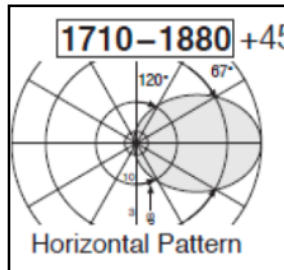


Devoir maison telecom :

Question 1 :

a- Quelle est l'ouverture horizontale de cette antenne dans la bande 1710 – 1880 MHz?

D'après le tableau ou le graphique, nous avons une ouverture horizontale de 67° pour l'antenne de bande 1710 - 1880 MHz.

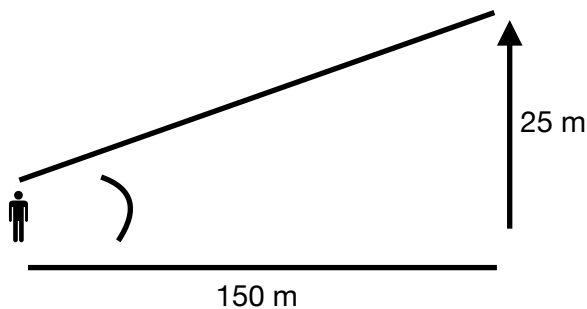


Type No.	80010684			
	790 – 882 MHz	824 – 896 MHz	880 – 960 MHz	1710 – 1880 MHz
Frequency range	790 – 882 MHz	824 – 896 MHz	880 – 960 MHz	1710 – 1880 MHz
Polarization	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°
Average gain (dBi)	16.8 ... 16.7 ... 16.5	17.0 ... 17.0 ... 16.8	17.1 ... 17.2 ... 17.0	17.8 ... 17.8 ... 17.5
Tilt	0° ... 6° ... 12°	0° ... 6° ... 12°	0° ... 6° ... 12°	0° ... 5° ... 10°
Horizontal Pattern:				
Half-power beam width	69°	68°	67°	67°

b- Quelle est l'ouverture verticale de cette antenne dans la bande 1710 – 1880 MHz?

Même méthode que question a. Ouverture verticale : 6.7°.

c- L'antenne est montée en haut 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.



Nous savons que : $Tan(\alpha) = \frac{opp}{adj}$ et que la taille d'une personne moyenne est de 1.75m donc :

$$\tan(\alpha) = \frac{h \cdot \text{antenne} - h \cdot \text{personne}}{\text{distance}} \Leftrightarrow \alpha = \arctan\left(\frac{25 - 1.75}{150}\right) = 8.83^\circ$$

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

D'après le tableau nous avons que le tilt doit être compris entre 0 et 10°. Le tilt est donc bien configuré.

Type No.	80010684			
	790 – 862 MHz	824 – 896 MHz	880 – 960 MHz	1710 – 1880 MHz
Frequency range	790 – 862 MHz	824 – 896 MHz	880 – 960 MHz	1710 – 1880 MHz
Polarization	+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
Tilt	0° ... 6° ... 12°	0° ... 6° ... 12°	0° ... 6° ... 12°	0° ... 5° ... 10°
Horizontal Pattern:				
Half-power beam width	68°	66°	67°	67°
Front-to-back ratio, copolar (180°±30°)	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB
Cross polar ratio				
Main direction	0°	20 dB	20 dB	20 dB
Sector	±60°	> 10 dB	> 10 dB	> 10 dB
Vertical Pattern:				
Half-power beam width	15.7°	15.3°	15°	6.7°
Electrical tilt, continuously adjust.		0°–12°		0°–10°

Question 2 :

a- 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)

Nous avons les formules :

$$\sum \left(\frac{E_i}{El(f_i)} \right)^2 \leq 1 \quad \text{et} \quad \sqrt{\frac{Pe \cdot Ge \cdot Zo}{4\pi d^2}}$$

Dans les conditions idéales de propagation dans le vide nous avons :

Ge : gain de l'antenne dB

Zo : indépendance du vide Zo = 377 Ω

Pe : puissance d'émission en W

Nous avons donc :

$$\Rightarrow \left(\frac{\sqrt{\frac{Pe(960) \cdot Ge \cdot Zo}{4\pi d^2}}}{El(f 960)} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{\frac{Pe(1880) \cdot Ge \cdot Zo}{4\pi d^2}}}{El(f 1880)} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{\frac{Pe(2170) \cdot Ge \cdot Zo}{4\pi d^2}}}{El(f 2170)} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{\frac{Pe(2690) \cdot Ge \cdot Zo}{4\pi d^2}}}{El(f 2690)} \right)^2 \leq 1$$

$$\Leftrightarrow \sqrt{\frac{Pe \cdot Zo}{4\pi} \left(\left(\frac{\sqrt{10^{\frac{17}{10}}}}{1.375 \times \sqrt{960}} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{10^{\frac{17.8}{10}}}}{1.375 \times \sqrt{1880}} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{10^{\frac{17.8}{10}}}}{61} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{10^{\frac{17.8}{10}}}}{61} \right)^2 \right)} \leq d$$

$$\Leftrightarrow d \geq 6.80\text{m}$$

Nous avons trouvés les valeurs des dominateurs , puissance d'émission et gains grâce aux tableaux ce-dessous :

Gamme de fréquences	Gain en dB	Puissance d'émission en W
790 - 960 MHz	17	20
1710 - 1880 MHz	17.8	20
1920 - 2170 MHz	17.8	20
2490 - 2690 MHz	17.8	20

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

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

Dans un environnement urbain nous observons de nombreux obstacles (immeubles...). Ces différents obstacles absorbent partiellement les ondes entraînant une perte de puissance et une diminution du périmètre de sécurité.

c- 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.

En supposant l'antenne isotrope et donc émettant de manière uniforme dans toutes les directions, la zone de sécurité autour du site devrait être de forme circulaire.

Question 3 :

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

D'après le premier tableau question 2.a nous avons la puissance d'émission en W : $20W \Leftrightarrow 20 \cdot 10^3$ mW, nous avons les formules :

PIRE(dBm) : puissance appliquée à l'antenne [dBm] + gain [dB]

$$P(w) = 1W \times 10^{\frac{P(dBm)}{10}} \quad P(dBm) = 10 \log\left(\frac{P(mW)}{1}\right) \quad PIRE(dB) = 10 \log(P(w))$$

Soit dans notre cas :

$$PIRE(dBm) = 10 \log\left(\frac{20 \cdot 10^3}{1}\right) + 17 = 60 dBm$$

$$P(w) = 1 \times \frac{10^{\frac{60}{10}}}{1000} = 1000 = 10.3$$

$$PIRE(dB) = 10 \log(10^3) = 30 dB$$

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

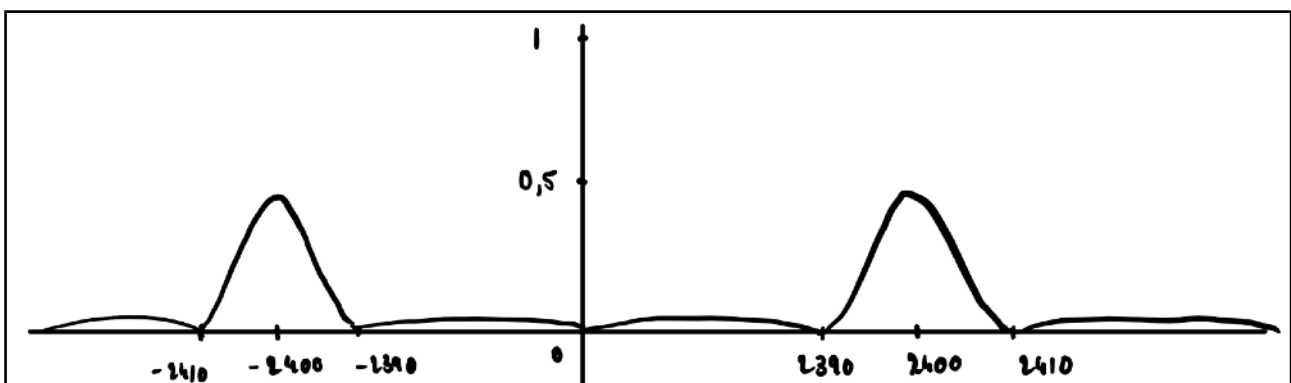
$$PIRE(dBm) = 10 \log\left(\frac{20 \cdot 10^3}{1}\right) + (17 - 3) = 50 dBm$$
 D'après le graphique de la bande 790-960.

c- Pour quel(s) système(s) de radiocommunications cette antenne pourrait-elle être utilisée ?

C'est une antenne quadri-bande qui émet dans des gammes de fréquences correspondants aux données mobiles (2G,3G,4G).

Question 4 :

a- 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 :

a- Calculer la puissance du bruit thermique dans un canal :

Nous avons la formule du bruit telle que : $P(\text{bruit}) = K \times T \times B$
Avec :

K = Constante de Boltzman : $1.38 \times 10^{-23} m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$

T = Température exprimée en degrés Kelvin : 290 K

B = bande passante du filtre de mesure (bande carrée) exprimée en Hz : $10^{-6} Hz$

WiFi 802.11a : $KT B = 1.38 \cdot 10^{-23} \times 290 \times 20 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^{-14} W$

WiFi 802.11b : $KT B = 8 \cdot 10^{-14} W$

LTE de 20 MHz : $KT B = 8 \cdot 10^{-14} W$

b- Comparer les résultats obtenus :

Nous avons la même bande donc les résultants sont équivalents.

Question 6 :

a- La puissance de l'émetteur en sortie d'antenne est fixée à 25 dBm.
Convertir cette puissance :

dB/dBW à dBm/dBmW : valeur en dB/dBW + 30

dBm/dBmW à dB/dBm : valeur en dBm/dBmW - 30

En dB : $25 - 30 = 5\text{dB}$

En mW :

$$\Rightarrow 10\log(\text{mW}) = 25$$

$$\Leftrightarrow \log(\text{mW}) = \frac{25}{10}$$

$$\Leftrightarrow \text{mW} = 10^{\frac{25}{10}} = 316.22 \text{ mW}$$

b- Calculer la puissance du signal reçue par l'utilisateur :

D'après l'énoncé et nos connaissances nous avons les formules :

$$\text{RSSI} = P(\text{recue}) \text{ (dBm)} = P(\text{émise}) \text{ (dBm)} - \text{Atténuation (dB)}$$

$$\text{- pour le LTE : } A_L(d) = 50 + 26.16 \times \log_{10}(f) + 36 \times \log_{10}(d), d \text{ en km}$$

$$\text{- pour le WiFi : } A_W(d) = 20 \times \log_{10}(f) + 33 \times \log_{10}(d) - 5, d \text{ en m}$$

Nous savons aussi d'après l'énoncé que : $f = 2.4 \text{ GHz} = 2.4 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ et que l'utilisateur est à une distance de 10m donc :

$$P(\text{émise}) = 25 \text{ dBm}$$

$$\text{Atténuation} = 20\log(2.4 \cdot 10^3) + 33\log(10) - 5 = 95,60 \text{ dB}$$

$$\text{En dBm : } 25 - 95,60 = -70,60 \text{ dBm}$$

c- La puissance de toutes les interférences reçues par l'utilisateur est estimée à 85 dBm.
Quelles sont les causes de ces interférences ?

Dans une zone urbain il y a de nombreuses antennes WiFi à proximité. Ces interférences sont donc dues à leurs proximités.

d- Calculer le SINR de la liaison :

$$\text{SINR} = \frac{\text{RSSI}}{P(\text{bruit}) + P(\text{interieur})}, \text{ avec } P(\text{bruit}) = KTB$$

$$\text{RSSI} = -70.60 \text{ dBm} = 10^{\frac{-70.60}{10}} = 8.71 \cdot 10^{-8} \text{ mW}$$

$$P(\text{bruit}) = 8 \cdot 10^{-11} \text{ mW}$$

$$P(\text{interieur}) = -85 = 10^{\frac{-85}{10}} = 3.16 \cdot 10^{-9} \text{ mW}$$

Nous arrivons donc à :

$$\text{SINR} = 26.88$$

e- Quel débit l'utilisateur peut-il espérer ?

Nous avons la formule :

$$C(\text{Mb/s}) = B \times \log(\text{base } 2)(1 + \text{SINR})$$

$$D = 20 \cdot 10^6 \times \log(1 + 26.88) = 96 \text{ Mb/s} \text{ soit } 12 \text{ Mo/s. Au maximum}$$

Question 7 :

a- Calculer la Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente de l'émetteur LTE :

$$\text{PIRE}(\text{dBm}) = \text{Puissance de transmission (dBm)} - \text{Pertes(dB)} + \text{gain de l'antenne(dBi)}$$

$$\text{Puissance de transmission(dBm)} = 10\log(10^3 \times \text{puissance(W)})$$

D'après l'énoncé nous avons aucune perte donc :

$$\text{PIRE}(\text{dBm}) = 10\log(10^3 \times 20) - 0 + 15 = 58 \text{ dBm}$$

$$\text{PIRE(W)} = 10^{\frac{58}{10}} = 6.31 \cdot 10^5 \text{ mW} = 631 \text{ W}$$

b- Calculer la puissance du signal reçue par l'utilisateur :

$$\text{RSSI} = P(\text{recue}) (\text{dBm}) = P(\text{émission}) (\text{dBm}) - \text{Atténuation (dB)}$$

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

Nous savons aussi d'après l'énoncé que : $f = 2.4 \text{ GHz} = 2.4 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ et que l'utilisateur est à une distance de 0.5km donc :

$$A(d) = 50 + 26.6 \times \log(2.4 \times 10^3) + 36 \log(0.5) = 127.59 \text{ dB}$$

Soit :

$$RSSI = P(\text{recue}) = 58 - 127.59 = -69.59 \text{ dBm}$$

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

c- Calculer la puissance totale reçue par l'utilisateur de la part de tous les interféreurs :

Pour une unique interféreurs on aura :

$$P(\text{int mW}) = P(\text{émis mW}) \times A(\text{dB})$$

$$A(d) = 50 + 26.6 \times \log(2.4 \times 10^3) + 36 \log(2) = 149.26 \text{ dB}$$

$$P(\text{int}) = -91.2 \text{ dBm soit } P(\text{int}) = 10^{-9.12} \text{ mW}$$

Pour 6 interféreurs nous aurons donc :

$$P(\text{int mW}) = 6 \times P(\text{int mW}) = 6 \times 10^{-9.12} = 4.55 \times 10^{-9} \text{ mW}$$

d- Calculer le SINR de la liaison :

$$\text{SINR} = \frac{RSSI(\text{mW})}{P(\text{bruit}(\text{mW})) + P(\text{interieur}(\text{mW}))}$$

$$P(\text{int mW}) = 4.55 \times 10^{-9} \text{ mW}$$

$$P(\text{reçu dBm}) = -69.59 \text{ dBm} = 10^{\frac{-69.59}{10}} \text{ mW}$$

$P(\text{bruit mW}) = -174 + 10\log(B)$ avec B la bande passante en Hz

$$\Rightarrow P(\text{bruit dBm}) = -174 + 10\log(20 \times 10^6) = -101 \text{ dBm}$$

$$\Leftrightarrow P(\text{bruit mW}) = 10^{\frac{-101}{10}} \text{ mW} = 7.94.10^{-11} \text{ mW}$$

$$\text{SINR} = 23.6$$

e- Quel débit l'utilisateur peut-il espérer ?

$$C(\text{Mb/s}) = B \times \log(\text{base } 2)(1 + \text{SINR})$$

$$C = 20 \times 10^6 \times \log(\text{base } 2)(1 + 23.6) = 92.4 \text{ Mbps}$$

Soit, il peut espérer un débit maximum de 11.5 Mo/s.

Question 8 :

Quel réseau conseilleriez-vous d'utiliser dans cette situation ?

Dans les mêmes conditions que la LTE, le wifi propose un débit plus élevé donc le wifi est conseillé.

Question 9 :

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 ?

Les calculs théoriques correspondent à une modélisation dans un environnement donné souvent simplifié alors qu'en pratique chaque environnement est différent. Dans les villes, la taille des bâtiments, les matériaux de construction, réseaux électriques. Ces différents paramètres expliquent donc les différences entre les attentes théoriques et les mesures 'terrain'.

Question 10 :

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 : NON
- dans une gare SNCF parisienne : OUI
- dans un café Starbucks : OUI
- dans un parc parisien : OUI
- Sur l'autoroute Paris - Lyon : sur certaines aires d'autoroutes.

