

RECOMMANDATION UIT-R F.1706

Critères de protection des systèmes hertziens fixes point à point partageant avec des systèmes d'accès hertziens nomades une même bande de fréquences dans la gamme 4-6 GHz

(Question UIT-R 133/9)

(2005)

Domaine de compétence

La présente Recommandation fixe les critères de protection des systèmes hertziens fixes (FWS) point à point par rapport aux systèmes d'accès hertziens nomades (SAHN) dans la gamme 4-6 GHz, exploités dans des zones voisines de frontières internationales. L'Annexe 1 présente les éléments d'analyse fondamentaux et donne des exemples de simulation de distances de séparation pour protéger les FWS point à point des brouillages causés par des AHN.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, dans de nombreuses parties du spectre, le service fixe et le service mobile partagent les mêmes bandes de fréquences;
- b) que ces deux systèmes peuvent coexister et utiliser efficacement le spectre des fréquences, moyennant des critères de partage et des distances de séparation géographique appropriées;
- c) que la distance de séparation nécessaire pour protéger les systèmes hertziens fixes (FWS) point à point des brouillages causés par les systèmes SAHN n'a pas été déterminée dans de nombreuses bandes de fréquences et en particulier dans la gamme 4-6 GHz;
- d) que, dans de nombreuses parties de la gamme de fréquences en question, les FWS partagent aussi cette même bande avec les services spatiaux,

notant

- a) que les systèmes FWS point-à-point et les SAHN qui utilisent la même bande de fréquences dans la gamme 4-6 GHz peuvent être exploités dans des zones proches l'une de l'autre au-delà des frontières internationales,

recommande

1 que les critères de protection des FWS point à point utilisant les mêmes bandes de fréquences que les SAHN soient comme suit:

- le brouillage global maximum provenant du SAHN, station de base et stations terminales comprises, doit être tel que la dégradation du seuil du récepteur FWS n'excède pas 0,5 dB dans des conditions de propagation en espace libre (en termes d'équivalence, le bruit du brouillage global ne doit pas excéder un dixième du niveau de bruit thermique du récepteur FWS) (voir la Note 1);

2 que, pour toute information complémentaire, il convient de se référer à l'Annexe 1, notamment en ce qui concerne la distance de séparation à observer pour protéger les systèmes FWS des brouillages causés par les SAHN.

NOTE 1 – Ce critère est établi sur la base des dispositions du point c) du *considérant* ci-dessus ainsi que d'un certain nombre de paramètres systèmes définis pour des études de partage dans la Recommandation UIT-R F.758 dans la gamme 4-6 GHz.

Annexe 1

Considérations sur la distance de séparation à observer pour protéger les FWS point à point des brouillages causés par des SAHN partageant avec eux une même bande de fréquences dans la gamme 4-6 GHz

1 Introduction

Dans de nombreuses parties du spectre le service fixe et le service mobile utilisant en partage des bandes de fréquences, les études de compatibilité entre l'un et l'autre service revêtent une importance croissante, en particulier au-dessus de 3 GHz.

L'utilisation et les applications des systèmes hertziens de communication de Terre sont depuis quelque temps en augmentation considérable, à telle enseigne que des pays envisageront éventuellement d'utiliser dans l'avenir les bandes au-dessus de 3 GHz pour des systèmes d'accès hertziens et en particulier pour des applications nomades/mobiles. Il convient d'observer que de nombreuses bandes de fréquences dans la gamme 4-6 GHz sont consacrées pour l'essentiel aux réseaux hertziens traditionnels du service fixe, de sorte que pour analyser les utilisations dont fait l'objet le spectre, il faut tenir compte de la compatibilité entre les systèmes existants et les nouvelles applications. Il conviendrait par ailleurs d'estimer les répercussions que ces nouvelles applications pourront avoir pour les autres systèmes, dans certains cas par delà les frontières internationales.

La présente Annexe offre des considérations sur la distance de séparation à observer pour protéger les systèmes à faisceaux hertziens numériques (FHN) classiques des brouillages inacceptables que peuvent leur causer des SAHN dans la bande de fréquences des 5 GHz.

2 Facteurs fondamentaux pris en considération dans l'analyse

L'analyse présentée ci-dessous tient compte des facteurs suivants:

- dans les fréquences aux environs des 5 GHz, par exemple entre 4 400 et 5 000 MHz, la densité des systèmes FHN mis en œuvre dans les agglomérations est forte;
- les paramètres système utilisés dans l'analyse doivent, autant que possible, se fonder sur ceux qui sont établis dans d'autres Recommandations de l'UIT-R relatives aux études de partage;
- les SAHN se prêtent à une utilisation en intérieur mais également en extérieur;

- les systèmes FHN utilisant en règle générale la plus grande partie de la largeur de bande disponible, il est difficile d'appliquer des mesures de réduction des brouillages aux SAHN, telles que la sélection dynamique de fréquences, à l'intérieur de la bande utilisée en partage;
- les brouillages qui sont principalement retenus sont ceux que les SAHN causent aux systèmes FHN.

Enfin, l'analyse se réfère à des modèles théoriques mais aussi à des cas pratiques.

3 Paramètres des systèmes FHN et SAHN

3.1 Paramètres des systèmes FHN

Le Tableau 1 illustre les paramètres techniques des systèmes FHN, qui se fondent sur ceux du Tableau 13 de la Recommandation UIT-R F.758-3.

TABLEAU 1
Paramètres des systèmes FHN

Paramètre	Symbole	Valeur et unité	Référence
Fréquence centrale de fonctionnement	f	5 000 MHz	
Hauteur de l'antenne au-dessus du sol	H_D	70 m	⁽¹⁾
Gain maximal de l'antenne	-	42,5 dBi	Rec. UIT-R F.758 ⁽²⁾
Diagramme de rayonnement de l'antenne	$G_D(\theta)$	- dBi	Rec. UIT-R F.699
Affaiblissement dans la ligne d'alimentation	L_{f-}	3,5 dB	Rec. UIT-R F.758
Largeur de bande du récepteur	B_D	30,2 MHz	
Bruit thermique du récepteur	N_{thD}	-97,5 dBm	
Puissance de l'émetteur	P_{tD}	33 dBm	

⁽¹⁾ Valeur convenue dans la Recommandation UIT-R SF.1650 dans le cadre de l'étude de partage entre le service fixe et les stations terriennes à bord d'aéronefs.

⁽²⁾ On utilise couramment une seule et même antenne pour le récepteur et l'émetteur.

3.2 Paramètres des SAHN

Le Tableau 2 illustre les paramètres techniques des SAHN, qui se fondent sur ceux retenus pour l'HyperLAN (type-2) utilisé dans l'étude de partage entre les réseaux locaux hertziens (RLAN) et le service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) décrite dans la Recommandation UIT-R M.1653.

TABLEAU 2
Paramètres des systèmes SAHN

Paramètre	Symbole	Valeur et unité		Référence
		Utilisation en extérieur	Utilisation en intérieur	
Fréquence centrale d'exploitation	f	5 000 MHz	5 000 MHz	
Hauteur de l'antenne au-dessus du sol	H_N	10 m	30 m	(1)
Gain d'antenne maximum	G_{SAHN}	0 dBi	0 dBi	
Diagramme de rayonnement de l'antenne	-	Omni	Omni	(2)
Largeur de bande du récepteur	B_N	16 MHz	16 MHz	
Niveau minimum de réception	P_{minN}	-85 dBm	-68 dBm	
p.i.r.e. de l'émetteur	P_{tN}	30 dBm	20 dBm ⁽³⁾	
Rapport d'activité (cas le plus défavorable)	-	100 % ⁽⁴⁾	5 % ou moins	

(1) Hauteur de l'antenne de la station de base SAHN.

(2) Recommandation UIT-R M.1653.

(3) Il est tenu compte de l'effet (3 dB) de la commande de puissance de l'émetteur.

(4) Il est tenu compte de l'effet total d'une station de base, et des terminaux fonctionnant à l'intérieur de sa zone de couverture.

Dans le cas où le SAHN est exploité en extérieur, à chaque station de base correspond une couverture de service d'environ 100 m de rayon. A l'intérieur de la zone en question, plusieurs terminaux d'accès hertzien nomade (AHN) sont exploités. Si toutes les antennes (de la station de base et des terminaux) sont du type omni, l'effet total des brouillages causés aux stations FHN situées à distance pourrait être assimilé à celui de la station de base au centre de la zone de couverture, à supposer qu'un seul émetteur soit actif (c'est-à-dire qu'il émette effectivement un signal) au même moment. Ainsi, l'effet total d'une station de base et de tous les terminaux situés à l'intérieur de sa zone de couverture peuvent conduire à un rapport d'activité de 100%, ce qui est le cas le plus défavorable. Toutefois, il convient d'approfondir la question et de se demander si ce rapport d'activité de 100% est approprié.

Pour une utilisation en intérieur, c'est une valeur de 5% qui est retenue dans les études générales de partage comme un rapport d'activité (rapport émission-silence) des réseaux RLAN. Cette valeur a été établie en fonction de nombreux environnements différents dans des réseaux professionnels utilisés à l'intérieur de bâtiments; dans la présente Recommandation, il sera question d'un seul bâtiment contenant un certain nombre de terminaux SAHN/RLAN utilisant la même fréquence que les systèmes FHN. Le nombre de terminaux et le brouillage total qu'ils sont supposés causer sont indiqués dans le Tableau 3.

TABLEAU 3

Conditions d'exploitation avec des SAHN utilisés en intérieur

Rapport d'activité	5% ou moins
Nombre de terminaux utilisant la même fréquence que les systèmes FHN victimes à l'intérieur du bâtiment	Plusieurs dizaines
Effet total de tous les terminaux	$\Delta Ag = +5$ dB
Affaiblissement par occultation due au bâtiment	$L_B = 12$ dB ⁽¹⁾

⁽¹⁾ La Recommandation UIT-R M.1454 propose comme valeur la plus basse 7 dB et comme valeur la plus élevée 17 dB pour l'occultation moyenne due au bâtiment.

3.3 Critères de brouillage pour les FHN

On suppose que les systèmes FHN et les SAHN sont exploités les uns et les autres dans la bande attribuée à titre primaire au service fixe et au service mobile. On pourrait en conséquence appliquer un critère de brouillage $I/N = -10$ dB au service fixe des systèmes FHN en ce qui concerne les brouillages sur longue durée, de sorte que le niveau maximum de brouillage admissible, I_{maxD} , pour les systèmes FHN serait de:

$$I_{maxD} = N_{\text{èmeD}} - 10 = -107,5 \quad \text{dBm} \quad (1)$$

3.4 Brouillage causé par les systèmes FHN aux SAHN

Aucun critère de brouillage pour les SAHN n'a encore été défini dans une Recommandation UIT-R. A titre d'exemple, un SAHN basé sur la spécification HiperLAN (type-2) a un niveau minimum de porteuse en exploitation, P_{minN} , de -85 dBm, ou de -68 dBm (selon que la capacité est égale à 6 Mbit/s ou à 54 Mbit/s), suivant les dispositions de la Recommandation UIT-R M.1653. Dans pareil cas, le niveau maximum de brouillage admissible, I_{maxN} , pour les SAHN est égal, compte tenu d'un rapport C/I de 8 dB dans le cas d'une modulation MDP-2 ou de 24 dB dans le cas d'une modulation MAQ à 64 états, à:

$$I_{maxN} = P_{minN} - 8 = -93 \quad \text{dBm} \quad (\text{pour un système en extérieur}) \quad (2a)$$

$$I_{maxN} = P_{minN} - 24 = -92 \quad \text{dBm} \quad (\text{pour un système en intérieur}) \quad (2b)$$

Ces limites sont considérées uniquement comme des exemples aux fins de la présente Annexe, et ne sont pas précisément prises en compte.

4 Modèle théorique de brouillage**4.1 Hypothèses générales**

Dans les sections ci-dessous, l'analyse se fonde sur les hypothèses suivantes:

Dans le cas de brouillage entre un système FHN et un SAHN en extérieur:

- Il est autorisé d'exploiter une station de base SAHN si elle ne cause pas aux stations FHN existantes un brouillage supérieur au critère spécifié.
- Les effets des terminaux AHN exploités à l'intérieur de la zone de couverture d'une station de base convergent vers le site d'implantation de la station de base, et sont ainsi représentés par le brouillage émanant de cette dernière avec un rapport d'activité élevé (100%, cas le plus défavorable).

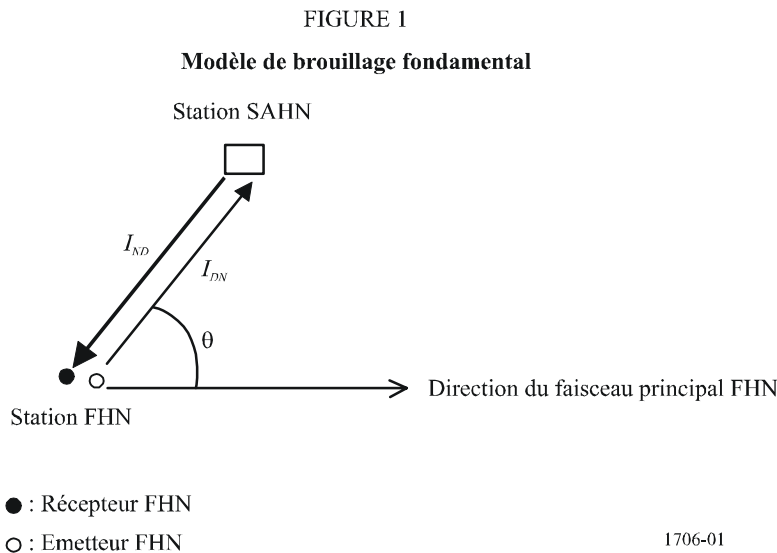
- c) L'affaiblissement du brouillage entre les deux stations (une station de base SAHN et une station FHN) se fait en visibilité directe et dans des conditions d'espace libre.
- d) Il n'est pas tenu compte des effets des possibles techniques de réduction du brouillage dans le cas des SAHN, par exemple commande de puissance de l'émetteur et sélection dynamique de fréquences.
- e) On ne tient pas compte de l'effet total du brouillage causé par plusieurs stations de base SAHN à une station FHN. (Question à approfondir.)

Dans le cas de brouillage entre un FHN et un SAHN en intérieur:

- f) On est autorisé à exploiter un SAHN mis en œuvre à l'intérieur d'un bâtiment s'il ne cause pas aux stations FHN existantes un brouillage supérieur au critère spécifié, selon les conditions visées au Tableau 3.
- g) L'affaiblissement du brouillage entre les deux systèmes, autre que celui qui est dû à l'occultation du bâtiment mentionnée au Tableau 3, se fait en visibilité directe et dans des conditions d'espace libre.
- h) L'effet de la commande de puissance de l'émetteur sur un SAHN est supposé équivalent à une réduction de puissance de 3 dB (soit 20 dBm dans le Tableau 2).
- i) Il n'est pas tenu compte de l'effet total des brouillages sur une station FHN correspondant à plusieurs bâtiments équipés de SAHN. (Question à approfondir.)

4.2 Distance de séparation dans le cas d'une seule station

La Fig. 1 présente un modèle de brouillage fondamental causé par une seule station FHN à une seule station de base SAHN.



On considère comme «possible» un point d'une station de base SAHN pour la couverture de service AHN lorsque le niveau du brouillage, I_{ND} , est inférieur au niveau spécifié I_{maxD} .

$$\text{(pour un SAHN en extérieur)} \quad I_{ND} = P_{tN} - L_S - L_f - G_D(\theta) \quad (< I_{maxD} = -107,5 \text{ dBm}) \quad (3a)$$

$$\text{(pour un SAHN en intérieur)} \quad I_{ND} = P_{tN} - L_B + \Delta Ag - L_S - L_f - G_D(\theta) \quad (< I_{maxD} = -107,5 \text{ dBm}) \quad (3b)$$

Dans la pratique, la zone de couverture AHN peut être aussi déterminée en fonction des conditions suivantes:

$$\text{(pour un SAHN en extérieur)} \quad I_{DN} = P_{tD} - L_S - L_f - G_D(\theta) - \Delta B \quad (< I_{maxN} = -93 \text{ dBm}) \quad (4-1)$$

$$\text{(pour un SAHN en intérieur)} \quad I_{DN} = P_{tD} - L_S - L_f - L_B - G_D(\theta) - \Delta B \quad (< I_{maxN} = -92 \text{ dBm}) \quad (4-2)$$

où:

L_S : affaiblissement en espace libre

ΔB : facteur d'ajustement de la largeur de bande,

$$10 \log (30,2/16) = 2,75 \quad (\text{dB}) \quad (5)$$

NOTE – Les valeurs de I_{maxN} sont des exemples uniquement valables pour l'HiperLAN type-2.

La possible zone de service SAHN peut être assimilée à la zone située à l'extérieur de la portion ombrée dans les Fig. 2a) et 2b) dans le cas de deux stations FHN et compte tenu d'une certaine distance entre deux bords (la Fig. 2 est obtenue par calculs à partir des paramètres indiqués dans les Tableaux 1, 2 et 3 et correspond à un bord de 25 km). La distance de séparation nécessaire dépend principalement des caractéristiques de l'antenne des stations FHN dans des conditions d'utilisation de SAHN en extérieur et en intérieur.

Il convient de noter que la portion ombrée d'où est exclu le service AHN peut être fonction des conditions de visibilité directe dictées par la hauteur des antennes des deux stations. Cette limite en visibilité directe est d'une cinquantaine de kilomètres suivant les paramètres indiqués dans les Tableaux 1 et 2.

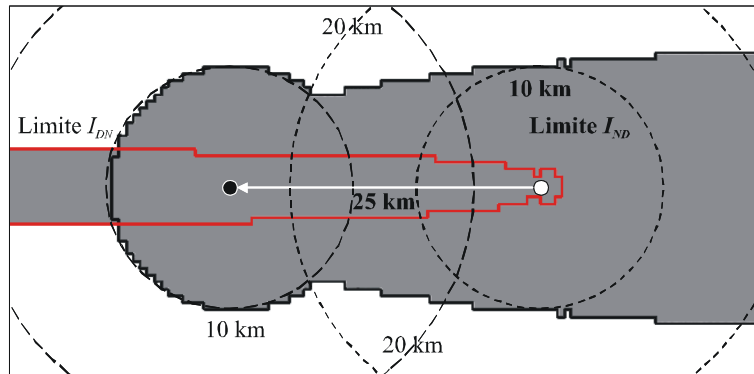
4.3 Modèles composés de liaisons FHN autour des villes

La possible zone de couverture de service AHN présentée dans la Fig. 2 peut être considérée comme un modèle de base pour des études de partage. Il est toutefois souhaitable de rechercher d'autres résultats d'analyse fondés sur des cas plus pratiques.

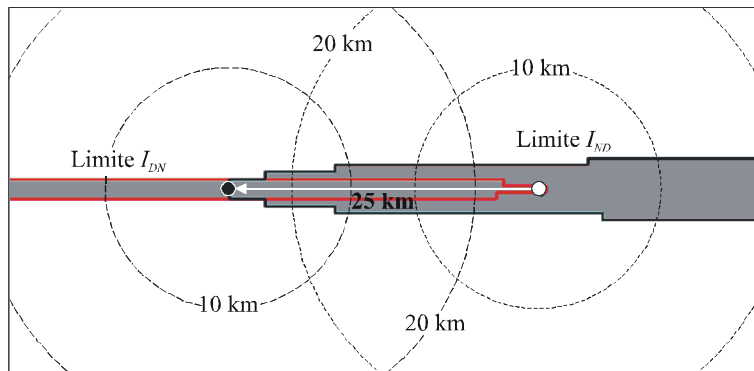
On a normalement un nombre élevé de liaisons FHN qui géographiquement convergent autour d'agglomérations. Dans le modèle illustré à la Fig. 3, n stations FHN se situent à proximité du centre ville et présentent une séparation égale, selon un cercle de 3 km de rayon (Dans la Fig. 3, $n = 8$).

Pour ce type de modèle composé de liaisons, il existe deux diagrammes d'utilisation des fréquences, comme l'indiquent les Fig. 3a) et 3b). Dans la configuration A, la même fréquence est utilisée par les stations SAHN (en mode duplex à répartition dans le temps) et par les récepteurs des stations FHN à proximité du centre ville. Par contre dans la configuration B, les émetteurs des stations FHN et les stations SAHN partagent la même fréquence.

FIGURE 2
Possible zone de service AHN



a) Zone de couverture de service pour un SAHN en extérieur

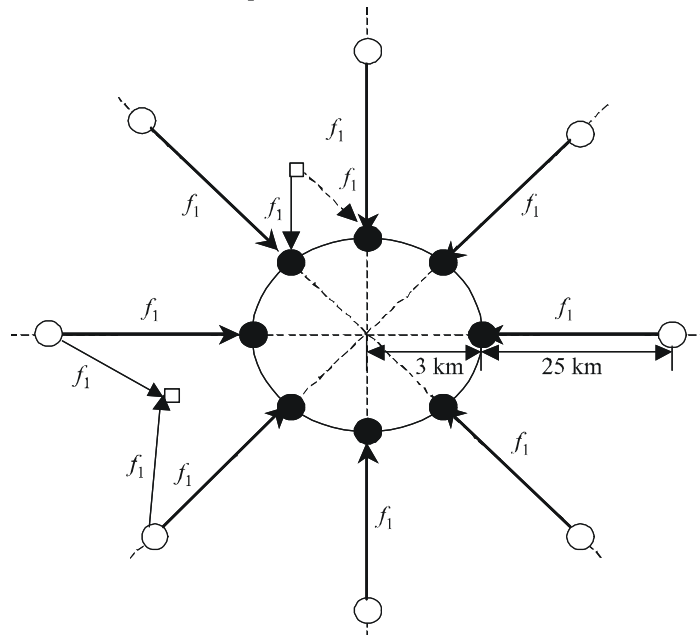


b) Zone de couverture de service pour un SAHN en intérieur

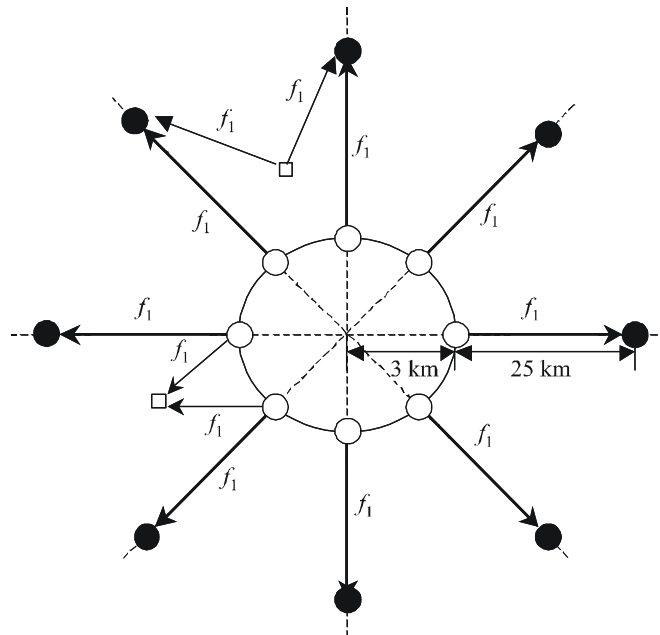
● : Récepteur FHN
○ : Emetteur FHN

— Limite de couverture par I_{ND}
— Limite de couverture par I_{DN}

FIGURE 3
Modèle théorique de liaisons FHN autour d'une ville



a) Configuration A



b) Configuration B

- Emetteur FHN
- Récepteur FHN
- Station de base SAHN

A l'aide des paramètres des Tableaux 1 à 3 ainsi que des équations (3a) et (3b), on a calculé I_{ND} pour des SAHN utilisés en intérieur et en extérieur, mis en œuvre en de nombreux points autour de villes, suivant les modèles présentés dans le Tableau 4.

TABLEAU 4

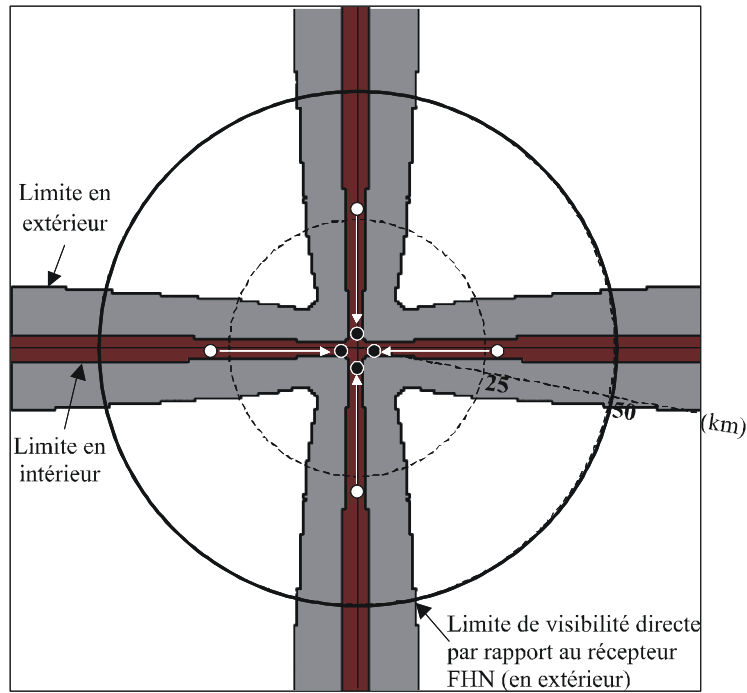
Modèle de calcul pour des liaisons FHN composées

n (nombre de stations FHN mises en œuvre autour de la ville)	Configuration d'utilisation de la fréquence (dans la Fig. 3)	Résultats du calcul
4	Configuration A	Fig. 4a)
	Configuration B	Fig. 4b)
8	Configuration A	Fig. 5a)
	Configuration B	Fig. 5b)
12	Configuration A	Fig. 6a)
	Configuration B	Fig. 6b)

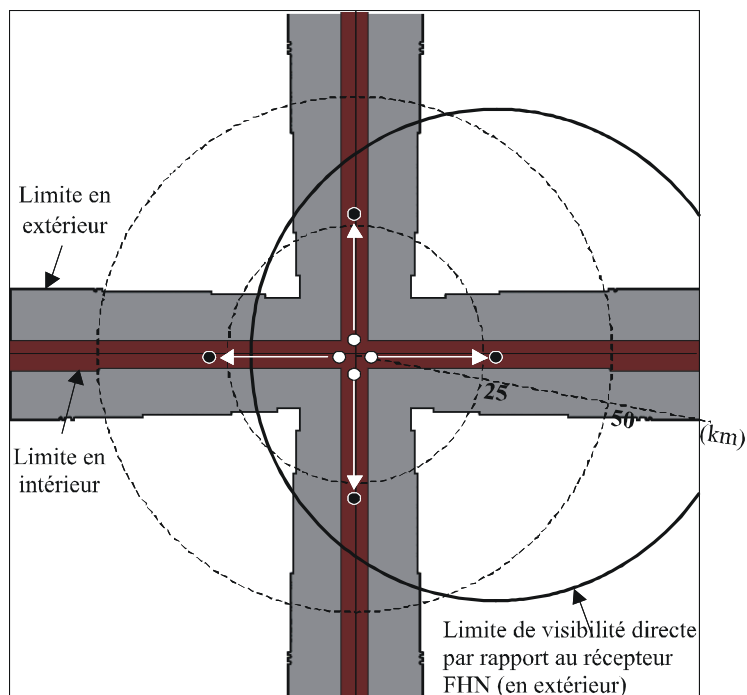
En supposant, suivant les Fig. 2a) et 2b), que la possible zone de service AHN est déterminée par I_{ND} , c'est-à-dire par le brouillage causé par les SAHN aux FHN dans tous les cas, les Fig. 4 à 6 illustrent uniquement les limites de I_{ND} pour des applications AHN en intérieur et en extérieur. Il convient de noter que la limite de visibilité directe des modèles ($H_D = 70$ m, $H_N = 10$ m pour un AHN en extérieur) est de 47,5 km (selon le rayon équivalent de la Terre $K = 4/3$), et que la zone «interdite» pour un AHN en extérieur est fonction de cette valeur. La zone possible est légèrement supérieure dans la configuration A par rapport à la configuration B. L'utilisation des fréquences dans la configuration B impose des conditions plus strictes à la mise en œuvre des SAHN.

FIGURE 4

Possible zone de couverture de service AHN dans un modèle théorique ($n = 4$)



a) Configuration A (4 stations)



b) Configuration B (4 stations)

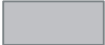

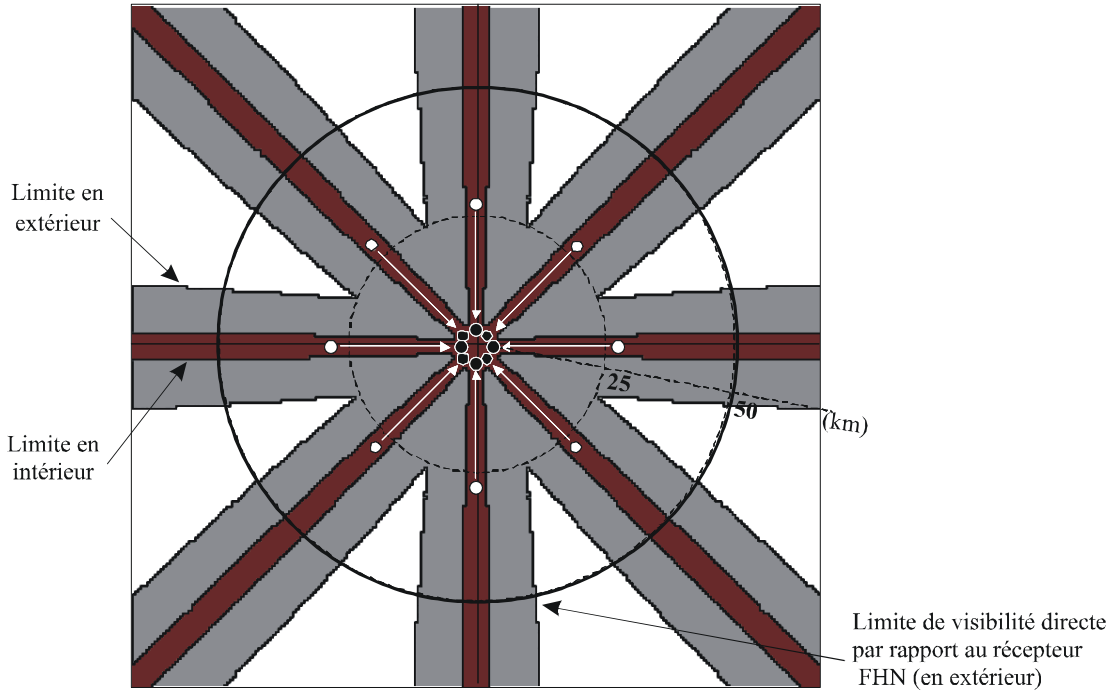
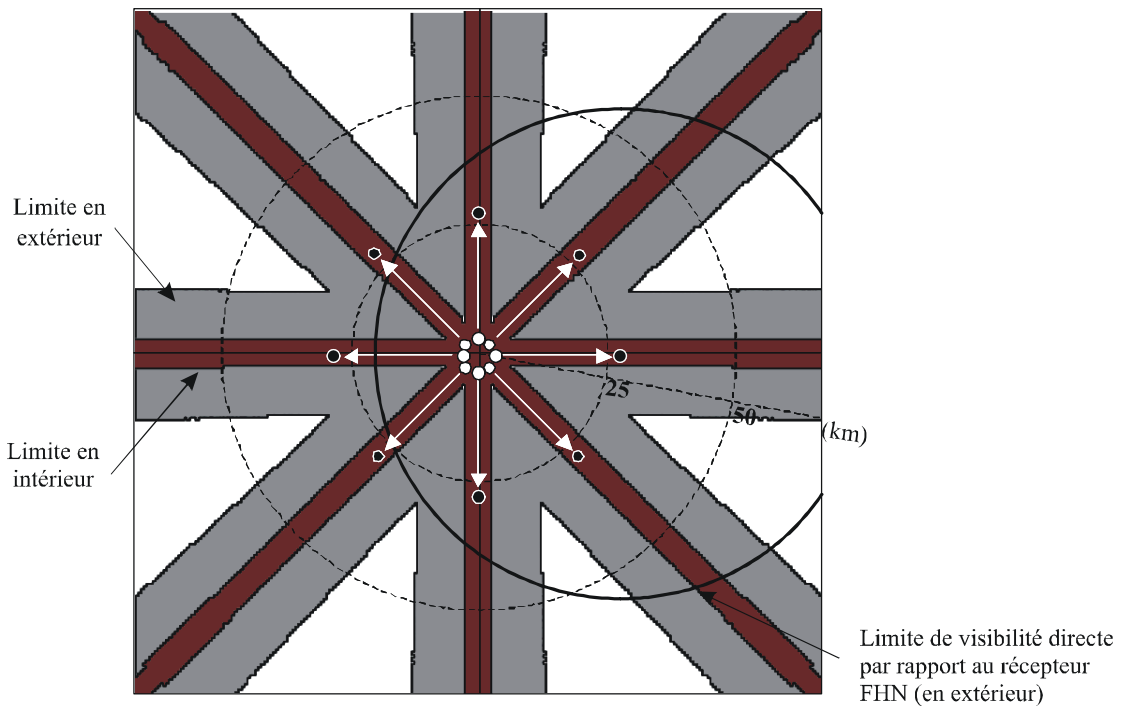
  Zones où est exclu le service AHN

FIGURE 5

Possible zone de couverture de service AHN dans un modèle théorique ($n = 8$)



a) Configuration A (8 stations)

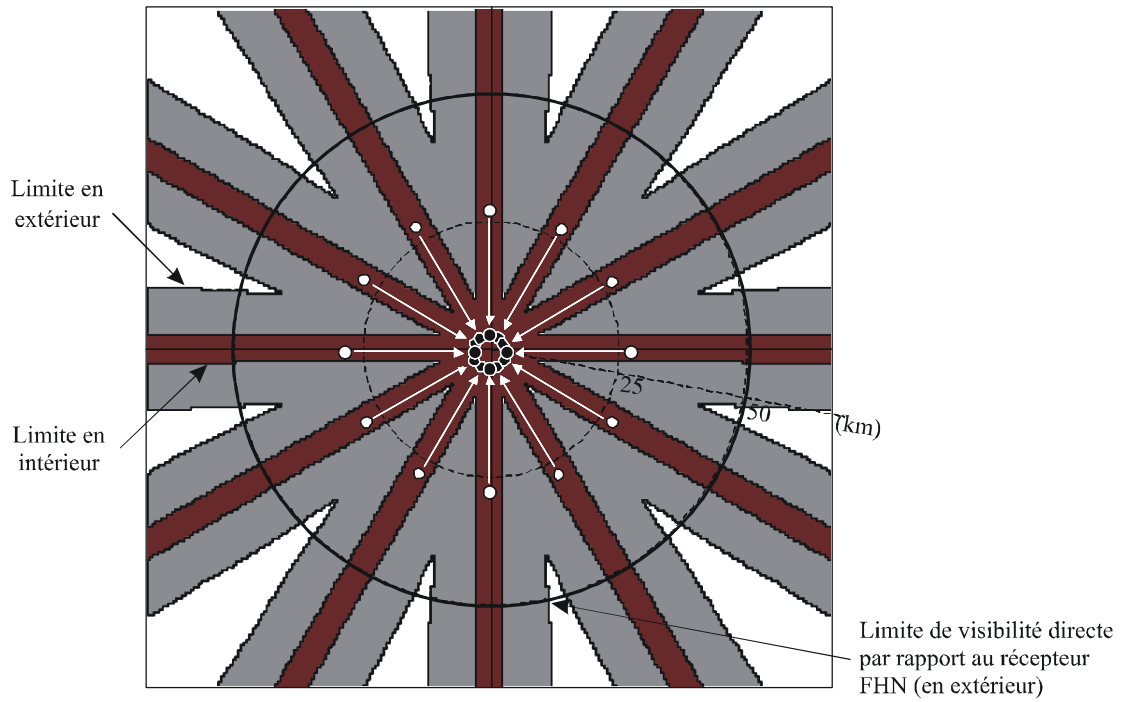


b) Configuration B (8 stations)

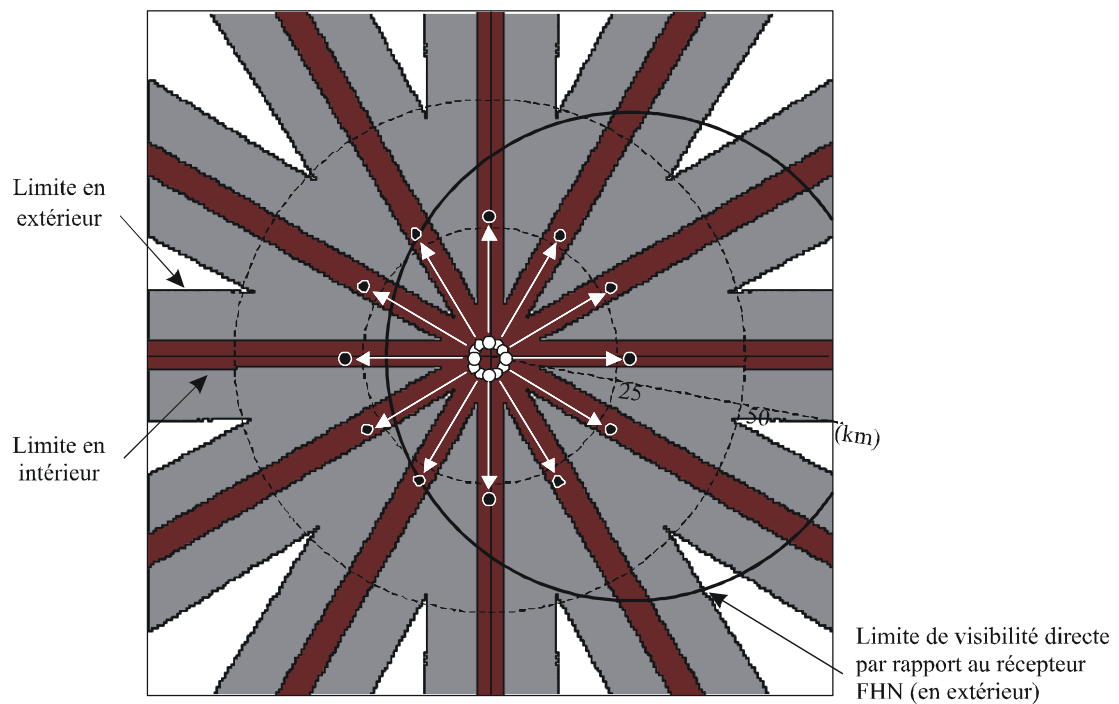
Zones où est exclu le service AHN

FIGURE 6

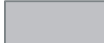

Possible zone de couverture de service AHN dans un modèle théorique ($n = 12$)



a) Configuration A (12 stations)



b) Configuration B (12 stations)

  Zones où est exclu le service AHN

5 Simulation basée sur des cas pratiques en ville

La méthodologie présentée à la section 4 peut être appliquée aux réseaux FHN existants mis en œuvre dans des villes. La simulation a été réalisée pour trois villes au Japon, les liaisons FHN retenues ayant les paramètres indiqués au Tableau 5.

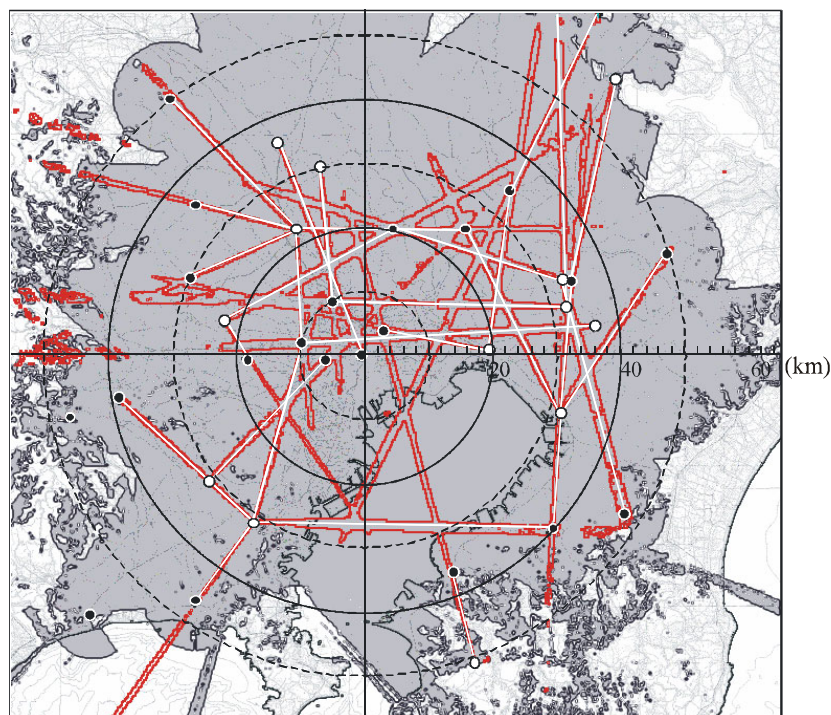
TABLEAU 5
Modèle de calculs dans des environnements urbains réels

Ville	Nombre de stations FHN autour de la ville	Nombre de liaisons FHN mises en œuvre autour de la ville	Configuration d'utilisation des fréquences (Fig. 3)	Résultat du calcul
Tokyo	5	15	Configuration A	Fig. 7
Osaka	4	13	Configuration B	Fig. 8
Nagano	3	6	Configuration A	Fig. 9

En plus des hypothèses présentées au § 4.1, on a tenu compte dans la présente simulation des effets d'écran ou de réduction des brouillages dus à des environnements géographiques naturels, en excluant les effets liés à des objets artificiels (par exemple les bâtiments).

FIGURE 7

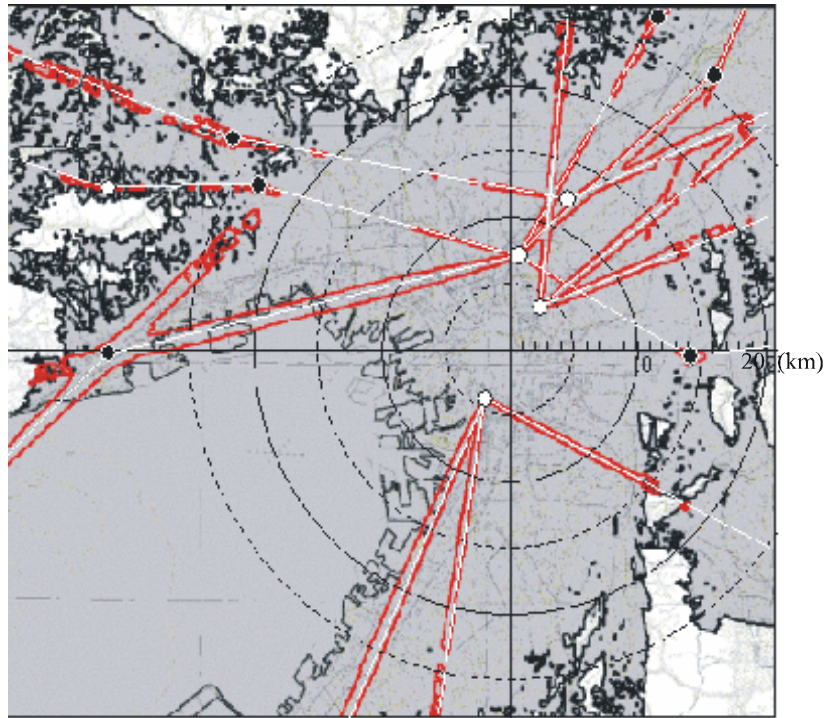
Possible zone de couverture de service AHN en extérieur (Tokyo)



Zone où est exclu le service AHN

FIGURE 8

Possible zone de couverture de service AHN en extérieur (Osaka)

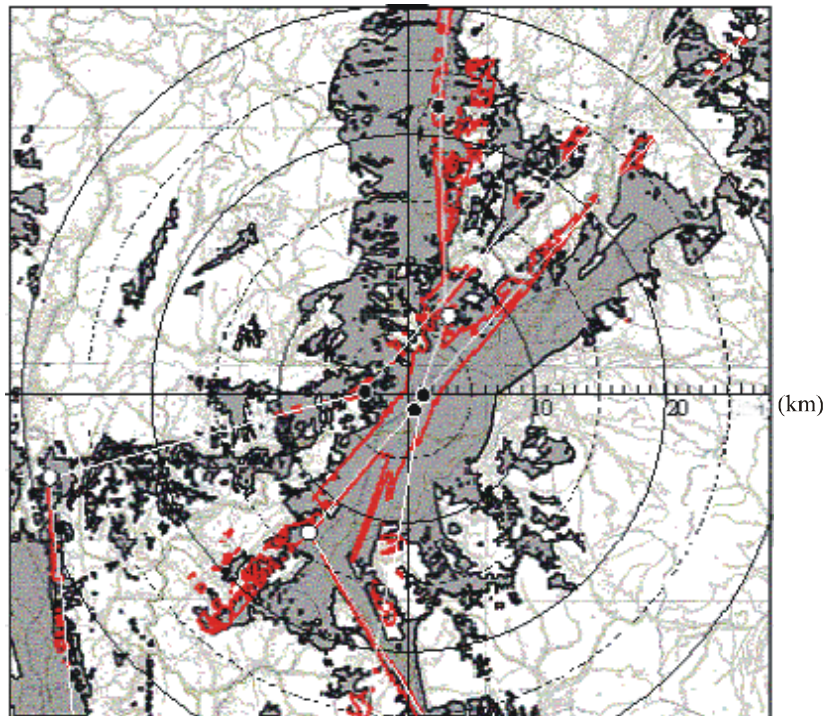


Zone où est exclu le service AHN

1706-08

FIGURE 9

Possible zone de couverture de service AHN en extérieur (Nagano)



Zone où est exclu le service AHN

1706-09

6 Conclusion

La simulation dont les résultats ont été présentés ci-dessus visait à protéger les systèmes FWS des systèmes SAHN entre des frontières; on peut en tirer les observations suivantes:

- Autour des villes où convergent seulement quelques liaisons FHN, il est éventuellement possible de mettre en œuvre des SAHN dans la zone où on a une distance de séparation d'environ 10 km (pour des SAHN en intérieur) à 20 km (pour des SAHN en extérieur) par rapport au centre ville.
- Autour des villes où convergent plusieurs liaisons FHN, il peut être difficile de mettre en œuvre des SAHN à moins que la distance de séparation entre les deux systèmes soit supérieure à la limite de visibilité directe (environ 40-50 km du centre ville).

Les points ci-dessous devront faire l'objet d'un examen plus approfondi:

- effets du brouillage total causé à une station FHN par plusieurs stations SAHN utilisant le même canal radioélectrique;
 - effet d'écran au brouillage de la part d'objets artificiels (par exemple bâtiments) dans les environnements urbains;
 - analyse plus détaillée incluant l'effet du rapport émission/silence pour des terminaux SAHN.
-