

RECOMMANDATION UIT-R F.1518*

Méthode de détermination des besoins de spectre pour des réseaux d'accès hertzien fixes et des réseaux d'accès hertzien mobiles utilisant le même type d'équipement et fonctionnant dans la même bande de fréquences

(Questions UIT-R 215/8 et UIT-R 140/9)

(2001)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que l'utilisation de systèmes d'accès hertzien se répand aux fins d'applications tant fixes que mobiles;
- b) que, pour des raisons de facilité de mise en oeuvre, certains systèmes d'accès hertzien ont recours à l'assignation dynamique des canaux RF;
- c) que des systèmes d'accès hertzien fixes (AHF) et des systèmes d'accès hertzien mobiles (AHM), exploités dans la même bande, peuvent utiliser le même type d'équipement;
- d) que l'utilisation en partage d'un spectre limité par différents systèmes d'accès risque de réduire la capacité d'écoulement du trafic de chaque système;
- e) que la capacité d'écoulement du trafic d'un système hertzien est un paramètre fondamental de l'ingénierie du réseau d'accès radioélectrique;
- f) qu'il est nécessaire de disposer d'une méthode pour évaluer la capacité d'écoulement du trafic d'un système AHF dans une bande de fréquences qu'il utilise en partage avec d'autres systèmes d'accès hertzien, fixes et/ou mobiles,

recommande

1 que la méthode à appliquer pour évaluer la capacité d'écoulement du trafic prenne en considération:

- les schémas de déploiement des cellules des différents systèmes;
- les modalités d'accès des systèmes;
- l'émission du signal brouilleur en direction du système brouillé;
- le niveau relatif des signaux utiles et des signaux brouilleurs;
- la distribution statistique d'activité des systèmes en question;
- les techniques de réduction des brouillages développés par le système brouillé;

2 que la méthode de calcul exposée à l'Annexe 1 peut être utilisée pour évaluer les besoins de spectre et la capacité d'écoulement du trafic de systèmes AHM et AHF utilisant le même type d'équipement et fonctionnant dans la même bande de fréquences.

* Cette Recommandation ayant été élaborée conjointement par les Commissions d'études 8 (GT 8A) et 9 (GT 9B) des radiocommunications, toute révision ultérieure devra être entreprise conjointement.

ANNEXE 1

Méthode pour évaluer les besoins de spectre et la capacité d'écoulement du trafic de systèmes AHM et AHF utilisant le même type d'équipement, et fonctionnant dans la même bande de fréquences, basée sur la technologie d'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) et/ou d'accès multiple par répartition en fréquence (AMRF)

1 Introduction

La Recommandation UIT-R F.1402 expose les principes du partage de fréquences entre un système AHM et un système AHF à condition que le brouillage entre eux soit inférieur à un certain niveau, l'idée fondamentale étant que ces deux systèmes aient des zones de service différentes; aussi a-t-on calculé la distance de séparation entre les deux.

Toutefois, il se trouve dans la pratique que les zones de service des systèmes AHF et AHM se chevauchent parfois et que dans ces parties les deux systèmes doivent coexister; or, cette coexistence est possible si les systèmes appliquent l'assignation autonome des ressources radioélectriques, chaque équipement évitant alors d'être une source de brouillage permanente.

Les systèmes AHM et AHF ont en principe des zones de service différentes, mais il arrive qu'elles se chevauchent, créant ainsi à la périphérie une petite zone où le trafic de chaque système est assez faible. Dans pareil cas, il est conseillé en vue d'une bonne utilisation des fréquences que les deux systèmes utilisent la même bande de fréquences et coexistent seulement dans une petite partie de la zone de recouvrement, au lieu d'utiliser chacun une bande de fréquences différente.

Compte tenu de la possibilité ci-dessus, la présente Annexe expose les conditions techniques dans lesquelles pourront être exploités un système AHM et un système AHF utilisant le même équipement et employant la même bande de fréquences dans la zone de recouvrement de leur zone de service.

2 Champ d'application

Aux fins de la présente méthode, les systèmes AHM et AHF utilisent le même type d'équipement basé sur la technologie AMRT et/ou AMRF, permettant de sélectionner de façon autonome un canal radioélectrique inutilisé à l'intérieur de la bande. La suite du texte examine les conditions que doivent remplir, pour coexister dans la même portion de zone, un système AHM et un système AHF utilisant la même bande de fréquences.

La méthode exposée dans la présente Annexe peut être appliquée à une large gamme de bandes de fréquences moyennant l'utilisation d'une formule de propagation adaptée à la fréquence recherchée.

3 Références

- Recommandation UIT-R F.1399 – Terminologie relative aux accès hertziens.
- Recommandation UIT-R F.1402 – Critères de partage de fréquences entre un système d'accès hertzien mobile terrestre et un système d'accès hertzien fixe utilisant le même type d'équipement.
- Recommandation UIT-R M.1390 – Méthodologie de calcul des exigences de spectre de Terre pour les systèmes IMT-2000.

4 Analyse des besoins de spectre

4.1 Hypothèse retenue concernant les systèmes

Aux fins de la présente méthode, on suppose que les deux systèmes, AHM et AHF, utilisent la même technologie AMRT/AMRF et que la fonction d'assignation de canaux radioélectriques n'est pas commandée par le système, chaque station de base (système AHM) ou chaque station cellulaire (système AHF) choisissant de façon autonome parmi les canaux possibles à l'intérieur de la bande de fréquences. Il est possible que le canal utilisé reçoive des brouillages, mais dans ce cas le système met en oeuvre les contre-mesures correspondantes. On suppose par ailleurs que les deux systèmes ont les mêmes fonctions.

Lorsque leurs zones de service se chevauchent, les deux systèmes AHM et AHF peuvent coexister dans la même bande de fréquences grâce à l'assignation autonome qui intervient au moment de l'établissement de la communication.

Par contre, lorsqu'un canal radioélectrique est utilisé par un système, il ne peut pas l'être par l'autre, de sorte que, pour éviter l'augmentation de la probabilité de perte des tentatives d'appel, il faut assigner une largeur de bande additionnelle.

S'ils emploient une méthode d'assignation des fréquences autonome, plusieurs types de systèmes différents peuvent coexister, mais les conditions de brouillage sont alors beaucoup plus compliquées.

4.2 Calcul de la largeur de bande exigée lorsque les deux systèmes, fonctionnant dans la même zone de service, utilisent la même fréquence

D'une façon générale, lorsqu'on envisage de mettre en oeuvre un système AHM ou AHF, on calcule la largeur de bande dont il aura besoin, en prenant pour hypothèse un modèle de trafic et une disposition des stations de base ou des stations cellulaires dans la zone à desservir.

Lorsqu'on envisage d'utiliser simultanément un système AHM et un système AHF, on calcule de la même manière la largeur de bande nécessaire pour éviter qu'augmente la probabilité de perte des tentatives d'appel, puis on évalue la possibilité de coexistence. La méthode à suivre est exposée dans l'Appendice 1 ci-après.

L'Appendice 2 présente quant à lui un exemple de calcul en situation de coexistence, dans des zones rurales, de systèmes portables (PHS) mobiles et de systèmes PHS-AHF.

4.3 Techniques favorisant l'utilisation efficace des fréquences

Il est possible de réduire au minimum l'augmentation de la largeur de bande exigée et d'accroître la possibilité de coexistence de ces deux systèmes en employant les techniques ci-dessous.

4.3.1 Utilisation d'antennes directives

Il est possible de réduire les brouillages en utilisant une antenne directive, non seulement pour les stations de base et les stations cellulaires, mais encore pour les stations terminales dans le cas de systèmes AHF. Il est possible d'utiliser plusieurs types d'antennes directives, à savoir: antenne à inclinaison, antenne sectorielle et antenne en rideau. Grâce à ces antennes, on améliorera la forme et la surface de la zone d'agrégat décrite à l'Appendice 1.

4.3.2 Synchronisation de trames des signaux radioélectriques

Pour établir les conditions de coexistence des deux systèmes, il est possible de recourir à deux niveaux de synchronisation de trames des signaux radioélectriques, présentés ci-après.

4.3.2.1 Synchronisation de trames à l'intérieur d'un système

Par l'effet de la synchronisation de trames à l'intérieur du système AHM ou AHF, une communication sur un seul intervalle temporel crée un brouillage à l'intérieur du système uniquement pendant cet intervalle; par conséquent, la largeur de bande nécessaire correspondant à un seul canal d'émission sera améliorée dans les zones où les deux systèmes ne coexistent pas par rapport au cas dépourvu de synchronisation.

De plus, la synchronisation à l'intérieur d'un système duplex à répartition dans le temps (DRT) permet de limiter le brouillage aux mêmes conditions applicables à un système duplex en répartition en fréquence (DRF) (voir la Recommandation UIT-R F.1402) ce qui signifie que le brouillage entre des stations de base, qui constitue le principal problème, est éliminé et que les conditions pour la coexistence sont nettement améliorées. Dans la méthode de calcul exposée à l'Appendice 1, la surface de la zone d'agrégat et les besoins de spectre ne seront inférieurs que dans le cas d'un système non synchronisé.

4.3.2.2 Synchronisation de trames mutuelle entre les systèmes

En l'absence d'une synchronisation de trames mutuelle, un brouillage important peut se produire, entre les systèmes qui ne sont donc pas synchronisés, en particulier si des stations de base ou des stations de cellules se trouvent en visibilité directe les unes par rapport aux autres. En règle générale, il sera très difficile de procéder à une synchronisation de trames mutuelle si des technologies différentes sont utilisées pour les systèmes AHM et pour les systèmes AHF.

Par la synchronisation de trames mutuelle entre un système AHM et un système AHF, une communication sur un seul intervalle temporel ne brouille, pour l'essentiel, que cet intervalle temporel, bien que le résultat dépende de la précision de la synchronisation. Par conséquent, la largeur de bande nécessaire pour un seul canal d'émission sera améliorée dans tous les cas, par rapport à celui d'un système non synchronisé.

En outre, dans le cadre d'un système DRT, grâce à la synchronisation entre les systèmes il est possible de limiter le brouillage aux mêmes conditions qui sont applicables à un système DRF (voir la Recommandation UIT-R F.1402). Dans la méthode de calcul exposée à l'Appendice 1, la surface de la zone d'agrégat et les besoins de spectre seront moindres dans tous les cas.

5 Capacité d'écoulement du trafic

La technique de simulation présentée à l'Appendice 3 permet d'évaluer les capacités d'écoulement du trafic en cas de coexistence d'un système AHM et d'un système AHF utilisant le même type d'équipement de télécommunications numériques améliorées sans cordon (DECT) dans une bande de fréquences attribuée.

6 Abréviations

AHF	Accès hertzien fixe
AHM	Accès hertzien mobile
AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps
DCA	Assignation dynamique des canaux (<i>dynamic channel allocation</i>)
DECT	Télécommunications numériques améliorées sans cordon (<i>digital enhanced cordless telecommunication</i>)

DRF	Duplex en répartition en fréquence
DRT	Duplex à répartition dans le temps
PHS	Portable (<i>personal handy-phone system</i>)
RTPC	Réseau téléphonique public avec commutation

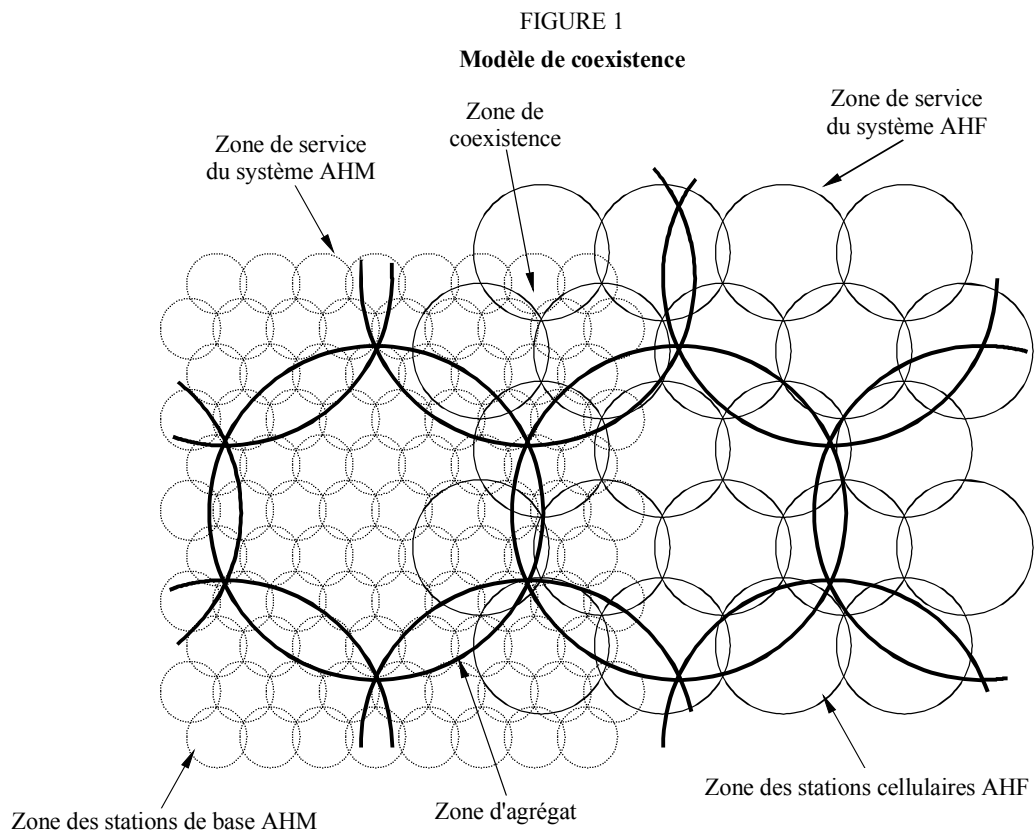
APPENDICE 1

À L'ANNEXE 1

Méthode de calcul

1 Modèle de coexistence

Le calcul de la largeur de bande nécessaire se fonde sur le modèle de coexistence illustré à la Fig. 1.



Note 1 – Les zones de service correspondant aux deux systèmes peuvent être identiques.

Note 2 – Les zones d'agrégat correspondant aux deux systèmes peuvent avoir un rayon différent.

1.1 Modèle de stations de base radioélectriques et zone d'agrégat

1.1.1 Modèle de stations de base radioélectriques

Dans le cadre de ce modèle, des stations de base AHM et des stations cellulaires AHF sont déployées dans la même zone de service et utilisent la même bande de fréquences. Fondés sur la même technologie, les deux systèmes utilisent la même assignation de la porteuse et la même méthode d'accès. Lorsqu'un système utilise un canal radioélectrique, l'autre ne peut pas l'utiliser et peut subir des brouillages sur les canaux immédiatement adjacents.

Une station cellulaire AHF couvre une zone circulaire de rayon r_f , et une station de base AHM couvre une zone circulaire de rayon r_m . Les stations de base sont disséminées uniformément dans la zone de service.

Chaque station de base peut employer un canal radioélectrique inutilisé dans la bande de fréquences, sans aucune autre restriction.

1.1.2 Notion de zone d'agrégat

Pour calculer les conditions de réutilisation des fréquences dans un cas de ce type, on suppose l'existence d'une «zone d'agrégat» virtuelle, distribuée uniformément à l'intérieur de la zone de service, mais aussi que la même combinaison fréquence/intervalle temporel ne peut pas être réutilisée dans la même zone d'agrégat, bien qu'elle puisse être réutilisée dans des zones d'agrégat différentes.

1.1.3 Calcul du rayon de la zone d'agrégat

On suppose deux zones circulaires, A et B, de même rayon, r , et se touchant au point P (voir la Fig. 2); on suppose que la zone A est la zone brouillée et que la zone B est la zone brouilleuse. Parmi les zones des stations de base/cellulaires brouillées dans la zone A, on choisit la zone C, c'est-à-dire celle jouxtant le point P qui correspond au point le plus défavorable.

Des stations de base/cellulaires et des stations d'abonné (portables) sont disséminées en différents points dans la zone B, de telle sorte que la puissance reçue en provenance d'une station radioélectrique brouilleuse de la zone B au point P n'est pas uniforme. Toutefois, si on utilise une valeur moyenne, la puissance reçue est environ du même niveau que lorsque la station radioélectrique brouilleuse se trouve au centre de la zone B. En outre, pour simplifier le problème et pour s'en tenir au scénario du cas le plus défavorable, on suppose que la station d'abonné ou de base/cellulaire a son gain d'antenne maximum à proximité du point P.

Par analogie, des stations d'abonné sont disséminées en différents points dans la zone de station de base/cellulaire C, mais si on utilise une valeur moyenne, la puissance reçue au point P est environ du même niveau que lorsque la station radioélectrique émettrice se trouve au centre de la zone C.

Dans cette configuration, il est raisonnable de supposer qu'au point P le rapport D/U est donné par l'équation suivante:

$$D/U = P_{rC}/P_{rB}(r) \quad (1)$$

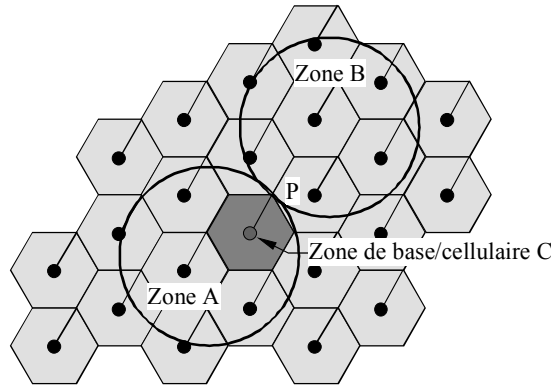
où:

- D : niveau du signal utile
- U : niveau du signal brouilleur ou non désiré
- P_{rC} : puissance reçue au point P provenant de la station radioélectrique de transmission au centre de la zone C
- $P_{rB}(r)$: puissance reçue au point P provenant de la station radioélectrique brouilleuse au centre de la zone B
- r : rayon de la zone A et de la zone B.

Le rayon de la zone d'agrégat, r_c , est donc limité par la formule suivante:

$$D/U \text{ nécessaire} \leq P_{rC}/P_{rB}(r_c) \quad (2)$$

FIGURE 2
Calcul du rayon de la zone d'agrégat



1518-02

1.2 Modèle de trafic

On suppose que les abonnés sont disséminés de façon uniforme dans la zone de service, que la densité d'abonnés correspondant aux systèmes AHM et AHF est respectivement u_m et u_f , que le trafic par abonné pour chaque système est respectivement a_m et a_f , et que la probabilité de perte requise correspond à b_m et b_f . Dans les calculs ci-après de la largeur de bande nécessaire, on ne prend en considération que des communications téléphoniques ordinaires.

2 Zone retenue aux fins de calculs

Pour calculer la bande de fréquences requise, on commence par déterminer une zone qui sera retenue aux fins de calculs.

Les systèmes AHF sont souvent utilisés en complément des systèmes d'accès filaire; dans ce cas, la zone de service AHF est une zone fermée, d'un rayon de plusieurs kilomètres par exemple, à l'intérieur de laquelle sont disséminées les maisons. Les différentes zones de service sont indépendantes les unes des autres pour ce qui est de la propagation des ondes radioélectriques, car elles sont très éloignées ou parce que la propagation est empêchée par telle ou telle condition géographique. Une zone fermée de ce type est appelée zone de service fermée. Cela étant, la zone retenue aux fins de calculs est exprimée comme suit:

$$\text{Surface de la zone retenue aux fins de calculs, } s_c = \min(\text{surface de la zone de service fermée, surface de la zone d'agrégat}) \quad (3)$$

où $\min(a, b)$: plus petite valeur de a et de b .

Normalement, la zone de service AHM peut être identique à la zone de service AHF lorsque l'une et l'autre sont des zones de service fermées.

Dans les calculs ci-après, on suppose que les zones retenues aux fins de calculs pour les systèmes AHM et AHF sont identiques (voir la Note 1).

NOTE 1 – Le cas où les zones retenues aux fins de calculs pour les systèmes AHM et AHF ne sont pas identiques devra faire l'objet d'une étude ultérieure.

3 Calcul simplifié de la largeur de bande nécessaire

Aux fins de calculs on suppose uniquement qu'un seul système AHM et un seul système AHF coexistent, bien qu'il soit possible de prendre en considération plusieurs systèmes.

Lorsque la zone retenue aux fins de calculs est déterminée, on estime la largeur de bande de fréquences nécessaire en calculant le nombre de canaux radioélectriques correspondant au trafic de la zone.

D'une part, la densité de trafic par surface de zone unitaire dans la zone de service pour les systèmes AHM et AHF est, respectivement, égale à:

$$u_m \cdot a_m \text{ et } u_f \cdot a_f$$

En supposant une synchronisation parfaite de toutes les cellules des deux systèmes AHM et AHF, le trafic total dans la zone retenue aux fins de calculs est donc égal à:

$$s_c \cdot (u_m \cdot a_m + u_f \cdot a_f)$$

La largeur de bande nécessaire, f_c , est donc égale à:

$$f_c = w \cdot n_c \quad (4)$$

où n_c est le nombre entier minimum satisfaisant à:

$$b_c > B(s_c \cdot (u_m \cdot a_m + u_f \cdot a_f), n_c) \quad (5)$$

$$b_c = \min(b_m, b_f) \quad (6)$$

$B(a, n)$: formule de B (E)

$B(a, n)$: probabilité de perte pour n canaux sortants avec un volume de trafic a

w : largeur de bande équivalente nécessaire pour un seul intervalle de transmission.

D'autre part, la largeur de bande nécessaire, f_m, f_f , dans le cas où des systèmes AHM et AHF ne coexistent pas dans la même zone utilisent une bande de fréquences différente ou utilisent une même fréquence mais dans des conditions d'éloignement suffisant, est égale à:

$$f_m = w \cdot n_m \quad \text{pour un système AHM} \quad (7)$$

où n_m est le nombre entier minimum satisfaisant à:

$$b_m > B(s_m \cdot u_m \cdot a_m, n_m) \quad (8)$$

$$f_f = w \cdot n_f \quad \text{pour un système AHF} \quad (9)$$

où n_f est le nombre entier minimum satisfaisant à:

$$b_f > B(s_f \cdot u_f \cdot a_f, n_f) \quad (10)$$

Lorsqu'en plus des canaux de trafic on utilise des canaux de commande séparés, il faut ajouter la fréquence pour ces derniers à la largeur de bande calculée.

Les fréquences nécessaires doivent être arrondies pour tenir compte de la modularité des canaux de la technologie utilisée.

Si la largeur de bande nécessaire doit être calculée avec une plus grande précision, on peut appliquer la méthode exposée dans la Recommandation UIT-R M.1390.

APPENDICE 2

À L'ANNEXE 1

Exemple de calcul de la largeur de bande nécessaire pour un système PHS dans un environnement rural**1 Introduction**

Dans l'exemple de calcul ci-après, on suppose que les systèmes sont mis en oeuvre dans une zone rurale et que les systèmes AHM et AHF coexistent à l'intérieur de la zone de service fermée en utilisant la même bande de fréquences.

2 Exemple de calcul

Les calculs sont effectués en utilisant les caractéristiques des systèmes PHS, AHM et AHF.

On examine à titre d'exemple le cas où les deux systèmes sont déployés dans une zone rurale. Un calcul similaire peut être fait pour une mise en service en zone urbaine.

2.1 Modèle de trafic

Aux fins de calculs, on suppose les paramètres de trafic ci-dessous. Le modèle de calcul se fonde sur une zone rurale type du Japon. Seul le trafic du RTPC est pris en considération.

AHM: 0,04 E/abonné, probabilité de perte des tentatives d'appel = 1,0%

AHF: 0,05 E/abonné, probabilité de perte des tentatives d'appel = 0,1%.

On suppose les densités d'abonnés suivantes:

AHM: 1 abonné/km²

AHF: 5 abonnés/km².

La densité de population de la zone est fixée à 33 habitants par km². En supposant que 10% de la population résidentielle est mobile et que le taux de pénétration du service mobile est de 30% de la population mobile, le système AHM compte 1 abonné par km².

Cinq abonnés par km² est une densité d'abonnés au RTPC type pour une zone où peut être déployé le système AHF.

On suppose que les deux systèmes AHM et AHF coexistent dans une zone de 140 km², soit la surface maximale adaptée au système AHF.

2.2 Zone retenue aux fins de calculs

En supposant que l'intensité de champ du signal utile du système PHS-AHF à l'extrémité de la zone cellulaire est de 40 dB(μV/m) (pour une puissance d'émission de 13 dBm et un gain d'antenne de 10 dBi, voir la Recommandation UIT-R F.1402) et que le rapport D/U nécessaire est de 15 dB, l'intensité acceptable du signal brouilleur devrait, au même point, être égale à 25 dB(μV/m).

On suppose que la distance correspondant à l'intensité de champ du signal brouilleur de 25 dB(μ V/m) est égale à 5,3 km dans des conditions de propagation en visibilité directe. La zone d'agrégat, c'est-à-dire la zone retenue aux fins de calculs, a alors une superficie de 88,2 km² pour un rayon de 5,3 km.

2.3 Canaux de trafic nécessaires

En appliquant le modèle de trafic à la zone retenue aux fins de calculs, on calcule le trafic dans la zone ainsi:

Trafic provenant du système AHM: $0,04 \times 1 \times 88,2 = 3,53$ E

Trafic provenant du système AHF: $0,05 \times 5 \times 88,2 = 22,1$ E

Trafic total = 25,63 E.

2.4 Largeur de bande nécessaire

Il faut ensuite calculer le nombre de canaux nécessaires pour écouler le trafic total ci-dessus, compte tenu de la probabilité de perte des tentatives d'appel correspondant à chaque système, en utilisant la formule B (E).

Selon les calculs, il faut 9 canaux pour écouler un trafic de 3,53 E avec une probabilité de perte de 1,0% et 38 canaux pour écouler un trafic de 22,1 E avec une probabilité de perte de 0,1%, et enfin 42 canaux pour écouler le trafic total de 25,63 E avec une probabilité de perte de 0,1%. Dans le cas d'une coexistence des deux systèmes, il faut retenir aux fins de calculs la probabilité de perte la moins élevée pour obtenir la qualité de service correspondant aux deux systèmes AHM et AHF.

On suppose que la largeur de bande nécessaire par canal de trafic est égale à 100 kHz. Un système PHS utilise un espacement entre porteuses de 300 kHz et a recours à la technique AMRT/DRT avec quatre intervalles temporels. En conséquence, il faut en moyenne au moins 75 kHz par canal de trafic, mais compte tenu du brouillage causé aux canaux adjacents, il faudrait plutôt 100 kHz.

Le PHS a en outre besoin d'une porteuse de commande pour chaque système.

Cela étant, à chaque système est associée la fréquence nécessaire suivante:

AHM: $9 \text{ canaux} \times 100 \text{ kHz} + 300 \text{ kHz} = 1,2 \text{ MHz}$

AHF: $38 \text{ canaux} \times 100 \text{ kHz} + 300 \text{ kHz} = 4,1 \text{ MHz} \rightarrow 4,2 \text{ MHz}$

AHM et AHF sans coexistence: $1,2 + 4,2 = 5,4 \text{ MHz}$

AHM et AHF en situation de coexistence: $(42 \text{ canaux} \times 100 \text{ kHz}) + (300 \text{ kHz} \times 2) = 4,8 \text{ MHz}$.

2.5 Récapitulatif des calculs

Les calculs ci-dessus sont récapitulés dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Récapitulatif des calculs

	Système AHM	Système AHF	Systèmes AHM/AHF combinés
Trafic par abonné (a_f, a_m) (E/abonné)	0,04	0,05	
Densité d'abonnés (u_f, u_m) (abonné/km ²)	1,0	5,0	
Surface de la zone de service fermée (km ²)	140,00	140,00	
Surface de la zone d'agrégat (km ²)	88,2	88,2	
Surface de la zone retenue aux fins de calculs (s_c, s_c) (km ²)	88,2	88,2	
Trafic dans la zone retenue aux fins de calculs (E)	3,53	22,1	25,63
Probabilité de perte des tentatives d'appel (b_f, b_m) (%)	1,00	0,10	0,10
Nombre de canaux de trafic nécessaires	9	38	42
Largeur de bande nécessaire par canal de trafic (w) ⁽¹⁾ (kHz)	100	100	100
Largeur de bande nécessaire (calculée) (MHz)	0,9	3,8	4,2
Largeur de bande nécessaire (utilisée) ⁽²⁾ (MHz)	1,2	4,2	4,8
Largeur de bande nécessaire totale lors d'une utilisation de bandes distinctes (MHz)	5,4		–

⁽¹⁾ Compte tenu du brouillage causé aux canaux adjacents.

⁽²⁾ Compte tenu de l'espacement entre porteuses de 300 kHz et de l'adjonction d'un canal de commande (une porteuse par système).

NOTE 1 – Les valeurs ombrées correspondent aux hypothèses retenues pour les calculs.

NOTE 2 – Les indices m et f renvoient respectivement au système AHM et au système AHF.

3 Considérations sur la coexistence

Le résultat montre qu'il faut une largeur de bande totale de 5,4 MHz si des canaux séparés sont assignés aux systèmes AHM et AHF. Toutefois, si les deux systèmes utilisent la même fréquence dans un souci d'économie du spectre, 4,8 MHz suffisent.

Pour calculer la largeur de bande nécessaire dans la zone de coexistence du présent exemple, on considère que le trafic nominal de chaque système, en d'autres termes le trafic le plus fort, s'applique également à la zone de coexistence. Toutefois, lorsque les systèmes AHM et AHF ont des zones de service différentes et qu'ils partagent la même bande de fréquences uniquement dans un petit secteur à l'extrémité de chaque zone de service, le trafic correspondant à chaque système est

considéré comme faible. Dans ce cas, la largeur de bande nécessaire, en situation de coexistence, sera inférieure au résultat présenté ci-dessus et même inférieure aux 4,2 MHz mentionnés, soit la largeur de bande correspondant au seul système AHF: les systèmes AHM et AHF peuvent ainsi coexister dans la même fréquence sans bande de fréquences additionnelle.

Cet exemple de calcul s'applique à un déploiement en zone rurale, mais les systèmes AHM et AHF sont souvent mis en oeuvre dans des zones plus urbaines. Dans ce cas, le volume de trafic est beaucoup plus élevé; en outre, plus le nombre de fréquences est petit et plus le taux d'utilisation des circuits est élevé, lorsque les deux systèmes AHM et AHF coexistent, dans un souci d'efficacité d'utilisation du spectre, à l'intérieur de la même bande de fréquences.

APPENDICE 3

À L'ANNEXE 1

Evaluation de la capacité d'écoulement du trafic en vue de la coexistence de systèmes DECT AHM et AHF dans une bande de fréquences assignée

1 Introduction

Des systèmes AHF utilisent une technologie qui a été développée pour des applications AHM et sont exploités dans une bande de fréquences qui doit être partagée entre les deux applications. Dans les zones où les deux systèmes sont mis en service simultanément, il faut évaluer les conséquences de cette simultanéité pour la capacité d'écoulement du trafic du système AHF coexistant avec une application AHM pour vérifier que la qualité de service n'en est pas dégradée.

2 Application AHF

Il convient d'observer que la portée des terminaux d'abonné dans le cadre d'une application AHF est considérablement plus importante que dans le cadre d'une application AHM. Le trajet du signal est plus cohérent, il est généralement en visibilité directe (les antennes des terminaux d'abonné sont en effet souvent installées sur les toits) et les stations de base/abonné peuvent employer des antennes à gain élevé, dont la directivité permet également de réduire la possibilité d'avoir des signaux sur plusieurs trajets.

Le cas le plus défavorable à analyser est celui de la coexistence dans un environnement urbain d'une application publique par des piétons et d'une application AHF. Dans ces conditions, l'application AHF sera limitée pour cause de brouillage (*C/I* limité), du fait de la densité des abonnés.

Les scénarios urbains types correspondant aux applications AHF sont soit l'extension du réseau fixe à une nouvelle zone d'urbanisation à proximité d'une ville existante/nouvelle, soit l'avènement d'un nouvel opérateur dans une zone urbaine. La densité de raccordement variant de 500 (zone de maisons individuelles) à 2 000 (zone d'immeubles de 2 à 4 étages) connexions par km² et un trafic (E) de 70 mE étant supposé pour chaque connexion, le trafic total dans ce cas varie de 35 à 140 E/km².

Pour un centre-ville érigé d'immeubles de 4 à 8 étages le trafic résidentiel varie de 140 à 280 E/km², valeurs qui ne sont pas représentatives pour des quartiers nouvellement urbanisés.

On peut en conclure qu'une capacité d'écoulement de trafic de 100 à 300 E/km² doit être prévue pour permettre des applications AHF de téléphonie.

On estime que ces densités de trafic augmenteront au cours des toutes prochaines années pour atteindre de 200 à 400 E/km² à cause de l'essor des services de transmission de données.

Le rayon des cellules des systèmes AHF correspondant à ce trafic est compris entre 400 et 500 m.

Les estimations de trafic se fondent sur les modèles approuvés par différents pays planifiant l'exploitation de systèmes AHF.

3 Application publique AHM par des piétons

L'application publique par des piétons confère une mobilité locale aux abonnés dans une zone urbaine ou suburbaine; les zones sont de deux types, soit publiques et couvertes comme des centres commerciaux, des gares de chemin de fer ou des aéroports, soit à l'air libre, comme les rues. Pour chaque utilisateur mobile, on suppose un trafic de 30 mE. Dans ces zones publiques, on ne prend pas en considération les lieux fermés de grand rassemblement étant donné que leur contribution au brouillage est très faible à cause de l'effet d'écran des murs et planchers. Le niveau de brouillage le plus élevé entre les deux applications se produit donc lorsque des connexions AHF sont réalisées par-dessus les toits des immeubles et que fonctionnent des stations de base AHM (accès public sans cordon par des piétons) situées en extérieur à quelques mètres au-dessus du niveau du sol.

La couverture d'une rue est réalisée en positionnant les stations de base à une hauteur égale à celle de lampadaires le long de la rue. En supposant un taux de pénétration maximum pour cette application de 5% de la population, on obtiendrait un trafic de 30 E/km² pour une ville de 2 millions d'habitants couvrant 100 km², mais les gens ne sont pas toujours dans la rue.

Une autre façon d'estimer le trafic consiste à utiliser une densité de piétons estimée dans un centre-ville: pour une densité de 10 000/km² et un taux de pénétration de 5%, on obtient un trafic de 15 E/km².

Prenons par exemple une avenue bordée de trottoirs de 5 m de large et une portée (rayon) de 200 m de la station de base, qui couvre ainsi au total 4 000 m² et supposons qu'il y a une personne tous les 10 m², soit un total de 400 personnes dans la zone, dont 5% seulement ont un portable. Si pour chaque usager le trafic est de 30 mE, le trafic total moyen sera, au niveau de la station de base, égal à 0,6 E, ce qui correspond à 30 E/km², les avenues étant distantes les unes des autres de 100 m. Un trafic aussi élevé étant l'apanage uniquement d'un petit nombre d'avenues d'un centre-ville, la densité de trafic moyenne est comprise entre 10 et 15 E/km², ce qui correspond à l'estimation ci-dessus. Le trafic moyen par station de base est donc inférieur à 1 E, mais la petitesse des trajets radioélectriques (antennes de petite taille des combinés) impose de petites cellules.

4 Simulation de brouillage entre systèmes AHF et AHM (application publique par des piétons) basée sur de la technologie DECT

Comme il a été indiqué ci-dessus, le niveau de brouillage potentiel le plus élevé se produit entre un système AHF dont les connexions sont établies par-dessus les toits et un système AHM (application publique par des piétons) dont les émissions se situent en dessous de ce niveau.

Un scénario de brouillage de ce type a été simulé, sur la base de la technologie DECT, avec chaque site de station de base AHF équipé de 6 cellules sectorielles. Toutes les stations de base sont synchronisées et les stations d'abonné emploient la technique de l'assignation dynamique des canaux (DCA). Les stations de base AHF sont distantes les unes des autres de 1,7 km et les stations de base de l'application publique par des piétons le sont de 300 m, les deux systèmes étant disposés

selon une distribution hexagonale. Il y a 33 stations de base de l'application publique par des piétons à l'intérieur de la zone couverte par une station de base AHF. Chaque station de base/abonné est commandée par un simulateur d'appel selon la loi de Poisson: si la tentative d'appel n'aboutit pas dans un délai de 3 s (norme DECT) l'appel est considéré comme bloqué.

4.1 Incidence du AHF sur l'application publique AHM par des piétons

Aux stations de base AHM correspond un trafic moyen de 1 à 3 E, c'est-à-dire que le trafic est bien inférieur à la capacité des circuits, mais aussi qu'il n'est pas limité par des brouillages, les brouillages provenant de sites adjacents étant d'abord très faibles étant donné que le trafic par station de base est peu important et ensuite d'un faible niveau du fait des caractéristiques de propagation ainsi que des effets de réflexion et de diffraction.

Le dimensionnement du système public piétonnier est dicté par des considérations plus de couverture que de trafic.

Les applications AHF recensées dans la même zone brouilleront les portables et les stations de base du système AHM. Avec la configuration décrite ci-dessus et des rayons de cellule AHF plus importants, l'incidence des brouillages sur le système AHM reste négligeable et le trafic n'est pas perturbé. Une petite cellule AHM recevra une partie uniquement des connexions AHF qui sont gérées dans le cadre d'une cellule de plus grande taille.

4.2 Incidence d'une application publique AHM par des piétons sur le système AHF

Les applications AHF dans un environnement urbain sont limitées en fonction des brouillages, tout comme le rayon des cellules est limité en fonction du trafic. Le brouillage AHF provient de sites d'autres systèmes synchronisés; si on ajoute du brouillage à ce brouillage AHF, le trafic par station de base peut diminuer suivant la quantité de brouillage produite par l'application AHM.

Un trafic moyen d'1 E par cellule AHM n'affecte pas le trafic moyen maximum par station de base du système AHF. Par contre, un trafic moyen de 3 E par cellule AHM réduit le trafic AHF (pour la même qualité de service) de 10 à 30% environ par station de base. Des systèmes AHM types (utilisation dans la rue par des piétons) avec un trafic de 1 E par cellule n'ont pas d'incidence sur le trafic AHF.

L'incidence du brouillage sur les liaisons montante et descendante peut être résumée comme suit:

- *Liaison montante*: le brouillage additionnel provient des téléphones portables en communication avec leurs stations de base; les signaux brouillent les stations de base AHF en particulier lorsque le piéton se trouve à leur proximité. Cette source de brouillage peut ne pas être importante étant donné le nombre de cellules AHM qui existent à l'intérieur d'une cellule AHF, un petit nombre uniquement d'entre elles se trouvant à proximité de la station de base AHF.
- *Liaison descendante*: les stations d'abonné AHF sont brouillées par la station de base AHM. Grâce à la faiblesse du trafic géré par la station de base, les portables ne sont pas bloqués.

Ces résultats démontrent l'avantage d'utiliser la technique d'attribution dynamique des canaux qui permet de protéger les équipements, qu'il s'agisse des stations de base ou des téléphones portables, contre les signaux brouilleurs.
