

## RECOMMANDATION UIT-R F.1190\*

**CRITÈRES DE PROTECTION APPLICABLES AUX FAISCEAUX HERTZIENS NUMÉRIQUES  
PROPRES À ASSURER LA COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE  
AVEC LES SYSTÈMES RADAR DU SERVICE DE RADIOREPÉRAGE**

(Question UIT-R 159/9)

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que les systèmes radar peuvent causer des brouillages aux faisceaux hertziens numériques qui se traduisent par la production régulière de paquets d'erreurs liée aux caractéristiques d'exploitation du radar comme la vitesse de rotation de l'antenne;
- b) que l'importance des systèmes radar est mondialement admise mais qu'il reste néanmoins des efforts à faire quant à la réduction des niveaux des rayonnements non essentiels produits par ces systèmes;
- c) l'importance des faisceaux hertziens numériques dans les réseaux de télécommunication;
- d) qu'il est nécessaire d'établir les critères qui permettront d'assurer la compatibilité électromagnétique entre les systèmes radar et les faisceaux hertziens numériques;
- e) que les effets du brouillage causé par les systèmes radar varient d'un système radar à l'autre;
- f) que, bien que l'effet du brouillage radar sur les faisceaux hertziens numériques diffère selon les méthodes de modulation employées dans les systèmes brouillés, il semble utile de définir, à titre provisoire, le seuil de protection en termes de rapport brouillage à bruit thermique de manière à rendre les critères applicables indépendamment de la méthode de modulation utilisée,

*recommande*

- 1** d'évaluer la puissance de brouillage en termes de puissance en crête sur toute la largeur de bande nécessaire d'un canal radioélectrique du système brouillé;
- 2** en cas de brouillage provenant de systèmes radar terrestres fixes ou transportables:
  - 2.1** de ne pas dépasser 0 dB (Notes 1 et 2) pour le rapport brouillage à bruit thermique (mentionné au § 1);
  - 2.2** d'évaluer le brouillage dans un cas pratique réel ou prévu;
  - 2.3** dans le cas où le brouillage est intercepté par le faisceau principal de l'antenne du faisceau hertzien, de faire en sorte que la puissance surfacique des rayonnements non désirés au niveau d'une station réceptrice de faisceaux hertziens ne dépasse pas  $-127$  dB(W/m<sup>2</sup>) dans n'importe quelle bande de 40 MHz dans les plages de fréquences 3 400-4 200 MHz et 4 400-5 000 MHz ou  $-130$  dB(W/m<sup>2</sup>) dans toute bande de 20 MHz dans la plage 5 925-6 425 MHz (voir l'Annexe 2);
- 3** en cas de brouillage causé par des systèmes radar maritimes et mobiles terrestres (Note 3);
  - 3.1** de faire en sorte que le rapport brouillage à bruit thermique,  $I/N$  (mentionné au § 1) ne dépasse pas 10 dB (Notes 1, 2 et 5);
  - 3.2** d'évaluer le brouillage dans un cas pratique réel ou prévu. Cependant, la condition d'exposition directe à 20 km de distance pour une propagation en visibilité directe et en espace libre doit être considérée comme étant représentative des radars mobiles maritimes dans de nombreux cas;

---

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 8 des radiocommunications (GT 8C), de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Comité international radio-maritime (CIRM).

**3.3** de ne pas dépasser pour la puissance surfacique des rayonnements non désirés au niveau d'une station réceptrice de faisceaux hertziens  $-117 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$  dans n'importe quelle bande de 40 MHz des plages de fréquences 3 400-4 200 MHz et 4 400-5 000 MHz ou  $-120 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$  dans toute bande de 20 MHz dans la plage 5 925-6 425 MHz (Note 4);

**4** de tenir compte des indications données dans l'Annexe 1 lors de l'évaluation de la puissance de brouillage dans les faisceaux hertziens numériques attribuable aux rayonnements non désirés des systèmes radar.

NOTE 1 – Cette valeur a été obtenue en supposant que les brouillages causés par les radars étaient intermittents et que la probabilité de brouillage était faible. Ces hypothèses nécessitent des études et des tests plus approfondis.

NOTE 2 – Actuellement, ce critère doit s'appliquer uniquement au brouillage radar dans les bandes de fréquences inférieures à 7 GHz environ. Un complément d'étude est nécessaire.

NOTE 3 – Le terme mobile maritime n'inclut pas la radiolocalisation maritime à forte puissance.

NOTE 4 – Les valeurs de puissances surfaciques du § 3.3 sont équivalentes à celles de la p.i.r.e. des rayonnements non désirés d'un système radar, respectivement de  $-20 \text{ dBW}$  pour une bande de 40 MHz et  $-23 \text{ dBW}$  pour une bande de 20 MHz, en supposant une distance de séparation de 20 km (voir l'Annexe 2).

NOTE 5 – La valeur du rapport  $I/N$  a été obtenue en supposant que les brouillages causés par les radars mobiles étaient temporaires.

## ANNEXE 1

### **Evaluation de la puissance des brouillages causés aux faisceaux hertziens numériques par les rayonnements non désirés produits par des systèmes radar**

La puissance des brouillages causés aux faisceaux hertziens numériques par les rayonnements non désirés produits par des systèmes radar doit être évaluée en termes de puissance en crête pour la largeur de bande nécessaire du canal radioélectrique du système brouillé (voir le § 1 de la présente Recommandation). Lors de l'évaluation de la puissance totale sur la largeur de bande nécessaire, il convient de tenir compte des éléments suivants:

- il n'est pas toujours possible d'évaluer la puissance en crête du brouillage dans le domaine temporel;
- lorsqu'elle est mesurée dans le domaine fréquentiel, des fréquences brouilleuses apparaissent avec un espacement égal à l'inverse de la largeur de l'impulsion du radar;
- il y a plus ou moins cohérence entre ces fréquences brouilleuses, et de ce fait, la puissance en crête du brouillage total dépend du degré de cohérence entre ces mêmes composantes;
- en général, lors de l'évaluation du deuxième ou troisième rayonnement harmonique non essentiel, on peut supposer qu'il y a cohérence parfaite entre les composantes brouilleuses (par exemple, la somme des tensions);
- en général, lors de l'évaluation des rayonnements non harmoniques non désirés, on peut supposer qu'il y a cohérence partielle entre les composantes brouilleuses (par exemple, le 1,5<sup>e</sup> de la somme des puissances).

D'après les considérations précédentes, les méthodes suivantes doivent être utilisées pour évaluer la puissance de brouillage:

- De préférence, la puissance en crête du brouillage radar sur toute la largeur de bande du canal radioélectrique du système brouillé doit être évaluée dans le domaine temporel.
- Si les données ne sont disponibles que dans le domaine fréquentiel, sous la forme de  $n$  composantes de brouillage  $w_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) exprimées en unité de puissance, la puissance en crête totale  $W$  s'exprime comme suit:

$$W = (\sum w_i^{1/k})^k$$

où  $k$  est supposé égal à 2,0 dans le cas du deuxième ou troisième rayonnement harmonique non essentiel et à 1,5 lors de l'évaluation des rayonnements non harmoniques non désirés. La validité de ces valeurs appelle un complément d'étude.

## ANNEXE 2

## Calcul des niveaux maximaux admissibles

## 1 Introduction

Afin de faciliter la compréhension des exemples de calculs suivants, on donne un rapide descriptif d'un scénario de brouillage. Par ailleurs, quelques concepts et valeurs de paramètres communément utilisés dans le cas de faisceaux hertziens à grande capacité sont détaillés.

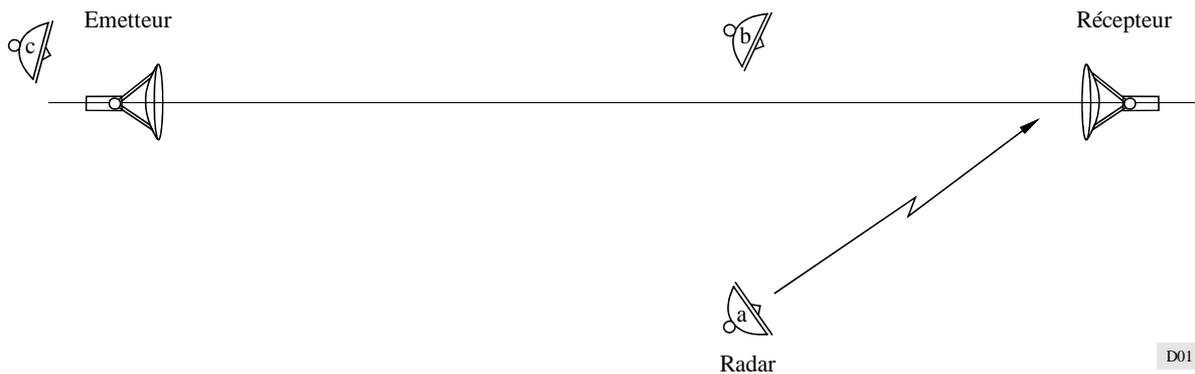
Les faisceaux hertziens sont des systèmes à visibilité directe et il faut donc que le trajet entre les antennes émettrice et réceptrice soit dépourvu d'obstacle. La longueur du trajet est habituellement de 40-60 km voire plus.

Les antennes à gain élevé et à faisceau étroit sont habituellement de type parabolique ou analogue (cornet réflecteur, etc.). Leurs lobes latéraux doivent être de faible niveau. L'ouverture angulaire du faisceau principal à 3 dB est en général de l'ordre de  $1,5^\circ$  à  $2^\circ$ , et le gain au centre du faisceau d'environ 40 à 43 dBi.

Si un émetteur radar, conçu pour fonctionner avec une fréquence  $f_0$  proche de 3 GHz, est utilisé à proximité d'un trajet de faisceaux hertziens et s'il rayonne involontairement à partir de l'antenne radar de l'énergie non essentielle, une partie de cette énergie pourra être interceptée par l'antenne du faisceau hertzien. Dans bien des cas, le rayonnement non essentiel atteint les lobes latéraux de l'antenne réceptrice du faisceau hertzien, mais parfois dans des situations très gênantes ce rayonnement pourra être intercepté par le faisceau principal. Un bond de faisceaux hertziens avec trois positions possibles d'un radar brouilleur sont représentés à la Fig. 1. La position a entraînera une pénétration des lobes latéraux de l'antenne du faisceau hertzien. La position b, à proximité de l'axe de visée entre l'émetteur et le récepteur du faisceau hertzien, provoque une interception par le faisceau principal. La position c le radar situé à proximité de l'axe de visée et au-delà de l'émetteur provoque également une interception par le faisceau principal.

FIGURE 1

Vue dans le plan d'un trajet en faisceaux hertziens  
et des positions possibles d'un radar



D01

Le faisceau hertzien véhicule à vitesse élevée des trains binaires appelés charges utiles. Il peut s'agir de nombreuses voies téléphoniques multiplexées ou de signaux TV numérisés. Habituellement, la capacité est de 155,52 Mbit/s (STM-1), ou de 311 Mbit/s ( $2 \times$  STM-1). Le secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) a publié des spécifications strictes concernant la qualité de transmission. Elles s'expriment en termes de nombre maximum autorisé de secondes erronées (SE) et de nombre maximum autorisé de secondes gravement erronées (SGE) (voir la Recommandation UIT-T G.826).

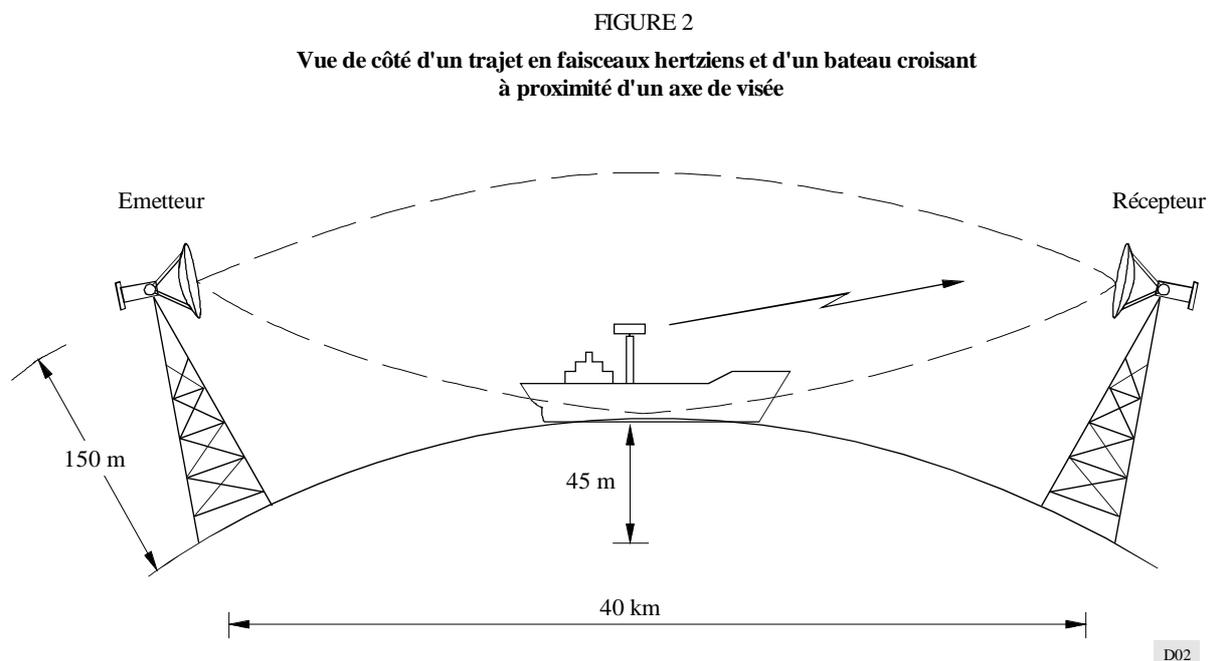
Dans le cas de secondes erronées, la qualité de transmission téléphonique ou vidéo est dégradée de façon significative. Dans le cas de secondes gravement erronées, le canal radioélectrique est inutilisable.

Tout rayonnement non essentiel d'un radar intercepté par une antenne de faisceau hertzien et qui est capté par le récepteur d'un faisceau hertzien engendrera un certain niveau de puissance de brouillage,  $I$ . Cette puissance doit être comparée au niveau de bruit de fond,  $N$ , du récepteur. La conception même du faisceau hertzien suppose que le récepteur fonctionne correctement avec un certain niveau minimal du signal utile,  $C$ , et donc avec une valeur minimale de  $C/N$ . Tout brouillage est perçu comme un bruit additionnel qui va dégrader le rapport  $C/N$  et ainsi entraîner des erreurs de transmission. Si un brouillage intermittent (rayonnement non essentiel de type impulsif) est reçu, il peut être particulièrement gênant si certaines portions du train de bits formaté sont altérées. Ceci peut entraîner une perte de synchronisation et donc une diminution globale de la capacité de transmission.

Dans les exemples ci-après, on formule plusieurs hypothèses concernant les scénarios et les rapports  $I/N$  nécessaires.

On suppose dans la situation décrite à la Fig. 2 qu'il y a interception par le faisceau principal du faisceau hertzien. On suppose que la distance avec le radar brouilleur est de 20 km et que le trajet depuis l'antenne radar jusqu'à l'antenne hertzienne est dépourvu d'obstacle. Ainsi, l'affaiblissement sur le trajet de propagation pour ce qui est des rayonnements non essentiels dans la bande de 4 GHz est d'environ 130 dB.

Les conditions imposées par le rapport  $I/N$  sont déterminées pour un faisceau hertzien de grande capacité faisant appel à un procédé perfectionné de modulation à haut niveau. Le récepteur nécessite un certain rapport signal RF sur bruit  $C/N$ . Cette condition est réalisée lorsqu'on conçoit le système en prévoyant un émetteur de puissance suffisante et des antennes de gain approprié.



## 2 Rayonnement non désiré non harmonique

On suppose que les paramètres du système brouillé sont:

Bande de fréquences de fonctionnement:	3 400-4 200 MHz
Largeur de bande du récepteur:	40 MHz (voir la Note 1)
Gain de l'antenne de réception:	36 dB (après soustraction des pertes dans la ligne d'alimentation)
Facteur de bruit du récepteur:	4 dB
Affaiblissement en espace libre:	130 dB (20 km)
Bruit thermique:	-140 dB(W/MHz)

Ainsi, le niveau maximal admissible de brouillage correspondant au rapport brouillage sur bruit thermique de 10 dB est de -114 dB(W/40 MHz) à l'entrée du récepteur du système brouillé. Pour un gain d'antenne de réception de 36 dB, ceci équivaut à une puissance surfacique de -117 dB(W/m<sup>2</sup>). Pour un affaiblissement en espace libre de 130 dB et un gain d'antenne de 36 dB, ceci équivaut également à une p.i.r.e. de rayonnement non désiré d'un système radar de -20 dBW.

On doit remarquer que de nombreux systèmes radar mobiles peuvent ne pas vérifier cette condition et des efforts supplémentaires doivent être déployés pour améliorer de tels systèmes radar. Il faut également noter que dans le cas d'un radar utilisant un magnétron, les niveaux de rayonnements non désirés varient selon la durée de fonctionnement et en général les niveaux des rayonnements non désirés non harmoniques augmentent au fur et à mesure que l'on s'approche de la fin de vie du magnétron.

En ce qui concerne la plage de fréquences 4 400-5 000 MHz, on suppose que les paramètres (en particulier, le gain de l'antenne et l'affaiblissement en espace libre) du système brouilleur peuvent être légèrement différents. Cependant, les calculs aboutissent à la même valeur limite de rayonnements non désirés, car l'augmentation du gain de l'antenne est compensée par l'augmentation de l'affaiblissement en espace libre.

NOTE 1 – La largeur de bande du récepteur varie selon les systèmes. Si l'on prend en considération la cohérence entre les composantes brouilleuses (voir l'Annexe 1), un système qui dispose d'une plus grande largeur de bande de réception a une plus grande sensibilité aux rayonnements non harmoniques produits par un radar, qui généralement ont une largeur de bande plus grande que celle du récepteur brouillé. En conséquence, on choisit 40 MHz pour représenter un système avec une importante largeur de bande de réception.

### 3 Rayonnement non essentiel du deuxième harmonique

On suppose que les paramètres du système brouillé sont:

Bande de fréquences de fonctionnement:	5 925-6 425 MHz
Largeur de bande du récepteur:	20 MHz (voir la Note 2)
Gain de l'antenne de réception:	40 dB (après soustraction des pertes dans la ligne d'alimentation)
Facteur de bruit du récepteur:	4 dB
Affaiblissement en espace libre:	134 dB (20 km)
Bruit thermique:	-140 dB(W/MHz)

Ainsi, le niveau maximal admissible de brouillage correspondant au rapport brouillage sur bruit thermique de 10 dB est de -117 dB(W/20 MHz) à l'entrée du récepteur du système brouillé. Ceci équivaut à une puissance surfacique de -120 dB(W/m<sup>2</sup>) et à une p.i.r.e. non désirée d'un système radar de -23 dBW.

On doit remarquer que de nombreux systèmes radar mobiles peuvent ne pas vérifier cette condition et qu'il est nécessaire de déployer des efforts supplémentaires pour améliorer ces systèmes radar.

NOTE 2 – En général, la largeur de bande du deuxième rayonnement non essentiel du deuxième harmonique est plus étroite que celle du récepteur brouillé. De ce fait, le rapport brouillage sur bruit thermique est plus élevé pour un récepteur à largeur de bande étroite. En conséquence, on choisit 20 MHz pour représenter un système à largeur de bande étroite.

---