

SUJET

Option B – Électronique et Communications

Partie 2 - Sciences Physiques

Durée 2h - Coefficient 2

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes :

Partie A : Étude de la liaison radio ;

Partie B : Étude de l'interface d'antenne ;

Partie C : Modulation de Radio Numérique Terrestre.

Présentation

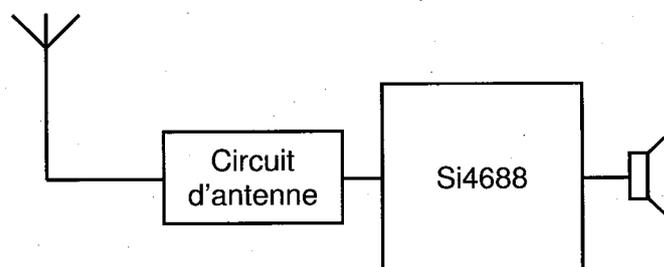
La radio n'a pas subi d'évolution de son mode de diffusion depuis la FM. La bande FM est aujourd'hui saturée. Elle ne peut accueillir de nouveaux émetteurs.

Le DAB+ (Digital Audio Broadcasting) ou Radio Numérique Terrestre est une technologie qui permet d'écouter la radio via des signaux numériques. Cette évolution permet la diffusion de nombreuses radios supplémentaires. Il est également possible de transmettre des informations associées au programme diffusé : on peut imaginer voir sur l'écran de l'autoradio l'image de l'album associé à la chanson en cours de diffusion.

La radio numérique utilise la modulation Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).

Le récepteur DAB+ utilise la monopuce Si4688. Ce composant peut décoder des signaux radio issus de différentes gammes de fréquence :

- *la radio FM analogique (88 MHz – 108 MHz) ;*
- *la radio numérique terrestre RNT (174 MHz – 240 MHz).*



Le sujet porte sur l'étude des performances de ce circuit et de cette modulation.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP1 sur 8
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie A. Étude de la liaison radio

Problématique : choisir une antenne de réception et son câble coaxial.

L'objectif de cette partie est de choisir l'antenne et le câble coaxial adaptés à la puce du récepteur DAB+, le Si4688.

Dans la suite de cette partie, on travaillera avec une onde de fréquence f égale à 209,94 MHz. Elle se propage à une célérité c égale à $3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Les fréquences radio sont réparties suivant les domaines de fréquences présentés ci-dessous :

HF	VHF	UHF	SHF
3 MHz ; 30 MHz	30 MHz ; 300 MHz	300 MHz ; 3 GHz	3 GHz ; 30 GHz

1. Choix de l'antenne

Q48. Indiquer la bande de fréquence dans laquelle se situent les signaux radio traités par le Si6488.

Q49. Indiquer, parmi les 3 antennes proposées sur le DOC14 « les antennes », celle(s) qui n'est (ne sont) pas utilisable(s) pour recevoir la RNT (Radio Numérique Terrestre). Justifier votre (vos) choix.

Le bilan de liaison de la transmission est représenté sur le document réponses DR-SP1. Lorsque l'onde se propage dans son environnement, elle subit deux atténuations :

- une atténuation due à l'espace libre notée Free Space Loss (FSL) :

$$FSL = 32,5 + 20 \times \log(d) + 20 \times \log(f)$$

où FSL est en dB, d en km et f en MHz.

- une atténuation due à l'encombrement de l'environnement notée A vaut 60 dB.

Q50. Calculer la longueur d'onde λ de l'onde étudiée pour la fréquence f égale à 209,94 MHz.

Q51. Calculer l'atténuation FSL en espace libre pour une distance d , égale à 96 km. Compléter le document réponses DR-SP1.

Q52. Donner, sur le document réponses DR-SP1, la valeur de la puissance P_{RA} de l'onde reçue par l'antenne.

Q53. Calculer la puissance P_{RMINI} que doit recevoir le récepteur DAB+. Compléter le document réponses DR-SP1.

Q54. Montrer que le gain minimum G_{ARMINI} de l'antenne de réception pour assurer une réception de qualité est de 19,98 dB. Compléter le document réponses DR-SP1.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP2 sur 8
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Q55. Affiner le choix d'antenne commencé à la question Q49 et identifier le numéro de l'antenne du DOC14 « les antennes » qui permet d'assurer une réception de qualité. Justifier.

2. Choix du câble coaxial

Pour relier l'antenne du décodeur RNT, on utilise un câble coaxial de 15 m.

Q56. Donner le nom de chacune des GRANDEUR N°1 et GRANDEUR N°2 qui décrivent un câble coaxial sur la figure 1.

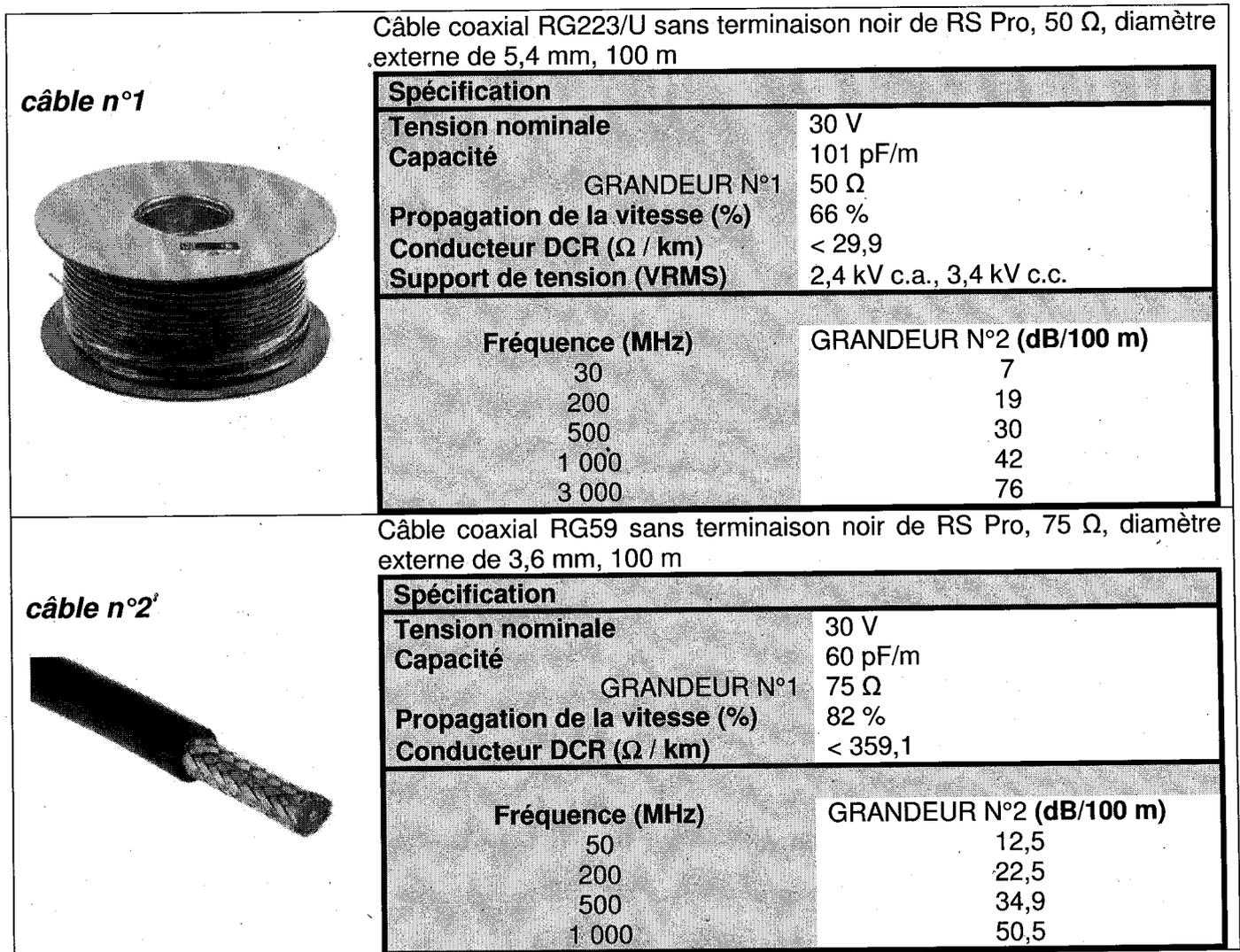


Figure 1 - Caractéristiques des câbles coaxiaux

Q57. Donner le critère qui permet d'associer l'antenne n°1 et un câble coaxial. Indiquer le numéro du câble qu'il est pertinent de choisir.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP3 sur 8
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie B. Étude de l'interface d'antenne

Problématique : configurer le récepteur pour sélectionner la bande de fréquence RNT.

Le Si4688 (figure 2) peut décoder des signaux radio issus de différentes gammes de fréquence :

- la radio FM analogique (88 MHz – 108 MHz) ;
- la radio numérique terrestre RNT (174 MHz – 240 MHz).

L'interface d'antenne est un filtre connecté sur deux broches du circuit Si4688 :

- la broche VHFI : entrée du Si4688 qui reçoit le signal à décoder ;
- la broche VHFSW qui permet de sélectionner la bande passante du filtre.

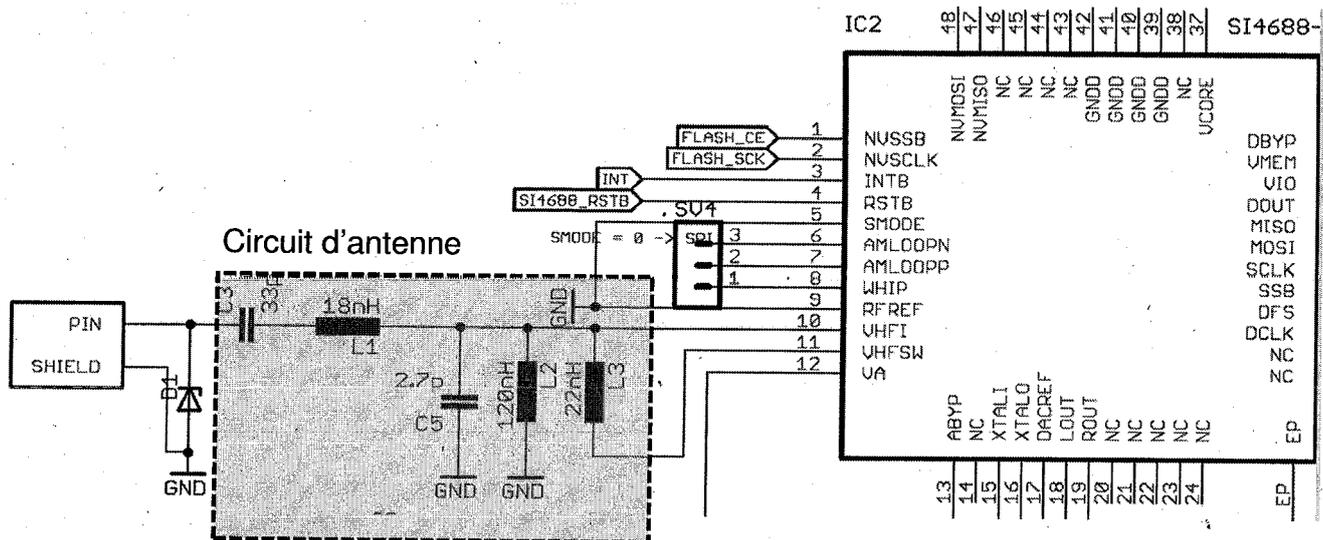


Figure 2 - Schéma de connexion du circuit Si4688

Le document réponses DR-SP2, présente la courbe de gain du diagramme de Bode de l'interface pour un niveau logique haut de la broche VHFSW.

Q58. Donner la nature de ce filtre. Justifier.

La fréquence de coupure basse de ce filtre est notée F_{CB1} . Sa fréquence de coupure haute est notée F_{CH1} .

Q59. Déterminer la bande passante à - 3 dB de ce filtre notée $BW1$ et l'écrire sous la forme : $[F_{CB1} ; F_{CH1}]$. Réaliser la construction graphique associée sur le document réponses DR-SP2.

Q60. Déduire, parmi les gammes de fréquences FM et RNT, celle(s) qui sera (seront) traitée(s) par le circuit Si4688.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP4 sur 8
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Dans le cas où la broche VHFSW est au niveau logique bas, la bande passante du filtre est :

$$BW0 = [53 \text{ MHz} ; 330 \text{ MHz}]$$

Q61. Reprendre la question précédente dans ce nouveau cas.

Q62. Choisir le niveau logique 0 ou 1 de la broche VHFSW pour sélectionner uniquement la bande RNT.

Partie C. Modulation de la Radio Numérique Terrestre

Problématique : déterminer et valider les performances de la modulation OFDM appliquée au DAB+ .

L'European Telecommunications Standards Institute (ETSI) définit la norme que doit respecter le DAB+. Au regard de cette norme, il est demandé à un technicien de vérifier la conformité des paramètres suivants pour le DAB+ :

Paramètres	
Largeur de bande	1 536 kHz
Modulation	QPSK
Durée de symbole	1000 μ s
Débit binaire utile	2,432 Mbit.s ⁻¹
Distance maximale entre un émetteur et un récepteur pour une réception sans interférence inter symboles	90 km

Une antenne émet des ondes radiofréquences qui se propagent dans l'atmosphère. Elles subissent des réflexions. Les immeubles, les obstacles naturels ou le sol en sont la cause (figure 3). Le récepteur reçoit plusieurs copies du signal original, retardés les uns par rapport aux autres. Il apparaît alors des interférences entre les données transmises appelées Interférences Inter Symboles.

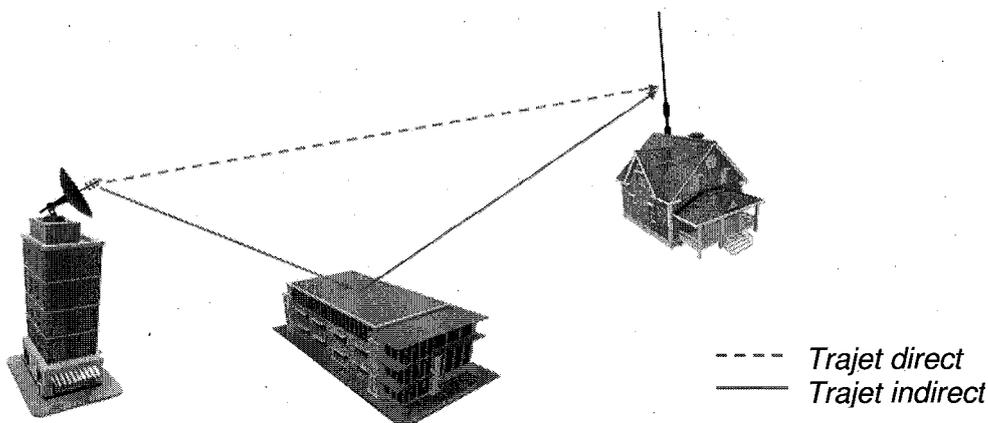


Figure 3

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP5 sur 8
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Soient :

- t_1 le temps mis par l'onde pour parcourir le trajet direct (sans réflexion) de l'antenne émettrice vers l'antenne réceptrice ;
- t_2 le temps mis par l'onde pour parcourir le trajet indirect (avec réflexion) de l'antenne émettrice vers l'antenne réceptrice ;
- Δt le retard entre le trajet direct et le trajet indirect :

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Les modulations Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) apportent une solution à ces problèmes et permettent de réaliser des communications radio numériques à haut débit dans des environnements à réflexions multiples.

Deux symboles consécutifs sont séparés par un intervalle de garde (IG) (figure 4).

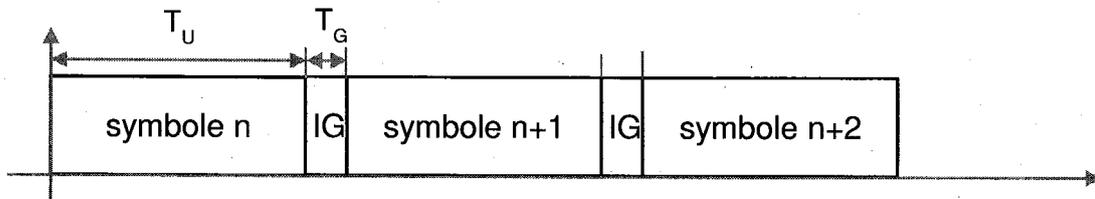


Figure 4 - Répartition temporelle des symboles

T_G est la durée de l'intervalle de garde (IG) et T_U est la durée utile d'un symbole.

Q63. Donner la relation entre Δt et T_G pour obtenir une réception sans interférence.

Les ondes se propagent à la vitesse de la lumière c dans l'air qui vaut $3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

L'ETSI considère que la distance maximale, entre un émetteur et un récepteur pour une réception sans interférence inter symboles, majorée de 20 %, notée d_{MAX} , est de 90 km.

Pour la mise en œuvre de la modulation OFDM choisie, l'intervalle de garde est fixé à 246 μs .

Q64. Vérifier que l'intervalle de garde défini ci-dessus permet de respecter la distance d_{MAX} .

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP6 sur 8
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Le « spectre d'un signal DAB », représenté figure 5, est celui d'un signal modulé OFDM constitué de 1 536 sous-porteuses orthogonales.

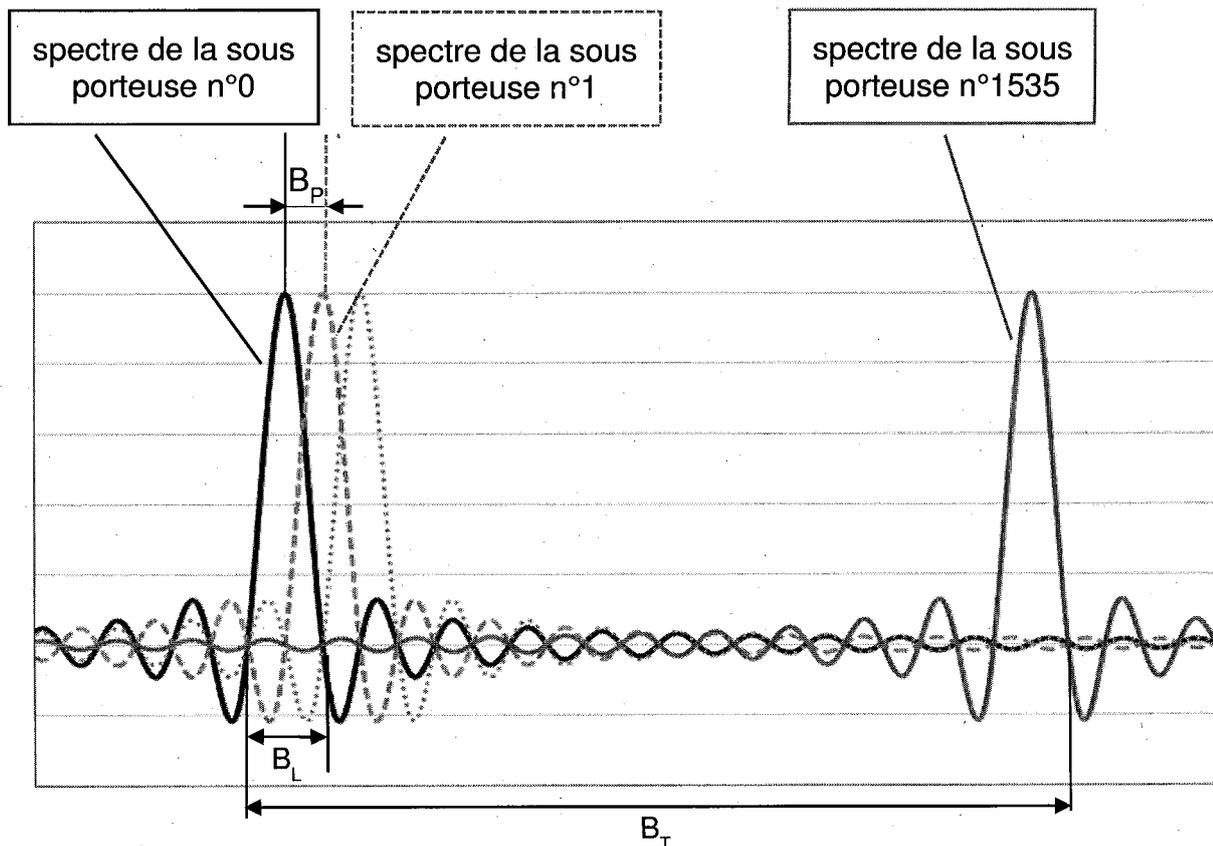


Figure 5 - Spectre d'un signal DAB

Ce spectre, relevé par un analyseur de champ, est donné figure 6.

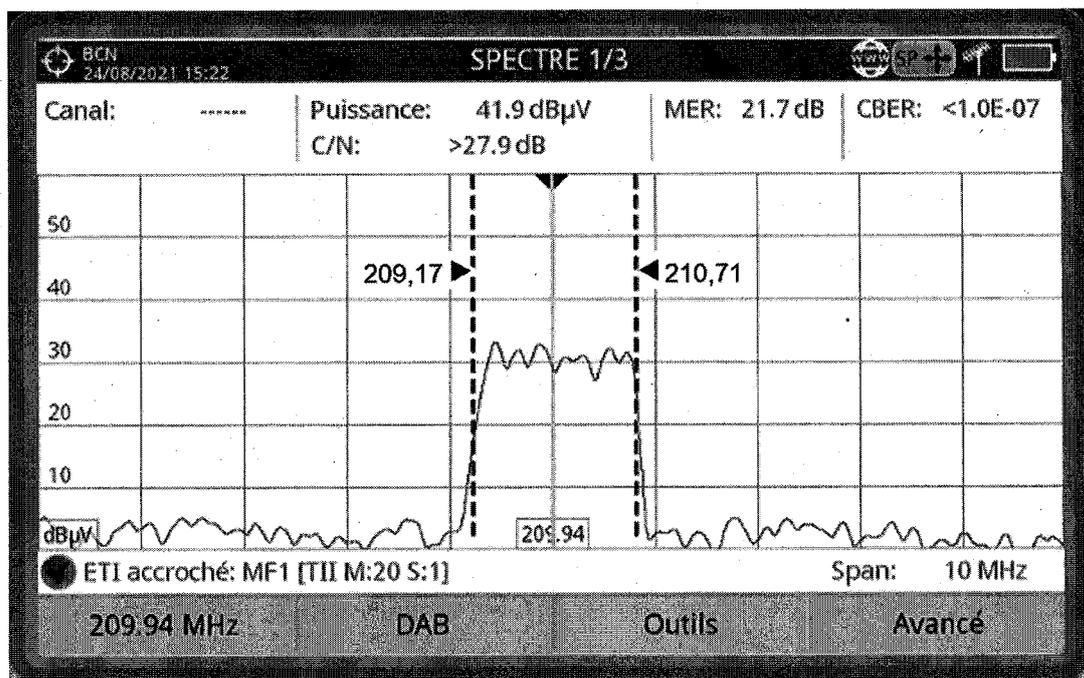


Figure 6 - Détermination de la largeur spectrale

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP7 sur 8
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

- Q65.** Déterminer la largeur de ce spectre, notée B_T , à l'aide de la figure 6.
- Q66.** Calculer la valeur de la largeur de l'intervalle de fréquences entre deux porteuses, notée B_P , à l'aide de la figure 5.
- Q67.** Dédurre de la question précédente le débit de symboles, noté R .
- Q68.** Montrer que la durée T_S d'un symbole est de 1 ms.

Le « diagramme de constellation du signal DAB » relevé par l'analyseur de champ, est donné figure 7.

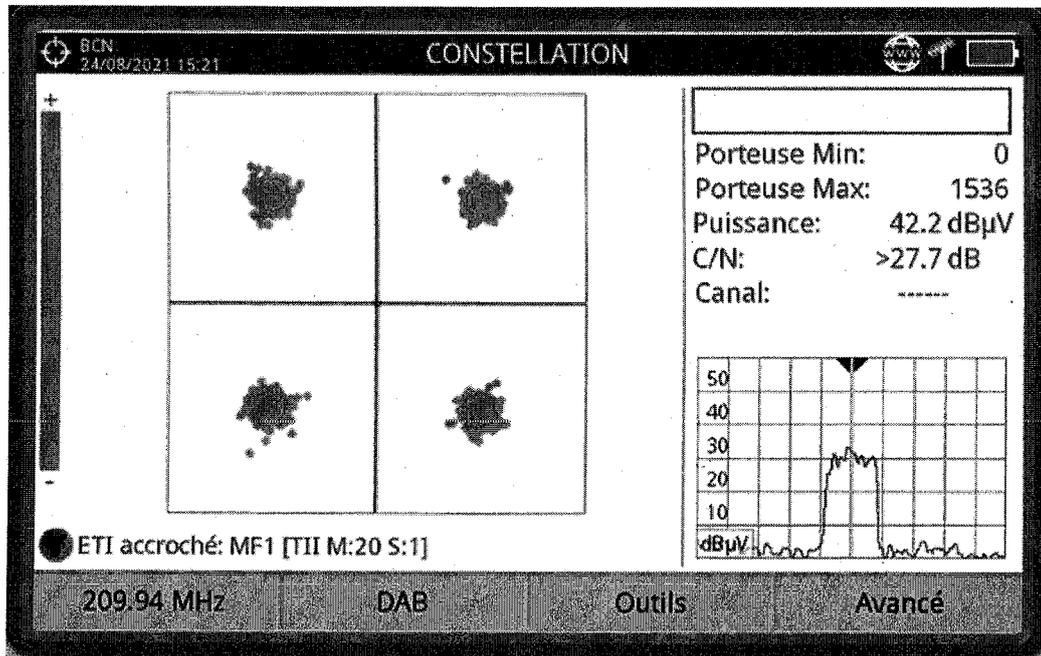


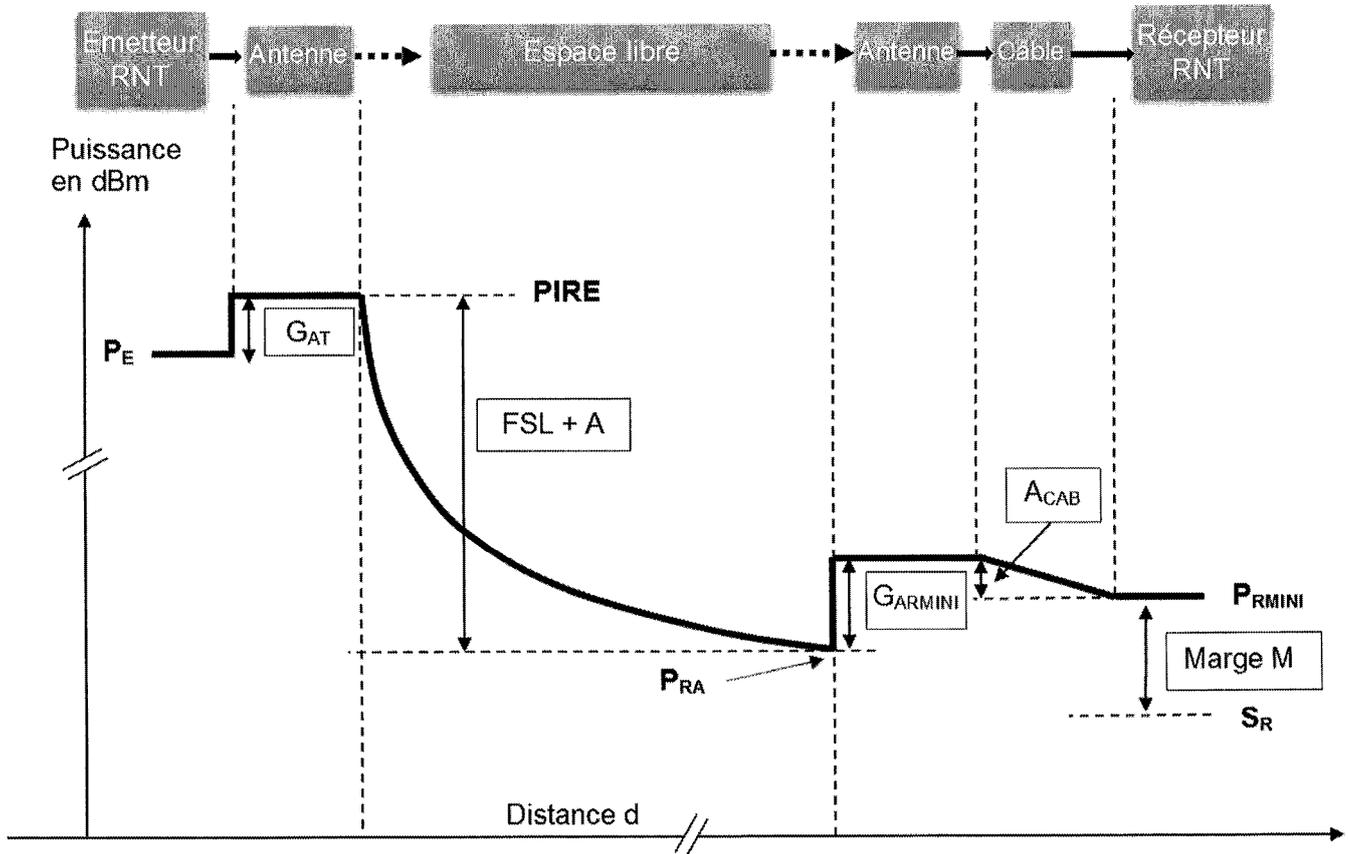
Figure 7 - Diagramme de constellation

- Q69.** Préciser le type de modulation : 4-ASK, QPSK, FSK, QAM-16. Justifier votre réponse à partir de la constellation.
- Q70.** Dédurre le nombre de bits transmis par symbole, noté n .
Compte tenu des intervalles de garde, les symboles sont réellement émis toutes les 1246 μ s.
- Q71.** Calculer le débit binaire effectif d'une sous-porteuse, noté D_B .
- Q72.** Dédurre, dans ces conditions, le débit binaire D_{OFDM} de la modulation OFDM assuré par l'ensemble des sous-porteuses.
- Q73.** Vérifier la conformité des paramètres de la modulation OFDM appliquée au DAB+ en regard du cahier des charges imposé par l'ETSI.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP8 sur 8
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

DOCUMENT RÉPONSES - Sciences Physiques

À RENDRE AVEC LA COPIE



Réponses aux questions Q51. à Q54.

$$P_E = 63 \text{ dBm}$$

$$A = 60 \text{ dB}$$

$$A_{CAB} = 3,38 \text{ dB}$$

$$G_{AT} = 13 \text{ dBi}$$

$$FSL = \dots\dots\dots \text{ dB}$$

$$S_R = -101 \text{ dBm}$$

$$PIRE = 76 \text{ dBm}$$

$$P_{RA} = \dots\dots\dots \text{ dBm}$$

$$M = 15 \text{ dB}$$

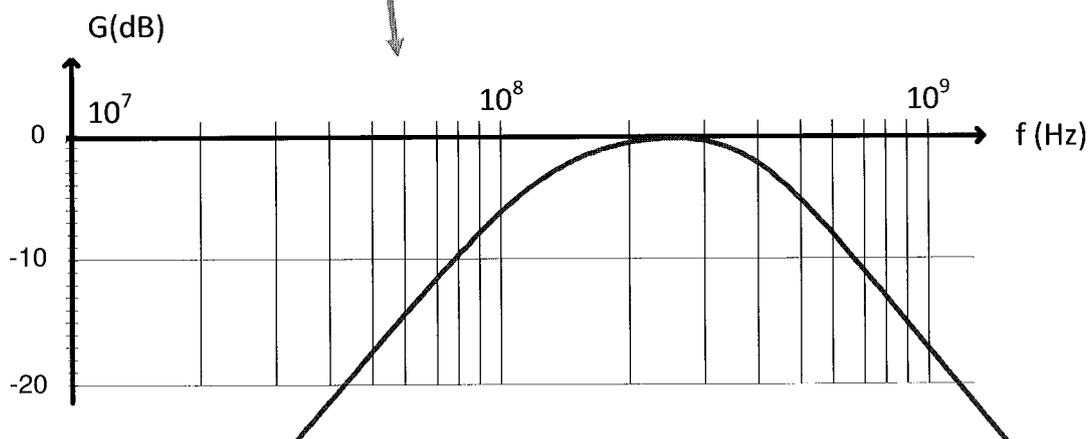
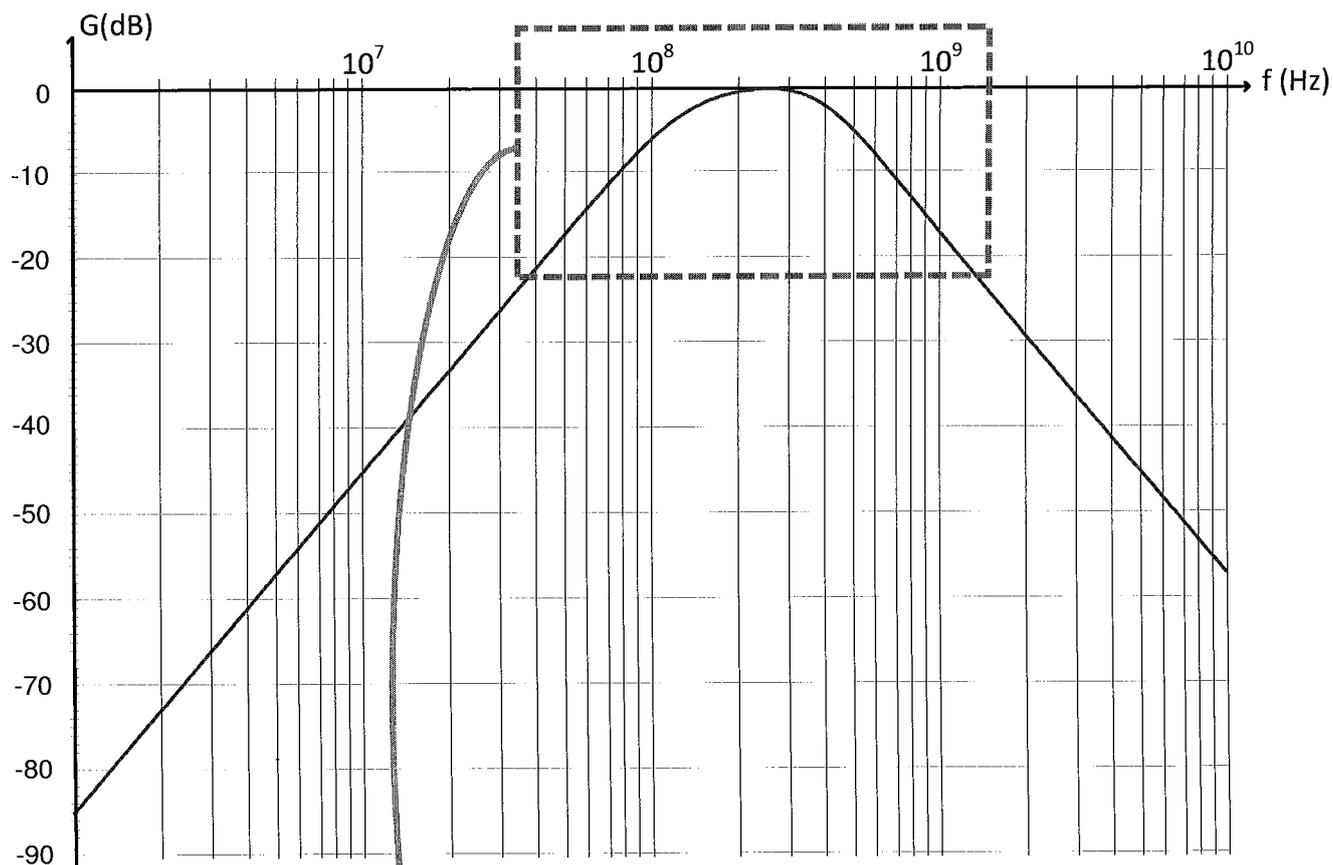
$$P_{RMNI} = \dots\dots\dots \text{ dBm}$$

$$G_{ARMINI} = \dots\dots\dots \text{ dBi}$$

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP1 sur 2
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

Réponses à la question Q59.

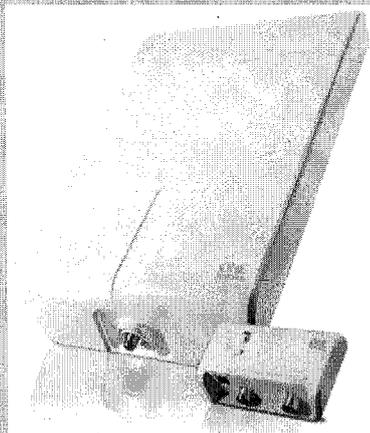
Courbe de gain de l'interface d'antenne pour VHFSW = 1



Zoom sur la bande passante du circuit

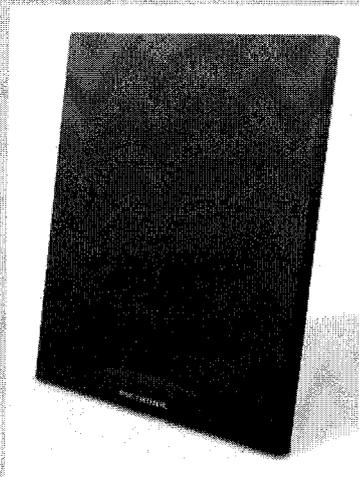
SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP2 sur 2
22SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

Antenne n°1



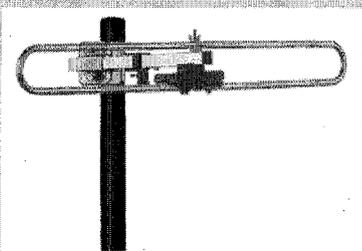
Général	
Type de Produit	Antenne - active
Matériau du produit	Plastique
Montage/Placement d'antenne	Extérieur
Destiné à	TV, HDTV, radio
Format	Plaque
Antenne	
Amplificateur	Incorporé
Caractéristiques	Résistant aux intempéries, compatible DVB-T, compatible HDTV, Etanche, compatible avec radio numérique
Gain d'amplificateur d'antenne	0 – 52 dB
Impédance	75 Ohms
Plage de fréquences	174 - 790 MHz

Antenne n°2

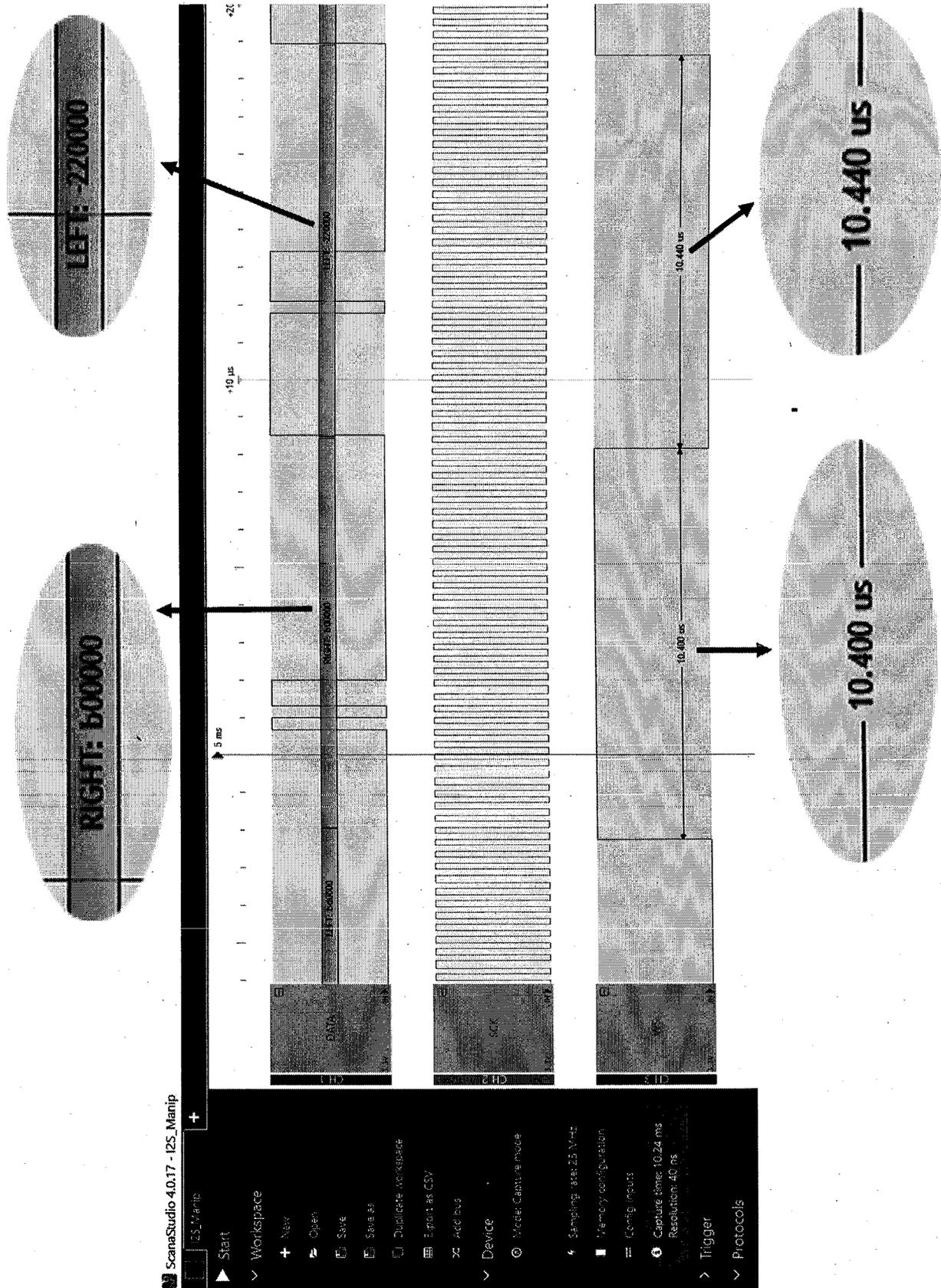


Général	
Type de Produit	Antenne
Largeur	21 cm
Hauteur	24 cm
Profondeur	2 cm
Montage/Placement d'antenne	Intérieur
Destiné à	HDTV, radio
Format	Plat
Antenne	
Caractéristiques	Faible encombrement
Gain d'amplificateur d'antenne	55 dB
Compatibilité	UHF, DVB-T, DVB-T2, TNT
Plage de fréquences	460 - 790 MHz

Antenne n°3



Antenne DAB BIII, pour réception de la radio numérique terrestre (RNT)	
Modèle compact et efficace, pour des conditions de réception normales	
Omnidirectionnelle	
Fréquences	174 - 240 MHz
Impédance	75 Ohms
gain	0,25 dB
Polarisation	H / V
Réglage du tilt	0 / +30°
Largeur	580 mm
Connectique	F



SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC13 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	