

RAPPORT UIT-R M.2031

Compatibilité entre les liaisons descendantes des systèmes AMRC-LB 1800 et les liaisons montantes des systèmes GSM 1900

(Question UIT-R 229/8)

(2003)

1 Introduction

1.1 Introduction et présentation du Rapport

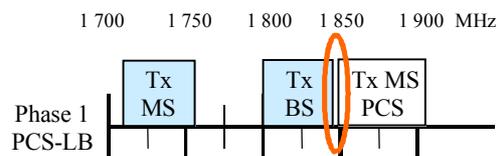
Le présent Rapport traite de l'analyse de la compatibilité de la coexistence radioélectrique entre les systèmes AMRC à large bande déployés dans les bandes de 1 800 MHz (AMRC-LB 1800) et les systèmes GSM déployés dans les bandes PCS 1900 (GSM 1900), dans les bandes adjacentes et dans le sens de transmission opposé en mode duplex. L'objectif est de déterminer, au moyen de calculs déterministes et de simulations de Monte Carlo, la bande de garde nécessaire pour protéger les deux services adjacents contre le brouillage mutuel. Ces calculs déterministes se sont appliqués aux scénarios de brouillage entre stations de base BS-BS. Les simulations de Monte Carlo ont été utilisées pour étudier tant les scénarios de brouillage entre stations mobiles MS-MS que les scénarios de brouillage entre stations de base BS-BS.

Le présent Rapport se présente de la façon suivante: le § 2 rappelle les hypothèses relatives au scénario de brouillage BS-BS, le § 3 examine les incidences des brouillages produits par les stations de base AMRC-LB 1800 sur les liaisons montantes GSM 1900 à partir de calculs déterministes et le § 4 présente les résultats des simulations de Monte Carlo en ce qui concerne les scénarios BS-BS et MS-MS. L'Appendice 1 récapitule la méthode et les hypothèses propres aux simulations de Monte Carlo.

1.2 Généralités

La phase 1 d'analyse de l'évolution des systèmes de communication personnelle (PCS) est caractérisée par la mise en œuvre des technologies IMT-2000 dans les bandes 1 710-1 755/1 800-1 845 MHz. Dans l'attribution proposée on prévoit une bande de garde de 5 MHz entre la bande de la liaison descendante du système AMRC-LB 1800 et la bande de la liaison montante PCS 1900, comme l'illustre la Fig. 1.

FIGURE 1
Phase 1 d'analyse de l'évolution du système PCS

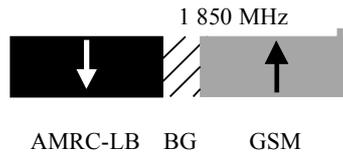


Tx: Emission

Rap 2031-01

Le présent Rapport traite des brouillages causés par un système AMRC-LB 1800 (dont les spécifications ne sont pas encore au point) à un système GSM 1900 existant pour diverses configurations de fréquences dans les bandes 1 710-1 990 MHz, par exemple en limite de spectre à 1 850 MHz, désignée par BG (bande de garde) dans la Fig. 2.

FIGURE 2
Liaison descendante AMRC-LB 1800 et
liaison montante GSM 1900



Rap 2031-02

Le système GSM 1900 est ici pris comme modèle, mais il existe d'autres techniques fonctionnant dans les bandes PCS, telles que les techniques IS-95 ou AMRT (IS-136), pour lesquelles les risques de brouillage sont analogues. Cette situation de partage se produit lorsque des parties des bandes AMRC-LB 1800 et PCS 1900 sont attribuées dans la même zone géographique, ce qui entraîne d'éventuels brouillages entre stations mobiles MS-MS ou entre stations de base BS-BS.

Les calculs déterministes (analyse du cas le plus défavorable) et les simulations de Monte Carlo sont deux méthodes qui se complètent. Les calculs déterministes portent sur les valeurs correspondant au cas le plus défavorable pour les paramètres systèmes alors que des méthodes statistiques, comme les simulations de Monte Carlo, permettent d'estimer la probabilité d'occurrence du cas le plus défavorable.

La méthode de Monte Carlo appliquée à l'analyse de la coexistence de systèmes radioélectriques est désormais largement reconnue et recommandée par le Comité de communication électronique (ECC, *Electronic Communication Committee*)¹, le Rapport UIT-R SM.2028 et le projet de partenariat de troisième génération, 3GPP². La méthode de Monte Carlo fondée sur le projet 3GPP a permis d'analyser la bande de garde nécessaire entre les bandes AMRC-LB 1800 et PCS 1900. Le présent Rapport présente et examine les résultats de simulation appliquée à l'environnement macro-cellulaire. La méthode de simulation et les hypothèses associées sont décrites en détail dans l'Appendice 1.

2 Hypothèses adoptées pour le scénario station de brouillage entre stations de base (BS-BS)

Le Tableau 1 récapitule les hypothèses adoptées pour l'étude. La présente section a également pour objet de préciser la relation existant entre l'espacement entre porteuses et la bande de garde.

¹ CEPT ECC Report 68, chargeable du site ERO <http://www.ero.dk/>.

² RF System Scenarios – 3GPP TR 25.942 v2.3.1.

TABLEAU 1

Hypothèses adoptées pour les calculs déterministes et les simulations de Monte Carlo

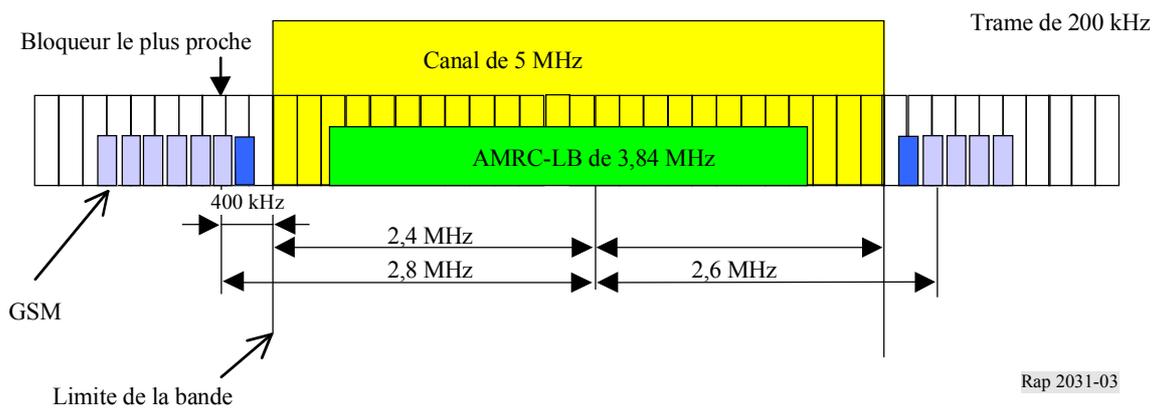
	Calculs déterministes	Simulations de Monte Carlo
Puissance d'émission de la station de base AMRC-LB 1800 (dBm)	43	43
Rapport de fuite en puissance dans le canal adjacent (ACLR, <i>adjacent channel leakage ratio</i>) de la station de base AMRC-LB 1800	60 dB (espacement entre porteuses = 5 MHz) ³	63,7 dB (bande de garde = 5 MHz) ³
	72 dB (espacement entre porteuses = 10 MHz) ³	81 dB (bande de garde = 10 MHz) ³
Gain d'antenne d'émission de la station de base AMRC-LB 1800 (dBi)	14	11 ⁴
Gain d'antenne de réception de la station de base GSM 1900 (dBi)	12	11 ⁴
Sensibilité de la station d'émission-réception de base (BTS) GSM 1900 (dBm)	-104	-107 ⁴
Puissance de réception GSM (dBm)	-101	Non déterministe → simulée
Rapport C/I cible (liaison montante GSM 1900) (dB)	9	6 ⁴
Modèle de propagation station de base-station de base	Visibilité directe (LoS) à double pente (voir le § 3)	Espace libre (voir l'Appendice 1)

La Fig. 3 représente l'espacement entre porteuses AMRC-LB et porteuses GSM, en l'absence de bande de garde entre les attributions aux systèmes AMRC-LB et les attributions aux systèmes GSM. La relation linéaire entre l'espacement entre porteuses et la bande de garde est alors la suivante:

$$\text{Bande de garde} = \text{espacement entre porteuses} - 2,8 \text{ MHz}$$

FIGURE 3

Largeur de bande attribuée de 5 MHz - Espacement entre porteuses de 2,8 MHz*



* Carrier to carrier spacing for UMTS-1800 – Motorola – 3GPP TSG RAN WG4 R4-1800AH 0112 – 1800/1900 ad hoc meeting, Seattle, Etats-Unis d'Amérique, 2-3 mai 2001.

³ UTRA (BS) FDD; Radio Transmission and Reception – 3GPP TS 25.104 v3.4.0.

⁴ Results of UMTS1800/GSM Co-existence Simulations (Uplink) – 3GPP TSG RAN WG4 – Ericsson – TSG R4 No. 15 (01) 0344 [février 2001]. Ce document contient les hypothèses sur la simulation du système UMTS 1800 conformément au GT4 RAN 3GPP.

3 Calculs déterministes

L'étude qui suit vise à analyser le brouillage que pourraient causer les émissions en liaison descendante AMRC-LB à la réception en liaison montante GSM dans une configuration station de base-station de base installées sur un toit. Dans la présente section, seules les émissions hors bande AMRC-LB sont prises en considération (l'émetteur de station de base AMRC-LB est le facteur qui limite la qualité de fonctionnement). On notera que des études analogues sont également nécessaires dans le sens de transmission opposé.

Les stations de base sont supposées être situées en LoS; on utilise par conséquent le modèle de propagation LoS à double pente. Soit une fréquence porteuse d'environ 2 GHz, on calcule l'affaiblissement sur le trajet de la façon suivante:

$$L_{LoS} = \begin{cases} 38,5 + 20 \log_{10}(d) & \text{pour } 1 \leq d \leq d_{break} \\ 38,5 - 20 \log_{10}(d_{break}) + 40 \log_{10}(d) & \text{pour } d \geq d_{break} \end{cases}$$

Si la hauteur apparente de l'antenne de la station de base au-dessus de la surface réfléchissante est de 6 m (hauteur de la station de base: 30 m, hauteur moyenne du bâtiment: 24 m), la valeur seuil d_{break} est de 960 m ($d_{break} = 4 \cdot h_{tx} \cdot h_{rx}/\lambda$).

3.1 Brouillage dans le canal adjacent

On calcule le brouillage dans le canal adjacent (*ACI, adjacent channel interference*) de la façon suivante:

$$ACI = P_{tx} - ACLR + G_{A,tx} + G_{A,rx} - L - BW_{conv} \quad \text{dBm}$$

où:

- P_{tx} : puissance de sortie de la station de base AMRC-LB
- $ACLR$: rapport de fuite en puissance dans le canal adjacent
- $G_{A,tx}$ et $G_{A,rx}$: gain d'antenne d'émission et le gain d'antenne de réception respectivement
- L : affaiblissement sur le trajet
- BW_{conv} : facteur de conversion de largeur de bande.

3.2 Affaiblissement de couplage minimal

Pour une valeur maximale, ACI_{max} donnée, on peut calculer l'affaiblissement sur le trajet minimal requis, L_{min} , appelé affaiblissement de couplage minimal (*MCL, minimum coupling loss*), de la façon suivante:

$$L_{min} = P_{tx} - ACLR + G_{A,tx} + G_{A,rx} - BW_{conv} - ACI_{max} \quad \text{dB}$$

3.3 Distance de séparation minimale

Le modèle de propagation permet ensuite de convertir l'affaiblissement sur le trajet minimal requis en une distance de séparation minimale (*MSD, minimum separation distance*). Dans l'hypothèse où le brouillage dans le canal adjacent ne doit pas dépasser le bruit de fond, au seuil de sensibilité, on peut attribuer à ACI_{max} la valeur suivante:

$$ACI_{max} = S_{rx} - \left. \frac{C}{I} \right|_{GSM} \quad \text{dBm}$$

où:

- S_{rx} : seuil de sensibilité GSM
- $\left. \frac{C}{I} \right|_{GSM}$: rapport C/I GSM requis.

Compte tenu des valeurs de paramètres ci-après, le Tableau 2 donne l'affaiblissement minimal requis sur le trajet et la distance de séparation minimale.

$$P_{tx} = 43 \text{ dBm}$$

$$\text{ACLR} = 46/58 \text{ dB pour une séparation entre porteuses de } 5/10 \text{ MHz } (\Delta f)$$

$$G_{A,tx} = 14 \text{ dB}$$

$$G_{A,rx} = 12 \text{ dB}$$

$$S_{rx} = -104 \text{ dBm}$$

$$C/I_{GSM} = 9 \text{ dB}$$

$$\text{BW}_{\text{conv}} = 5 \text{ MHz}/200 \text{ kHz} = 14 \text{ dB.}$$

TABLEAU 2

Affaiblissement minimal requis sur le trajet et distance de séparation minimale entre stations de base AMRC-LB 1800 et stations de base GSM 1900

Δf /bande de garde (MHz)	5/2,2	10/7,2
Affaiblissement minimal sur le trajet, L_{min} (dB)	122	110
MSD (m)	3 790	1 900

4 Simulations de Monte Carlo

4.1 Scénario de brouillage entre stations de base BS-BS

4.1.1 Coïmplantation des stations de base

On a effectué des simulations de Monte Carlo en utilisant la valeur de MCL entre stations de base BS-BS de 30 dB prise pour hypothèse dans le 3GPP (gains d'antenne compris)² et un niveau de rayonnements non désirés émis par la station de base AMRC-LB conforme aux spécifications 3GPP en vigueur³. La Fig. 4 montre que les brouillages produits par la station de base AMRC-LB entraînent plus de 90% d'interruptions sur la liaison montante GSM pour une bande de garde de 5 MHz.

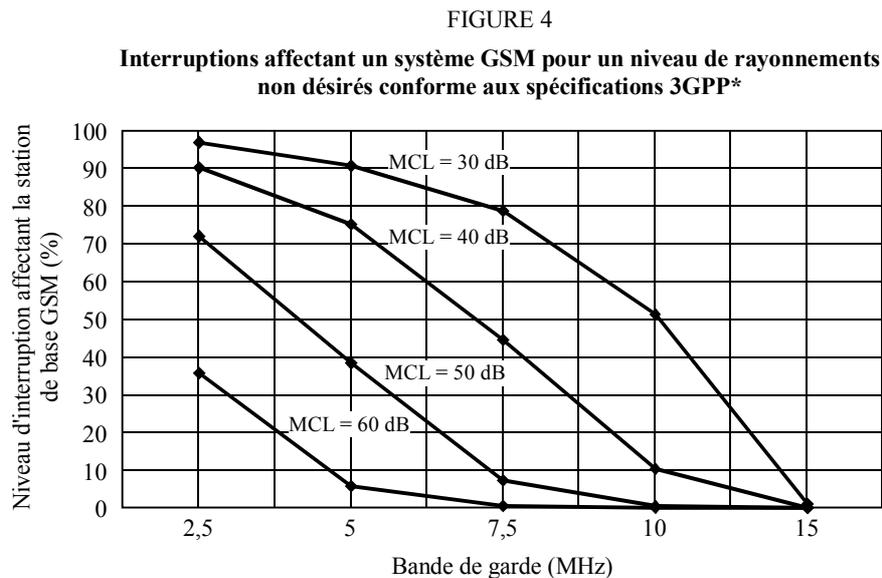
On peut limiter cette dégradation en prenant des valeurs plus réalistes pour les paramètres suivants:

- L'affaiblissement de couplage minimal entre stations de base BS-BS.
- Le niveau de rayonnements non désirés émis par la station de base AMRC-LB.
- La valeur de la bande de garde entre les bandes AMRC-LB 1800 et PCS 1900.

L'espacement géographique des stations de base brouilleuses est également examiné (§ 4.1.2).

4.1.1.1 Incidence de l'affaiblissement de couplage minimal entre stations de base sur le niveau d'interruptions dans un système GSM

On a étudié l'incidence du MCL entre l'antenne de la station de base AMRC-LB et celle de la station de base GSM sur l'affaiblissement de la capacité du système GSM. Puisque la valeur MCL de 30 dB spécifiée dans la norme 3GPP TS 25.104 est la valeur correspondant au cas le plus défavorable, des valeurs MCL plus élevées ont été prises en considération dans cette étude⁵. Les résultats obtenus pour un affaiblissement MCL de 40 dB, de 50 dB et de 60 dB sont présentés dans la Fig. 4. On constate que, pour une bande de garde de 5 MHz, il est possible de ramener l'affaiblissement de la capacité GSM à environ 6% en appliquant une valeur MCL de 60 dB.



* Voir la note de bas de page³.

Rap 2031-04

4.1.1.2 Incidences des rayonnements non désirés d'une station de base AMRC-LB sur le niveau d'interruptions affectant un système GSM

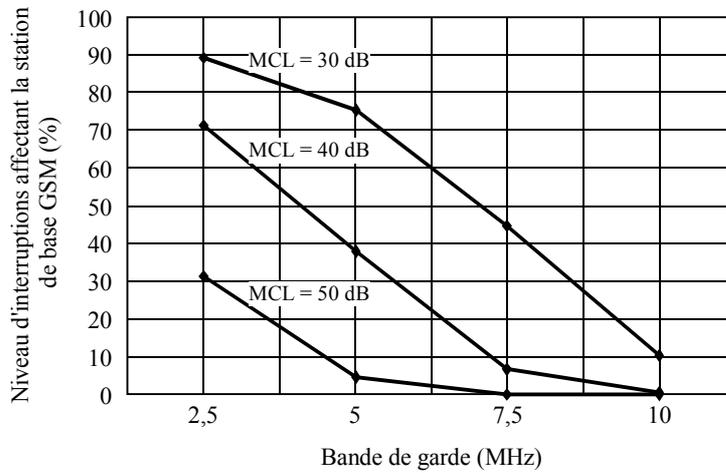
On a effectué le même ensemble de simulations de Monte Carlo en prenant pour hypothèse un niveau plus faible de rayonnements non désirés émis par la station de base AMRC-LB (des marges de 10 dB et de 20 dB ont été ajoutés au niveau des rayonnements non désirés 3GPP afin de tenir compte du filtrage supplémentaire au niveau de l'émetteur de la station de base AMRC-LB pour un décalage de fréquence supérieur à 7,8 MHz).

Le niveau des interruptions pour des valeurs MCL de 30 dB (spécifications 3GPP), de 40 dB et de 50 dB est présenté dans la Fig. 5 (marge de 10 dB) et dans la Fig. 6 (marge de 20 dB). Ces résultats montrent que pour une bande de garde de 5 MHz entre les bandes GSM et AMRC-LB dans le sens de transmission opposé en mode duplex, le niveau des interruptions GSM est inférieur à 5% pour la marge de 10 dB et pour des valeurs MCL supérieures ou égales à 50 dB. En ce qui concerne la marge de 20 dB, une valeur MCL de 40 dB est suffisante pour ramener le niveau des interruptions GSM au-dessous de 5%.

⁵ Antenna-to-antenna Isolation Measurements – 3GPP TSG RAN WG4 – Allgon – TSG R4 No. 8 (99)631 [octobre 1999].

FIGURE 5

Interruptions affectant un système GSM pour un niveau de rayonnements non désirés d'une station de base AMRC-LB de 10 dB inférieur au niveau conforme aux spécifications 3GPP pour des décalages de fréquence supérieurs à 7,8 MHz*



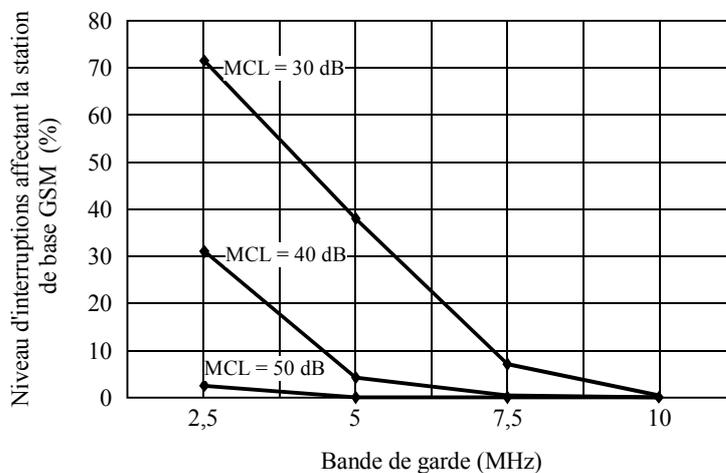
* Voir la note de bas de page³.

Rap 2031-05

Comparées à la Fig. 4, les Fig. 5 et 6 montrent que l'affaiblissement de couplage minimal et le filtrage supplémentaire au niveau de la station de base AMRC-LB ont un effet quantitatif équivalent sur les interruptions du système GSM en liaison montante, de telle sorte qu'un compromis entre ces deux facteurs de limitation des brouillages est possible.

FIGURE 6

Interruptions affectant un système GSM pour un niveau de rayonnements non désirés d'une station de base AMRC-LB de 20 dB inférieur au niveau conforme aux spécifications 3GPP pour des décalages de fréquence supérieurs à 7,8 MHz*



* Voir la note de bas de page³.

Rap 2031-06

4.1.1.3 Statistiques relatives aux niveaux de puissance

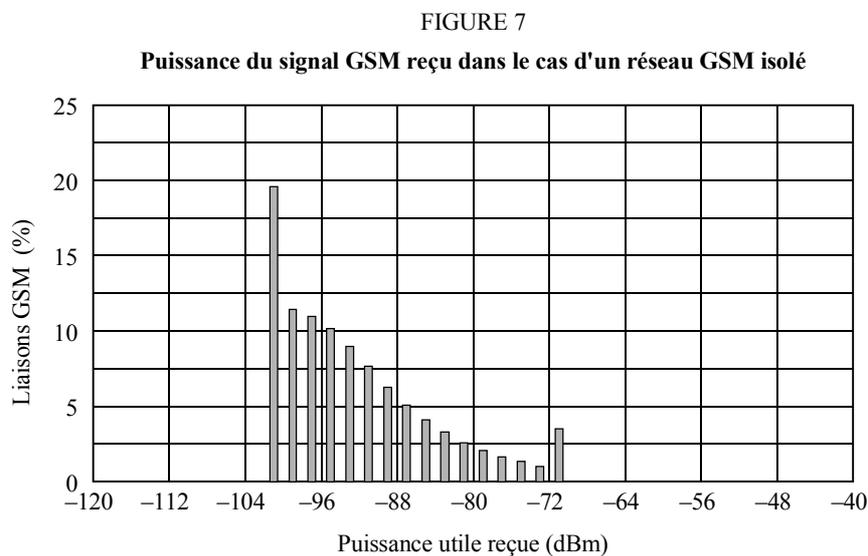
Dans la présente section, il est proposé d'examiner plus avant le scénario de brouillage entre stations de base BS-BS avec coïmplantation en analysant les statistiques relatives à la puissance reçue de la station BTS GSM.

A partir des simulations, on a calculé les niveaux du signal amont GSM brouillé et du signal brouilleur de la station de base AMRC-LB pour divers scénarios (variations des dimensions des cellules, des valeurs MCL et des filtrages additionnels). Les statistiques relatives à ces niveaux sont présentées dans la présente section. Il s'agissait d'examiner de façon plus approfondie l'effet de l'isolement de l'antenne (modélisé par le paramètre MCL) et du filtrage supplémentaire de la station BTS AMRC-LB.

L'analyse de ces distributions contribuera par ailleurs à mieux comprendre le rôle joué par le mécanisme de commande de puissance GSM dans la limitation des brouillages AMRC-LB.

Système GSM seulement (absence de brouillage AMRC-LB; rayon de la cellule = 577 m)

Les Fig. 7 et 8 représentent respectivement la distribution du niveau de puissance utile et celle de la puissance brouilleuse intrasystème reçue par la station BTS GSM. La distribution étroite obtenue pour la puissance brouilleuse intrasystème (voir la Fig. 8) montre que le niveau de brouillage intrasystème pour le système GSM est compris entre -114 dBm et -110 dBm pour plus de 85% des liaisons montantes.

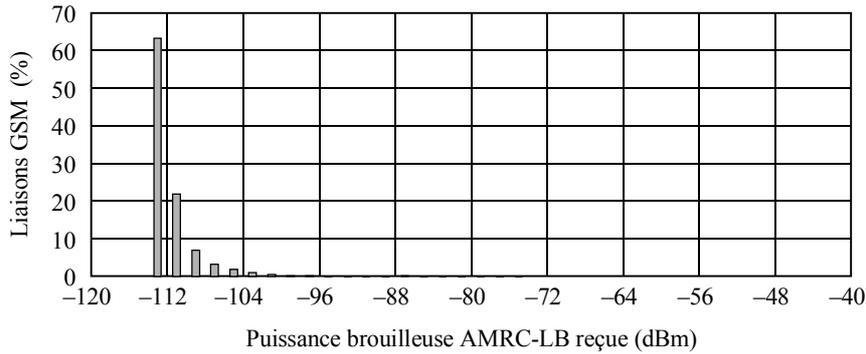


Rap 2031-07

La Fig. 7 montre que lorsque la boucle de commande de puissance GSM est activée, toutes les liaisons montantes GSM reçoivent une puissance supérieure à -102 dBm, qui est supérieure de 5 dB à la valeur seuil de sensibilité. Même si le système GSM est isolé et ne subit pas de brouillage AMRC-LB, son exploitation est limitée par d'éventuels brouillages (brouillages intrasystème).

FIGURE 8

Brouillages intrasystème GSM lorsque le réseau GSM est isolé



Rap 2031-08

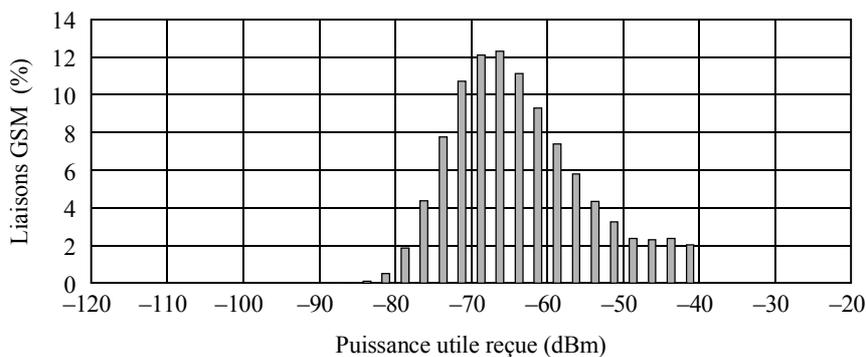
Brouillages AMRC-LB (MCL = 30 dB, gains d'antenne compris; $ACLR_{7,8\text{ MHz}} = 63,7\text{ dB}$; rayon de la cellule = 577 m)

Dans le cas des brouillages AMRC-LB, on ajoute les brouillages intersystème générés par les émissions des stations de base AMRC-LB aux brouillages intrasystème GSM (voir la Fig. 10). Pour des valeurs MCL et ACLR conformes aux spécifications 3GPP actuelles, les simulations de Monte Carlo montrent que pour plus de 99% des liaisons montantes GSM, la puissance du signal GSM utile est supérieure à -80 dBm (c'est-à-dire supérieure de 27 dB au seuil de sensibilité), comme le montre la Fig. 9. Compte tenu de ces résultats, la puissance utile reçue correspondant au cas le plus défavorable serait de -80 dBm puisque moins de 1% des liaisons GSM ont une puissance utile reçue inférieure ou égale à -80 dBm (c'est le cas des utilisateurs GSM les plus éloignés de leur station de base).

Dans ce cas, toutes les puissances des émissions des stations mobiles GSM sont égales ou pratiquement égales à la puissance d'émission maximale (30 dBm), ce qui signifie que la boucle de commande de puissance GSM est saturée en raison des niveaux de brouillage élevés provenant des stations de base AMRC-LB. Dans ce cas particulier, les interruptions affectant les stations de base GSM atteignent un niveau inacceptable de 90%.

FIGURE 9

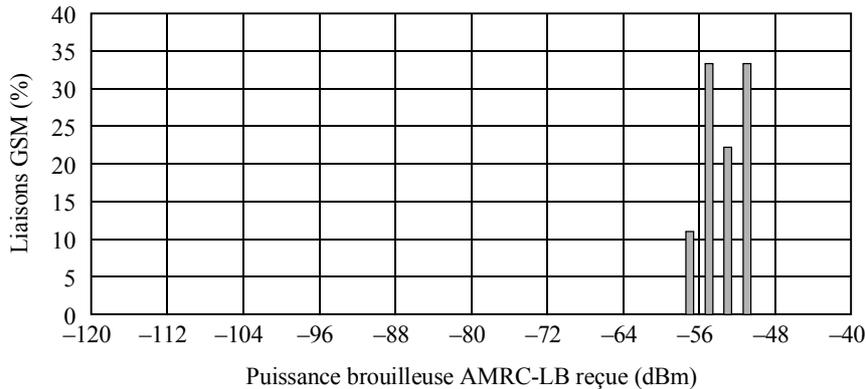
Puissance du signal GSM reçu pour une protection GSM conformément aux spécifications en vigueur



Rap 2031-09

FIGURE 10

**Brouillages AMRC-LB pour une protection GSM conformément
aux spécifications en vigueur**



Rap 2031-10

On peut en outre noter que la distribution de la puissance brouilleuse (voir la Fig. 10) est étroite, ce qui valide la méthode des calculs déterministes permettant de déterminer les brouillages produits par les stations de base AMRC-LB aux stations de base GSM⁶. En revanche, la distribution de puissance du signal utile GSM s'étale sur une plus grande plage de puissances. Il est donc nécessaire de valider avec soin l'hypothèse relative à la puissance utile reçue, qui est utilisée dans les calculs déterministes, en la comparant avec la distribution de puissance réelle. Dans ce cas particulier, il apparaît que la probabilité d'observer une puissance utile reçue supérieure de 27 dB au seuil de sensibilité (cas le plus défavorable) sera inférieure à 1%.

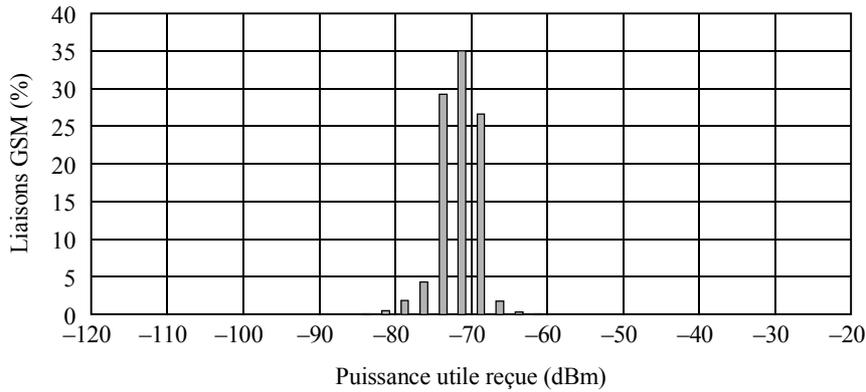
Brouillages AMRC-LB (MCL = 60 dB, gains d'antenne compris; ACLR_{7,8 MHz} = 63,7 dB; rayon de la cellule = 577 m)

Lorsque l'isolement de l'antenne de la station de base AMRC-LB et de l'antenne de la station BTS GSM est porté à la valeur plus réaliste de 60 dB, le niveau de brouillages AMRC-LB est réduit du même ordre de grandeur. Cela prouve que la contribution au brouillage global de la station de base AMRC-LB implantée sur le même site que la station BTS GSM brouillée est bien supérieure aux autres contributions de brouillages intersystème des autres stations de base AMRC-LB ainsi qu'aux brouillages intrasystème.

Cette réduction de la puissance brouilleuse permet d'augmenter l'efficacité de la commande de puissance des stations GSM. On peut voir à la Fig. 11 que la distribution de la puissance utile se réduit en direction des valeurs de puissance les plus faibles par rapport à la Fig. 12. Cela peut s'expliquer par le fait que les utilisateurs GSM qui sont les plus proches de leur station de base sont les premiers à pouvoir ramener leur puissance de transmission à des valeurs inférieures à 30 dB grâce au mécanisme de commande de puissance.

⁶ La distribution de la puissance brouilleuse est répartie sur 6 dB compte tenu du facteur de réutilisation des fréquences de 9, qui est mis en oeuvre dans le réseau GSM simulé, et d'une pente de 0,68 dB/200 kHz du rapport ACLR des stations de base AMRC-LB. La réduction de la puissance brouilleuse grâce à la réutilisation des fréquences GSM est illustrée à la Fig. 10.

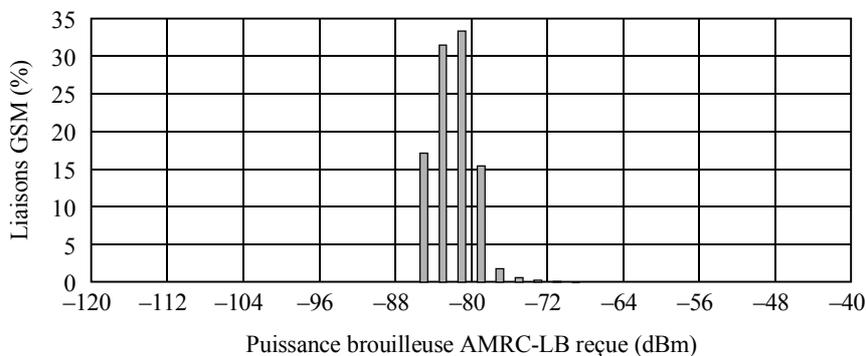
FIGURE 11
Puissance du signal GSM reçu avec un meilleur isolement entre les antennes des stations de base



Rap 2031-11

La Fig. 11 montre aussi que le système GSM continue de fonctionner dans des conditions de brouillage limitées. Pour moins d'1% des liaisons montantes GSM les valeurs de la puissance reçue seront inférieures à -80 dBm.

FIGURE 12
Brouillages AMRC-LB avec un meilleur isolement entre les antennes des stations de base



Rap 2031-12

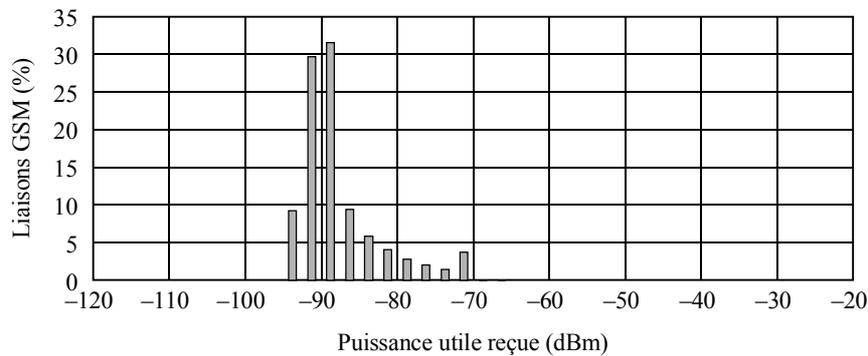
Brouillages AMRC-LB (MCL = 60 dB, gains d'antenne compris; $ACLR_{7,8\text{ MHz}} = 83,7\text{ dB}$; rayon de la cellule = 577 m)

Un filtrage supplémentaire des rayonnements non désirés AMRC-LB de 20 dB, pour des décalages de fréquence supérieurs à 7,8 MHz, permettrait de ramener les niveaux d'interruptions des liaisons GSM à des niveaux comparables à ceux observés lorsque le système GSM est entièrement isolé des brouillages AMRC-LB. Dans les Fig. 13 et 14, on remarque, en comparaison avec les Fig. 7 et 8, que les distributions de puissance ont convergé davantage vers les distributions de puissance observées en l'absence de brouillage AMRC-LB.

Ces observations confirment le fait que des valeurs MCL et des caractéristiques de filtrage des émissions AMRC-LB réalistes permettent d'isoler le système GSM des brouillages AMRC-LB.

FIGURE 13

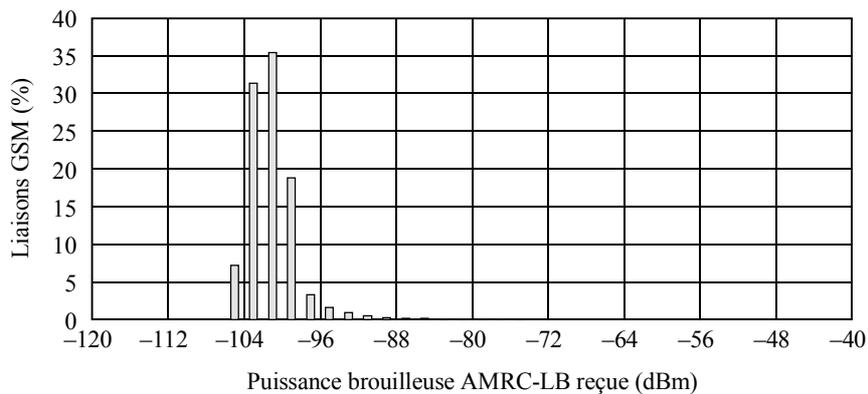
Puissance du signal GSM reçu pour un meilleur isolement entre les antennes des stations de base et avec un filtrage supplémentaire des rayonnements non désirés AMRC-LB



Rap 2031-13

FIGURE 14

Brouillages AMRC-LB pour un meilleur isolement entre les antennes des stations de base implantées sur un même site et avec un filtrage supplémentaire des rayonnements non désirés AMRC-LB



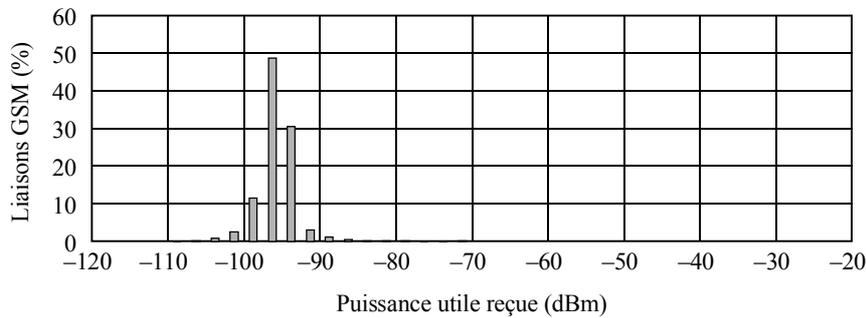
Rap 2031-14

Brouillages AMRC-LB (MCL = 65 dB, gains d'antenne compris; $ACLR_{7,8\text{ MHz}} = 83,7\text{ dB}$; rayon de la cellule = 2 400 m)

Dans ce cas, il est proposé d'analyser l'influence de plus grandes cellules sur les distributions de puissance. On a étudié le cas de cellules de 2 400 m de rayon (voir les Fig. 15 et 16). Lorsque l'on applique un isolement de 65 dB entre les deux antennes brouilleuses et que l'on réduit de 20 dB les exigences actuelles liées aux rayonnements non désirés des stations de base AMRC-LB, pour des décalages de fréquence supérieurs à 7,8 MHz, les interruptions des liaisons montantes GSM sont de l'ordre de 4%. Cela montre là aussi qu'avec des méthodes d'ingénierie de site permettant de renforcer l'isolement entre antennes et des niveaux réalistes de rayonnements non désirés de stations de base AMRC-LB, pour des décalages de fréquence supérieurs à 7,8 MHz, le niveau d'interruptions est ramené à un niveau raisonnable même dans le cas de grandes cellules.

FIGURE 15

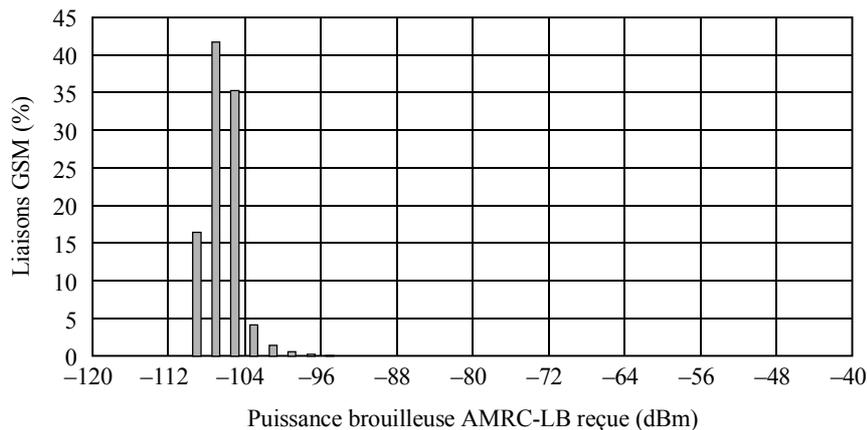
Puissance du signal GSM reçu pour de grandes cellules, avec un meilleur isolement entre les antennes des stations de base et un filtrage supplémentaire des rayonnements non désirés AMRC-LB



Rap 2031-15

FIGURE 16

Brouillages AMRC-LB pour des cellules de grandes tailles avec un meilleur isolement entre les antennes des stations de base et un filtrage supplémentaire des rayonnements non désirés AMRC-LB



Rap 2031-16

Les distributions de puissance auxquelles on est arrivé par approximation avec les simulations montrent là aussi que la puissance des signaux GSM reçus est supérieure au seuil de sensibilité (plus de 20 dB au-dessus dans certains scénarios) en raison de l'adaptation du système GSM à commande de puissance à l'environnement de brouillage. On en déduit que la puissance du signal GSM reçu, que l'on doit utiliser dans les calculs déterministes, doit être déterminée en fonction du scénario de déploiement considéré et des mécanismes d'adaptation propres au système GSM, tels que la commande de puissance. Les simulations de Monte Carlo se sont révélées extrêmement utiles dans l'analyse des hypothèses faites pour les calculs déterministes.

Les distributions de puissance extraites des simulations de Monte Carlo ont confirmé que, pour des valeurs MCL et des caractéristiques de filtrage des émissions AMRC-LB réalistes, le système GSM pouvait être totalement isolé des brouillages AMRC-LB, même dans le cas de cellules de plus de 577 m de rayon. Par exemple, une valeur MCL de 60 dB et un $ACLR_{7,8 \text{ MHz}}$ de 83,7 dB permettraient d'isoler le système GSM des brouillages AMRC-LB pour les cellules de 577 m de rayon, comme l'illustrent les Figures ci-dessus.

4.1.2 Distance de séparation minimale de 58 m, 115 m, 289 m et 577 m entre les deux stations de base brouilleuses les plus proches

L'espacement géographique entre les deux réseaux de stations de base brouilleuses (voir le § 2.1 de la méthode de simulation décrite dans l'Appendice 1) a été porté de 0 m (implantation sur un même site) au rayon de la cellule (espacement maximal). L'incidence de cet espacement géographique sur le niveau d'interruptions de la station de base GSM a été examinée.

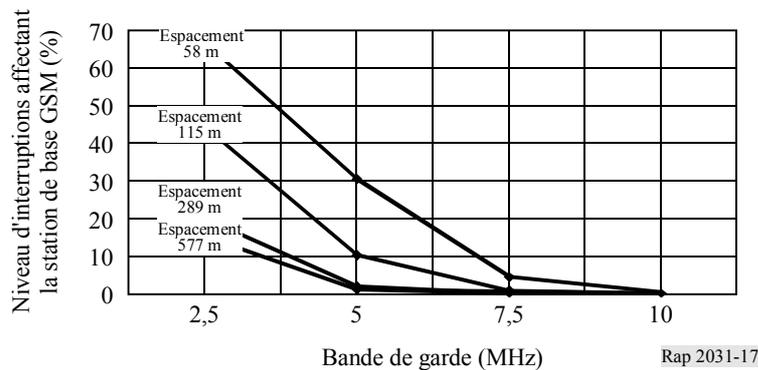
La Fig. 17 représente le niveau d'interruptions de la station de base GSM pour des espacements de 58 m, 115 m, 289 m et 577 m (valeur du rayon de la cellule dans les simulations) pour des rayonnements non désirés de la station de base AMRC-LB au niveau actuellement spécifié.

Les résultats des simulations montrent que le niveau d'interruptions de la station de base GSM est inférieur à 2% pour les espacements de 289 m et 577 m lorsque le niveau des rayonnements non désirés de la station de base AMRC-LB est conforme aux spécifications 3GPP.

Si l'on réduit de 10 dB les niveaux de rayonnements non désirés AMRC-LB, les simulations ont montré que les interruptions affectant la station de base GSM ne seront pas supérieures à 0,2% pour une bande de garde de 5 MHz, quelle que soit la valeur de l'espacement géographique parmi l'une des valeurs susmentionnées.

FIGURE 17

Incidence de la variation de l'espacement géographique sur les interruptions affectant la station de base GSM pour un niveau de rayonnements non désirés conforme aux spécifications 3GPP*



* Voir la note de bas de page³.

4.1.3 Résumé de l'analyse de Monte Carlo en ce qui concerne le scénario de brouillage entre stations de base

L'analyse de Monte Carlo a montré que le niveau d'interruptions affectant les stations de base GSM implantées sur un même site que les stations de base AMRC-LB peut être réduit concrètement, si nécessaire, au moyen des techniques suivantes:

- Amélioration de l'affaiblissement de couplage minimal entre les antennes des stations de base grâce à l'ingénierie sur site.
- Filtrage supplémentaire du gabarit des émissions de la station de base AMRC-LB.
- Espacement géographique entre les stations de base brouilleuses.

Sur la base de l'analyse de Monte Carlo précédente, le Tableau 3 suivant donne les ensembles possibles de valeurs MCL et de filtrage d'antenne permettant d'atteindre un niveau d'interruptions des stations de base GSM implantées sur un même site inférieur à 5% avec une bande de garde de protection protégeant les deux bandes adjacentes de 5 MHz et une cellule de 577 m de rayon.

TABLEAU 3

Ensemble de valeurs MCL et de filtrage supplémentaire permettant d'atteindre un niveau d'interruptions inférieur à 5% dans le système GSM dans un scénario d'implantation sur un même site

MCL (dB)	Filtrage supplémentaire (dB)
60	0
50	10
40	20

La coordination entre les exploitants de systèmes implantés sur un même site peut également être utilisée pour limiter les brouillages à des niveaux acceptables.

4.2 Scénario de brouillage entre stations mobiles

Les simulations de Monte Carlo pour une bande de garde de 5 MHz entre la bande des liaisons descendantes AMRC-LB et la bande des liaisons montantes GSM conformément aux paramètres énoncés dans l'Appendice 1 ont montré que la liaison descendante AMRC-LB ne subit pas de perte importante de capacité en cas de brouillage produit par des stations mobiles GSM.

On est parti de l'hypothèse que les stations de base brouilleuses étaient implantées sur un même site. Une seule porteuse GSM par station de base a été mise en œuvre. On a tenu compte dans l'analyse de l'influence de trois autres porteuses en abaissant de 3,2 dB le rapport ACI (ACIR) entre la station mobile GSM et l'équipement d'utilisateur AMRC-LB⁴.

5 Conclusion

Compte tenu des aspects techniques liés au fait que les canaux GSM et les canaux AMRC-LB sont des canaux adjacents dans les bandes de 1 800 MHz, l'analyse de Monte Carlo tout comme l'analyse déterministe ont permis de conclure que la coïmplantation de stations de base GSM et AMRC-LB avec une bande de garde de 5 MHz entraînerait des brouillages inacceptables au niveau de la station de base GSM, avec les spécifications 3GPP actuelles.

Les calculs déterministes montrent que pour faciliter une coexistence sans coordination des systèmes, il faudrait que la bande de garde soit supérieure à 5 MHz.

Toutefois, les simulations de Monte Carlo montrent qu'un espacement géographique modéré entre les stations de base GSM et AMRC-LB autoriserait une coexistence des systèmes AMRC-LB et GSM avec une bande de garde de 5 MHz.

Les simulations de Monte Carlo montrent par ailleurs que la coïmplantation pourrait également être possible avec une bande de garde de 5 MHz si l'on améliorait l'affaiblissement de couplage entre les antennes des stations de base et/ou les limites des rayonnements non essentiels à respecter pour protéger des services exploités dans les bandes adjacentes. Elles ont fait en outre apparaître que pour des cellules de 577 m de rayon, une amélioration totale de 30 dB par rapport aux spécifications 3GPP actuelles permettrait une implantation sur le même site de stations de base GSM et AMRC-LB avec une bande de garde de 5 MHz.

Appendice 1

Simulations de Monte Carlo

1 Méthode

La méthode de simulation est fondée sur la technique de Monte Carlo (technique statistique consistant à examiner un grand nombre d'instants distincts dans le temps). Pour chaque instant, ou tentative de simulation, un scénario est établi au moyen d'un certain nombre de variables aléatoires différentes (par exemple, la position des utilisateurs dans le système). Si l'on tient compte d'un nombre suffisant de tentatives, on peut alors estimer la probabilité d'occurrence d'un certain événement (par exemple, la probabilité pour qu'un utilisateur subisse des brouillages) avec une grande précision.

Dans la méthode utilisée, les deux systèmes qui ne sont pas coordonnés (AMRC-LB 1800 et GSM 1900) sont déployés dans la même zone géographique, chacun des systèmes ayant sa propre structure cellulaire hexagonale. Les utilisateurs sont ensuite répartis dans les cellules généralement selon une distribution uniforme. Au départ, ils sont rattachés à une seule station de base, GSM, ou à plusieurs stations de base (dans le cas de techniques AMRC-LB, un transfert progressif (*soft handover*) est possible pour le terminal si le bilan de liaison d'au moins deux stations de base semble intéressant). Pour le système AMRC-LB, une fenêtre de transfert progressif est utilisée pour déterminer si la station mobile est capable ou non de communiquer avec plusieurs stations de base. La taille de la fenêtre définit la différence entre le signal reçu le plus fort et le signal le plus faible autorisé. Sur la liaison montante, on part du principe que l'on dispose de différentes possibilités de commutation. Sur la liaison descendante, on prend pour hypothèse une combinaison produisant un rapport maximal (on fait la somme des rapports C/I pour déterminer le rapport C/I résultant de la station mobile).

Une fois que chaque station mobile a été rattachée à sa(ses) station(s) de base, on calcule la puissance du signal reçu par chaque station de base (liaison montante) ou par chaque station mobile (liaison descendante). On tient compte des stations de base et des stations mobiles appartenant aux deux opérateurs.

L'intensité du signal reçu se décompose en la puissance du signal utile et la puissance du signal brouilleur. Le brouillage est une combinaison du brouillage intrasystème et du brouillage intersystème; le brouillage intrasystème se décompose comme suit:

- brouillage produit par d'autres liaisons de communication relevant de la même cellule. Dans ce cas, un facteur d'orthogonalité est pris en considération (liaison descendante AMRC-LB uniquement);
- brouillage produit par des liaisons de communication dans la totalité des cellules environnantes;
- brouillage produit par des canaux de radiodiffusion (liaison descendante uniquement).

Le brouillage intersystème se compose du:

- brouillage produit par toutes les liaisons de communication du second opérateur.

Le brouillage intersystème examiné comprend les rayonnements non désirés et l'effet d'écran au niveau du site de réception. Dans cette étude, on part du principe que les opérateurs utilisent des canaux adjacents et que les mécanismes concernés sont le rapport ACLR et la sélectivité sur canal adjacent (ACS, *adjacent channel selectivity*). La combinaison de ces effets est désignée par ACIR qui est exprimé sous la forme:

$$ACIR = \frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}}$$

Une fois que l'on a calculé les niveaux de brouillage, on exécute une boucle de la commande de puissance. L'algorithme de commande de puissance AMRC-LB et GSM fondé sur le rapport C/I est un processus itératif qui converge vers des valeurs positives lorsque chaque liaison de communication atteint son rapport C/I cible. L'algorithme hypothétique retenu pour les liaisons aller et retour utilise une taille de pas adaptative. Pour chaque itération, la puissance fournie à chaque liaison est mise à jour avec une valeur qui est fonction de la différence entre le rapport C/I réel et le rapport C/I cible.

Une fois que la commande de puissance a convergé, le système est censé être dans un état stationnaire réaliste; on effectue alors différents enregistrements. La capacité du système peut être définie de différentes façons au moyen du critère d'interruption du système et du critère d'augmentation du bruit.

On considère qu'une interruption du système se produit lorsqu'une liaison de communication ne peut atteindre le rapport $C/(N + I)$ requis.

Un utilisateur mobile subit des interruptions s'il:

- n'est pas disponible (l'intensité du signal n'est pas suffisante pour la sensibilité du récepteur. Cela se produit lorsque l'utilisateur mobile est trop éloigné de la station de base);
- est brouillé (le critère de sensibilité est satisfait mais le rapport C/I est inférieur au rapport C/I requis).

Les interruptions du système sont difficiles à calculer de façon théorique, mais peuvent être estimées au moyen d'une simulation:

$$\text{Interruption du système} = \frac{\text{Nombre d'utilisateurs brouillés} + \text{Nombre d'utilisateurs non disponibles}}{\text{Nombre total d'utilisateurs}}$$

2 Hypothèses relatives aux simulations de Monte Carlo

Le Tableau 4 récapitule certaines des caractéristiques des systèmes AMRC-LB 1800^{2,4} et GSM 1900⁷, utilisées comme paramètres d'entrée pour les simulations.

⁷ Radio transmission and reception – 3GPP TS 05.05. v7.5.0.

TABLEAU 4

Caractéristiques des systèmes AMRC-LB 1800 et GSM 1900

	AMRC-LB 1800	GSM 1900
<i>Services</i>	Conversation à 8 kbit/s (facteur d'activité de 100%)	
Rapport de protection (dB)	-18,9 ⁽¹⁾	6
Débit des éléments (Mélément/s)	3,84	–
<i>Liaison radioélectrique</i>		
Bruit de fond (dBm)	-96 (station mobile)	-113 (station de base)
Sensibilité (dBm)	-114,9 (station mobile)	-107 (station de base)
Puissance d'émission minimale (dBm)	15 (station de base)	0 (station mobile)
Puissance d'émission maximale (dBm)	43 au total 30 par utilisateur (station de base)	30 (station mobile)
Gain d'antenne de station mobile (dBi)	0	
Gain d'antenne de station de base (dBi)	11	

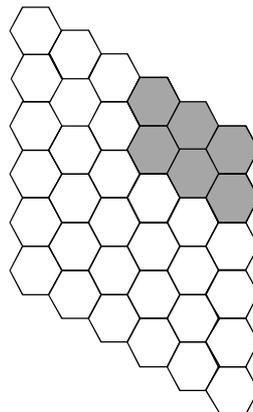
⁽¹⁾ $E_b/N_0 = 7,9$ dB; gain de traitement 26,8 dB.

2.1 Disposition des cellules dans les simulations

- Dans les simulations, on utilise des cellules équidirectives.
- On applique un facteur de réutilisation des fréquences de 9 pour les stations GSM.
- On utilise un réseau de 36 cellules comme l'illustre la Fig. 18.

FIGURE 18

Structure fondamentale de 36 cellules pour chaque opérateur et
groupe de 9 cellules pour chaque opérateur GSM



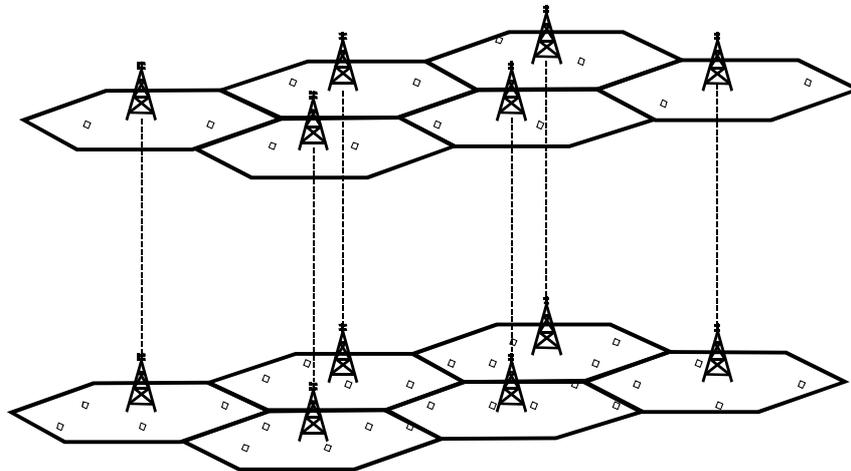
Rap 2031-18

- On utilise une technique de bouclage (wrap around) pour produire l'effet d'une structure cellulaire continue.
- Les systèmes seront déployés selon le modèle macro-macro.
- Le rayon de la cellule est de 577 m.

- L'espace géographique entre opérateurs est un paramètre de la simulation (voir les Fig. 19 et 20).

FIGURE 19

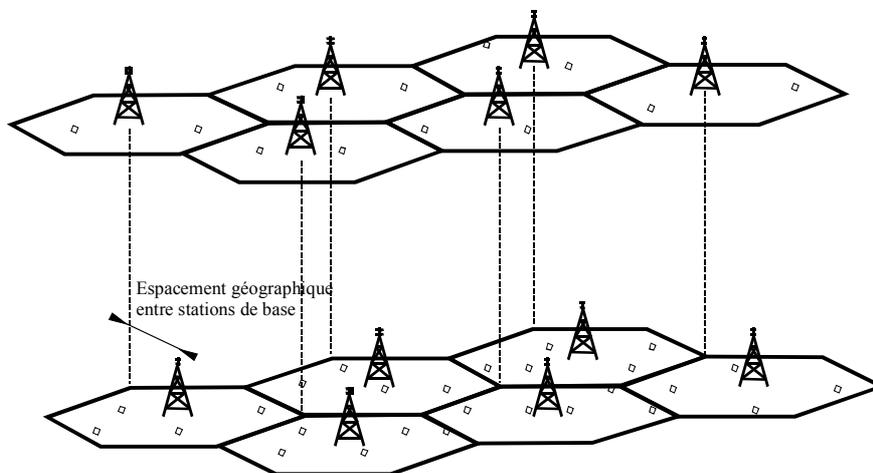
Configuration de simulation avec un espacement minimal entre stations de base



Rap 2031-19

FIGURE 20

Configuration de simulation avec un espacement maximal entre stations de base



Rap 2031-20

2.2 Propagation

2.2.1 Affaiblissement de couplage minimal

Les valeurs MCL prises en considération dans cette étude reprennent les hypothèses 3GPP²:

- Scénario station mobile-station de base: 70 dB (y compris les gains d'antenne).
- Scénario station de base-station de base: 30 dB (y compris les gains d'antenne).
- Scénario station mobile-station mobile: 40 dB (y compris les gains d'antenne).

2.2.2 Modèle de propagation station mobile-station de base²

Dans l'environnement macro, la puissance reçue sur la liaison descendante ou sur la liaison montante peut s'exprimer de la façon suivante:

$$RX_PWR = TX_PWR - Max (affaiblissement sur le trajet - G_Tx - G_Rx, MCL)$$

où:

- RX_PWR: puissance du signal reçu
- TX_PWR: puissance du signal émis
- G_Tx: gain d'antenne de l'émetteur
- G_Rx: gain d'antenne du récepteur
- MCL: affaiblissement de couplage minimal.

Un gain d'antenne de 11 dB (y compris les affaiblissements de câble) pour la station de base et un gain d'antenne de 0 dB pour la station d'utilisateur sont pris pour hypothèse.

Seuls les modèles de propagation macrocellulaires sont pris en considération dans cette étude:

$$\begin{aligned} \text{Affaiblissement sur le trajet} = & 40(1 - 4 \times 10^{-3} D_{hb}) \log_{10}(R) - 18 \log_{10}(D_{hb}) + 21 \log_{10}(f) \\ & + 80 \text{ dB} + \log F \end{aligned}$$

où:

- R : distance de séparation entre la station de base et la station mobile (km)
- f : fréquence porteuse (MHz)
- D_{hb} : hauteur d'antenne de la station de base (m), mesurée à partir du niveau moyen du toit
- $\log F$: effet d'écran présentant une distribution log normale, avec un écart type de 10 dB.

La hauteur d'antenne de la station de base est de 15 m au-dessus du niveau moyen du toit ($D_{hb} = 15$ m). Pour une fréquence porteuse de 1 800 MHz et une hauteur d'antenne de station de base de 15 m, l'expression de l'affaiblissement sur le trajet peut être simplifiée de la façon suivante:

$$\text{Affaiblissement sur le trajet} = 127,2 + 37,6 \log_{10}(R) + \log F$$

2.2.3 Modèle de propagation entre stations mobiles

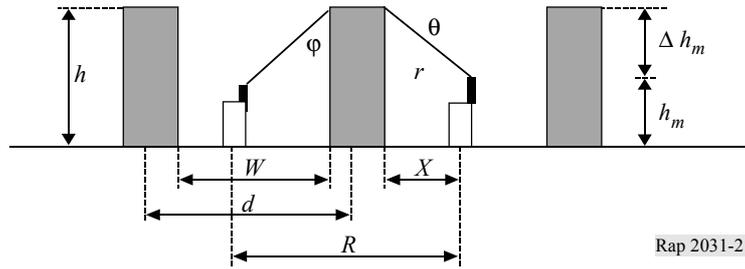
Le modèle de propagation station mobile-station mobile utilisé doit être valable pour des antennes d'émission et de réception de même hauteur. Pour cela, on utilise le modèle fondé sur la formule d'affaiblissement sur le trajet donné par H. Xia^{8, 9} et plus particulièrement le modèle dans lequel l'antenne de la station de base est située au-dessous du niveau moyen du toit. Par rapport à la formule initiale la hauteur de l'antenne de la station de base est remplacée par la hauteur de l'antenne de la station mobile (1,5 m). On considère qu'il s'agit là d'une approximation raisonnable pour le scénario considéré.

⁸ Xia, H. H. [novembre 1997] A simplified analytical model for predicting path loss in urban and suburban environments. *IEEE Trans. on Vehicular Technology*. Vol. 46, 4, p. 1040-1046.

⁹ ETSI STC SMG2 UMTS L1 No. 9 Tdoc 679/98.

FIGURE 21

Calcul de l'affaiblissement de propagation - Modèle Xia adapté à la configuration station mobile-station mobile



Rap 2031-21

Affaiblissement sur le trajet =

$$-10 \log_{10} \left(\frac{\lambda}{2\sqrt{2\pi}R} \right)^2 - 10 \log_{10} \left[\frac{\lambda}{2\pi^2 r} \left(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{2\pi + \theta} \right)^2 \right] - 10 \log_{10} \left\{ \left[\frac{d}{2\pi R} \right]^2 \frac{\lambda}{\sqrt{(\Delta h_m)^2 + d^2}} \left(\frac{1}{\phi} - \frac{1}{2\pi + \phi} \right)^2 \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} r = \sqrt{(\Delta h_m)^2 + x^2} \\ x = \frac{w}{2} \\ \theta = \arctg \left(\frac{\Delta h_m}{x} \right) \\ \phi = \arctg \left(\frac{\Delta h_m}{d} \right) \end{array} \right.$$

où:

h : hauteur moyenne des bâtiments (12 m)

r : distance entre le dernier point de diffraction et la hauteur de la station mobile

h_m : hauteur de la station mobile (1,5 m)

x : distance horizontale entre le dernier point de diffraction et la hauteur de la station mobile (15 m)

R : distance entre deux stations mobiles

d : espacement moyen entre deux bâtiments (80 m)

w : largeur de la route (30 m).

$$\Delta h_m = h - h_m$$

Pour tenir compte de la probabilité pour que deux stations mobiles séparées par une distance inférieure à 100 m soient en LoS, on applique le modèle en espace libre avec une probabilité qui est fonction de la distance de séparation entre les deux stations mobiles. Le modèle en espace libre appliqué est le suivant:

$$\text{Affaiblissement sur le trajet} = 38,5 + 20 \log_{10}(R)$$

2.2.4 Modèle de propagation entre stations de base

Etant donné que les deux réseaux de stations de base sont censés être déployés dans un environnement macrocellulaire, on utilise le modèle de propagation en espace libre avec une pente de 2,0 pour caractériser la propagation entre deux stations de base brouilleuses:

$$\text{Affaiblissement sur le trajet} = 38,5 + 20 \log_{10}(d)$$

où d est la distance entre les deux stations de base.

2.3 Critères de sélection des cellules

Pour le système AMRC-LB, le modèle de transfert est un transfert progressif non idéal. L'ensemble actif pour l'équipement d'utilisateur est sélectionné parmi un ensemble de stations de base qui sont «candidates» au transfert. Cet ensemble se compose des stations de base dont l'affaiblissement sur le trajet se situe dans les limites de la marge de transfert (c'est-à-dire stations de base dont le pilote reçu est plus puissant que le pilote de la station de base la plus puissante moins la marge du transfert). Une marge de transfert progressif de 3 dB est prise pour hypothèse. L'ensemble actif de stations de base est sélectionné de façon aléatoire parmi les stations de base «candidates»; un seul équipement d'utilisateur peut être connecté simultanément à deux stations de base au maximum.

Dans un système GSM, on choisit la station de base présentant le meilleur gain de liaison à l'utilisateur.

2.4 Modélisation du rapport ACIR

Les contributions ACS et ACLR du système GSM aux paramètres ACIR pour les scénarios station mobile-station mobile et station de base-station de base sont négligeables par rapport aux contributions ACS et ACLR du système AMRC-LB 1800. L'expression du rapport ACIR donnée dans le § 1 peut donc être simplifiée de la façon suivante:

$$ACIR_{AMRC-LB\ 1800\ BS} \rightarrow GSM\ BS = ACLR_{AMRC-LB\ 1800\ BS}$$

$$ACIR_{GSM\ MS} \rightarrow AMRC-LB\ 1800\ MS = ACS_{AMRC-LB\ 1800\ MS}$$

2.4.1 Gabarit d'émission de la station de base AMRC-LB

La spécification 3GPP TS 25.104³ contient les gabarits spécifiés pour les émissions hors bande produites par une station de base AMRC-LB ou par un équipement d'utilisateur, qui ont été définis dans le cadre de l'exploitation de la bande de fréquences attribuée aux systèmes AMRC-LB. Ces gabarits peuvent être convertis en valeurs ACIR lorsque le système brouillé est un système GSM à bande étroite.

Le Tableau 5 donne les valeurs ACIR calculées à partir des spécifications 3GPP en vigueur pour une station de base AMRC-LB brouillant une station de base GSM.

TABLEAU 5

Gabarit d'émission d'une station de base AMRC-LB

Espacement entre deux porteuses (MHz)	Gabarit d'émission (dB)
7,8	63,7
8,0	64,4
8,2	65
8,4	65,7
8,6	66,4
8,8	67,1
9,0	67,8
9,2	68,4
9,4	69,1

Pour la conception de filtres pour les stations de base, il est raisonnable de prendre pour hypothèse, pour ces décalages de fréquence, des valeurs ACIR de 20 dB supérieures à celles des spécifications susmentionnées.

2.4.2 Gabarit de réception d'un équipement d'utilisateur AMRC-LB

La spécification 3GPP TS 25.101¹⁰ contient les valeurs ACS spécifiées ainsi que les caractéristiques d'effet d'écran du site de réception de l'équipement d'utilisateur AMRC-LB, qui ont été définies dans le cadre de l'exploitation des bandes principales AMRC-LB. Ces gabarits peuvent être convertis en valeurs ACIR lorsqu'un système brouilleur GSM en bande étroite cause des brouillages à un système AMRC-LB.

TABLEAU 6

Gabarit de réception d'un équipement d'utilisateur ARMC-LB

Espacement entre deux porteuses (MHz)	Liaison descendante (dB)
7,8	37
8,0	37,3
8,2	37,6
8,4	37,8
8,6	38,1
8,8	38,4
9,0	38,7
9,2	39,0
9,4	39,2

¹⁰ UE Radio Transmission and Reception (FDD) – 3GPP TS 25.101 v3.5.0.

2.5 Calcul des niveaux de brouillage

Ces formules sont valables pour le déploiement de réseaux qui ne sont pas à saut de fréquence.

2.5.1 Système AMRC-LB brouillé

Le brouillage ($I_{GSM\ MS \rightarrow AMRC-LB\ MS}$) causé par une station mobile GSM à une station AMRC-LB est le suivant:

$$I_{GSM\ MS \rightarrow AMRC-LB\ MS} = ACIR(MS_{GSM} \rightarrow UE_{AMRC-LB}, f_{MS}) \times \frac{P_{MS}}{Nb_TS}$$

où:

- f_{MS} : fréquence utilisée par la station mobile
- $P_{MS,i}$: puissance reçue depuis la station mobile GSM
- Nb_TS : nombre d'intervalles de temps par trame pour la technique AMRT (c'est-à-dire 8 dans un système GSM).

Le facteur $\frac{1}{Nb_TS}$ résulte du fait qu'une station mobile GSM n'émet que $\frac{1}{Nb_TS}$ fois du temps.

Le brouillage intrasystème est conforme aux hypothèses retenues dans les spécifications 3GPP²: Dans le cas d'un réseau AMRC-LB sur la liaison descendante, on utilise un facteur d'orthogonalité de 0,4.

2.5.2 Système PCS brouillé

Le brouillage ($I_{AMRC-LB\ BS \rightarrow GSM\ BS}$) d'une station de base AMRC-LB à une station de base GSM est le suivant:

$$I_{AMRC-LB\ BS \rightarrow GSM\ BS} = ACIR(BS_{AMRC-LB} \rightarrow BS_{GSM}, f_{BS}) \times P_{BS}$$

où:

- f_{BS} : fréquence utilisée par la station de base AMRC-LB
- P_{BS} : puissance reçue depuis la station de base IMT-2000.

Lorsque l'on ajoute le brouillage intrasystème, on part de l'hypothèse que les cellules GSM sont synchronisées. La contribution de brouillage d'une station mobile exploitée dans le même canal est calculée comme étant la puissance moyenne reçue par la station de base brouillée durant son intervalle de temps de fonctionnement. La contribution aux brouillages de la station mobile dans le canal adjacent est négligeable.

Les 4 porteuses sur une même station BTS GSM sont censées être chacune espacées de 1 800 kHz (déploiement avec un facteur de réutilisation des fréquences de 9).

2.6 Calcul du rapport C/I

Le rapport C/I ou S/I est le rapport du signal utile au brouillage total reçu par un utilisateur donné. Dans le cas d'un système AMRC-LB (si l'on utilise un transfert progressif), une combinaison produisant un rapport maximal sur la liaison descendante est prise pour hypothèse (on fait la somme des rapports C/I pour déterminer le rapport C/I résultant de la station mobile).

2.7 Algorithme de commande de puissance

Dans les simulations, on utilise un algorithme fondé sur le rapport C/I de taille de pas variable. Dans ce type d'algorithme, le niveau de puissance varie en fonction d'une relation itérative donnée par l'équation suivante:

$$Puissance[t+1] = Puissance[t] \cdot \left(A \cdot \left(\frac{\left(\frac{C}{I}\right)_{cible}}{\left(\frac{C}{I}\right)_{mesurée}[t]} \right) + B \right)$$

où $A + B = 1$ et $A, B \geq 1$ (par exemple, $A = 0,9$ et $B = 0,1$). La variable t représente l'indice de l'itération.

Dans le cas du système GSM, on ajoute une marge de 5 dB au rapport S/I cible sur la liaison montante afin de modéliser une commande de puissance lente non idéale.

2.8 Mesure de la capacité

La capacité de la liaison descendante du système AMRC-LB brouillé est définie comme la capacité du système produisant un niveau de 5% d'interruptions. On examine la perte de capacité AMRC-LB en tenant compte des brouillages causés par les utilisateurs GSM.

La liaison montante du système GSM brouillé dispose toujours d'une pleine capacité; on observe une augmentation des interruptions dans le système en présence de brouillages causés par la station de base AMRC-LB.
