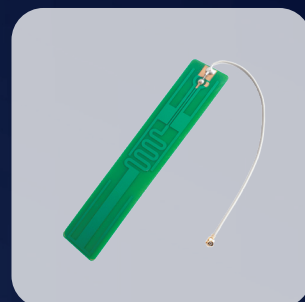




EBDS

WIRELESS & ANTENNAS



Siretta

Enabling Industrial IoT

Siretta Antennas

101 eBook



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Table des matières

	Page		
Introduction	3	Installation d'antenne	37
Public cible	3	GNSS (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou et QZSS)	37
Notions fondamentales et paramètres des antennes	4	Cellulaire (GSM/UMTS/LTE), LoRA, PMR, Sigfox	38
Fréquence et période	5	Appendice A	40
Longueur d'onde	6	Liste des bandes de fréquences par application	40
Impédance, VSWR, perte de retour et puissance réfléchie	7	Information sur le droit d'auteur	43
Efficacité du rayonnement	11	Clause de non-responsabilité	43
Polarisation	12		
Diagramme de rayonnement et gain	15		
Bandes et largeurs de bandes	19		
Champ proche et champ lointain	20		
Checklist pour la sélection d'antennes	21		
Déterminer les fréquences d'utilisation et la puissance d'émission	21		
Déterminer l'emplacement des points terminaux	21		
Déterminer le positionnement des antennes	22		
Déterminer le facteur de forme	22		
Déterminer l'environnement d'installation	23		
Déterminer l'impédance	23		
Déterminer les connecteurs	24		
Déterminer le câble	25		
Comprendre une fiche technique	26		
Page de couverture	27		
Caractéristiques environnementales, électriques et mécaniques	27		
Aspects radiofréquences	29		
Couverture des bandes de fréquences LTE/5G	33		
Diagrammes de rayonnement	34		



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Introduction

Ce guide des paramètres techniques des antennes est conçu comme un document d'accompagnement des fiches techniques décrivant la gamme d'antennes de Siretta. Les antennes couvrent de nombreuses applications, les plus connues et les plus répandues étant la télévision et la radio, la téléphonie mobile, le WiFi et le Bluetooth. Cependant, il en existe bien d'autres, allant de la complexité d'un système de communication par satellite jusqu'à la simplicité d'un ouvre-porte de garage. Les antennes Siretta fonctionnent dans une plage de fréquences allant de 150 MHz à 6 GHz.

Ce guide des paramètres techniques des antennes n'a pas pour objectif d'expliquer comment ou pourquoi une antenne et le système de communication associé fonctionnent, mais uniquement de présenter les aspects techniques essentiels qu'il est nécessaire de comprendre afin de pouvoir sélectionner et utiliser correctement une antenne.

Le document est structuré de manière à supposer que le lecteur ne possède aucune connaissance préalable des antennes au début de sa lecture. Il l'accompagne progressivement à travers le sujet, en construisant les notions de façon cohérente à partir des bases introduites au début du guide des paramètres techniques des antennes.

Ainsi, un lecteur plus expérimenté pourra passer directement les sections qu'il maîtrise déjà, tandis qu'un lecteur peu familier avec les antennes pourra lire l'intégralité du document afin d'acquérir un niveau de compréhension suffisant pour faire des choix techniques éclairés lors de la sélection d'une antenne.

Public visé

Le lecteur de ce guide des paramètres techniques des antennes n'a pas besoin de connaissances préalables sur la finalité ou les principes de fonctionnement des antennes. Une connaissance de base en mathématiques et en physique est toutefois nécessaire pour comprendre les explications fournies, sans qu'il soit indispensable de maîtriser l'ensemble des notions abordées.

L'objectif de ce guide des paramètres techniques des antennes est de former suffisamment le lecteur afin qu'il puisse sélectionner et utiliser une antenne en toute confiance dans son application, sans pour autant se substituer aux ouvrages spécialisés en théorie des antennes.



Notions fondamentales et paramètres des antennes

Une antenne est un transducteur qui convertit une puissance électrique en puissance électromagnétique de radiofréquence, et inversement. Toutes les antennes peuvent fonctionner dans les deux sens de conversion d'énergie, ce qui signifie qu'elles peuvent être utilisées à la fois comme émetteurs et comme récepteurs. Heureusement, la majorité des antennes possèdent une propriété appelée réciprocité. La réciprocité signifie que les caractéristiques d'émission et de réception d'une antenne sont identiques. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser une antenne dédiée à l'émission et une autre à la réception.

En raison de cette réciprocité, cette section de théorie des antennes décrira principalement le fonctionnement d'une antenne en rayonnement (émission) afin de simplifier les explications. Il convient toutefois de garder à l'esprit que les mêmes principes s'appliquent de manière identique dans le sens inverse, lors de la réception.

Les antennes sont utilisées dans les systèmes de communication afin d'éliminer le câblage entre les deux extrémités du système. L'utilisation d'une antenne ne supprime cependant pas totalement les câbles, puisqu'un conducteur est nécessaire pour relier l'antenne à l'équipement auquel elle est associée. Tout ce câblage, ainsi que les connecteurs utilisés, doivent être pris en compte dans le processus de sélection d'une antenne pour une application donnée.

Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique ? Il s'agit d'un champ électrique associé à un champ magnétique (d'où le terme électromagnétique) qui se propage à partir de sa source. Ce champ varie en synchronisation avec le signal électrique appliqué à l'antenne émettrice.

Bien qu'une antenne soit définie comme émettant une puissance électromagnétique de radiofréquence, on parle dans la pratique simplement de radio ou d'ondes radio. Les ondes radio correspondent à la partie du spectre électromagnétique utilisée par l'être humain pour les communications radio. Le spectre électromagnétique est toutefois beaucoup plus vaste et inclut également les micro-ondes, l'infrarouge, la lumière visible, l'ultraviolet, les rayons X et les rayons gamma. Puisque la lumière visible fait partie du spectre électromagnétique, il n'est pas surprenant que les ondes radio se propagent à la vitesse de la lumière.



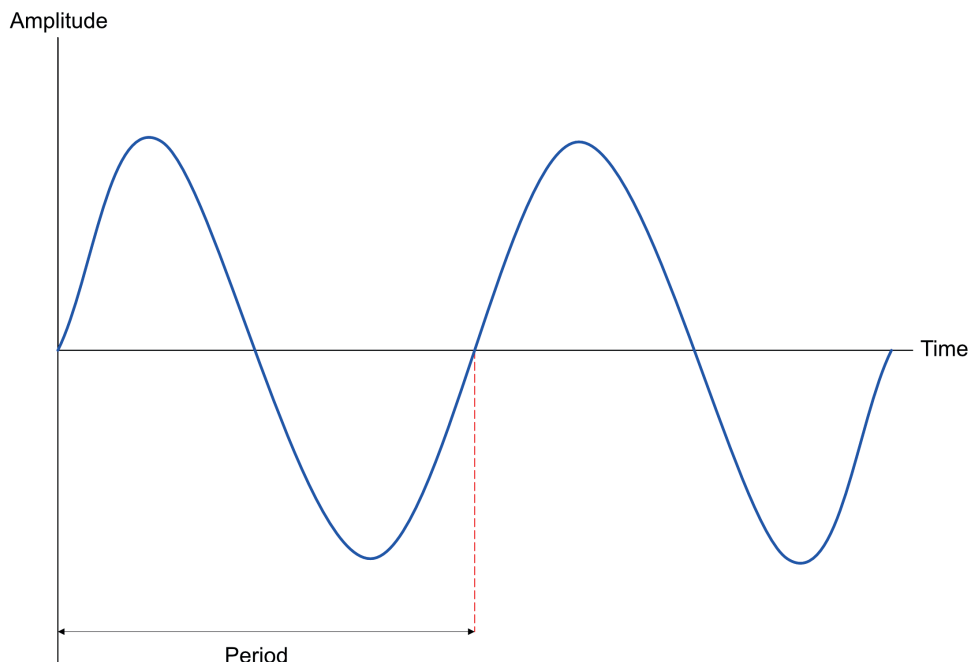
Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Fréquence et période

La spécification la plus fondamentale d'une antenne est sa fréquence de fonctionnement. Celle-ci correspond au taux de répétition des ondes radio que l'antenne est conçue pour émettre. La forme d'onde radio issue d'un système radio est rarement une sinusoïde pure, mais si tel était le cas, elle ressemblerait à l'illustration présentée ci-dessous.

Figure 1. Diagramme de la fréquence et de la période



Le temps, exprimé en secondes, nécessaire pour qu'un signal se répète est appelé la période.

Le nombre de répétitions par seconde est appelé la fréquence, dont l'unité de mesure est le Hertz (Hz).
1 Hz = 1 cycle (ou répétition) par seconde

Ainsi, si la période ou la fréquence d'une onde radio est connue, l'autre grandeur peut être calculée à l'aide des relations suivantes

$$\text{Fréquence (Hz)} = \frac{1}{\text{Période (s)}} \quad \text{ou} \quad \text{Période (s)} = \frac{1}{\text{Fréquence (Hz)}}$$



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Longueur d'onde

La longueur d'onde est analogue à la période. Alors que la période est une mesure temporelle, la longueur d'onde correspond à la distance spatiale parcourue par une période du signal radio, exprimée en mètres. Le symbole SI de la longueur d'onde est la lettre grecque lambda (λ).

Les ondes radio se propagent à la vitesse de la lumière (symbole SI c) = 3.0×10^8 m/s

La longueur d'onde peut donc être définie par les relations suivantes :

$$\text{Longueur d'onde (m)} = \text{Période (s)} * c \text{ (m / s)} \quad \text{ou} \quad \text{Longueur d'onde (m)} = \frac{c \text{ (m / s)}}{\text{Fréquence (Hz)}}$$

La fréquence est l'un des paramètres de fonctionnement les plus fondamentaux d'une antenne. Différentes technologies sans fil utilisent des fréquences différentes ; il est donc essentiel d'utiliser une antenne adaptée à la fréquence de l'application concernée.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Impédance, VSWR, perte de retour et puissance réfléchie

L'impédance est un concept proche de celui de la résistance. L'unité de mesure de la résistance est l'ohm (Ω), défini comme la résistance offerte par un composant lorsqu'une différence de potentiel de 1 volt est appliquée et qu'un courant de 1 ampère le traverse. La résistance est notée R.

L'impédance se distingue de la résistance en ce qu'elle prend également en compte l'énergie stockée dans les champs magnétiques (inductance) et dans les charges électrostatiques (capacité). Ces deux formes de stockage d'énergie sont regroupées sous le terme de réactance et introduisent une composante complexe dans la mesure, due au déphasage entre la tension et le courant. L'impédance est notée Z et s'exprime également en ohms (Ω). Les inductances et les capacités varient en fonction de la fréquence de fonctionnement, ce qui signifie que l'impédance dépend de la fréquence.

En résumé, la résistance est indépendante de la fréquence, et l'impédance est dépendante de la fréquence

Rappelons qu'une antenne est un transducteur convertissant une puissance électrique issue d'un circuit en puissance électromagnétique de radiofréquence. La puissance électrique provient d'un circuit électrique.

Pour maximiser le transfert de puissance, le théorème du transfert de puissance maximale stipule que l'impédance de la charge doit être égale à l'impédance de la source vue depuis ses bornes de sortie. Ce point est essentiel lors de la sélection d'une antenne. Ainsi, le connecteur de l'antenne doit être adapté en impédance au circuit auquel il est raccordé.

De manière moins évidente, l'impédance de l'antenne doit également être adaptée à son autre interface : l'espace libre, dont l'impédance caractéristique est de 377 ohms, afin de maximiser le transfert de puissance entre l'antenne et l'air libre. Cette contrainte relève toutefois du concepteur de l'antenne et non de l'utilisateur final.

Mais pourquoi adapter l'impédance et non la résistance ? Parce qu'une antenne fonctionne à des fréquences spécifiques, et que l'impédance est une grandeur dépendante de la fréquence.

Mais que se passe-t-il si les impédances ne sont pas adaptées ? Dans ce cas, une partie de la puissance est réfléchie vers la source, ce qui engendre une onde stationnaire. Une onde stationnaire résulte de la superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie. Plus le désaccord d'impédance est important, plus la puissance réfléchie est élevée, et plus les performances de l'antenne se dégradent.



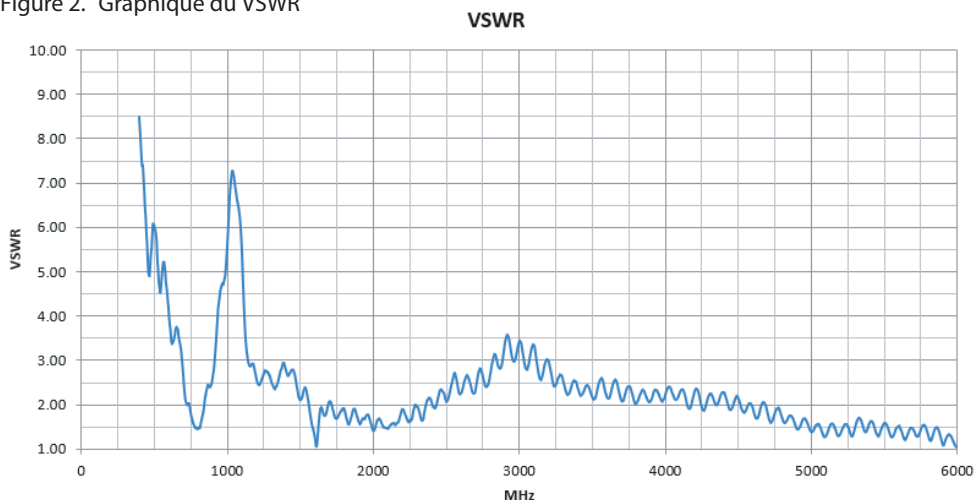
Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Le VSWR (Voltage Standing Wave Ratio, ou taux d'ondes stationnaires en tension) est le terme utilisé pour décrire la qualité de l'adaptation d'impédance d'une antenne. Le VSWR correspond au rapport entre la tension maximale et la tension minimale d'une onde stationnaire. La valeur idéale de VSWR est obtenue lorsque les impédances d'entrée et de sortie sont parfaitement adaptées. Dans ce cas, les tensions minimale et maximale sont identiques, et le rapport est égal à 1.

Comme l'impédance varie avec la fréquence, le VSWR est généralement représenté sous la forme d'un graphique VSWR en fonction de la fréquence, tel que présenté dans les fiches techniques d'antennes.

Figure 2. Graphique du VSWR



En pratique, il est presque impossible d'obtenir un VSWR égal à 1. Il n'existe pas de valeur de VSWR strictement « bonne » ou « mauvaise » : ce paramètre doit être analysé en combinaison avec d'autres critères afin de déterminer si une antenne est adaptée à une application donnée. Il convient toutefois de noter que des valeurs élevées de VSWR impliquent qu'une proportion importante du signal est réfléchi vers la source, ce qui peut entraîner des dommages sur le circuit d'émission, la puissance réfléchi revenant vers l'étage de sortie.

Le VSWR est parfois abrégé en SWR et peut également être désigné sous le terme de puissance réfléchi. Ces expressions décrivent le même phénomène.

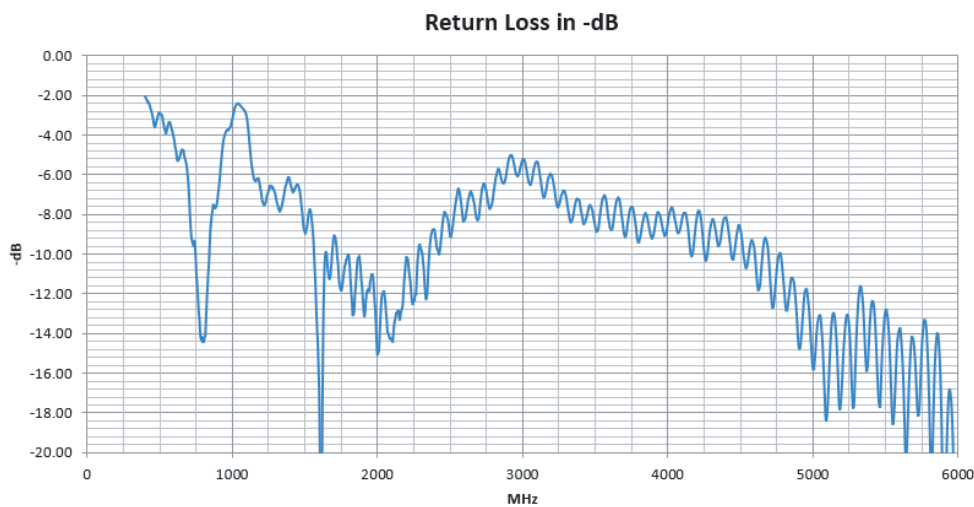


Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Le VSWR peut être représenté de différentes manières. Alors que le VSWR exprime la réflexion du signal sous la forme d'un rapport, la perte de retour (Return Loss) mesure cette même réflexion en décibels (dB). Le décibel étant une unité logarithmique, la courbe de perte de retour présente une allure similaire à celle du VSWR, bien que les unités diffèrent.

Figure 3. Graphique des pertes de retour





Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Le tableau ci-dessous présente les équivalences entre VSWR et perte de retour pour différents niveaux de puissance réfléchi, sans exposer le lecteur aux calculs mathématiques sous-jacents.

Table 1. Valeurs équivalentes du ROS (VSWR) et de la perte de retour du signal réfléchi

Signal réfléchi	VSWR	Perte de retour
0% (adaptation parfaite)	1.000	∞ (infini) dB
5%	1.105	26.021 dB
10%	1.222	20.000 dB
15%	1.353	16.478 dB
20%	1.500	13.979 dB
25%	1.667	12.041 dB
30%	1.857	10.458 dB
35%	2.077	9.119 dB
40%	2.333	7.958 dB
45%	2.636	6.936 dB
50%	3.000	6.021 dB
60%	4.000	4.437 dB
70%	5.667	3.098 dB
80%	9.000	1.938 dB
90%	19.000	0.915 dB
100 % (désadaptation)	∞ (infini)	0.000 dB



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Efficacité du rayonnement

Dans les sections précédentes, l'accent a été mis sur l'adaptation d'impédance et le VSWR afin d'assurer un transfert de puissance maximal vers et depuis l'antenne. Il est maintenant nécessaire d'introduire l'efficacité du rayonnement, qui correspond au rapport entre la puissance totale rayonnée par l'antenne et la puissance nette acceptée par l'antenne au niveau de son connecteur. Cette mesure est indépendante de l'adaptation d'impédance et des pertes liées à la polarisation.

Une antenne à haut rendement rayonne une grande proportion de la puissance électrique qui lui est appliquée. À l'inverse, une antenne à faible rendement convertit une partie significative de cette puissance en d'autres formes d'énergie, telles que la chaleur.

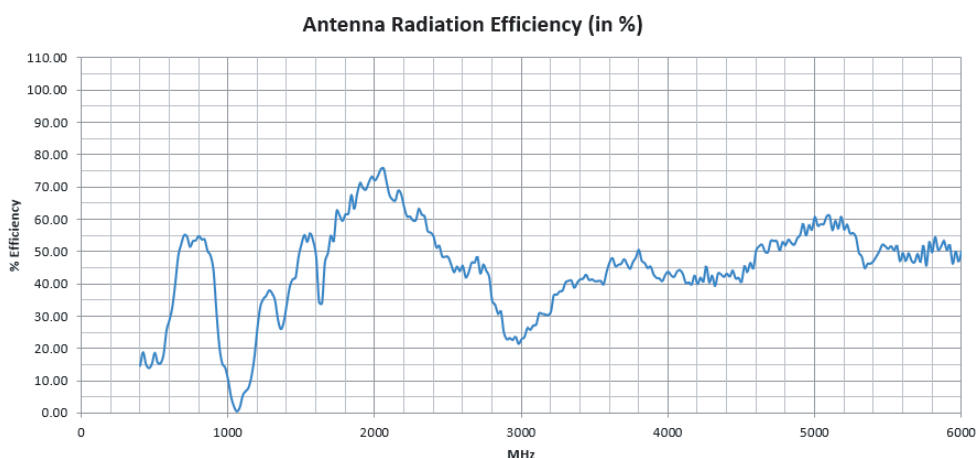
L'efficacité de rayonnement (ϵ_R) est défini par la relation suivante :

$$\epsilon_R = \frac{P_{\text{rayonnée}}}{P_{\text{d'entrée}}}$$

Puisqu'il s'agit d'un rapport, le résultat est toujours compris entre 0 et 1 (car il est impossible de restituer plus de puissance que celle injectée dans l'antenne). Cependant, il est rare que l'efficacité de rayonnement d'une antenne soit exprimée sous cette forme. Elle est généralement présentée sous forme de pourcentage, où un rapport de 0 correspond à 0 % et un rapport de 1 à 100 % d'efficacité. Dans certains cas, elle peut également être exprimée en décibels (dB) : une efficacité de 0,5 (50 %) correspond à -3 dB, et une efficacité de 0,1 (10 %) correspond à -10 dB.

Siretta a choisi d'utiliser le pourcentage comme unité de mesure de l'efficacité de rayonnement de l'antenne, comme illustré dans le graphique ci-dessous pour notre antenne d'exemple

Figure 4. Graphique de l'efficacité de rayonnement d'une antenne





Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Polarisation

De manière analogue à la tension et au courant décrivant un signal électrique, une onde radio électromagnétique est décrite par un champ électrique et un champ magnétique. La polarisation décrit la relation entre ces deux composantes lorsqu'elles se propagent dans l'espace.

Il existe trois types de polarisation, chacun comportant deux sous-types :

- » Linéaire (verticale & horizontale)
- » Circulaire (gauche & droite)
- » Elliptique (gauche & droite)

Lors de la description de la polarisation, le champ électrique est désigné par « x », le champ magnétique par « y » et la direction de propagation par « z ». Dans le cas d'une antenne émettrice, l'axe z correspond à la ligne partant de l'antenne et aboutissant au point d'observation du signal. Les champs x et y ont la même fréquence et se propagent dans la direction z.

Polarisation linéaire

Une onde radio à polarisation linéaire présente des champs électrique et magnétique perpendiculaires entre eux lors de leur propagation. Ils peuvent être orientés selon n'importe quel angle par rapport à l'axe z, mais sont généralement décrits comme verticaux ou horizontaux.

Figure 5. Polarisation horizontale

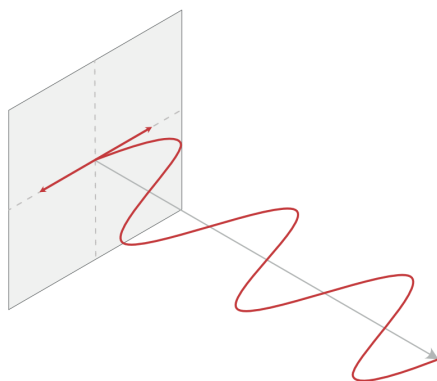
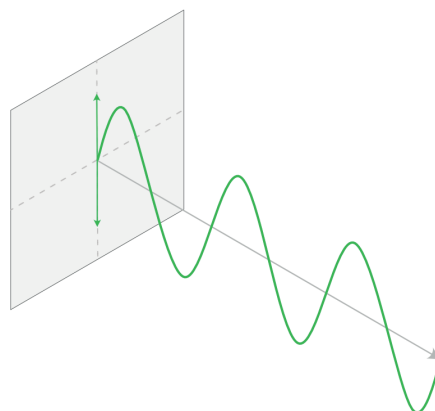


Figure 6. Polarisation verticale





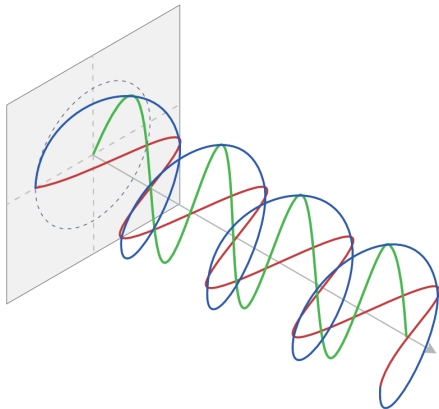
Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Polarisation circulaire

Une onde à polarisation circulaire présente des composantes électrique et magnétique déphasées de 90 degrés l'une par rapport à l'autre et orientées de manière orthogonale. Visuellement, cela correspond à la superposition des polarisations linéaires horizontale et verticale, avec un déphasage de 90 degrés le long de l'axe z.

Figure 7. Polarisation circulaire droite



En polarisation circulaire, si l'on regarde en arrière le long de l'axe z en direction de l'antenne, les composantes électrique et magnétique n'ont plus la même amplitude à un instant donné en raison du déphasage de 90 degrés. L'une suit l'axe x et l'autre l'axe y. Si l'amplitude de crête de l'onde électrique est égale à celle de l'onde magnétique, et que les coordonnées x et y, à une distance fixe le long de l'axe z, sont tracées en fonction du temps, la trajectoire obtenue est un cercle, d'où l'appellation. Selon que le déphasage est de $+90^\circ$ ou de -90° , le point décrivant ce cercle semblera se déplacer soit dans le sens horaire (polarisation circulaire gauche), soit dans le sens antihoraire (polarisation circulaire droite).



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Polarisation elliptique

La polarisation elliptique est similaire à la polarisation circulaire, à la différence que les amplitudes maximales des champs électrique et magnétique ne sont pas égales. La trajectoire décrite dans le plan x-y est alors une ellipse.

Pourquoi la polarisation est importante

Tout système radio met en œuvre deux antennes. Afin d'assurer un transfert de puissance maximal entre elles, leurs polarisations doivent être compatibles. Par exemple, une antenne à polarisation linéaire verticale transmettra un maximum de puissance vers une autre antenne également polarisée verticalement. Si l'une des antennes est tournée de 90°, les polarisations deviennent orthogonales et aucune puissance n'est transférée.

La polarisation verticale est utilisée dans les communications mobiles, car elle n'est pas affectée par les réflexions sur la surface terrestre. La polarisation horizontale a des usages plus limités. Elle est employée dans les communications HF, où l'antenne filaire suspendue entre deux supports adopte naturellement une polarisation horizontale, ainsi que dans la diffusion télévisuelle par les émetteurs principaux. Les relais de télévision de plus petite puissance utilisent la polarisation verticale afin d'éviter les interférences.

Dans les communications satellite-sol, la polarisation circulaire est utilisée car elle est indépendante de la rotation de l'antenne, tant que celle-ci est orientée vers le ciel. De plus, une onde à polarisation circulaire change de sens (gauche à droite) lors d'une réflexion. Pour cette raison, les systèmes GNSS utilisent une polarisation circulaire droite (RHCP), ce qui permet de réduire l'impact des signaux réfléchis et d'améliorer la précision de positionnement.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Diagramme de rayonnement et gain

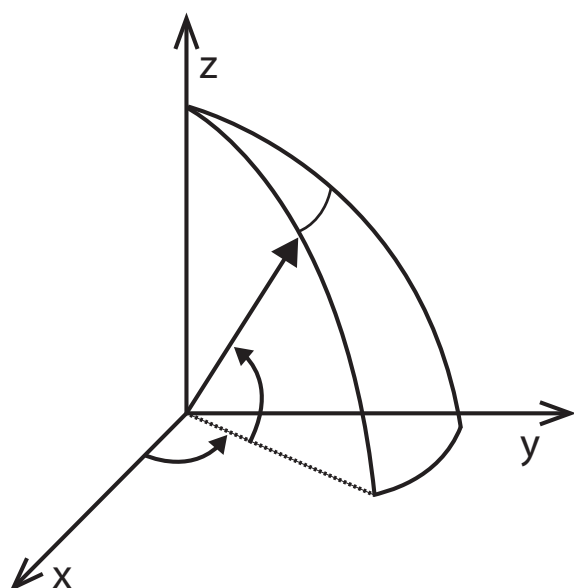
Le diagramme de rayonnement et le gain d'une antenne sont deux manières complémentaires de décrire la façon dont une antenne rayonne ou capte l'énergie électromagnétique, selon qu'elle est utilisée en émission ou en réception. Ces paramètres sont généralement fournis pour les différentes fréquences de fonctionnement de l'antenne, car ils peuvent varier avec la fréquence.

La référence utilisée pour le diagramme de rayonnement et le gain est le radiateur isotrope. Un radiateur isotrope est une antenne théorique qui émet des ondes électromagnétiques avec la même densité de puissance dans toutes les directions. N'ayant aucune directivité, il constitue un point de comparaison idéal. De manière analogue, un récepteur isotrope placé à distance fixe d'un émetteur isotrope délivrerait le même signal électrique quelle que soit sa position angulaire par rapport à l'émetteur.

Le gain permet de quantifier numériquement l'écart d'une antenne réelle par rapport à ce radiateur isotrope, tandis que le diagramme de rayonnement permet de visualiser cette répartition spatiale de l'énergie.

Les antennes rayonnent dans les trois dimensions de l'espace, ce qui peut être difficile à représenter. Pour simplifier, la représentation est décomposée en trois plans orthogonaux notés X, Y et Z, sur lesquels la densité de puissance est tracée. Les plans X et Y correspondent aux plans azimutaux, tandis que le plan Z correspond au plan d'élévation.

Figure 8. Tracé des plans orthogonaux





Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Un radiateur isotrope rayonnant uniformément dans toutes les directions, la densité de puissance dans chacun des plans X, Y et Z est identique. La représentation tridimensionnelle de cette puissance forme une sphère parfaite. Le gain est mesuré par rapport à cette référence isotrope, en utilisant une échelle logarithmique. Un gain de 0 dBi correspond à la même densité de puissance qu'un radiateur isotrope. Un gain de +3 dBi correspond approximativement à un doublement de la puissance dans une direction donnée. L'unité utilisée est le dBi, qui signifie décibel par rapport à l'isotrope. Les tableaux de correspondance entre gain en dBi et facteur multiplicatif illustrent le caractère logarithmique de cette mesure, aussi bien pour les gains positifs que négatifs.

Table 2. Gain de dBi positif

Gain	Ratio
0 dBi	1.000
+1 dBi	1.259
+2 dBi	1.585
+3 dBi	1.995
+4 dBi	2.512
+5 dBi	3.162
+10 dBi	10
+15 dBi	31.62
+20 dBi	100

Table 3. Gain de dBi négatif

Gain	Ratio
0 dBi	1.000
-1 dBi	0.794
-2 dBi	0.631
-3 dBi	0.501
-4 dBi	0.398
-5 dBi	0.316
-10 dBi	0.1
-15 dBi	0.032
-20 dBi	0.01



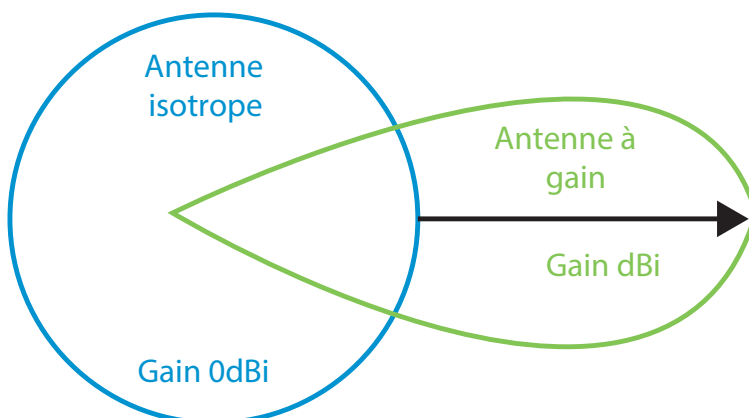
Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Il existe trois types de diagrammes de rayonnement d'antenne : le diagramme isotrope de référence, l'omnidirectionnel et le directionnel. Une antenne omnidirectionnelle produit un champ d'intensité approximativement égale dans toutes les directions du plan azimutal (mais peut varier en puissance dans le plan d'élévation). Une antenne directionnelle rayonne principalement dans une direction donnée.

Il convient de noter que le gain indique uniquement la direction dans laquelle la puissance est concentrée. Cela ne signifie pas nécessairement qu'une antenne est meilleure qu'une autre : cela dépend de l'application. Un gain accru dans une direction se traduit par une perte de puissance dans d'autres directions. Ce phénomène est particulièrement visible sur un diagramme de rayonnement théorique, tracé dans un plan unique pour une antenne directionnelle, comme illustré sur la figure ci-dessous.

Figure 9. High gain antenna

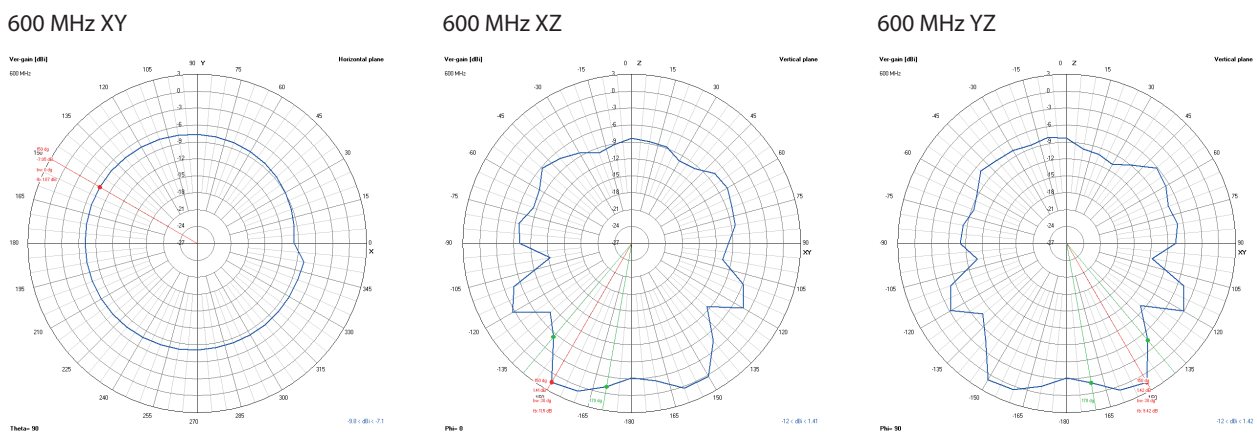


Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

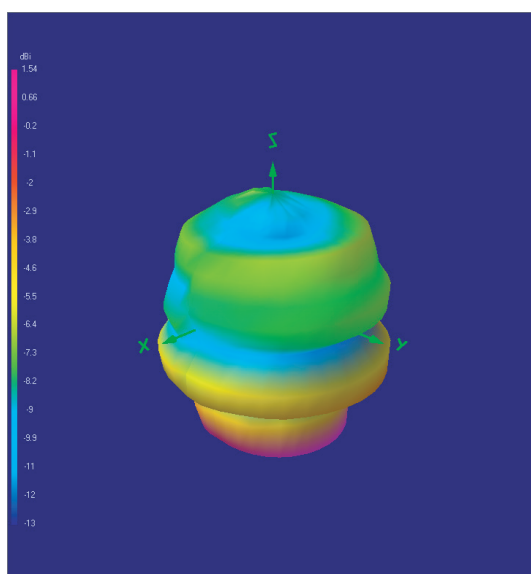
Les figures ci-dessous présentent les diagrammes de rayonnement à 600 MHz de notre antenne d'exemple. Dans le plan xy, le diagramme est circulaire ; cette antenne peut donc être qualifiée d'omnidirectionnelle dans ce plan. Tous ces diagrammes sont tracés à la même échelle (mais il convient toujours de vérifier les unités de mesure indiquées sur les axes, car cela ne doit pas être supposé).

Figure 10. diagramme de rayonnement en 2D @ 600 MHz



Ces diagrammes sont des « coupes » du diagramme de rayonnement tridimensionnel, comme illustré sur la figure ci-dessous.:

Figure 11. Diagramme de rayonnement 3D @ 600 MHz





Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Bandes et largeurs de bandes

Dans les applications radio, les fréquences sont regroupées en bandes. Cela s'inscrit dans un cadre réglementaire visant à garantir que différentes applications utilisant le spectre radio ne se perturbent pas mutuellement. Une bande contient une plage de fréquences, et la largeur de bande correspond à l'écart entre la fréquence la plus basse et la plus élevée de cette bande. Les bandes sont ensuite généralement subdivisées en canaux. Ces bandes et canaux sont harmonisés au niveau mondial dans leurs définitions, mais l'autorisation de les utiliser relève des autorités réglementaires nationales de chaque pays. Ce qui est autorisé dans un pays ne l'est pas nécessairement dans un autre.

Par exemple, le Wi-Fi utilisant ce que l'on appelle la bande 2,4 GHz exploite des fréquences comprises entre 2400 et 2495 MHz. Cette bande est divisée en quatorze canaux numérotés, chacun ayant une largeur de 22,5 MHz. Les canaux 1 à 11 peuvent être utilisés partout dans le monde, tandis que les canaux 12 à 14 ne sont autorisés que dans certaines régions. Pour compliquer encore la tâche des concepteurs de produits Wi-Fi, les différents pays imposent également des limites sur la puissance maximale pouvant être utilisée pour émettre un signal Wi-Fi. Il est donc indispensable de connaître le pays dans lequel l'équipement est exploité afin de déterminer quelles fréquences et quels niveaux de puissance peuvent être utilisés.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Champ proche et champ lointain

Toute la théorie expliquée jusqu'ici suppose que l'antenne fonctionne dans ce que l'on appelle le champ lointain (Far Field). La zone située à proximité immédiate de l'antenne est appelée le champ proche (Near Field). Les phénomènes qui s'y produisent sont différents, et l'antenne ne s'y comporte pas comme décrit dans sa fiche technique. C'est pourquoi on se place dans l'hypothèse du champ lointain.

Pour être en champ lointain, une antenne doit satisfaire l'ensemble des critères suivants, où D est la dimension maximale de l'antenne, λ la longueur d'onde et R la distance par rapport à l'antenne (toutes les dimensions sont exprimées en mètres) :

$$R > \frac{2D^2}{\lambda} \qquad R > 10D \qquad R > 10\lambda$$

Prenons l'exemple d'une application sans fil à 2,4 GHz utilisant une antenne Siretta Delta 6A. Le Wi-Fi à 2,4 GHz a une longueur d'onde de 0,125 m et la longueur effective de l'antenne est de 166 mm (déduite du dessin de la fiche technique). Les trois équations donnent alors :

$$R > 0.44m \qquad R > 1.66m \qquad R > 1.25m$$

Ainsi, si l'antenne Wi-Fi est située à au moins 1,66 m du point d'accès Wi-Fi, tout devrait fonctionner correctement. Cette distance de 1,66 m n'est pas une valeur absolue : l'antenne fonctionnera également à des distances plus courtes, mais avec une efficacité globale probablement réduite.



Checklist pour la sélection d'antenne

Il s'agit d'une liste des points à prendre en compte, et de l'ordre dans lequel ils doivent être examinés, afin de définir les paramètres de fonctionnement à considérer pour une antenne. Certains éléments de cette liste, comme les fréquences principales, sont des exigences incontournables. D'autres, tels que certaines fréquences secondaires ou les connecteurs, peuvent être modifiés à l'aide d'adaptateurs et constituent plutôt des éléments souhaitables. La connaissance de la norme radio utilisée permettra de répondre, ou aidera à répondre, à de nombreuses questions figurant dans cette liste de contrôle.

Déterminer les fréquences d'utilisation et la puissance d'émission

L'ensemble du spectre radioélectrique est réglementé afin de permettre la coexistence de tous ses utilisateurs. Une application doit être conforme à l'ensemble des normes radio applicables dans le pays d'utilisation. Cela inclut les bandes de fréquences utilisées ainsi que les niveaux de puissance d'émission autorisés.

Les usages les plus courants du spectre radio sont les réseaux cellulaires (GSM / UMTS / LTE), le Wi-Fi, le Bluetooth, le GNSS et l'ISM. Une liste plus exhaustive des usages et des fréquences correspondantes est fournie en annexe A. Pour chacune de ces applications, les bandes de fréquences utilisables et la puissance d'émission autorisée sont définies.

Pour déterminer les bandes de fréquences sur lesquelles l'antenne doit fonctionner, il convient d'abord d'identifier celles qui sont prises en charge par l'équipement auquel elle est raccordée. Il faut ensuite exclure les bandes qui ne sont pas autorisées dans le pays d'utilisation. On obtient ainsi les bandes de fréquences que l'antenne doit supporter.

Le niveau total de puissance de sortie est déterminé par le circuit électrique auquel l'antenne est connectée. Toutefois, la responsabilité du respect des réglementations radio nationales ne repose pas uniquement sur le concepteur de ce circuit. Une antenne à gain élevé peut entraîner un dépassement des limites réglementaires dans la direction de rayonnement maximale.

Déterminer l'emplacement des points terminaux

Les deux extrémités de la liaison radio sont-elles fixes ? Dans ce cas, la meilleure solution consiste à utiliser des antennes directionnelles à chaque extrémité de la liaison, orientées l'une vers l'autre. En revanche, toute extrémité mobile ou susceptible d'être placée dans une orientation inconnue par rapport à l'autre extrémité de la liaison radio devra utiliser une antenne omnidirectionnelle, car ce type d'antenne fonctionne correctement quelle que soit son orientation. Une antenne omnidirectionnelle ne présente toutefois pas un gain élevé.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Déterminer le positionnement des antennes

Définir l'endroit où l'antenne sera installée : à l'intérieur d'un boîtier d'équipement ou à l'extérieur ? Devra-t-elle être placée à une certaine distance de l'équipement afin d'obtenir un meilleur signal, par exemple sur un mât ou sur un toit ? Les réponses à ces questions permettront de déterminer le format de l'antenne, sa tenue à l'environnement et les longueurs de câble nécessaires.

Déterminer le facteur de forme

Siretta regroupe les antennes mécaniquement similaires en gammes de produits. Le nom de la gamme identifie le style d'antenne :

Alpha : Une antenne Alpha est une antenne **adhésive**. Son principe clé est qu'elle se fixe sur une surface plane. Cela en fait une antenne à profil bas, discrète et peu intrusive. Cette gamme est équipée d'un câble avec connecteur, ce qui permet de positionner l'antenne à distance de l'équipement auquel elle est associée.

Delta : Une antenne Delta est conçue pour être **directement** fixée au produit, le point de fixation servant de support de montage. L'absence de câble signifie qu'il n'y a pas de pertes liées au câble, ce qui peut offrir de meilleures performances qu'une antenne déportée. Toutefois, une antenne avec câble peut être placée dans une zone offrant une meilleure réception, compensant ainsi les pertes du câble. Grâce aux bases magnétiques, une antenne à fixation directe peut être déplacée et mieux positionnée pour l'émission ou la réception.

Echo : Une antenne Echo est conçue pour être intégrée à l'intérieur d'un boîtier, avec l'équipement auquel elle est associée (**embedded**). Elle peut être soit soudée directement sur un circuit imprimé (PCB), soit connectée via un câble court équipé de petits connecteurs à encliquetage, tels que l'IPEX.

Mike : Une antenne Mike dispose d'un montage **magnétique** et, sauf dans le cas d'une utilisation GNSS où elle est généralement positionnée à plat vers le ciel, elle est installée verticalement. Cette gamme est équipée d'un câble avec connecteur, permettant un positionnement déporté. La base magnétique facilite l'ajustement de la position après installation, mais rend également l'antenne plus sensible aux interférences ou aux déplacements involontaires.

Tango : Une antenne Tango est une antenne à montage **traversant** (through-hole). Elle est bien adaptée au montage sur boîtier ou véhicule. Une fois installée, elle est difficile à retirer sans accéder aux deux faces de la surface de montage. Cette gamme est équipée d'un câble avec connecteur.

Tango : Une antenne Oscar est une antenne externe (**outdoor**), conçue pour être montée sur un mur ou un mât. Elle est donc souvent utilisée dans des environnements où l'obtention d'une bonne réception est difficile. De nombreuses antennes de cette gamme présentent un gain élevé, sont généralement équipées de connecteurs étanches de type N et sont utilisées avec un câble d'extension séparé pour relier l'antenne à l'équipement.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Déterminer l'environnement d'installation

Il existe deux conditions environnementales générales à prendre en compte : la température et l'eau.

La température d'une antenne n'est pas nécessairement identique à la température ambiante de l'air, car elle dépend de l'endroit où l'antenne est installée. Une antenne montée en plein soleil sera plus chaude qu'une antenne située à l'ombre, même si la température de l'air est identique, en raison de l'échauffement radiatif direct dû au soleil. De même, une antenne exposée au soleil mais soumise à un flux d'air restera plus froide qu'une antenne exposée au soleil sans ventilation.

Le fait de fonctionner à une température dépassant les spécifications de la fiche technique n'a généralement que peu d'impact sur les performances radio de l'antenne. En revanche, la température influence les matériaux et la structure mécanique de l'antenne. Les plastiques peuvent par exemple perdre leur rigidité et se déformer à haute température, ou devenir cassants et se fissurer à basse température.

Concernant la résistance à l'eau, les antennes conçues pour fonctionner sous la pluie disposent d'un indice de protection (IP). L'indice IP est une classification normalisée décrivant le niveau de protection d'un produit contre l'eau. Pour une utilisation sous la pluie, un indice IP65 est suffisant, bien que des indices IP66 ou IP67 puissent également être utilisés. Il arrive que certains clients exigent un indice IP plus élevé que nécessaire.

Pour satisfaire les critères de l'indice IP66, l'antenne doit résister à des jets d'eau sous pression provenant d'un jet de 12,5 mm, ce qui est plus contraignant qu'une pluie de type mousson. À l'indice IP67, le produit peut être immergé. Les ondes radio ne se propagent pas bien dans l'eau; Il est donc peu probable qu'une antenne submergée fonctionne correctement. Toutefois, si une antenne IP67 est utilisée sur un site de télécommunication susceptible d'être inondé, elle continuera de fonctionner après la décrue, contrairement à une antenne gorgée d'eau qui tomberait en panne.

En résumé, un indice IP65 est suffisant pour une antenne destinée à une utilisation en extérieur.

Déterminer l'impédance

Vérifiez l'impédance requise par l'équipement avec lequel l'antenne sera utilisée. L'antenne choisie devra être adaptée à cette impédance.

Dans la majorité des cas, l'impédance requise est de 50 ohms. Les seules antennes dont Siretta a connaissance qui ne sont pas en 50 ohms sont les antennes radio FM, qui peuvent être en 75 ou 300 ohms, ainsi que les antennes de télévision / DVB, qui sont en 75 ohms.

Il convient de garder à l'esprit que l'impédance à respecter ne concerne pas uniquement l'antenne, mais également les câbles d'extension et les connecteurs. Attention notamment : les câbles vidéo standards sont en 75 ohms et peuvent facilement être confondus avec des câbles 50 ohms.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Déterminer les connecteurs

La plupart des équipements nécessitant une antenne sont équipés d'un connecteur SMA. Il ne s'agit pas d'un connecteur étanche, mais il comporte une petite rondelle en caoutchouc destinée à limiter l'infiltration d'humidité. Les connecteurs SMA présents sur les équipements sont toujours de type femelle, ce qui signifie que le filetage se situe à l'extérieur du connecteur d'antenne. Dans la plupart des cas, cela implique également que le contact RF central du connecteur est lui aussi femelle.

Attention toutefois : il existe également des connecteurs femelles dits à « polarité inversée » (Reverse Polarity). Dans ce cas, le filetage est toujours externe, mais le contact central est mâle.

Le principe est similaire pour les connecteurs mâles. Un connecteur SMA mâle possède un filetage interne et un contact RF central mâle. La version à polarité inversée de ce connecteur conserve le filetage interne, mais le contact central est femelle.

Table 4. Déterminer les connecteurs

	Droit (SMA)	Reverse Polarity (RP-SMA)
Mâle		
Femelle		

Les connecteurs SMA à polarité inversée sont devenus la norme pour les applications Wi-Fi. Ils ont été initialement utilisés afin d'empêcher les utilisateurs de remplacer les antennes de leurs points d'accès par des antennes à gain élevé, ce qui aurait permis de dépasser les niveaux de puissance autorisés par les réglementations nationales.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Si le connecteur de l'antenne peut être directement compatible avec celui de l'équipement auquel elle est destinée, c'est la meilleure solution. Toutefois, ce n'est pas toujours possible. Une antenne conçue pour une utilisation extérieure sera par exemple équipée d'un connecteur étanche. Dans ce cas, lorsqu'un câble d'extension est utilisé, la meilleure solution consiste à employer un câble unique doté des connecteurs appropriés à chaque extrémité. Il convient d'éviter, dans la mesure du possible, l'utilisation de câbles raccordés en série ainsi que les adaptateurs de changement de genre ou de type de connecteur. Chaque connexion introduit une légère discontinuité d'impédance, susceptible de générer des pertes de retour. L'utilisation d'adaptateurs doit être considérée comme une solution temporaire, jusqu'à l'obtention du câble approprié.

Assurez-vous que la fréquence maximale supportée par tout câble utilisé est supérieure aux fréquences exploitées par l'application. Bien que la plupart des connecteurs SMA aient une réponse fréquentielle de 6 GHz ou plus, ce qui convient à la majorité des antennes proposées par Siretta, il existe sur le marché des connecteurs SMA dont la fréquence maximale peut descendre jusqu'à 1 GHz, ce qui les limite à une utilisation en bande ISM uniquement.

Déterminer le câble

Il arrive que le câble fourni avec l'antenne ne soit pas suffisamment long, ou que, dans le cas des antennes Oscar destinées à une utilisation extérieure, aucun câble de raccordement ne soit fourni. Dans ce cas, un câble de connexion sera nécessaire.

Comme pour les connecteurs, l'impédance du câble doit être adaptée à l'application. Attention aux câbles vidéo 75 ohms : pour les antennes sans fil, il convient d'utiliser des câbles d'impédance 50 ohms.

Il est toujours recommandé de conserver les câbles aussi courts que possible et d'utiliser des câbles de bonne qualité. Un câble plus long peut permettre de positionner l'antenne dans un endroit offrant une meilleure réception, mais cela doit être mis en balance avec les pertes introduites par le câble. Il existe un point à partir duquel le gain obtenu par un meilleur positionnement de l'antenne est annulé par les pertes dans le câble. Pour les applications cellulaires, Siretta propose le testeur de puissance de signal cellulaire SNYPER, qui permet d'effectuer des mesures de champ du niveau de signal reçu et d'aider l'installateur à optimiser le positionnement de l'antenne afin d'obtenir la meilleure qualité de signal.

Il est également possible d'envisager de rapprocher l'équipement de l'antenne. Les câbles Ethernet ou RS232 peuvent atteindre de grandes longueurs sans affecter le fonctionnement de l'application à laquelle ils sont associés.



Comprendre une fiche technique

Toutes les fiches techniques d'antennes Siretta affichant le logo « Antenna Test Lab Verified » en pied de page ont été testées de manière indépendante par l'Antenna Test Lab : <https://antennatestlab.com/>.

Ces fiches techniques présentent les résultats d'essais fournis par l'Antenna Test Lab selon la même méthodologie.

Figure 12. Logo « Antenna Test Lab Verified »



Pour comprendre le fonctionnement d'une antenne aux fréquences d'intérêt, le ROS (VSWR) ou la perte de retour, l'efficacité de rayonnement et les diagrammes de rayonnement doivent être considérés conjointement. Examiner un nombre inférieur de ces paramètres ne permet pas d'obtenir une vision fidèle des performances réelles de l'antenne.

Le ROS / la perte de retour correspond à la mesure de la puissance transférée vers ou depuis l'antenne à une fréquence donnée.

L'efficacité de rayonnement est une mesure de l'efficacité avec laquelle la puissance transférée vers ou depuis l'antenne est convertie en ondes radio, à une fréquence donnée.

Les diagrammes de rayonnement montrent le gain relatif de l'antenne vers les différents points d'une sphère l'entourant, c'est-à-dire l'homogénéité de son diagramme de rayonnement.



Antennes Siretta

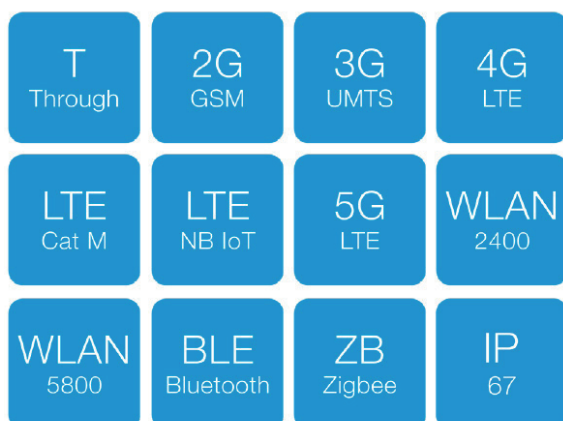
Guide des paramètres techniques

Page de couverture

La première page de la fiche technique présente toujours une image du produit, accompagnée d'une description générale et d'une liste des caractéristiques principales. En bas à droite de la fiche technique figurent des vignettes mettant en avant les fonctionnalités de l'antenne. Ces vignettes correspondent aux critères de sélection utilisés par l'outil de sélection d'antennes disponible sur le site Siretta : <https://www.siretta.com/products/antennas/antenna-selector/>

Elles offrent une vue d'ensemble rapide des principales applications de l'antenne. Lorsque certaines vignettes apparaissent avec un fond bleu clair, cela indique des applications pour lesquelles l'antenne peut être utilisée, mais uniquement sur des bandes de fréquences spécifiques. Une analyse plus approfondie de la réponse fréquentielle de l'antenne, en fonction des fréquences utilisées par l'application cible, est alors nécessaire.

Figure 13. Caractéristique de l'antenne



Caractéristiques environnementales, électriques et mécaniques

Il s'agit des spécifications non radio figurant sur la deuxième page de la fiche technique.

Une fois les caractéristiques requises de l'antenne définies à l'aide de la liste de contrôle, les aspects non radio de la spécification peuvent être comparés aux exigences de l'application afin d'affiner la sélection. Sauf dans le cas d'une application particulière ou atypique, il est peu probable qu'un grand nombre d'antennes soient écartées à ce stade du processus de sélection.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Plan de masse

Un point important à considérer est que certaines antennes, en raison de leur conception, nécessitent un plan de masse sous-jacent afin d'atteindre les performances indiquées dans la fiche technique. C'est notamment le cas de certaines antennes des gammes Mike ou Tango. Un plan de masse implique que l'antenne soit installée sur une surface capable de réfléchir les ondes radio.

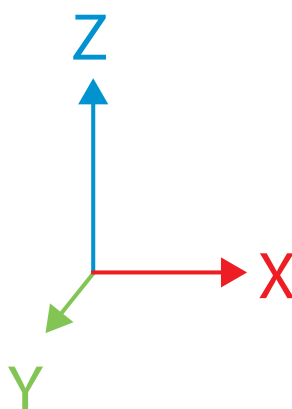
Contrairement à ce que son nom pourrait laisser penser, le plan de masse n'a pas besoin d'être relié électriquement à la terre. La fiche technique précise souvent les dimensions requises, lesquelles doivent être considérées comme des dimensions minimales. Lorsqu'un plan de masse est nécessaire mais que ses dimensions ne sont pas spécifiées, celui-ci doit s'étendre sur au moins un quart de la longueur d'onde de l'antenne dans toutes les directions, dans le plan sur lequel l'antenne est montée.

Le matériau du plan de masse doit être électriquement conducteur. Une surface métallique, telle que l'acier ou l'aluminium, constitue le choix le plus courant. Elle doit être lisse et plane afin d'éviter une diffusion aléatoire des ondes radio. Avec le temps, de nombreux métaux peuvent se corroder et présenter une surface piquée ; dans ce cas, il est généralement recommandé de peindre le plan de masse afin de le protéger.

Orientation du diagramme

Le diagramme d'orientation est particulièrement important pour comprendre comment tirer le meilleur parti de l'antenne. Il est placé à côté du dessin de l'antenne et indique l'orientation des plans X, Y et Z de l'antenne. Le plan Z est toujours orienté vers le ciel. Une antenne à polarisation linéaire verticale, lorsqu'elle est positionnée sur le côté, devient une antenne à polarisation linéaire horizontale. Les diagrammes de rayonnement présentés plus loin dans la fiche technique font référence à ce diagramme d'orientation.

Figure 14. Orientation de l'antenne



Orientation

Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Aspects radiofréquences

Les paramètres d'antenne directement liés aux performances sont la perte de retour (Return Loss), le ROS (VSWR) et l'efficacité de rayonnement. Les diagrammes de rayonnement 2D et 3D peuvent également avoir une influence, mais dans la majorité des cas d'usage l'antenne est utilisée de manière omnidirectionnelle dans le plan XY, où la direction n'impacte pas significativement les performances. Les résultats des essais de rayonnement 3D servent de mesures de référence pour établir le diagramme d'efficacité de rayonnement.

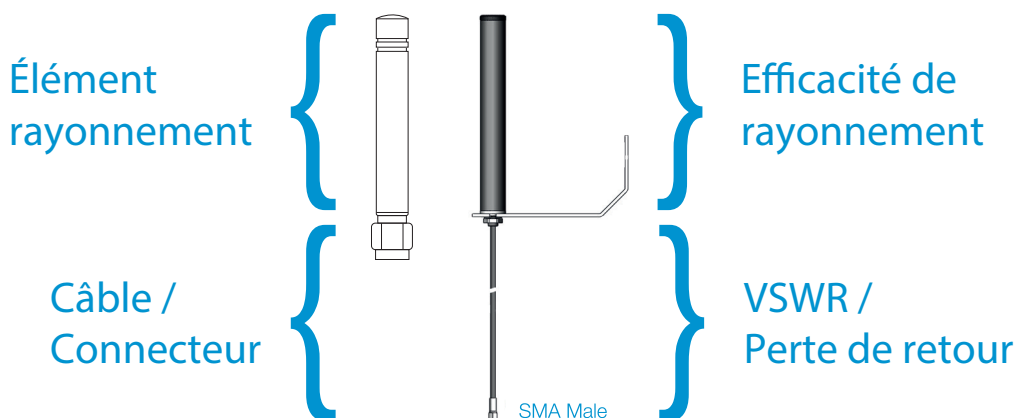
La perte de retour et le ROS sont deux manières différentes de caractériser la quantité de puissance transférée vers une antenne en émission / rayonnement.

L'efficacité de rayonnement indique la capacité de l'antenne à convertir la puissance qu'elle reçoit en énergie radio.

Ces paramètres doivent être analysés conjointement, aux fréquences auxquelles l'antenne sera utilisée, afin de déterminer son adéquation à l'application. Il n'existe pas de seuil strict ou de critère binaire permettant de conclure à la conformité. Lorsque les performances de l'antenne s'écartent de l'optimum, la conséquence est une réduction de la portée effective de communication.

En raison du principe de réciprocité, une antenne présente les mêmes caractéristiques lorsqu'elle est utilisée en émission que lorsqu'elle est utilisée en réception.

Figure 15. Paramètres de performance des antennes





Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Perte de retour

Toutes les fiches techniques d'antennes présentent un diagramme de perte de retour couvrant l'ensemble des fréquences comprises entre 400 MHz et 6 GHz (à l'exception des antennes GNSS, conçues uniquement pour la réception), sur une échelle allant de 0 à -20 dB, ce qui permet une comparaison aisée entre les différents modèles. La perte de retour mesure l'efficacité avec laquelle la puissance est transférée vers l'antenne. Étant donné qu'il s'agit d'une mesure de perte, plus la valeur est faible, meilleures sont les performances en émission. Une antenne idéale présente une perte de retour très faible. Il convient de rappeler que les mesures en dB sont logarithmiques.

20 dB correspond à une perte de signal de 10 %

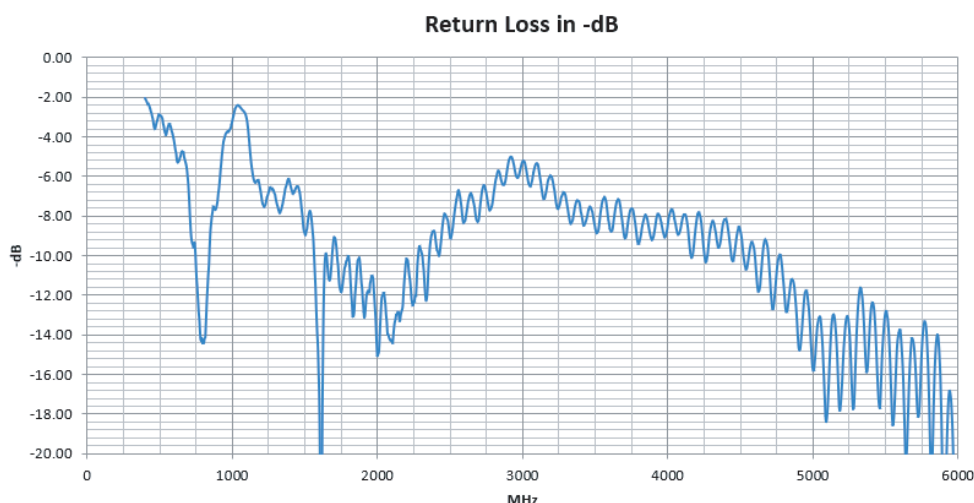
12 dB correspond à une perte de signal de 25 %

6 dB correspond à une perte de signal de 50 %

Toute fréquence pour laquelle la courbe atteint le bas du graphique (-20 dB) présente clairement d'excellentes performances en perte de retour. Toutefois, une antenne doit être évaluée sur la base de ses performances globales, et non uniquement sur la perte de retour.

Il convient également de noter que si l'antenne intègre un câble (comme dans la gamme Mike), la perte de retour inclut les pertes introduites par ce câble. La longueur du câble testé est toujours spécifiée. De ce fait, une antenne à fixation directe (comme celles de la gamme Delta) peut sembler présenter une meilleure perte de retour qu'une antenne équipée d'un câble.

Figure 16. Perte de retour





Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

ROS (VSWR)

Le ROS (VSWR) est une autre manière d'exprimer la perte de retour, dans la mesure où il évalue l'efficacité du transfert de puissance vers l'antenne. Toutefois, au lieu de représenter une perte en décibels (dB) en fonction de la fréquence, il s'agit ici d'un tracé du rapport de perte en fonction de la fréquence. Étant donné que les graphiques de perte de retour et de ROS présentent la même information sous des formes différentes, le lecteur peut utiliser la méthode de représentation avec laquelle il est le plus à l'aise.

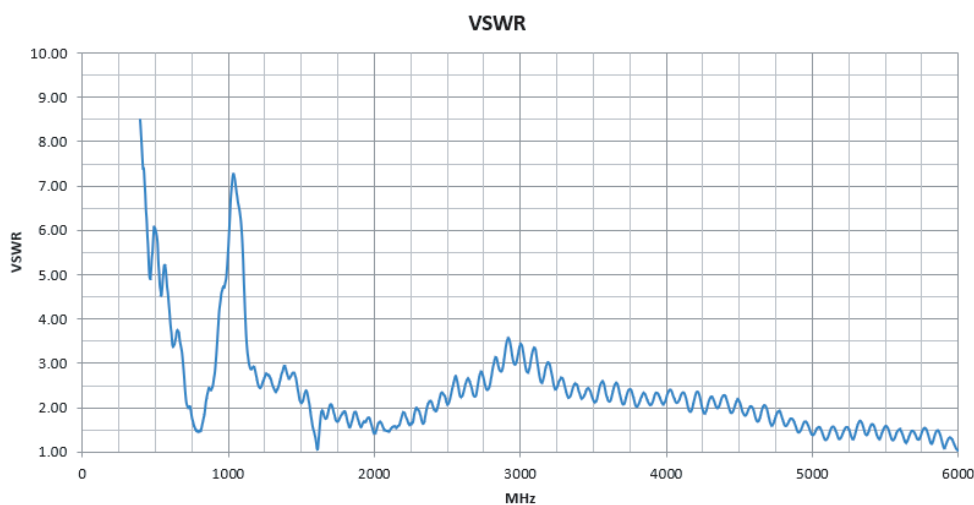
1.2 correspond à une perte de signal de 10 %

1.7 correspond à une perte de signal de 25 %

3.0 correspond à une perte de signal de 50 %

Dans ce contexte, une valeur de mesure égale à 1 correspond à des performances parfaites de l'antenne.

Figure 17. VSWR





Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

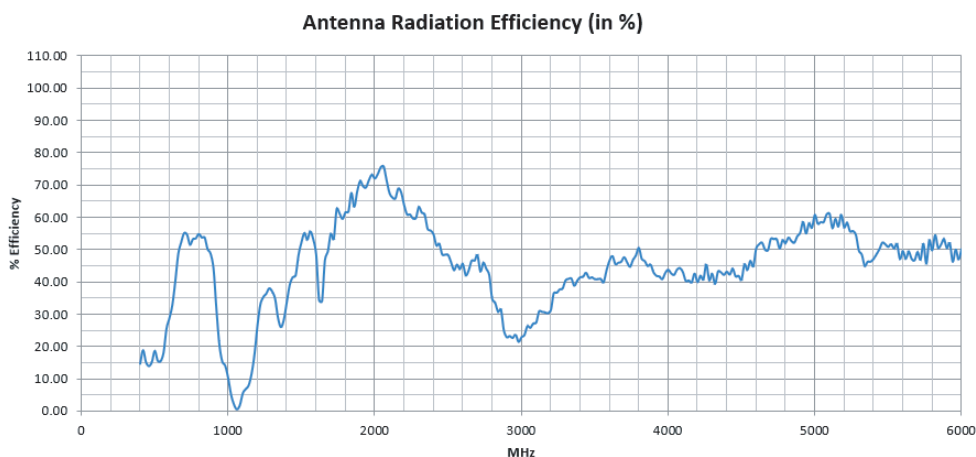
Radiation Efficiency

Toutes les fiches techniques d'antennes présentent un diagramme d'efficacité de rayonnement couvrant l'ensemble des fréquences comprises entre 400 MHz et 6 GHz (à l'exception des antennes GNSS, conçues uniquement pour la réception), sur une échelle allant de 0 à 110 %, ce qui permet une comparaison aisée entre les différents modèles. L'efficacité de rayonnement correspond à l'efficacité avec laquelle l'antenne convertit la puissance qui lui est transférée en ondes radio. Dans ce contexte, une efficacité de 100 % représente la meilleure performance possible de l'antenne.

Il convient de noter que si l'antenne intègre un câble (comme dans la gamme Mike), l'efficacité de rayonnement inclut toute réduction d'efficacité introduite par ce câble. La longueur du câble testé est toujours spécifiée. De ce fait, une antenne à fixation directe (comme celles de la gamme Delta) peut sembler présenter une meilleure efficacité de rayonnement qu'une antenne équipée d'un câble.

Le diagramme d'efficacité de rayonnement est obtenu par intégration sphérique des diagrammes de rayonnement 3D.

Figure 18. Efficacité de rayonnement





Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Couverture des bandes de fréquences LTE/5G

Les réseaux cellulaires 4G LTE et 5G NR exploitent un grand nombre de bandes de fonctionnement, bien plus que les systèmes cellulaires 2G GSM et 3G UMTS. Pour ajouter à la complexité, le NB-IoT n'utilise qu'un sous-ensemble des bandes de fréquences LTE disponibles. Afin d'aider l'utilisateur à comprendre l'ensemble de ces bandes et les capacités de l'antenne, Siretta a synthétisé ces informations dans un tableau présentant les performances mesurées de l'antenne sur l'ensemble des différentes bandes, associé à un système de type « feu tricolore » indiquant l'adéquation de l'antenne pour chaque bande d'intérêt. Les systèmes 2G GSM et 3G UMTS utilisent les mêmes numéros de bandes que la 4G LTE.

Table 5. Couverture des bandes de fréquences LTE/5G

LTE, CAT-M/5G Bands	NB-IoT Band	Regional Coverage	Uplink	Downlink	Avg Efficiency % over band	Max VSWR over Band
1/n1	B1	Europe / Asia	1920-1980 MHz	2110-2170 MHz	70.81 / 67.15 ●	1.78 / 1.60
2/n2	B2	North America/Latin America/Caribbean	1850-1910 MHz	1930-1990 MHz	67.85 / 71.04 ●	1.91 / 1.78
3/n3	B3	Europe/Africa/Asia/Oceania	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz	58.79 / 64.36 ●	2.07 / 1.91
4	B4	North America/Latin America/Caribbean	1710-1755 MHz	2110-2155 MHz	57.94 / 67.04 ●	2.07 / 1.59
5/n5	B5	Country Specific	824-849 MHz	869-894 MHz	52.51 / 47.71 ●	2.13 / 2.47
7/n7		Latin America/Europe/Asia +	2500-2570 MHz	2620-2690 MHz	45.47 / 45.39 ●	2.71 / 2.66

Explication du tableau

Bandes LTE, CAT-M/5G : Les bandes LTE sont identifiées par un numéro de bande. Les bandes 5G NR sont préfixées par la lettre « n », conformément aux spécifications du 3GPP. Lorsque des bandes 5G NR se superposent à des bandes 4G LTE, elles utilisent le même numéro de bande.

Bandes NB-IoT : Bien que le NB-IoT fasse partie de la spécification LTE, il n'utilise pas l'ensemble des bandes LTE disponibles. Seules les bandes effectivement utilisées sont listées.

Couverture régionale : Cette information indique les régions dans lesquelles les bandes sont généralement utilisées. Toutefois, de nombreuses bandes sont spécifiques à certains pays plutôt qu'à une région entière. Il s'agit donc d'une indication générale, et il est recommandé de vérifier l'utilisation des bandes dans chaque pays (et pour chaque réseau) avant déploiement.

Uplink : Plage de fréquences utilisée pour la partie montante de la bande.

Downlink : Plage de fréquences utilisée pour la partie descendante de la bande.

Efficacité moyenne (%) sur la bande : Les valeurs indiquées proviennent du diagramme d'efficacité de rayonnement et correspondent aux valeurs moyennes pour l'uplink et le downlink respectivement. Un système de type « feu tricolore » fournit une indication visuelle de l'adéquation de l'antenne à la bande considérée, telle qu'évaluée par Siretta, en tenant compte de l'efficacité moyenne et du ROS (VSWR).



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

ROS (VSWR) maximal sur la bande : Valeur maximale du ROS (VSWR) pour l'uplink et le downlink sur l'ensemble de la bande de fréquences.

Les valeurs d'efficacité de rayonnement et de ROS présentées dans le tableau sont issues des données utilisées pour générer les diagrammes d'efficacité de rayonnement et de ROS.

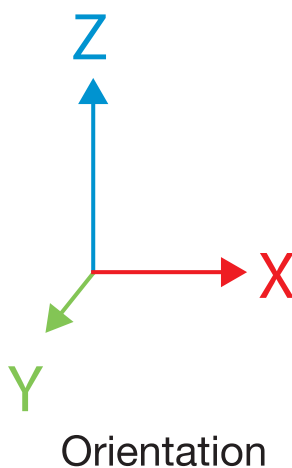
Diagramme de rayonnement

Les diagrammes de rayonnement présentés couvrent les principales fréquences de fonctionnement de l'antenne. Contrairement aux diagrammes de perte de retour, de ROS et d'efficacité de rayonnement, qui utilisent des échelles communes permettant une comparaison directe entre différentes fiches techniques, les diagrammes de rayonnement utilisent des échelles variables selon les cas. Même au sein d'une même fiche technique, des échelles différentes peuvent être utilisées pour des fréquences différentes afin de représenter au mieux le diagramme de rayonnement.

Tous les diagrammes correspondant à une même fréquence sont affichés avec la même échelle et se réfèrent à l'orientation XYZ de l'antenne indiquée dans la fiche technique.

Deux types de visualisation des diagrammes de rayonnement sont fournis : en 2D et en 3D.

Figure 19. Orientation de l'antenne



Antennes Siretta

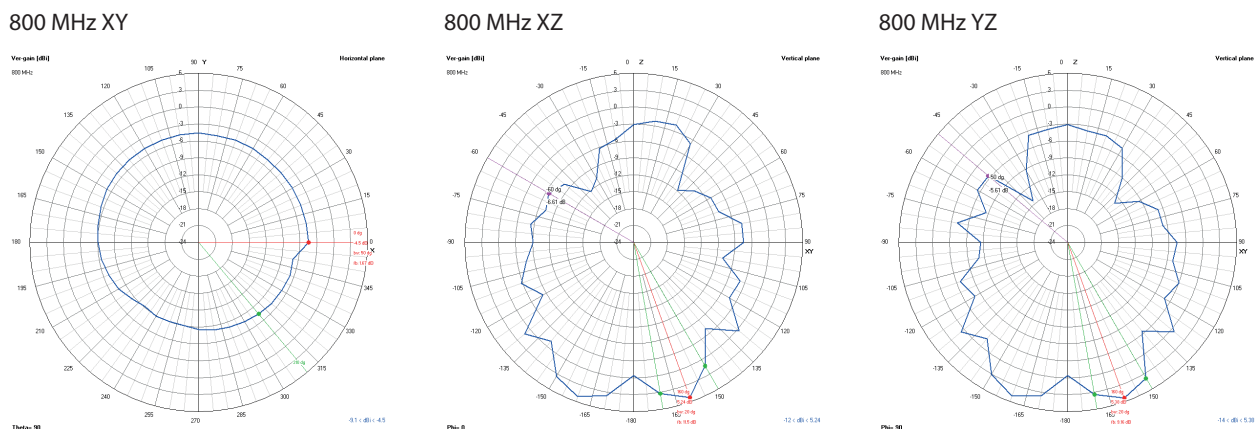
Guide des paramètres techniques

Diagrammes de rayonnement 2D

Des diagrammes dans les plans XY, XZ et YZ sont fournis. Il s'agit de différentes « coupes » du diagramme de rayonnement tridimensionnel de l'antenne, indiquant l'énergie relative rayonnée selon la direction. Le plan XY correspond à une vue de dessus de l'antenne ; le fait que la coupe soit réalisée au milieu du graphique ne signifie pas nécessairement qu'elle représente les valeurs maximales. Le diagramme 3D offre une représentation plus globale de l'énergie rayonnée.

La plupart des antennes de petite taille sont conçues pour être omnidirectionnelles. En pratique, il n'est toutefois pas facile d'atteindre cette caractéristique sur une large plage de fréquences

Figure 20. Diagrammes de rayonnement 2D à 800 MHz





Antennes Siretta

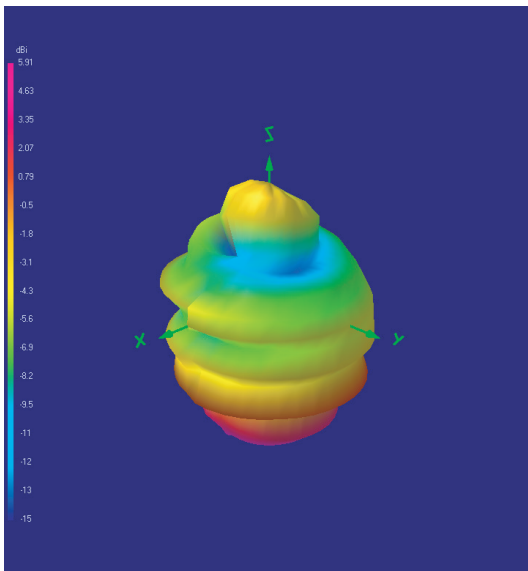
Guide des paramètres techniques

Diagramme de rayonnement 3D

Ici, la forme réelle du diagramme de rayonnement est représentée. Bien que les diagrammes de rayonnement 2D permettent d'examiner des détails, le découpage du diagramme de rayonnement selon trois plans peut masquer certaines distorsions ou des comportements inattendus. Les diagrammes 3D montrent la forme réelle du champ de rayonnement.

C'est l'intégration des diagrammes 3D qui est utilisée pour générer le diagramme d'efficacité de rayonnement.

Figure 21. Diagrammes de rayonnement 3D à 800 MHz





Installation d'antenne

Les points clés à prendre en compte pour toute installation d'antenne sont le type et la longueur du câble, la polarisation, ainsi que la visibilité directe (line of sight) entre les antennes. Selon les applications et les technologies utilisées, ces éléments doivent être traités de manière différente.

Le lecteur est invité à consulter cette note d'application pour une explication complète, mais la recommandation générale consiste à maintenir le câble aussi court que possible et à utiliser des câbles à faibles pertes afin de maximiser les performances de l'antenne. La règle de base concernant les câbles est la suivante : l'utilisation de ce câble permet-elle de positionner l'antenne dans un emplacement où le gain obtenu grâce à un meilleur positionnement est supérieur aux pertes introduites par le câble ?

Les adaptateurs permettant de changer le genre ou le type de connecteur introduisent systématiquement des pertes et doivent donc être évités. Leur seul avantage est de permettre une mise en service rapide lorsqu'un système ne dispose pas immédiatement des composants appropriés. Ils doivent toutefois toujours être considérés comme une solution temporaire et remplacés dès que possible.

GNSS (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou et QZSS)

Le GNSS fonctionne à partir des signaux reçus des satellites en orbite autour de la Terre. Les satellites GNSS émettent toujours des signaux radio à polarisation circulaire droite. Les antennes GNSS doivent donc être installées avec les plans X et Y horizontaux et le plan Z vertical. Étant donné que le GNSS utilise une polarisation circulaire droite, l'antenne peut être librement orientée dans le plan XY, à condition qu'elle supporte cette polarisation.

Il convient de noter que la visibilité vers le ciel ne se limite pas uniquement à la verticale. Les satellites se déplacent dans l'ensemble du ciel et peuvent se situer aussi bien juste au-dessus de l'horizon que directement à la verticale. Pour cette raison, l'emplacement idéal d'une antenne GNSS est un endroit où elle dispose d'une visibilité directe sur la plus grande portion de ciel possible.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Cellulaire (GSM/UMTS/LTE), LoRA, PMR, SigFox

Les principaux aspects de ces technologies sont les suivants :

1. L'utilisateur se connecte à l'antenne via une station de base appartenant à un opérateur tiers. Cela signifie que l'utilisateur n'a aucun contrôle sur l'une des deux antennes utilisées dans la liaison radio.
2. Les distances de communication sont généralement de l'ordre de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres.

Un point est certain : l'antenne d'une station de base est généralement une antenne de bonne qualité, à polarisation verticale, installée verticalement à une hauteur élevée. La hauteur typique d'un pylône cellulaire est d'environ 15 à 35 m, mais elle peut être encore plus importante en zone rurale. La plus haute installation LoRa connue par l'auteur se trouve sur la BT Tower à Londres, à 180 m. Une hauteur élevée permet au signal radio de se propager plus loin. Toutefois, à mesure que l'on se rapproche de la station de base, il existe un point à partir duquel le signal reçu diminue, car le diagramme de rayonnement de l'antenne de la station est optimisé pour la couverture lointaine plutôt que pour les courtes distances.

En raison de la grande distance entre les antennes, même si le signal émis est initialement à polarisation verticale, de nombreuses réflexions se produisent entre l'émetteur et le récepteur. La polarisation du signal reçu est donc généralement aléatoire, ce qui peut rendre le positionnement et l'orientation de l'antenne dépendants d'une démarche par essais successifs afin d'obtenir la meilleure réception.

Pour les installations cellulaires, Siretta propose la gamme SNYper d'analyseurs de réseaux cellulaires, permettant de mesurer la puissance du signal reçu de chaque cellule à portée du testeur. L'utilisateur peut s'appuyer sur ces informations pour sélectionner l'opérateur cellulaire le plus adapté à l'installation, puis identifier les bandes de fréquences exploitées par cet opérateur sur le site. Ces données peuvent ensuite être utilisées pour choisir une antenne compatible avec les cellules assurant la couverture du site.

Des mesures répétées sur une période prolongée permettent d'évaluer la fiabilité du signal. Lors de l'installation, l'antenne peut être connectée à l'analyseur utilisé en mode LiveSCAN, qui affiche la puissance du signal reçu en temps réel. Cela permet de déplacer l'antenne afin de déterminer la position offrant la meilleure réception. Si une antenne directionnelle est utilisée, cette méthode est particulièrement efficace pour s'assurer qu'elle est correctement orientée.



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

Bluetooth, IEEE 802.15.4, ISM, WiFi, Zigbee, Z-Wave

Les principaux aspects de ces technologies sont les suivants :

1. L'utilisateur contrôle et exploite généralement les deux extrémités de la liaison radio.
2. Les distances de communication sont typiquement comprises entre 1 m et quelques dizaines de mètres.

Étant donné que les distances mises en jeu sont faibles, le réseau radio est le plus souvent déployé dans une habitation ou un bâtiment. Dans ce contexte, la station de base ou le point d'accès auquel l'antenne est connectée peut être monté sur un mur ou au plafond. Il est également possible que la liaison radio s'effectue verticalement si les deux extrémités se trouvent à des étages différents. Dans ce cas, le diagramme de rayonnement des deux antennes doit être pris en compte, en particulier lorsque la portée de la norme radio utilisée est importante. Le modèle tridimensionnel complet de l'antenne peut alors être nécessaire, car les liaisons radio peuvent se situer aussi bien au-dessus qu'en dessous de l'antenne, ainsi qu'au même niveau.

La polarisation doit également être prise en considération. Lorsque la liaison radio est de courte portée, il y a généralement peu de signaux radio réfléchis ; la polarisation du signal émis est donc susceptible d'être identique à celle du signal reçu par l'antenne réceptrice. Bien que presque toutes les antennes soient à polarisation verticale, cette polarisation est définie par rapport au diagramme d'orientation XYZ fourni dans la fiche technique. Une antenne installée avec un angle différent présentera une polarisation correspondante, qui devrait idéalement être identique à celle de l'antenne située à l'autre extrémité de la liaison.



Appendice A

Liste des bandes de fréquences par application

6LoWPAN

Voir IEEE 802.15.4

Bluetooth

Les dispositifs Bluetooth fonctionnent dans la bande ISM (Industrielle, Scientifique et Médicale) 2,4 GHz non soumise à licence. Voir : <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/core-specification-6-2/>

Cellulaire

Pour GSM, UMTS et LTE, voir 3GPP TS 136 101, téléchargeable sous la référence ETSI TS 136 101' depuis <https://www.etsi.org>.

Pour la 5G, voir 3GPP TS 38.101, téléchargeable sous la référence ETSI TS 138 101 depuis <https://www.etsi.org>. La spécification TS 38.101-1 couvre les bandes FR1, TS 38.101-2 couvre les bandes FR2, et TS 38.101-3 couvre les bandes E-UTRA.

GNSS

GPS

Voir IS-GPS-200 pour les détails des bandes L1 et L2, disponible à l'adresse : <https://www.gps.gov/technical/icwg/IS-GPS-200M.pdf>

GLONASS

Voir 'GLONASS Interface Control Document, Navigational radio signal in bands L1, L2', disponible à l'adresse suivante : http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2016/08/ICD_GLONASS_rus_v5.1.pdf (en russe)

BeiDou

Voir les différents documents BeiDou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document, couvrant les différentes phases de déploiement du système, disponibles à l'adresse suivante : http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/Officialdocument/index_1.html

Gallileo

Voir "Galileo - Open Service - Signal In Space Interface Control Document", disponible à l'adresse suivante : <https://www.gsc-europa.eu/electronic-library/programme-reference-documents>

NavIC

Voir "IRNSS Signal-in-Space Interface Control Document for SPS", disponible à l'adresse suivante : https://www.isro.gov.in/sites/default/files/irnss_sps_icd_version1.1-2017.pdf



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

QNSS

Voir IS-QZSS-PNT-004, disponible à l'adresse suivante :
<https://qzss.go.jp/en/technical/ps-is-qzss/ps-is-qzss.html>

IEEE 802.15.4

Voir 'IEEE 802.15.4-2020 - IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks',
disponible à l'adresse suivante : https://standards.ieee.org/standard/802_15_4-2020.html

ISM

Voir les paragraphes 5.138 et 5.150 du chapitre II du Règlement des radiocommunications, édition 2020, volume I, disponible à l'adresse suivante : <https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/Pages/Radio-Regulations-2020.aspx>

LoRa

Voir RP002-1.0.3 LoRaWAN® Regional Parameters, disponible à l'adresse suivante :
<https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2021/05/RP-2-1.0.3.pdf>

MiWi

Voir IEEE 802.15.4

PMR / LMR

Ce terme englobe des technologies telles que NXDN, TETRA, MPT-1327, APCO 25 et DMR. Ces systèmes sont spécifiques à chaque pays, mais les bandes de fréquences utilisées se situent généralement entre 130 MHz et 950 MHz.

Sigfox

Voir 'Sigfox connected objects: Radio specifications', disponible à l'adresse suivante :
<https://build.sigfox.com/sigfox-device-radio-specifications>

Thread

Voir IEEE 802.15.4

Snap

Voir IEEE 802.15.4

WiFi

Voir '802.11-2020 - IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications', disponible à l'adresse suivante : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9363693>



Antennes Siretta

Guide des paramètres techniques

WirelessHART

Voir IEEE802.15.4

Zigbee

Voir IEEE 802.15.4

Z-Wave

Voir la 'Z-Wave Alliance Frequency and Region List', disponible à l'adresse suivante :
<https://sdomembers.z-wavealliance.org/document/dl/965>



Information sur le droit d'auteur

© 2021 Siretta Ltd, all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, transmise, transcrite, stockée dans un système de récupération de données ou traduite dans quelque langue que ce soit sans l'autorisation écrite de Siretta Ltd.

Clause de non-responsabilité

Les informations contenues dans ce document sont la propriété de Siretta Ltd. Siretta a mis tout en œuvre pour garantir l'exactitude des informations figurant dans ce document. Toutefois, Siretta ne fournit aucune garantie quant à ces informations et n'assume aucune responsabilité en cas de blessure, de perte ou de dommage de quelque nature que ce soit résultant de l'utilisation de ces informations.

Siretta Ltd n'assume aucune responsabilité pour toute application développée à partir du routeur décrit dans ce document et précise que toute utilisation de ce routeur doit être conforme aux normes de sécurité en vigueur dans le pays concerné ainsi qu'aux règles de câblage applicables. Siretta se réserve le droit d'apporter, à tout moment et sans préavis, des modifications, ajouts ou suppressions à ce document, notamment en cas d'erreurs typographiques, d'informations inexacts ou d'améliorations apportées à l'équipement. Ces modifications seront intégrées dans les nouvelles éditions de ce document.

Tous droits réservés.

© 2021 Siretta Ltd



EBDS

WIRELESS & ANTENNAS



Siretta

Enabling Industrial IoT

Siretta Ltd, Basingstoke Road, Reading, Berkshire, RG7 1PW

+44 (0)118 976 9000 www.siretta.com