

RAPPORT UIT-R M.2034*

**Incidences de certains impératifs de détection radar
de la sélection dynamique des fréquences sur les
récepteurs du système d'accès hertzien à 5 GHz**

(2003)

1 Introduction

La Recommandation UIT-R M.1652 préconise que, pour faciliter l'utilisation en partage avec des radars, des techniques de réduction des brouillages soient mises en œuvre par les systèmes d'accès hertzien (WAS, *wireless access system*), y compris les réseaux locaux hertziens (RLAN) dans les bandes des 5 GHz utilisées par les radars. Cette Recommandation décrit une technique de réduction des brouillages, appelée sélection dynamique des fréquences (DFS), qui exige la mise en œuvre d'un mécanisme de détection radar. Elle énonce aussi les spécifications de détection et de réponse auxquelles la sélection DFS devrait se conformer.

Le présent Rapport examine la façon dont les radars fonctionnant dans la bande des 5 GHz peuvent être détectés par des systèmes WAS sans subir de contraintes extrêmes au niveau de la conception de l'entrée RF ou de la capacité du système WAS.

Il se peut que la détection radar soit possible uniquement au moment où il n'y a pas d'émission active dans la cellule du système WAS. Pendant la durée de vérification de disponibilité du canal, il ne se produit aucune émission pendant une durée importante (par exemple, 60 s). Durant la surveillance en cours de service, la détection peut intervenir pendant les périodes où aucun trafic n'est enregistré sur la liaison montante ou sur la liaison descendante.

La détection d'une impulsion radar dont la puissance est supérieure au seuil dit de détection DFS déclenche une procédure DFS et le point d'accès doit impérativement quitter le canal à bref délai. Le présent Rapport a pour objet d'une part de décrire l'interdépendance entre le seuil de détection DFS, T_{DFS} , le taux de fausses alarmes des systèmes WAS et le taux de défaillance de détection radar par les systèmes WAS et, d'autre part, d'analyser ces aspects du point de vue de la mise en œuvre de la détection radar dans un récepteur du système WAS.

2 Abréviations et acronymes

ACT:	durée de vérification de disponibilité (du canal) (<i>channel availability check time</i>)
DF:	probabilité de défaillance de détection (<i>detection failure probability</i>)
DFS:	sélection dynamique des fréquences (<i>dynamic frequency selection</i>)
FA:	probabilité de fausses alarmes (<i>false alarm probability</i>)
FDP:	fonction de densité de probabilité
FRI:	fréquence de répétition des impulsions
MRFO:	multiplexage par répartition en fréquence orthogonale
RLAN:	réseau local hertzien (<i>radio local area network</i>)
RSS:	intensité du signal reçu (<i>received signal strength</i>)
T_{DFS} :	seuil de détection DFS (<i>DFS threshold</i>)
WAS:	système d'accès hertzien (<i>wireless access system</i>)

* Le présent Rapport ayant été élaboré conjointement par les Commissions d'études 8 et 9 des radiocommunications, toute révision ultérieure devra également être faite conjointement par ces deux Commissions d'études.

3 Hypothèses et méthodes

La détection radar par un système WAS est caractérisée par les deux mesures de la qualité de fonctionnement, à savoir:

3.1 Probabilité de défaillance de détection (DF)

Probabilité qu'un radar soit présent dans le canal mais qu'aucune impulsion radar ne soit détectée par le système WAS. Cette probabilité doit être aussi faible que possible pour ne pas causer de brouillage avec les radars. Une valeur de $DF = 1\%$ est fixée comme valeur cible. La probabilité de détection varie avec la puissance du signal radar au réglage du seuil de détection dans le récepteur – un niveau de puissance plus élevée augmente la probabilité de détection.

3.2 Probabilité de fausses alarmes (FA)

Probabilité que lorsqu'un signal radar n'est pas présent dans le canal, les impulsions de brouillage soient détectées par le système WAS qui déclenche une procédure de détection DFS intempestive. Cela peut se produire lorsqu'un bruit ou une salve de brouillage est considéré par erreur comme étant une impulsion radar. Cette salve peut être causée par des dispositifs WAS situés à proximité et fonctionnant sur le même canal ou sur des canaux RF adjacents du système WAS. Il va de soi qu'une valeur élevée du brouillage/bruit de fond dans le récepteur du système WAS augmentera la probabilité FA. Toutefois, cette probabilité devrait être aussi faible que possible pour ne pas déclencher d'inutiles procédures de détection DFS qui limiteraient gravement la capacité des systèmes WAS, surtout dans des scénarios de forte densité de déploiement. Durant la durée de vérification de disponibilité du canal, il suffit d'avoir la certitude que le canal n'est pas mesuré comme étant occupé pendant un faible pourcentage du temps. On verra que ce pourcentage varie fortement en fonction du réglage des seuils de détection DFS du système WAS, quelques dB suffisant à modifier considérablement la probabilité FA.

Le système WAS réalise des mesures de la puissance moyennées pendant une durée $rss_meas_duration$, les mesures $signal_rss$ étant espacées par la durée moyenne. Par conséquent, pendant la durée de vérification de disponibilité du canal (ACT), par exemple, le nombre de mesures réalisées est:

$$nb_trials = \text{round}(ACT/rss_meas_duration)$$

Le signal radar est reçu à un niveau de $radar_pulse_power$ (dBm), ce qui équivaut à la valeur T_{DFS} selon la notation de la Recommandation UIT-R M.1652 et les impulsions ont une durée de $radar_pulse_duration$ (ns). La largeur de bande du signal radar (MHz) est désignée par B . De nombreux radars envoient périodiquement des impulsions, selon une fréquence de répétition des impulsions (FRI). Dans le cas d'un radar tournant, le système WAS recevra périodiquement une salve d'impulsions, de sorte que le nombre d'impulsions se produisant pendant l'ACT du canal, ou $nb_RADAR_pulses_per_ACT$, sera supérieur à un. La période d'échantillonnage utilisée pour les réseaux RLAN à multiplexage par répartition en fréquence orthogonale (MRFO) à 5 GHz est $T = 50$ ns.

4 Critère de détection

Le critère de détection utilisé ici est fondé sur les mesures du niveau absolu de puissance du signal. Si la puissance mesurée dépasse un certain seuil, on suppose alors qu'un radar est détecté.

On part de l'hypothèse que les échantillons du signal sont constitués par du bruit blanc moyen à répartition gaussienne. Par conséquent, une mesure effectuée pendant $rss_meas_duration$ comprend

un certain nombre de $(\text{rss_meas_duration}/T)$ variables gaussiennes complexes indépendantes. Par conséquent, la fonction de densité de probabilité du bruit est χ^2 centré sur noise_floor avec:

$$\text{noise_free_deg} = 2\text{rss_meas_duration}/T$$

degrés de liberté.

Il n'existe pas de données disponibles sur les caractéristiques du signal reçu ou de statistiques sur une impulsion radar, propagée dans un environnement urbain, rural ou autre. Dans certains cas, la durée de l'impulsion radar peut être inférieure à rss_meas_duration . La largeur de bande du signal radar est en général plus petite que la largeur de bande du signal MRFO de 18 MHz, de sorte qu'il existera une corrélation avec les échantillons des impulsions radar collectés pendant les mesures du niveau de puissance. Si l'impulsion radar a été échantillonnée à un taux de $T_RADAR = 1/B$, les échantillons ne seront pas corrélés. On suppose ici que la fonction de densité de probabilité (FDP) de la puissance, lorsqu'on mesure une impulsion radar, est χ^2 centré sur:

$$\text{meas_avg_radar_power} = \text{radar_pulse_power} + 10 \cdot \log_{10}(\min(\text{radar_pulse_duration}, \text{rss_meas_duration})/\text{rss_meas_duration})$$

avec des degrés de liberté égaux à:

$$\text{radar_free_deg} = 2 \cdot \text{round}(\min(\text{radar_pulse_duration} / T_RADAR, \text{rss_meas_duration} / T_RADAR))$$

La fonction FDP (*pdf*) des mesures de puissance noise_rss_pdf et radar_rss_pdf est représentée par une courbe en dBm sur la Fig. 1 pour un radar de type K reçu à un niveau de -67 dBm et un rapport brouillage/bruit de fond de -84 dBm (voir le § 5).

Dès lors que les deux distributions noise_rss_pdf et radar_rss_pdf sont connues, il est possible de calculer les probabilités DF et FA.

$$DF = (\text{prob}(\text{radar_rss_pdf} < \text{rss_threshold}))^{\text{nb_RADAR_pulses_per_ACT}}$$

$$FA = 1 - (1 - \text{prob}(\text{noise_rss_pdf} > \text{rss_threshold}))^{\text{nb_trials}}$$

A noter que rss_threshold correspond au réglage du seuil de l'intensité du signal reçu dans le récepteur du système WAS, dont la valeur devrait être fixée entre noise_floor et $\text{meas_avg_radar_power}$ de façon à satisfaire aux critères de probabilité requis DF et FA.

5 Résultats

Les valeurs ci-après sont utilisées dans les calculs:

$$\begin{aligned} \text{rss_meas_duration} &= 1 \mu\text{s} \\ \text{radar_pulse_power} &= -67 \text{ dBm}, -64 \text{ dBm}, -62 \text{ dBm} \\ \text{radar_pulse_duration} &= 1 \mu\text{s} \\ \text{interference/noise_floor} &= -84 \text{ dBm} \\ B &= 4 \text{ MHz} \\ ACT &= 60 \text{ s} \\ \text{nb_RADAR_pulses_per_ACT} &= 1, 10 \end{aligned}$$

Les Fig. 1 à 6 représentent FA et DF sous forme de courbes de probabilités, à partir des différentes valeurs choisies sur la liste précitée.

On peut voir que la forme de la courbe DF devient plus raide à mesure que le nombre d'impulsions augmente. Si l'on augmente T_{DFS} d'un certain nombre de dB, la courbe DF se déplace par le même nombre de dB le long de l'axe des x.

Il convient de noter qu'une augmentation du rapport brouillage/bruit de fond se traduira également par un déplacement horizontal vers la droite de la courbe FA.

FIGURE 1

Fonction PDF des niveaux de puissance des impulsions radar et du rapport brouillage/bruit de fond

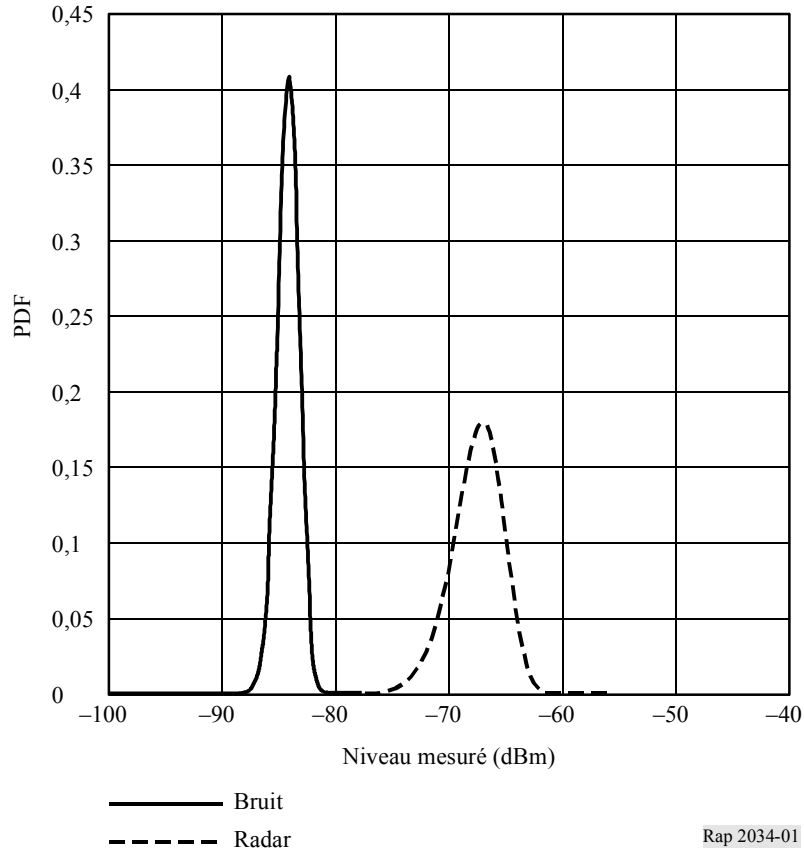


FIGURE 2

Probabilités DF et FA, impulsion radar unique, $T_{DFS} = -67$ dBm

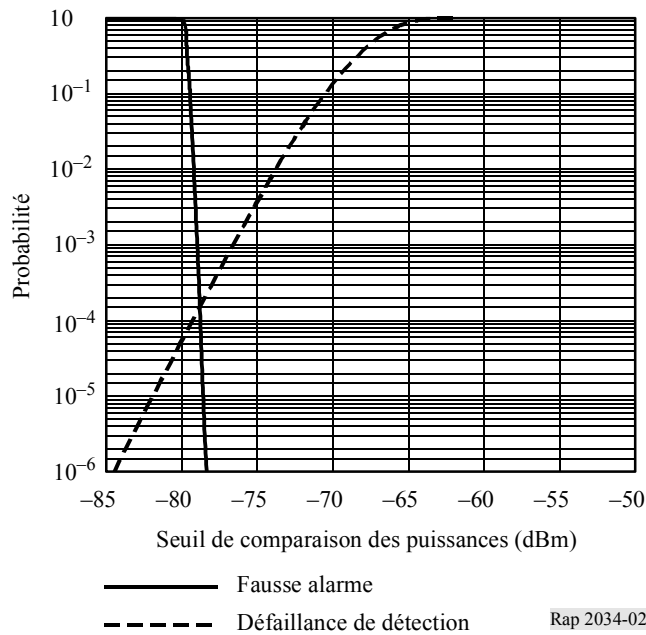


FIGURE 3
 Probabilités DF et FA, 10 impulsions radar,
 $T_{DFS} = -67$ dBm

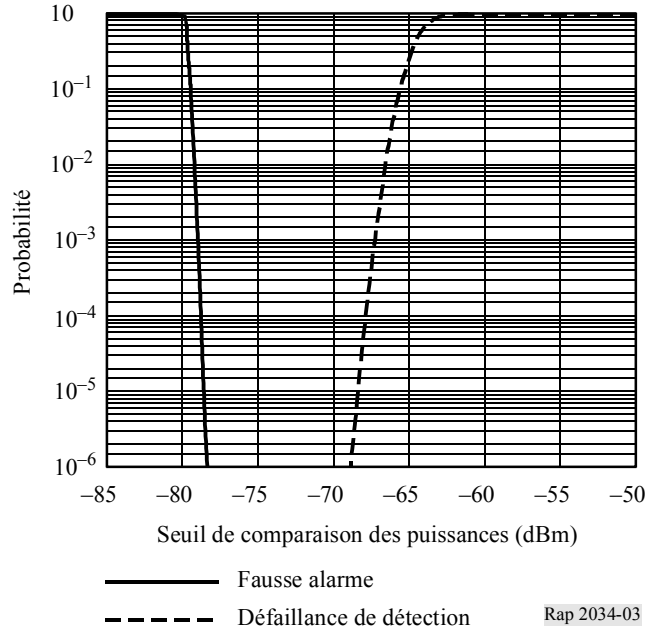


FIGURE 4
 Probabilités DF et FA, impulsion radar unique,
 $T_{DFS} = -64$ dBm

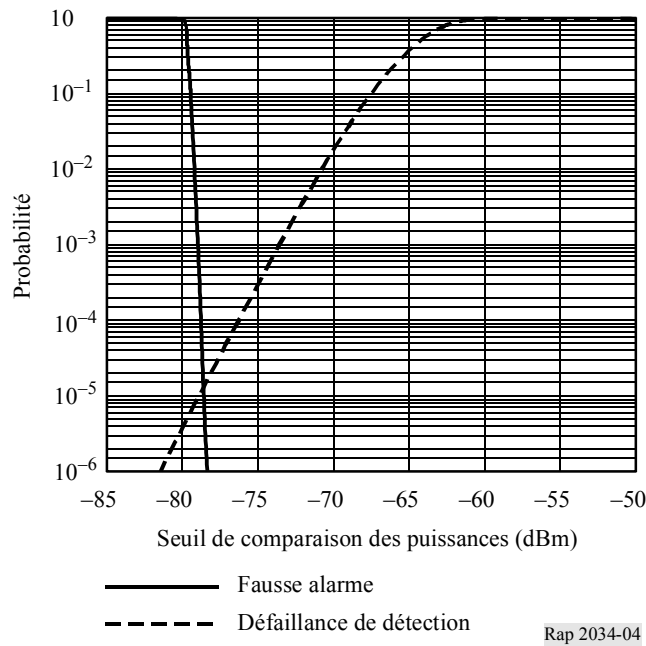


FIGURE 5

Probabilités DF et FA, impulsion radar unique,
 $T_{DFS} = -62$ dBm

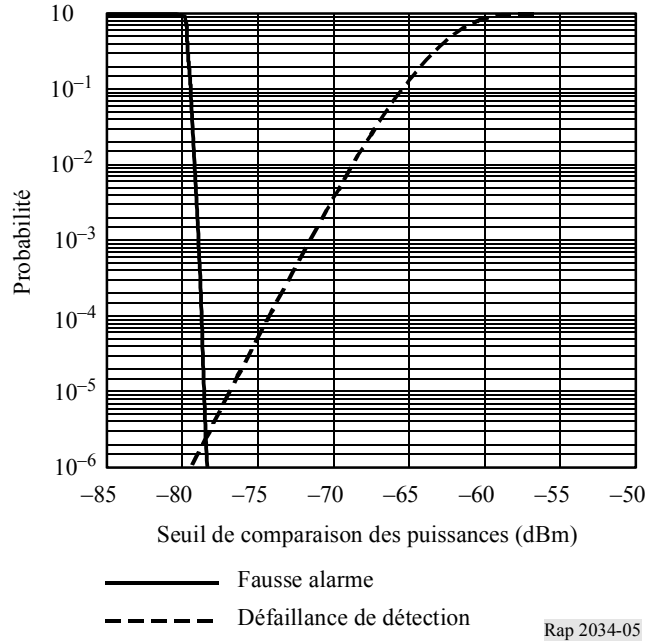
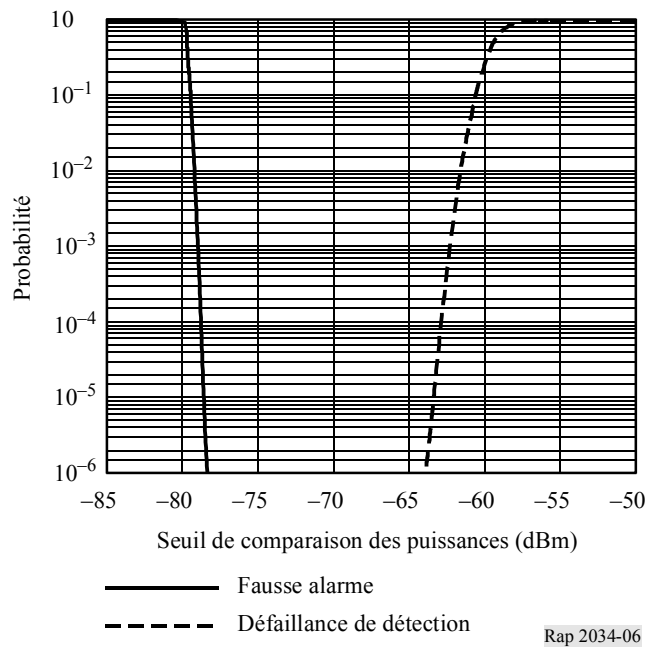


FIGURE 6

Probabilités DF et FA, 10 impulsions radar,
 $T_{DFS} = -62$ dBm



6 Résumé des résultats de la simulation

Taux de fausses alarmes

Le taux des FA dans un récepteur de système WAS avec un rapport brouillage/bruit de fond de -84 dBm est de 1% pour un niveau de détection dans le récepteur (rss_threshold) de -79 dBm (voir la Fig. 2). La courbe s'affaisse très brusquement mais pour assurer un niveau de qualité de service acceptable pendant l'émission du système WAS en exploitation normale, il faut que la probabilité FA soit sensiblement inférieure. Il n'est pas tenu compte des marges de mise en œuvre des circuits de détection et l'on suppose que le plancher de brouillage est égal à la sensibilité la plus élevée du récepteur, ce qui correspond par exemple au brouillage causé par un point d'accès du canal adjacent distant de 30 m.

Détection radar: qualité de fonctionnement

Si une seule impulsion est détectée, lorsque le niveau du signal radar est de -67 dBm, le taux de défaillance de détection DF est de 1% avec un niveau rss_threshold de -74 dBm. (voir la Fig. 2). La marge est donc inférieure à 2 dB seulement pour FA et DF, la valeur de rss_threshold étant choisie entre les deux critères. Dans la pratique, les variations observées dans les conditions de fonctionnement entraîneront facilement un dépassement de cette marge étroite. De plus, la tolérance type spécifiée pour les mesures de l'intensité RSS étant de ± 5 dB selon les normes applicables aux réseaux RLAN à 5 GHz, le coût de la mise en œuvre d'une tolérance plus stricte dans les dispositifs produits sur une large échelle sera prohibitif.

Si plusieurs impulsions radar sont disponibles, la probabilité de détection s'améliore.

Les Fig. 4, 5 et 6 représentent l'effet de l'augmentation du niveau du signal radar devant être détecté pour $T_{\text{DFS}} = -64$ dBm et $T_{\text{DFS}} = -62$ dBm. Sur la Fig. 6 où dix impulsions sont détectées avec $T_{\text{DFS}} = -62$ dBm, on obtient une marge améliorée pour la mise en œuvre.
