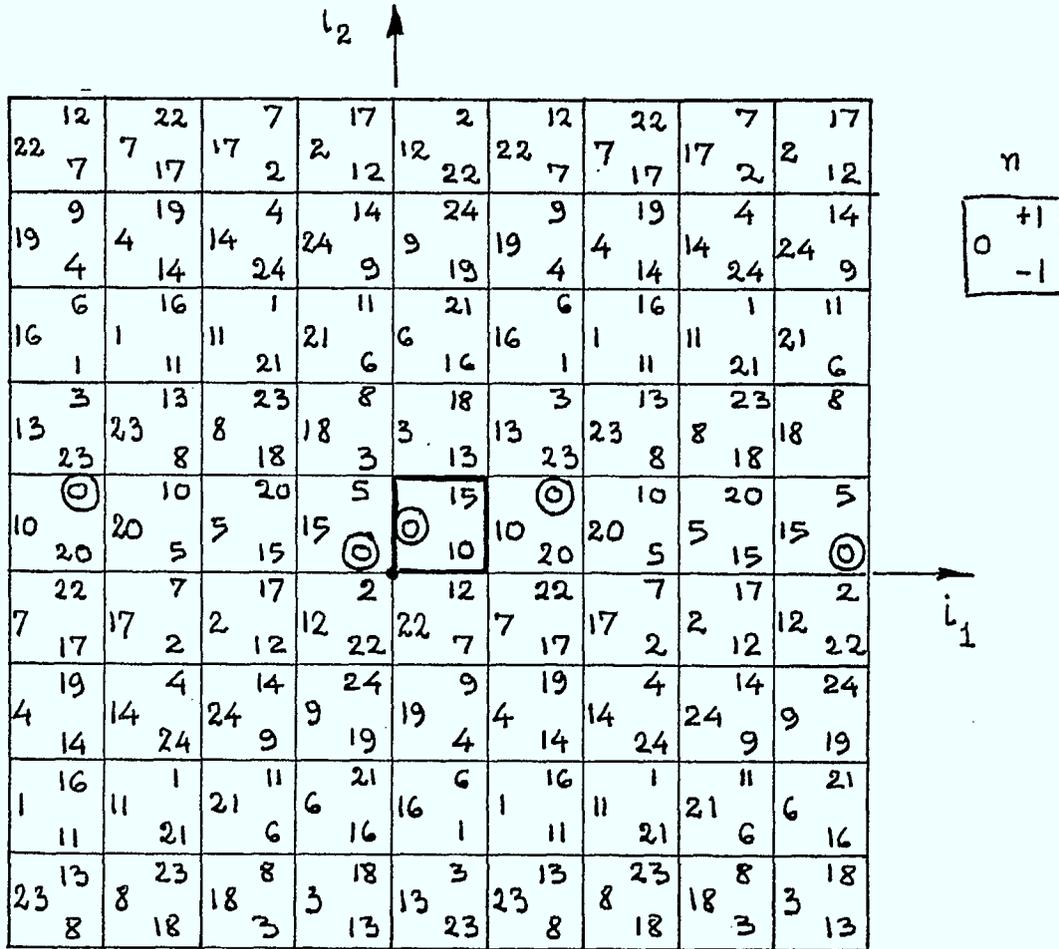


Figure 2. $NL(i_1, i_2, n)$ pour $(i_1, i_2) \in E$ et $|n| < N$. (La disposition des chiffres correspond à $n = -1, 0$ et 1 .)

La philosophie que nous adopterons pour vérifier l'hypothèse de co-canalité sera de ne pas répéter certaines fréquences en des positions géographiques où la condition de co-canalité est violée. Pour l'exemple 1 on pourra, par exemple, éliminer

$$\begin{aligned} &15 \text{ (en (4,0)), } & 21 \text{ (en (4,2)), } & 2 \text{ (en (4,4))} \\ &18 \text{ (en (0,1)), } & 24 \text{ (en (0,3)).} \end{aligned}$$

Le résultat de cette décision d'ordre "purement administratif" est l'assignation de 45 fréquences sur 50, soit 90% (c'est-à-dire 100% du spectre la première fois et 80% du spectre la deuxième fois). Notons que l'arbitraire que nous constatons ici devient pour le gestionnaire un moyen d'influencer la distribution géographique de la distribution des fréquences sans avoir besoin de faire appel aux calculs de compatibilité électromagnétique (EMC). Dans l'exemple 1, le spectre n'est répété que 2 fois. Il n'est cependant pas interdit de penser à le répéter 10, 20, 30 fois ou même plus. Alors comme la pratique courante veut qu'une fréquence ne soit pas partagée plus de 5 fois, le lecteur peut facilement entrevoir la souplesse considérable dont pourrait jouir le gestionnaire dans l'assignation "non uniforme" du spectre. Nous reviendrons d'ailleurs plus tard sur les avantages et bénéfices d'une telle philosophie.

En résumé, nous pourrions utiliser la distance e_0^+ dans la vérification d'une partie de la condition de co-canalité :

$$\frac{A}{N_1} e_0^+ \leq 5\text{km.}$$

L'autre partie de cette condition demande que les positions des fréquences 0 dans la région E ne soient pas dispersées les unes des autres de plus de 30km. Nous avons vu par l'exemple 8 que cela est possible pour presque toutes les fréquences sauf peut être un certain nombre se trouvant près des "frontières" de la ville.

Si la multistratégie est construite de façon à grouper autour du point (0,0) les N-1 fréquences 0 dans une "région de 30km de diamètre", ceci assurera la répétition N fois de toutes les fréquences pivot situées au centre de la ville dans un carré concentrique de 70km de côté. Pour une fréquence m donnée, la "position pivot" est celle qui est au centre de la région de 30km de diamètre dans laquelle se trouvent les N fréquences m.

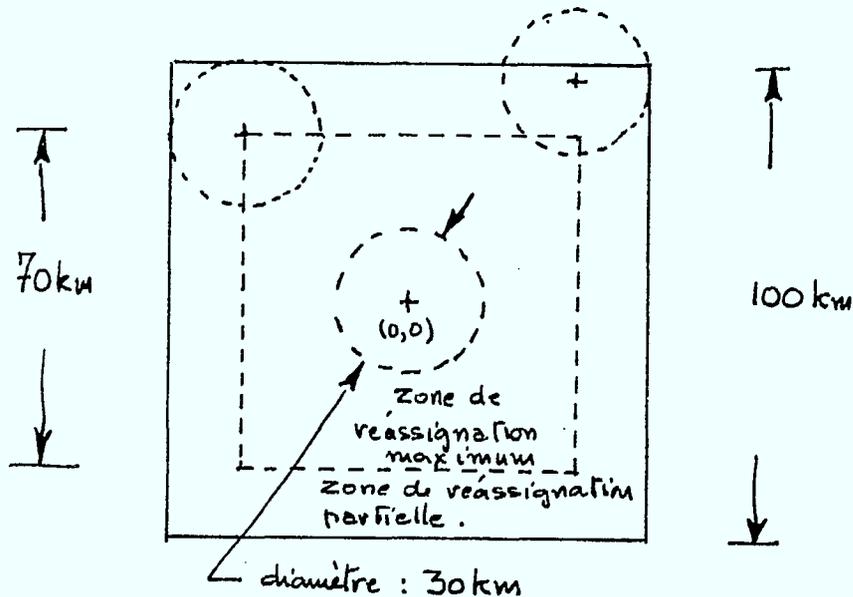


Figure 3.

Il se dégage de cette discussion une méthode géométrique pour incorporer la condition de co-canalité dans la construction de l'application $T(n)$ et, a fortiori, de la multistratégie

$$(31) \quad NL(i_1, i_2, n) = L^0(i_1, i_2) \circledast T(n).$$

Construction du vecteur $T(n)$

On choisit d'abord pour chaque n , $0 \leq n < N$ la position (i_1^n, i_2^n) de la fréquence 0 , c'est-à-dire

$$(32) \quad NL(i_1^n, i_2^n, n) = 0, \quad 0 \leq n < N$$

de façon que la condition de co-canalité soit vérifiée

$$(33) \quad \frac{5N_1}{A} \leq \sqrt{(i_1^n - i_1^m)^2 + (i_2^n - i_2^m)^2} \leq \frac{30N_1}{A}, \quad \forall n \neq m \in \mathbb{N}.$$

On désignera par

$$(34) \quad D_0 = \{(i_1^n, i_2^n) : 0 \leq n < N\}$$

l'ensemble de N positions des fréquences 0 .

2) Etant donnée une stratégie linéaire $L^0 : \mathbb{N}_1 \times \mathbb{N}_2 \rightarrow \mathbb{M}$, on calcule le vecteur

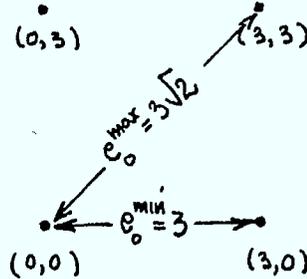
$$(35) \quad T(n) = M \circledast L^0(i_1^n, i_2^n), \quad 0 \leq n < N.$$

3) On vérifie si le vecteur $T(n)$ satisfait à la condition (16) du Théorème 1 au paragraphe 3.3 (produit d'intermodulation) et à la condition sur l'écart de fréquence minimum ΔF qui peut être calculé à partir du vecteur $T(n)$ par la formule (19) du Théorème 2 du paragraphe 3.4. \square

Nous allons maintenant considérer encore deux exemples.

Exemple 2. $N_1 = N_2 = 32$, $N = 4$, $A = 100\text{km}$ et $M = N_1 N_2 = 1024$

n	(i_1^n, i_2^n)
0	(0,0)
1	(3,0)
2	(3,3)
3	(3,0)



Ici la position $(0,0)$ joue le rôle de point pivot pour la fréquence 0.

Il est facile de voir que

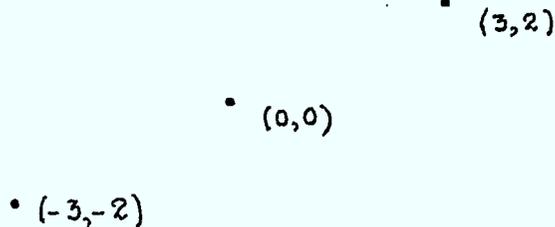
$$(36) \quad d_0^{\min} = \frac{A}{N_1} e_0^{\min} = \frac{100}{32} \times 3 = 9,375\text{km} > 5\text{km}$$

$$(37) \quad d_0^{\max} = \frac{A}{N_1} e_0^{\max} = \frac{100}{32} \times 3\sqrt{2} = 13,26\text{km} < 30\text{km}. \quad \square$$

Il est possible dans le choix de la distribution D_0 des fréquences 0 de prévenir la présence de produits d'intermodulation. En effet trois points alignés dont celui du milieu est équidistant des deux autres produiront pour toute stratégie linéaire un produit d'intermodulation dans au moins une des cellules.

Exemple 3. $N_1 = N_2 = 32$, $N = 3$, $A = 100\text{km}$ et $M = N_1 N_2 = 1024$.

n	(i_1^n, i_2^n)
0	(0,0)
1	(3,2)
2	(-3,-2)



En effet pour tout $L^0(i_2, i_2)$

$$T(0) = 0, \quad T(1) = M-L^0(3,2), \quad T(2) = M+L^0(3,2).$$

Alors

=

$$T(1) \oplus T(2) \ominus 2T(0) = 0.$$

et ceci viole la condition nécessaire du Théorème 1. \square

La méthode géométrique adoptée pour incorporer dans la construction de la multistratégie NL, nous donne également des renseignements sur la capacité de réassigner les fréquences N fois : c'est-à-dire une limite supérieure sur N .

En effet, nous obtiendrons une limite supérieure sur N en cherchant le nombre maximum de disques de 5km de diamètre qui peuvent être placés sans se chevaucher à l'intérieur d'un grand cercle de 35km de diamètre (30+5).

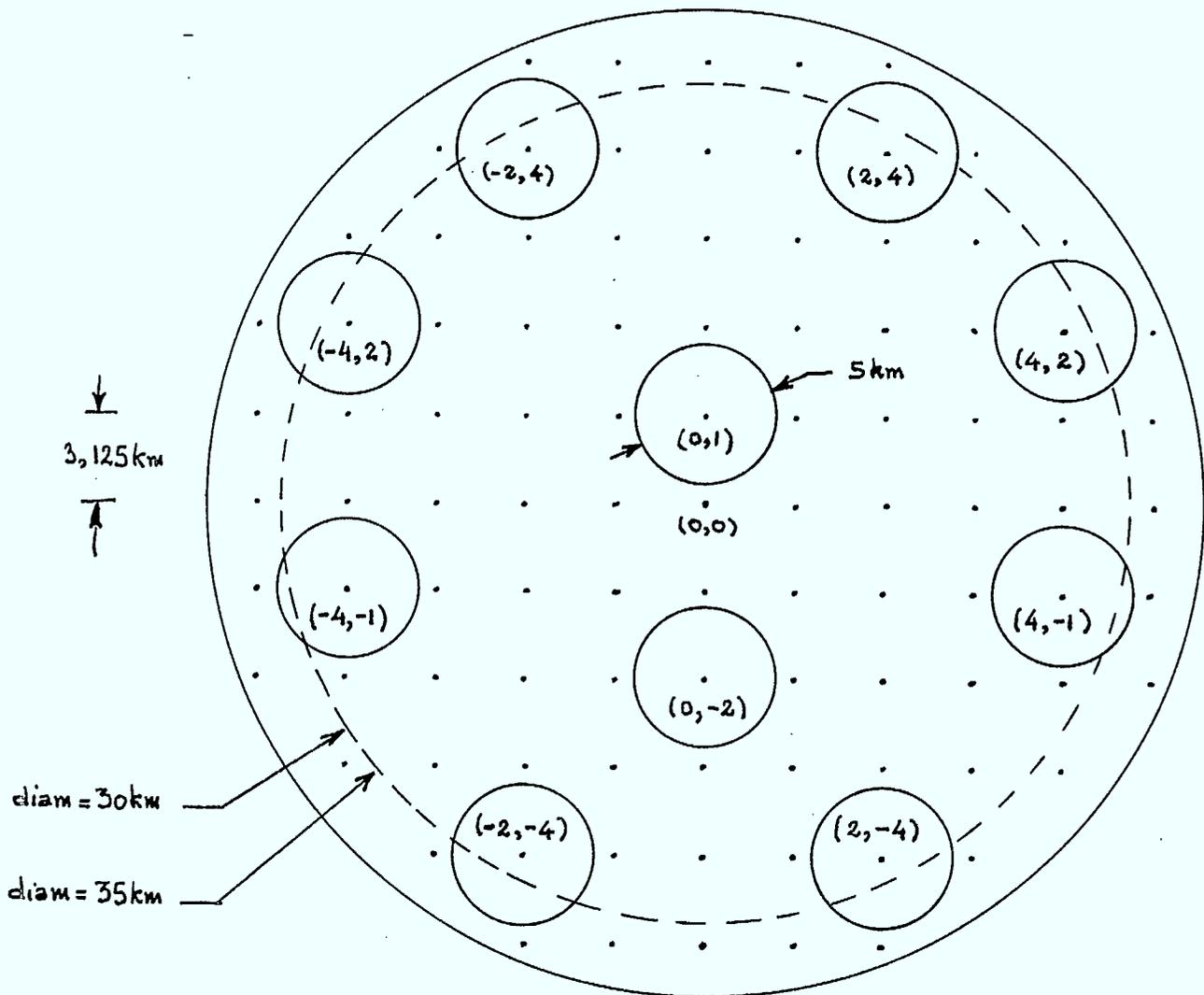


Figure 4. Exemple de placement des fréquences 0 pour $N_1 = N_2 = 32$, $N = 10$,
 $A = 100\text{km}$ et $M = N_1 N_2 = 1024$

3.8 RESUME DE CERTAINS RESULTATS

Dans ce paragraphe, nous indiquons ce que l'on peut obtenir avec les multistratégies lorsque N (le nombre de fois que le spectre est répété) varie de $2^{\bar{}}$ à 10 dans le cas où

$$(36) \quad N_1 = N_2 = 32, \quad A = 100\text{km}, \quad M = N_1 N_2 = 1024$$

et

$$(37) \quad P_{\text{MIN}} = -132 \quad \text{et} \quad -140.$$

Nous imposons les conditions de non-interférence du paragraphe 3.6.

Comme il n'y aura pas, en général, unicité de la solution, nous ne retiendrons que celle qui maximise le rayon R de déplacement de l'antenne à l'intérieur de chaque petit carré tout en satisfaisant les conditions de non-interférence.

Nous utiliserons la méthode géométrique du paragraphe 3.7 selon les étapes suivantes :

a) construction pour chaque N de plusieurs distributions D_0 des N fréquences 0 qui respectent la condition de co-canalité (33)

b) pour chaque stratégie linéaire L^0 , construction du vecteur $T(n)$

$$(38) \quad T(n) = M \ominus L^0(i_1^n, i_2^n), \quad 0 \leq n < N,$$

c) vérification pour $T(n)$ de la condition (16) du Théorème 1 du paragraphe 3.3

$$(39) \quad \forall n_0, n_1, n_2 \in \mathbb{N}, \quad T(n_2) + T(n_1) - 2T(n_0) \neq kM, \quad k = -1, 0, 1,$$

pour éliminer les produits d'intermodulation entre les fréquences d'une même cellule,

d) vérification de la condition

$$(40) \quad \Delta F \geq 6$$

pour le minimum par rapport à l'ensemble des cellules du minimum de l'écart de fréquences dans une même cellule. D'après le Théorème 2 du paragraphe 3.3, ΔF se calcule par la formule (19)

$$(41) \quad \Delta F = \text{Min}\{\Delta F_0^{\text{min}}, M - \Delta F_0^{\text{max}}\}$$

qui ne nécessite que la connaissance du vecteur $T(n)$

$$(42) \quad \Delta F_0^{\text{min}} = \text{Min}\{|T(n_2) - T(n_1)| : \forall n_2 \neq n_1 \text{ dans } N\}$$

$$(43) \quad \Delta F_0^{\text{max}} = \text{Max}\{|T(n_2) - T(n_1)| : \forall n_2 \neq n_1 \text{ dans } N\}$$

e) vérification des conditions de non-interférence (III) entre cellules (voir paragraphe 3.6)

Nous allons voir que les résultats obtenus étaient déjà d'un intérêt considérable. En effet on peut citer les chiffres suivants. Lorsque le spectre de 1024 fréquences est répété 5 (resp. 10) fois, on peut assigner 90,27% (resp. 85,47%) des fréquences, soit 4622 (resp. 8752) fréquences sur un total de 5120 (resp. 10240). Or, en pratique, selon les politiques du Ministère, une fréquence est partagée entre au plus 5 usagers. Il y a cependant au moins deux bonnes raisons pour augmenter ce nombre de 5 à 10 ou même encore plus si possible. En effet si l'on utilise la grille correspondant à 5 fois, on n'arrive à assigner que 90,27% des fréquences. D'autre part si l'on utilise la grille correspondant à 10 fois, on peut assigner

100% des $5 \times 1024 = 5120$ fréquences, soit le maximum possible selon les politiques du Ministère. A ceci vient s'ajouter une autre raison de le faire d'un intérêt pratique considérable. La grille correspondant à 10 fois prévoit un emplacement pour 8752 fréquences, mais le gestionnaire n'a besoin d'en assigner que 5120. Cela lui donne donc une marge de manoeuvre considérable pour mieux tenir compte de la non-uniformité de la demande des utilisateurs.

En plus des résultats cités plus haut, on a, comme au paragraphe 2.5 étudié la mobilité des antennes autour de leur position nominale en calculant le diamètre $2R$ du disque à l'intérieur duquel les antennes peuvent être déplacées tout en vérifiant toutes les conditions de non-interférence. Pour les multistratégies le diamètre maximum $2R$ de ce disque passe de 2,93km à 0,73km lorsque l'indice de répétition N varie de 2 à 10 pour un $P_{MIN} = -132\text{dBW}$ et une puissance d'émission de 200 Watts.

Pour donner une image complète de la situation nous reproduisons ici les tableaux desquels les conclusions ci-haut ont été tirées. Les détails se trouvent au paragraphe 5 du rapport 1983-84. Les différentes distributions D_0 des N fréquences 0 ne sont pas reproduites ici et se trouvent au paragraphe 5.1 du même rapport.

Les résultats sont présentés sous forme de deux tableaux pour chaque cas

$P_{MIN} = -132$ (Tableaux 1 et 2) et $P_{MIN} = -140$ (Tableaux 3 et 4).

Tableau 1 (Tableau 3)

N = nombre de réassignations.

DISTRIBUTION = numéro de la distribution géométrique des fréquences 0
(voir paragraphe 4.1).

2R = diamètre maximal dans lequel on peut déplacer les antennes (maximisation pour une distribution par rapport à toutes les stratégies linéaires L^0 admissibles).

N.C.A. = nombre de couples (I_1, I_2) admissibles pour L^0 .

$(\Delta F)^{\max}$ = plus grand écart minimum par rapport à tous les couples (I_1, I_2) admissibles.

T(n) = vecteur des translations.

Tableau 2 (Tableau 4)

N = nombre de réassignations.

DISTRIBUTION = numéro de la distribution géométrique des fréquences 0
(voir paragraphe 4.1) pour laquelle le diamètre 2R est maximum.

2R (MAX) = valeur maximum du diamètre 2R par rapport à l'ensemble des géométries choisies.

(I_1, I_2) = couple qui correspond à 2R (MAX).

ΔF = écart minimum correspondant au couple (I_1, I_2) associé à 2R (MAX).

COND = condition de non interférence saturée

$$\begin{aligned} D(M) & \text{ si } d_M - 2R = D_M^D \\ TX(M) & \text{ si } d_M - 2R = D_M^T \\ RX(M) & \text{ si } (d_M - 2R)^{2/3} (d_{2M} - 2R)^{1/3} = D^R \end{aligned}$$

T(n) = vecteur des translations.

Remarque 1. Pour $M \geq 8$ et $P_{\text{MIN}} = -140$, il n'y a pas de solution parmi les géométries 26 et 27. S'il y a des solutions, on peut les trouver en élargissant l'ensemble des géométries considérées.

N	DISTRIBUTION	2R	NCA	$(\Delta F)^{\max}$	T(n)	(I_1, I_2)
2	1	2.88384	41	32	0 992	(352,401)
	2	2.89406	2	11	0 1013	(416,345) (480,345)
	5	2.90608	6	128	0 128	(480,497)
	6	2.93803	1	70	0 70	(480,509)
3	7	2.70576	1	32	0 851 992	(352,399)
	8	2.74394	1	11	0 992 1003	(352,231)
	9	2.88384	1	9	0 992 1015	(352,451)
4	10	2.67227	1	32	0 77 109 992	(352,305)
5	11	2.36566	1	25	0 25 334 718 985	(160,505)
	12	2.67227	1	30	0 109 143 866 994	(480,465)
	13	2.48558	1	7	0 715 725 800 807	(416,441)
	14	2.17554	1	58	0 58 442 742 806	(160,131)
	15	2.26515	1	12	0 667 689 800 943	(416,453)
	17	2.18124	1	6	0 353 359 384 423	(160,275)
	18	2.36612	1	12	0 12 128 617 687	(224,263)

Tableau 1. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$

N	DISTRIBUTION	2R	NCA	$(\Delta F)^{\max}$	T(n)	(I_1, I_2)
6	9	1.92047	2	34	0 209 350 657 787 990	(96, 79) _{1,1}
	20	2.05909	1	36	0 46 82 160 507 965	(288,265)
	21	1.96916	1	38	0 163 442 611 649 986	(96,125)
7	23	1.93576	1	17	0 227 244 410 675 841 858	(96, 61)
	24	1.76456	1	71	0 270 398 523 668 761 953	(32,167)
	25	2.18413	2	10	0 10 128 1 8 497 593 603	(224,293)
8	26	1.53519	4	26	0 157 393 439 509 550 727 998	(96,131)
	27	1.78666	2	20	0 27 47 74 145 283 330 785	(416,357)
9	29	1.70258	1	17	0 17 74 145 340 411 468 667 842	(224,485)
10	30	0.73123	2	14	0 61 231 245 445 459 487 690 885 946	(160,153)

Tableau 1. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ (suite)

N	DISTRIBUTION	2R(MAX)	(I ₁ , I ₂)	ΔF	COND.	T(n)
2	6	2.93803	(480, 509)	70	TX(410)	0 70
3	9	2.88384	(352, 451)	9	TX(320)	0 992 1015
4	10	2.67227	(352, 305)	32	TX(164)	0 77 109 992
5	12	2.67227	(480, 465)	30	TX(164)	0 109 143 866 994
6	20	2.05909	(288, 265)	36	TX(46)	0 46 82 160 507 965
7	25	2.18413	(224, 293)	10	RX(10)	0 10 128 138 497 593 603
			(288, 229)	7	RX(10)	0 10 497 896 906 913 923
8	27	1.78666	(352, 91)	17	D(5)	0 47 273 293 431 549 566 822
			(416, 357)	20	D(5)	0 27 47 74 145 283 330 785
9	29	1.70258	(224, 485)	17	TX(17)	0 17 74 145 340 411 468 667 842
10	30	0.73123	(160, 153)	14	RX(7)	0 61 231 245 445 459 487 690 885 946
			(352, 359)	11	RX(7)	0 25 53 67 78 267 281 334 451 651

Tableau 2. P_{MIN} = -132 dBW

N	DISTRIBUTION	2R	NCA	$(\Delta F)^{\max}$	T(n)	(I_1, I_2)
5	.11	1.03958	1	15	0 315 522 635 650	(288,475)
	12	1.09121	1	30	0 30 305 670 851	(96,431)
	13	1.16909	1	47	0 608 659 845 977	(480,463)
	14	0.42599	1	76	0 598 714 842 918	(288,379)
	15	0.75459	1	96	0 297 421 571 928	(32,201)
	16	1.16909	1	47	0 179 365 608 977	(480,463)
	17	0.30186	1	15	0 313 335 384 399	(160,283)
	18	0.42599	3	60	0 128 188 749 907	(224,209)
6	20	0.42599	1	7	0 160 310 623 842 849	(288,379)
	21	0.42599	1	7	0 310 485 805 911 918	(288,379)
7	23	0.42599	1	7	0 485 492 598 805 911 918	(288,379)

Tableau 3. $P_{\text{MIN}} = -140$ dBW

N	DISTRIBUTION	2R(MAX)	(I ₁ , I ₂)	ΔF	COND	T(n)
5	13	1.16909	(480,463)	47	D17	0 608 659 845 977
	16	1.16909	(480,463)	47	D17	0 179 365 608 977
6	20	0.42599	(288,379)	7	D15	0 160 310 623 842 849
	21	0.42599	(288,379)	7	D15	0 310 485 805 911 918
7	23	0.42599	(288,379)	7	D15	0 485 492 598 805 911 918

Tableau 4. $P_{\text{MIN}} = -140$ dBW

4. UTILISATION DE FILTRES POUR AUGMENTER LA MOBILITE DES ANTENNES ET LA DENSITE DES ASSIGNATIONS.

Dans ce paragraphe nous introduisons deux filtres "passe-bande" symétriques pour augmenter d'une part la mobilité des antennes et d'autre part la densité des assignations.

Nous résumons les résultats de 1984-85 sur la modification des conditions de non-interférence en présence de filtres. Nous donnons de nouveaux résultats sur la compression maximale de la ville en présence du filtre large puis du filtre étroit. Pour $P_{MIN} = -132$ dBW le côté de la ville carré peut être comprimé à 39,22km sans filtre, à 8,14km avec le petit filtre et à 1,75km avec le gros filtre.

Nous considérons aussi le problème du déplacement du mât sur lequel se trouvent les N fréquences de la cellule à l'intérieur d'un petit carré de côté a km concentrique à la cellule. En fixant le côté de la ville à 100km et $a = 3,120$ km on calcule pour le filtre large le ou les solutions donnant le maximum de l'écart de fréquence minimum ΔF . Enfin nous discutons dans quelles conditions les N fréquences assignées à la cellule peuvent être presque'arbitrairement dispersées à l'intérieur du petit carré concentrique de côté a .

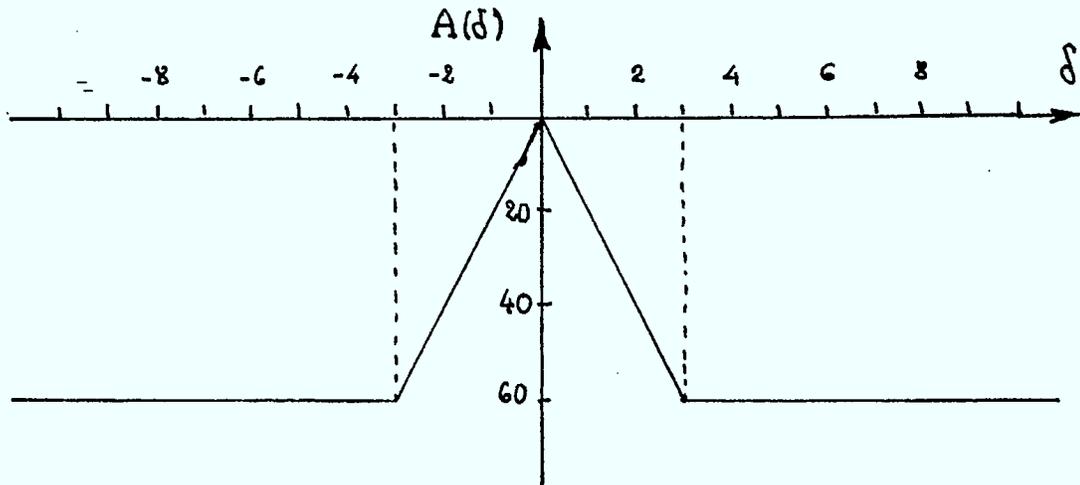
4.1 DESCRIPTION DES FILTRES

Figure 1. Filtre étroit

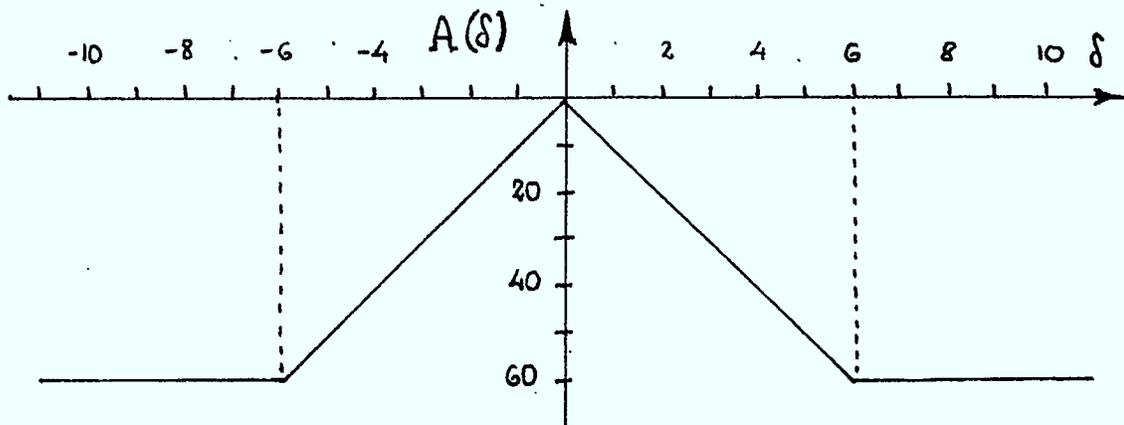


Figure 2. Filtre large

Nous utiliserons dans cette étude un filtre "passe-bande" symétrique dont deux versions sont données en Figures 1 et 2. Elles donnent l'atténuation $A(\delta)$ en dBW en fonction de l'écart δ entre la fréquence reçue f et la fréquence nominale f_0 de la station. Ce filtre est placé entre l'antenne et sa station.

4.2 RESUME DES CONDITIONS DE NON-INTERFERENCE

Nous résumons ici l'ensemble des conditions de non-interférence du paragraphe 6.2 du rapport 1983-84. Les résultats sont donnés en fonction

- =
- P_{MIN} : niveau minimum du signal reçu
- F : fréquence caractéristique de la bande considérée
(160 MHz pour le VHF) exprimée en MHz
- Δf : écart entre deux fréquences adjacentes exprimé
en kHz (30 kHz pour le VHF)
- ERP : puissance effective de l'émetteur en dBW
(23 dBW ou 200 Watts)

4.2.1 ADJACENCE

La condition est

$$D_1 \leq D_{\Delta f}^A$$

où D_1 est une distance (en km) entre deux positions de fréquences adjacentes
et $D_{\Delta f}^A$ est aussi une distance en km donnée par l'équation

$$20 \log D_{\Delta f}^A = -20 \log F + ERP - P_{MIN} - 22.2 - OCR_A(\Delta f) - A(1)$$

où

$$OCR_A(\delta) = \left\{ \begin{array}{ll} 15 \text{ dBW} , & \text{si } \delta = 15 \text{ kHz} \\ 74 \text{ dBW} , & \text{si } \delta \geq 30 \text{ kHz} \end{array} \right\}$$

Pour fins de comparaison nous donnons des chiffres pour le VHF

$D_{\Delta f}^A$ (km) P_{MIN}	sans filtre	filtre large	filtre étroit
-132	5.44353	1.72140	0.54435
-140	13.67351	4.32395	1.36735
-148	34.34633	10.86127	3.43463

Tableau 1.

4.2.2 DESENSIBILISATION

La condition est

$$D_m \geq D_m^D$$

où D_m est la distance (en km) entre deux stations dont les fréquences sont distantes de m canaux de largeur Δf et D_m^D est une distance en km donnée par

$$D_m^D = \bar{D}_m^D 10^{-\frac{A(m\Delta f)}{20}}$$

où \bar{D}_m^D est la distance correspondante sans filtre donnée par

$$20 \log \bar{D}_m^D = -20 \log F + \text{ERP} - P_{\text{MIN}} - 22,2 - \text{OCR}_D(m\Delta f)$$

et $m \geq 1$ est un entier tel que

$$0,0125 \leq m\Delta f \leq 10.$$

Cette distance est donnée au Chapitre 2 (paragraphe 4.2) du rapport 1982-83 pour la bande VHF. Nous résumons ces résultats ci-dessous

$$(i) \quad \underline{P_{MIN} = -132}$$

$$(19a) \quad \bar{D}_m^D = \begin{cases} 0,051\,723 / m^{11,05}, & m = 0,5 \\ 4,371\,060 / m^{0,315}, & 1 \leq m \leq 13 \\ 136,777\,780 / m^{1,645}, & 14 \leq m \leq 333 \end{cases}$$

$$(ii) \quad \underline{P_{MIN} = -140}$$

$$(19b) \quad \bar{D}_m^D = \begin{cases} 0,129\,924 / m^{11,05}, & m = 0,5 \\ 10,979\,607 / m^{0,315}, & 1 \leq m \leq 13 \\ 343,570\,250 / m^{1,645}, & 14 \leq m \leq 333 \end{cases}$$

$$(iii) \quad \underline{P_{MIN} = -148}$$

$$(19c) \quad \bar{D}_m^D = \begin{cases} 0,326\,354 / m^{11,05}, & m = 0,5 \\ 27,579\,527 / m^{0,315}, & 1 \leq m \leq 13 \\ 863,009\,449 / m^{1,645}, & 14 \leq m \leq 333. \end{cases}$$

En utilisant l'équation du filtre large

$$(20) \quad \frac{A(m)}{20} = \begin{cases} m/2, & 0 \leq m \leq 6 \\ 3, & m > 6 \end{cases}$$

on obtient l'analogie des identités (19).

$$(i) \quad \underline{P_{MIN}} = -132$$

$$(21a) \quad D_m^D = \begin{cases} 0,051\ 723 / (m^{11,05} 10^{m/2}), & m = 0,5 \\ 4,371\ 060 / (m^{0,315} 10^{m/2}), & 1 \leq m \leq 6 \\ 0,004\ 371 / m^{0,315}, & 7 \leq m \leq 13 \\ 0,136\ 778 / m^{1,645}, & 14 \leq m \leq 333 \end{cases}$$

$$(ii) \quad \underline{P_{MIN}} = -140$$

$$(21b) \quad D_m^D = \begin{cases} 0,129\ 924 / (m^{11,05} 10^{m/2}), & m = 0,5 \\ 10,979\ 607 / (m^{0,315} 10^{m/2}), & 1 \leq m \leq 6 \\ 0,010\ 979 / m^{0,315}, & 7 \leq m \leq 13 \\ 0,343\ 570 / m^{1,645}, & 14 \leq m \leq 333 \end{cases}$$

$$(iii) \quad \underline{P_{MIN}} = -148$$

$$(21c) \quad D_m^D = \begin{cases} 0,326\ 354 / (m^{11,05} 10^{m/2}), & m = 0,5 \\ 27,579\ 527 / (m^{0,315} 10^{m/2}), & 1 \leq m \leq 6 \\ 0,027\ 579 / m^{0,315}, & 7 \leq m \leq 13 \\ 0,863\ 009 / m^{1,645}, & 14 \leq m \leq 333. \end{cases}$$

Des résultats semblables peuvent être obtenus pour le filtre étroit.

Afin d'avoir une idée de l'ordre de grandeur des distances avec filtre nous donnons la liste des D_m^D pour les premiers m .

4.2.3 INTERMODULATION R_X

La condition est donnée par

$$D_m^{2/3} D_{2m}^{1/3} \geq D_m^R$$

où D_m (resp. D_{2m}) est la distance en km entre deux stations dont les fréquences sont distantes de m (resp. $2m$) canaux de largeur Δf , D_m^R est

$$D_m^R = \frac{D_m^R}{\Delta f} 10^{-[2A(m\Delta f) - A(2m\Delta f)]/60}$$

et D_m^R est une distance en km donnée par

$$60 \log D_m^R = 3ERP - 60 \log F - P_{\text{MIN}} - 68,60 - 60 \log 1,5$$

qui correspond au cas sans filtres. Cette distance est donnée au Chapitre 2 (paragraphe 2.2) du rapport 1982-83 pour la bande VHF. Nous rappelons ces résultats ici ainsi que la quantité $2A(m\Delta f) - A(2m\Delta f)$ pour le filtre large.

P_{MIN}	-132	-140	-148
D_m^R	22,352 91	30,385 58	41,304 83

Tableau 1.

m	A(m) dBW	A(2m) dBW	2A(m)-A(2m) dBW
1	10	20	40
2	20	40	80
3	30	60	120
4	40	60	140
5	50	60	160
6	60	60	180

Tableau 2. Filtre large.

4.2.4 INTERMODULATION T_X

La condition est donnée par

$$D_m \geq D_m^T, \quad \forall m \geq 1 \text{ entier}$$

où D_m est la distance (en km) entre deux stations dont les fréquences sont distantes de m canaux de largeur Δf ,

$$D_m^T = \bar{D}_m^T 10^{-\frac{A(m\Delta f)}{20}}$$

où \bar{D}_m^T est une distance (correspondant au cas sans filtre) en km donnée par

$$40 \log \bar{D}_m^T = \text{ERP} - P_{\text{MIN}} - 40 \log F - 40,8 - 57 \log(1,5 + m\Delta f) + 9 \log(m\Delta f).$$

Nous allons terminer ce paragraphe par une série de tableaux donnant les distances $D_{\Delta f}^A$, D_m^D , D_m^R et D_m^T pour $m = 1$ à 25 et $P_{\text{MIN}} = -132$, -140 et -148 pour la bande VHF.

.-132. 0 25

DA = 5.44353

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	4.371067	1.109297	22.352921
2	3.513684	1.261136	22.352921
3	3.092390	1.344604	22.352921
4	2.824480	1.396811	22.352921
5	2.632765	1.430825	22.352921
6	2.485822	1.452952	22.352921
7	2.368001	1.466765	22.352921
8	2.270463	1.474502	22.352921
9	2.187768	1.477663	22.352921
10	2.116351	1.477304	22.352921
11	2.053757	1.474190	22.352921
12	1.998231	1.468901	22.352921
13	1.948479	1.461881	22.352921
14	1.780883	1.453476	22.352921
15	1.589813	1.443956	22.352921
16	1.429679	1.433548	22.352921
17	1.293981	1.422425	22.352921
18	1.177857	1.410738	22.352921
19	1.077622	1.398604	22.352921
20	0.990426	1.386125	22.352921
21	0.914041	1.373383	22.352921
22	0.846703	1.360446	22.352921
23	0.786999	1.347376	22.352921
24	0.733785	1.334220	22.352921
25	0.686128	1.321019	22.352921

R; T=0.71/0.98 13:09:21

Tableau 3. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$, sans filtre.

.-132.0 25

DA = 1.72140

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	1.382254	0.350791	4.815796
2	0.351369	0.126114	1.037534
3	0.097790	0.042520	0.223530
4	0.028245	0.013968	0.103753
5	0.008326	0.004525	0.048158
6	0.002486	0.001453	0.022353
7	0.002368	0.001467	0.022353
8	0.002270	0.001475	0.022353
9	0.002188	0.001478	0.022353
10	0.002116	0.001477	0.022353
11	0.002054	0.001474	0.022353
12	0.001998	0.001469	0.022353
13	0.001948	0.001462	0.022353
14	0.001781	0.001453	0.022353
15	0.001590	0.001444	0.022353
16	0.001430	0.001434	0.022353
17	0.001294	0.001422	0.022353
18	0.001178	0.001411	0.022353
19	0.001078	0.001399	0.022353
20	0.000990	0.001386	0.022353
21	0.000914	0.001373	0.022353
22	0.000847	0.001360	0.022353
23	0.000787	0.001347	0.022353
24	0.000734	0.001334	0.022353
25	0.000686	0.001321	0.022353

R; T=0.71/0.99 13:10:51

Tableau 4. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ avec filtre large.

.-132_r 2 25

DA = 0.54435

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	0.437107	0.110930	1.037534
2	0.035137	0.012611	0.103753
3	0.003092	0.001345	0.022353
4	0.002824	0.001397	0.022353
5	0.002633	0.001431	0.022353
6	0.002486	0.001453	0.022353
7	0.002368	0.001467	0.022353
8	0.002270	0.001475	0.022353
9	0.002188	0.001478	0.022353
10	0.002116	0.001477	0.022353
11	0.002054	0.001474	0.022353
12	0.001998	0.001469	0.022353
13	0.001948	0.001462	0.022353
14	0.001781	0.001453	0.022353
15	0.001590	0.001444	0.022353
16	0.001430	0.001434	0.022353
17	0.001294	0.001422	0.022353
18	0.001178	0.001411	0.022353
19	0.001078	0.001399	0.022353
20	0.000990	0.001386	0.022353
21	0.000914	0.001373	0.022353
22	0.000847	0.001360	0.022353
23	0.000787	0.001347	0.022353
24	0.000734	0.001334	0.022353
25	0.000686	0.001321	0.022353

R; T=0.71/0.99 13:12:27

Tableau 5. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ avec filtre étroit.

.-140.0 25

DA = 13.67351

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	10.979610	1.758116	30.385590
2	8.825967	1.998766	30.385590
3	7.767717	2.131053	30.385590
4	7.094766	2.213793	30.385590
5	6.613194	2.267703	30.385590
6	6.244097	2.302773	30.385590
7	5.948143	2.324664	30.385590
8	5.703142	2.336926	30.385590
9	5.495423	2.341937	30.385590
10	5.316030	2.341368	30.385590
11	5.158801	2.336432	30.385590
12	5.019325	2.328050	30.385590
13	4.894354	2.316925	30.385590
14	4.473375	2.303603	30.385590
15	3.993425	2.288516	30.385590
16	3.591189	2.272020	30.385590
17	3.250331	2.254393	30.385590
18	2.958644	2.235868	30.385590
19	2.706863	2.216638	30.385590
20	2.487836	2.196859	30.385590
21	2.295965	2.176664	30.385590
22	2.126821	2.156161	30.385590
23	1.976851	2.135447	30.385590
24	1.843184	2.114595	30.385590
25	1.723475	2.093674	30.385590

R: T=0.71/0.99 09:28:18

Tableau 6. $P_{\text{MIN}} = -140\text{dBW}$ sans filtre.

.-140. 1 25

DA = 4.32395

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	3.472060	0.555965	6.546388
2	0.882597	0.199877	1.410377
3	0.245637	0.067390	0.303856
4	0.070948	0.022138	0.141038
5	0.020913	0.007171	0.065464
6	0.006244	0.002303	0.030386
7	0.005948	0.002325	0.030386
8	0.005703	0.002337	0.030386
9	0.005495	0.002342	0.030386
10	0.005316	0.002341	0.030386
11	0.005159	0.002336	0.030386
12	0.005019	0.002328	0.030386
13	0.004894	0.002317	0.030386
14	0.004473	0.002304	0.030386
15	0.003993	0.002289	0.030386
16	0.003591	0.002272	0.030386
17	0.003250	0.002254	0.030386
18	0.002959	0.002236	0.030386
19	0.002707	0.002217	0.030386
20	0.002488	0.002197	0.030386
21	0.002296	0.002177	0.030386
22	0.002127	0.002156	0.030386
23	0.001977	0.002135	0.030386
24	0.001843	0.002115	0.030386
25	0.001723	0.002094	0.030386

R; T=0.71/0.99 09:29:42

Tableau 7. $P_{\text{MIN}} = -140\text{dBW}$ avec filtre large.

=
.-140. 2 25

DA = 1.36735

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	1.097962	0.175812	1.410377
2	0.088260	0.019988	0.141038
3	0.007768	0.002131	0.030386
4	0.007095	0.002214	0.030386
5	0.006613	0.002268	0.030386
6	0.006244	0.002303	0.030386
7	0.005948	0.002325	0.030386
8	0.005703	0.002337	0.030386
9	0.005495	0.002342	0.030386
10	0.005316	0.002341	0.030386
11	0.005159	0.002336	0.030386
12	0.005019	0.002328	0.030386
13	0.004894	0.002317	0.030386
14	0.004473	0.002304	0.030386
15	0.003993	0.002289	0.030386
16	0.003591	0.002272	0.030386
17	0.003250	0.002254	0.030386
18	0.002959	0.002236	0.030386
19	0.002707	0.002217	0.030386
20	0.002488	0.002197	0.030386
21	0.002296	0.002177	0.030386
22	0.002127	0.002156	0.030386
23	0.001977	0.002135	0.030386
24	0.001843	0.002115	0.030386
25	0.001723	0.002094	0.030386

R# T=0.71/0.99 09:31:06

Tableau 8. $P_{\text{MIN}} = -140\text{dBW}$ avec filtre étroit.

.-148. 0 25

DA = 34.34633

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	27.579498	2.786422	41.304840
2	22.169800	3.167827	41.304840
3	19.511627	3.377489	41.304840
4	17.821243	3.508621	41.304840
5	16.611572	3.594064	41.304840
6	15.684413	3.649649	41.304840
7	14.941044	3.684340	41.304840
8	14.325617	3.703773	41.304840
9	13.803837	3.711715	41.304840
10	13.353249	3.710812	41.304840
11	12.958307	3.702992	41.304840
12	12.607949	3.689706	41.304840
13	12.294036	3.672077	41.304840
14	11.236598	3.650962	41.304840
15	10.031019	3.627050	41.304840
16	9.020649	3.600904	41.304840
17	8.164444	3.572968	41.304840
18	7.431763	3.543608	41.304840
19	6.799325	3.513132	41.304840
20	6.249154	3.481786	41.304840
21	5.767200	3.449778	41.304840
22	5.342326	3.417282	41.304840
23	4.965620	3.384454	41.304840
24	4.629866	3.351407	41.304840
25	4.329170	3.318249	41.304840

R: T=0.70/0.98 09:32:28

Tableau 9. $P_{\text{MIN}} = -148\text{dBW}$ sans filtre.

.-148. 1 25

DA = 10.86127

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	8.721419	0.881145	8.898875
2	2.216984	0.316783	1.917205
3	0.617013	0.106806	0.413050
4	0.178213	0.035086	0.191721
5	0.052531	0.011365	0.088989
6	0.015684	0.003650	0.041305
7	0.014941	0.003684	0.041305
8	0.014326	0.003704	0.041305
9	0.013804	0.003712	0.041305
10	0.013353	0.003711	0.041305
11	0.012958	0.003703	0.041305
12	0.012608	0.003690	0.041305
13	0.012294	0.003672	0.041305
14	0.011237	0.003651	0.041305
15	0.010031	0.003627	0.041305
16	0.009021	0.003601	0.041305
17	0.008164	0.003573	0.041305
18	0.007432	0.003544	0.041305
19	0.006799	0.003513	0.041305
20	0.006249	0.003482	0.041305
21	0.005767	0.003450	0.041305
22	0.005342	0.003417	0.041305
23	0.004966	0.003384	0.041305
24	0.004630	0.003351	0.041305
25	0.004329	0.003318	0.041305

R; T=0.71/0.99 09:33:59

Tableau 10. $P_{\text{MIN}} = -148\text{dBW}$ avec filtre large.

=
 .-148. 2 25

DA = 3.43463

M	DD(M)	DT(M)	DR(M)
1	2.757957	0.278643	1.917205
2	0.221699	0.031678	0.191721
3	0.019512	0.003378	0.041305
4	0.017821	0.003509	0.041305
5	0.016612	0.003594	0.041305
6	0.015684	0.003650	0.041305
7	0.014941	0.003684	0.041305
8	0.014326	0.003704	0.041305
9	0.013804	0.003712	0.041305
10	0.013353	0.003711	0.041305
11	0.012958	0.003703	0.041305
12	0.012608	0.003690	0.041305
13	0.012294	0.003672	0.041305
14	0.011237	0.003651	0.041305
15	0.010031	0.003627	0.041305
16	0.009021	0.003601	0.041305
17	0.008164	0.003573	0.041305
18	0.007432	0.003544	0.041305
19	0.006799	0.003513	0.041305
20	0.006249	0.003482	0.041305
21	0.005767	0.003450	0.041305
22	0.005342	0.003417	0.041305
23	0.004966	0.003384	0.041305
24	0.004630	0.003351	0.041305
25	0.004329	0.003318	0.041305

Rf T=0.71/1.03 09:35:16

Tableau 11. $P_{\text{MIN}} = -148\text{dBW}$ avec filtre étroit.

Les trois cas suivant sont considérés :

- 1) sans filtre
- 2) filtre large
- 3) filtre étroit

Les 9 tableaux résumant l'ensemble des conditions de non-interférence pour les différents cas traités.

4.3 COMPRESSION MAXIMALE DE LA VILLE POUR LES DEUX FILTRES

La façon la plus immédiate d'augmenter la densité de l'assignation est de procéder comme au paragraphe 2.5 à la compression maximale de la ville. Bien que les résultats soient révélateurs nous verrons qu'ils seront de peu d'utilité lorsque le spectre est répété.

Nous désignerons par A^* (en km) la valeur minimale du côté du carré représentant la ville. Lorsqu'il n'y a pas de filtre, on retrouve au rapport 1982-83 (page 111 à 113) les valeurs de A^* pour différentes situations et paramètres. Pour $N_1 = N_2 = 32$ on a le tableau suivant.

P_{MIN} (dBW)	A^* (km)	densité d'assignation
-132	39,22089	0,6657 fréq./km ²
-140	53,31516	0,3602 fréq./km ²
-148	78,14243	0,1677 fréq./km ²

Tableau 12. Sans filtre.

L'addition de filtres va maintenant améliorer les résultats. Jusqu'à maintenant la condition de non-interférence la plus difficile à satisfaire était

$$D_1^{2/3} D_2^{1/3} \geq 22,35 \text{ km}$$

pour $P_{\text{MIN}} = -132$. En utilisant le petit filtre cette condition devient

$$D_1^{1/3} D_2^{2/3} \geq 4,82 \text{ km}$$

toujours pour $P_{\text{MIN}} = -132$. On peut donc espérer réduire la taille de la ville par un facteur 4 correspondant au rapport $22,35/4,82$. Dans le cas du filtre étroit, les résultats devraient être encore plus intéressants puisque la première condition d'intermodulation R_X devient

$$D_1^{1/3} D_2^{2/3} \geq 1,038 \text{ km}$$

Les résultats sont donnés sous la forme des deux tableaux suivants.

P_{MIN} (dBW)	A^* (km)	densité d'assignation
-132	8,13562	15,47 fréq./km ²
-140	11,05922	8,372 fréq./km ²
-148	17,33244	3,409 fréq./km ²

Tableau 13. Compression avec le filtre large.

P_{MIN} (dBW)	A^* (km)	densité d'assignation
-132	1,75277	333,3 fréq./km ²
-140	2,38264	180,4 fréq./km ²
-148	5,19047	38,01 fréq./km ²

Tableau 14. Compression avec le filtre étroit.

On voit qu'avec le filtre étroit et $P_{\text{MIN}} = -132$ les 1024 fréquences pourraient être assignées dans un petit carré de 1,753km de côté. Cette séduisante solution ne l'est cependant plus du point de vue de la cocanalité. On se souvient en effet que l'on ne peut pas répéter une fréquence en deça de 5km et au-delà de 30km. Comme les politiques du Ministère fixent le nombre de répétitions à au plus 5, on aurait la situation présentée ci-dessous

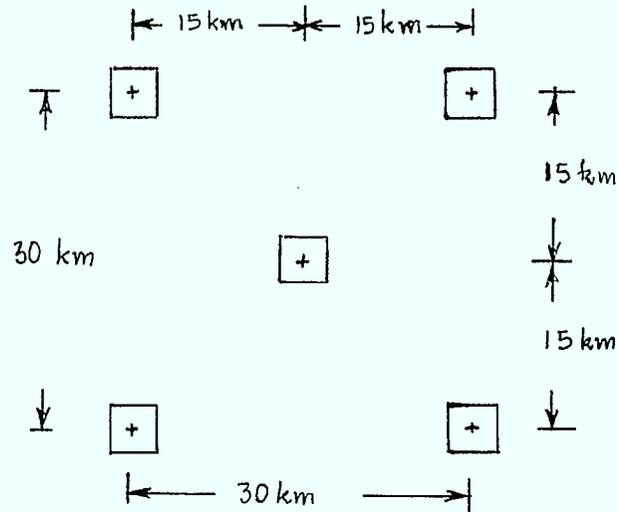


Figure 3.

Cette approche concentrerait les stations dans 5 parcs, mais obligerait les usagers à louer des lignes téléphoniques s'ils ne sont pas situés dans l'une ou l'autre des 5 régions.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 96 I2 = 57

A1 = 40.000 A1/N1 = 1.250 2*R = 0.000

PMIN = -132 FILTRE = 0
 CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 22.947 DA = 5.4435

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	22.947	22.9469	16	9	4.3711	1.1093
2	22.500	22.5000	0	18	3.5137	1.2611
3	7.289	7.2887	3	-5	3.0924	1.3446
4	17.002	17.0018	-13	4	2.8245	1.3968
5	16.677	16.6771	3	13	2.6328	1.4308
6	14.577	14.5774	6	-10	2.4858	1.4530
7	12.562	12.5623	-10	-1	2.3680	1.4668
8	12.500	12.5000	6	8	2.2705	1.4745
9	21.866	21.8661	9	-15	2.1878	1.4777
10	11.524	11.5244	-7	-6	2.1164	1.4773

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	P12	DR(M)
1	22.947	22.947	16	9	22.7970	22.3529
2	22.500	22.500	0	18	40.9873	22.3529
4	17.002	17.002	-13	4	61.3800	22.3529
8	12.500	12.500	6	8	117.0365	22.3529
3	7.289	7.289	3	-5	27.5495	22.3529
6	14.577	14.577	6	-10	92.7185	22.3529
5	16.677	16.677	3	13	73.7207	22.3529
10	11.524	11.524	-7	-6	145.1986	22.3529
7	12.562	12.562	-10	-1	93.7184	22.3529
9	21.866	21.866	9	-15	99.1336	22.3529

A* = 39.22089

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 15. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ sans filtre.

DISQUE : 32 32 1000.00000 0.00000

N1 = 32 N2 = 32 A1 = 8.500 A2 = 8.500

P_{MIN} = -132 A1/N1 = 0.266 2*R = 0.0000 FILTRE = 1

DA = 1.7214 MDD = 3 MDT = 2 MDR = 3

I1	I2	D1	D2	F12
96	57	4.88	4.78	4.8444
288	57	4.88	4.78	4.8444
352	57	4.88	4.73	4.8267
416	195	4.94	4.79	4.8896
416	419	5.16	4.79	5.0315
480	3	4.94	4.79	4.8896
480	419	5.16	4.36	4.8754

NOMBRE DE COUPLES (I1,I2) ADMISSIBLES = 7

(I1,I2) DONNANT LE MAXIMUM DU PRODUIT $((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)$
 MAX $((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)$ = 5.031

I1= I2=
 416 419

NMAX = 1

R# T=50.09/54.03 13:35:53

Tableau 16A. P_{MIN} = -132dBW avec filtre large.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 416 I2 = 419
 A1 = 8.500 A1/N1 = 0.266 2*R = 0.000

PMIN = -132 FILTRE = 1
 CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 5.158 DA = 1.7214

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	5.158	5.1575	16	11	1.3823	0.3508
2	4.789	4.7886	15	-10	0.3514	0.1261
3	0.376	0.3757	-1	1	0.0978	0.0425
4	5.102	5.1025	15	12	0.0282	0.0140
5	4.421	4.4209	14	-9	0.0083	0.0045
6	0.751	0.7513	-2	2	0.0025	0.0015
7	5.075	5.0748	14	13	0.0024	0.0015
8	4.055	4.0546	13	-8	0.0023	0.0015
9	1.127	1.1270	-3	3	0.0022	0.0015
10	4.898	4.8979	-4	-18	0.0021	0.0015

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	P12	DR(M)
1	5.158	5.158	16	11	5.0315	4.8158
2	4.789	4.789	15	-10	9.7821	1.0375
4	5.102	5.102	15	12	18.9044	0.1038
8	4.055	4.055	13	-8	33.6802	0.0224
3	0.376	0.376	-1	1	1.4199	0.2235
6	0.751	0.751	-2	2	5.6795	0.0224
5	4.421	4.421	14	-9	22.8724	0.0482
10	4.898	4.898	-4	-18	39.7396	0.0224
7	5.075	5.075	14	13	30.8637	0.0224
9	1.127	1.127	-3	3	12.7788	0.0224

A* = 8.13562

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 16B. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ avec filtre large.

DISQUE : 32 32 1000.00000 0.00000

N1 = 32 N2 = 32 A1 = 1.810 A2 = 1.810

P_{MIN} = -132 A1/N1 = 0.057 2*R = 0.0000 FILTRE = 2

DA = 0.5444 MDD = 2 MDT = 2 MDR = 2

I1	I2	D1	D2	F12
416	195	1.05	1.02	1.0412
416	419	1.10	1.02	1.0714
480	3	1.05	1.02	1.0412
480	419	1.10	0.93	1.0382

NOMBRE DE COUPLES (I1,I2) ADMISSIBLES = 4

(I1,I2) DONNANT LE MAXIMUM DU PRODUIT ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
 MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3) = .1.071

I1= I2=
 416 419

NMAX = 1

R: T=49.78/53.60 13:40:25

Tableau 17A. P_{MIN} = -132dBW avec filtre étroit.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 416 I2 = 419

A1 = 1.810 A1/N1 = 0.057 2*R = 0.000

PMIN = -132 FILTRE = 2

CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 1.098 DA = 0.5444

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	1.098	1.0982	16	11	0.4371	0.1109
2	1.020	1.0197	15	-10	0.0351	0.0126
3	0.080	0.0800	-1	1	0.0031	0.0013
4	1.087	1.0865	15	12	0.0028	0.0014
5	0.941	0.9414	14	-9	0.0026	0.0014
6	0.160	0.1600	-2	2	0.0025	0.0015
7	1.081	1.0806	14	13	0.0024	0.0015
8	0.863	0.8634	13	-8	0.0023	0.0015
9	0.240	0.2400	-3	3	0.0022	0.0015
10	1.043	1.0430	-4	-18	0.0021	0.0015

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	P12	DR(M)
1	1.098	1.098	16	11	1.0714	1.0375
2	1.020	1.020	15	-10	2.0830	0.1038
4	1.087	1.087	15	12	4.0255	0.0224
8	0.863	0.863	13	-8	7.1719	0.0224
3	0.080	0.080	-1	1	0.3023	0.0224
6	0.160	0.160	-2	2	1.2094	0.0224
5	0.941	0.941	14	-9	4.8705	0.0224
10	1.043	1.043	-4	-18	8.4622	0.0224
7	1.081	1.081	14	13	6.5722	0.0224
9	0.240	0.240	-3	3	2.7211	0.0224

A* = 1.75277

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 17B. $P_{MIN} = -132\text{dBW}$ avec filtre étroit.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 96 I2 = 57

A1 = 54.000 A1/N1 = 1.688 2*R = 0.000

FMIN = -140 FILTRE = 0

CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 30.978 DA = 13.6735

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	30.978	30.9784	16	9	10.9796	1.7581
2	30.375	30.3750	0	18	8.8260	1.9988
3	9.840	9.8397	3	-5	7.7677	2.1311
4	22.952	22.9525	-13	4	7.0948	2.2138
5	22.514	22.5141	3	13	6.6132	2.2677
6	19.679	19.6795	6	-10	6.2441	2.3028
7	16.959	16.9592	-10	-1	5.9481	2.3247
8	16.875	16.8750	6	8	5.7031	2.3369
9	29.519	29.5192	9	-15	5.4954	2.3419
10	15.558	15.5580	-7	-6	5.3160	2.3414

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	F12	DR(M)
1	30.978	30.978	16	9	30.7759	30.3856
2	30.375	30.375	0	18	55.3329	30.3856
4	22.952	22.952	-13	4	82.8630	30.3856
8	16.875	16.875	6	8	157.9993	30.3856
3	9.840	9.840	3	-5	37.1918	30.3856
6	19.679	19.679	6	-10	125.1698	30.3856
5	22.514	22.514	3	13	99.5229	30.3856
10	15.558	15.558	-7	-6	196.0179	30.3856
7	16.959	16.959	-10	-1	126.5197	30.3856
9	29.519	29.519	9	-15	133.8304	30.3856

A* = 53.31516

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 18. $P_{\text{MIN}} = -140\text{dBW}$ sans filtre.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 416 I2 = 419
 A1 = 12.000 A1/N1 = 0.375 2*R = 0.000

PMIN = -140 FILTRE = 1
 CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 7.281 DA = 4.3240

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	7.281	7.2812	16	11	3.4721	0.5560
2	6.760	6.7604	15	-10	0.8826	0.1999
3	0.530	0.5303	-1	1	0.2456	0.0674
4	7.204	7.2035	15	12	0.0709	0.0221
5	6.241	6.2412	14	-9	0.0209	0.0072
6	1.061	1.0607	-2	2	0.0062	0.0023
7	7.164	7.1644	14	13	0.0059	0.0023
8	5.724	5.7241	13	-8	0.0057	0.0023
9	1.591	1.5910	-3	3	0.0055	0.0023
10	6.915	6.9147	-4	-18	0.0053	0.0023

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	F12	DR(M)
1	7.281	7.281	16	11	7.1033	6.5464
2	6.760	6.760	15	-10	13.8100	1.4104
4	7.204	7.204	15	12	26.6886	0.1410
8	5.724	5.724	13	-8	47.5485	0.0304
3	0.530	0.530	-1	1	2.0045	0.3039
6	1.061	1.061	-2	2	8.0181	0.0304
5	6.241	6.241	14	-9	32.2904	0.0655
10	6.915	6.915	-4	-18	56.1030	0.0304
7	7.164	7.164	14	13	43.5722	0.0304
9	1.591	1.591	-3	3	18.0407	0.0304

A* = 11.05922

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 19. P_{MIN} = -140dBW avec filtre large.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 416 I2 = 419
 A1 = 2.500 A1/N1 = 0.078 2*R = 0.000

PMIN = -140 FILTRE = 2
 CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 1.517 DA = 1.3674

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	1.517	1.5169	16	11	1.0980	0.1758
2	1.408	1.4084	15	-10	0.0883	0.0200
3	0.110	0.1105	-1	1	0.0078	0.0021
4	1.501	1.5007	15	12	0.0071	0.0022
5	1.300	1.3003	14	-9	0.0066	0.0023
6	0.221	0.2210	-2	2	0.0062	0.0023
7	1.493	1.4926	14	13	0.0059	0.0023
8	1.193	1.1925	13	-8	0.0057	0.0023
9	0.331	0.3315	-3	3	0.0055	0.0023
10	1.441	1.4406	-4	-18	0.0053	0.0023

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	F12	DR(M)
1	1.517	1.517	16	11	1.4798	1.4104
2	1.408	1.408	15	-10	2.8771	0.1410
4	1.501	1.501	15	12	5.5601	0.0304
8	1.193	1.193	13	-8	9.9059	0.0304
3	0.110	0.110	-1	1	0.4176	0.0304
6	0.221	0.221	-2	2	1.6704	0.0304
5	1.300	1.300	14	-9	6.7272	0.0304
10	1.441	1.441	-4	-18	11.6881	0.0304
7	1.493	1.493	14	13	9.0776	0.0304
9	0.331	0.331	-3	3	3.7585	0.0304

A* = 2.38264

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 20. $P_{MIN} = -140\text{dBW}$ avec filtre étroit.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 224 I2 = 485
 A1 = 79.000 A1/N1 = 2.469 2*R = 0.000

P_{MIN} = -148 FILTRE = 0
 CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 45.387 DA = 34.3463

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	45.387	45.3874	13	13	27.5795	2.7864
2	35.347	35.3471	13	-6	22.1698	3.1678
3	22.761	22.7607	-6	7	19.5116	3.3775
4	33.122	33.1217	-6	-12	17.8212	3.5086
5	17.457	17.4567	7	1	16.6116	3.5941
6	45.521	45.5215	-12	14	15.6844	3.6496
7	32.094	32.0938	-12	-5	14.9410	3.6843
8	19.904	19.9037	1	8	14.3256	3.7038
9	27.268	27.2682	1	-11	13.8038	3.7117
10	34.913	34.9134	14	2	13.3532	3.7108

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	F12	DR(M)
1	45.387	45.387	13	13	41.7581	41.3048
2	35.347	35.347	13	-6	69.1782	41.3048
4	33.122	33.122	-6	-12	111.8011	41.3048
8	19.904	19.904	1	8	200.6162	41.3048
3	22.761	22.761	-6	7	86.0301	41.3048
6	45.521	45.521	-12	14	191.9778	41.3048
5	17.457	17.457	7	1	109.9702	41.3048
10	34.913	34.913	14	2	257.2437	41.3048
7	32.094	32.094	-12	-5	223.5342	41.3048
9	27.268	27.268	1	-11	288.9478	41.3048

A* = 78.14243

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 21. P_{MIN} = -148dBW sans filtre.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 96 I2 = 197

A1 = 17.500 A1/N1 = 0.547 2*R = 0.000

PMIN = -148 FILTRE = 1
 CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 11.073 DA = 10.8613

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	11.073	11.0734	7	-19	8.7214	0.8811
2	5.915	5.9154	-9	-6	2.2170	0.3168
3	5.414	5.4138	7	7	0.6170	0.1068
4	10.084	10.0839	14	-12	0.1782	0.0351
5	1.223	1.2228	-2	1	0.0525	0.0114
6	10.216	10.2165	5	-18	0.0157	0.0036
7	6.608	6.6079	-11	-5	0.0149	0.0037
8	5.159	5.1592	5	8	0.0143	0.0037
9	8.902	8.9025	12	-11	0.0138	0.0037
10	2.446	2.4457	-4	2	0.0134	0.0037

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	F12	DR(M)
1	11.073	11.073	7	-19	8.9849	8.8989
2	5.915	5.915	-9	-6	14.1327	1.9172
4	10.084	10.084	14	-12	32.2606	0.1917
8	5.159	5.159	5	8	49.2526	0.0413
3	5.414	5.414	7	7	20.0704	0.4131
6	10.216	10.216	5	-18	55.1454	0.0413
5	1.223	1.223	-2	1	7.7035	0.0890
10	2.446	2.446	-4	2	30.8139	0.0413
7	6.608	6.608	-11	-5	48.7463	0.0413
9	8.902	8.902	12	-11	68.2233	0.0413

A* = 17.33244

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 22. $P_{\text{MIN}} = -148\text{dBW}$ avec filtre large.

N1 = 32 N2 = 32 I1 = 160 I2 = 239

A1 = 5.200 A1/N1 = 0.162 2*R = 0.000

FMIN = -148 FILTRE = 2

CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 3.478 DA = 3.4346

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	DD(M)	DT(M)
1	3.478	3.4777	-13	-17	2.7580	0.2786
2	0.586	0.5859	3	-2	0.2217	0.0317
3	2.988	2.9875	-13	13	0.0195	0.0034
4	1.172	1.1718	6	-4	0.0178	0.0035
5	2.416	2.4157	-10	11	0.0166	0.0036
6	1.758	1.7577	9	-6	0.0157	0.0036
7	1.853	1.8528	-7	9	0.0149	0.0037
8	2.344	2.3436	12	-8	0.0143	0.0037
9	1.310	1.3101	-4	7	0.0138	0.0037
10	2.930	2.9295	15	-10	0.0134	0.0037

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	D(M)-2R	I1(M)	I2(M)	F12	DR(M)
1	3.478	3.478	-13	-17	1.9207	1.9172
2	0.586	0.586	3	-2	1.4764	0.1917
4	1.172	1.172	6	-4	5.9055	0.0413
8	2.344	2.344	12	-8	20.1445	0.0413
3	2.988	2.988	-13	13	7.5101	0.0413
6	1.758	1.758	9	-6	12.5983	0.0413
5	2.416	2.416	-10	11	12.8805	0.0413
10	2.930	2.930	15	-10	26.2701	0.0413
7	1.853	1.853	-7	9	15.0467	0.0413
9	1.310	1.310	-4	7	14.8558	0.0413

A* = 5.19047

INTERMODULATION RX M = 1

Tableau 23. $P_{\text{MIN}} = -148\text{dBW}$ avec filtre étroit.

4.4 DEPLACEMENT DES ANTENNES A L'INTERIEUR D'UN PETIT CARRE CONCENTRIQUE A LA CELLULE

Le principe du calcul est le même que celui du calcul du rayon de déplacement R à l'intérieur d'une cellule. La différence est que maintenant nous nous déplacerons dans un petit carré au lieu d'un petit disque.

Soient deux cellules (i_1, i_2) et (\bar{i}_1, \bar{i}_2) , et un petit carré concentrique à chaque cellule dont la longueur a du côté est exprimée en km.

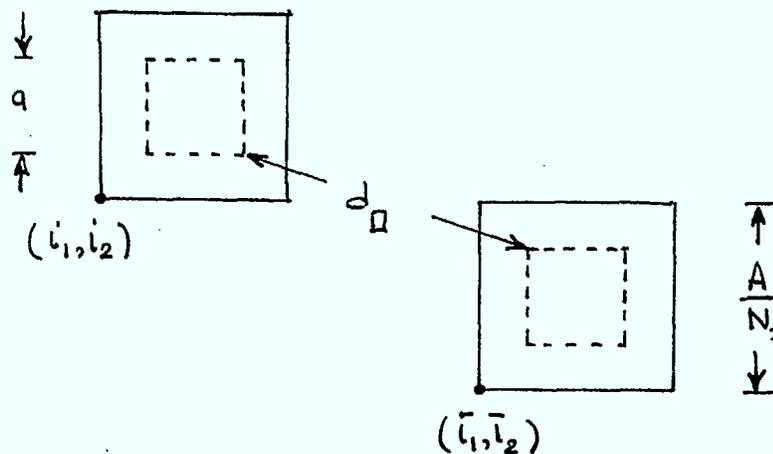


Figure 4.

Soit d_0 (resp. e_0) la distance minimum entre les petits carrés inscrits dans les cellules (i_1, i_2) et (\bar{i}_1, \bar{i}_2) mesurée en km (en unités de A/N_1 km). Les positions relatives des deux cellules feront intervenir l'un ou l'autre des sommets du carré inscrit comme on le voit dans la Figure 6.

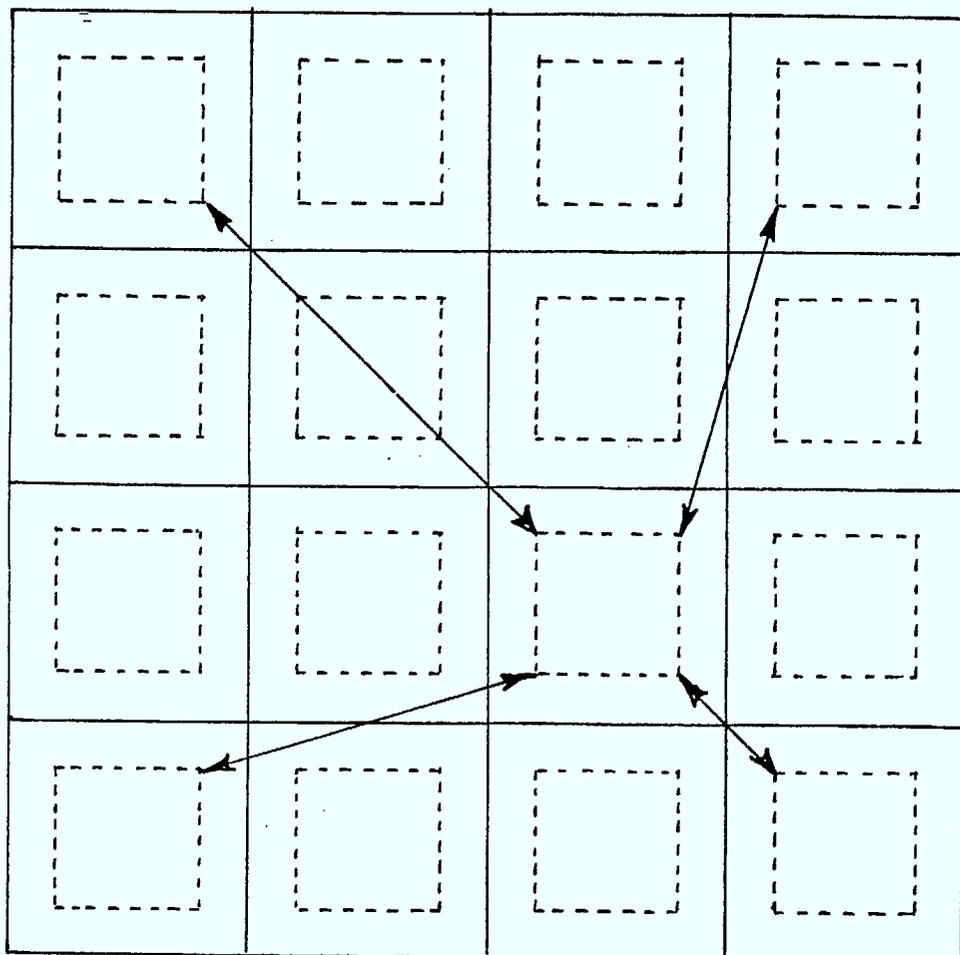


Figure 5. Différentes positions relatives des carrés pour le calcul des distances.

Si l'on introduit la quantité

$$(41) \quad \alpha = \frac{a}{A} N_1$$

alors les coordonnées des sommets du carré inscrit dans la cellule (i_1, i_2) sont données par

$$(42) \quad \begin{cases} (i_1 + \frac{1-\alpha}{2}, i_2 + \frac{1+\alpha}{2}) & (i_1 + \frac{1+\alpha}{2}, i_2 + \frac{1+\alpha}{2}) \\ (i_1 + \frac{1-\alpha}{2}, i_2 + \frac{1-\alpha}{2}) & (i_1 + \frac{1+\alpha}{2}, i_2 + \frac{1-\alpha}{2}). \end{cases}$$

On en arrive à l'expression suivante

$$e_{\square}^2 = [|i_1 - \bar{i}_1| - \alpha]^2 + [|i_2 - \bar{i}_2| - \alpha]^2$$

La distance d_{\square} est obtenue à partir de e_{\square}

$$(45) \quad d_{\square} = \frac{A}{N_1} e_{\square}.$$

On voit facilement que

$$e_{\square} \leq \{ |i_1 - \bar{i}_1|^2 + |i_2 - \bar{i}_2|^2 \}^{1/2} + \alpha\sqrt{2}, \quad d_{\square} \leq \frac{A}{N_1} \{ |i_1 - \bar{i}_1|^2 + |i_2 - \bar{i}_2|^2 \}^{1/2} + \alpha\sqrt{2}$$

4.5 ADDITION DES FILTRES AU PROGRAMME D'OPTIMISATION : FILTRE LARGE.

Nous avons incorporé l'atténuation A dans les calculs de non-interférence du programme d'optimisation. Le paramètre a donnant la longueur du côté du petit carré inscrit et l'écart de fréquence minimum ΔF^{\min} entre les fréquences d'une même cellule sont maintenant spécifiés comme données au programme. Ce dernier cherche alors les solutions admissibles. Ici on avait spécifié $a = 3,120\text{km}$.

Nous résumons les résultats dans un tableau que nous commenterons par la suite. Le paramètre NCA donne le nombre de solutions admissibles

N	DISTRIBU- TION	P _{MIN}	ΔF^{\min} (ΔF)	NCA	T(n)	I ₁	I ₂
5	17	-132	128 (159)	52	0 167 384 615 865	416	275
		-140	128 (149)	37	0 173 384 621 875	416	273
6	22	-132	100 (154)	36	0 154 355 521 675 858	288	50
		-140	100 (130)	14	0 130 303 578 749 879	96	433
7	23	-132	100 (122)	13	0 205 332 454 653 775 902	96	83
		-140	100 (122)	4	0 205 332 454 653 775 902	96	83
8	28	-132	50 (85)	36	0 85 245 466 551 651 811 896	288	313
		-140	50 (73)	6	0 128 287 363 449 522 703 765	480	53

Tableau 24.

pour un écart minimum de fréquence ΔF^{\min} . La quantité ΔF (entre parenthèse dans le Tableau 24) correspond à la multistratégie caractérisée par T(n), I₁, I₂. C'est parmi les solutions admissibles celle qui donne le plus grand écart ΔF .

Remarque 1. Pour $N \geq 9$, il est difficile de trouver des géométries acceptables qui permettent la mobilité des antennes dans le petit carré de côté $a = 3,12\text{km}$. La raison en est la suivante. Considérons les positions ci-dessous pour la fréquence 0

$$(2,2)$$

$$(0,0)$$

La distance entre les deux antennes est

$$(3,125\sqrt{2}) \times 2 = 8,839\text{km} \Rightarrow d_0^{\min} = 8,839\text{km}.$$

Si les antennes sont déplacées à l'intérieur d'un petit cercle de $3,12\text{km}$ de diamètre, il faut maintenant réduire le d_0^{\min}

$$d_0^{\min} - 3,12 = 5,719\text{km} \geq 5\text{km}.$$

Mais si l'on veut déplacer les antennes dans un petit carré de $a = 3,12\text{km}$ de côté, la distance d_0^{\min} doit être réduite encore plus :

$$d_0^{\min} - 3,12\sqrt{2} = 4,426\text{km} < 5\text{km}.$$

La condition de co-canalité de 5km n'est donc plus respectée. Pour pouvoir déplacer chaque antenne dans un carré de $3,12\text{km}$ de côté, il faudra par exemple que la distance d_0^{\min} soit au moins

$$3 \times 3,125 = 9,375\text{km}.$$

Pour $N \geq 9$ il a été difficile de respecter les deux conditions de co-canalité

$$d_0^{\min} \geq 5\text{km}, \quad d^{\max} \leq 30\text{km}$$

simultanément.

Tout ceci ne veut pas dire que l'on ne puisse rien faire pour $N \geq 9$. Ces expériences numériques indiquent où sont les difficultés. Il faudra tenir compte de tout cela directement au début dans le choix des distributions géométriques des fréquences 0.

4.6 DISPERSION DES N FREQUENCES A L'INTERIEUR DE LA CELLULE : FILTRE LARGE.

Les résultats spectaculaires du paragraphe 4.5 ouvrent d'intéressantes possibilités pour le gestionnaire. En effet il devient possible, dans chaque cellule, de distribuer les N fréquences à l'intérieur du carré concentrique de 3,120km de côté au lieu de toutes les garder sur un même mât. Ceci devient possible pour deux raisons techniques.

La première est que, par construction, il n'y a pas de produits d'intermodulation entre les N fréquences assignées à la cellule. Il n'y a pas non plus de fréquences adjacentes de sorte que seules les conditions de désensibilisation restent à vérifier.

La seconde raison est que le minimum de l'écart de fréquence varie de 50 à 128 canaux. Ceci signifie que les antennes peuvent être placées à moins d'un mètre les unes des autres comme l'indiquent les chiffres du tableau suivant :

ΔF^{\min} \ P _{MIN}	-132	-140
50	0,000 22 km 22 cm	0,000 55 km 55 cm
100	0,000 070 km 7,0 cm	0,000 18 km 18 cm
128	0,000 047 km 4,7 cm	0,000 118 km 11,8 cm

Tableau 25. Distance D_m^D pour $m = \Delta F^{\min}$.

A toute fin pratique, on en conclut que les N fréquences peuvent être assignées presque n'importe où à l'intérieur de chaque cellule en ne faisant pour ainsi dire presque plus de calcul de compatibilité électromagnétique (EMC). Une règle simple pourrait être la suivante : deux fréquences doivent être à plus d'un mètre l'une de l'autre ou sur un même mât.

5. AUGMENTATION DU NOMBRE MAXIMUM D'ASSIGNATIONS PAR CELLULE.

A la lumière des résultats du paragraphe 4, nous allons à l'aide de filtres augmenter le nombre d'assignations par cellule (c'est-à-dire le nombre N de répétitions du spectre) tout en imposant une borne inférieure sur la séparation minimum ΔF entre fréquences d'une même cellule et en spécifiant le paramètre a (côté du petit carré concentrique inscrit) de mobilité des antennes dans chaque cellule.

Si le nombre N est grand par rapport à 5, le gestionnaire pourra mieux tenir compte de la non-uniformité et des changements de la demande des utilisateurs puisque le spectre ne peut être répété plus de 5 fois.

Rappelons que, sans filtre, il a été possible de répéter $N = 10$ fois pour $A = 100\text{km}$ et $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ avec un $\Delta F = 14$ et un $2R = 0,731\text{km}$ (cf. paragraphe 3.8). Avec le filtre large, nous avons vu d'après la Remarque 1 du paragraphe 4 que si l'on fixe $A = 100\text{km}$, $a = 3,120\text{km}$ et $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ on n'arrive pas à répéter plus de $N = 8$ fois en raison de la condition de co-canalité

$$(1) \quad 5\text{km} \leq d_0 \leq 30\text{km}$$

même si $\Delta F = 50$ canaux. On a vu en effet que dans la construction de la distribution des fréquences 0, il fallait à la fois tenir compte de la condition de co-canalité (1) et du paramètre a .

Ceci nous a conduit à la philosophie suivante. Pour avoir plus de répétitions (N grand) il faut diminuer la taille A/N_1 des cellules tout en maintenant le paramètre a proche de A/N_1 . Une fois la quantité A

déterminée pour maximiser N , il n'y a qu'à étendre la grille obtenue de dimension $A_{km} \times A_{km}$ à la ville de 100km pour 100km ou même à une ville de forme et dimension arbitraires.

Dans ce paragraphe nous donnerons des raisons pour choisir une grille de 32km de côté. Cette grille servira de base à l'assignation dans une ville de 96km de côté au paragraphe 6.

5.1 METHODE DE CONSTRUCTION ET CHOIX DE LA DISTRIBUTION DES FREQUENCES 0.

Les méthodes utilisées sont essentiellement les mêmes que celles du paragraphe 4 ou encore celles du rapport 1983-84. La différence essentielle est que nous allons tenir compte du paramètre de déplacement a et des conditions de co-canalité (1) dans la construction de la distribution des fréquences 0.

Nous fixons $N_1 = N_2 = 32$ et $a = \frac{A}{N_1}$. En théorie cela nous permettrait de déplacer l'antenne n'importe où à l'intérieur de chaque cellule. On associe au point $(0,0)$ l'ensemble

$$(2) \quad D = \{(x_1, x_2) : (x_1 \pm \frac{a}{2})^2 + (x_2 \pm \frac{a}{2})^2 \leq (\frac{5}{2})^2\}$$

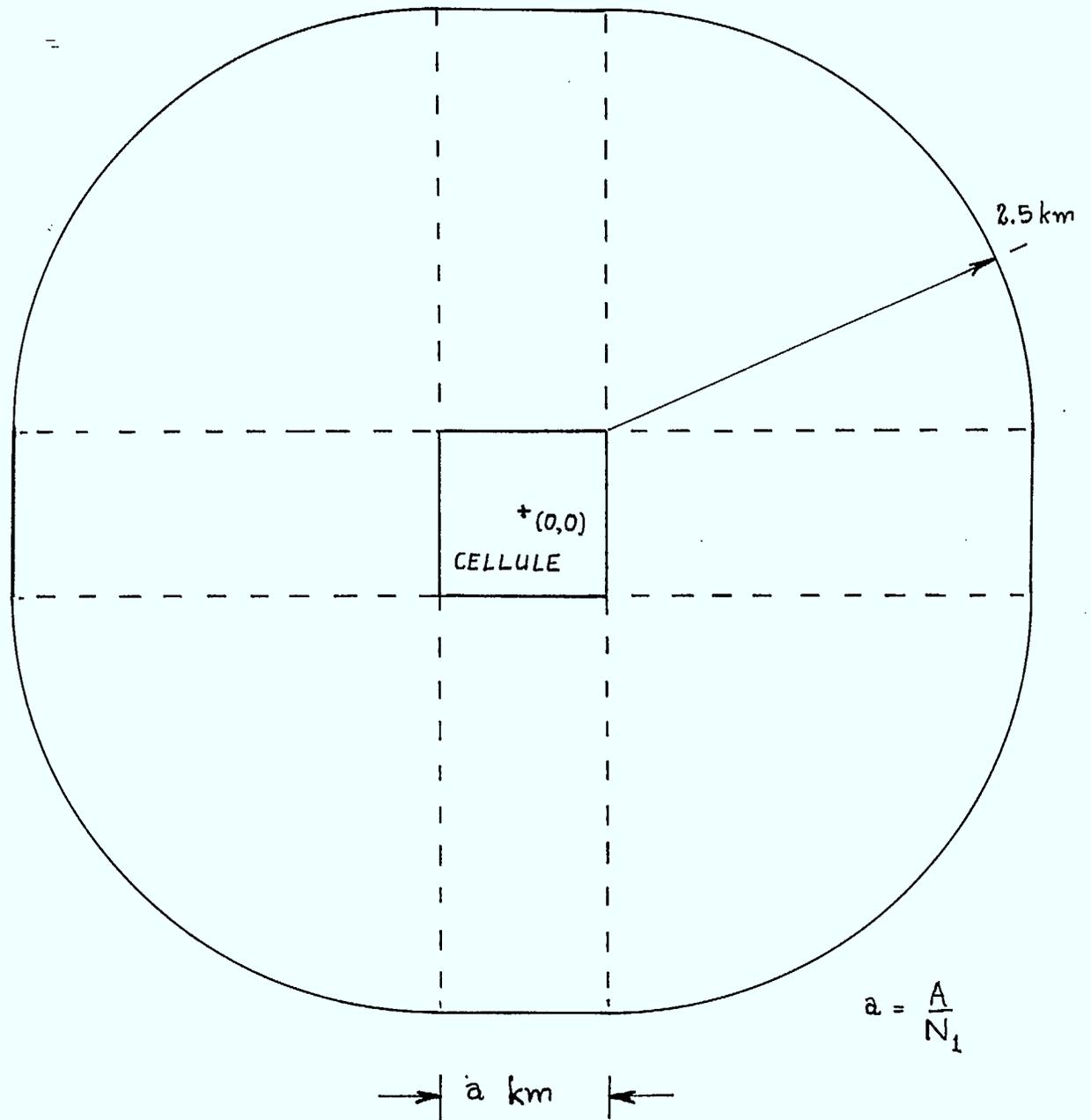
(cf. Figure 1) et à un point (i_1, i_2) la translation

$$(3) \quad D(i_1, i_2) = \{(x_1 + i_1, x_2 + i_2) : (x_1, x_2) \in D\}$$

de l'ensemble D .

Il faut trouver le plus grand ensemble I d'indices (i_1, i_2) (i_1 et i_2 des entiers) tels que les points de I satisfassent les conditions suivantes :

- 1) les ensembles $D(i_1, i_2)$ n'ont pas de points intérieurs communs lorsqu'on les prend deux à deux,
- 2) la distance entre les points de deux ensembles $D(i_1, i_2)$ et $D(i_1^1, i_2^1)$ est inférieure ou égale à 30km,



ENSEMBLE

$$D = \left\{ (x_1, x_2) : \left(x_1 \pm \frac{a}{2} \right)^2 + \left(x_2 \pm \frac{a}{2} \right)^2 \leq \left(\frac{5}{2} \right)^2 \right\}$$

Figure 1. Construction de l'ensemble D.

3) pour n'importe quel triplet

$$(i_1^1, i_2^1), (i_1^2, i_2^2), (i_1^3, i_2^3) \in I$$

on ait

$$\frac{i_1^1 - i_2^1}{i_1^2 - i_2^2} \neq \frac{i_1^3 - i_2^3}{i_1^2 - i_2^2}$$

pour éviter la présence automatique d'un produit d'intermodulation entre les trois fréquences correspondantes qui se retrouvera dans chaque cellule.

Il est facile de voir que cette construction vérifiant les trois conditions ci-dessus donnera une borne supérieure sur le nombre de répétitions N . En effet pour s'en convaincre regardons un cas hypothétique simple où $a = 0$ et oublions pour l'instant la condition 3). Cela revient à placer le plus de disques de 5km de diamètre dans un grand disque de 35km de diamètre. En plaçant les disques comme indiqué en Figure 2 on arrive à un nombre de répétitions de $N = 31$. Ceci pourrait correspondre à $A = 80\text{km}$ et des cellules de côté $A/32 = 2,5\text{km}$. On peut aussi diviser ces quantités par un nombre entier. En divisant par 2 on obtient $A = 40\text{km}$ et $A/32 = 1,25\text{km}$. Si l'on divise par 4 on obtient $A = 20\text{km}$ et $A/32 = 0,625\text{km}$. Dans ce dernier cas la ville carrée de côté $A = 20\text{km}$ centrée en $(0,0)$ est entièrement contenue dans le disque de rayon 35km. Pour calculer le nombre de répétitions on ne peut compter maintenant que les centres des disques qui sont contenus dans le carré de 40km de côté. On trouve $N = 16$. On conclut facilement de tout cela au moins deux choses :

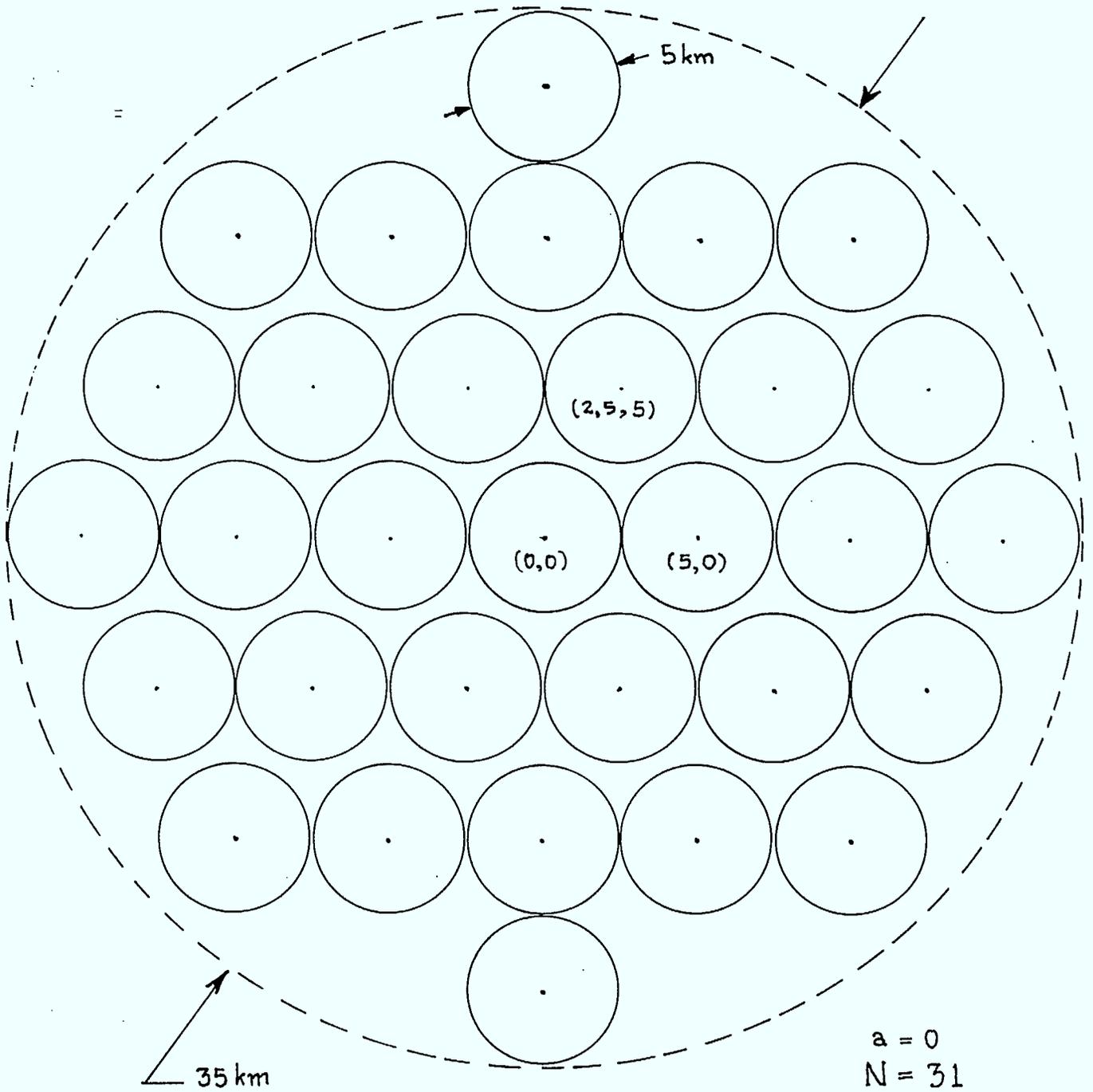


Figure 2. Une construction pour $a = 0$ de 31 disques de diamètre 5km dans un grand disque de diamètre 35km.

- a) la limite supérieure à N pour la construction obéissant aux conditions 1), 2) et 3) est au plus 31
- b) la taille A de la grille devrait être d'au moins environ 30km afin de maximiser le nombre de répétition des fréquences 0.

Nous donnons en Figure 3 une distribution géométrique des fréquences 0 pour

$$A = 32\text{km} , N_1 = N_2 = 32 , a = \frac{A}{N_1} = 1\text{km}$$

pour laquelle les conditions 1), 2) et 3) sont vérifiées. Pour cette construction on obtient $N = 20$ fois. On voit que les 20 petits carrés de 1km de côté sont tous contenus dans un disque de 30km centrée en $(\frac{1}{4}, 0)$. A partir de la Figure 3 on donne au Tableau 1 des distributions pour N , $2 \leq N \leq 20$.

Aucun effort supplémentaire n'a été fait pour augmenter N en jouant sur A et la distribution, mais il semble fort probable que nous soyons très près de l'optimum.

Nous avons donc fixé la grille à $A = 32\text{km}$, $N_1 = N_2 = 32$ et à la distribution donnée en Figure 3. Le paramètre a sera fixé (typ. 0,95km) et l'écart minimum de fréquence ΔF (typ. 6 canaux) sera spécifié. Les méthodes pour déterminer la stratégie linéaire L seront maintenant les mêmes que celles du paragraphe 4 ou encore celles du rapport 1983-84. La Multiapplication désirée sera alors obtenue à partir de la distribution de la Figure 3 et du Tableau 1 d'une part et de la stratégie linéaire L d'autre part.

Pour $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ $a = 0,95\text{km}$ et $N = 20$ la stratégie linéaire est caractérisée par le couple $(I_1, I_2) = (32, 65)$.

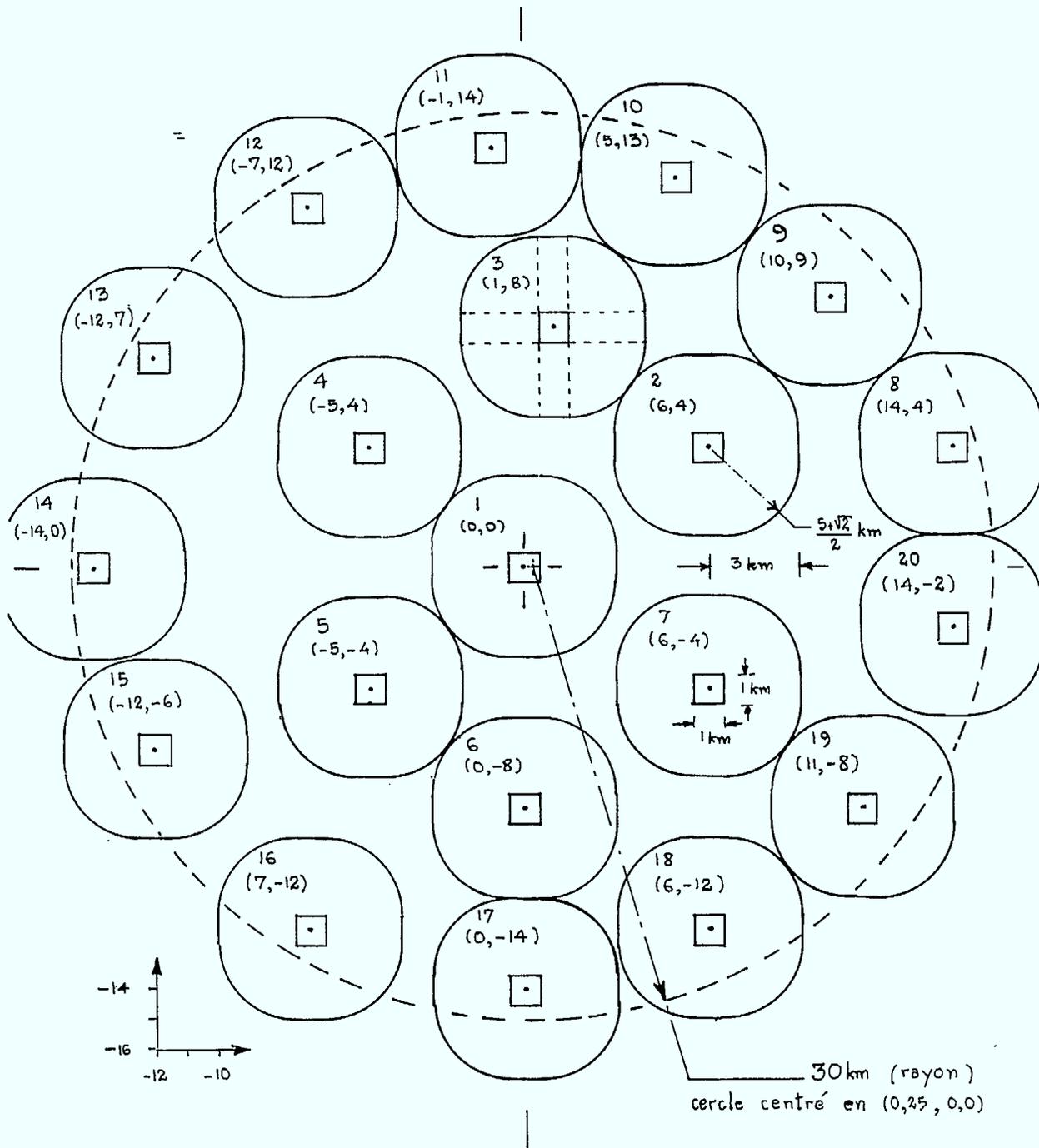


Figure 3. Construction d'une distribution de fréquences 0 avec $N_1 = N_2 = 32$, $A/N_1 = a = 1$ km et $N = 20$.

DISTRIBUTIONS

1	1,2
2	1,2,3
3	1,2,3,4
4	1,2,3,4,5
5	1,2,3,4,5,6,
6	1,2,3,4,5,6,7,
7	(0,0) (7,0) (5,8) (-3,8) (-7,1) (-5,-6) (4,-7)
8	1,2,3,4,5,6,7,8
9	1,14,13,12,11,10,9,8,20,19,18,17,16,15
10	1,14,13,12,11,10,9,8,20,19,18,17,16,15,7
11	1,14,13,12,11,10,9,8,20,19,18,17,16,15,7,6
12	1,14,13,12,11,10,9,8,20,19,18,17,16,15,7,6,5
13	1,14,13,12,11,10,9,8,20,19,18,17,16,15,7,6,5,4
14	1,14,13,12,11,10,9,8,20,19,18,17,16,15,7,6,5,4,3
15	1,2,3,...,15
16	1,2,3,...,16
17	1,2,3,...,17

Tableau 1.

5.2 CALCUL DU POURCENTAGE D'ASSIGNATION DES FREQUENCES.

Pour chaque fréquence k on construit une matrice symétrique booléenne $D_{N \times N}$ telle que

$$D_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si } 5 \leq d_{ij} \leq 30 \\ 0, & \text{autrement} \end{cases}$$

où d_{ij} est la distance entre la i -ième et la j -ième fréquence k , chaque fréquence k étant réassignée N fois.

Le problème est de trouver le nombre maximum de fréquences k pouvant être réassignées en même temps tout en respectant la condition de canalicité $5 \leq d_0 \leq 30$.

Ce problème est équivalent à éliminer un nombre minimum de lignes et de colonnes dans D pour obtenir une matrice ne contenant que des 1.

Si on note N_k la dimension de la matrice résultante le nombre maximum de fréquences assignées sera $\sum_{k=0}^{N_{12}-1} N_k$ où $N_{12} = N_1 \times N_2$.

Cette méthode nous permet d'enregistrer la position des N_k fréquences k et d'imprimer un tableau donnant le nombre maximum de fréquences pouvant être assignées dans chaque cellule.

testé
EXECUTION BEGINS...

?
?
?

N1 = 32 N2 = 32 M = 19
I1 = 32 I2 = 65
A(I3) = 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468
 472 520 588 706 774 910 924 953 1004
A1 = 32.000 TRANS = 0.950
N12*M = 19456 NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 14118
FOURCENTAGE = 72.564

POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1, SINON 0

.1

* Dans le programme le nombre de répétition N est désigné par M et le paramètre a par TRANS.

Tableau 2. Exemple pour N = 19.*

31-	1	1	1	1	2	3	5	6	8	11	13	13	15	14	14	15	16	16	16	14	12	12	12	12	11	9	7	4	5	5	4	4		
30-	2	3	3	3	4	4	5	6	8	11	13	13	15	14	15	15	16	16	16	15	13	13	13	12	11	10	8	5	6	6	4	4		
29-	2	3	3	3	4	6	6	7	8	9	12	12	14	13	14	14	15	15	15	15	14	15	15	14	13	12	8	5	6	6	5	4		
28-	2	3	3	4	6	8	8	9	9	10	12	12	14	13	14	14	15	15	15	15	14	15	15	14	13	12	8	5	6	6	5	4		
27-	6	7	8	9	11	13	13	14	14	14	16	16	15	15	16	16	16	16	16	16	15	16	16	15	14	12	8	8	8	7	7			
26-	7	8	9	9	12	14	14	15	15	14	16	16	15	15	16	16	16	16	16	16	15	16	16	15	15	14	12	9	8	8	7	7		
25-	8	9	10	10	13	15	15	16	17	17	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	15	14	11	10	10	9	8		
24-	8	9	10	10	13	15	15	16	17	17	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	15	14	11	10	10	9	8		
23-	10	11	11	11	15	17	17	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	15	12	11	11	10	9		
22-	10	11	11	12	16	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	15	13	12	12	11	10		
21-	11	12	12	13	16	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	17	16	15	15	13	11		
20-	12	13	13	13	17	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	14	12	
19-	13	14	14	14	17	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	15	
18-	14	15	15	15	17	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	
17-	14	15	15	15	17	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	17	
16-	14	15	15	15	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	17	
15-	15	15	15	16	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	
14-	13	15	15	16	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	
13-	12	15	15	16	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16		
12-	12	15	15	16	17	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	15	15	14	14	
11-	11	14	16	16	17	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	15	13	13	12	12		
10-	10	12	14	14	15	17	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	15	15	15	12	12	12	12		
9-	10	12	14	14	15	17	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	15	15	15	12	12	12	12		
8-	9	11	13	13	14	17	19	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17	15	15	15	12	12	12	12	
7-	7	8	9	9	9	12	16	16	15	17	17	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	16	16	16	14	13	14	10	10	10	9	
6-	7	8	9	9	9	12	15	15	14	16	16	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	16	16	16	14	13	14	9	9	9	8	
5-	6	7	8	8	8	11	14	14	13	14	15	16	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17	15	12	10	6	6	6	6		
4-	5	6	7	7	7	9	12	12	11	12	13	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	14	11	9	5	6	6
3-	2	2	2	2	2	5	7	9	9	11	12	14	15	15	17	17	16	16	16	16	17	17	16	15	15	12	8	7	4	5	5	5		
2-	1	1	1	1	1	4	6	9	9	11	11	13	13	13	15	15	15	15	15	15	15	16	16	15	14	14	11	7	6	4	5	5	5	
1-	0	0	0	0	0	3	6	9	9	11	11	13	13	13	14	13	13	13	13	13	14	14	11	10	10	8	6	5	3	4	4	4		
0-	0	0	0	0	0	3	6	9	9	11	11	13	13	13	14	13	12	12	11	11	12	12	9	8	8	7	5	5	3	3	3	3		

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
R; T=50.43/51.33 11:22:18

Tableau 3. Une distribution qui maximise le pourcentage p d'assignations des $19 \times 1024 = 19456$ fréquences.

5.3 RESULTATS EN FONCTION DE P_{MIN} POUR LES FILTRES LARGE ET ETROIT

Les quatre tableaux donnent les résultats pour $P_{\text{MIN}} = -132$ et -140dBW avec le filtre large ou étroit. Pour chaque indice de répétition N , on utilise la distribution correspondante du Tableau 1. On fixe

a = longueur en km du côté du petit carré de mobilité

ΔF^{MIN} = borne inférieure (en canaux) sur la séparation entre fréquences dans chaque cellule

NCA = nombre de solutions admissibles

ΔF^{MAX} = solution réalisant la plus grande séparation ΔF en canaux

N	distribution	a	ΔF^{MIN}	ΔF^{MAX}	NCA	pourcentage d'ass. max
2	1	0.95	508	508	32	99.023
3	2	0.95	328	328	3	97.786
4	3	0.95	228	232	2	93.164
5	4	0.95	140	152	1	93.281
6	5	0.95	60	72	2	89.583
7	6	0.60	1	4	1	89.174
	7	0.20	1	53	1	86.384
8	8	0.00	1	4	1	80.225

Tableau 4. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ et filtre large.

N	distribution	a	ΔF^{MIN}	ΔF^{MAX}	NCA	pourc. d'ass. max
2	1	0.95	508	508	32	99.023
3	2	0.95	328	328	2	97.786
4	3	0.95	220	224	4	93.164
5	4	0.95	70	72	2	91.172
6	5	0.70	6	72	1	90.690

Tableau 5. $P_{\text{MIN}} = -140\text{dBW}$ et filtre large.

N	distribution	a	ΔF^{MIN}	ΔF^{MAX}	NCA	pourc. d'assignation
14	9	0.95	10	19	7	71.631
15	10	0.95	19	19	1	72.493
16	11	0.95	12	19	3	73.053
17	12	0.95	14	19	2	73.058
18	13	0.95	14	14	2	72.846
19	14	0.95	1	④	1	72.564

Tableau 6. $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$ et filtre étroit.

N	distribution	a	ΔF^{MIN}	ΔF^{MAX}	NCA	pourc. d'assignation
7	6	0.95	120	120	3	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14	9	0.95	2	2	7	76.911
15	10	0.95	2	2	5	76.270
16	11	0.95	2	2	3	73.657
17	12	0.95	2	2	3	73.817
18	13	0.95	2	2	2	73.443
19	14	<u>0.6</u>	1	<u>4</u>	1	74.686
20						

Tableau 7. $P_{\text{MIN}} = -140\text{dBW}$ et filtre étroit.

5.4 ASSIGNATIONS NON-UNIFORMES

Un programme a été développé pour voir comment nos méthodes permettent de tenir compte de la non-uniformité de la demande. Nous allons considérer plusieurs exemples mais rappelons d'abord les résultats obtenus. On considère une ville de $32\text{km} \times 32\text{km}$ avec $N_1 = N_2 = 32$. Nous savons qu'il est possible d'assigner 19 fréquences dans chacune des 1024 cellules et que chaque antenne peut se déplacer presque n'importe où à l'intérieur de la cellule. Les exemples qui suivent sont donc basés sur le cas $N = 19$ pour $P_{\text{MIN}} = -132\text{dBW}$.

5.4.1 ASSIGNATION SANS REPETITION AVEC UN POLE DE CONCENTRATION.

Le premier exemple montre qu'il est possible d'assigner tout le spectre une seule fois dans un petit centre-ville d'environ 8km de côté.

La méthode est la suivante :

- On commence par choisir un pôle (ou cellule de concentration) par exemple en $i_1 = 15$ et $i_2 = 15$ au centre de la ville.
- On assigne toutes les fréquences possibles dans la cellule centrale (évidemment 19 fréquences!).
- Les cellules adjacentes au pôle sont ensuite visitées en éliminant les fréquences qui ont déjà été assignées ailleurs.

Le tableau de la page suivante donne le nombre de fréquences assignées dans chacune des cellules.

```

-
-
N1 = 32      N2 = 32      M = 19
I1 = 32      I2 = 65
A(I3) =      0  19  68 119 146 168 316 420 448 468
             472 520 588 706 774 910 924 953 1004
A1 = 32.000   TRANS = 0.950
NOMBRE MINIMUM DE FREQUENCES DANS CHAQUE CELLULE = 0
NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS = 1
NOMBRE DE POLES = 1
DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES ; 1- 15 15
NOMBRE DE FREQUENCES DISPONIBLES = 1024
KMIN = 0      KMAX = 1023
NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 1024

```

POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1, SINON 0

.1

Tableau 8. Assignation du spectre sans répétition avec un pôle en (15,15).

5.4.2 ASSIGNATION AVEC REPETITION 5 FOIS ET UN POLE DE CONCENTRATION.

Nous savons qu'il est possible d'assigner jusqu'à 5 fois la même fréquence. On peut donc reprendre l'exemple 1 en essayant d'assigner 5 fois chaque fréquences. Le tableau de la page suivante indique que tout le spectre peut être réassigné exactement 5 fois dans un centre-ville d'environ 20km de côté.

N1 = 32 N2 = 32 M = 19
 I1 = 32 I2 = 65
 A(I3) = 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468
 472 520 588 706 774 910 924 953 1004
 A1 = 32.000 TRANS = 0.950
 NOMBRE NINIMUM DE FREQUENCES DANS CHAQUE CELLULE = 0
 NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS = 5
 NOMBRE DE POLES = 1
 DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES : 1- 15 15

 NOMBRE DE FREQUENCES DISPONIBLES = 1024
 KMIN = 0 KMAX = 1023
 NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 5120
 POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1, SINON 0

.1

Tableau 11. Assignation du spectre 5 fois avec un pôle en (15,15).

5.4.3 ASSIGNATION AVEC REPETITION 5 FOIS ET 2 OU 3 POLES DE CONCENTRATION.

Le programme développé permet aussi de considérer une ville avec plusieurs pôles de concentration. Ce pôles peuvent correspondre à un centre-ville et une ou plusieurs zones industrielles. Un premier exemple à deux pôles et un second à trois pôles sont donnés.

```

N1 = 32    N2 = 32    M = 19
I1 = 32    I2 = 65
A(I3) =    0  19  68 119 146 168 316 420 448 468
          472 520 588 706 774 910 924 953 1004
A1 = 32.000    TRANS = 0.950
NOMBRE NINIMUM DE FREQUENCES DANS CHAQUE CELLULE = 0
NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS = 5
NOMBRE DE POLES = 2
DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES :  1-  8  8
                                       2- 25 25
NOMBRE DE FREQUENCES DISPONIBLES = 1024
KMIN = 0    KMAX = 1023
NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 5120

```

POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1, SINON 0

.1

Tableau 13. Assignation du spectre 5 fois avec deux pôles en (8,8) et (25,25).

5.4.4 ASSIGNATION AVEC REPETITION 5 FOIS, 3 POLES DE CONCENTRATION
ET UNE ASSIGNATION MINIMUM UNIFORME DE 2 FREQUENCES PAR
CELLULE.

Etant donné que plusieurs cellules restent inutilisables dans les exemples précédents nous allons modifier légèrement notre façon de procéder. Un certain nombre de fréquences sera d'abord assigné dans chacune des cellules, tandis que les fréquences restantes seront à nouveau concentrées autour d'un ou plusieurs pôles.

L'exemple du paragraphe 5.4.3 a été repris en assignant un minimum de deux fréquences dans chaque cellule.

$\bar{N}_1 = 32$ $N_2 = 32$ $M = 19$
 $I_1 = 32$ $I_2 = 65$
 $A(I_3) =$ 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468
 472 520 588 706 774 910 924 953 1004
 $A_1 = 32.000$ $TRANS = 0.950$
 NOMBRE NINIMUM DE FREQUENCES DANS CHAQUE CELLULE = 2
 NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS = 5
 NOMBRE DE POLES = 3
 DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES : 1- 8 8
 2- 24 8
 3- 16 24

 NOMBRE DE FREQUENCES DISPONIBLES = 1024
 $KMIN = 0$ $KMAX = 1023$
 NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 5120

POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1, SINON 0

.1

Tableau 16. Assignation du spectre 5 fois avec trois pôles en (8,8), (24,8), (16,24) et un minimum de deux fréquences par cellule.

5.5 CONCLUSIONS.

Pour augmenter le nombre N d'assignations par cellule, la grille optimale aurait un côté A d'environ 32km. Sans se livrer à une optimisation systématique nous avons pu construire une distribution de fréquences 0 pour $N = 20$ vérifiant les trois conditions énoncées au paragraphe 5.1. Pour $a = 0,950\text{km}$ et $P_{\text{MIN}} = -132$ il a été possible de trouver une multi-stratégie pour $N = 19$.

Lorsque le spectre n'est assigné qu'une fois il est possible de concentrer les 1024 fréquences dans un centre-ville de 8km de côté. Lorsque le spectre est assigné 5 fois il est possible de concentrer les $5 \times 1024 = 5120$ fréquences dans un centre-ville de 20km de côté, soit une moyenne de 12,8 fréquences par kilomètre carré.

Lorsque le spectre est assigné 5 fois à la région carrée choisie de 32km de côté, il est possible de spécifier à priori 2 ou 3 pôles de concentration des assignations pour tenir compte de la présence d'une centre-ville et de zones industrielles. On peut aussi, au choix, spécifier l'assignation d'un nombre minimum de fréquences pour chaque cellule (0 ou 2 dans les exemples traités). De cette façon on peut aller de la concentration maximum autour de un ou plusieurs pôles à l'assignation uniforme totale. On peut aussi laisser des zones avec aucune assignation (par exemple en raison de la présence d'un lac). La forme de la ville et la forme des zones de concentration sont arbitraires.

Le choix des cellules où les fréquences sont assignées dans les exemples précédents est aussi tout à fait arbitraire.

Le programme pourrait être modifié pour tenir compte d'une demande irrégulière. Initialement toutes les fréquences sont disponibles. Le gestionnaire pourrait spécifier une cellule où il veut assigner certaines fréquences.

Le programme donnerait alors la liste de fréquences disponibles dans la cellule choisie. Le choix des fréquences retenues serait enregistré sur disque permettant au gestionnaire du spectre de répéter l'opération plusieurs fois.

6. ASSIGNATIONS NON-UNIFORMES DANS UNE VILLE DE 96km AVEC REPETITION DU SPECTRE

Nous avons vu au paragraphe 5 l'extraordinaire souplesse de notre méthode pour une ville de 32km de côté où nous avons pu imaginer plusieurs scénarios illustrant la grande souplesse et la capacité des multistratégies combinées avec l'utilisation du filtre étroit.

Nous allons maintenant revenir à une ville typique carrée de 96km (c'est-à-dire, à peu près 100km). Comme on l'a vu dans les paragraphes 2, 3 et 4 une multistratégie ne couvre pas seulement le carré correspondant à la grille 32×32 . En effet cette multistratégie s'étend à tout le plan dans toutes les directions. Aussi en tous les points de cette grille infinie il y a N fréquences spécifiées par la multistratégie. Toutes les conditions de non-interférence sont respectées sauf possiblement les deux conditions de canalité du 5km et du 30km.

Il est donc naturel de considérer la ville de 96km comme étant composée de 9 carrés de 32km. La philosophie sous-jacente sera de répartir les 1024 fréquences uniformément ou non entre les 9 régions. Les fréquences assignées à chaque région pourraient alors y être répétées 5 fois.

Nous allons considérer deux scénarios. Le premier avec un centre-ville et le second avec deux centres-villes ou encore un centre-ville et une zone industrielle. Dans chaque cas on considérera les cas extrêmes représentés par une distribution uniforme dans chaque région et une concentration au centre de chaque région. En plus un cas intermédiaire sera considéré.

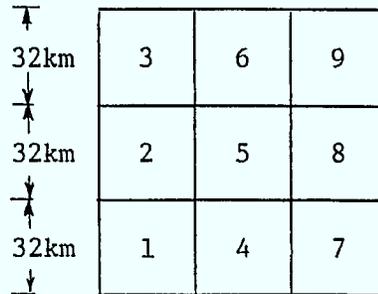
6.1 LA VILLE TYPE CHOISIE POUR L'ETUDE

Figure 1. La ville type carrée de 96km de côté

Notre ville type est composée de 9 régions carrées de 32km par 32km. Chaque région comporte 1024 cellules de 1km².

Dans tous les exemples qui suivent nous considérons l'assignation (multistratégie)

$$[I_1 i_1 + I_2 i_2 + T(n)] \bmod N_{12}$$

où

$$N_{12} = N_1 N_2 = 1024,$$

$$I_1 = 32$$

$$I_2 = 65$$

$$T(n) = 0, 19, 68, 119, 146, 168, 316, 420, 448, 468, \\ 472, 520, 588, 706, 774, 910, 924, 953, 1004 \\ 0 \leq n < 19$$

Chacune des antennes peut se déplacer dans un petit carré de 0,95km de côté, à l'intérieur d'une cellule

Comme les assignations s'étendent à tout le plan il est aussi possible de considérer une ville avec une forme arbitraire et même des trous (par exemple présence d'un grand lac). En superposant la grille type sur une telle ville on pourra alors déterminer des régions comme en Figure 1 et procéder aux constructions des paragraphes suivants.

6.2 UN SEUL CENTRE-VILLE

Nous présentons tout d'abord une ville comprenant un seul centre-ville où sera assigné 50% du spectre. En raison de la condition de cocanalité nous avons choisi d'attribuer à chaque région une partie du spectre. Comme chacune de ces régions a été construite pour pouvoir répéter le spectre jusqu'à 19 fois, il sera toujours possible de le répéter 5 fois tout en vérifiant les conditions de cocanalité puisque chaque région est constituée du carré de 32km de côté dont on s'est servi au paragraphe 5.

Le spectre de 1024 fréquences a été réparti de la façon suivante entre les 9 régions.

région	bande de fréquences	nombre de fréquences assignables
1	512 - 575 (64)	320
2	576 - 639 (64)	320
3	640 - 703 (64)	320
4	704 - 767 (64)	320
5	0 - 511 (512)	2560
6	768 - 831 (64)	320
7	832 - 895 (64)	320
8	896 - 959 (64)	320
9	960 - 1023 (64)	320

Il est important de noter que nous n'avons pas essayé d'attribuer à chaque région un ensemble de fréquences en tenant compte d'un éventuel critère d'optimalité. Ceci pourrait être fait au besoin, mais ne s'est pas avéré nécessaire ici dans les constructions subséquentes.

Chaque fréquence pouvant être répétée 5 fois, les régions périphériques disposeront de 320 fréquences chacune et le centre-ville (région 5) de 2560 fréquences.

6.2.1 ASSIGNATION UNIFORME DANS CHAQUE REGION.

Nous avons vu que chacune des régions périphériques dispose de 320 fréquences. Pour obtenir une assignation géométriquement uniforme il faut donc assigner 5 fréquences dans chaque carré de 4km de côté. En effet un tel carré contient 16 cellules carrées de 1km de côté et on a

$$320 \text{ fréq.} / 1024 \text{ km}^2 = 5 \text{ fréq.} / 16 \text{ km}^2$$

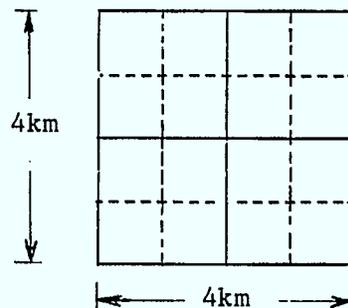


Figure 2. Région dans laquelle 5 fréquences sont assignées

Afin d'assurer une uniformité encore plus fine, on essaiera de placer au moins une fréquence dans chacune des quatre parties du carré de la Figure 2 comme indiqué en Figure 3.

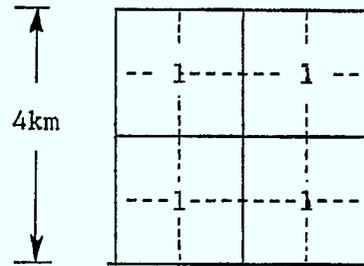


Figure 3. Minimum d'une fréquence par carré de 2km de côté

La cinquième fréquence pourra être placée n'importe où dans le carré de 4km de côté.

Au centre-ville nous avons imposé l'assignation de 40 fréquences dans chaque carré de 4km de côté puisque

$$2560 \text{ fréq.}/1024\text{km}^2 = 4 \text{ fréq.}/16\text{km}^2.$$

Les résultats sont présentés aux pages suivantes. Le Tableau 1 donne toutes les caractéristiques de la multistratégie, la géométrie de la ville, la position des pôles de concentration dans chaque région, la partie du spectre à assigner dans chaque région, le nombre maximum de répétitions et le nombre de fréquences à assigner dans chaque sous-région. Le Tableau 2 donne une sortie imprimante de la région 1. La Figure 4 donne le nombre de fréquences dans chaque petit carré de 4km de côté et les Figures 5a à 5i le nombre de fréquences assignées à chaque petit carré de 1km de côté par région.

N1 = 32 N2 = 32 M = 19
 I1 = 32 I2 = 65
 A(I3) = 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468
 472 520 588 706 774 910 924 953 1004

A1 = 32.000 TRANS = 0.950

NOMBRE DE REGIONS = 9

GEOMETRIE DE CHACUNE DES REGIONS

	IMIN	IMAX	JMIN	JMAX
1-	0	31	0	31
2-	0	31	32	63
3-	0	31	64	95
4-	32	63	0	31
5-	32	63	32	63
6-	32	63	64	95
7-	64	95	0	31
8-	64	95	32	63
9-	64	95	64	95

NOMBRE DE POLES DANS CHACUNE DES REGIONS = 1 1 1 1 1 1 1 1 1

DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES DANS CHACUNE DES REGIONS

1-	15	15
2-	15	47
3-	15	79
4-	47	15
5-	47	47
6-	47	79
7-	79	15
8-	79	47
9-	79	79

FREQUENCES DISPONIBLES DANS CHAQUE REGION

	NFREQ	KMIN	KMAX
1-	64	512	575
2-	64	576	639
3-	64	640	703
4-	64	704	767
5-	512	0	511
6-	64	768	831
7-	64	832	895
8-	64	896	959
9-	64	960	1023

NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS = 5

NOMBRE DE FREQUENCES A ASSIGNER DANS CHAQUE SOUS-REGION =

5 5 5 5 40 5 5 5 5

NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 5120

POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1, SINON 0

Tableau 1. Assignation uniforme du spectre 5 fois dans
 9 régions avec un centre-ville dans la région 5.

31-	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
30-	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
29-	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
28-	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	2	0	1	0	2	0	0
27-	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
26-	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	
25-	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
24-	2	0	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	
23-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
22-	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
21-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	
20-	0	0	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	
19-	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
18-	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	
17-	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
16-	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
15-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
14-	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
13-	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
12-	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	
11-	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
10-	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	
9-	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	
8-	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
7-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
6-	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
5-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
4-	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	
3-	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	
2-	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
1-	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
0-	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

REGION 1

NUMERO DE LA REGION (TAPER 0 POUR TERMINER)

Tableau 2. Assignation uniforme du spectre 5 fois dans 9 régions avec un centre-ville :
distribution des fréquences 512 à 575 dans la région 1 (sortie imprimante).

4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4
5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	7	5	6	5	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	6	7	5	5	5	5
5	6	6	5	7	6	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	7	7	4	5	5
5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	4	5	5	5	6	5	4	5	5	4
5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4
5	5	5	4	5	5	5	4	40	40	40	40	40	40	36	39	5	5	5	5	5	5	4	5
5	5	5	5	5	5	5	5	40	40	40	40	40	40	40	38	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	4	40	40	40	42	40	40	40	40	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	40	40	40	40	40	40	40	40	5	5	6	5	5	5	5	5
5	5	5	6	6	6	5	5	40	40	45	42	41	40	40	40	5	5	6	7	6	5	5	5
5	5	6	6	5	5	5	5	40	40	40	40	40	40	40	40	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	4	40	40	40	40	40	40	39	40	5	5	5	5	5	5	4	4
5	5	5	5	5	5	4	5	39	40	40	40	40	40	40	39	4	5	5	5	5	5	5	4
5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4
5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	6	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5
5	5	5	5	6	5	5	4	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	6	6	5	5	5
5	5	5	5	7	6	5	4	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	7	5	5	5	4
5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	6	5	5	4	5	5	5	5	5	6	5	5	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5
5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4

Figure 4. Assignment uniforme dans chaque région.

6.2.2 ASSIGNATION AVEC UN POLE DE CONCENTRATION DANS CHAQUE REGION

On garde toujours la même multistratégie. On spécifie dans chaque région un pôle autour duquel les fréquences assignables à la région donnée seront concentrées. Dans cet exemple le centre de chaque région a été choisi comme pôle.

On remarquera en Figure 6 et dans la série des Figures 7 qu'un grand nombre de cellules restent vides. En comparant ces résultats à ceux de la Figure 4 au paragraphe précédent, on voit l'extrême souplesse de nos méthodes. Entre ces situations extrêmes on pourrait facilement tenir compte d'une demande ayant une distribution géométrique non-uniforme. Il serait aussi possible dans l'éventualité d'un changement de position du centre-ville ou d'une zone industrielle au cours des années d'assurer une transition souple et harmonieuse d'une distribution vers une autre.

Dans cet exemple il est intéressant de regarder la région 1 donnée en Figure 7a. Bien qu'au niveau des gros carrés de 4km on ait bien réussi à concentrer les fréquences autour du centre de la région (voir Figure 6), on aperçoit la présence de régions (diagonales) où l'on ne retrouve pas d'assignations. Afin de déterminer si ce phénomène était dû à notre algorithme ou au choix des 64 fréquences spécifiquement assignées à la région 1, on a fait sortir en Figure 8 le nombre de fréquences assignable à chaque petit carré de 1km de côté à partir de la bande de fréquences (512 à 575) réservée à la région 1.

En comparant les Figures 7a et 8 on constate que les régions diagonales vides résultent du choix de la bande de fréquences fait pour la région 1. Comme signalé plus tôt, ce choix n'a pas fait l'objet d'une optimisation et il serait intéressant de voir si cela pourrait assurer une plus grande uniformité à la distribution donnée en Figure 8.

1 1 1	2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1	2 2 1 1 1 1	2 3 1 1 1 2 1	1				
4 4 4 2 4 4 4 3 3 3 3	4 4 3 3 3 3 3 4 4 5 6 4 3 3 2 1	3 4 4 5 6 4 3 3 2 1	6 4 3 3 2 1					
4 7 8 8 8 7 7 6 7 7 6 8 9 8 9 10 7 8 7 6 3								
1 3 7 8 8 8 8 8 7 7 6 8 9 8 9 10 11 6 5 3 2								
1 2 5 8 8 8 8 8 8 7 7 6 8 9 8 9 9 7 3 2								
1 1 4 7 6 7 8 8 8 8 8 8 8 8 7 7 6 8 9 9 8 3 3								
1 3 5 7 7 7 7 8 8 8 8 8 7 8 8 7 7 6 8 6 4 2 1								
2 4 7 7 7 7 8 7 8 8 8 7 7 8 8 7 6 3 2 2								
3 5 6 10 10 8 7 9 9 8 8 9 8 8 7 7 8 8 4 3								
4 4 8 9 10 10 11 9 9 9 9 8 8 9 8 7 7 7 8 3								
3 6 8 9 9 10 11 11 12 10 9 9 9 8 8 9 7 7 6 5								
3 5 7 8 11 11 10 10 11 11 12 11 9 9 9 8 8 7 3 1								
5 8 9 10 10 11 10 9 9 10 11 10 9 9 9 9 7 7								
2 4 10 10 11 11 9 9 10 10 9 9 10 10 11 11 9 9 9 6 1								
1 6 9 10 10 9 10 10 9 9 10 10 9 9 10 12 11 9 7 1								
3 5 6 8 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 9 9 10 11 11 7 2								
6 6 6 6 7 8 8 8 7 9 9 9 9 10 10 9 7 9 6 2								
4 2 5 7 7 5 6 5 6 7 6 5 6 4 5 6 6 3 4 2								
1 1 1 2 1 2 2 1 1 1 2 1 1 2 3 1 2 2 2 1								
1 1 2 1 1 2								
1								

Figure 7e.

REGION 5

1	1 1	1	1 1	1 1	1 1	1		
	1 2 1 1 2	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1		
	2 3 1 1 2 2 1 1 1 1	1 2 2 1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1		
	2 3 1 1 2 3 2 1 2 1	2 3 1 1 2 3 2 1 2 1	2 3 1 1 2 3 2 1 2 1	2 3 1 1 2 3 2 1 2 1	2 3 1 1 2 3 2 1 2 1	2 3 1 1 2 3 2 1 2 1		
1	1 2 1	2 3 1	1 2 2 2 2 2	1 2 2 2 2 2	1 2 2 2 2 2	1 2 2 2 2 2		
	3 3 2 1	2 3 1	2 3 1 1 2 2 1 2	2 3 1 1 2 2 1 2	2 3 1 1 2 2 1 2	2 3 1 1 2 2 1 2		
	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1	2 3 1 1 2 2 1 1	2 3 1 1 2 2 1 1	2 3 1 1 2 2 1 1	2 3 1 1 2 2 1 1		
	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1		
	1 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1		
	1 1	1 1	1 1 1 3 2 1 1 1	1 1 1 3 2 1 1 1	1 1 1 3 2 1 1 1	1 1 1 3 2 1 1 1		
	1 1	1 1	1 1 1 3 2 1 1 1	1 1 1 3 2 1 1 1	1 1 1 3 2 1 1 1	1 1 1 3 2 1 1 1		
1	2 2 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 2 2 2 1	1 1 1 1 1 1 2 2 2 1	1 1 1 1 1 1 2 2 2 1	1 1 1 1 1 1 2 2 2 1		
	1 2 2 2 2 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2		
2	1 2 3 2 2 2 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2		
	1 2 2 1 2 3 2 2 2	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 2		
	1 1 2 1 1 1 1 2 1	1 1 1 1 1 2 1	1 1 1 1 1 2 1	1 1 1 1 1 2 1	1 1 1 1 1 2 1	1 1 1 1 1 2 1		
	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1		
1								

Figure 7g.

1 1 1 2	4 2	1 1	1 2 2 2	1 1 3 2	1 3 2	1 1 1	1
1 1 1 1	1 2 4 2	1 1	1 2 2 2	1 1 3 2	1 3 2 1 3 2	1 1 1	1 1 1 1
1 1	1 1 1 1	4 2	1 1	1 2 2 2	1 1 3 2	1 3 2	1 1
1	1 1 1 1	1 2 4 2	1 1	1 2	2 2 1 1	3 2 1 3 2	1
1 1	1 1	1 1 1 2	3 2 1	1 1	1 2 2 1	1 2 3 2	1 3 2
2	1 1	1 1 1 1	1 2 3 2	1 1 1	1 2	2 1 1 2	3 2 1 9
1 3 2	1 1	1 1 1 1	1 1 1 2	3 2 1	1 1	1 2 2 1	1 2 3 2
3 2 1 3 2	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 2 3 2	1 1 1	1 2	2 1 1 2
1 2 3 2	1 3 2	1 1	1 1	1 3	3 2 1	1 1	2 3 1
3 1 1 2	3 2 1 3 2	2	1 1 1 1	1 1	1 3 3 2 1	1 1	2
2 3 1	1 2 3 2 1 3 2	1 3 2	1 1 1 1	1 1	1 3 3 2 1	1 1	1 1
2	3 1 1 2	3 2 1 3	2	1 1 1 1	1 1	1 3 3 2 1	1 1
1 1	2 3 1	1 2 3 2	1 3 2	1 1	1 1	1 1 1 3	3 2 1
1 1 1 1	2 3 1 1 2	3 1 1 2	3 2 1 3 2	1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 3	3 2 1
1	1 1	1 2 3 2	1 3 2	1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 3	3 2 1
3 2 1	1 1	2 3 1	1 2 3 2 1 3 2	1 2 2 1	1 1 1 1	1 1 1 3	3 2 1
1 3 3 2 1	1 1	2	3 1 1 2	3 2 1 2 2 1	2 1	1 1 1 1	1 1
1 1 1 3	3 2 1	1 1	2 3 1	1 2 3 2	1 2 2 1	1 1	1 1
1 1	1 3 3 2 1	1 1 1	2 3 1 1 2	3 2 1 2	3 2 1 2	2 1	1 1 1 1
1 1	1 1 1 3	3 2 1	1 1	1 1	1 2 3 2	1 2 2 1	1 1
1 1 1 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1 1 3 3 2 1	1 1	1 3 2 1 1	3 3 1 2 1	2 1	
1 1	1 1	1 1 1 2	3 3 1	1 1	1 3 2 1 1 3 3	1 2 2 1	
2 1	1 1 1 1	1 1	1 2 3 3 1	1 1	1 3 2 1 1 3 3 1 2		
1 2 2 1	1 1 1 1	1 1	1 1 1 2 3 3 1	1 1	1 3 2 1 1 3 2 1 1 3 3		
3 3 1 2 2 1	2 1	1 1 1 1	1 1 1 2 3 3 1	1 1	1 2 2 2 1	1 2 2 2 1	
2 1 3 3	1 2 2 1	1 1	1 1	1 1 1 1 3 4 1	1 1	1 2 2	
2 2 2 1 3 3	2 3 1	2 3 1	1 1 1 1	1 1 1 1 3 4 1	1 1	1 2 2	
1 2 2 2 1 3 3	2 3 1	2 3 1	1 1 1 1	1 1 1 1 3 4 1	1 1	1 1	
1	1 2 2 2 1 3 3	2 3 1	1 1 1 1	1 1 1 1 3 4 1	1 1 1 3 4 1	1 1	
1 1	1 2 2 2 1 3 3	2 3 1	1 3 2	1 1 1 1	1 1 1 1 3 4 1	1 3 4 1	
1	1	1 2 2 2 1	3 3 1 3 2	1 1 1 1	1 1 1 1 1 3 4	1 1 3 4	
3 4 1	1 1	1 2 2 2 1 3 3	2 1 3 2	1 1 1 1	1 1 1 1 1 1	1 1 1 1	
1 1 3 4 1	1 1	1 2 2 2 1 3 3	1 3 2	1 3 2	1 1 1 1 1 1	1 1 1 1	

REGION 1

Figure 8. Position de toutes les fréquences assignables (≤ 19) à partir de la bande de fréquences (512 à 575) réservée à la région 1.

6.2.3 ASSIGNATION UNIFORME EN PERIPHERIE ET UN POLE DE CONCENTRATION ET
AU MOINS 5 FREQUENCES PAR GROS CARRE DE 4km DE COTE AU CENTRE-VILLE

Ici nous imposons l'assignation d'au moins 5 fréquences par petit carré de 4km de côté dans chacune des régions. Il résulte de cette contrainte que les régions périphériques seront les mêmes que celles du paragraphe 6.2.1. Au centre-ville, c'est-à-dire dans la région 5, le pôle de concentration est placé au centre de la région. On voit en Figure 9 que l'on arrive très bien d'une part à assurer une assignation minimum de 5 fréquences par carré de 4km de côté et d'autre part à concentrer au centre du centre-ville.

4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4
5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	6	6	5	7	6	5	5	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	7	7	4	5	5
5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	6	5	4	5	5	4
5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4
5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	9	10	7	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	4	5	36	100	92	96	89	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	47	119	127	120	101	19	5	5	5	6	5	5	5	5	5
5	5	5	6	6	6	5	5	5	51	155	159	145	110	16	5	5	5	6	7	6	5	5	5
5	5	6	6	5	5	5	5	5	51	134	139	144	146	28	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	4	5	9	30	30	26	25	14	5	5	5	5	5	5	5	4	4
5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4
5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4
5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	6	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5
5	5	5	5	6	5	5	4	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5
5	5	5	5	7	6	5	4	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	7	5	5	5	5	4
5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	6	5	5	5	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5
5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4

Figure 9. Assignment uniforme minimum de 5 fréquences par carré de 4km de côté et concentration au centre-ville.

6.3 DEUX CENTRES-VILLES (OU UN CENTRE-VILLE ET UNE ZONE INDUSTRIELLE).

A la différence du paragraphe 6.2, nous allons maintenant supposer la présence de deux centres-villes (les régions 2 et 8) ou de façon analogue d'un centre ville et d'une zone industrielle. Nous allons donner aux régions 2 et 8 337 fréquences et aux sept régions restantes 350 fréquences soit 50 fréquences par région. Une fois ce choix fait nous allons répéter les trois scénarios du paragraphe 6.2 : l'assignation uniforme dans chaque région (6.3.1), l'assignation avec un pôle de concentration dans chaque région (6.3.2), et l'assignation uniforme en périphérie, un pôle de concentration et une assignation minimum dans les deux centres-villes.

Le spectre des 1024 fréquences a été réparti de la façon suivante entre les 9 régions.

région	bande de fréquences	nombre de fréquences assignables
1	674- 723 (50)	250
2	0- 336 (337)	1685
3	724- 773 (50)	250
4	774- 823 (50)	250
5	824- 873 (50)	250
6	874- 923 (50)	250
7	924- 973 (50)	250
8	337- 673 (337)	1685
9	974-1023 (50)	250

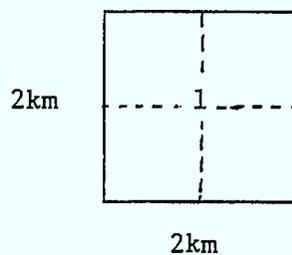
Ici aussi, il est important de noter que nous n'avons pas essayé d'attribuer à chaque région un ensemble de fréquences en tenant compte d'un éventuel critère d'optimalité ou d'uniformité géographique. Ceci pourrait être fait au besoin si cela était nécessaire.

6.3.1 ASSIGNATION UNIFORME DANS CHAQUE REGION

A chacune des 7 régions périphériques, nous avons réservé $5 \times 50 = 250$ fréquences. Cela fait une densité de

$$250 \text{ fréq}/1024\text{km}^2 \approx 0,97 \text{ fréq}/4\text{km}^2$$

Pour assurer une quasi-uniformité dans chacune des régions périphérique nous allons donc essayer d'assigner une fréquence par carré de 2km de côté



Comme il y a 256 petits carrés de 2km de côté dans une région de 32km de côté, il manquera 6 fréquences puisque nous ne disposons que de 250 fréquences. C'est pour cela que nous parlons de quasi-uniformité.

Pour chaque centre-ville nous avons 1685 fréquences que nous répartirons à raison de 26 par petit carré de 4km de côté, soit pour la région de 32km de côté

$$64 \times 26 = 1664.$$

Il restera alors $1685 - 1664 = 21$ fréquences à distribuer parmi les 64 petits carrés. Ici aussi il y a quasi-uniformité.

Les résultats sont présentés aux pages suivantes. Le Tableau 3 donne toutes les caractéristiques de la multistratégie, la géométrie de la ville, la position des pôles de concentration dans chaque région, la partie du spectre à assigner dans chaque région, le nombre maximum de répétitions et le nombre de fréquences à assigner dans chaque sous-région. Le Tableau 4 donne une sortie imprimante de la région 1. La Figure 11 donne le nombre de fréquences dans chaque petit carré de 4km de côté et les Figures 12a à 12i le nombre de fréquences assignées à chaque petit carré de 1km de côté par région.

N1 = 32 N2 = 32 M = 19
 I1 = 32 I2 = 65
 A(I3) = 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468
 472 520 588 706 774 910 924 953 1004

A1 = 32.000 TRANS = 0.950

NOMBRE DE REGIONS = 9

GEOMETRIE DE CHACUNE DES REGIONS

	IMIN	IMAX	JMIN	JMAX
1-	0	31	0	31
2-	0	31	32	63
3-	0	31	64	95
4-	32	63	0	31
5-	32	63	32	63
6-	32	63	64	95
7-	64	95	0	31
8-	64	95	32	63
9-	64	95	64	95

NOMBRE DE POLES DANS CHACUNE DES REGIONS = 1 1 1 1 1 1 1 1 1

DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES DANS CHACUNE DES REGIONS

1-	15	15
2-	15	47
3-	15	79
4-	47	15
5-	47	47
6-	47	79
7-	79	15
8-	79	47
9-	79	79

FREQUENCES DISPONIBLES DANS CHAQUE REGION

	NFREG	KMIN	KMAX
1-	50	674	723
2-	337	0	336
3-	50	724	773
4-	50	774	823
5-	50	824	873
6-	50	874	923
7-	50	924	973
8-	337	337	673
9-	50	974	1023

NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS = 5

NOMBRE DE FREQUENCES A ASSIGNER DANS CHAQUE SOUS-REGION

4 26 4 4 4 4 4 26 4

NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 5120

Tableau 3. Assignation uniforme du spectre 5 fois dans 9 régions avec deux centres-villes dans les régions 2 et 8.

31-	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1											
30-	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
29-	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1										
28-	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1									
27-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0									
26-	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0								
25-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0							
24-	1	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
23-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0							
22-	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0							
21-	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0							
20-	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0						
19-	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0							
18-	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						
17-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0						
16-	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0					
15-	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0					
14-	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0				
13-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
12-	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1				
11-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0				
10-	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
9-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
8-	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0			
7-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0			
6-	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0				
5-	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4-	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
3-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0		
2-	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
1-	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
0-	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

REGION 1

NUMERO DE LA REGION (TAPER 0 POUR TERMINER)

Tableau 4. Assignation uniforme du spectre 5 fois dans 9 régions avec 2 centres-villes :
distribution des fréquences 674 à 723 dans la région 1 (sortie imprimante).

3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	
4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	
4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	
4	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	
4	4	4	6	4	4	4	4	4	4	4	6	5	4	4	3	4	4	4	4	6	3	4	3
4	4	4	5	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	
4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	
4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	4	2	3	4	4	4	4	4	4	4
26	26	26	26	26	24	25	26	4	4	4	4	4	3	4	3	24	26	26	26	26	25	23	
26	26	26	26	26	26	26	26	4	4	4	4	4	3	3	26	26	26	26	26	26	26	26	
26	26	26	26	26	26	26	26	4	4	4	4	4	4	4	26	26	26	26	29	26	26	26	
26	26	29	30	28	27	26	25	4	4	4	4	4	4	3	26	26	28	31	28	26	26	26	
26	26	28	31	29	26	26	26	4	4	4	4	6	4	4	3	26	26	27	27	31	29	26	26
26	26	28	28	29	26	26	26	4	4	4	4	4	4	3	26	26	27	30	28	26	26	26	
26	26	26	26	26	26	26	26	4	4	4	4	4	4	4	26	26	26	26	26	26	26	26	
26	26	26	26	26	26	25	25	4	4	4	4	4	4	3	26	26	26	26	26	26	26	26	
3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	5	5	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	6	4	4	4	3	4	4	4	6	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4	4	4
4	4	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3
4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3

Figure 11. Assignation avec deux pôles uniforme dans chaque région.

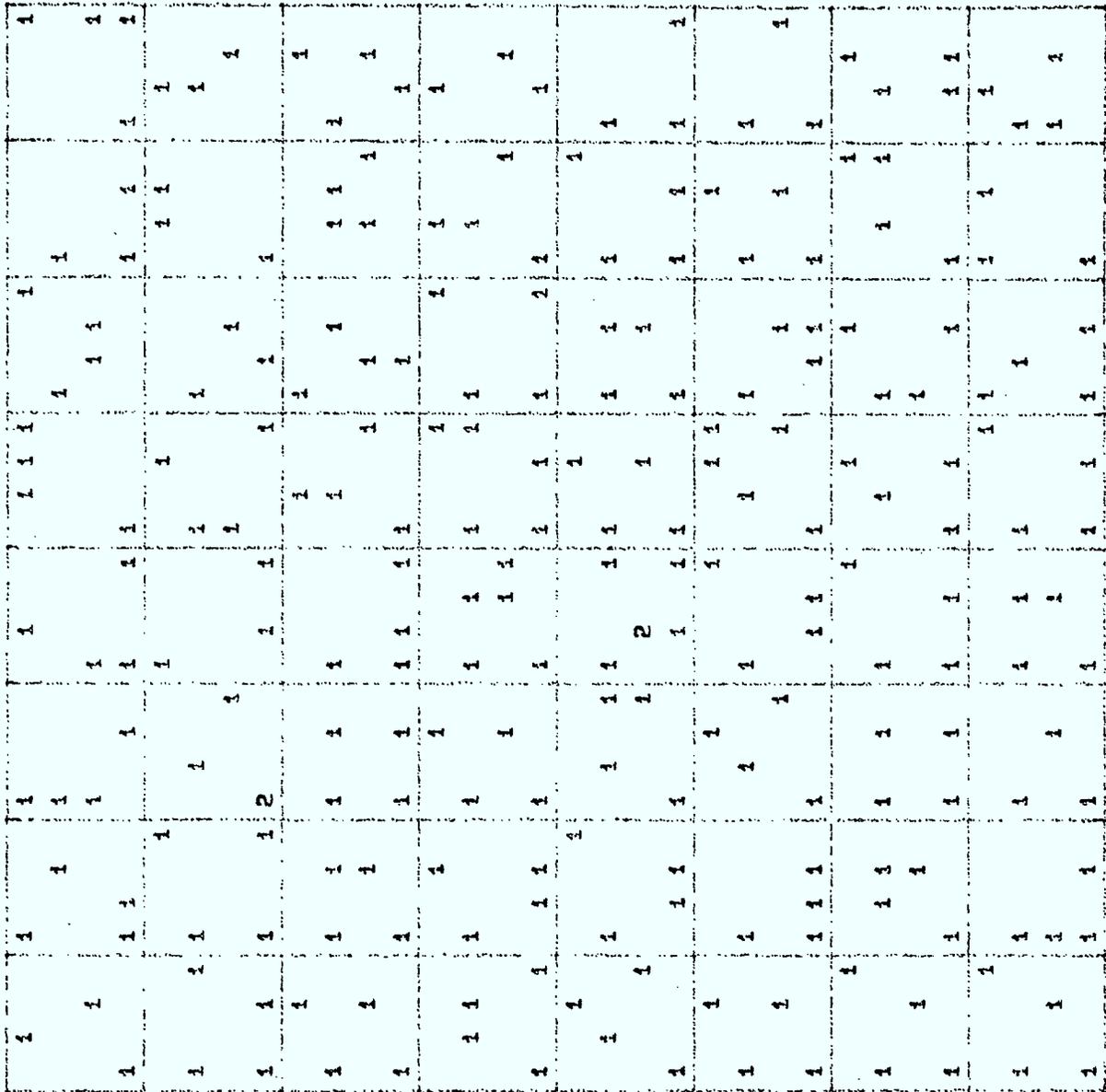


Figure 12a.

REGION 1

6.3.2 ASSIGNATION AVEC UN POLE DE CONCENTRATION DANS CHAQUE REGION

On garde encore la même multistratégie et on spécifie dans chaque région un pôle autour duquel les fréquences assignables à la région donnée seront concentrées. Pour chacune des régions, on a choisi comme pôle le centre de la région.

Comme au paragraphe 6.2.2 ceci donne un exemple de l'extrême souplesse de nos méthodes. Les résultats sont donnés en Figure 13 pour les gros carrés de 4km de côté et en Figures 14a à 14i pour les petits carrés de 1km de côté.

						1 1 1 1 1	1					
						1 3	1				1 1	
						1 2 1 1 1 1 2 1	1 1 2 1 2 1				1 1	1
						1 1 1	1 2 1 1 1 2 2	1 2 1 1 1 2 2			2	
						1 3 2 1	1 2 1 1 1 2 2 1	1 2 1 1 1 2 2 1				1
						1 1 1 1 3 2 1	1 1 2 1 1	1 2 1 1				
						1 1 1 1 3 2 1	1 1 1 1 3 2 1	1 2				
						1 1 1 1 1 3 2 1	1 1 1 1 3 2 1	1				1
						1 1 1 1 1 1 3 2 1	1 1 1 1 3 1 1	1 1 1 1 1 3 1 1				
						1 1 1 1 1 1 1 3 1 1	1 1 1 1 1 3 1 1	1 1 1 1 1 3 1 1				
						1 1 2 1	1 1 1	1 1 1 1 2 1 1				1
						1 2 1 2 1	1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1				
						2 1 1 1 3 1 1 2 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1				
						2 2 1 1 3 1 1 2 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1				
						1 1 1 1 1 1 1 3 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1				
						1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 2	1 2				
						1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1				

Figure 14i.

6.3.3 ASSIGNATION UNIFORME EN PERIPHERIE, ET UN MINIMUM DE 1 FREQUENCE PAR PETIT CARRE DE 1km DE COTE AVEC CONCENTRATION AU CENTRE DES DEUX CENTRES-VILLES.

Les sept régions périphériques sont identiques à celles du cas uniforme du paragraphe 6.3.1. Pour les deux centres-villes (régions 2 et 8) on s'assure aussi d'une "quasi-uniformité" de 1 fréquence par petit carré de 1km de côté. Les autres fréquences sont concentrées au centre de chacune des deux régions. Une fois de plus on arrive à une situation intermédiaire où il y a une uniformité minimum globale et une concentration dans deux régions.

3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	3
4	4	4	6	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	6	3	4	4	3
4	4	4	5	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	6	5	6	6	7	4	4	4	4	4	4	3	3	4	7	7	6	5	7	4	4	4
4	22	69	70	55	62	10	4	4	4	4	4	4	4	4	26	63	48	60	61	15	4	4
4	19	57	79	84	68	11	4	4	4	4	4	4	3	4	35	107	108	75	54	12	4	4
4	42	117	99	72	64	11	4	4	4	4	6	4	4	3	4	28	82	91	121	104	13	4
4	32	76	95	114	93	18	4	4	4	4	4	4	4	3	4	25	71	81	70	72	15	4
4	8	23	19	19	21	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	12	11	24	22	25	6	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	5	5	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	6	4	4	4	3	4	4	4	6	4	4	4	4	4	4	6	4	4	4	4
4	4	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3
4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3

Figure 15. Assignment with two poles, a minimum of 5 frequencies per square of 4km side and concentration at the center of each region corresponding to a pole.

7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.

7.1 RESULTATS ET CONCLUSIONS.

Les chiffres des paragraphes 5 et 6 montrent que pour une ville carrée de 96km de côté, il est possible d'assigner $9 \times 19 = 171$ fois un spectre de 1024 fréquences choisies dans la bande VHF de façon que toutes les conditions de compatibilité électromagnétique (EMC) soient vérifiées. Chaque émetteur peut utiliser une puissance maximale de 200 Watts omnidirectionnelle, mais doit être équipé du filtre "étroit" passe-bande (cf. paragraphe 4.1).

Les 19 fréquences assignées à chaque cellule (petit carré de 1km de côté) peuvent pratiquement être placées n'importe où dans un petit carré concentrique de 0,95km de côté.

La grille d'assignation n'est pas restreinte à un carré. Elle s'étend naturellement à l'infini dans le plan horizontal en préservant partout une densité possible de 19 fréquences par kilomètre carré. En superposant cette grille infinie sur une ville réelle ou en "tapissant" le pays entier, il est alors toujours possible de trouver en tout point les fréquences disponibles à l'aide d'une équation simple ne contenant que trois termes additifs.

Si la demande l'exige, la non-uniformité peut-être considérablement augmentée. Par exemple dans un secteur d'environ $1,02\text{km}^2$ la densité d'assignation peut-être augmentée de 19 à 171 fréquences en utilisant les fréquences des 8 cellules adjacentes à une cellule donnée.

Bien que, une fois une grille obtenue, les calculs de compatibilité électromagnétique (EMC) n'aient jamais plus besoin d'être refaits, l'ensemble des assignations n'est pas rigide et interchangeable. Au contraire ce genre de grille permet une marge de manoeuvre très large pour pouvoir tenir compte des changements de la demande des utilisateurs dans le temps et dans l'espace. Cette souplesse provient du fait que la grille prévoit la répétition de chacune des 1024 fréquences du spectre 19 fois dans une région carrée de 32km de côté, alors que les politiques du Ministère permettent qu'une fréquence soit répétée au plus 5 fois dans une région carrée de 100km de côté. On n'utilise donc qu'environ 3% des possibilités de la grille. Ceci permet au gestionnaire de concentrer dans certaines régions, de ne pas assigner dans d'autres (lacs, montagnes, gouffres, etc...), ou d'assurer un minimum d'assignations réparties de façon géographiquement uniforme.

Les seules contraintes dont doit tenir compte le gestionnaire sont les suivantes :

- 1) ne pas répéter une fréquence plus de cinq (5) fois dans un rayon de 100km,
- 2) ne pas répéter une fréquence en deça de 5km ou entre 30 et 100km.

Toutes ces considérations sont illustrées par deux familles d'exemples : une ville carrée de 32km de côté et une de 96km de côté subdivisée en 9 régions carrées de 32km de côté. Dans chaque exemple plusieurs scénarios ont été considérés avec un, deux ou trois centres-villes et avec uniformité ou concentration des assignations autour d'un ou plusieurs pôles.

En gros il semble bien que l'on puisse presque tout faire. Comme chaque étape de ces constructions n'a pas fait l'objet d'une optimisation systématique et poussée, il y a lieu de s'attendre à une amélioration supplémentaire des résultats si cela était fait. Dans cette éventualité il faudrait distinguer les deux aspects suivants :

- a) l'augmentation de l'indice N de répétition du spectre qui est basé sur le choix d'une multiassignation et la vérification des conditions de non-interférence (EMC),
- b) la façon de choisir les fréquences réservées à chaque région qui dépend des conditions de co-canalité 1) et 2) pour assurer le degré voulu d'uniformité ou de non-uniformité (ceci ne nécessite pas de EMC).

Les programmes d'ordinateur qui ont été développés pour ce rapport et surtout pour les exemples des paragraphes 5 et 6 ont été regroupés dans une annexe à ce rapport. Chaque programme est décrit dans une annexe séparée avec un exemple et les temps et les coûts de calculs sur le système de l'Université de Montréal. Des considérations sur les besoins de fichiers, de mémoire interactive et la séquence d'utilisation des programmes y sont aussi données.

7.2 RECOMMANDATIONS.

Nous avons démontré sur papier le potentiel des méthodes mathématiques développées au cours des cinq dernières années pour l'assignation des fréquences aux radios mobiles terrestres pour la bande VHF en utilisant les chiffres et en suivant les politiques présentes de SMS au Ministère des Communications.

Nous sommes persuadés que l'adoption de ces méthodes simplifierait considérablement la gestion du spectre à partir d'une bande de fréquences vierge comme le nouveau système ACSSB (Amplitude Compounded Single Sided Band). Cette simplification résulterait en des économies de gestions considérable puisqu'il n'y aurait plus à faire de calculs de compatibilité électromagnétique (EMC) à chaque assignation ou réassignation d'une fréquence. D'autre part la construction des grilles sousjacentes assurerait une plus grande uniformité de la qualité des communications dans une région donnée.

Bien que les exemples n'aient porté que sur la bande VHF, toute la théorie mathématique et les calculs de non-interférence s'appliquent à n'importe quelle bande de fréquences. Le nombre 1024 de fréquences et la taille de 96km pour la ville sont arbitraires. Nous croyons donc avoir la méthodologie nécessaire et le logiciel nécessaire pour mettre en oeuvre nos méthodes pour une nouvelle bande de fréquences.

Dans cette optique nous pourrions donc faire les recommandations suivantes :

Recommandation 1. Prendre la décision politique d'utiliser les multiassignations pour l'assignation des fréquences à partir de la prochaine bande vierge de fréquences qui sera ouverte aux utilisateurs.

Recommandation 2. Préciser tous les paramètres caractéristiques de la bande choisie et les spécifications de l'équipement exigé des utilisateurs.

Recommandation 3. Refaire l'étude de ce rapport dans les conditions de la recommandation 2.

Recommandation 4. Ajouter à l'étude les optimisations additionnelles qui pourront mieux tenir compte des particularités potentielles ou additionnelles associées au spectre, à l'équipement ou à la région géographique choisie.

Recommandation 5. Mise en oeuvre d'un réseau expérimental pour fins de démonstration avant de passer à la mise en oeuvre complète.

L'ensemble de ces recommandations sont plutôt dans le domaine du développement que de la recherche et nécessiteraient des ressources plus considérables que ce qui est possible à l'intérieur du programme de recherche universitaire.

7.3 RECOMMANDATION POUR LE SYSTEME CELLULAIRE.

Enfin nous voulons signaler que la théorie mathématique développée pour les assignations multiples s'applique directement au choix des fréquences pour le nouveau système cellulaire de communication (cf. rapport final 1983-84, M. Delfour [1] et la communication par G. De Couvreur et M. Delfour [1]).

REFERENCES

- G. De Couvreur [1], Selection of optimum culling limits for land-mobile EMC calculations. Systems Engineering, Spectrum Management Systems, Department of Communications, February 1983.
- G. De Couvreur et M. Delfour [1], Optimum frequency assignment strategies for radio cellular systems, in Proc. 6th Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility, Zurich, Switzerland, March 5-7, 1985.
- M. Delfour [1], A method to assign frequencies in a cellular network, Rapport CRM-1179, juillet 1983, Université de Montréal
- [2], Etude portant sur l'optimisation du nombre d'assignation de fréquences, Rapport final 1983-84, SMS, Ministère des Communications, mars 1984 (contrat no. 12ST.36100-3-0016, No. de série OST83-00066).

- M. Delfour, F. Dubeau et I. Rosenberg [1], Assignation des fréquences, Rapport final 1981-82, SMS Ministère des Communications, mars 1982 (contrat no. 20SU.36100-1-0175, no. de série OSU81-00174). [2],- Etude portant sur l'optimisation du nombre d'assignations de fréquences, Rapport final 1982-83, SMS, Ministère des Communications, mars 1983 (contrat no. 24SU.36100-2-4248, no. de série OSU82-00281).
- M. Delfour, A. Kotzig, A. Manitius et I. Rosenberg, Optimisation du nombre d'assignation de fréquences, Rapport final 1980-81, SMS, Ministère des Communications, mars 1981 (contrat no. 20SU.36100-0-9534, no. de série OSU80-00206).

Annexe au rapport final 1984-85

"Etude portant sur l'optimisation du
nombre d'assignations de fréquences"

préparé par

Michel LAPOINTE

Cette annexe contient les programmes servant à la construction des grilles sur lesquelles sont basées les différents plans d'assignation de fréquences dans le rapport. Chaque programme est décrit dans une annexe séparée.

L'ensemble des programmes a été développé pour le CYBER de l'Université de Montréal en conjonction avec un système graphique TEKTRONIX. Avant de les décrire un par un, nous donnons une brève description de leur utilisation et quelques commentaires importants sur leur exécution possible sur une autre machine.

UTILISATION DES PROGRAMMESDISQUE - FREA2 - FREA3

Ces trois programmes forment un tout et doivent être utilisés conjointement. Dans une première étape l'utilisateur doit créer le fichier contenant l'ensemble des assignations linéaires admissibles en exécutant le programme DISQUE. Le programme FREA2, en se servant du fichier créé par le programme DISQUE, donne la liste des multistratégies vérifiant les conditions de non interférence, chaque antenne étant déplacée dans un petit cercle concentrique à la cellule. FREA3 utilise les résultats du programme FREA2 et permet de vérifier les conditions de non interférence pour les multistratégies, chaque antenne étant déplacée dans un petit carré concentrique à la cellule.

DREA3 - TEST6 - SP4

Ces programmes permettent d'analyser différentes caractéristiques d'une des multistratégies données par le programme FREA3. Ici l'ordre d'exécution n'a aucune importance.

EXECUTION DES PROGRAMMES SUR UNE MACHINE ETRANGERE

Tous ces programmes sont écrits en FORTRAN 77 standard et sont facilement transportables sur la plupart des ordinateurs. Il faut prévoir l'utilisation de deux fichiers séquentiels pour les programmes DISQUE, FREA2 et FREA3. Le fichier créé par le programme DISQUE demande un peu plus d'un million de mots pour stocker les 2048 assignations linéaires si $N_1 = N_2 = 32$. La façon de créer ces fichiers est différente pour chaque système d'exploitation. (Les cartes de contrôle au début des programmes sont celles nécessaires au CYBER de l'Université de Montréal.)

Le programme SP4 utilise le logiciel graphique PLOT-10 de TEKTRONIX qui est disponible sur la plupart des ordinateurs scientifiques. Tous les énoncés graphiques sont très élémentaires et facilement modifiables.

Annexe APROGRAMME DISQUE

Le but du programme DISQUE est de déterminer une fois pour toute l'ensemble des stratégies linéaires L^0 admissibles et les distances correspondantes e_k^2 . Si toutes les conditions de non interférence sont satisfaites le couple (I1,I2), caractérisant une assignation linéaire L^0 , et les distances e_k^2 pour $k = 1$ à $[N1*N2/2]$, seront écrits sur un fichier permanent. Ce fichier servira par la suite de donnée d'entrée au programme FREA2 pour les multistratégies.

INPUT:

N1, N2 : N1 \geq 1 est le nombre de subdivisions (ou cellules) selon l'axe des x et N2 \geq 1 est le nombre de subdivisions selon l'axe des y. N1*N2 est le nombre de fréquences à assigner.

A1, TRANS : A1 est la dimension de la ville (en km) selon l'axe des x. Selon y la ville mesurera A2 = A1*N2/N1 km. TRANS, également noté 2*R, est le diamètre du cercle dans lequel on peut déplacer les antennes tout en respectant les conditions de non-interférence. Ici TRANS doit être égal à 0.

IMPRIM : Si IMPRIM = 0 les couples (I1,I2) ne seront pas imprimés sur la liste de sortie.

KONT : Paramètre déterminant la valeur de P_{MIN}

KONT = 1 => $P_{MIN} = -132$

KONT = 2 => $P_{MIN} = -140$

KONT = 3 => $P_{MIN} = -148$

OUTPUT:

N1, N2, A1, A2 : voir INPUT.

2*R : diamètre du petit disque dans lequel on peut déplacer les antennes.

PMIN : valeur de P_{MIN}

A1/N1 : dimension d'une subdivision ou cellule.

K : entier associé à la vérification des conditions d'intermodulation R_x :

$$K < (N1/A1) D_{\Delta f}^R \geq K + 1$$

DA : valeur de $D_{\Delta f}^A$ pour le P_{MIN} correspondant

DR : valeur de $D_{\Delta f}^R$ pour le P_{MIN} correspondant

MR : constante M^R associée à la vérification des conditions d'intermodulation R_x

MLIM : constante associée à la vérification des conditions de désensibilisation et d'intermodulation T_x :

$$D_{MLIM+1}^{DT} \leq (A1/N1) \text{ et } D_{MLIM}^{DT} > (A1/N1)$$

I1, I2 : couple admissible

INDEX : indique le nombre total de couples admissibles

PROD : valeur en km du produit $d_1^{2/3} d_2^{1/3}$

NMAX : indique le nombre de couples (I1,I2) qui maximisent
le produit $d_1^{2/3} d_2^{1/3}$

b)

Un fichier permanent structuré de la façon suivante :

1 enregistrement donnant N1, N2, A1 et TRANS

INDEX enregistrements donnant I1, I2, (e_k^2 , $k = 1, [N1*N2/2]$)

DISQUE

```

10=DISQUE, CM70000, T500.
20=*CODE
30=FTN5(L=0, OPT=3)
40=MONTE(GROUPE3)
50=REQUEST(TAPE1, *PF, SN=GROUPE3)
60=LGD(INPUT, OUTPUT, TAPE1)
70=CATALOG(TAPE1, XR=GARFIELD)
80=*WEOR
90=*FTN
100=
110=*
120=*
130=*
140=*
150=
160=
170=
180=*
190=*
200=*
210=
220=
230=
240=
250=*
260=*
270=*
280=
290=*
300=
310=
320=
330=
340=
350=
360=
370=
380=
390=
400=*
410=
420=*
430=*
440=*
450=
460=
470=
480=
490=
500=
510=
520=
530=
540=*
550=*
560=*
570=
580=
590=
600=
610=
620=
630=
640=
650=
PROGRAM DISQUE(INPUT, OUTPUT, TAPE1, OUTPUT=TAPE6)
SERT A ECRIRE SUR DISQUE LES COUPLES (I1, I2) ADMISSIBLES
AINSI QUE LES DISTANCES CORRESPONDANTES EK**2
INTEGER PMIN
DIMENSION I1MAX(600), I2MAX(600), IP1(600), IP2(600), DK(1100),
# PRODD(600), DMDT(600), IEK(1100)
LECTURE DES DONNEES ET INITIALISATIONS
READ *, N1, N2
READ *, A1, TRANS
READ *, IMPRIM
READ *, KONT
ECRITURE SUR DISQUE DE N1, N2, A1 ET TRANS
WRITE(1) N1, N2, A1, TRANS
IF(N1*N2.LT. 2) THEN
PRINT 920
920 FORMAT(1H1, 9X, 'N1*N2 DOIT ETRE PLUS GRAND QUE UN')
STOP
END IF
IF(KONT.LE. 0.OR. KONT.GT. 3) THEN
PRINT 930
930 FORMAT(1H1, 9X, 'KONT = 1, 2 OU 3')
STOP
END IF
GO TO(1, 2, 3), KONT
INITIALISATIONS POUR PMIN = -132
1 MR=16
DT1=4. 371
DT2=136. 78
DT3=300. 839
DR=22. 3529
DA=5. 4435
LDT=15
LDTP1=16
GO TO 4
INITIALISATIONS POUR PMIN = -140
2 MR=4
DT1=10. 9796
DT2=343. 57
DT3=476. 798
DR=30. 3856
DA=13. 6735
LDT=21
LDTP1=22
GO TO 4

```

```

660=*
670=* INITIALISATIONS POUR PMIN = -148
680=*
690= 3 MR=2
700= DT1=27.5795
710= DT2=863.009
720= DT3=755.674
730= DR=41.305
740= DA=34.346
750= LDT=30
760= LDTP1=31
770=*
780= 4 N12=N1*N2
790= FN1=FLDAT(N1)
800= FN2=FLDAT(N2)
810= A2=A1*FN2/FN1
820= PRINT 500,N1,N2,A1,A2,TRANS
830= 500 FORMAT(1H1,9X,'N1 = ',I3,4X,'N2 = ',I3,4X,'A1 = ',F8,3,4X,
# 'A2 = ',F8,3,4X,'2*R = ',F8,5/)
850= A1=A1/FN1
860= AB=A1-TRANS
870= KK=INT(DR/AB)
880= IF(AB.LE.O.) THEN
890= PRINT 510
900= 510 FORMAT(/10X,'A1/N1-2*R DOIT ETRE POSITIF')
910= STOP
920= END IF
930= PMIN=-132-(KONT-1)*8
940= PRINT 520,PMIN,KK,A1
950= 520 FORMAT(10X,'PMIN = ',I4,5X,'K = ',I3,5X,'A1/N1 = ',F7,3/)
960= N1S2=MAXO(1,N1/2)
970= N2S2=MAXO(1,N2/2)
980= N12S2=N12/2
990= IR2=N1S2**2+N2S2**2
1000= R2=IR2
1010= R=SQRT(R2)
1020= IR=INT(R)
1030= EPS=1.E-8
1040= T13=1./3.
1050= T23=2./3.
1060= INDEX=0
1070= PMAX=0.
1080= KR=MINO(KK,MR)
1090=*
1100=* CALCUL DES DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS DE
1110=* DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX
1120=*
1130= MLIM=0
1140= DO 210 M=1,13
1150= MLIM=MLIM+1
1160= T=DT1/M**0.315
1170= DMDT(M)=T
1180= IF(AB.GE.T) GO TO 200
1190= 210 CONTINUE
1200=*
1210= DO 220 M=14,LDT
1220= MLIM=MLIM+1
1230= T=DT2/M**1.645
1240= DMDT(M)=T
1250= IF(AB.GE.T) GO TO 200
1260= 220 CONTINUE
1270=*
1280= DO 230 M=LDTP1,1000
1290= MLIM=MLIM+1
1300= T=DT3*M**0.225/(50.+M)**1.425
1310= DMDT(M)=T
1320= IF(AB.GE.T) GO TO 200
1330= 230 CONTINUE
1340= 200 PRINT 650,DA,DR,MR,MLIM
1350= 650 FORMAT(10X,'DA = ',F7,4,5X,'DR = ',F7,4,5X,'MR = ',I2,5X,
# 'MLIM = ',I3//)
1360= LDK=MAXO(2*KR,MLIM,2)
1370=
1380=*
1390=*

```

```

1400=*      GENERATION DES COUPLES (I1,I2) (PREMIERE PARTIE)
1410=*
1420=*
1430=*      PRINT 610
1440=*      610 FORMAT(10X,'GENERATION DES COUPLES (I1,I2) (PREMIERE PARTIE)')
1450=*      ICONT=1
1460=*
1470=*      DD 20 J1=1,N1S2
1480=*      CALL GCD(J1,N1,IP)
1490=*      IF(IP.NE.1) GO TO 20
1500=*      I1=J1*N2
1510=*
1520=*      NCOUPL=0
1530=*      DD 30 I2=1,N12S2
1540=*      CALL GCD(I2,N2,IP)
1550=*      IF(IP.NE.1) GO TO 30
1560=*
1570=*      CALCUL DES DISTANCES EK**2
1580=*
1590=*      DD 18 K=1,N12-1
1600=*      18 IEK(K)=1000000
1610=*      DD 15 L1=-IR,IR
1620=*      L12=L1*L1
1630=*      DD 16 L2=-IR,IR
1640=*      ID=L12+L2*L2
1650=*      IF(ID.GT.IR2) GO TO 16
1660=*      K=I1*L1+I2*L2
1670=*      K=MOD(K,N12)
1680=*      IF(K.LT.0) K=K+N12
1690=*      IF(K.EQ.0) GO TO 16
1700=*      IF(ID.GT.IEK(K)) GO TO 16
1710=*      IEK(K)=ID
1720=*      16 CONTINUE
1730=*      15 CONTINUE
1740=*
1750=*      CALCUL DES DISTANCES DK-TRANS
1760=*
1770=*      DD 17 K=1,N12-1
1780=*      17 DK(K)=SQRT(FLOAT(IEK(K)))*A1-TRANS
1790=*
1800=*      VERIFICATION DE LA CONDITION D'ADJACENCE
1810=*
1820=*      10 IF(DK(1).LT.DA) GO TO 30
1830=*
1840=*      VERIFICATION DES CONDITIONS DE DESENSIBILISATION
1850=*      ET D'INTERMODULATION TX
1860=*
1870=*      DD 25 M=1,MLIM
1880=*      25 IF(DK(M).LT.DMDT(M)) GO TO 30
1890=*
1900=*      VERIFICATION DES CONDITIONS D'INTERMODULATION RX
1910=*
1920=*      DD 40 K=1,KR,2
1930=*      DD 45 N=0,1000
1940=*      K1=K**2**N
1950=*      IF(K1.GT.KR) GO TO 40
1960=*      K2=K1*2
1970=*      T=DK(K1)**T23*DK(K2)**T13*K1
1980=*      IF(T.LT.DR) GO TO 30
1990=*      45 CONTINUE
2000=*      40 CONTINUE
2010=*
2020=*      CALCUL DU MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
2030=*
2040=*      NCOUPL=NCOUPL+1
2050=*      INDEX=INDEX+1
2060=*      P12=DK(1)**T23*DK(2)**T13
2070=*      DIFF=ABS(P12-PMAX)
2080=*      IF(DIFF.LE.EPS) THEN
2090=*      NMAX=NMAX+1
2100=*      I1MAX(NMAX)=I1
2110=*      I2MAX(NMAX)=I2
2120=*      ELSE IF(P12.GT.PMAX) THEN
2130=*      PMAX=P12
2140=*      NMAX=1
2150=*      I1MAX(NMAX)=I1
2160=*      I2MAX(NMAX)=I2
2170=*      END IF
2180=*

```

```

2190=      IP2(NCOUPL)=I2
2200=      PROD(NCOUPL)=P12
2210=*
2220=*      ECRITURE SUR DISQUE DU COUPLE (I1, I2) ADMISSIBLE ET DES
2230=*      DISTANCES DK CORRESPONDANTES
2240=*
2250=*      WRITE (1) I1, I2, (IEK(L), L=1, N12S2)
2260=*
2270=*      30 CONTINUE
2280=*
2290=*      IF(IMPRIM. EQ. 0. OR. NCOUPL. EQ. 0) GO TO 20
2300=*
2310=*      IMPRESSION DE LA LISTE DES COUPLES (I1, I2) ADMISSIBLES
2320=*
2330=*      PRINT 525, I1, INDEX
2340=*      525 FORMAT(/10X, 'I1 = ', I5, 5X, 'INDEX = ', I5/)
2350=*      PRINT 530
2360=*      530 FORMAT(10X, '      I2=      PROD=      I2=      PROD=      I2=      PROD=',
2370=*      *      I2=      PROD=')
2380=*      PRINT 540, (IP2(LL), PROD(LL), LL=1, NCOUPL)
2390=*      540 FORMAT((7X, 4(I9, F8.3)))
2400=*      20 CONTINUE
2410=*
2420=*
2430=*      GENERATION DES COUPLES (I1, I2) (DEUXIEME PARTIE)
2440=*
2450=*
2460=*      IF(N1. EQ. N2) GO TO 1000
2470=*      PRINT 620
2480=*      620 FORMAT(/10X, 'GENERATION DES COUPLES (I1, I2) (DEUXIEME PARTIE)')
2490=*      ICDNT=2
2500=*
2510=*      DO 60 J2=1, N2S2
2520=*      CALL GCD(J2, N2, IP)
2530=*      IF(IP. NE. 1) GO TO 60
2540=*      I2=J2*N1
2550=*
2560=*      NCOUPL=0
2570=*      DO 70 I1=1, N1S2
2580=*      CALL GCD(I1, N1, IP)
2590=*      IF(IP. NE. 1) GO TO 70
2600=*
2610=*      CALCUL DES DISTANCES EK**2
2620=*
2630=*      DO 68 K=1, N12-1
2640=*      68 IEK(K)=1000000
2650=*      DO 65 L1=-IR, IR
2660=*      L12=L1*L1
2670=*      DO 66 L2=-IR, IR
2680=*      ID=L12+L2*L2
2690=*      IF(ID. GT. IR2) GO TO 66
2700=*      K=I1*L1+I2*L2
2710=*      K=MOD(K, N12)
2720=*      IF(K. LT. 0) K=K+N12
2730=*      IF(K. EQ. 0) GO TO 66
2740=*      IF(ID. GT. IEK(K)) GO TO 66
2750=*      IEK(K)=ID
2760=*      66 CONTINUE
2770=*      65 CONTINUE
2780=*
2790=*      CALCUL DES DISTANCES DK-TRANS
2800=*
2810=*      DO 67 K=1, N12-1
2820=*      67 DK(K)=SGRT(FLOAT(IEK(K)))*A1-TRANS
2830=*
2840=*      VERIFICATION DE LA CONDITION D'ADJACENCE
2850=*
2860=*      IF(DK(1). LT. DA) GO TO 70
2870=*
2880=*      VERIFICATION DES CONDITIONS DE DESENSIBILISATION
2890=*      ET D'INTERMODULATION TX
2900=*
2910=*      DO 75 M=1, MLIM
2920=*      75 IF(DK(M). LT. DMDT(M)) GO TO 70
2930=*

```

```

2940=* VERIFICATION DES CONDITIONS D'INTERMODULATION RX
2950=*
2960= DO 80 K=1,KR,2
2970= DO 85 N=0,1000
2980= K1=K*2**N
2990= IF(K1.GT.KR) GO TO 80
3000= K2=K1*2
3010= T=DK(K1)**T23*DK(K2)**T13*K1
3020= IF(T.LT.DR) GO TO 70
3030= 85 CONTINUE
3040= 80 CONTINUE
3050=*
3060=* CALCUL DU MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
3070=*
3080= NCOUPL=NCOUPL+1
3090= INDEX=INDEX+1
3100= P12=DK(1)**T23*DK(2)**T13
3110= DIFF=ABS(P12-PMAX)
3120= IF(DIFF.LE.EPS) THEN
3130= NMAX=NMAX+1
3140= I1MAX(NMAX)=I1
3150= I2MAX(NMAX)=I2
3160= ELSE IF(P12.GT.PMAX) THEN
3170= PMAX=P12
3180= NMAX=1
3190= I1MAX(NMAX)=I1
3200= I2MAX(NMAX)=I2
3210= END IF
3220=*
3230= IP1(NCOUPL)=I1
3240= PROD(NCOUPL)=P12
3250=*
3260=* ECRITURE SUR DISQUE DU COUPLE (I1,I2) ET DES
3270=* DISTANCES DK CORRESPONDANTES
3280=*
3290= WRITE (1) I1,I2,(IEK(L),L=1,N12S2)
3300=*
3310= 70 CONTINUE
3320=*
3330= IF(IMPRIM.EG.O.DR.NCOUPL.EG.O) GO TO 60
3340=*
3350=* IMPRESSION DE LA LISTE DES COUPLES (I1,I2) ADMISSIBLES
3360=*
3370= PRINT 535,I2,INDEX
3380= 535 FORMAT(/10X,'I2 = ',I5,5X,'INDEX = ',I5/)
3390= PRINT 545
3400= 545 FORMAT(10X,' I1= PROD= I1= PROD= I1= PROD='
3410= # ' I1= PROD='
3420= PRINT 540,(IP1(LL),PROD(LL),LL=1,NCOUPL)
3430= 60 CONTINUE
3440=*
3450= 1000 IF(INDEX.EG.O) THEN
3460= PRINT 600
3470= 600 FORMAT(/10X,'IL N'Y A PAS DE SOLUTION')
3480= STOP
3490= END IF
3500= PRINT 550,INDEX
3510= 550 FORMAT(/10X,'NOMBRE DE COUPLES (I1,I2) ADMISSIBLES = ',I8/)
3520=*
3530=* IMPRESSION DU MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
3540=* ET DES COUPLES (I1,I2)
3550=*
3560= PRINT 590,PMAX
3570= 590 FORMAT(/10X,'(I1,I2) DONNANT LE MAXIMUM DU PRODUIT ',
3580= # '((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)'/
3590= # 10X,'MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3) = ',F8.3)
3600= PRINT 570
3610= 570 FORMAT(/10X,' I1= I2=')
3620= PRINT 580,(I1MAX(MM),I2MAX(MM),MM=1,NMAX)
3630= 580 FORMAT(10X,2I6)
3640= PRINT 630,NMAX
3650= 630 FORMAT(/10X,'NMAX = ',I6)
3660= STOP
3670= END
3680=*

```

```

3690=*      TEST POUR SAVOIR SI LE PGCD DE I ET N EST EGAL A 1 OU NON
3700=*
3710=*      SUBROUTINE GCD(I,N,IN)
3720=*      IN=1
3730=*      IF(I.EQ.1) RETURN
3740=*      M=MINO(I,N)
3750=*      DO 10 L=2,M
3760=*      IL=MOD(I,L)
3770=*      IF(IL.NE.0) GO TO 10
3780=*      NL=MOD(N,L)
3790=*      IF(NL.EQ.0) GO TO 20
3800=*      10 CONTINUE
3810=*      RETURN
3820=*      20 IN=L
3830=*      RETURN
3840=*      END
3850=*WEDR
3860=32 32
3870=1000. 0.
3880=0
3890=1

```

17. 02. 25. T3954CM. 3954-A0 EG(02-PTX) PR 1 390 LN 7 PG 85/04/25 MFA/ A

$N1 = 32$ $N2 = 32$ $A1 = 1000.000$ $A2 = 1000.000$ $2*R = .00000$
 $PMIN = -132$ $K = 0$ $A1/N1 = 31.250$
 $DA = 5.4435$ $DR = 22.3529$ $MR = 16$ $MLIM = 1$

GENERATION DES COUPLES (I1,I2) (PREMIERE PARTIE)

NOMBRE DE COUPLES (I1,I2) ADMISSIBLES = 2048

(I1,I2) DONNANT LE MAXIMUM DU PRODUIT $((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)$
 $MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3) = 591.940$

$I1=$ $I2=$
416 419

NMAX = 1

```

MFA      NOSBE 1.5   MFA      UMTL 564   85/04/11
14.34.54. DISQUBY DE MFB/TLEI 85/04/25  GTL
14.34.54. IP 00001280 WORDS - FILE INPUT , DC 04
14.34.54. DISQUE, CM70000, T500.
14.34.54. 03954   CRMS022
14.34.54. FTNS(L=0, OPT=3)
14.35.01.      61700 CM STORAGE USED.
14.35.01.      5.865 CP SECONDS COMPILATION TIME.
14.35.01. MONTE(GROUPE3)
14.35.02. MOUNTED VSN=UM9347, SN=GROUPE3
14.35.02. REQUEST(TAPE1, *PF, SN=GROUPE3)
14.35.02. LGO(INPUT, OUTOUT, TAPE1)
14.35.03. CM LWA+1 = 30464B, LOADER USED 46200B
14.37.25.      STOP
14.37.25.      44200 MAXIMUM EXECUTION FL.
14.37.25.      197.135 CP SECONDS EXECUTION TIME.
14.37.25. CATALOG(TAPE1, XR=*---*)
14.37.25. INITIAL CATALOG
14.37.26. CT ID= U003954 PFN=TAPE1
14.37.26. CT CY= 001 SN=GROUPE3 0001058880 WORDS.
14.37.26. DP 00000000 WORDS - FILE OUTPUT , DC 40
14.37.26. SEJOUR INPUT (SEC) T = 46
14.37.26. SEJOUR QUEUE CM (SEC) T = 0,
14.37.26. SEJOUR MEMOIRE (SEC) T = 150,
14.37.26. SEJOUR TOTAL (SEC) T = 198,
14.37.26. ESPACE DISQUE (PRU) ACT = 16640,
14.37.26. ESPACE MEMOIRE (MOT) MOY = 44600,
14.37.26. TEMPS CP (SEC) T = 204.147
14.37.26. TEMPS IO (SEC) T = 77.000
14.37.26. TEMPS * MEMOIRE (KMS) TM = 5288.459
14.37.26. COUT(CP, IO, CM, NT)
14.37.26. FIN LEI 85/04/25

```

1	SWAPS	
0	INTERACTIONS	
1149	ACCES DISQUE	
MAX =	16868	
MAX =	61700B	
COUT = \$	27.559	
COUT = \$	1.385	
COUT = \$	15.865	
TOTAL = \$	44.811	

14.41.18. DISQUBY. 3954-AO EQ(02-PTX) PR 1 32 LN 2 PG 85/04/25 MFA/ A

Annexe BPROGRAMME FREA2

Ce programme permet de vérifier les conditions de non-interférence pour les multistratégies. Si toutes les conditions sont satisfaites le couple (I1,I2), les distances d_1 et d_2 , le vecteur $T(n)$, ΔF et $d_0^{\min} - 2*R$ seront écrits sur la liste de sortie. De plus, FREA2 prévoit l'utilisation de filtres "passe-bande" pour augmenter la densité des assignations et la mobilité des antennes. Le lecteur intéressé se réfèrera au paragraphe 6 du rapport 83-84 pour une description détaillée des filtres.

INPUT:

a)

Le fichier permanent créé par le programme DISQUE.

b)

N1, N2, MM : N1 \geq 1 et N2 \geq 1 indique le nombre de subdivisions selon l'axe des x et l'axe des y. MM est le nombre de réassignations.

A1, TRANS : voir annexe A.

IMPRIM : si IMPRIM = 0 les solutions admissibles ne seront pas imprimées sur la liste de sortie.

KONT, IFILTR : KONT détermine la valeur de P_{MIN} (voir annexe A)
IFILTR est un paramètre entier qui contrôle la forme du filtre

IFILTR = 0 aucun filtre
 IFILTR = 1 filtre large
 IFILTR = 2 filtre étroit

DNMIN, KASS : DNMIN est un paramètre permettant de rejeter toutes les multistratégies pour lesquelles $\Delta F < DNMIN$.
 La variable KASS a été introduite pour considérer des K-assignations dans un centre-ville. Normalement ce paramètre devrait valoir 1.

COORD(I,1), : distribution géométrique des fréquences 0. Il faut
 COORD(I,2), donner un couple par ligne.
 I=1,
 MM

OUTPUT:

a)

N1, N2 : voir INPUT.

M : nombre de réassignations.

A1, A2 : dimensions de la ville.

DNMIN, KASS : voir INPUT.

PMIN : valeur de P_{MIN} , -132, -140 ou -148.

A1/N1 : dimension d'une cellule.

2*R : diamètre du petit disque où l'on peut déplacer les antennes sans violer les conditions de non-interférence.

FILTRE : indique la forme du filtre utilisé (voir INPUT).

- DA : distance $D_{\Delta f}^A$ associée à la condition d'adjacence.
- MDD : constante associée à la vérification des conditions de désensibilisation
- $$D_{MDD-1}^D > (A1/N1) - 2 * R \geq D_{MDD}^D .$$
- MDT : constante associée à la vérification des conditions d'intermodulation T_x
- $$D_{MDT-1}^T > (A1/N1) - 2 * R \geq D_{MDT}^T .$$
- MDR : constante associée à la vérification des conditions d'intermodulation R_x
- $$D_{MDR-1}^R > ((A1/N1) - 2 * R) * MDR \geq D_{MDR}^R .$$
- I1, I2 : couple caractérisant la multistratégie
- $$NL(i_1, i_2, n) = (I1 * i_1 + I2 * i_2 + T(n)) \bmod N1 * N2 .$$
- D1 : distance $d_1 - 2 * R$ en km.
- D2 : distance $d_2 - 2 * R$ en km.
- P12 : valeur en km du produit $(d_1 - 2 * R)^{2/3} (d_2 - 2 * R)^{1/3}$.
- D0 : distance $d_0^{\min} - 2 * R$ en km.
- DN : valeur de ΔF : minimum de l'écart minimum en deux fréquences d'une même cellule.
- IA(I3) : vecteur de translations $T(n)$ (MM nombres).
- NMAX : nombre de couples ou de solutions maximisant le produit $(d_1 - 2 * R)^{2/3} (d_2 - 2 * R)^{1/3}$.

b)

Un fichier permanent structuré de la façon suivante :

1 enregistrement N1, N2, A1 et TRANS

NCA_ enregistrements I1, I2, T(n) et ΔF

où NCA est le nombre de multistratégies admissibles.

```

10=FREA2, CM70000, T300.
20=*CODE
30=FTN5(L=0, OPT=3)
40=MONTE(GROUPE1)
50=MONTE(GROUPE3)
60=REQUEST(TAPE2, *PF, SN=GROUPE1)
70=ATTACH(TAPE1, SN=GROUPE3)
80=LQD(INPUT, OUTPUT, TAPE1, TAPE2)
90=CATALOG(TAPE2, XR=ODIE)
100=*WEOR
110=*FTN
120=*NUM
130=
140=    PROGRAM FREA2(INPUT, OUTPUT, TAPE1, TAPE2, TAPE6=OUTPUT)
150=    COMMON/FIL/IFILTR
160=    INTEGER PMIN, COORD(25, 2), TEMP, DN, DNMIN, A(30, 30)
170=    DIMENSION I1MAX(600), I2MAX(600), DK(1100),
180=    *          IEK(512), IA(25), DDK(1100), DD(512), DT(512),
190=    *          DR(512)
200=*
210=*    LECTURE DES DONNEES ET INITIALISATIONS
220=
230=    READ *, N1, N2, MM
240=    READ *, A1, TRANS
250=    READ *, IMPRIM
260=    READ *, KONT, IFILTR
270=    READ *, DNMIN, KASS
280=    DO 7 I=1, MM
290=    *      7 READ *, COORD(I, 1), COORD(I, 2)
300=
310=    READ (1) N1D, N2D, A1D, TRANSD
320=    PRINT 101, N1D, N2D, A1D, TRANSD
330=    101 FORMAT(1H1//10X, 'DISQUE : ', 2I6, 2F12. 5/)
340=    DO 8 I=1, MM
350=    *      8 PRINT 102, COORD(I, 1), COORD(I, 2)
360=    102 FORMAT(15X, 2I4)
370=    *    WRITE (2) N1, N2, A1, TRANS
380=
390=    IF(N1*N2 LT. 2) THEN
400=    *      PRINT 920
410=    *      920 FORMAT(1H1, 9X, 'N1*N2 DOIT ETRE PLUS GRAND QUE UN')
420=    *      STOP
430=    *    END IF
440=    IF(KONT LE. 0. OR. KONT. GT. 3) THEN
450=    *      PRINT 930
460=    *      930 FORMAT(1H1, 9X, 'KONT = 1, 2 OU 3')
470=    *      STOP
480=    *    END IF
490=
500=    N12=N1*N2
510=    FN1=FLOAT(N1)
520=    FN2=FLOAT(N2)
530=    A2=A1*FN2/FN1
540=    *      PRINT 500, N1, N2, MM, A1, A2
550=    *      500 FORMAT(1H1//10X, 'N1 = ', I3, 4X, 'N2 = ', I3, 4X, 'M = ', I3, 4X,
560=    *          'A1 = ', F7. 3, 4X, 'A2 = ', F7. 3/)
570=    *      WRITE(6, 501) DNMIN, KASS
580=    *      501 FORMAT(10X, 'DNMIN = ', I3, 5X, 'KASS = ', I2/)
590=    A1=A1/FN1
600=    AB=A1-TRANS
610=    IF(AB LE. 0.) THEN
620=    *      PRINT 510
630=    *      510 FORMAT(/10X, 'A1/N1-2*R DOIT ETRE POSITIF')
640=    *      STOP
650=    *    END IF
660=    PMIN=-132-(KONT-1)*8
670=    PRINT 520, PMIN, A1, TRANS, IFILTR
680=    *      520 FORMAT(10X, 'PMIN = ', I4, 4X, 'A1/N1 = ', F7. 3, 4X, '2*R = ', F8. 4,
690=    *          4X, 'FILTRE = ', I2/)
700=
710=    N1S2=MAXO(1, N1/2)
720=    N2S2=MAXO(1, N2/2)
730=    N12S2=N12/2
740=    T13=1. /3.
750=    T23=2. /3.
760=    EPS=1. E-6
770=    *    INDEX=0
780=    *    PMAX=0.

```

```

780=      CALL DISTNC(N12S2, PMIN, DA, DD, DR, DT)
790=*
800=      MDD=0
810=      DO 210 M=1, N12S2
820=      MDD=MDD+1
830=      IF(AB. GE. DD(M)) GO TO 215
840= 210  CONTINUE
850=*
860= 215  MDT=0
870=      DO 220 M=1, N12S2
880=      MDT=MDT+1
890=      IF(AB. GE. DT(M)) GO TO 225
900= 220  CONTINUE
910=*
920= 225  MDR=0
930=      DO 230 M=1, N12S2
940=      MDR=MDR+1
950=      IF(AB*M. GE. DR(M)) GO TO 200
960= 230  CONTINUE
970= 200  PRINT 650, DA, MDD, MDT, MDR
980= 650  FORMAT(10X, 'DA = ', F7.4, 4X, 'MDD = ', I4, 4X, 'MDT = ', I4, 4X,
990=      *      'MDR = ', I4//)
1000=      LDK=MAX(MDD, MDT, 2*MDR)
1010=      IF(IMPRIM. EQ. 1) PRINT 700
1020= 700  FORMAT(12X, 'I1', ' ', I2', 6X, 'D1', 7X, 'D2', 7X, 'P12', 7X, 'DO',
1030=      *      4X, 'DN'//)
1040=*
1050=*
1060=*      LECTURE DES COUPLES (I1, I2) ET DES DISTANCES CORRESPONDANTES
1070=*
1080=*
1090= 800  READ (1, END=1000) I1, I2, IEK
1100=*
1110=*      CALCUL DES DISTANCES DDK ASSOCIEES A L'ASSIGNATION
1120=*      LINEAIRE EN DIMENSION 2
1130=*
1140=      DO 20 LL=1, N12S2
1150=      DDK(LL)=SQRT(FLOAT(IEK(LL)))*A1
1160= 20  DDK(N12-LL)=DDK(LL)
1170=*
1180=*      CALCUL DES VECTEURS A(I3)
1190=*
1200=      DO 100 I=1, MM
1210=      IA(I)=I1*COORD(I, 1)+I2*COORD(I, 2)
1220=      IA(I)=MOD(IA(I), N12)
1230= 100  IF(IA(I).LT.0) IA(I)=IA(I)+N12
1240=      DO 110 I=2, MM
1250= 110  IA(I)=N12-IA(I)
1260=*
1270=*      METTRE EN ORDRE CROISSANT LE VECTEUR IA
1280=*
1290=      DO 120 I=2, MM-1
1300=      DO 120 J=I+1, MM
1310=      IF(IA(I).GT. IA(J)) THEN
1320=      TEMP=IA(I)
1330=      IA(I)=IA(J)
1340=      IA(J)=TEMP
1350=      END IF
1360= 120  CONTINUE
1370=*
1380=*      CALCUL DE L'ECART MINIMAL DN ENTRE DEUX FREQUENCES
1390=*      D'UNE MEME CELLULE
1400=*
1410=      DN=10000
1420=      DO 130 I=2, MM
1430= 130  DN=MIN(DN, IA(I)-IA(I-1))
1440=      DN=MIN(DN, N12-IA(MM))
1450=      IF(DN.LT. DNMIN) GO TO 800
1460=*

```

```

1470=* VERIFICATION DES CONDITIONS D'INTERMODULATION MODULO N1*N2
1480=*
1490= DO 140 I=1, MM
1500= DO 140 J=I, MM
1510= 140 A(I, J)=MOD(IA(I)+IA(J), N12)
1520=*
1530= DO 150 I=1, MM
1540= DO 160 J=1, MM
1550= IF (J.EQ. I) GO TO 160
1560= DO 170 K=1, J-1
1570= IF (K.EQ. I) GO TO 170
1580= IF (A(I, I).EQ. A(K, J)) GO TO 800
1590= 170 CONTINUE
1600= 160 CONTINUE
1610= 150 CONTINUE
1620=*
1630=* CALCUL DE LA DISTANCE DO(MIN)
1640=*
1650= DZM=1. E10
1660= DO 30 I=2, MM
1670= DO 30 J=1, I-1
1680= K1=IA(I)-IA(J)
1690= 30 DZM=AMIN1(DZM, DDK(K1))
1700=*
1710=C IF (DZM-TRANS. LT. 5.) GO TO 800
1720=*
1730=* CALCUL DES DISTANCES DK
1740=*
1750= DO 35 K=1, LDK
1760= DK(K)=DDK(K)
1770= DO 35 I=2, MM
1780= DO 35 J=1, I-1
1790= KO=IA(I)-IA(J)
1800= K1=MOD(KO+K, N12)
1810= K2=MOD(IABS(KO-K), N12)
1820= IF (K1.EQ. 0) K1=K
1830= IF (K2.EQ. 0) K2=K
1840= 35 DK(K)=AMIN1(DK(K), DDK(K1), DDK(K2))
1850=*
1860= DO 36 K=1, LDK
1870= 36 DK(K)=DK(K)-TRANS
1880=*
1890=* VERIFICATION DE LA CONDITION D'ADJACENCE
1900=*
1910= IF (KASS.EQ. 1) THEN
1920= IF (DK(1).LT. DA) GO TO 800
1930= END IF
1940=*
1950=* VERIFICATION DES CONDITIONS DE DESENSIBILISATION
1960=*
1970= DO 25 M=1, MDD
1980= 25 IF (DK(M).LT. DD(KASS*M)) GO TO 800
1990=*
2000=* VERIFICATION DES CONTIONS D'INTERMODULATION TX
2010=*
2020= DO 26 M=1, MDT
2030= 26 IF (DK(M).LT. DT(KASS*M)) GO TO 800
2040=*
2050=* VERIFICATION DES CONDITIONS D'INTERMODULATION RX
2060=*
2070= DO 40 K=1, N12S2, 2
2080= DO 45 N=0, N12S2
2090= K1=K*2**N
2100= IF (K1.GE. MDR) GO TO 40
2110= K2=K1*2
2120= T=DK(K1)**T23*DK(K2)**T13*KASS*K1
2130= IF (T.LT. DR(KASS*K1)) GO TO 800
2140= 45 CONTINUE
2150= 40 CONTINUE
2160=*
2170=* CALCUL DU MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
2180=*
2190= INDEX=INDEX+1
2200= P12=DK(1)**T23*DK(2)**T13*KASS
2210= DIFF=ABS(P12-PMAX)
2220= IF (DIFF.LE. EPS) THEN
2230= NMAX=NMAX+1
2240= I1MAX(NMAX)=I1
2250= I2MAX(NMAX)=I2
2260= ELSE IF (P12.GT. PMAX) THEN

```

```

2270=      PMAX=P12
2280=      NMAX=1
2290=      I1MAX(NMAX)=I1
2300=      I2MAX(NMAX)=I2
2310=      END IF
2320=*
2330=      WRITE (2) I1, I2, IA, DN
2340=*
2350=      IF (IMPRIM.EQ.1) THEN
2360=*
2370=*      IMPRESSION DES COUPLES (I1, I2) ADMISSIBLES
2380=*
2390=      PRINT 530, I1, I2, DK(1), DK(2), P12, DZM-TRANS, DN
2400= 530  FORMAT(9X, 2I5, 1X, 4F9.2, I5)
2410=      WRITE(6, 531) (IA(I), I=1, MM)
2420=531  FORMAT(12X, 'A(I3) = ', 10I5/20X, 10I5)
2430=      END IF
2440=*
2450=      GO TO 800
2460=*
2470= 1000 IF (INDEX.EQ.0) THEN
2480=      PRINT 620
2490= 620  FORMAT(/10X, 'IL N'Y A PAS DE SOLUTION')
2500=      STOP
2510=      END IF
2520=      PRINT 550, INDEX
2530= 550  FORMAT(/10X, 'NOMBRE DE COUPLES (I1, I2) ADMISSIBLES = ', I8/)
2540=*
2550=*      IMPRESSION DU MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
2560=*      ET DES COUPLES (I1, I2)
2570=*
2580=      PRINT 680, PMAX
2590= 680  FORMAT(/10X, '(I1, I2) DONNANT LE MAXIMUM DU PRODUIT ',
2600=      #      '((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)'/
2610=      #      10X, 'MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3) = ', F8.3)
2620=*
2630= 630  PRINT 630, '      I1=      I2='
2640=      PRINT 640, (I1MAX(LL), I2MAX(LL), LL=1, NMAX)
2650= 640  FORMAT(10X, 2I6)
2660=      PRINT 660, NMAX
2670= 660  FORMAT(/10X, 'NMAX = ', I6)
2680=      STOP
2690=      END
2700=      SUBROUTINE DISTNC(N12S2, PMIN, DA, DD, DR, DT)
2710=*
2720=*      CALCUL DES DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS DE NON-
2730=*      INTERFERENCE EN UTILISANT LE FILTRE DEFINI PAR LA FONCTION
2740=*      FILTRE
2750=*
2760=      INTEGER PMIN
2770=      DIMENSION DD(512), DR(512), DT(512)
2780=*
2790=*      INITIALISATIONS
2800=*
2810=      F=160.
2820=      ERP=23.
2830=      OCRA=74.
2840=*
2850=*      CALCUL DE DA (DISTANCE ASSOCIEE A L'ADJACENCE)
2860=*
2870=      DA=-20.*LOG10(F)+ERP-PMIN-22.2-OCRA+FILTRE(1)
2880=      DA=DA/20.
2890=      DA=10**DA
2900=*
2910=*      CALCUL DE DD(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDIONS DE
2920=*      DESENSIBILISATION)
2930=*
2940=      DO 10 M=1, 13
2950=      DD(M)=-20.*LOG10(F)+ERP-PMIN-22.2-85.5-6.3*LOG10(0.03*M)+FILTRE(M)
2960=      DD(M)=DD(M)/20.
2970= 10  DD(M)=10**DD(M)
2980=*
2990=      DO 20 M=14, 333
3000=      DD(M)=-20.*LOG10(F)+ERP-PMIN-22.2-96.1-32.9*LOG10(0.03*M)
3010=      #      +FILTRE(M)
3020=      DD(M)=DD(M)/20.
3030= 20  DD(M)=10**DD(M)
3040=*
3050=      DO 25 M=334, N12S2
3060=      DD(M)=0.
3070=*

```

```

3080=*      CALCUL DE DR(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS
3090=*      D'INTERMODULATION RX)
3100=*
3110=      DO 30 M=1,N1252
3120=      DR(M)=3.*ERP-60.*LOG10(F)-PMIN-68.60-60.*LOG10(1.5)
3130=      * +2.*FILTRE(M)+FILTRE(2*M)
3140=      DR(M)=DR(M)/60.
3150=      DR(M)=10**DR(M)
3160=      30 DR(M)=DR(M)/0.03
3170=*
3180=*      CALCUL DE DT(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS
3190=*      D'INTERMODULATION TX)
3200=*
3210=      DO 40 M=1,N1252
3220=      DT(M)=ERP-PMIN-40.*LOG10(F)-40.8-57.*LOG10(1.5+0.03*M)
3230=      * +9.*LOG10(0.03*M)+2.*FILTRE(M)
3240=      DT(M)=DT(M)/40.
3250=      40 DT(M)=10**DT(M)
3260=*
3270=      RETURN
3280=      END
3290=      FUNCTION FILTRE(M)
3300=      COMMON/FIL/IFILTR
3310=*
3320=*      CARACTERISTIQUES DU FILTRE UTILISE
3330=*
3340=      GO TO(1,2,3),(IFILTR+1)
3350=*
3360=      1 FILTRE=0.
3370=      RETURN
3380=*
3390=      2 IF(M.LE.6) THEN
3400=      FILTRE=-10.*M
3410=      ELSE
3420=      FILTRE=-60.
3430=      END IF
3440=      RETURN
3450=*
3460=      3 IF(M.LE.3) THEN
3470=      FILTRE=-20.*M
3480=      ELSE
3490=      FILTRE=-60.
3500=      END IF
3510=*
3520=      RETURN
3530=      END
3540=*WEOR
3550=32. 32 19
3560=32. 0. 95
3570=1
3580=1 2
3590=1 1
3600=0 0
3610=-14 0
3620=-12 7
3630=-7 12
3640=-1 14
3650=5 13
3660=10 9
3670=14 4
3680=14 -12
3690=11 -12
3700=6 -12
3710=0 -14
3720=-7 -12
3730=-12 -6
3740=6 -4
3750=0 -8
3760=-5 -4
3770=-5 4
3780=1 8

```

DISQUE : 32 32 1000.00000 .00000

```

-1 140 0
-1 144 1
-1 148 1
-1 152 1
-1 156 1
-1 160 1
-1 164 1
-1 168 1
-1 172 1
-1 176 1
-1 180 1
-1 184 1
-1 188 1
-1 192 1
-1 196 1
-1 200 1
-1 204 1
-1 208 1
-1 212 1
-1 216 1
-1 220 1
-1 224 1
-1 228 1
-1 232 1
-1 236 1
-1 240 1
-1 244 1
-1 248 1
-1 252 1
-1 256 1
-1 260 1
-1 264 1
-1 268 1
-1 272 1
-1 276 1
-1 280 1
-1 284 1
-1 288 1
-1 292 1
-1 296 1
-1 300 1
-1 304 1
-1 308 1
-1 312 1
-1 316 1
-1 320 1
-1 324 1
-1 328 1
-1 332 1
-1 336 1
-1 340 1
-1 344 1
-1 348 1
-1 352 1
-1 356 1
-1 360 1
-1 364 1
-1 368 1
-1 372 1
-1 376 1
-1 380 1
-1 384 1
-1 388 1
-1 392 1
-1 396 1
-1 400 1
-1 404 1
-1 408 1
-1 412 1
-1 416 1
-1 420 1
-1 424 1
-1 428 1
-1 432 1
-1 436 1
-1 440 1
-1 444 1
-1 448 1
-1 452 1
-1 456 1
-1 460 1
-1 464 1
-1 468 1
-1 472 1
-1 476 1
-1 480 1
-1 484 1
-1 488 1
-1 492 1
-1 496 1
-1 500 1
-1 504 1
-1 508 1
-1 512 1
-1 516 1
-1 520 1
-1 524 1
-1 528 1
-1 532 1
-1 536 1
-1 540 1
-1 544 1
-1 548 1
-1 552 1
-1 556 1
-1 560 1
-1 564 1
-1 568 1
-1 572 1
-1 576 1
-1 580 1
-1 584 1
-1 588 1
-1 592 1
-1 596 1
-1 600 1
-1 604 1
-1 608 1
-1 612 1
-1 616 1
-1 620 1
-1 624 1
-1 628 1
-1 632 1
-1 636 1
-1 640 1
-1 644 1
-1 648 1
-1 652 1
-1 656 1
-1 660 1
-1 664 1
-1 668 1
-1 672 1
-1 676 1
-1 680 1
-1 684 1
-1 688 1
-1 692 1
-1 696 1
-1 700 1
-1 704 1
-1 708 1
-1 712 1
-1 716 1
-1 720 1
-1 724 1
-1 728 1
-1 732 1
-1 736 1
-1 740 1
-1 744 1
-1 748 1
-1 752 1
-1 756 1
-1 760 1
-1 764 1
-1 768 1
-1 772 1
-1 776 1
-1 780 1
-1 784 1
-1 788 1
-1 792 1
-1 796 1
-1 800 1
-1 804 1
-1 808 1
-1 812 1
-1 816 1
-1 820 1
-1 824 1
-1 828 1
-1 832 1
-1 836 1
-1 840 1
-1 844 1
-1 848 1
-1 852 1
-1 856 1
-1 860 1
-1 864 1
-1 868 1
-1 872 1
-1 876 1
-1 880 1
-1 884 1
-1 888 1
-1 892 1
-1 896 1
-1 900 1
-1 904 1
-1 908 1
-1 912 1
-1 916 1
-1 920 1
-1 924 1
-1 928 1
-1 932 1
-1 936 1
-1 940 1
-1 944 1
-1 948 1
-1 952 1
-1 956 1
-1 960 1
-1 964 1
-1 968 1
-1 972 1
-1 976 1
-1 980 1
-1 984 1
-1 988 1
-1 992 1
-1 996 1
-1 1000 1

```

FREA 2 CP 102.927
26.52

N1 = 32 N2 = 32 M = 19 A1 = 32.000 A2 = 32.000
DNMIN = 1 KASS = 1
PMIN = -132 A1/N1 = 1.000 2*R = .9500 FILTRE = 2
DA = .5444 MDD = 2 MDT = 2 MDR = 3

I1	I2	D1	D2	P12	D0	DN
32	65	1.29	1.05	1.20	3.05	4
A(I3) =		0 19 68 117 146 168 316 420 448 468				
		472 520 588 706 774 910 924 953 1004				

NOMBRE DE COUPLES (I1, I2) ADMISSIBLES = 1

(I1, I2) DONNANT LE MAXIMUM DU PRODUIT ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3) = 1.202

I1= 32 I2= 65

NMAX = 1

FREA2

```

MFA      NOSBE 1.5  MFA      UMTL 564  85/04/11
14.45.33. FREA2F4  DE MFB/TLEI 85/04/25  CTL
14.45.33. IP      00003264 WORDS - FILE INPUT , DC 04
14.45.33. FREA2, CM70000, T300.
14.45.33. 03954      CRMS022
14.45.33. FTN5(L=0, OPT=3)
14.45.44.          61700 CM STORAGE USED.
14.45.44.          7.661 CP SECONDS COMPILATION TIME.
14.45.44. MONTE(GROUPE1)
14.45.44. MOUNTED VSN=UM9342, SN=GROUPE1
14.45.44. MOUNTED VSN=UM9343, SN=GROUPE1
14.45.44. MONTE(GROUPE3)
14.45.45. MOUNTED VSN=UM9347, SN=GROUPE3
14.45.45. REQUEST(TAPE2, *PF, SN=GROUPE1)
14.45.45. ATTACH(TAPE1, SN=GROUPE3)
14.45.45. AT CY= 001 SN=GROUPE3
14.45.45. LGD(INPUT, OUTPUT, TAPE1, TAPE2)
14.45.47. CM LWA+1 = 32502B, LOADER USED  50300B
14.46.40. STOP
14.46.40.          52600 MAXIMUM EXECUTION FL.
14.46.40.          92.733 CP SECONDS EXECUTION TIME.
14.46.40. CATALOG(TAPE2, XR=*---*)
14.46.40. INITIAL CATALOG
14.46.40. CT ID=  U003954 PFN=TAPE2
14.46.40. CT CY= 001 SN=GROUPE1 0000000064 WORDS.
14.46.40. OP      00000192 WORDS - FILE OUTPUT , DC 40
14.46.40. SEJOUR INPUT (SEC) T = 11
14.46.40. SEJOUR QUEUE CM (SEC) T = 0,
14.46.40. SEJOUR MEMOIRE (SEC) T = 67,
14.46.40. SEJOUR TOTAL (SEC) T = 78,
14.46.40. ESPACE DISQUE (PRU) ACT = 434,
14.46.40. ESPACE MEMOIRE (MOT) MOY = 53100,
14.46.40. TEMPS CP (SEC) T = 101.655
14.46.40. TEMPS IO (SEC) T = 71.635
14.46.40. TEMPS * MEMOIRE (KMS) TM = 3826.674
14.46.40. COUT(CP, IO, CM, NT)
14.46.40. FIN LEI 85/04/25

```

```

0 SWAPS
0 INTERACTIONS
101B ACCES DISQUE
MAX = 754
MAX = 61700B
COUT =$ 13.723
COUT =$ 1.287
COUT =$ 11.479
TOTAL=$ 26.492

```

```

14.48.28. FREA2F4. 3954-AO EQ(02-PTX) PR 1 85 LN 4 PG 85/04/25 MFA/

```

Annexe CPROGRAMME FREA3

Le programme FREA3 est similaire au programme FREA2 sauf qu'il prévoit le déplacement des antennes dans un petit carré concentrique à la cellule au lieu d'un petit disque. Le calcul des distances d_K a été modifié selon les formules développées au paragraphe 6.3 du rapport 83-84.

INPUT:

a)

Le fichier permanent créé par le programme FREA2.

b)

N1, N2, MM : voir annexe B.

A1, TRANS : A1 est la dimension horizontale de la ville. Ici TRANS est la longueur du petit carré concentrique à la cellule dans lequel on pourra déplacer les antennes sans violer les conditions de non-interférence.

IMPRIM : voir annexe B.

KONT, IFILTR : voir annexe B.

CORD(I,1),
COORD(I,2),
I=1, MM : voir annexe B.

OUTPUT:

La sortie est identique à celle du programme FREA2 sauf qu'ici, 2*R donne la longueur du côté du petit carré plutôt que le diamètre du disque. Evidemment les variables D1, D2, P12 et D0 correspondent aux distances du paragraphe 6.3 du rapport 83-84.

```

10=FREA3, CM70000, T500.
20=*CODE
30=FTN5(L=0, OPT=3)
40=MONTE(GROUPE1)
50=ATTACH(TAPE2, SN=GROUPE1)
60=LGD(INPUT, OUTPUT, TAPE2)
70=*WEQR
80=*FTN
90=*NUM
100=      PROGRAM FREA3(INPUT, OUTPUT, TAPE2, TAPE6=OUTPUT)
110=      COMMON/FIL/IFILTR
120=      INTEGER PMIN, COORD(25, 2), DN, SIG
130=      DIMENSION I1MAX(600), I2MAX(600), DK(1100),
140=      *          IA(25), DD(512), DT(512),
150=      *          DR(512)
160=*
170=*      LECTURE DES DONNEES ET INITIALISATIONS
180=*
190=      READ *, N1, N2, MM
200=      READ *, A1, TRANS
210=      READ *, IMPRIM
220=      READ *, KONT, IFILTR
230=      DO 7 I=1, MM
240=      7 READ *, COORD(I, 1), COORD(I, 2)
250=*
260=      READ (2) N1D, N2D, A1D, TRANSD
270=      PRINT 101, N1D, N2D, A1D, TRANSD
280=      101 FORMAT(1H1//10X, 'DISQUE : ', 2I6, 2F12. 5/)
290=      DO 8 I=1, MM
300=      8 PRINT 102, COORD(I, 1), COORD(I, 2)
310=      102 FORMAT(15X, 2I4)
320=*
330=      IF (N1*N2.LT. 2) THEN
340=      PRINT 920
350=      920 FORMAT(1H1, 9X, 'N1*N2 DOIT ETRE PLUS GRAND QUE UN')
360=      STOP
370=      END IF
380=      IF (KONT.LE. 0.OR. KONT.GT. 3) THEN
390=      PRINT 930
400=      930 FORMAT(1H1, 9X, 'KONT = 1, 2 OU 3')
410=      STOP
420=      END IF
430=*
440=      N12=N1*N2
450=      FN1=FLOAT(N1)
460=      FN2=FLOAT(N2)
470=      A2=A1*FN2/FN1
480=      PRINT 490
490=      490 FORMAT(1H1//10X, 'DEPLACEMENT DES ANTENNES DANS UN PETIT ',
500=      *          'CARRE DE COTE 2*R')
510=      PRINT 500, N1, N2, MM, A1, A2
520=      500 FORMAT(10X, 'N1 = ', I3, 4X, 'N2 = ', I3, 4X, 'M = ', I3, 4X,
530=      *          'A1 = ', F7. 3, 4X, 'A2 = ', F7. 3/)
540=      A1=A1/FN1
550=      AB=A1-TRANS
560=      IF (AB.LE. 0.) THEN
570=      PRINT 510
580=      510 FORMAT(//10X, 'A1/N1-2*R DOIT ETRE POSITIF')
590=      STOP
600=      END IF
610=      PMIN=-132-(KONT-1)*8
620=      PRINT 520, PMIN, A1, TRANS, IFILTR
630=      520 FORMAT(10X, 'PMIN = ', I4, 4X, 'A1/N1 = ', F7. 3, 4X, '2*R = ', F8. 4,
640=      *          4X, 'FILTRE = ', I2/)
650=      N1S2=MAXO(1, N1/2)
660=      N2S2=MAXO(1, N2/2)
670=      N12S2=N12/2
680=      T13=1./3.
690=      T23=2./3.
700=      EPS=1.E-6
710=      INDEX=0
720=      PMAX=0.
730=*

```

```

740=      CALL DISTNC(N12S2, PMIN, DA, DD, DR, DT)
750=*
760=      MDD=0
770=      DO 310 M=1, N12S2
780=      MDD=MDD+1
790=      IF(AB. GE. DD(M)) GO TO 315
800= 310 CONTINUE
810=*
820= 315 MDT=0
830=      DO 320 M=1, N12S2
840=      MDT=MDT+1
850=      IF(AB. GE. DT(M)) GO TO 325
860= 320 CONTINUE
870=*
880= 325 MDR=0
890=      DO 330 M=1, N12S2
900=      MDR=MDR+1
910=      IF(AB*M. GE. DR(M)) GO TO 300
920= 330 CONTINUE
930= 300 PRINT 650, DA, MDD, MDT, MDR
940= 650 FORMAT(10X, 'DA = ', F7.4, 4X, 'MDD = ', I4, 4X, 'MDT = ', I4, 4X,
950= *      'MDR = ', I4//)
960=      LDK=MAX(MDD, MDT, 2*MDR)
970=      IF(IMPRIM. EQ. 1) PRINT 700
980= 700 FORMAT(12X, 'I1', ' ', I2', 6X, 'D1', 7X, 'D2', 7X, 'P12', 7X, 'DO',
990= *      4X, 'DN'//)
1000=*
1010=*
1020=*      LECTURE DES COUPLES (I1, I2) ET DES DISTANCES CORRESPONDANTES
1030=*
1040=*
1050= 800 READ(2, END=1000) II1, II2, IA, DN
1060=*
1070=*      DEPLACEMENT DES ANTENNES DANS UN CARRE DE COTE 2R ET
1080=*      CALCUL DES DISTANCES CORRESPONDANTES DK(K)
1090=*
1100=      R=TRANS/(2.*A1)
1110=      DOMIN=1. E10
1120=      DO 195 K=1, LDK
1130= 195 DK(K)=1. E10
1140=*
1150=      DO 200 IO=1, MM
1160=      DO 210 I1=-N1, N1
1170=      DO 220 I2=-N2, N2
1180=      IS1=SIG(I1)
1190=      IS2=SIG(I2)
1200=      DC=(I1-2.*IS1*R)**2+(I2-2.*IS2*R)**2
1210=      DC=SQRT(DC)
1220=      IF(DC. EQ. 0.) GO TO 220
1230=      DO 230 I3=1, MM
1240=      K=II1*I1+II2*I2+IA(I3)
1250=      K=MOD(K, N12)
1260=      IF(K. LT. 0) K=K+N12
1270=      K=K-IA(IO)
1280=      IF(K. LT. 0) K=K+N12
1290=      IF(K. GT. LDK) GO TO 230
1300=      IF(K. EQ. 0) THEN
1310=      DOMIN=MIN(DOMIN, DC)
1320=      GO TO 230
1330=      END IF
1340=      IF(DC. GE. DK(K)) GO TO 230
1350=      DK(K)=DC
1360= 230 CONTINUE
1370= 220 CONTINUE
1380= 210 CONTINUE
1390= 200 CONTINUE
1400=*
1410=      DOMIN=DOMIN*A1
1420=      DO 240 K=1, LDK
1430= 240 DK(K)=DK(K)*A1
1440=*
1450=*      VERIFICATION DE LA CONDITION D'ADJACENCE
1460=*
1470=      IF(DK(1). LT. DA) GO TO 800
1480=*

```

```

1490=*      VERIFICATION DES CONDITIONS DE DESENSIBILISATION
1500=*
1510=      DO 25 M=1,MDD
1520=      25 IF(DK(M).LT.DD(M)) GO TO 800
1530=*
1540=*      VERIFICATION DES CONTIONS D'INTERMODULATION TX
1550=*
1560=      DO 26 M=1,MDT
1570=      26 IF(DK(M).LT.DT(M)) GO TO 800
1580=*
1590=*      VERIFICATION DES CONDITIONS D'INTERMODULATION RX
1600=*
1610=      DO 40 K=1,N12S2,2
1620=      DO 45 N=0,N12S2
1630=      K1=K**2**N
1640=      IF(K1.GE.MDR) GO TO 40
1650=      K2=K1*2
1660=      T=DK(K1)**T23*DK(K2)**T13*K1
1670=      IF(T.LT.DR(K1)) GO TO 800
1680=      45 CONTINUE
1690=      40 CONTINUE
1700=*
1710=*      CALCUL DU MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
1720=*
1730=      INDEX=INDEX+1
1740=      P12=DK(1)**T23*DK(2)**T13
1750=      DIFF=ABS(P12-PMAX)
1760=      IF(DIFF.LE.EPS) THEN
1770=      NMAX=NMAX+1
1780=      I1MAX(NMAX)=I11
1790=      I2MAX(NMAX)=I12
1800=      ELSE IF(P12.GT.PMAX) THEN
1810=      PMAX=P12
1820=      NMAX=1
1830=      I1MAX(NMAX)=I11
1840=      I2MAX(NMAX)=I12
1850=      END IF
1860=*
1870=      IF(IMPRIM.EG.1) THEN
1880=*
1890=*      IMPRESSION DES COUPLES (I1,I2) ADMISSIBLES
1900=*
1910=      PRINT 530,I11,I12,DK(1),DK(2),P12,DOMIN,DN
1920=      530 FORMAT(9X,2I5,1X,4F9.2,15)
1930=      WRITE(6,531) (A(I),I=1,MM)
1940=      531 FORMAT(12X,'A(I3) = ',10I5/20X,10I5)
1950=      END IF
1960=*
1970=      GO TO 800
1980=*
1990=      1000 IF(INDEX.EG.0) THEN
2000=      PRINT 620
2010=      620 FORMAT(/10X,'IL N'Y A PAS DE SOLUTION')
2020=      STOP
2030=      END IF
2040=      PRINT 550,INDEX
2050=      550 FORMAT(/10X,'NOMBRE DE COUPLES (I1,I2) ADMISSIBLES = ',I6/)
2060=*
2070=*      IMPRESSION DU MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
2080=*      ET DES COUPLES (I1,I2)
2090=*
2100=      PRINT 680,PMAX
2110=      680 FORMAT(/10X,'(I1,I2) DONNANT LE MAXIMUM DU PRODUIT ',
2120=      # ' ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3) /
2130=      # 10X,'MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3) = ',F8.3)
2140=      PRINT 630
2150=      630 FORMAT(/10X,' I1= I2=')
2160=      PRINT 640,(I1MAX(LL),I2MAX(LL),LL=1,NMAX)
2170=      640 FORMAT(10X,2I6)
2180=      PRINT 660,NMAX
2190=      660 FORMAT(/10X,'NMAX = ',I6)
2200=      STOP
2210=      END

```

```

2220= SUBROUTINE DISTNC(N1252, PMIN, DA, DD, DR, DT)
2230=*
2240=* CALCUL DES DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS DE NON-
2250=* INTERFERENCE EN UTILISANT LE FILTRE DEFINI PAR LA FONCTION
2260=* FILTRE
2270=*
2280= INTEGER PMIN
2290= DIMENSION DD(512), DR(512), DT(512)
2300=*
2310=* INITIALISATIONS
2320=*
2330= F=160.
2340= ERP=23.
2350= DCRA=74.
2360=*
2370=* CALCUL DE DA (DISTANCE ASSOCIEE A L'ADJACENCE)
2380=*
2390= DA=-20. *LOG10(F)+ERP-PMIN-22. 2-DCRA+FILTRE(1)
2400= DA=DA/20.
2410= DA=10**DA
2420=*
2430=* CALCUL DE DD(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDIONS DE
2440=* DESENSIBILISATION)
2450=*
2460= DO 10 M=1, 13
2470= DD(M)=-20. *LOG10(F)+ERP-PMIN-22. 2-85. 5-6. 3*LOG10(0. 03*M)+FILTRE(M)
2480= DD(M)=DD(M)/20.
2490= 10 DD(M)=10**DD(M)
2500=*
2510= DO 20 M=14, 333
2520= DD(M)=-20. *LOG10(F)+ERP-PMIN-22. 2-96. 1-32. 9*LOG10(0. 03*M)
2530= # +FILTRE(M)
2540= DD(M)=DD(M)/20.
2550= 20 DD(M)=10**DD(M)
2560=*
2570= DO 25 M=334, N1252
2580= 25 DD(M)=0.
2590=*
2600=* CALCUL DE DR(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS
2610=* D'INTERMODULATION RX)
2620=*
2630= DO 30 M=1, N1252
2640= DR(M)=3. *ERP-60. *LOG10(F)-PMIN-68. 60-60. *LOG10(1. 5)
2650= # +2. *FILTRE(M)+FILTRE(2*M)
2660= DR(M)=DR(M)/60.
2670= DR(M)=10**DR(M)
2680= 30 DR(M)=DR(M)/0. 03
2690=*
2700=* CALCUL DE DT(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS
2710=* D'INTERMODULATION TX)
2720=*
2730= DO 40 M=1, N1252
2740= DT(M)=ERP-PMIN-40. *LOG10(F)-40. 8-57. *LOG10(1. 5+0. 03*M)
2750= # +9. *LOG10(0. 03*M)+2. *FILTRE(M)
2760= DT(M)=DT(M)/40.
2770= 40 DT(M)=10**DT(M)
2780=*
2790= RETURN
2800= END
2810= FUNCTION FILTRE(M)
2820= COMMON/FIL/IFILTR
2830=*
2840=* CARACTERISTIQUES DU FILTRE UTILISE
2850=*
2860= GO TO(1, 2, 3), (IFILTR+1)
2870=*
2880= 1 FILTRE=0.
2890= RETURN
2900=*
2910= 2 IF(M. LE. 6) THEN
2920= FILTRE=-10. *M
2930= ELSE
2940= FILTRE=-60.
2950= END IF
2960= RETURN
2970=*
2980= 3 IF(M. LE. 3) THEN
2990= FILTRE=-20. *M
3000= ELSE
3010= FILTRE=-60.
3020= END IF
3030=*
3040= RETURN
3050= END

```

```

3060=      INTEGER FUNCTION SIG(I)
3070=      IF(I.GT.0) THEN
3080=      SIG=1
3090=      ELSE IF(I.LT.0) THEN
3100=      SIG=-1
3110=      ELSE
3120=      SIG=0
3130=      END IF
3140=      RETURN
3150=      END
3160=#WEOR
3170=32 32 19
3180=32 0.95
3190=1
3200=1 2
3210=1 1
3220=0 0
3230=-14 0
3240=-12 7
3250=-7 12
3260=-1 14
3270=5 13
3280=10 9
3290=14 4
3300=14 -2
3310=11 -8
3320=6 -12
3330=0 -14
3340=-7 -12
3350=-12 -6
3360=6 -4
3370=0 -8
3380=-5 -4
3390=-5 4
3400=1 8
    
```

17. 00. 58. T3954CS. 3954-A0 EQ(02-PTX) PR 1 341 LN 7 PG 85/04/25 MFA/ /

DISQUE : 32 32 32.00000 .95000

```

      1 1
      0 0
     -14 000
     -12 000
      -7 11
      -1 1144
       5 1133
      10 9
      14 4
      14 -1
      11 -1
       6 -1111
       0 -1114
      -7 -1122
     -12 -16
      -6 -144
     -5 -18
     -5 4
    
```

DEPLACEMENT DES ANTENNES DANS UN PETIT CARRE DE COTE 2*R

N1 = 32 N2 = 32 M = 19 A1 = 32.000 A2 = 32.000
 PMIN = -132 A1/N1 = 1.000 2*R = .9500 FILTRE = 2
 DA = .5444 MDD = 2 MDT = 2 MDR = 3

I1	I2	D1	D2	P12	DO	DN
32	65	1.05	1.05	1.05	3.05	4
A(I3) =		0 17	68 117	146 168	316 420	448 468
		472 520	588 706	774 910	924 953	1004

NOMBRE DE COUPLES (I1, I2) ADMISSIBLES = 1

(I1, I2) DONNANT LE MAXIMUM DU PRODUIT ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3)
 MAX ((D(1)-2R)**2/3)((D(2)-2R)**1/3) = 1.051

I1= 32 I2= 65

NMAX = 1

FA NOSBE 1.5 MFA UMTL 564 85/04/11
 40.32 FREA3AC DE MFB/TLEI 85/04/25 GTL
 40.32 IP 00003008 WORDS - FILE INPUT , DC 04
 40.32 FREA3, CM70000, T500.
 40.32 03954 CRMS022
 40.32 FTN5(L=0, OPT=3)
 40.42 61600 CM STORAGE USED.
 40.42 5.700 CP SECONDS COMPILATION TIME.
 40.42 MONTE(GROUPE1)
 40.43 MOUNTED VSN=UM9342, SN=GROUPE1
 40.43 MOUNTED VSN=UM9343, SN=GROUPE1
 40.43 ATTACH(TAPE2, SN=GROUPE1)
 40.43 AT CY= 001 SN=GROUPE1
 40.43 LGD(INPUT, OUTPUT, TAPE2)
 40.44 CM LWA+1 = 25051B, LOADER USED 42600B
 41.29 STOP
 41.29 40500 MAXIMUM EXECUTION FL.
 41.29 38.450 CP SECONDS EXECUTION TIME.
 41.29 OP 00000192 WORDS - FILE OUTPUT , DC 40
 41.29 SEJOUR INPUT (SEC) T = 1951
 41.29 SEJOUR QUEUE CM (SEC) T = 0, 0 SWAPS
 41.29 SEJOUR MEMDIRE (SEC) T = 57, 0 INTERACTIONS
 41.29 SEJOUR TOTAL (SEC) T = 2008, 144 ACCES DISQUE
 41.29 ESPACE DISQUE (PRU) ACT = 114, MAX = 388
 41.29 ESPACE MEMDIRE (MDT) MDY = 44700, MAX = 61600B
 41.29 TEMPS CP (SEC) T = 45.463 COUT =\$ 6.137
 41.29 TEMPS IO (SEC) T = 11.009 COUT =\$.177
 41.29 TEMPS * MEMOIRE (KMS) TM = 1065.036 COUT =\$ 3.175
 41.29 COUT(CP, IO, CM, NT) TOTAL=\$ 9.530
 41.29 FIN LEI 85/04/25

51.56. FREA3AC. 3954-AO EQ(02-PTX) PR 1 82 LN 4 PG 85/04/25 MFA/ AO S1

Annexe DPROGRAMME DREA3

Ce programme imprime, si désiré, les grilles d'une multistratégie $NL(i_1, i_2, n) = (I1*i_1 + I2*i_2 + T(n)) \bmod N1*N2$ pour $-8 \leq (i_1, i_2) \leq 8$ et $0 \leq m < M$. Il fournit aussi la liste des distances d_k , d_{\square} , D_k^D , D_k^T et D_k^R . Le calcul des distances d_{\square} est détaillé à la section 6.3 du rapport 83-84.

INPUT:

$N1, N2, MM$: voir annexe B.

$III1, II2,$
 $(IA(I), I=1, MM)$: définition de la multistratégie
 $NL(i_1, i_2, n) = (III1*i_1 + II2*i_2 + IA(n)) \bmod N1*N2.$

$A1, TRANS$: voir annexe C.

$KONT, IGRILL$: $KONT$ est un paramètre donnant la valeur de P_{MIN} .
 Si $IGRILL = 0$ les grilles de la multistratégie ne sont pas imprimées.

$MLIM, IFILTR$: le paramètre $MLIM$ contrôle l'impression des distances d_k . Le programme imprimera les distances d_k pour $k \leq MLIM$. $IFILTR$ permet de choisir la forme du filtre désiré.

$IFILTR = 0$ aucun filtre

$IFILTR = 1$ filtre large

$IFILTR = 2$ filtre étroit

OUTPUT:

N1, N2, M, I1, I2, A1, A1/N1, A(I3), PMIN, FILTRE ont la même signification que dans les autres programmes.

- 2*R : diamètre du petit carré dans lequel on peut déplacer les antennes.
- DO+(MIN) : distance minimum en km entre deux fréquences identiques.
- DO+(MAX) : distance maximum en km entre deux fréquences identiques.
- D(1) : distance d_1 .
- DA : distance $D_{\Delta f}^A$ pour le filtre considéré.
- M : fréquence ou canal.
- D(M) : distance d_m .
- DC(M) : distance d_{\square} calculée d'après les formules du paragraphe 6.3 du rapport 83-84.
- I1(M), I2(M), I3(M) : coordonnées de la fréquence m.
- DD(M) : distance D_m^D pour le filtre considéré.
- DT(M) : distance D_m^T pour le filtre considéré.
- P12 : valeur du produit $d_1^{2/3} d_2^{1/3}$.
- DR(M) : distance D_m^R pour le filtre considéré.

La dernière ligne du programme indique la condition de non-interférence la plus restrictive. Par exemple, le message INTERMODULATION TX M = 410 indique que la condition $d_{410} \geq d_{410}^T$ est soit saturée ($d_{410} = d_{410}^T$) ou sera la première condition de non-interférence à être saturée si le

paramètre 2xR est augmenté.

Remarque : si une des conditions de non-interférence n'est pas vérifiée,
le programme imprimera un astérisque vis-à-vis cette
= condition.

```

10=DREA3, CM70000, T200.
20=*CODE
30=FTN5(L=0, OPT=3)
40=LGD.
50=*WEOR
60=*FTN
70= PROGRAM DREA3(INPUT, OUTPUT)
80= DIMENSION IE(1024), EK(1024), DK(1024), IPO(20, 2), IP1(1024),
90= # IP2(1024), IP3(1024), MA(17), DCK(1024), DD(512), DT(512),
100= # DR(1024), IA(30)
110= INTEGER PMIN, SIG
120= COMMON/FIL/IFILTR
130=*
140=* LECTURE DES DONNEES ET INITIALISATIONS
150=*
160= READ *, N1, N2, MM
170= READ *, I11, I12, (IA(I), I=1, MM)
180= READ *, A1, TRANS
190= READ *, KONT, IGRILL
200= READ *, MLIM, IFILTR
210=*
220= IF(N1*N2.LT.3) THEN
230= PRINT 700
240= 700 FORMAT(1H1, 9X, 'N1*N2 DOIT ETRE PLUS GRAND QUE DEUX')
250= STOP
260= END IF
270= IF(KONT.LE.0.OR.KONT.GT.3) THEN
280= PRINT 710
290= 710 FORMAT(1H1, 9X, 'KONT = 1, 2 OU 3')
300= STOP
310= END IF
320=*
330= A2=A1*N2/N1
340= N12=N1*N2
350= A1SN1=A1/FLOAT(N1)
360= AB=A1SN1-TRANS
370= IF(AB.LE.0.) THEN
380= PRINT 560
390= 560 FORMAT(/10X, 'A1/N1-2*R DOIT ETRE POSITIF')
400= STOP
410= END IF
420= N1S2=N1/2
430= N2S2=N2/2
440= N12S2=N12/2
450= T13=1./3.
460= T23=2./3.
470= PMIN=-132-(KONT-1)*8
480= MMM1=MM-1
490=*
500= CALL DISTNC(N12, N12S2, PMIN, DA, DD, DR, DT)
510=*
520= IF(IGRILL.EG.0) GO TO 1000
530=*
540=* IMPRESSION DE LA GRILLE DES ASSIGNATIONS POUR -B<=I1, I2<=B
550=*
560= PRINT 530, N1, N2, MM, A1, A2, I11, I12, (IA(I), I=1, MM)
570= 530 FORMAT(1H1/10X, 'N1 = ', I3, 5X, 'N2 = ', I3, 5X, 'M = ', I3//
580= # 10X, 'A1 = ', F7.3, 5X, 'A2 = ', F7.3//
590= # 10X, 'I1 = ', I4, 5X, 'I2 = ', I4, 5X, 'A(I3) = ', 10I4/36X, 10I4/)
600=*
610= DO 10 IRE=0, MMM1
620= IP=IA(IRE+1)
630= PRINT 545, IRE
640= 545 FORMAT(1H1//37X, 'I3 = ', I3)
650= PRINT 540, (II-9, II=1, 17)
660= 540 FORMAT(/5X, 17I4/1X, B0(1H-))
670= DO 20 I2=8, -8, -1
680= DO 30 I1=-8, 8
690= K=I1*I1+I12*I2+IP
700= K=MOD(K, N12)
710= IF(K.LT.0) K=K+N12
720= MA(I1+9)=K
730= 30 CONTINUE
740= PRINT 550, I2, (MA(L), L=1, 17)
750= 550 FORMAT(1X, I3, ' I ', 17I4/5X, ' I '/5X, ' I ')
760= 20 CONTINUE
770= 10 CONTINUE
780=*

```

```

790= 1000 PRINT 570,N1,N2,MM,II1,II2
800= 570 FORMAT(1H1/10X,'N1 = ',I3,3X,'N2 = ',I3,3X,'M = ',I3,5X,
810= * 'I1 = ',I4,3X,'I2 = ',I4/)
820= PRINT 580,A1,A1SN1,TRANS
830= 580 FORMAT(10X,'A1 = ',F8.3,5X,'A1/N1 = ',F8.3,5X,'2*R = ',F8.3/)
840= PRINT 585,(IA(I),I=1,MM)
850= 585 FORMAT(10X,'A(I3) = ',10I5/18X,10I5)
860= PRINT 586,PMIN,IFILTR
870= 586 FORMAT(/10X,'PMIN = ',I4,5X,'FILTRE = ',I2)
880= DO 50 K=1,N12-1
890= IE(K)=1000000
900= 50 DCK(K)=1.E10
910=*
920=* CALCUL DES DISTANCES EK**2 ET DES COORDONNEES CORRESPONDANTES
930=* IP1(K), IP2(K) ET IP3(K)
940=*
950= DO 100 IO=1,MM
960= DO 110 I1=-N1,N1
970= DO 120 I2=-N2,N2
980= ID=I1*I1+I2*I2
990= IF(ID.EQ.0) GO TO 120
1000= DO 130 I3=1,MM
1010= K=II1*I1+II2*I2+IA(I3)
1020= K=MOD(K,N12)
1030= IF(K.LT.0) K=K+N12
1040= K=K-IA(IO)
1050= IF(K.EQ.0) GO TO 130
1060= IF(K.LT.0) K=K+N12
1070= IF(ID.GT.IE(K)) GO TO 130
1080= IE(K)=ID
1090= IP1(K)=I1
1100= IP2(K)=I2
1110= IP3(K)=I3-1
1120= 130 CONTINUE
1130= 120 CONTINUE
1140= 110 CONTINUE
1150= 100 CONTINUE
1160=*
1170=* CALCUL DES DISTANCES EK ET DK
1180=*
1190= DO 80 K=1,N12-1
1200= EK(K)=SQRT(FLDAT(IE(K)))
1210= 80 DK(K)=EK(K)*A1SN1
1220=*
1230=* DEPLACEMENT DES ANTENNES DANS UN CARRE DE COTE 2R
1240=* CALCUL DES DISTANCES DCK(K)
1250=*
1260= R=TRANS/(2.*A1SN1)
1270= DOMIN=1.E10
1280= DOMAX=0.
1290=*
1300= DO 200 IO=1,MM
1310= DO 210 I1=-N1,N1
1320= DO 220 I2=-N2,N2
1330= IS1=SIG(I1)
1340= IS2=SIG(I2)
1350= DC=(I1-2.*IS1*R)**2+(I2-2.*IS2*R)**2
1360= DC=SQRT(DC)
1370= IF(DC.EQ.0.) GO TO 220
1380= DO 230 I3=1,MM
1390= K=II1*I1+II2*I2+IA(I3)
1400= K=MOD(K,N12)
1410= IF(K.LT.0) K=K+N12
1420= K=K-IA(IO)
1430= IF(K.LT.0) K=K+N12
1440= IF(K.EQ.0) THEN
1450= DOMIN=MIN(DOMIN,DC)
1460= GO TO 230
1470= END IF
1480= IF(DC.GE.DCK(K)) GO TO 230
1490= DCK(K)=DC
1500= 230 CONTINUE
1510= 220 CONTINUE
1520= 210 CONTINUE
1530= 200 CONTINUE
1540=*

```

```

1550= DO 240 K=1,N12-1
1560= 240 DCK(K)=DCK(K)*A1SN1
1570=*
1580=* CALCUL DE LA DISTANCE DZERO+(MAX) (POUR LES FREQUENCES
1590=* INTERIEURES)
1600=*
1610= I=0
1620= DO 140 I1=-N1S2,N1S2
1630= DO 140 I2=-N2S2,N2S2
1640= DO 140 I3=1,MM
1650= K=I11*I1+I12*I2+IA(I3)
1660= K=MOD(K,N12)
1670= IF(K.EQ.0) THEN
1680= I=I+1
1690= IPO(I,1)=I1
1700= IPO(I,2)=I2
1710= END IF
1720= 140 CONTINUE
1730=*
1740= DO 150 I=1,MM-1
1750= I1=IPO(I,1)
1760= I2=IPO(I,2)
1770= DO 150 J=I+1,MM
1780= J1=IPO(J,1)
1790= J2=IPO(J,2)
1800= DC=(ABS(I1-J1)+2.*R)**2+(ABS(I2-J2)+2.*R)**2
1810= DC=SGRT(DC)
1820= 150 DOMAX=MAX(DOMAX,DC)
1830= DOMIN=DOMIN*A1SN1
1840= DOMAX=DOMAX*A1SN1
1850= PRINT 692,DOMIN,DOMAX
1860= 692 FORMAT(/10X,'DO+(MIN) = ',F7.3,5X,'DO+(MAX) = ',F7.3//)
1870=*
1880=* VERIFICATION DES CONDITIONS DE NON-INTERFERENCE
1890=*
1900=* VERIFICATION DE LA CONDITION D'ADJACENCE
1910=*
1920= PRINT 730,DCK(1),DA
1930= 730 FORMAT(10X,'CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = ',F7.3,5X,
1940= # 'DA = ',F10.4)
1950= # DZ=DA/DCK(1)
1960= IPOS=1
1970= IF(DZ.GT.1.) PRINT 731
1980= 731 FORMAT('+',66X,'*')
1990=*
2000=* VERIFICATION DES CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET
2010=* D'INTERMODULATION TX
2020=*
2030= PRINT 659
2040= 659 FORMAT(/10X,'CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET ',
2050= # 'D'INTERMODULATION TX: '//)
2060= PRINT 660
2070= 660 FORMAT(12X,'M',5X,'D(M)',4X,' DC(M)',2X,'I1(M)',2X,
2080= # 'I2(M)',2X,'I3(M)',2X,' DD(M)',5X,'DT(M)')
2090= DO 250 M=1,N12S2
2100= Z1=DD(M)/DCK(M)
2110= Z2=DT(M)/DCK(M)
2120= Z=MAX(Z1,Z2)
2130= IF(Z1.GT.DZ) THEN
2140= MMM=M
2150= IPOS=2
2160= DZ=Z1
2170= END IF
2180= IF(Z2.GT.DZ) THEN
2190= MMM=M
2200= IPOS=3
2210= DZ=Z2
2220= END IF
2230= IF(M.LE.MLIM) THEN
2240= PRINT 630,M,DK(M),DCK(M),IP1(M),IP2(M),IP3(M),DD(M),DT(M)
2250= 630 FORMAT(10X,I3,F10.3,F11.4,I6,I7,I6,2F10.4)
2260= IF(Z.GT.1.) PRINT 632
2270= 632 FORMAT('+',73X,'*')
2280= ELSE IF(Z.GT.1.) THEN
2290= PRINT 630,M,DK(M),DCK(M),IP1(M),IP2(M),IP3(M),DD(M),DT(M)
2300= PRINT 632
2310= END IF
2320=*
2330= 250 CONTINUE
2340=*

```

```

2350=* VERIFICATION DES CONDITIONS D'INTERMODULATION RX
2360=*
2370=* PRINT 669
2380= 669 FORMAT(/10X, 'CONDITIONS D'INTERMODULATION RX: ')
2390=* PRINT 670
2400= 670 FORMAT(/12X, 'M', 4X, 'D(M)', 3X, ' DC(M) ', 2X, 'I1(M)', 2X, 'I2(M)',
2410=* # ' 2X, 'I3(M)', 5X, 'P12', 6X, 'DR(M)'/)
2420=*
2430= DO 90 K=1, N12S2, 2
2440= DO 95 N=0, N12S2
2450= M=K**2**N
2460= IF(M. GE. N12S2) GO TO 90
2470= M2=2**M
2480= P12=(DCK(M)**T23)*(DCK(M2)**T13)**M
2490= Z=DR(M)/P12
2500= IF(Z. GT. DZ) THEN
2510= MMM=M
2520= IPOS=4
2530= DZ=Z
2540= END IF
2550= IF(M. LE. MLIM) THEN
2560= PRINT 600, M, DK(M), DCK(M), IP1(M), IP2(M), IP3(M), P12, DR(M)
2570= 600 FORMAT(10X, I3, 2F9. 3, I6, I7, I6, F12. 4, F10. 4)
2580= IF(Z. GT. 1.) PRINT 601
2590= 601 FORMAT('+', 72X, '*')
2600= ELSE IF(Z. GT. 1.) THEN
2610= PRINT 600, M, DK(M), DCK(M), IP1(M), IP2(M), IP3(M), P12, DR(M)
2620= PRINT 601
2630= END IF
2640= 95 CONTINUE
2650= 90 CONTINUE
2660= IF(IPOS. EQ. 1) PRINT 800
2670= IF(IPOS. EQ. 2) PRINT 810, MMM
2680= IF(IPOS. EQ. 3) PRINT 820, MMM
2690= IF(IPOS. EQ. 4) PRINT 830, MMM
2700= 800 FORMAT(/10X, 'ADJACENCE')
2710= 810 FORMAT(/10X, 'DESENSIBILISATION M = ', I3/)
2720= 820 FORMAT(/10X, 'INTERMODULATION TX M = ', I3/)
2730= 830 FORMAT(/10X, 'INTERMODULATION RX M = ', I3/)
2740=*
2750= STOP
2760= END
2770= SUBROUTINE DISTNC(N12, N12S2, PMIN, DA, DD, DR, DT)
2780=*
2790=* CALCUL DES DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS DE NON-
2800=* INTERFERENCE EN UTILISANT LE FILTRE DEFINI PAR LA FONCTION
2810=* FILTRE
2820=*
2830= INTEGER PMIN
2840= DIMENSION DD(512), DR(1024), DT(512)
2850=*
2860=* INITIALISATIONS
2870=*
2880= F=160.
2890= ERP=23.
2900= OCRA=74.
2910=*
2920=* CALCUL DE DA (DISTANCE ASSOCIEE A L'ADJACENCE)
2930=*
2940= DA=-20.*LOG10(F)+ERP-PMIN-22. 2-OCRA+FILTRE(1)
2950= DA=DA/20.
2960= DA=10**DA
2970=*
2980=* CALCUL DE DD(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDIONS DE
2990=* DESENSIBILISATION)
3000=*
3010= DO 10 M=1, 13
3020= DD(M)=-20.*LOG10(F)+ERP-PMIN-22. 2-85. 5-6. 3*LOG10(0. 03*M)+FILTRE(M)
3030= DD(M)=DD(M)/20.
3040= 10 DD(M)=10**DD(M)
3050=*
3060= DO 20 M=14, 333
3070= DD(M)=-20.*LOG10(F)+ERP-PMIN-22. 2-96. 1-32. 9*LOG10(0. 03*M)
3080= # +FILTRE(M)
3090= DD(M)=DD(M)/20.
3100= 20 DD(M)=10**DD(M)
3110=*
3120= DO 25 M=334, N12S2
3130= 25 DD(M)=0.
3140=*

```

```

3150=*      CALCUL DE DR(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS
3160=*      - D'INTERMODULATION RX)
3170=*
3180=      DO 30 M=1,N12-1
3190=      DR(M)=3.*ERP-60.*LOG10(F)-PMIN-68.60-60.*LOG10(1.5)
3200=      * +2.*FILTRE(M)+FILTRE(2*M)
3210=      DR(M)=DR(M)/60.
3220=      DR(M)=10**DR(M)
3230=      30 DR(M)=DR(M)/0.03
3240=*
3250=*      CALCUL DE DT(M) (DISTANCES ASSOCIEES AUX CONDITIONS
3260=*      D'INTERMODULATION TX)
3270=*
3280=      DO 40 M=1,N1252
3290=      DT(M)=ERP-PMIN-40.*LOG10(F)-40.8-57.*LOG10(1.5+0.03*M)
3300=      * +9.*LOG10(0.03*M)+2.*FILTRE(M)
3310=      DT(M)=DT(M)/40.
3320=      40 DT(M)=10**DT(M)
3330=*
3340=      RETURN
3350=      END
3360=      FUNCTION FILTRE(M)
3370=      COMMON/FIL/IFILTR
3380=*
3390=*      CARACTERISTIQUES DU FILTRE UTILISE
3400=*
3410=      GO TO(1,2,3),(IFILTR+1)
3420=*
3430=      1 FILTRE=0.
3440=      RETURN
3450=*
3460=      2 IF(M.LE.6) THEN
3470=      FILTRE=-10.*M
3480=      ELSE
3490=      FILTRE=-60.
3500=      END IF
3510=      RETURN
3520=*
3530=      3 IF(M.LE.3) THEN
3540=      FILTRE=-20.*M
3550=      ELSE
3560=      FILTRE=-60.
3570=      END IF
3580=*
3590=      RETURN
3600=      END
3610=      INTEGER FUNCTION SIG(I)
3620=      IF(I.GT.0) THEN
3630=      SIG=1
3640=      ELSE IF(I.LT.0) THEN
3650=      SIG=-1
3660=      ELSE
3670=      SIG=0
3680=      END IF
3690=      RETURN
3700=      END
3710=*WEDR
3720=32 32 19
3730=32 65 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468 472 520 588 706 774 910 924 953 1004
3740=32 0. 95
3750=1 0
3760=10 2

```

N1 = 32 N2 = 32 M = 19 I1 = 32 I2 = 65
 A1 = 32.000 A1/N1 = 1.000 2*R = .950
 A(I3) = 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468
 472 520 588 706 774 910 924 953 1004
 PMIN = -132 FILTRE = 2
 DO+(MIN) = 3.050 DO+(MAX) = 29.370

CONDITION D'ADJACENCE: D(1) = 1.051 DA = .5444

CONDITIONS DE DESENSIBILISATION ET D'INTERMODULATION TX:

M	D(M)	DC(M)	I1(M)	I2(M)	I3(M)	DD(M)	DT(M)
1	2.236	1.0512	-2	1	18	.4371	.1109
2	2.000	1.0500	0	-2	8	.0351	.0126
3	1.000	.0500	1	0	16	.0031	.0013
4	1.000	.0500	1	0	7	.0028	.0014
5	1.000	.0500	1	0	3	.0026	.0014
6	1.000	.0500	0	-1	0	.0025	.0015
7	1.000	.0500	-1	0	1	.0024	.0015
8	1.000	.0500	-1	0	8	.0023	.0015
9	1.414	.0707	-1	1	8	.0022	.0015
10	1.000	.0500	1	0	4	.0021	.0015

CONDITIONS D'INTERMODULATION RX:

M	D(M)	DC(M)	I1(M)	I2(M)	I3(M)	P12	DR(M)
1	2.236	1.051	-2	1	18	1.0508	1.0375
2	2.000	1.050	0	-2	8	.7612	.1038
3	1.000	.050	1	0	7	.2000	.0224
4	1.000	.050	1	0	8	.4000	.0224
5	1.000	.050	1	0	16	.1500	.0224
6	1.000	.050	0	-1	0	.3000	.0224
7	1.000	.050	1	0	3	.3500	.0224
8	1.000	.050	1	0	4	.5000	.0224
9	1.414	.071	-1	1	8	.5500	.0224
9	1.414	.071	-1	1	8	.5670	.0224

INTERMODULATION RX M = 1

```

MFA NOSBE 1.5 MFA UMTL 564 85/04/11
15.039.35. DREA3CR DE MFB/TLEI 85/04/25 GTL
15.039.35. IP 00001344 WORDS - FILE INPUT , DC 04
15.039.35. DREA3. CM70000, T200.
15.039.35. 03954 CRMS022
15.039.36. FTNS(L=0, OPT=3)
15.039.50. 61700 CM STORAGE USED.
15.039.50. 8.445 CP SECONDS COMPILATION TIME.
15.039.50. LGO.
15.039.52. CM LWA+1 = 37234B, LOADER USED 54700B
15.41.16. STOP
15.41.16. 50400 MAXIMUM EXECUTION FL.
15.41.16. 79.007 CP SECONDS EXECUTION TIME.
15.41.16. DP 00000256 WORDS - FILE OUTPUT , DC 40
15.41.16. SEJOUR INPUT (SEC) T = 16
15.41.16. SEJOUR QUEUE CM (SEC) T = 0, 1 SWAPS
15.41.16. SEJOUR MEMOIRE (SEC) T = 100, 0 INTERACTIONS
15.41.16. SEJOUR TOTAL (SEC) T = 117, 156 ACCES DISQUE
15.41.16. ESPACE DISQUE (PRU) ACT = 114, MAX = 388
15.41.16. ESPACE MEMOIRE (MOT) MOY = 52100, MAX = 61700B
15.41.16. TEMPS CP (SEC) T = 88.556 COUT = $ 11.955
15.41.16. TEMPS IO (SEC) T = 11.737 COUT = $ .211
15.41.16. TEMPS * MEMOIRE (KMS) TM = 2161.593 COUT = $ 6.484
15.41.16. COUT(CP, IO, CM, NT) TOTAL = $ 18.651
15.41.16. FIN LET 85/04/25
    
```

Annexe EPROGRAMME TEST6

Etant donnée une multistratégie d'assignation

$$NL(I_1, i_2, n) = (I1 * i_1 + I2 * i_2 + T(n)) \text{ mod } N1 * N2$$

ce programme permet de calculer le pourcentage maximum de fréquences pouvant être assignées en même temps dans une ville. L'algorithme est donné à la page suivante.

INPUT:

N1, N2, M : N1 et N2 ont la même signification qu'auparavant et M est le nombre de réassignations

III1, II2, : entiers caractérisant la multistratégie
(IA(I), I=0, M-1)
 $NL(i_1, i_2, n) = (III1 * i_1 + II2 * i_2 + IA(n)) \text{ mod } N1 * N2.$

A1, TRANS : voir annexe C.

OUTPUT:

a)

N1, N2, M, I1, I2, A(I3), A1 et TRANS ont la même signification que dans les programmes précédents.

$N12 * M$: nombre total de fréquences disponibles. ($N12 = N1 * N2$).

b)

Si désiré l'utilisateur peut obtenir une grille donnant le nombre maximum de fréquences pouvant être assignées dans chacune des cellules.

ALGORITHME

Pour chaque fréquence k on construit une matrice symétrique booléenne $D_{M \times M}$ telle que

$$D_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } 5 \leq d_{ij} \leq 30 \\ 0 & \text{autrement} \end{cases}$$

où d_{ij} est la distance entre la i ème et la j ème fréquence k , chaque fréquence k étant réassignée M fois.

Le problème est de trouver le nombre maximum de fréquences k pouvant être réassignées en même temps tout en respectant la condition de co-canalité $5 \leq d_0 \leq 30$.

Ce problème est équivalent à éliminer un nombre minimum de lignes et de colonnes dans D pour obtenir une matrice ne contenant que des 1.

Si on note N_k la dimension de la matrice résultante, le nombre maximum de fréquences assignées sera $\sum_{k=0}^{N_1 \times N_2 - 1} N_k$. Cette méthode nous permet d'enregistrer la position des N_k fréquences k et d'imprimer un tableau donnant le nombre maximum de fréquences pouvant être assignées dans chaque cellule.

```

10=TEST6, CM120000, T200.
20=*CODE
30=FTN5(OPT=3, L=0)
40=LGD.
50=*WEDR
60=*FTN
70=      PROGRAM TEST6(INPUT, OUTPUT, TAPE6=OUTPUT)
80=*
90=*      CALCUL DU POURCENTAGE D'ASSIGNATION DES FREQUENCES
100=*
110=      INTEGER B(0:1023, 0:25, 2), LISTE(25), TABLE(0:31, 0:31)
120=      INTEGER IA(0:25), SOMME, D(0:25, 0:25), NUN(0:25), F
130=      INTEGER ASS(0:1023, 25), NK(0:1023)
140=*
150=      READ *, N1, N2, M
160=      READ *, I11, I12, (IA(I), I=0, M-1)
170=      READ *, A1, TRANS
180=*
190=      PRINT 500, N1, N2, M
200=      500 FORMAT(1H1//10X, 'N1 = ', I5, 5X, 'N2 = ', I5, 5X, 'M = ', I5/)
210=      WRITE(6, 510) I11, I12
220=      510 FORMAT(10X, 'I1 = ', I4, 5X, 'I2 = ', I4/)
230=      WRITE(6, 525) (IA(I), I=0, M-1)
240=      525 FORMAT(10X, 'A(I3) = ', 10I5/20X, 10I5/)
250=      PRINT 520, A1, TRANS
260=      520 FORMAT(/10X, 'A1 = ', F7.3, 5X, 'TRANS = ', F7.3/)
270=*
280=      N12=N1*N2
290=      A1=A1/N1
300=      R=TRANS/A1
310=      DO 30 I1=0, N1-1
320=      DO 30 I2=0, N2-1
330=      DO 30 I3=0, M-1
340=      K=I1*I1+I1*I2*I2+IA(I3)
350=      K=MOD(K, N12)
360=      IF(K.LT.0) K=K+N12
370=      B(K, I3, 1)=I1
380=      30 B(K, I3, 2)=I2
390=*
400=      SOMME=0
410=      DO 1000 K=0, N12-1
420=*
430=*      MATRICE D(I, J)
440=*
450=      DO 5 I=0, M-1
460=      D(I, I)=1
470=5      CONTINUE
480=      DO 10 I=1, M-1
490=      DO 10 J=0, I-1
500=      I1=B(K, I, 1)
510=      J1=B(K, I, 2)
520=      I2=B(K, J, 1)
530=      J2=B(K, J, 2)
540=      X=IABS(I1-I2)
550=      Y=IABS(J1-J2)
560=      DMIN=(X-R)**2+(Y-R)**2
570=C      DMIN=X*X+Y*Y-R
580=      DMIN=SQRT(DMIN)*A1
590=      DMAX=(X+R)**2+(Y+R)**2
600=C      DMAX=X*X+Y*Y+R
610=      DMAX=SQRT(DMAX)*A1
620=      IF(DMIN. GE. 5. .AND. DMAX. LE. 30. ) THEN
630=      D(I, J)=1
640=      D(J, I)=1
650=      ELSE
660=      D(I, J)=0
670=      D(J, I)=0
680=      END IF
690=10      CONTINUE
700=*

```

```

710=*      CALCULER LE POURCENTAGE D'ASSIGNATION
720=*
730=      NF=0
740=      DD 100 I=0, M-1
750=      F=1
760=      LISTE(F)=I
770=      DD 200 J=0, M-1
780=      IF(J.EQ.1) GO TO 200
790=      DD 300 L=1, F
800=      KK=LISTE(L)
810=300    IF(D(KK, J).EQ.0) GO TO 200
820=      F=F+1
830=      LISTE(F)=J
840=200    CONTINUE
850=      IF(F.GT.NF) THEN
860=      NF=F
870=      DD 205 II=1, NF
880=205    ASS(K, II)=LISTE(II)
890=      END IF
900=100    CONTINUE
910=      NK(K)=NF
920=      SOMME=SOMME+NF
930=1000   CONTINUE
940=*
950=      POURC=SOMME/FLOAT(M*N12)*100.
960=      PRINT 540, N12*M, SOMME, POURC
970= 540   FORMAT(10X, 'N12*M = ', I5, 5X, 'NOMBRE DE FREQUENCES ',
980=      #   'ASSIGNEES = ', I5//10X, 'POURCENTAGE = ', F7.3/)
990=*
1000=     DO 400 I1=0, N1-1
1010=     DO 400 I2=0, N2-1
1020=400   TABLE(I1, I2)=0
1030=     DO 410 K=0, N12-1
1040=     DO 410 I=1, NK(K)
1050=     I1=ASS(K, I)
1060=     I1=B(K, I1, 1)
1070=     I2=B(K, I1, 2)
1080=     TABLE(I1, I2)=TABLE(I1, I2)+1
1090=410   CONTINUE
1100=     ITTT=0
1110=     DO 411 I=0, 31
1120=     DO 411 J=0, 31
1130=411   ITTT=ITTT+TABLE(I, J)
1140=     IF(ITTT.NE.SOMME) WRITE(6, *) ' *** ERREUR *** ', ITTT, SOMME
1150=*
1160=     WRITE(6, 550)
1170=550   FORMAT(1X, 'POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1, ',
1180=     *   'SINON 0')
1190=     READ(6, *) KREP
1200=     IF(KREP.EQ.1) THEN
1210=     DO 1200 J=N2-1, 0, -1
1220=     WRITE(6, 1100) J, (TABLE(I, J), I=0, N1-1)
1230=1100   FORMAT(I3, '-', 32I3)
1240=1200   CONTINUE
1250=     WRITE(6, 1110)
1260=1110   FORMAT(1X, 99(' - '))
1270=     WRITE(6, 1120) (I, I=0, N1-1)
1280=1120   FORMAT(4X, 32I3)
1290=     END IF
1300=C
1310=     STOP
1320=     END
1330=*WEOR
1340=32  32  19
1350=32  65  0 19 6B 119 146 16B 316 420 44B 46B 472 520 58B 706 774 910 924 953 1004
1360=32. 0. 95

```

N1 = 32 N2 = 32 M = 19

I1 = 32 I2 = 65

A(I3) = 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468
472 520 588 774 910 924 953 1004

A1 = 32.000 TRANS = .950

N12*M = 19456 NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 14118

POURCENTAGE = 72.564

31	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
30	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
29	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
28	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
27	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
26	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
25	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
24	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
23	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
22	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
21	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
20	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
19	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
18	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
17	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
16	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
15	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
14	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
13	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
12	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
11	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
10	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
9	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
8	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
7	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
6	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
5	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
4	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
3	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	4	4	4	4	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

NFREG(I), KMIN(I), KMAX(I), I=1, NREG : NFREG(I) est le nombre de fréquences réservées pour la région I. Les fréquences $KMIN(I) \leq k \leq KMAX(I)$ seront assignées dans la région I.

NFMAX : nombre maximum de répétitions du spectre.

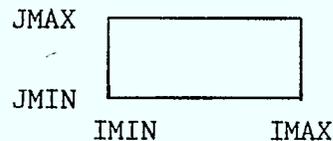
NFSR(I), I=1, NREG : paramètre servant à contrôler l'uniformité des assignations dans une région. Par exemple si $NFSR(1) = 5$, le programme essaiera d'abord d'assigner 5 fréquences dans chaque petite sous-région 4×4 de la région 1.

OUTPUT:

a)

N1, N2, M, I1, I2, A(I3), A1 et TRANS ont la même signification que dans les programmes précédents.

IMIN, IMAX, JMIN, JMAX : les régions sont rectangulaires et définies de façon suivante



DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES : position des pôles dans chacune des régions.

NFREG : nombre de fréquences disponibles dans chacune des régions.

KMIN, KMAX : seulement les fréquences $KMIN \leq k \leq KMAX$ seront disponibles dans une région donnée.

Annexe FPROGRAMME SP4

Etant donnée une multistratégie $NL(i_1, i_2, n) = (I1 \cdot i_1 + I2 \cdot i_2 + T(n))$, mod $N1 \cdot N2$ le programme SP4 permet d'assigner et de répéter un spectre d'environ 1000 fréquences en imposant certaines contraintes sur la densité des assignations. L'utilisateur pourra, par exemple, partager la ville en un certain nombre de zones périphériques et de centre-villes. Il aura ensuite la possibilité d'assigner le spectre de façon uniforme ou de concentrer les assignations autour d'un point (pôle) à l'intérieur d'une région. Pour mieux comprendre le but et la façon d'utiliser ce programme nous donnons un exemple détaillé à la page .

INPUT:

$N1, N2, M$: voir annexe E.

$II1, II2, (IA(I), I=0, M-1)$: voir annexe E.

$A1, TRANS$: voir annexe C

$L1MIN, L1MAX, L2MIN, L2MAX$: définition d'un cadre contenant entièrement la ville.

$NREG$: la ville sera partagée en $NREG$ régions.

$REG(1,I), REG(2,I), REG(3,I), REG(4,I), I=1, NREG$: entiers déterminant la géométrie de chacune des régions.

$NP(I), I=1, NREG$: nombre de pôles dans chacune des régions.

$POLE(I,J,1), POLE(I,J,2), J=1, NP(I), I=1, NREG$: Positions des pôles dans chacune des régions.

```

MFA      NOSBE 1.5      MFA      UMTL 564  85/04/11
11.03.46. TEST6EL DE MFB/TLEI 85/05/27 GCM
11.03.46. IP 00000576 WORDS - FILE INPUT , DC 04
11.03.46. TEST6. CM300000, T200.
11.03.46. 03954          CRMS022
11.03.46. ATTENTION, VOTRE CODE DEVIENDRA INACTIF DANS 04 JOURS
11.03.46. FTN5(OPT=3,L=0)
11.03.50.          61300 CM STORAGE USED.
11.03.50.          3.317 CP SECONDS COMPILATION TIME.
11.03.50. LGO.
11.03.52. CM LWA+1 =253312B, LOADER USED 271000B
11.04.06. STOP
11.04.06. 264500 MAXIMUM EXECUTION FL.
11.04.06. 35.109 CP SECONDS EXECUTION TIME.
11.04.07. CP 00000448 WORDS - FILE OUTPUT , DC 40
11.04.07. SEJOUR INPUT (SEC) T = 7
11.04.07. SEJOUR GUEUE CM (SEC) T = 0, 0 SWAPS
11.04.07. SEJOUR MEMOIRE (SEC) T = 21, 0 INTERACTIONS
11.04.07. SEJOUR TOTAL (SEC) T = 28, 81 ACCES DISQUE
11.04.07. ESPACE DISQUE (PRU) ACT = 114, MAX = 434
11.04.07. ESPACE MEMOIRE (MOT) MOY = 235100, MAX = 274000B
11.04.07. TEMPS CP (SEC) T = 39.919 COUT = 5.388
11.04.07. TEMPS IO (SEC) T = 5.830 COUT = .104
11.04.07. TEMPS * MEMOIRE (KMS) TM = 3681.170 COUT = 11.043
11.04.07. COUT(CP, IO, CM, NT) TOTAL = 16.537
11.04.07. FIN LEI 85/05/27

```

```

17.31.26. TEST6EL. 3954-A0 EG(02-PTX) PR 1 75 LN 3 PG 8

```

NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS : nombre de fois que le spectre pourra être répété.

NOMBRE DE FREQUENCES A ASSIGNER: voir le paramètre NFSR (INPUT).
DANS CHAQUE SOUS-REGION

NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES : nombre de fréquences que le programme a réussi à assigner. Le nombre total de fréquences disponibles est $N1 * N2 * NFMAX$.

b)

Le programme fournit ensuite une grille donnant le nombre de fréquences pouvant être assignées dans chacune des cellules. L'utilisateur peut choisir de faire sortir la grille sur un terminal à papier ou sur un terminal graphique TEKTRONIX. Par la suite le programme fournit si désiré le nombre de fréquences assignées dans chacune des sous-région 4×4 . Cette sortie n'est disponible que sur le terminal graphique TEKTRONIX.

```

10=FTN5(L=0)
20=ATTACH, PLOTTER, TEKTRON, CY=4, ID=U001365.
30=ATTACH, PLOT10, TEKTRON, ID=U001365.
40=LIBRARY, PLOTTER, PLOT10.
50=CONNECT, OUTPUT.
51=RFL(150000)
60=LGD
70=*WEDR
80=*FTN
90=*NUM
91= PROGRAM SP3(INPUT, OUTPUT, TAPE6=OUTPUT)
110=C REPARTITION DU SPECTRE DANS UNE VILLE COMPOSEE DE PLUSIEURS
120=C REGIONS RECTANGULAIRES
130=C
140=C
150= INTEGER B(0:1023,5,2), IA(0:25), TABLE(0:95,0:95), NK(0:1023)
160= INTEGER POLE(9,5,2), VISITE(0:95,0:95)
170= INTEGER T(2,1100), NP(9), REG(4,9), T1(2,64), T2(2,16)
180= INTEGER NFREG(9), NFREG(9), KMIN(9), KMAX(9)
190= INTEGER NF(64), IPP(31), NFSR(9), OPT
200= DATA IPP/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,1,2,3,4,5,6,7,
210= * 8,9,10,11,12,13,14,15/
220=C
230= READ *, N1, N2, M
240= READ *, I11, I12, (IA(I), I=0, M-1)
250= READ *, A1, TRANS
260= READ *, L1MIN, L1MAX, L2MIN, L2MAX
270= READ *, NREG
280= DO 1 I=1, NREG
290=1 READ *, REG(1, I), REG(2, I), REG(3, I), REG(4, I)
300= READ *, (NP(I), I=1, NREG)
310= DO 2 I=1, NREG
320=2 READ *, (POLE(I, J, 1), POLE(I, J, 2), J=1, NP(I))
330= DO 6 I=1, NREG
340=6 READ *, NFREG(I), KMIN(I), KMAX(I)
350= READ *, NFMAX
360= READ *, (NFSR(I), I=1, NREG)
370=C
380= PRINT 500, N1, N2, M
390= 500 FORMAT(1H1//10X, 'N1 = ', I5, 5X, 'N2 = ', I5, 5X, 'M = ', I5//)
400= WRITE(6, 510) I11, I12
410= 510 FORMAT(10X, 'I1 = ', I4, 5X, 'I2 = ', I4//)
420= WRITE(6, 525) (IA(I), I=0, M-1)
430= 525 FORMAT(10X, 'A(I3) = ', 10I5/20X, 10I5//)
440= PRINT 520, A1, TRANS
450= 520 FORMAT(/10X, 'A1 = ', F7.3, 5X, 'TRANS = ', F7.3//)
460= WRITE(6, 560) NREG
470=560 FORMAT(10X, 'NOMBRE DE REGIONS = ', I2//)
480= WRITE(6, 570)
490=570 FORMAT(10X, 'GEOMETRIE DE CHACUNE DES REGIONS '//)
500= WRITE(6, 580)
510=580 FORMAT(22X, ' IMIN IMAX JMIN JMAX ')
520= DO 4 I=1, NREG
530=4 WRITE(6, 590) I, REG(1, I), REG(2, I), REG(3, I), REG(4, I)
540=590 FORMAT(10X, I2, '- ', 5X, 4I8)
550= WRITE(6, 530) (NP(I), I=1, NREG)
560=530 FORMAT(/10X, 'NOMBRE DE POLES DANS CHACUNE DES REGIONS = ', 9I2//)
570= WRITE(6, 535)
580=535 FORMAT(/10X, 'DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES DANS ',
590= * 'CHACUNE DES REGIONS '//)
600= DO 3 I=1, NREG
610=3 WRITE(6, 540) (I, POLE(I, J, 1), POLE(I, J, 2), J=1, NP(I))
620=540 FORMAT(15X, I2, '- ', 10I5)
630= WRITE(6, 600)
640=600 FORMAT(/10X, 'FREQUENCES DISPONIBLES DANS CHAQUE REGION '//)
650= WRITE(6, 610)
660=610 FORMAT(16X, ' NFREG KMIN KMAX ')
670= WRITE(6, 620) (I, NFREG(I), KMIN(I), KMAX(I), I=1, NREG)
680=620 FORMAT(10X, I2, '- ', 3I8)
690= WRITE(6, 555) NFMAX
700=555 FORMAT(/10X, 'NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS = ', I5//)
710= WRITE(6, 556) (NFSR(I), I=1, NREG)
720=556 FORMAT(/10X, 'NOMBRE DE FREQUENCES A ASSIGNER DANS CHAQUE SOUS-',
730= * 'REGION'//15X, 9I3)
740=C

```

```

750= N12=N1*N2
760= A1=A1/N1
770= R=TRANS/A1
780=C
790= DO I4 I=0,N12-1
800=14 NK(I)=0
810= DO 11 I=L1MIN,L1MAX
820= DO 11 J=L2MIN,L2MAX
830= VISITE(I,J)=0
840=11 TABLE(I,J)=0
850= DO 12 I=1,NREG
860=12 NFREQ(I)=0
870=C
880= CALL ORDRE(T,NMAX,N1,N2,1)
890= CALL ORDRE(T1,NMAX1,N1,N2,2)
900= CALL ORDRE(T2,NMAX2,N1,N2,3)
910=C
920= DO 200 IREG=1,NREG
930= DO 205 I=1,NMAX1
940=205 NF(I)=0
950= IMIN=REG(1,IREG)
960= IMAX=REG(2,IREG)
970= JMIN=REG(3,IREG)
980= JMAX=REG(4,IREG)
990= DO 300 II=1,NFSR(IREG)
1000= IF(NFSR(IREG).GT.5) THEN
1010= DEB=MOD(II-1,16)
1020= ELSE
1030= DEB=MOD(4*(II-1),16)
1040= END IF
1050= DO 210 NN=1,NMAX1
1060= IF(NF(NN).EQ.NFSR(IREG)) GO TO 210
1070= DO 220 L=1,NMAX2
1080= LL=IPP(DEB+L)
1090= I1=IMIN+T1(1,NN)+T2(1,LL)
1100= I2=JMIN+T1(2,NN)+T2(2,LL)
1110= IF(VISITE(I1,I2).EQ.1) GO TO 220
1120= DO 230 I3=0,M-1
1130= K=II1*I1+II2*I2+IA(I3)
1140= K=MOD(K,N12)
1150= IF(K.LT.0) K=K+N12
1160= IF(K.LT.KMIN(IREG).OR.K.GT.KMAX(IREG)) GO TO 230
1170= IF(NK(K).GE.NFMAX) GO TO 230
1180= DO 240 N=1,NK(K)
1190= M1=B(K,N,1)
1200= M2=B(K,N,2)
1210= X=IABS(I1-M1)
1220= Y=IABS(I2-M2)
1230= DMIN=(X-R)**2+(Y-R)**2
1240= DMAX=(X+R)**2+(Y+R)**2
1250= DMIN=SQRT(DMIN)*A1
1260= DMAX=SQRT(DMAX)*A1
1270= IF(DMIN.LT.5..OR.DMAX.GT.30.) GO TO 230
1280=240 CONTINUE
1290= NF(NN)=NF(NN)+1
1300= NFREQ(IREG)=NFREQ(IREG)+1
1310= NK(K)=NK(K)+1
1320= B(K,NK(K),1)=I1
1330= B(K,NK(K),2)=I2
1340= TABLE(I1,I2)=TABLE(I1,I2)+1
1350= GO TO 210
1360=230 CONTINUE
1370=220 CONTINUE
1380=210 CONTINUE
1390=300 CONTINUE
1400=200 CONTINUE
1410=C
1420= DO 1000 IREG=1,NREG
1430= IF(NFREQ(IREG).EQ.NFREQ(IREG)*NFMAX) GO TO 1000
1440= IMIN=REG(1,IREG)
1450= IMAX=REG(2,IREG)
1460= JMIN=REG(3,IREG)
1470= JMAX=REG(4,IREG)
1480= DO 100 NN=1,NMAX
1490= DO 10 IP=1,NP(IREG)
1500= IO=POLE(IREG,IP,1)
1510= JO=POLE(IREG,IP,2)

```

```

1520=      I1=I0+T(1,NN)
1530=      IF(I1.LT.IMIN.OR.I1.GT.IMAX) GO TO 10
1540=      I2=J0+T(2,NN)
1550=      IF(I2.LT.JMIN.OR.I2.GT.JMAX) GO TO 10
1560=      IF(VISITE(I1,I2).EQ.1) GO TO 10
1570=      VISITE(I1,I2)=1
1580=      DO 20 I3=0,M-1
1590=      K=I1*I1+I1*I2+IA(I3)
1600=      K=MOD(K,N12)
1610=      IF(K.LT.0) K=K+N12
1620=      IF(K.LT.KMIN(IREG).OR.K.GT.KMAX(IREG)) GO TO 20
1630=      IF(NK(K).GE.NFMAX) GO TO 20
1640=      DO 30 N=1,NK(K)
1650=      M1=B(K,N,1)
1660=      M2=B(K,N,2)
1670=      X=IABS(I1-M1)
1680=      Y=IABS(I2-M2)
1690=      DMIN=(X-R)**2+(Y-R)**2
1700=      DMAX=(X+R)**2+(Y+R)**2
1710=      DMIN=SQRT(DMIN)*A1
1720=      DMAX=SQRT(DMAX)*A1
1730=      IF(DMIN.LT.5..OR.DMAX.GT.30.) GO TO 20
1740=30    CONTINUE
1750=      NFREQ(IREG)=NFREQ(IREG)+1
1760=      NK(K)=NK(K)+1
1770=      B(K,NK(K),1)=I1
1780=      B(K,NK(K),2)=I2
1790=      TABLE(I1,I2)=TABLE(I1,I2)+1
1800=      IF(NFREQ(IREG).EQ.NFREQ(IREG)*NFMAX) GO TO 1000
1810=20    CONTINUE
1820=10    CONTINUE
1830=100   CONTINUE
1840=C
1850=1000  CONTINUE
1860=C
1870=      NFREQ2=0
1880=      DO 2000 I=L1MIN,L1MAX
1890=      DO 2000 J=L2MIN,L2MAX
1900=2000  NFREQ2=NFREQ2+TABLE(I,J)
1910=      NFREQ1=0
1920=      DO 3000 K=0,N12-1
1930=      NFREQ1=NFREQ1+NK(K)
1940=3000  CONTINUE
1950=      IF(NFREQ2.NE.NFREQ1) THEN
1960=      WRITE(6,*) ' *** ERREUR *** ',NFREQ2,NFREQ1
1970=      STOP
1980=      END IF
1990=      WRITE(6,2010) NFREQ1
2000=2010  FORMAT(/10X,'NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = ',I5)
2010=C
2020=      WRITE(6,550)
2030=550   FORMAT(/1X,'POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1. ',
2040=      * 'SINON 0')
2050=      READ(6,*) KREP
2060=      IF(KREP.EQ.1) THEN
2070=1500   CONTINUE
2080=      WRITE(6,*) ' NUMERO DE LA REGION (TAPER 0 POUR TERMINER) '
2090=      READ(6,*) IREG
2100=      IF(IREG.EQ.0) GO TO 4000
2110=      IMIN=REG(1,IREG)
2120=      IMAX=REG(2,IREG)
2130=      JMIN=REG(3,IREG)
2140=      JMAX=REG(4,IREG)
2150=      DO 1200 J=JMAX,JMIN,-1
2160=      WRITE(6,1100) J,(TABLE(I,J),I=IMIN,IMAX)
2170=1100  FORMAT(I3,'-',32I3)
2180=1200  CONTINUE
2190=      WRITE(6,1110)
2200=1110  FORMAT(1X,99(' - '))
2210=      WRITE(6,1120) (I,I=IMIN,IMAX)
2220=1120  FORMAT(4X,32I3)
2230=      WRITE(6,1130) IREG
2240=1130  FORMAT(/45X,'REGION',I3)
2250=      GO TO 1500
2260=      END IF
2270=C
2280=4000  CONTINUE

```

```

2290= WRITE(6,*) ' POUR OBTENIR UNE SORTIE GRAPHIQUE TAPER 1, SINON 0'
2300= READ(6,*) KREP
2310= IF(KREP.EQ.1) THEN
2320=1600 CONTINUE
2330= WRITE(6,*) ' NUMERO DE LA REGION (TAPER 0 POUR TERMINER) '
2340= READ(6,*) IREG
2350= IF(IREG.EQ.0) STOP
2360= IMIN=REG(1,IREG)
2370= IMAX=REG(2,IREG)
2380= JMIN=REG(3,IREG)
2390= JMAX=REG(4,IREG)
2400= WRITE(6,*) ' POUR TRACER LA GRILLE DU NOMBRE D''ASSIGNATIONS',
2410= ' DANS CHAQUE CELLULE'
2420= * WRITE(6,*) ' TAPER 1, SINON 0'
2430= READ(6,*) KREP
2440= IF(KREP.EQ.1) THEN
2450= OPT=1
2460= CALL GRILLE(IMIN, IMAX, JMIN, JMAX, TABLE, IREG, T1, T2, NMAX1, NMAX2, OPT)
2470= END IF
2480= WRITE(6,*) ' POUR OBTENIR LE NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES ',
2490= ' DANS CHAQUE SOUS-REGION'
2500= * WRITE(6,*) ' TAPER 1, SINON 0'
2510= READ(6,*) KREP
2520= IF(KREP.EQ.1) THEN
2530= OPT=2
2540= CALL GRILLE(IMIN, IMAX, JMIN, JMAX, TABLE, IREG, T1, T2, NMAX1, NMAX2, OPT)
2550= END IF
2580= GO TO 1600
2590= END IF
2600=C
2610= STOP
2620= END
2630= SUBROUTINE GRILLE(IMIN, IMAX, JMIN, JMAX, TABLE, IREG, T1, T2, NMAX1,
2640= NMAX2, OPT)
2650= * INTEGER TABLE(0:95, 0:95), COLOR, T1(2,1), T2(2,1), OPT
2660= INTEGER IADE(20)
2670= CHARACTER*20 C1, C2
2680= EXTERNAL LCHAR
2681= DATA EPS1/0.1/
2682= DATA EPS2/0.1/
2683= DATA EPS3/0.1/
2690=C
2700= SIZE=0.2
2710= COLOR=1
2720= ANGLE=0.
2730= SLANT=0.
2740= EPS1=0.4
2750= EPS2=0.2
2760= EPS3=0.3
2770= XMIN=FLOAT(IMIN)
2780= XMAX=FLOAT(IMAX+1)
2790= YMIN=FLOAT(JMIN)
2800= YMAX=FLOAT(JMAX+1)
2810=C
2820= CALL INITT(960)
2821= CALL TWINDO(122, 902, 0, 780)
2830= CALL DWINDO(XMIN-2., XMAX+2., YMIN-2., YMAX+2.)
2840=C
2850= S1=FLOAT(JMIN)
2860= S2=FLOAT(JMAX+1)
2870= DO 10 I=IMIN, IMAX+1, 4
2880= XX=FLOAT(I)
2890= YY=MOD(I,2)*S1+MOD(I+1,2)*S2
2900= CALL MOVEA(XX, YY)
2910= YY=MOD(I+1,2)*S1+MOD(I,2)*S2
2920= CALL DRAWA(XX, YY)
2930=10 CONTINUE
2940= S1=FLOAT(IMIN)
2950= S2=FLOAT(IMAX+1)
2960= DO 20 I=JMIN, JMAX+1, 4
2970= YY=FLOAT(I)
2980= XX=MOD(I,2)*S1+MOD(I+1,2)*S2
2990= CALL MOVEA(XX, YY)
3000= XX=MOD(I+1,2)*S1+MOD(I,2)*S2
3010= CALL DRAWA(XX, YY)
3020=20 CONTINUE
3030=C

```

```

3040= IF(OPT.EQ.2) GO TO 90
3050= DO 35 I1=IMIN,IMAX
3060= DO 30 I2=JMIN,JMAX
3070= II=TABLE(I1,I2)
3080= IF(II.EQ.0) GO TO 30
3090= CALL ENCODE(II,NC,C1)
3100= IF(II.LE.9) THEN
3110= XX=I1+EPS1
3120= YY=I2+EPS3
3130= ELSE
3140= XX=I1+EPS2
3150= YY=I2+EPS3
3160= END IF
3170= CALL MOVEA(XX,YY)
3180= CALL ADE(C1,NC,IADE)
3190= CALL SLETS(NC,IADE,LCHAR,0.03,0.03,0)
3200=30 CONTINUE
3201= 35 CONTINUE
3210= GO TO 200
3220=C
3230=90 CONTINUE
3240= SIZE=.4
3250= DO 100 I=1,NMAX1
3260= II=T1(1,I)+IMIN
3270= JJ=T1(2,I)+JMIN
3280= NF=0
3290= DO 110 J=1,NMAX2
3300= I1=II+T2(1,J)
3310= I2=JJ+T2(2,J)
3320=110 NF=NF+TABLE(I1,I2)
3330= IF(NF.EQ.0) GO TO 100
3340= XX=FLOAT(II)+1.2
3350= YY=FLOAT(JJ)+1.5
3360= CALL ENCODE(NF,NC,C1)
3370= CALL MOVEA(XX,YY)
3380= CALL ADE(C1,NC,IADE)
3390= CALL SLETS(NC,IADE,LCHAR,0.06,0.06,0)
3400=100 CONTINUE
3410=C
3420=200 CONTINUE
3430= CALL ENCODE(IREG,NC,C1)
3440= C2='REGION '//C1
3450= NC=NC+7
3460= SIZE=0.4
3470= XX=XMIN+13.
3480= YY=YMIN-1.9
3490= CALL MOVEA(XX,YY)
3500= CALL ADE(C2,NC,IADE)
3510= CALL SLETS(NC,IADE,LCHAR,0.07,0.07,0)
3540=C
3541= CALL MOVABS(0,780)
3542= CALL TINPUT(IPUT)
3543= CALL ANMODE
3550= RETURN
3560= END
3570= SUBROUTINE ORDRE(T,N,N1,N2,CHOIX)
3580= INTEGER T(2,1),A1(2,16),CHOIX
3590= DATA A1/0,0,1,0,0,1,1,1,0,2,1,2,0,3,1,3,2,0,3,0,2,1,3,1,
3600= * 2,2,3,2,2,3,3,3/
3610=C
3620= GO TO(1000,2000,3000,4000),CHOIX
3630=C
3640=1000 CONTINUE
3650= N=1
3660= T(1,N)=0
3670= T(2,N)=0
3680= DO 40 L=1,N1/2
3690= LM1=L-1
3700= L2=L*2
3710= DO 10 II=-1,1,2
3720= DO 10 JJ=-LM1,LM1
3730= N=N+1
3740= T(1,N)=II*L
3750= T(2,N)=JJ
3760=10 CONTINUE
3770=C

```

```

3780=      DO 20 JJ=-1,1,2
3790=      DO 20 II=-LM1,LM1
3800=      N=N+1
3810=      T(1,N)=II
3820=      T(2,N)=JJ*L
3830=20    CONTINUE
3840=C
3850=      DO 30 II=-1,1,2
3860=      DO 30 JJ=-1,1,2
3870=      N=N+1
3880=      T(1,N)=II*L
3890=      T(2,N)=JJ*L
3900=30    CONTINUE
3910=40    CONTINUE
3920=      RETURN
3930=C
3940=2000  CONTINUE
3950=      N=0
3960=      DO 200 I=0,28,4
3970=      DO 200 J=0,28,4
3980=      N=N+1
3990=      T(1,N)=I
4000=      T(2,N)=J
4010=200  CONTINUE
4020=      RETURN
4030=C
4040=3000  CONTINUE
4050=      N=16
4060=      DO 300 I=1,2
4070=      DO 300 J=1,N
4080=      T(I,J)=A1(I,J)
4090=300  CONTINUE
4100=      RETURN
4110=C
4120=4000  CONTINUE
4130=      RETURN
4140=      END
4920=      SUBROUTINE ADE(C,NC,IADE)
4930=      CHARACTER C*20
4940=      INTEGER IADE(20)
4950=      DO 10 I=1,NC
4960=10    IADE(I)=ICHAR(C(I:I))+32
4970=      RETURN
4980=      END
4990=      SUBROUTINE ENCODE(N,NC,C)
5000=      CHARACTER*20 C
5010=      CHARACTER*1 C1(0:9)
5020=      REAL LOGN
5030=      DATA C1/'0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'/
5040=      DATA EPS/1.D-10/
5050=C
5060=      IF(N.EQ.0) THEN
5070=      NC=1
5080=      C(1:1)='0'
5090=      RETURN
5100=      END IF
5110=C
5120=      IF(N.LT.0) THEN
5130=      NC=1
5140=      C(1:1)='- '
5150=      ELSE
5160=      NC=0
5170=      END IF
5180=C
5190=      NN=IABS(N)
5200=      FN=FLOAT(NN)
5210=      LOGN=ALOG10(FN)
5220=      LOGN=LOGN+EPS
5230=      ILOG=LOGN
5240=C
5250=      DO 10 L=ILOG,1,-1
5260=      K=10**L
5270=      ID=NN/K
5280=      NC=NC+1
5290=      C(NC:NC)=C1(ID)
5300=      NN=NN-ID*K
5310=10    CONTINUE
5320=      NC=NC+1
5330=      C(NC:NC)=C1(NN)
5340=C
5350=      RETURN
5360=      END

```

```

5370=      SUBROUTINE IOWAIT (ITIME)
5380=      COMMON /TKTRNX/ BID(19), IBID(9), KBAUDR, IBID1(31)
5390=      *
5400=      IF (KBAUDR.LE.0) GO TO 20
5410=      KOUNT=ITIME*KBAUDR/10
5420=      DO 10 J=1,KOUNT
5430=      10 CALL TOUTPT(22)
5440=      20 RETURN
5450=      END
5460=      *NEOR
5470=      32 32 19
5480=      32 65 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468 472 520 588 706 774 910 924 953 1004
5490=      32 0 95
5491=      0 95 0 95
5500=      9
5510=      0 31 0 31
5520=      0 31 32 63
5530=      0 31 64 95
5540=      32 63 0 31
5550=      32 63 32 63
5560=      32 63 64 95
5570=      64 95 0 31
5580=      64 95 32 63
5590=      64 95 64 95
5600=      1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
5610=      15 15
5620=      15 47
5630=      15 79
5640=      47 15
5650=      47 47
5660=      47 79
5670=      79 15
5680=      79 47
5690=      79 79
5700=      64 512 575
5710=      64 576 639
5720=      64 640 703
5730=      64 704 767
5740=      512 0 511
5750=      64 768 831
5760=      64 832 895
5770=      64 896 959
5780=      64 960 1023
5790=      5
5800=      5 5 5 5 5 5 5 5

```

17. 46. 20. T3954AB. 3954-A0 EQ(02-PTX) PR 1 510 LN 9 PG 85/04/25 MFA/ P

```

ex sf4
SYSLIR SF4 R5115
123.T3954DG FL-0062 TL00646 ST-EX ID- LEI EDIT. BONJOUR 3.0.3
123.T3954DG FL-0560 TL00641 ST-EX ID- LEI COMPILING GRILLE
123.T3954DG FL-1500 TL00635 ST-EX ID- LEI LGO.

```

N1 = 32 N2 = 32 M = 19

I1 = 32 I2 = 65

A(I3) = 0 19 68 119 146 168 316 420 448 468
 - 472 520 588 706 774 910 924 953 1004

A1 = 32.000 TRANS = .950

NOMBRE DE REGIONS = 9

GEOMETRIE DE CHACUNE DES REGIONS

	IMIN	IMAX	JMIN	JMAX
1-	0	31	0	31
2-	0	31	32	63
3-	0	31	64	95
4-	32	63	0	31
5-	32	63	32	63
6-	32	63	64	95
7-	64	95	0	31
8-	64	95	32	63
9-	64	95	64	95

NOMBRE DE POLES DANS CHACUNE DES REGIONS = 1 1 1 1 1 1 1 1 1

DISTRIBUTION GEOMETRIQUE DES POLES DANS CHACUNE DES REGIONS

1-	15	15
2-	15	47
3-	15	79
4-	47	15
5-	47	47
6-	47	79
7-	79	15
8-	79	47
9-	79	79

FREQUENCES DISPONIBLES DANS CHAQUE REGION

	NFREG	KMIN	KMAX
1-	64	512	575
2-	64	576	639
3-	64	640	703
4-	64	704	767
5-	512	0	511
6-	64	768	831
7-	64	832	895
8-	64	896	959
9-	64	960	1023

NOMBRE MAXIMUM DE REPETITIONS = 5

NOMBRE DE FREQUENCES A ASSIGNER DANS CHAQUE SOUS-REGION

5 5 5 5 5 5 5 5 5

NOMBRE DE FREQUENCES ASSIGNEES = 5120

POUR IMPRIMER LES RESULTATS AU TERMINAL TAPER 1, SINON 01
 NUMERO DE LA REGION (TAPER 0 POUR TERMINER)1

31-	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
30-	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29-	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
28-	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	1	0	2	0	0	0	0	
27-	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
26-	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	
25-	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
24-	2	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
23-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
22-	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
21-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
20-	0	0	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	
19-	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	
17-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
16-	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	
15-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
14-	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
13-	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
12-	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	
11-	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
10-	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	
9-	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	
8-	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
7-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
6-	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
5-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4-	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
3-	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
2-	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1-	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
0-	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

REGION 1
 NUMERO DE LA REGION (TAPER 0 POUR TERMINER)0
 POUR OBTENIR UNE SORTIE GRAPHIQUE TAPER 1, SINON 00

..

EXEMPLE DETAILLE

Nous considérons une ville carrée partagée en 9 régions identiques de 32km sur 32km.

3	6	9
2	5	8
1	4	7

La région 5 est un centre-ville où sera assigné 50% du spectre. Les régions périphériques se sépareront également l'autre moitié des fréquences disponibles.

En périphérie on aimerait obtenir une assignation la plus uniforme possible. Au centre-ville il faudra d'abord s'assurer que chaque sous-région 4×4 renferme 5 fréquences. Les fréquences encore disponibles seront concentrées au centre de la région.

Les données à fournir au programme pour réaliser cet exemple sont les suivantes :

N1, N2, M	:	32	32	19					
III1, II2, (IA(I), I=0, M-1)	:	32	65	0	19	68	119	146	168
		316	448	468	472	520	588	706	774
		910	924	953	1004				
A1, TRANS	:	32	0.95						
L1MIN, L1MAX, L2MIN, L2MAX	:	0	95	0	95				
NREG	:	9							

```

REG(1,I), REG(2,I), REG(3,I), : 0 31 0 31
REG(4,I), I=1, NREG           0 31 32 63
                                0 31 64 95
                                32 63 0 31
                                32 63 32 63
                                32 63 64 95
                                64 95 0 31
                                64 95 32 63
                                64 95 64 95

NP(I), I=1, NREG              : 1 1 1 1 1 1 1 1 1

POLE(I,J,1), POLE(I,J,2),    : 15 15
J=1, NP(I), I=1, NREG        15 47
                                15 79
                                47 15
                                47 47
                                47 79
                                79 15
                                79 47
                                79 79

NFREG(I), KMIN(I),           : 64 512 575
KMAX(I), I=1, NREG           64 576 639
                                64 640 703
                                64 704 767
                                512 0 511
                                64 768 831
                                64 832 895
                                64 896 959
                                64 960 1023

NFMAX                          : 5

NFSR(I), I=1, NREG           : 5 5 5 5 5 5 5 5 5

```

La liste de sortie du programme est donnée à la page suivante.

Les pages qui suivent montrent des exemples de grilles pour les régions 1 et 5. Les deux premières sont identiques et donnent le nombre de fréquences pouvant être assignées dans chacune des cellules de la région périphérique numéro 1. La troisième grille fournit les mêmes renseignements pour le centre-ville (région 5) tandis que la quatrième donne le nombre de fréquences assignées dans chaque sous-région 4×4 du centre-ville.

