

Antennes adaptatives

Complément du 23 février 2021 à la recommandation d'exécution de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) concernant les stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil (WLL), OFEFP, 2002



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Antennes adaptatives

Complément du 23 février 2021 à la recommandation d'exécution de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) concernant les stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil (WLL), OFEFP, 2002

Impressum

Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et la communication (DETEC).

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2021 : Antennes adaptatives. Complément du 23 février 2021 à la recommandation d'exécution de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) concernant les stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil (WLL), OFEFP, 2002. Office fédéral de l'environnement, Berne.
L'environnement pratique n 2107 : 16 p.

Mise en page

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

Les petites antennes au milieu du mât sont des antennes adaptatives.

© OFEV

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uv-2107-f

Il n'est pas possible de commander une version imprimée

La présente publication est également disponible en allemand et italien. La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2021

Table des matières

<u>1 Contexte</u>	5
<u>2 But et champ d'application</u>	6
<u>3 Antennes adaptatives</u>	7
3.1 Définition des antennes adaptatives	7
3.2 Mode d'exploitation déterminant des antennes adaptatives	7
3.3 Déclaration et évaluation des antennes adaptatives dans la fiche de données spécifique au site	8
3.3.1 Désignation des antennes adaptatives	9
3.3.2 Facteur de correction pour les antennes adaptatives	9
3.3.3 Puissance d'émission (ERP)	10
3.3.4 Limitation de puissance automatique des antennes adaptatives	10
3.3.5 Diagrammes d'antenne pour les antennes adaptatives	11
3.4 Respect de la valeur limite d'immission	12
3.5 Respect de la valeur limite de l'installation	12
<u>4 Système d'assurance de la qualité</u>	13
<u>5 Mesures de réception</u>	14
<u>Annexe 1 : Exemple de fiche complémentaire 2 de la fiche de données spécifique au site</u>	15

1 Contexte

Les antennes de téléphonie mobile utilisées actuellement en Suisse se caractérisent par le fait qu'elles ont une direction de propagation constante ou adaptable, en cas de besoin, uniquement dans certaines gammes au moyen d'une intervention manuelle ou téléguidée.

Début 2019, la Confédération a libéré de nouvelles fréquences dans les bandes des 700 MHz, 1400 MHz et 3500 MHz à 3800 MHz (= 3,5 à 3,8 GHz) pour la téléphonie mobile. Dans la bande de fréquences des 3,5 à 3,8 GHz notamment, depuis peu et à l'avenir, des antennes ou systèmes d'antennes dits adaptatifs sont utilisés, dont la direction d'émission et/ou le diagramme d'antenne peuvent être adaptés automatiquement selon une périodicité rapprochée sans modifier la direction de montage (« beamforming »). Le rayonnement doit alors être transmis en priorité dans les directions où il est sollicité par les terminaux. Les directions vers lesquelles aucun terminal ne sollicite de données sont généralement moins irradiées.

Pour l'évaluation des installations de téléphonie mobile, on avait jusqu'ici recours à une méthode rigide qui envisage l'application du scénario du pire, qui ne tenait pas compte des caractéristiques émettrices spécifiques des antennes adaptatives. De ce fait, le Conseil fédéral a adopté le 17 avril 2019 une modification de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) qui règle l'évaluation des antennes adaptatives. Conformément à l'annexe 1, ch. 63, de l'ORNI révisée, le mode d'exploitation déterminant pour les antennes adaptatives correspond également au mode d'exploitation dans lequel un maximum de conversations et de données est transféré, l'émetteur étant au maximum de sa puissance. En raison des propriétés spécifiques des antennes adaptatives, la variabilité des directions d'émission et des diagrammes d'antenne doit également être prise en considération.

2 But et champ d'application

Le présent complément à la recommandation d'exécution de l'ORNI concernant les stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil (WLL), publiée en 2002 par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP, devenu l'Office fédéral de l'environnement [OFEV]), fournit, ainsi que tous les compléments précédents, des recommandations sur la manière de vérifier par calcul que les antennes adaptatives sont conformes à l'ORNI. Il s'applique aux installations de téléphonie mobile avec antennes exploitées en mode adaptatif qui émettent à des fréquences jusqu'à 6 GHz.

Le complément contient des recommandations sur le moment à partir duquel les antennes de téléphonie mobile doivent être considérées comme adaptatives au sens de l'annexe 1, ch. 62, al. 2, ORNI et sur la façon dont la variabilité des directions d'émission et des diagrammes d'antenne doit être prise en considération conformément à l'annexe 1, ch. 63, ORNI. Il définit comment les paramètres techniques des antennes adaptatives doivent être déclarés dans la fiche de données spécifique au site et comment leur contribution à l'intensité du champ électrique de l'installation de téléphonie mobile doit être calculée. Il indique en outre comment les antennes adaptatives doivent être contrôlées dans les systèmes d'assurance de la qualité utilisés par les opérateurs.

Réglementation transitoire

Déjà avant la publication du présent complément, des antennes adaptatives ont été autorisées sur la base du scénario du pire. L'adaptation de l'exploitation des antennes au présent complément n'est pas considérée comme une modification au sens de l'annexe 1, ch. 62, al. 5, ORNI si la puissance d'émission autorisée ERP ne change pas compte tenu du facteur de correction. Selon l'art. 11, al. 2, let. b, ORNI, le mode d'exploitation déterminant doit être indiqué dans la fiche de données spécifique au site. Avec la publication du présent complément, le mode d'exploitation déterminant est complété par deux paramètres (point 3.3.1). Une fiche de données spécifique au site actualisée doit donc être remise aux autorités.

3 Antennes adaptatives

3.1 Définition des antennes adaptatives

L'ORNI définit les antennes adaptatives comme suit :

Annexe 1, ch. 62, al. 6, ORNI

⁶ Par antennes adaptatives, on entend les antennes émettrices dont la direction d'émission ou le diagramme d'antenne est adapté automatiquement selon une périodicité rapprochée.

Il existe plusieurs désignations indiquant comment exploiter les antennes adaptatives et leurs définitions ne sont pas toujours claires (beamforming, beam switching, beam steering, beam hopping, MIMO¹ [massif], etc.).

Par antennes adaptatives au sens de l'ORNI, il faut entendre des antennes émettrices ou des systèmes d'antennes qui adaptent leur direction d'émission et/ou leur diagramme d'antenne automatiquement, au moyen d'algorithmes, à intervalles rapprochés (de quelques millisecondes à quelques secondes) sans modification de la direction de montage. Cette adaptation peut intervenir en direction verticale et horizontale.

Les antennes conventionnelles ou les systèmes d'antennes conventionnelles en mode adaptatif sont aussi considérés comme des antennes adaptatives. Les antennes adaptatives peuvent également faire partie d'une antenne combinée qui se compose d'antennes non adaptatives et adaptatives à l'intérieur d'un boîtier (radome).

Les antennes adaptatives peuvent aussi être exploitées en mode non adaptatif, soit comme des antennes dont le diagramme de rayonnement demeure constant. Dans ce cas, elles ne sont pas considérées comme des antennes adaptatives.

Ne sont pas considérées non plus comme des antennes adaptatives les antennes dont la direction d'émission peut être modifiée individuellement, manuellement ou par une commande à distance (p. ex. modification de l'angle d'inclinaison électrique des antennes de secteur conventionnelles).

Le terme « antennes adaptatives » désigne ci-dessous toujours les *antennes qui fonctionnent de manière adaptative au sens de l'ORNI*.

3.2 Mode d'exploitation déterminant des antennes adaptatives

L'ORNI définit le mode d'exploitation déterminant pour les antennes adaptatives comme suit :

Annexe 1, ch. 63, ORNI

Par mode d'exploitation déterminant, on entend le mode d'exploitation dans lequel un maximum de conversations et de données est transféré, l'émetteur étant au maximum de sa puissance ; s'agissant des antennes adaptatives, la variabilité des directions d'émission et des diagrammes d'antenne est prise en considération.

¹ Multiple Input Multiple Output

Selon l'annexe 1, ch. 63, ORNI, la variabilité des directions d'émission et des diagrammes d'antenne est prise en considération dans la définition du mode d'exploitation déterminant d'une antenne adaptative. Concrètement, il faut également tenir compte du fait que les antennes adaptatives ne peuvent pas émettre en même temps à la puissance d'émission maximale possible dans toutes les directions, ce qui correspondrait au scénario du pire. Dans la réalité, la puissance d'émission est répartie pour les signaux qui sont émis dans différentes directions. Cette réalité doit être prise en considération dans le calcul du mode d'exploitation des antennes adaptatives comme suit :

- Le calcul se base sur des « diagrammes d'antenne enveloppants » (point 3.3.5), qui prennent en considération le gain d'antenne maximal possible pour chaque direction d'émission.
- Un facteur de correction K_{AA} (point 3.3.2) peut être appliqué à la puissance d'émission maximale $ERP_{max, n}$ de l'antenne adaptative n (correspond à la puissance d'entrée totale de l'antenne adaptative multipliée par le gain d'antenne maximal)².
- Le facteur de correction K_{AA} dépend du nombre de sous-ensembles d'antennes commandées séparément (sub arrays) (voir tableau 1).
- Cette puissance d'émission corrigée correspond à la puissance d'émission autorisée ERP_n et figure dans la fiche de données spécifique au site.
- Pour pouvoir appliquer le facteur de correction, il faut que les antennes adaptatives soient munies d'une limitation de puissance automatique qui garantit que la puissance d'émission moyenne sur une période de 6 minutes ne dépasse pas la puissance d'émission autorisée ERP_n .

3.3 Déclaration et évaluation des antennes adaptatives dans la fiche de données spécifique au site

Pour les installations de téléphonie mobile avec des antennes adaptatives, le calcul de l'intensité de champ électrique dans les lieux à utilisation sensible (LUS) dans la fiche de données spécifique au site est effectué comme décrit dans la recommandation d'exécution avec tous les compléments.

Les antennes adaptatives peuvent former une installation avec des antennes non adaptatives. La définition de l'installation selon l'annexe 1, ch. 62, ORNI s'applique.

Chaque antenne d'une installation doit être indiquée et décrite dans la fiche de données spécifique au site dans une colonne séparée. La détermination de la puissance cumulée des antennes adaptatives et non adaptatives dans le même boîtier d'antenne n'est pas autorisée, car le mode d'exploitation déterminant utilisé pour leur évaluation n'est pas le même.

Il doit être indiqué dans la fiche complémentaire 2 de la fiche de données spécifique au site si une antenne fonctionne en mode adaptatif ou non. Un exemple de fiche complémentaire 2 adaptée se trouve à l'annexe 1.

² La puissance d'émission maximum $ERP_{max, n}$ est répartie sur les éléments d'antenne ou sous-réseau de l'antenne n .

3.3.1 Désignation des antennes adaptatives

Les antennes adaptatives sont déclarées dans la fiche complémentaire 2 comme suit :

- Un nouveau champ « Mode adaptatif » est ajouté sous le champ « Type de l'antenne » ; il faut indiquer « oui » ou « non » sous ce nouveau champ.
- Le nombre de sub arrays doit être indiqué dans un autre champ. Les sub arrays avec plusieurs polarisations, par exemple dipôles à polarisation croisée, ne sont comptés qu'une seule fois.

Si des antennes adaptatives sont placées dans un même boîtier que des antennes non adaptatives (radome), elles doivent être indiquées et calculées séparément dans la fiche de données spécifique au site. Le bord inférieur de tout le boîtier est considéré comme bord inférieur, même sur les modèles où les deux boîtiers sont vissés l'un à l'autre.

3.3.2 Facteur de correction pour les antennes adaptatives

Le facteur de correction K_{AA} pour les antennes adaptatives avec une limitation de puissance automatique active (point 3.3.4) dépend du nombre de sous-ensembles d'antennes commandées séparément (sub arrays). Le facteur de correction K_{AA} est appliqué à la puissance d'émission maximale $ERP_{max, n}$. Concernant les facteurs de correction figurant dans le tableau 1, il s'agit toujours de la correction maximale autorisée pour le nombre de sub arrays correspondant. Plus la correction est grande, plus la valeur numérique pour le facteur est petite. Les valeurs indiquées dans le tableau correspondent donc à la limite inférieure pour la valeur numérique du facteur de correction.

Tableau 1 :

Facteur de correction K_{AA}

Nombre de sub arrays	Facteur de correction K_{AA}	Facteur de correction en dB
64 et plus	$\geq 0,10$	≥ -10 dB
32 à 63	$\geq 0,13$	≥ -9 dB
16 à 31	$\geq 0,20$	≥ -7 dB
8 à 15	$\geq 0,40$	≥ -4 dB
1 à 7	1	0 dB

Le facteur de correction des antennes adaptatives doit être enregistré dans le système d'assurance de la qualité (point 4). Il ne peut être appliqué que si le système d'assurance de la qualité et la limitation de puissance automatique ont été vérifiés par un service de contrôle externe indépendant³.

³ L'assurance de qualité aux fins de respecter les valeurs limites de l'ORNI en ce qui concerne les stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil, OFEV ; 16 janvier 2006.

Pour les antennes adaptatives exploitées sans limitation de puissance automatique active ainsi que pour les antennes non adaptatives, le facteur de correction ne peut pas être appliqué. Dans ce cas, le facteur de correction est de 1 (ou de 0 dB).

3.3.3 Puissance d'émission (ERP)

La puissance d'émission apparente (ERP) par antenne (en Watt) est indiquée pour les antennes adaptatives. Elle correspond à la puissance d'émission maximale multipliée par le facteur de correction (point 3.3.2).

La puissance d'émission déterminante ERP_n de l'antenne adaptative est donc :

$$ERP_n = K_{AA} \times ERP_{max,n}$$

K_{AA} correspondant au facteur de correction et $ERP_{max,n}$ à la puissance d'émission maximale ERP obtenue en considérant le gain d'antenne maximal.

L'annexe 1, ch. 64, ORNI définit la valeur limite de l'installation pour la valeur efficace de l'intensité de champ électrique. Cela signifie que la valeur moyenne quadratique de l'intensité de champ – ou la valeur moyenne de la puissance d'émission sous-jacente – doit être formée sur un certain intervalle de temps.

Concrètement, cela signifie, pour l'exploitation en mode TDD (Time Division Duplex), que le rapport de la durée en liaison descendante dans un certain intervalle de temps doit être pris en considération lors de la détermination de la puissance d'émission (ERP) ERP_n ⁴.

Le rapport cyclique (duty cycle) pour une exploitation en mode TDD ne figure pas dans la fiche de données spécifique au site. Il doit néanmoins être indiqué dans le système d'assurance de la qualité pour vérifier correctement le trajet de puissance lors du contrôle de la puissance d'émission.

3.3.4 Limitation de puissance automatique des antennes adaptatives

La limitation de puissance automatique détecte en permanence la puissance totale émise d'une antenne adaptative. Lorsque de brèves puissances de crête plus élevées que la puissance d'émission ERP_n déclarée dans la fiche de données spécifique au site apparaissent, la puissance (et donc les capacités disponibles) est réduite de sorte que la puissance d'émission moyenne sur une durée de 6 minutes ne dépasse pas la puissance d'émission déclarée.

Le fonctionnement de la limitation de puissance automatique est garanti dans le système d'assurance de la qualité. Elle doit également être vérifiée par un service de contrôle externe indépendant. Une accréditation du service de contrôle est souhaitée pour la conduite d'un audit. Les rapports d'audit sont remis aux autorités compétentes.

⁴ P. ex., le rapport cyclique (duty cycle) pour l'exploitation en mode TDD avec 4 unités de temps en liaison descendante et une unité de temps en liaison ascendante est de 0,8 respectivement env. -1 dB.

Les défaillances de la limitation de puissance automatique doivent être rapportées, de même que les dépassements de la valeur moyenne de la puissance d'émission établie sur 6 minutes au-dessus de la puissance d'émission ERP_n déclarée.

Le fonctionnement et la solution logicielle de la limitation de puissance automatique doivent être transparents et vérifiables par les autorités.

Comme auparavant, les messages d'erreur des systèmes d'assurance de la qualité sont annoncés aux autorités.

3.3.5 Diagrammes d'antenne pour les antennes adaptatives

Pour les antennes adaptatives, des diagrammes d'antenne qui prennent en considération pour chaque direction d'émission le gain d'antenne maximal possible et qui enveloppent tous les diagrammes individuels pour les directions d'émission prévues (« diagrammes d'antenne enveloppants ») sont joints à la fiche de données spécifique au site. Ces diagrammes enveloppants sont aussi remis sous forme électronique aux autorités. Si les autorités le souhaitent, les diagrammes individuels sous-jacents au diagramme enveloppant doivent aussi être fournis.

Les diagrammes d'antenne enveloppants doivent contenir tous les scénarios ou constellations pour lesquels l'antenne adaptative est prévue. Si, ultérieurement, l'antenne adaptative est utilisée dans une constellation qui n'est pas couverte par le diagramme d'antenne enveloppant, par exemple en raison de l'utilisation d'un nouveau logiciel, une fiche de données spécifique au site actualisée comprenant le diagramme d'antenne enveloppant adapté doit être remise aux autorités.

Les diagrammes d'antenne enveloppants peuvent tenir compte du fait que les canaux de trafic pour des angles qui s'écartent fortement de la direction principale de propagation présentent un plus petit gain. Autrement dit, il ne s'agit pas simplement de générer une enveloppe autour de tous les diagrammes individuels des faisceaux de trafic – qui sont chaque fois normalisés à 0 dB –, mais de prendre aussi en considération le gain d'antenne du diagramme pour chaque direction.

Les diagrammes d'antenne enveloppants des antennes adaptatives n'ont souvent pas de maximum unique ou de direction unique d'émission principale. Souvent, l'atténuation directionnelle s'élève à 0 dB dans une certaine zone angulaire. La détermination de la « position angulaire (horizontale ou verticale) du LUS par rapport à la direction émettrice critique » n'est pas toujours évidente. Pour y remédier, les diagrammes d'antenne enveloppants doivent être établis de sorte que l'azimut 0° et l'élévation 0° correspondent toujours à la perpendiculaire sur le panneau d'antennes.

Il convient d'indiquer clairement aux autorités quels diagrammes individuels ont été utilisés pour générer le diagramme d'antenne enveloppant⁵.

Dans le système d'assurance de la qualité, il y a lieu de garantir que la constellation utilisée est conforme au diagramme d'antenne enveloppant.

⁵ P. ex, sous forme de liste dans l'en-tête du fichier contenant le diagramme d'antenne enveloppant.

Les diagrammes des canaux physiques de diffusion (PBCH, Physical Broadcast Channels) sont aussi à mettre à disposition pour les mesures de réception. Ils sont nécessaires pour déterminer la valeur d'appréciation (extrapolation au mode d'exploitation déterminant).

3.4 Respect de la valeur limite d'immission

Comme auparavant, la preuve par calcul du respect de la valeur limite d'immission au sens de l'annexe 2 ORNI dans un lieu de séjour momentané est fournie dans la fiche complémentaire 3a de la fiche de données spécifique au site. À cette fin, on a recours à la puissance d'émission telle qu'elle est déclarée dans la fiche complémentaire 2. Comme la limitation de puissance automatique pour les antennes adaptatives garantit que la puissance d'émission autorisée est toujours respectée sur une durée moyenne de 6 minutes, la valeur d'intensité de champ calculée avec cette puissance d'émission est toujours respectée sur 6 minutes en moyenne. Selon l'annexe 2, ch. 11, ORNI, la valeur limite d'immission s'applique à la valeur effective moyenne sur une durée de 6 minutes de l'intensité de champ électrique.

3.5 Respect de la valeur limite de l'installation

La preuve par calcul du respect de la valeur limite de l'installation selon l'annexe 1, ch. 64, ORNI dans un LUS est fournie comme auparavant au moyen de la fiche complémentaire 4a de la fiche de données spécifique au site (ou aussi au moyen de la fiche complémentaire 4b après une mesure de réception). La puissance d'émission est déclarée de la même façon que dans la fiche complémentaire 2.

Comme les diagrammes d'antenne enveloppants des antennes adaptatives n'ont souvent pas un maximum marqué par comparaison aux antennes de secteur conventionnelles (c.-à-d. atténuation directionnelle de 0 dB sur une plus grande zone angulaire), il se peut que davantage de LUS doivent être examinés que pour les antennes conventionnelles. Pour trouver les LUS qui sont plus exposés, il peut être utile, dans un souci de transparence, de joindre une carte d'intensité de champ.

4 Système d'assurance de la qualité

Comme mentionné ci-dessus, les systèmes d'assurance de la qualité pour les antennes adaptatives recommandés dans la circulaire « L'assurance de qualité aux fins de respecter les valeurs limites de l'ORNI en ce qui concerne les stations de base pour téléphonie mobile et raccordements sans fil », publiée par l'OFEV en 2006, doivent être documentés et vérifiés au moyen de paramètres supplémentaires qui ont une influence sur la puissance d'émission et la diffusion :

- Statut : vérifier si l'antenne est utilisée en mode adaptatif
- Facteur de correction K_{AA}
- Indication du mode d'exploitation (diagramme d'antenne défini ou « Coverage Szenario »); le mode d'exploitation correspond-il au diagramme enveloppant ? (L'antenne est-elle exploitée de sorte que tous les diagrammes d'antenne possibles se situent à l'intérieur du diagramme d'antenne enveloppant ?)
- Contrôler si la limitation de puissance automatique est activée.
- Intervalle de temps durant lequel la moyenne de la puissance d'émission est calculée (6 minutes).
- Indication du rapport cyclique (duty cycle) lorsque l'antenne est en mode d'exploitation TDD.

Les dépassements constatés par rapport aux valeurs autorisées doivent être supprimés dans un délai de 24 heures. Les protocoles d'erreurs doivent être transmis automatiquement tous les deux mois à l'autorité d'exécution et conservés pendant au moins 12 mois. Toutes les données ci-dessus doivent être mises sans réserve à disposition des autorités, sous une forme compréhensible.

5 Mesures de réception

Conformément à la recommandation d'exécution, il convient en général de procéder à une mesure de réception de RNI après mise en service de l'installation si, selon le calcul de la prévision, le rayonnement subi en un LUS donné atteint 80 % de la valeur limite de l'installation. Dans des cas fondés, l'autorité peut également fixer un seuil plus bas ou renoncer à la mesure si l'intensité de champ s'élève à 80 % de la valeur limite de l'installation.

Dans la pratique, une mesure de réception a souvent été ordonnée pour tous les LUS pour lesquels la valeur limite de l'installation était supérieure à 80 % ou plus. En cas d'utilisation d'antennes adaptatives, il peut y avoir, en raison de diagrammes d'antenne enveloppants plus larges, potentiellement plus de LUS dont la charge atteint cette valeur. Compte tenu des raisons techniques et de son expérience, l'autorité peut faire une sélection des LUS à mesurer.

L'Institut fédéral de métrologie (METAS) a publié le rapport technique « Méthodes de mesure des stations de base 5G NR jusqu'à 6 GHz » le 18 février 2020. Le rapport indique comment le rayonnement des antennes adaptatives est mesuré et extrapolé à la valeur d'appréciation.

Annexe 1 : Exemple de fiche complémentaire 2 de la fiche de données spécifique au site

Fiche complémentaire 2 : Données techniques des antennes émettrices pour téléphonie mobile et raccordements sans fil de l'installation

Niveau de référence (cote 0):

Numéro d'ordre <i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
N° de l'antenne	1	1	1	2	2			
Gamme de fréquences (en MHz)	1800	2100	2600	3500	3500			
Opérateur de réseau	Entreprise 1							
Type d'antenne	K000001	K000001	K000001	A000002	A000002			
Mode adaptatif	Non	Non	Non	Oui	Oui			
Nombre sub arrays	-	-	-	32	32			
Niveau de l'antenne au-dessus du niveau de référence 0 (en m)	15,0	15,0	15,0	20,0	20,0			
ERP_n : Puissance apparente rayonnée (en W)	2000			1200	1200			

Direction principale de propagation

Azimut (en ° / N)	0	0	0	120	240			
Angle d'inclinaison mécanique (down tilt, en ° / horizontale)	-3	-3	-3	0	0			
Angle d'inclinaison électrique (down tilt, en °)	0 ÷ -10	0 ÷ -10	0 ÷ -10	0	0			
Angle d'inclinaison totale (down tilt, en ° / horizontale)	-3 ÷ -13	-3 ÷ -13	-3 ÷ -13	0	0			

Sont déterminantes pour calculer le périmètre susceptible d'opposition les antennes situées dans le **secteur** de ...-45.....° à ...45 ° $ERP_{secteur}$: Puissance apparente rayonnée cumulée dans ce secteur :2000.....W V_{LInst} : valeur limite de l'installation :6 V/m

Distance maximale pour pouvoir former opposition :

$$d_{opposition} = \frac{70}{V_{LInst}} \cdot \sqrt{ERP_{secteur}} =$$

À reporter au ch. 6 du formulaire principal