Couverture 5G le long des lignes ferroviaires: appel à projets 2024
Annexe II – Zones ciblées et méthodologie sous-jacente

Identification des zones géographiques ciblées par l'intervention envisagée

La détermination de l'éligibilité d'un site au subside repose sur la méthodologie décrite ci-dessous. Un site éligible est défini comme un site GSM-R non partagé avec les opérateurs, qui se situe sur une ligne exempte d'obligation de couverture spécifique et qui n'est pas couvert par un signal 4G suffisant pour offrir une connectivité suffisante à bord des trains.

Critères cumulatifs d'éligibilité

1) Le premier critère est que seuls les sites équipés d'infrastructures de communication spécifiques au réseau ferroviaire et où aucun opérateur de réseau mobile n'a actuellement placé d'antenne (« sites GSM-R ») sont éligibles.

2) Le deuxième critère est que les sites ne soient pas situés sur une ligne visée par une obligation de couverture spécifique. Cela exclut les sites sur les lignes répertoriées dans l'arrêté royal du 28 novembre 2021 concernant l'accès radioélectrique dans la bande de fréquences 700 MHz (art. 12).

3) Le troisième critère est que la puissance du signal 4G soit inférieure à -70 dBm sur la base d'une mesure du signal effectuée à l'extérieur, à proximité du site. Ce seuil de -70 dBm à l'extérieur est estimé nécessaire pour assurer une connectivité suffisante à l'intérieur des trains (cf. ci-dessous).

Fixation du seuil de puissance de signal

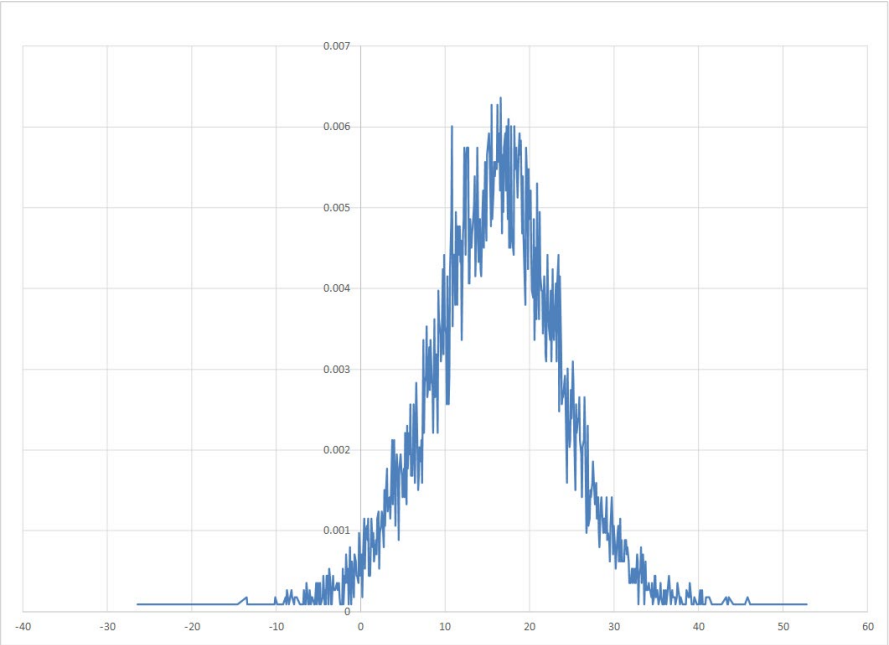
La qualité de la connexion mobile à bord d'un train est influencée par divers facteurs. Trois principales sources de perte de signal sont identifiées : la perte de pénétration du véhicule, la perte due au corps de l'utilisateur et la perte causée par l'affluence de passagers.

D'autres éléments impactent également la qualité de la connexion dans un environnement en mouvement. Il peut s'agir de la vitesse du train, de la présence de tunnels, de bâtiments proches et d'autres obstacles physiques. Le passage entre différentes stations de base est également une préoccupation majeure, car elle peut entraîner des interruptions de connexion.

Afin d'estimer l'ampleur de la perte de signal, l'IBPT a comparé les valeurs de signal telles que calculées (et corrigées) dans l'atlas mobile (https://www.bipt-data.be/en/projects/atlas/mobile) avec celles mesurées à bord des trains (https://www.bipt-data.be/en/projects/user-experience).

Pour analyser la distribution des différences de champs à l'extérieur et à l'intérieur des trains, l'IBPT a agrégé les mesures prises dans les trains dans 11.316 grilles de 100 m x 100 m et a calculé les différences de signal[1]. L'histogramme de ces différences par grille est représenté ci-dessous.

[1] Pour chaque grille de 100 m x 100 m, l'IBPT a repris la valeur moyenne du signal de la meilleure bande (bande de base) 4G. Ensuite, il a calculé une différence entre la valeur du champ de la carte de couverture mobile (atlas) et celle de la carte de couverture mobile mesurée dans les trains.



La moyenne des différences de signal par grille est de 16 dB, avec un écart-type de 8 dB. La comparaison des mesures calculées des niveaux de signal avec les niveaux de signal mesurés peut avoir des limites, mais elle donne une première indication de l'ampleur de l'atténuation.

Les cartes de couverture atlas de l'IBPT utilisent un seuil de signal de -85 dBm pour refléter un niveau de signal jugé très bon à l'extérieur. En prenant en compte l'atténuation estimée, nous obtenons un seuil de signal extérieur de -85 dBm + 16 dBm = -69 dBm.

De plus, dans le document suivant https://www.comreg.ie/media/2021/11/ComReg-21118a.pdf (tableau 6.1), les niveaux de signal suivants sont proposés : Très bon = puissance du signal élevée (avec des vitesses de données maximales) :

≥ -82.8 dBm en dessous de 1 GHz
≥ -91,7 dBm pour 1,8 et 2,1 GHz

En considérant la moyenne de ces deux valeurs, qui est d'environ -87 dBm, nous obtenons un signal de -87 dBm + 16 dBm = -71 dBm à l'extérieur, comme signal minimum nécessaire pour avoir une connectivité suffisante à l'intérieur des trains.

Come tenu de ces deux valeurs de seuil (-69 dBm et -71 dBm), l'IBPT a opté pour un seuil (moyen) de -70 dBm comme seuil minimum pour avoir une bonne connectivité (voix et data) à l'intérieur des trains.

Nous estimons que pour avoir un signal d'une puissance d'environ -86 dBm à l'intérieur des trains, compte tenu de la valeur estimée de l'atténuation (16 dB), il faut avoir un signal extérieur fixé à -70 dBm. Cela permettra d'avoir un signal permettant d'avoir des vitesses connexion suffisantes à l'intérieur du train[2].

Il est à noter que la valeur de -70 dBm utilisée ici est probablement conservatrice. Par exemple, les mesures effectuées à bord des trains ont été prises à l'aide d'un scanner situé près de la fenêtre. De plus, une étude de 2021 du département du transport britannique suggère que l'atténuation envisagée serait plutôt sous-estimée[3]. Tenant compte d'une multitude de facteurs pertinents (comme le type de rames et de fréquences radio, l'angle d'arrivée des signaux, ainsi que le nombre de passagers et leur localisation dans un train), cette étude a testé la prémisse des MNOs britanniques qui suppose qu'un

[2] Pour une situation optimale en dessous de 1 GHz, nous devrions imposer (-82.8 -16) dBm, soit -66.8 dBm.
[3] Department of Transport, « Mobile Connectivity in rolling stock – radio frequency attenuation characteristics », 2021, disponible ici : Mobile Connectivity in rolling stock – radio frequency attenuation characteristics (publishing.service.gov.uk).

signal en bord de voie d'une puissance de -90 dBm permet aux passagers d'un train d'obtenir une qualité de service raisonnable pour naviguer sur le web (« Basic data »). La conclusion est, en substance, que ce seuil de puissance n'est pas suffisant pour faire face à la large gamme d'atténuation de signal que les passagers sont amenés à rencontrer durant leurs trajets. Comme le montre la figure ci-dessous, cette gamme va d'une perte de puissance de 5 dB à plus de 100 dB. Dans de nombreux cas, un passager se situera dans une situation où le niveau de connectivité atteint avec une puissance de -90 dBm sera insuffisant pour naviguer sur le web (« Basic data »), et donc a fortiori pour des usages multimédias (« Enhanced data »).

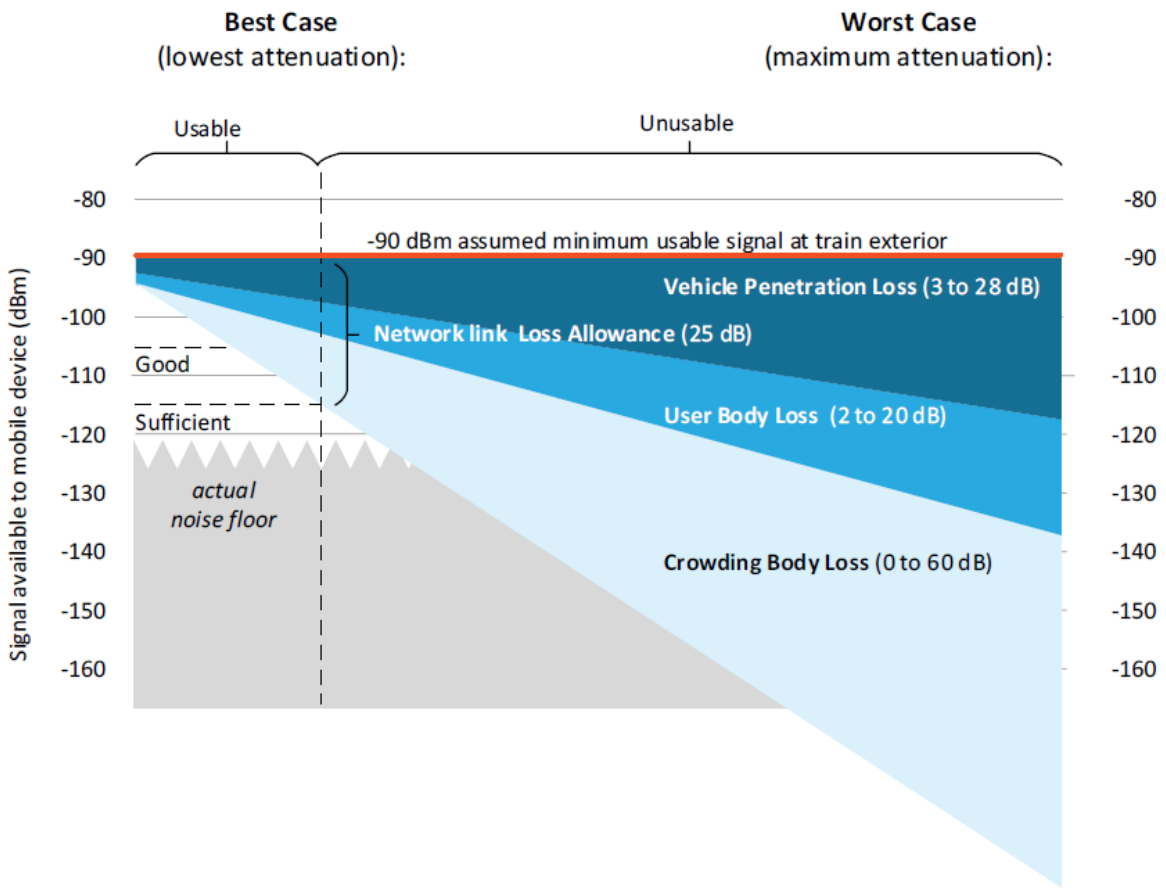


Figure 17 How wide range of train signal attenuation affects direct mobile connectivity

Identification des sites

Chaque site éligible est identifié individuellement au moyen de ses coordonnées géographiques (latitude et longitude). Cette méthode permet de localiser très précisément chaque pylône sur une carte. Cette méthode est particulièrement adaptée aux lignes ferroviaires car elle permet de cartographier avec précision les pylônes par rapport aux lignes ferroviaires, aux gares et aux autres éléments de l'infrastructure ferroviaire.

Des cartes de couvertures de 100 m x 100 m ne permettent pas d'évaluer avec une précision suffisante la couverture le long des lignes de chemin de fer. Une grille de 100 m x 100 m peut en effet être déclarée en moyenne non couverte alors que la ligne l'est et inversement. Dans cette approche par pixel, un site doit être situé à l'intérieur d'un pixel pour être pris en compte, ce qui peut entraîner des imprécisions, en particulier dans les zones densément peuplées avec des pylônes ou à proximité des limites d'un pixel.

L'IBPT dispose de données collectées à l'intérieur des trains, ce qui est pertinent pour vérifier la couverture dans le cas présent. Cependant, ces données sont actuellement limitées aux lignes principales, qui sont exclues du scope de l'exercice (car avec une obligation de couverture).

De son côté, Infrabel effectue des mesures de la force du signal mobile 4G le long des voies de chemin de fer (à l'extérieur des trains). Son objectif est d'effectuer des mesures sur au moins 95% des voies, au moins une fois par semaine.

Ce sont ces données qui sont utilisées pour déterminer la puissance du signal au pied des sites. Les mesures utilisées prennent en compte les réseaux 4G des trois opérateurs de réseau mobile. Chaque point de mesure utilisé est le résultat de la moyenne mobile des 25 derniers points mesurés.

Les sites GMS-R situés sur des lignes ferroviaires sans obligation de couverture et où le signal est inférieur au seuil de -70 dBm sont considérés comme éligibles aux subsides pour l'amélioration de la couverture mobile.

Cette approche de mesure fait en sorte que les sites éligibles sont identifiés de manière précise et que les améliorations sont uniquement ciblées là où elles sont le plus nécessaires.

Cartographie

Le règlement de la Commission européenne (UE) n° 651/2014 du 17 juin 2014 stipule que la méthodologie de cartographie pour les aides en faveur des réseaux mobiles doit être basée sur l'utilisation de grilles de 100 x 100 mètres maximum [4].

Dans le cas de la couverture des lignes ferroviaires en réseaux mobiles, il est fait remarquer que les grilles de 100 x 100 mètres ne sont pas les plus adaptées pour vérifier la présence de trous dans la couverture.

En effet, la présence d'un signal (moyen) dans une grille de 100 x 100 mètres n'implique pas de facto qu'une ligne de chemin de fer traversant la grille soit bel et bien entièrement couverte. Il est dès lors décidé d'utiliser une approche plus précise.

Le but est de ne sélectionner que les sites GSM-R qui ne disposent actuellement pas d'une couverture jugée suffisante pour permettre aux navetteurs de bénéficier d'une couverture à l'intérieur des trains. La cartographie des sites identifiés comme éligibles est reprise ci-dessous.

[4] Cette exigence vise à garantir une représentation précise des zones géographiques cibles pour l'intervention publique.

Cette cartographie est accessible en annexe (voir sites_70dBm.html).

La cartographie des réseaux fixes et mobiles en Belgique est en outre accessible sur le site https://www.bipt-data.be/fr.