

Composante Télécommunications

Devoir Maison

| | |
|--------|--|
| Groupe | |
| Nom | |
| Prénom | |

1 Etude des caractéristiques d'une antenne

Les caractéristiques de l'antenne considérée - vendue par le fournisseur Kathrein sous la référence 80010684 - sont données Figure 1, ses diagrammes de rayonnement sont donnés Figure 2.

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
| Quad-band Panel | 790-960 | 1710-1880 | 1920-2170 | 2490-2690 | KATHREIN | |
| Dual Polarization | X | X | X | X | Antennen · Electronic | |
| Half-power Beam Width | 65° | 65° | 65° | 65° | Preliminary Issue | |
| Adjust. Electr. Downtilt | 0°-12° | 0°-10° | 0°-10° | 0°-10° | | |
| set by hand or by optional RCU (Remote Control Unit) | | | | | | |
| XXXXPol Panel 790-960/1710-1880/1920-2170/2490-2690 65°/65°/65°/65° 14.5/16.5/17/17dBI 0°-12°/0°-10°/0°-10°/0°-10°T | | | | | | |
| Type No. | 80010684 | | | | | |
| Frequency range | 790 - 862 MHz | 790-960 824 - 896 MHz | 880 - 960 MHz | 1710-1880 1710 - 1880 MHz | 1920-2170 1920 - 2170 MHz | 2490-2690 2490 - 2690 MHz |
| Polarization | +45°, -45° | +45°, -45° | +45°, -45° | +45°, -45° | +45°, -45° | +45°, -45° |
| Average gain (dBi) | 16.8 ... 16.7 ... 16.5 | 17.0 ... 17.0 ... 16.8 | 17.1 ... 17.2 ... 17.0 | 17.8 ... 17.8 ... 17.5 | 17.8 ... 17.8 ... 17.4 | 17.8 ... 17.8 ... 17.6 |
| Tilt | 0° ... 6° ... 12° | 0° ... 6° ... 12° | 0° ... 6° ... 12° | 0° ... 5° ... 10° | 0° ... 5° ... 10° | 0° ... 5° ... 10° |
| Horizontal Pattern: | | | | | | |
| Half-power beam width | 69° | 68° | 67° | 1' 67° | 63° | 62° |
| Front-to-back ratio, copolar (180°±30°) | > 25 dB | > 25 dB | > 25 dB | > 25 dB | > 25 dB | > 25 dB |
| Cross polar ratio | | | | | | |
| Main direction 0° | 20 dB | 20 dB | 20 dB | 20 dB | 18 dB | 20 dB |
| Sector ±60° | > 10 dB | > 10 dB | > 10 dB | > 10 dB | > 10 dB | > 10 dB |
| Vertical Pattern: | | | | | | |
| Half-power-beam width | 15.7° | 15.3° | 15° | 2' 6.7° | 5.9° | 5.2° |
| Electrical tilt, continuously adjust. | 0°-12° | | | 0°-10° | 0°-10° | 0°-10° |
| Sidelobe suppression for first sidelobe above main beam | 0° ... 6° ... 12° T 16 ... 16 ... 16 dB | 0° ... 6° ... 12° T 16 ... 16 ... 16 dB | 0° ... 6° ... 12° T 18 ... 17 ... 16 dB | 0° ... 5° ... 10° T 16 ... 16 ... 15 dB | 0° ... 5° ... 10° T 16 ... 16 ... 15 dB | 0° ... 5° ... 10° T 16 ... 16 ... 15 dB |
| Impedance | 50 Ω | | | 50 Ω | 50 Ω | 50 Ω |
| VSWR | < 1.5 | | | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 |
| Isolation: Intrasystem | > 30 dB | | | > 28 dB | > 28 dB | > 28 dB |
| Isolation: Intersystem | > 30 dB (1710-1880 // 1920-2170 MHz) > 35 dB (790-960 // 1710-2170 MHz) > 38 dB (2490-2690 // 790-960 ... 1710-2170 MHz) | | | | | |
| Intermodulation IM3 | < -150 dBc (2 x 43 dBm carrier) | | | | | |
| Max. power per input | 500 W* | | | 200 W* | 200 W* | 200 W* |
| Total power | 1000 W* | | | 400 W* | | |

* (at 50 °C ambient temperature)

* (at 50 °C ambient temperature)

Figure 1: Caractéristiques générales de l'antenne Kathrein ref. : 80010684

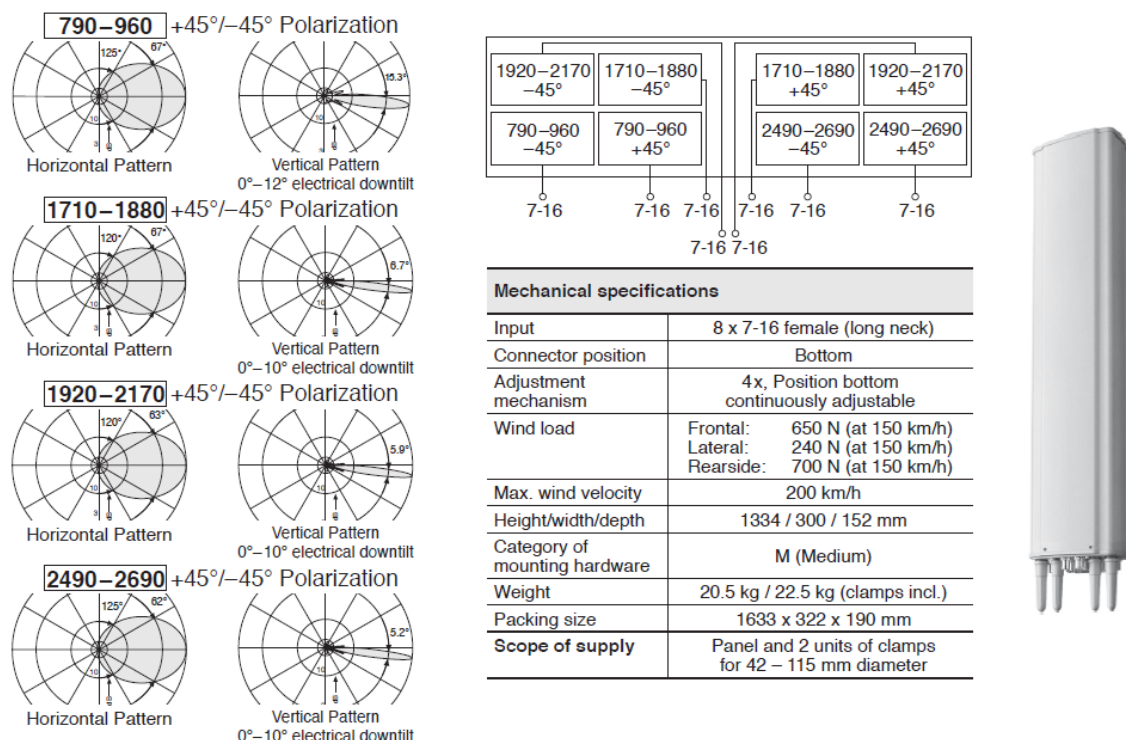


Figure 2: Diagrammes de rayonnement de l'antenne Kathrein ref. : 80010684

Question 1.

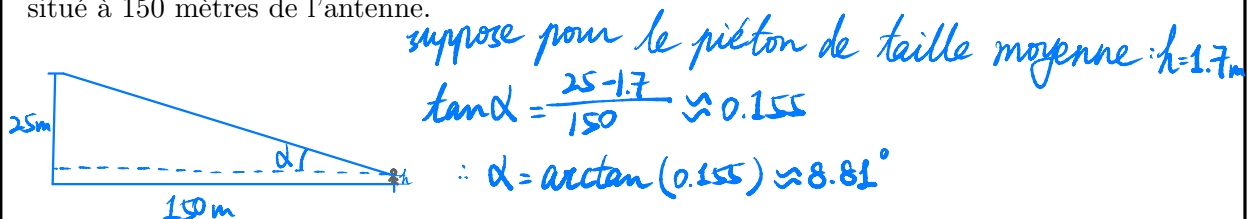
[Ant] Quelle est l'ouverture horizontale de cette antenne dans la bande 1710 – 1880 MHz?

67°

[Ant] Quelle est l'ouverture verticale de cette antenne dans la bande 1710 – 1880 MHz?

6.7°

[Ant] L'antenne est montée au sommet d'un pylône de 25 mètres. Paramétrer le tilt afin d'assurer un rayonnement optimal du lobe principal pour un piéton de taille moyenne, situé à 150 mètres de l'antenne.



[Ant] Ce tilt est-il compatible avec les caractéristiques de l'antenne? Argumentez votre réponse en une phrase.

?

Les valeurs limites d'exposition du public aux radio-fréquences dépendent fortement de la longueur d'onde utilisée. Elles sont données dans le Tableau 1, avec f la fréquence exprimée dans l'unité indiquée dans la colonne de la gamme de fréquences :

Un périmètre de sécurité doit être respecté autour de tout émetteur radio de telle sorte que, en dehors

| Gamme de fréquences f_i | Valeur limite du champ électrique toléré E_ℓ en V/m |
|---------------------------|--|
| 1 - 10 MHz | $87 \div \sqrt{f}$ |
| 10 - 400 MHz | 28 |
| 400 - 2000 MHz | $1.375 \times \sqrt{f}$ |
| 2 - 300 GHz | 61 |

Table 1: Champs électriques tolérés [ANFR]

de ce périmètre de sécurité :

$$\sum_{f_i} \left(\frac{E_i}{E_\ell(f_i)} \right)^2 \leq 1$$

où $E_\ell(f_i)$ est la valeur limite du champ électrique toléré dans la gamme de fréquences f_i considérée. Les données simplifiées de l'antenne Kathrein ref. : 80010684 sont listées dans le Tableau 2 :

| Gamme de fréquences | Gain en dB | Puissance d'émission en W |
|------------------------------|------------|---------------------------|
| 790 - 960 MHz $f_1 = 875$ | 17 G_1 | 20 |
| 1710 - 1880 MHz $f_2 = 1795$ | 17.8 G_2 | 20 |
| 1920 - 2170 MHz f_3 | 17.8 G_3 | 20 |
| 2490 - 2690 MHz f_4 | 17.8 G_4 | 20 |

Table 2: Données simplifiées de l'antenne Kathrein ref. : 80010684

Question 2.

[Ant] En considérant des conditions idéales de propagation dans le vide, trouver la distance de sécurité de l'antenne (on rappelle qu'elle est quadri-bande) :

Connu : $\sum_{f_i} \left(\frac{E_i}{E_\ell(f_i)} \right)^2 \leq 1$ ①
 Dans l'espace libre $\begin{cases} E = \frac{P_e \cdot G_e \cdot Z_0}{4\pi d^2} \\ Z_0 = 377 \Omega \end{cases}$
 $\Rightarrow E_i = \sqrt{\frac{20 \cdot G_{ei} \cdot 377}{4\pi d^2}} \approx \frac{25}{d} \sqrt{G_{ei}}$
 $G_{ei} = \sqrt{10^{G_{ei}/10}}$
 $E_\ell(f_1) = 1.375 \times \sqrt{875} \approx 41$ ③
 $E_\ell(f_2) = 1.375 \times \sqrt{1795} \approx 58$ ④
 $E_\ell(f_3) = E_\ell(f_4) = 61$ ⑤
 Pe ① ③ ④ ⑤, donc :
 $\left(\frac{25}{d} \sqrt{\frac{10^{17}}{41}} \right)^2 + \left(\frac{25}{d} \sqrt{\frac{10^{17.8}}{58}} \right)^2 + \left(\frac{25}{d} \sqrt{\frac{10^{17.8}}{61}} \right)^2 + \left(\frac{25}{d} \sqrt{\frac{10^{17.8}}{61}} \right)^2 \leq 1$
 $\left(\frac{25}{d} \right)^2 \left(\frac{\sqrt{10^{17}}}{41} + \frac{\sqrt{10^{17.8}}}{58} + \frac{\sqrt{10^{17.8}}}{61} \times 2 \right) \leq 1$
 $d \geq 25 \times \sqrt{\left(\frac{7}{41^2} + \frac{7.8}{58^2} + \frac{7.8}{61^2} \times 2 \right)}$
 $\approx 25 \times \sqrt{0.1} \approx 25 \times 0.3 = 7.5 \text{ m}$

[Radio-B] Dans un environnement urbain, cette distance augmente-t-elle ou diminue-t-elle ? Argumentez votre réponse en une phrase.

[Radio-I] En considérant un site équipé d'une seule antenne, quelle forme devrait avoir la zone de sécurité autour du site : ronde, carrée, rectangulaire, autre ? Argumentez votre réponse en une phrase.

Question 3.

Dans la bande 790 – 960 MHz : *[Radio-B]* Calculer la Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente de l'émetteur (ne considérer aucune perte dans les équipements) :

en dB :

en dBm :

[Ant] Quelle serait la PIRE en direction d'un récepteur situé à un azimuth de 60° par rapport à la direction privilégiée de l'antenne ?

en dBm :

[Archi-B] Pour quel(s) système(s) de radiocommunications cette antenne pourrait-elle être utilisée ?

2 Communication radio

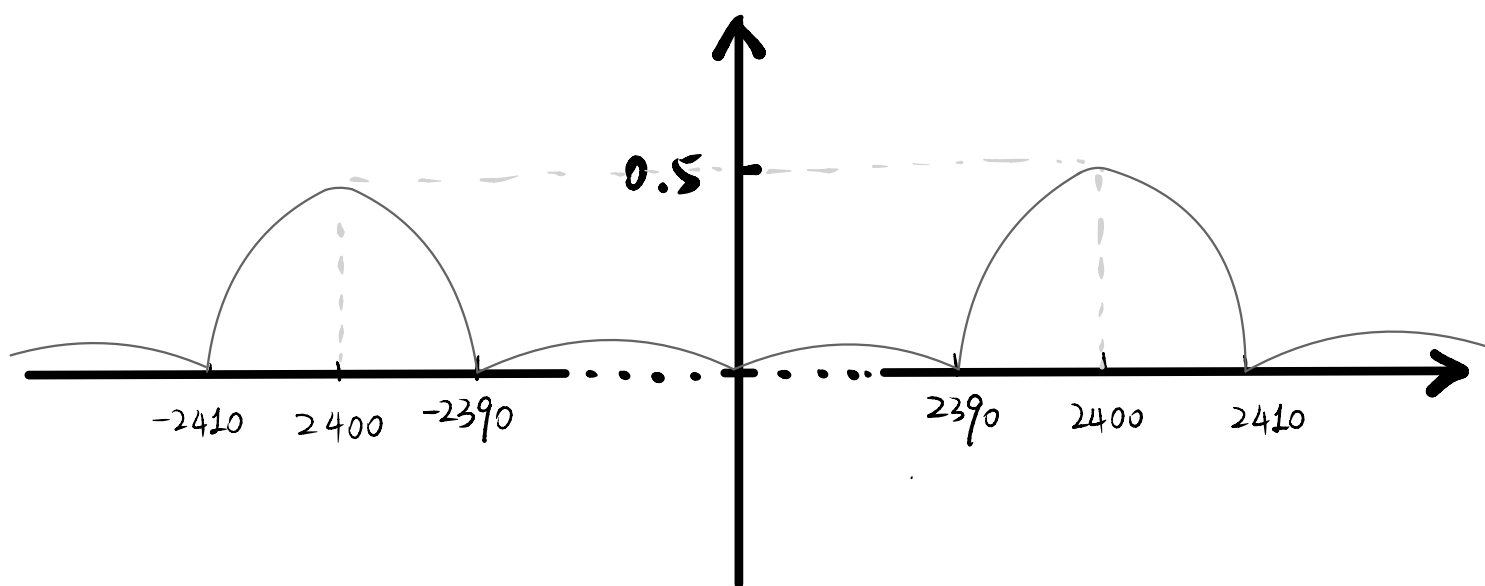
Un réseau radio doit transmettre à un utilisateur des données modulées dont : la densité spectrale de puissance est assimilée à un $|\text{sinc}|^2$, la bande passante vaut 20 MHz, la fréquence porteuse se situe dans la gamme de fréquences des 2.4 GHz.

Pour joindre l'utilisateur - dans un appartement en zone urbaine - le réseau peut utiliser : soit un émetteur WiFi indoor - distant de 10 mètres de l'utilisateur, soit un émetteur LTE outdoor - distant de 500 mètres de l'utilisateur. On considère les modèles d'affaiblissement de propagation suivants, où f est la fréquence porteuse (en MHz) et d est la distance entre l'émetteur et le récepteur (en km) :

- pour le LTE : $A_L(d) = 50 + 26.16 \times \log_{10}(f) + 36 \times \log_{10}(d)$, d en km
 $= 0.5$
- pour le WiFi : $A_W(d) = 20 \times \log_{10}(f) + 33 \times \log_{10}(d) - 5$, d en m
 $= 10$

Question 4.

[Ant] Tracer l'allure du spectre du signal modulé transmis en précisant bien les valeurs sur l'axe des fréquences, car les échelles ne peuvent pas être respectées :



Question 5.

[Capa-B] Calculer la puissance du bruit thermique dans un canal :

- WiFi 802.11a :

$$P_{\text{bruit}}(a) = 1.38 \times 10^{-23} \times 290 \times 2 \times 10^7 \text{ W} = 8 \times 10^{-14} \text{ W}$$

- WiFi 802.11b :

$$P_{\text{bruit}}(b) = 8 \times 10^{-14} \text{ W}$$

- LTE de 20 MHz :

$$P_{\text{bruit}}(\text{LTE}) = 8 \times 10^{-14} \text{ W}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{bruit}}(W) = KTB \\ K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \\ T = 290 \text{ K} \\ B = 20 \text{ MHz} = 2 \times 10^7 \text{ Hz} \end{array} \right.$$

[Capa-B] Comparer les résultats obtenus :

Question 6.

Cas où on utilise le WiFi pour la communication

La puissance de l'émetteur en sortie d'antenne est fixée à 25 dBm.

[Radio-B] Convertir cette puissance :

- en dB :
- en mW :

[Radio-B] Calculer la puissance du signal reçue par l'utilisateur :
en dBm :

La puissance de toutes les interférences reçues par l'utilisateur est estimée à -85 dBm.

[Archi-B] Quelles sont les causes de ces interférences ?

[Capa-B] Calculer le SINR de la liaison :

[Capa-I] Quel débit l'utilisateur peut-il espérer ?

Question 7.

Cas où on utilise le LTE pour la communication

L'émetteur, de puissance 20W, est relié à une antenne omnidirectionnelle de gain 15 dB. On ne considère aucune perte dans les équipements.

[Radio-B] Calculer la Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente de l'émetteur LTE :

en dBm :

en W :

[Radio-B] Calculer la puissance du signal reçue par l'utilisateur :

en dBm :

Les interférences reçues par l'utilisateur proviennent de six interféreurs. Chaque interféreur possède les mêmes caractéristiques que l'émetteur LTE et il est situé à 2 km de l'utilisateur.

[Radio-B] Calculer la puissance totale reçue par l'utilisateur de la part de tous les interféreurs :

[Capa-B] Calculer le SINR de la liaison :

[Capa-I] Quel débit l'utilisateur peut-il espérer ?

Question 8.

[Archi-B] Quel réseau conseilleriez-vous d'utiliser dans cette situation ?

Question 9.

[Radio-I] On constate très souvent des différences entre les calculs 'théoriques' et les mesures 'terrain' des puissances reçues et des débits de transmission. Quelles pourraient en être les causes ?

Question 10.

[Archi-B] Un utilisateur possède un téléphone mobile 4G compatible WiFi. Entourer les situations dans lesquelles il pourra essayer d'utiliser le WiFi :

- dans une rame de métro parisien
- dans une gare SNCF parisienne
- dans un café Starbucks
- dans un parc parisien
- sur l'autoroute Paris-Lyon