

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR SYSTÈMES NUMÉRIQUES

Option B – Électronique et Communications

Épreuve E4 : ÉTUDE D'UN SYSTÈME NUMÉRIQUE ET D'INFORMATION

SESSION 2022

Durée : 6 heures

Coefficient : 5

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Ce sujet comporte :

Présentation du système

PR1 à PR2

Sujet

Questionnaire Partie 1 Électronique

S-Pro1 à S-Pro7

Document réponses à rendre avec la copie

DR-Pro1 à DR-Pro4

Questionnaire Partie 2 Physique

S-SP1 à S-SP8

Document réponses à rendre avec la copie

DR-SP1 à DR-SP2

Documentation

DOC1 à DOC14

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Chaque candidat remettra deux copies séparées : une copie « domaine professionnel » dans laquelle seront placés les documents réponses pages DR-Pro1 à 4 et une copie « Sciences Physiques » dans laquelle seront placés les documents réponses DR-SP1 à 2.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page de garde
22SN4SNEC1		



PRÉSENTATION DU SYSTÈME

La radio numérique terrestre

1. Le système de radiodiffusion DAB+ en France et en Europe

Avec huit français sur dix qui déclarent écouter la radio au moins une fois par jour, la radiodiffusion hertzienne reste, de loin, le média préféré des français, le plus sollicité quotidiennement et le mieux implanté sur l'ensemble du territoire national. Néanmoins, la radio est le dernier média de masse à ne pas avoir pu finaliser sa « révolution numérique » et prend ainsi le risque de devenir un média vieillissant s'éloignant, petit à petit, des attentes des nouvelles générations, tant en termes de diversité de contenus, que d'usages. La bande FM est saturée partout en France et ne peut plus accueillir de nouveaux éditeurs, c'est également le dernier moyen de diffusion de contenus audio en qualité analogique.

En Europe, plusieurs pays se sont lancés dans l'aventure de la radio numérique terrestre avec la norme DAB+.

Le tableau suivant indique l'étendue de la couverture en pourcentage de la population couverte en 2020 pour plusieurs pays européens.

Pays	Couverture
Danemark	99,9 %
Norvège	99,7 %
Suisse	99,5 %
Allemagne	98 %
Royaume-Uni	97,3 %
Belgique	97 %
Pays-Bas	95 %
Italie	84 %
France	25 %

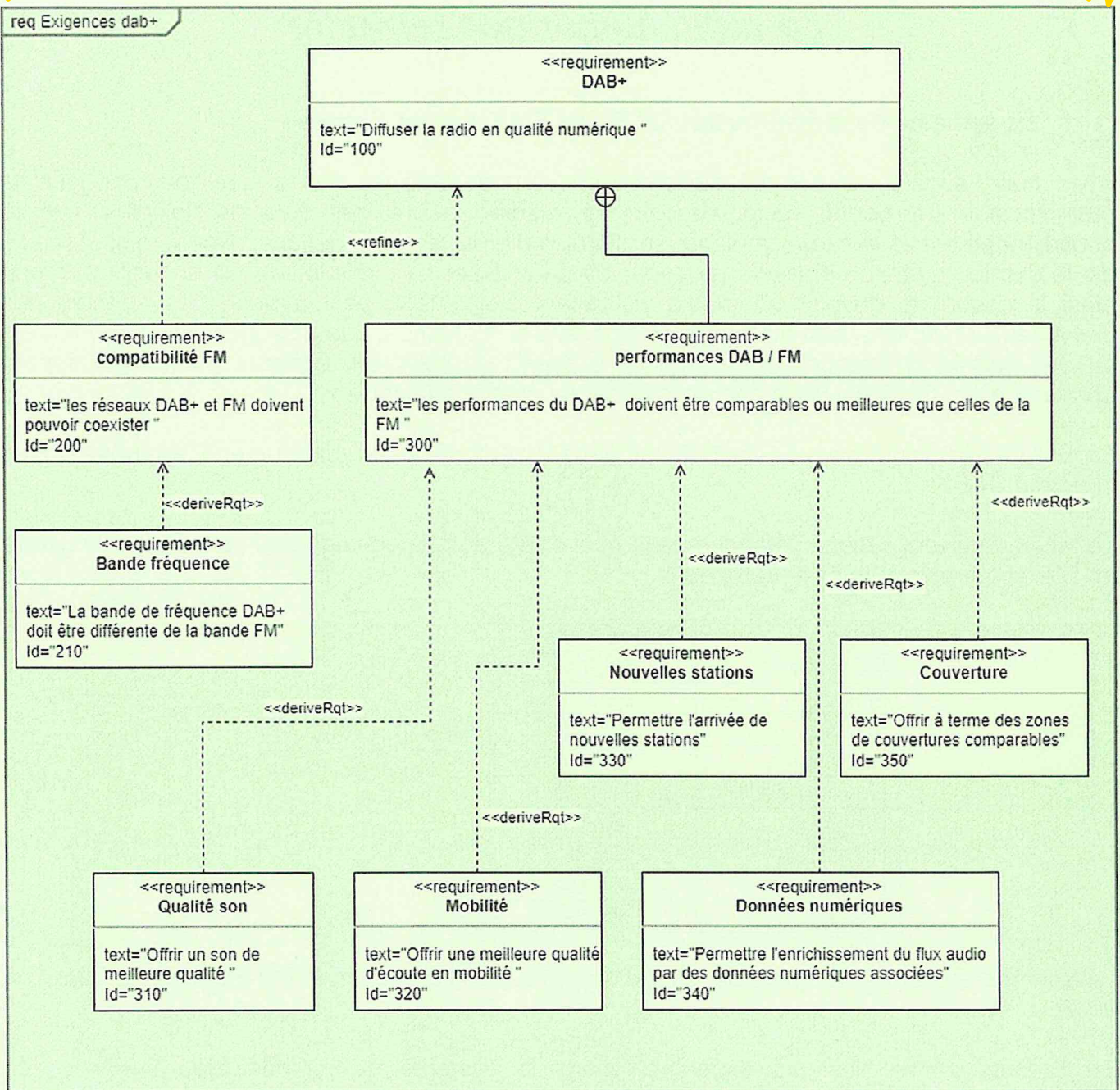
La Norvège est le premier pays au monde à avoir arrêté l'émission en FM au profit du DAB+ en 2018.

En France, après plusieurs expérimentations le système de radiodiffusion DAB+ a été officiellement lancé à Paris, Marseille et Nice en juin 2014. À partir de 2018, il a été déployé plus largement pour progressivement couvrir tous les principaux bassins de vie français (ceux de plus de 175 000 habitants) d'ici fin 2021.

Le taux d'équipement en postes numériques dans les foyers français reste encore assez faible aujourd'hui. Cependant, dès la fin de 2019, le seuil de 20 % de couverture de la population française par le système de radiodiffusion DAB+ ayant été franchi, les constructeurs de postes de radio ont l'obligation d'intégrer cette technologie dans les récepteurs et les autoradios proposés à la vente, ce qui est essentiel pour permettre l'augmentation du taux d'équipement des Français et le bon déploiement de cette nouvelle technologie de radio.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page PR1 sur 2
22SN4SNEC1	Présentation	

2. Diagramme des exigences du système DAB+





SUJET

Option B Électronique et Communications

Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h coefficient 3

Partie A. Comparatif DAB+ et FM

Problématique : On se propose dans cette partie de comparer les performances respectives des systèmes de radiodiffusion FM et DAB+.

- Q1.** Indiquer la signification de l'abréviation « FM » dans l'expression « radio FM ». Indiquer la traduction en français et indiquer si la transmission est numérique ou analogique.
- Q2.** À partir du document DOC2 « CSA DAB+ », indiquer la signification du sigle : DAB+ et proposer une traduction en français de « DAB ».
- Q3.** Justifier en quelques mots pourquoi le système DAB+ doit permettre d'obtenir un son de meilleure qualité qu'en FM.
- Q4.** À partir de la lecture du document DOC2 et du diagramme des exigences page PR2, proposer un exemple concret de l'exigence notée « 340 » : Données numériques.

En radiodiffusion FM, l'écart minimum de fréquence utilisé entre deux stations est de 400 kHz.

- Q5.** Déterminer le nombre maximum de radios pouvant être diffusées dans la bande 87,5 MHz à 108 MHz.
- Q6.** À partir de l'analyse du document DOC3 « Radios FM à Paris », indiquer le nombre de radios diffusées à Paris.
- Q7.** Evaluer l'écart entre le nombre maximum de radios pouvant être diffusées dans la bande FM et le nombre de radios diffusées à Paris. Conclure.

En radiodiffusion DAB+, un multiplex composé est de plusieurs stations de radios. Chaque multiplex correspond à un canal d'émission.

- Q8.** À partir de l'analyse du document DOC4 « Bande de fréquence DAB+ », déterminer le nombre de canaux disponibles pour les émissions à usage non militaire.
- Q9.** En déduire le nombre maximal de stations radio diffusables en DAB+.
- Q10.** Conclure sur la validité de l'exigence n°330 du cahier des charges.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro1 sur 7
22SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	



On se propose de comparer le système de radiodiffusion FM et DAB+ en termes de sensibilité et de qualité audio.

Pour cela, nous allons étudier les spécifications d'un récepteur autoradio assurant à la fois une réception DAB+ et FM. Les spécifications de cet autoradio figurent sur le document repéré DOC5.

On rappelle : $P_{dBm} = 10 \cdot \log(P_{mW})$ et $P = \frac{V_{EFF}^2}{R}$

- Q11.** À l'aide de la sensibilité du récepteur FM (quieting sensitivity), identifier son impédance d'entrée et la tension associée.
- Q12.** Calculer, en dBm, la valeur de cette sensibilité.
- Q13.** Comparer la sensibilité du récepteur FM à la sensibilité du récepteur DAB+.
- Q14.** Relever et comparer le rapport signal/bruit (S/N) dans les deux réceptions (FM et DAB+).
- Q15.** Compléter le document réponses DR-Pro1.

Partie B. Antennes

Problématique : on se propose dans cette partie de valider le choix d'une antenne correspondant au cas d'un émetteur DAB+ couvrant une vallée de montagne.

En radiodiffusion, on rencontre des antennes directives et des antennes omnidirectionnelles.

- Q16.** Pour chaque cas de figure, indiquer si l'antenne utilisée doit être directive ou omnidirectionnelle. Répondre sur le document réponses page DR-Pro1.

On dispose de 3 types d'antennes représentées sur le document DR-Pro2. Les réponses aux questions suivantes sont à compléter sur le document réponses.

- Q17.** Pour chacune de ces antennes, indiquer si celle-ci est directive ou omnidirectionnelle (Rayer la mention inutile).
- Q18.** Pour chacune de ces antennes, indiquer la polarisation de cette antenne : horizontale ou verticale (rayer la mention inutile).

Des antennes de type n°3 sont rangées dans un même local. Certaines d'entre elles sont des antennes d'émission FM (bande 88 à 108 MHz) et d'autres des antennes d'émission DAB+ (bande 175 à 230 MHz).

- Q19.** Indiquer le critère qui permet de les distinguer physiquement.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro2 sur 7
22SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	



Dans le cas de l'émetteur couvrant une vallée de montagne, les conditions géographiques imposent un angle d'ouverture horizontal supérieur à 45° et une puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) supérieure à 75 dBm.

L'opérateur a retenu l'antenne panneau dont la documentation est donnée sur le document DOC6 « Antenne émetteur DAB+ ».

Q20. Estimer à l'aide du graphique la valeur des angles d'ouverture à -3 dB dans le plan horizontal et dans le plan vertical.

L'émetteur associé à cette antenne a une puissance d'émission de 63 dBm. On rappelle que la PIRE (la puissance isotrope rayonnée équivalente) correspond à la puissance émise « amplifiée » par le gain d'antenne.

Q21. Relever le gain d'antenne.

Q22. En déduire la PIRE de l'émetteur associé à l'antenne.

Q23. Valider le choix de l'antenne panneau par rapport aux conditions géographiques précédemment indiquées.

Partie C. Étude d'un récepteur utilisant le circuit Si4688

Le schéma d'un récepteur DAB+ est construit essentiellement autour d'un composant dédié, ici il s'agit ici du composant Silicon Labs Si4688-A10. Il regroupe toutes les fonctions nécessaires à la réception FM/DAB+ dans un seul circuit.

Partie C1 : Étude du circuit d'alimentation

Problématique : On se propose de déterminer la conformité des circuits d'alimentation d'un récepteur utilisant le Si4688 dans le cadre d'un dépannage.

Le circuit Si4688 dispose de 4 broches d'alimentation. La documentation de ce composant est donnée pages DOC7 à DOC9.

Q24. Indiquer le nom de chaque broche d'alimentation, sa fonction et sa valeur nominale.

Le schéma du récepteur étudié est donné DOC10. Ce récepteur utilise le composant TPS79318DBVR spécifié page DOC11.

Q25. Préciser le rôle du composant référencé IC1 sur le schéma du récepteur.

Q26. Indiquer la valeur nominale de la tension de sortie du composant IC1.

Q27. Relever sur le schéma du récepteur, les valeurs des 4 tensions d'alimentation du Si4688.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro3 sur 7
22SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	



La tension de l'alimentation V_{IO} est différente des autres tensions d'alimentation afin d'être compatible avec le microcontrôleur qui pilote le Si4688 (DOC7 à DOC9).

Q28. Vérifier que la valeur de la tension V_{IO} retenue est acceptable sans dégrader le composant.

On utilise le circuit Si4688 en mode réception DAB+.

Q29. Déterminer la valeur typique du courant consommé par le Si4688 fourni par le TPS79318DBVR dans ce mode de réception.

On admettra que le courant consommé par le Si4688 est égal à 50 mA.

Synthèse : le tableau figurant sur le document réponses DR-Pro3 synthétise 3 situations de mesures effectuées sur une série de 3 cartes en mode réception DAB+. Il s'agit d'identifier les défauts éventuels présents sur ces cartes.

Q30. Indiquer dans le tableau du document réponses DR-Pro3, pour chaque carte, la présence d'un éventuel défaut et entourer les valeurs non-conformes.

Partie C2 : Bus I2S

Problématique : caractériser, par la mesure, les signaux I2S échangés en condition de fonctionnement normal.

Afin de se familiariser avec un récepteur DAB+, un technicien étudie la liaison I2S entre le Si4688 et un convertisseur numérique-analogique. Il effectue des mesures à l'aide d'un analyseur logique.

On trouvera sur le document DOC12 une définition du bus I2S. La documentation du Si4688 est donnée pages DOC7 à DOC9.

Q31. Compléter le tableau document réponse DR-Pro3 en indiquant les noms des broches du Si4688 correspondant aux signaux I2S du DOC13 : SCK, DATA et WS.

Un technicien a effectué un relevé des signaux I2S sur un récepteur à l'aide d'un analyseur logique 4 voies interfacé sur PC et permettant le décodage du bus I2S. Le relevé est donné à la page DOC13.

Q32. Déterminer la fréquence du signal WS mesurée à partir de ce relevé.

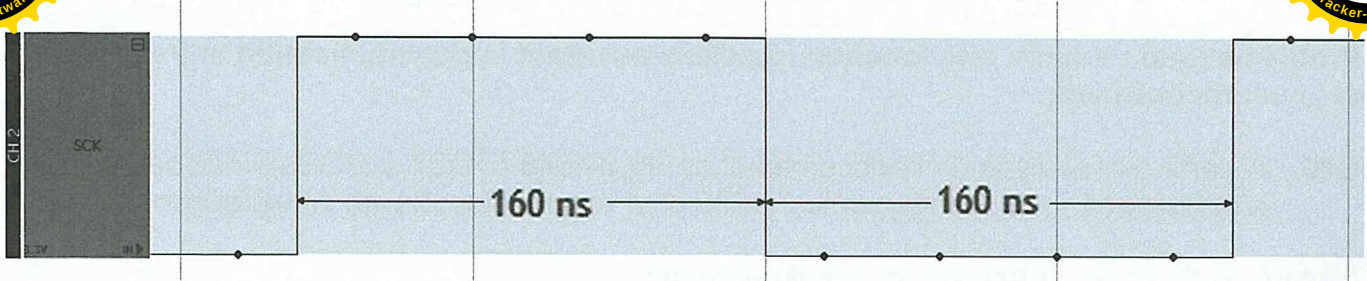
La fréquence du signal WS correspond à la fréquence d'échantillonnage du signal audio. Sa valeur théorique est égale à 48 kHz.

La durée mesurée du signal WS à l'état haut est légèrement différente de la durée mesurée du signal à l'état bas. Théoriquement, elles devraient être égales.

Q33. À l'aide des indications fournies sur le relevé, expliquer la cause de cet écart.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro4 sur 7
22SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Le technicien a ensuite zoomé sur le signal SCK et a obtenu le relevé suivant :



« Zoom » sur signal SCK

Q34. Déterminer la fréquence du signal SCK.

Le nombre de bits transmis par voie est un multiple de 8 bits. Le document DOC12 indique le rôle du signal WS pour distinguer les voies droite et gauche.

Q35. À partir des résultats précédents, calculer le nombre de bits transmis pour la voie audio gauche.

On se propose de vérifier le décodage des données effectué par l'analyseur logique. Les nombres sur l'analyseur logique sont représentés en hexadécimal signé (au format : signe + valeur absolue). On rappelle que les échantillons sont codés en complément à 2 et transmis en commençant par le MSB.

Q36. Indiquer ce qui permet de distinguer un mot binaire positif d'un mot binaire négatif.

Le relevé d'un échantillon sur 32 bits a été effectué. Il est représenté sur le document réponses DR-Pro3

Q37. Écrire sur le document réponses DR-Pro3 le mot transmis en binaire.

La valeur absolue d'un nombre négatif s'obtient par le calcul du complément à 2.

Q38. Déterminer la valeur absolue du nombre correspondant à ce mot, en binaire et en hexadécimal. Répondre sur le document réponses DR-Pro3.

Q39. Vérifier la conformité avec la valeur indiquée sur le relevé du DOC13.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro5 sur 7
22SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie C3 : interface microcontrôleur

Problématique : Valider une fonction logicielle assurant la communication entre le Si4688 et le microcontrôleur.

Q40. À partir de l'analyse de la documentation du Si4688 (DOC7 à DOC9), indiquer les deux protocoles série supportés par le Si4688 pour communiquer avec le microcontrôleur.

L'interface SPI a été retenu sur le récepteur étudié.

Q41. Indiquer le nom des 4 broches utilisées pour cette liaison SPI.

Q42. Indiquer si le Si4688 est le composant maître ou esclave de cette liaison.

Le mode de fonctionnement SPI est le mode 0.

La fréquence de l'horloge associée à la liaison SPI est de 10 MHz.

Nous allons maintenant analyser une fonction logicielle du programme du microcontrôleur, écrit en langage C. La fonction étudiée permet de lire en SPI le circuit Si4688.

```

1 static void si46xx_read(uint8_t *data, uint8_t cnt)
2 {
3     uint8_t zero = 0;
4     uint8_t timeout;
5
6     timeout = 100; // wait for CTS
7     while(timeout--){
8         CS_HIGH();
9         msleep(1); // wait 1 ms
10        CS_LOW();
11        zero = 0;
12        SPI_Write(&zero,1);
13        SPI_Write(data,cnt); // read data
14        CS_HIGH();
15        msleep(1); // wait 1 ms
16        if(data[0] & 0x80)
17            break;
18    }
19 }
```

Fonction si46xx_read()

Remarques :

- CS_HIGH() positionne le signal CS (SSB) à 1
- CS_LOW() positionne le signal CS (SSB) à 0
- SPI_Write() permet à la fois de lire et d'écrire via le bus SPI
 - SPI_Write(&variable,1) écrit le contenu de l'octet « variable » sur le bus SPI
 - SPI_Write(tabvar,N) lit N octets et les range dans le tableau tabvar de taille N
- Le type uint8_t représente un entier positif codé sur un octet

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro6 sur 7
22SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	



trouvera sur le document réponses DR-Pro4 le chronogramme représentant la lecture

- Q43.** Sur le document réponses DR-Pro4, indiquer les numéros des lignes de code de la fonction `si46xx_read()` correspondant aux instants significatifs repérés.
- Q44.** Évaluer le nombre maximum d'itérations exécuté par la boucle `while` qui commence à la ligne 7.

Si la condition $(data[0] \& 0x80)$ est vraie, alors la boucle `while` est interrompue (instruction `break`). Nous allons maintenant évaluer cette condition pour deux valeurs de $data[0]$. Rappel : l'opérateur `&` correspond au ET binaire.

- Q45.** Pour $data[0] = 0xF0$ et $data[0] = 0x0F$, compléter les tableaux du document réponses DR-Pro4.
- Q46.** Compléter le tableau de synthèse sur le document réponses DR-Pro4.

Le rôle du bit testé dans la condition $(data[0] \& 0x80)$ permet de s'assurer que bus SPI est libre.

- Q47.** Sur le chronogramme du document réponses DR-Pro4, entourer le bit correspondant à ce bit testé.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro7 sur 7
22SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	



DOCUMENT RÉPONSES – Domaine Professionnel

À RENDRE AVEC LA COPIE

Réponse à la question Q15

Pour chaque affirmation donnée ci-après, indiquer si elle est vraie (V) ou fausse (F).

Le système DAB+ permet de diffuser 7 à 8 fois plus de programmes radios que la FM. ☐ V / ☐ F

La sensibilité d'un récepteur DAB+ est meilleure que la sensibilité d'un récepteur FM. ☐ V / ☐ F

En regard du rapport S/N, la qualité de réception en DAB+ est meilleure qu'en FM. ☐ V / ☐ F

Réponse à la question Q16

Pour chaque cas de figure, on indiquera s'il faut utiliser une antenne directive ou une antenne omnidirectionnelle.

Cas n°1 : Antenne d'émission DAB+, émetteur sur un point haut au centre d'une ville comme, par exemple, la Tour Eiffel à Paris.

☐ Antenne directive / ☐ Antenne omnidirectionnelle

Cas n°2 : Antenne d'émission DAB+ couvrant uniquement une portion d'autoroute.

☐ Antenne directive / ☐ Antenne omnidirectionnelle

Cas n°3 : Antenne de réception DAB+ fixe, installation domestique chez un particulier dans une maison ou appartement.

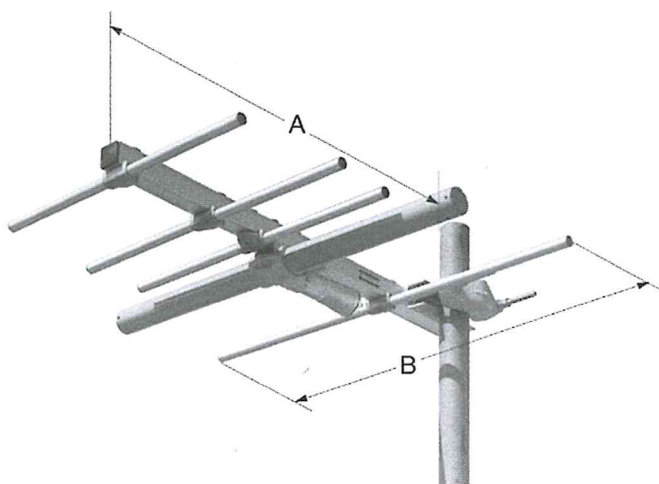
☐ Antenne directive / ☐ Antenne omnidirectionnelle

Cas n°4 : Antenne de réception DAB+ d'un véhicule (autoradio).

☐ Antenne directive / ☐ Antenne omnidirectionnelle

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-Pro1 sur 4
22SN4SNEC1	Domaine Professionnel – Document Réponses	

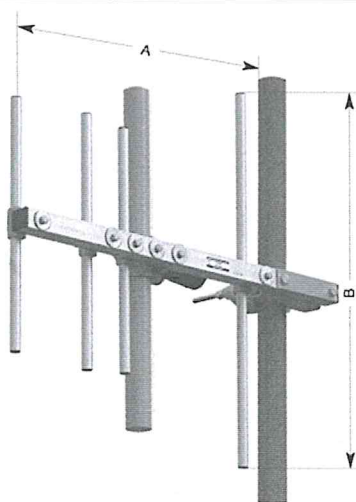
Réponse aux questions Q17, Q18



Antenne n°1

Antenne directive / omnidirectionnelle

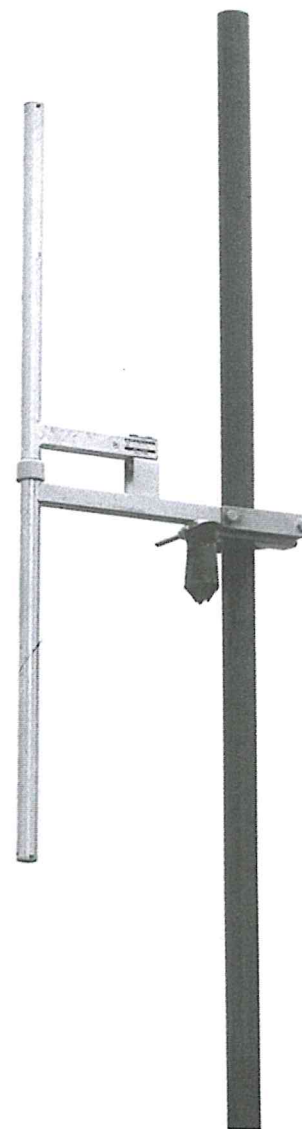
Polarisation horizontale / verticale



Antenne n°2

Antenne directive / omnidirectionnelle

Polarisation horizontale / verticale



Antenne n°3

**Antenne
directive /
omnidirectionnelle**

**Polarisation
horizontale / verticale**

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-Pro2 sur 4
22SN4SNEC1	Domaine Professionnel – Document Réponses	



Pour chaque carte, compléter la colonne « présence défaut » et entourer les valeurs non conformes.

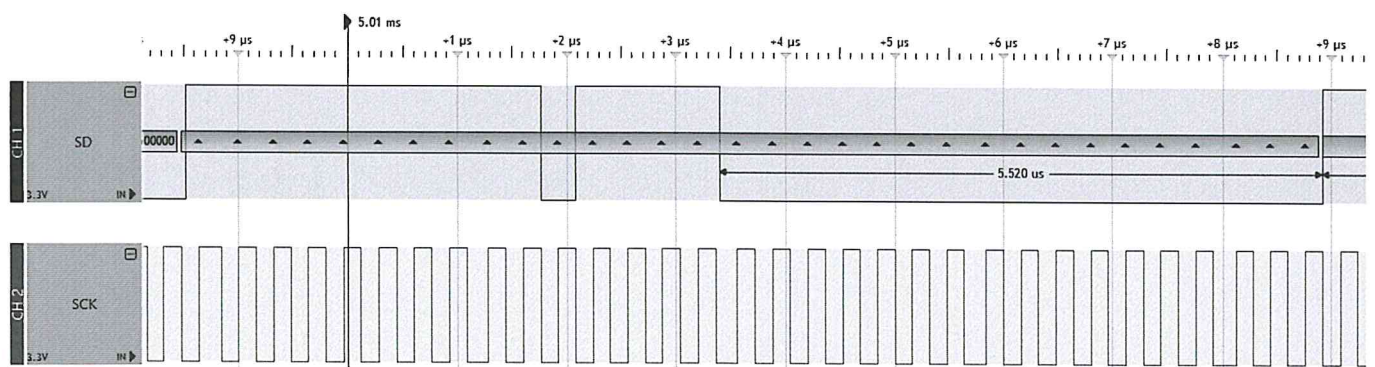
Carte	5V	VA	VIO	VCORE	VMEM	I _{5V}	présence défaut (oui/non)
Carte n°1	5,03 V	1,78 V	1,78 V	1,78 V	1,78 V	50 mA	
Carte n°2	5,05 V	1,81 V	3,31 V	1,81 V	1,81 V	50 mA	
Carte n°3	5,01 V	1,79 V	3,29 V	1,79 V	1,79 V	90 mA	

Réponse à la question Q31

Signal I2S	Broche Si4688 correspondante
SCK	
WS	
DATA	

Réponse à la question Q37 et Q38

Sur le signal SD, chaque petit triangle correspond à un front actif de l'horloge SCK. Le début du mot correspond au premier triangle.

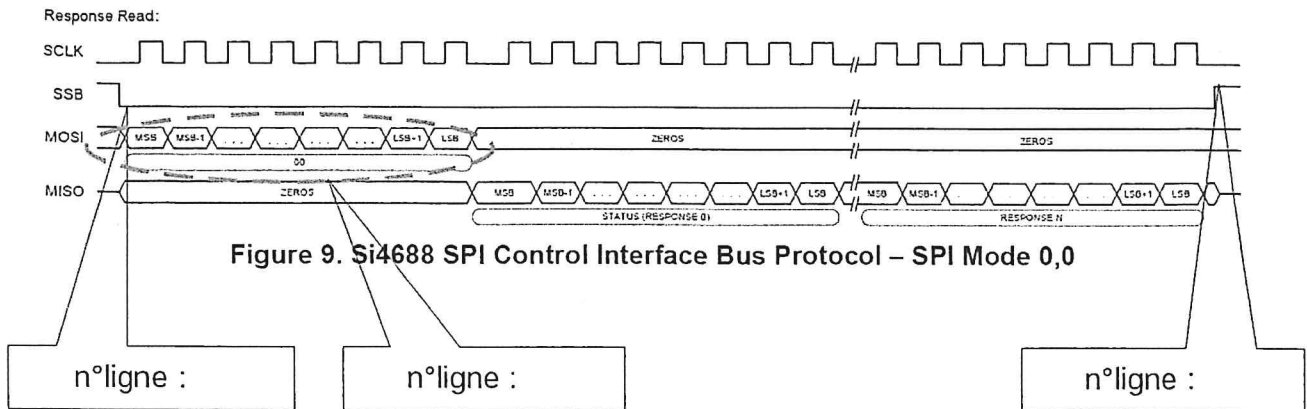


Relevé d'un échantillon

[illegible]

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-Pro3 sur 4
22SN4SNEC1	Domaine Professionnel – Document Réponses	

Réponse aux questions Q43 et Q47



Réponse à la question 45

Data[0] = 0xF0

hexa	binaire							
0xF0								
0x80								
(0xF0&0x80)								

Data[0] = 0x0F

hexa	binaire							
0x0F								
0x80								
(0x0F&0x80)								

Réponse à la question Q46

Si le MSB de data[0] est à 0 alors data[0]&0x80 =		et l'expression (data[0]&0x80) est	
Si le MSB de data[0] est à 1 alors data[0]&0x80 =		et l'expression (data[0]&0x80) est	
	Écrire ici une valeur en hexadécimal		Remplir avec vraie ou fausse



DOCUMENTATION

Documentation PP1 : CSA DAB+	2
Documentation PP 2 : Radios FM à Paris.....	3
Documentation PP 3 : Bande de fréquence DAB+	4
Documentation PP 4 : Récepteur autoradio DAB+ et FM	5
Documentation PP 5 : Antenne Émetteur DAB+	6
Documentation PP 6 : Si4688 (extraits) 1/3	7
Documentation PP 6 : Si4688 (extraits) 2/3	8
Documentation PP 6 : Si4688 (extraits) 3/3	9
Documentation PP 7 : Schéma du récepteur étudié	10
Documentation PP 8 : TPS793XX	11
Documentation PP 9 : Le bus I2S	12
Documentation PP 10 : Relevé de mesures analyseur logique	13
Documentation SP 1 : Les antennes.....	14

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC1 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	



CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'AUDIOVISUEL




DAB + :
tout savoir
sur la radio numérique
terrestre



QU'EST-CE QUE LE DAB+ ?

La radio numérique terrestre (RNT) ou *Digital Audio Broadcasting Plus* (DAB+) est une technologie de modulation et de transmission numériques de la radio. Cette technologie utilise, à l'instar de la FM ou de la TNT, le réseau de diffusion hertzien terrestre.

LE SAVIEZ-VOUS ?

DAB+ OU RNT ?

Le DAB+ est une norme européenne de diffusion de la radio numérique terrestre (RNT) utilisée en Europe mais aussi sur d'autres continents. C'est une évolution du DAB.

L'acronyme DAB+ a été privilégié pour plusieurs raisons :

- **Pour ne pas rapprocher RNT et TNT** – La RNT ne constitue pas l'équivalent de la TNT en radio : si la TNT s'est substituée à la télévision analogique, la FM et le DAB+ peuvent tout à fait coexister ;
- **Pour ne pas confondre RNT et radio sur internet** – Le DAB+ repose sur la diffusion des ondes hertziennes (en numérique) contrairement à la radio numérique accessible *via* internet qui propose, des flux audio et des *podcasts* ;
- **Pour être identifiable partout et par tous** – Il s'agit de l'appellation reconnue mondialement, son usage facilite donc la compréhension et l'adoption par l'ensemble des consommateurs.

LE DAB+ EN UN CHIFFRE

Au 19 décembre 2018, le DAB+ couvrait

21,3 %

de la population française avec 26 multiplex diffusant à Lille, Lyon, Marseille, Nice, Paris Strasbourg et dans leurs environs.

Selon la législation française, le franchissement du seuil de 20 % déclenche l'obligation d'intégrer la technologie DAB+ d'ici fin 2019 dans tous les postes de radio neufs et d'ici mi-2020 dans tous les autoradios neufs.

QUELS SONT LES BÉNÉFICES DU DAB+ ?

La norme DAB+ apporte des avantages aux auditeurs et aux chaînes de radios.

Pour les auditeurs :

- ▲ Un son de meilleure qualité
J'ai l'impression que quelqu'un joue de la guitare à côté de moi !
- ▲ Une meilleure continuité d'écoute en mobilité
Je ne perds pas ma radio préférée quand je conduis !
- ▲ L'arrivée de nouvelles stations
Pas mal, cette nouvelle station !
- ▲ L'enrichissement du flux audio par des données numériques associées
J'ai odore ce morceau et j'ai toutes les infos !

Pour les radios :

- ▲ La mutualisation des coûts de diffusion, grâce au regroupement sur une même fréquence au sein d'un multiplex ;
- ▲ L'extension de leur couverture dans un contexte de saturation de la bande FM : par exemple, les radios généralistes pourront obtenir une surface de couverture comparable, voire supérieure, à celle que leur offre aujourd'hui les grandes ondes, mais à un coût inférieur : les réseaux thématiques ou les radios locales pourront également couvrir de nouvelles zones et toucher plus d'auditeurs ;
- ▲ L'assurance d'une existence pérenne dans le futur écosystème numérique, en synergie avec les réseaux mobiles 5G.



Documentation PP 2 : Radios FM à Paris

Bande FM : 87,5 MHz à 108 MHz

radioscope.fr/lien/frequences/idf.htm

radioscope

[accueil](#) [à propos](#) [liens](#)

[guide radio](#) [étrangères](#) [radios du net](#) [numérique](#) [par la télé](#) [autres ondes](#)
[actu radio](#) [dossiers](#) [anciennes grilles](#) [pubs tv](#) [logothèque](#) [radios disparues](#) [dico radio](#) [contact](#) [f](#) [t](#)

fréquences par ville

ÎLE-DE-FRANCE

75 - PARIS (et la région)

87.8	FRANCE INTER	98.2	RADIO FG
88.2	GÉNÉRATIONS	98.6	RADIO ALFA
88.6	RADIO SOLEIL / RADIO SUNCE	99.0	LATINA
89.0	RFI	99.5	AYP FM / FRANCE MAGHREB 2
89.4	RADIO LIBERTAIRE	99.9	SUD RADIO +
89.9	TSF JAZZ	100.3	NRJ PARIS
90.4	NOSTALGIE PARIS	100.7	RADIO NOTRE-DAME / FRÉQUENCE PROTESTANTE
90.9	CHANTE FRANCE	101.1	RADIO CLASSIQUE
91.3	CHÉRIE FM PARIS	101.5	NOVA
91.7	FRANCE MUSIQUE	101.9	FUN RADIO PARIS
92.1	MOUV'	102.3	OUÏ FM
92.6	TROPIQUES FM	102.7	M RADIO PARIS
93.1	ALIGRE FM / CAUSE COMMUNE	103.1	RMC
93.5	FRANCE CULTURE	103.5	VIRGIN RADIO PARIS
93.9	VIVRE FM / RADIO CAMPUS PARIS	103.9	RFM PARIS
94.3	RADIO ORIENT	104.3	RTL
94.8	RCJ / RADIO SHALOM / RADIO J	104.7	EUROPE 1
95.2	NÉO / ICI & MAINTENANT	105.1	FIP
95.6	RADIO COURTOISIE	105.5	FRANCE INFO
96.0	SKYROCK	105.9	RTL 2 PARIS
96.4	BFM BUSINESS	106.3	FPP - FRÉQUENCE PARIS PLURIELLE
96.9	VOLTAGE	106.7	BEUR FM
97.4	RIRE & CHANSONS	107.1	FRANCE BLEU PARIS
97.8	SWIGG	107.5	AFRICA RADIO

Document février 2021

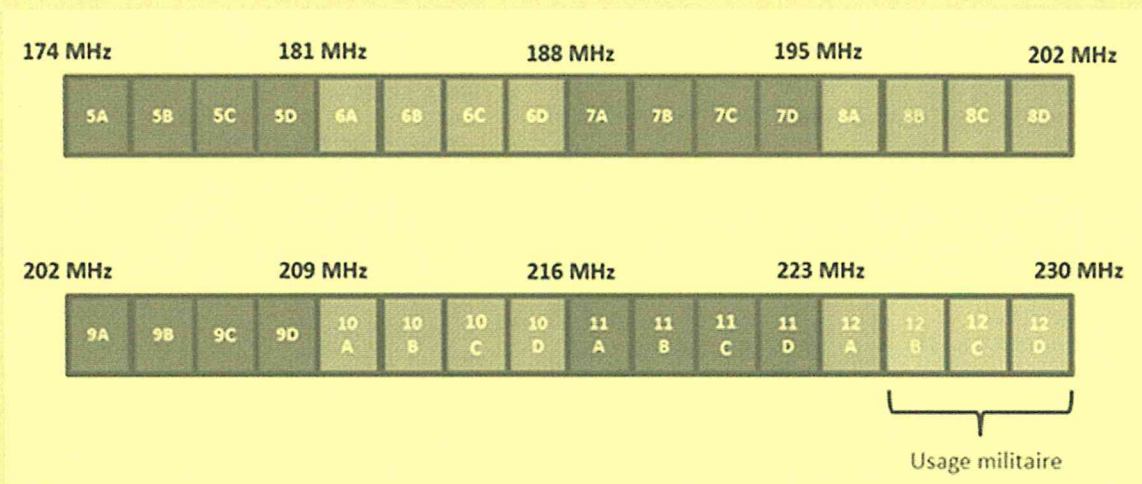
SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC3 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	

Extrait du site anfr.fr

La bande de fréquences DAB+ dédiée

En France, la diffusion hertzienne en mode numérique du média radio recourt au standard DAB+, norme largement adoptée en Europe pour ce type de diffusion.

En termes de ressource spectrale, le DAB+ fait usage de la bande de radiodiffusion dite « bande III » s'échelonnant entre 174 et 230 MHz et autrefois utilisée pour la télévision analogique :



Harmonisée à l'échelle internationale, cette bande est découpée en Europe en 32 canaux espacés de 1,75 MHz permettant la diffusion d'un multiplex de radio numérique composé au plus de 13 radios.

En France métropolitaine, il est à noter que l'usage des canaux 12B, 12C et 12D (224 à 230 MHz) reste affecté au ministère des Armées, conformément au TNRBF (Tableau national de répartition de bandes de fréquences).

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC4 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	

Autoradio JVC KD-DB97BT



SPECIFICATIONS

Digital radio	DAB	Frequency Range	L Band 1 452.960 MHz — 1 490.624 MHz Band III 174.928 MHz — 239.200 MHz
		Sensitivity	−100 dBm
		Signal-to-Noise Ratio	80 dB
		Antenna Connector Type	SMB
		Antenna Output Voltage	14.4 V (11 V – 16 V)
		Antenna Maximum Current	< 100 mA
Analog radio	FM	Frequency Range	87.5 MHz — 108.0 MHz (50 kHz step)
		Quieting Sensitivity (DIN S/N = 46 dB)	2.0 μV/75 Ω
		Frequency Response (±3 dB)	30 Hz — 15 kHz
		Signal-to-Noise Ratio (MONO)	64 dB
		Stereo Separation (1 kHz)	40 dB
	MW	Frequency Range	531 kHz — 1 611 kHz (9 kHz step)
		Usable Sensitivity (S/N = 20 dB)	28.2 μV
	LW	Frequency Range	153 kHz — 279 kHz (9 kHz step)
		Usable Sensitivity (S/N = 20 dB)	50 μV

Panel Antenna Polarization

174–254 MHz

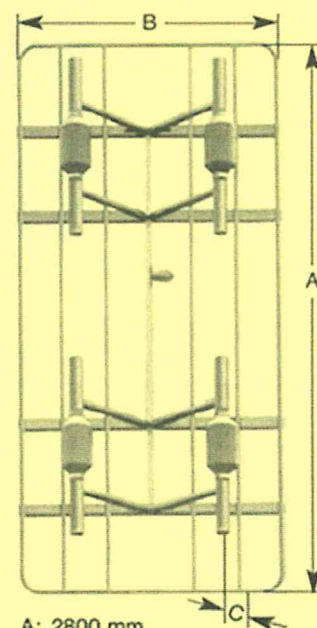
V

KATHREIN
Antennen · Electronic

- Especially suitable for square masts.

Order No.	601 699 K 53 33 57	601 939 K 53 33 58
Input	7-16 female	7/8" EIA-flange
Max. power	2 kW (higher power upon request)	3 kW
Frequency range	174 – 254 MHz	
VSWR	< 1.1	
Gain (at mid-band)	13,14 dBi	
Impedance	50 Ω	
Polarization	Vertical	
Weight	55 kg	
Wind load (at 160 km/h)	frontal: 2.00 kN lateral: 1.15 kN	
Max. wind velocity	225 km/h	

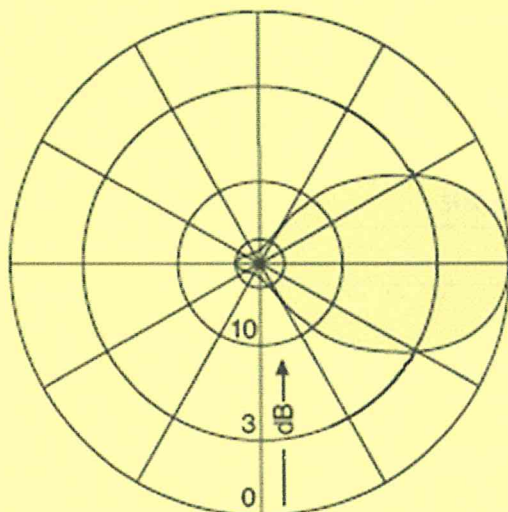
Material: Hot-dip galvanized steel.
Weather protection: Fiberglass.



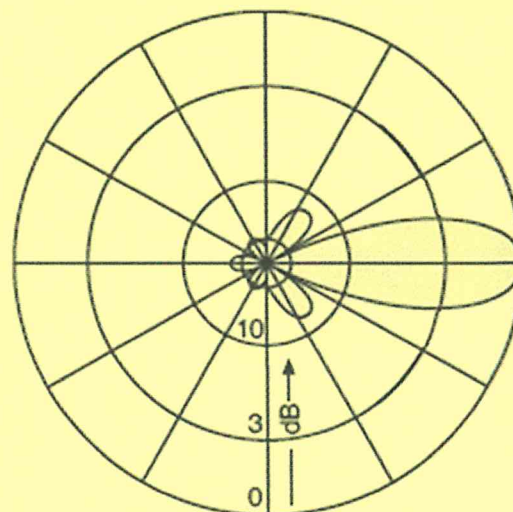
A: 2800 mm
B: 1300 mm
C: 400 mm

Diagramme de rayonnement

Radiation Patterns (at mid-band)



Horizontal Radiation Pattern
Plan horizontal



Vertical Radiation Pattern
Plan vertical

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC6 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	

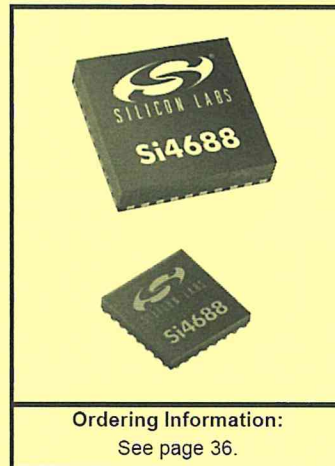


Si4688-A10

SINGLE-CHIP, FM/HD/DAB/DAB+ RADIO RECEIVER

Features

- Worldwide FM band support (76–108 MHz)
- Advanced RDS/RBDS decoder
- FM HD Radio™ support
- Patent-pending fast-HD station detection
- Integrated HD blend
- DAB, DAB+ Band III support (168–240 MHz)
- Supports WorldDMB Receiver Profiles 1 and 2
- OFDM channel demodulator
 - Simultaneous decoding of up to 4 service components
 - Seamless dynamic multiplex reconfiguration
- Integrated SRAM supporting time and frequency de-interleaving
- Advanced seek functionality
- Advanced audio DSP processing
- Complete on-chip source decode
- I²S digital audio out with ASRC
- Integrated 97 dB stereo audio DAC
- Concurrent I²S / L-R stereo audio out
- Full range of analog and digital signal quality metrics
- Fully-integrated VCO / PLL / synthesizer
- Fully-integrated advanced AGC and alignment
- SPI, I²C control interfaces
- FM sensitivity = 0.7 µV
- HD sensitivity = –91 dBm
- DAB sensitivity = –101 dBm
- WLCSP and QFN packages



Patents pending

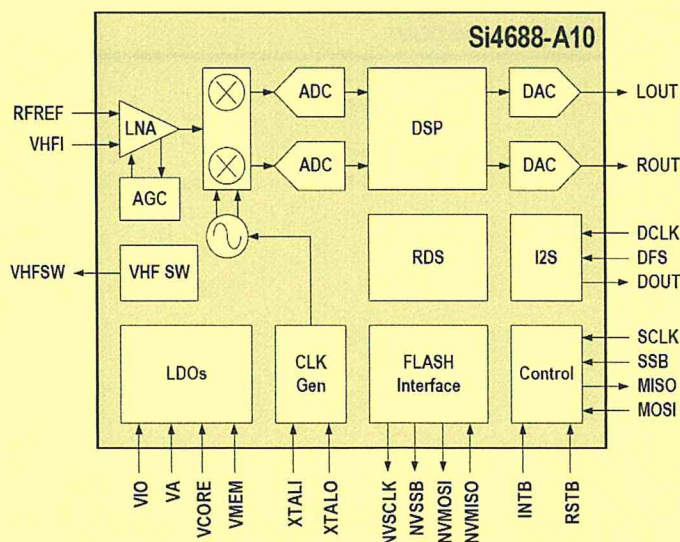
Applications

- Mobile phones and tablets
- Clock and tabletop radios
- Personal navigation devices
- Stereo boomboxes
- Mini/micro systems
- Docking stations

Description

The Si4688 single-chip digital receiver is one member of a family of 100% CMOS digital radio broadcast receiver ICs from Silicon Labs. The Si46xx family provides revolutionary advances in size, power consumption, and performance to enable high-volume, cost-sensitive multimedia products to incorporate digital broadcast features. The family offers all-in-one, ultra-low power, multi-band digital broadcast receivers to support global analog and digital radio standards including AM, SW, LW, FM, FM RDS, HD, DAB, DAB+, DMB, and DRM(30).

Functional Block Diagram



SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC7 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	

Si4688-A10

1. Electrical Specifications

Table 1. Recommended Operating Conditions*

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Analog Supply Voltage	V_A	—	1.71	1.8	2.0	V
Interface Supply Voltage	V_{IO}	—	1.62	1.8	3.6	V
Core Digital Supply Voltage	V_{CORE}	—	1.62	1.8	2.0	V
Memory Supply Voltage	V_{MEM}	—	1.62	1.8	2.0	V

***Note:** All minimum (Min) and maximum (Max) specifications are guaranteed and apply across the recommended operating conditions. Typical (Typ) values apply at $V_A = V_{IO} = V_{CORE} = V_{MEM} = 1.8$ V, and 25 °C unless otherwise stated. Parameters are tested in production unless otherwise stated.

Table 2. DC Characteristics^{1,2}

($T_{AMB} = 25$ °C, $V_A = V_{IO} = V_{MEM} = V_{CORE} = 1.8$ V)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
OPERATIONAL—DAB/DAB+ Mode³						
V_A		DAB/DAB+ reception	—	23.9	25.0	mA
V_{CORE}			—	14.0	17.0	mA
V_{MEM}			—	9.0	13.3	mA
V_{IO}			—	0.3	0.6	mA

Notes:

1. Power states are described in Section “6.5. Reset Timing and Power States” .
2. Characteristics apply to firmware FMHD 2.0.10 and firmware DAB 1.0.6. For later firmware versions see application note, “Si468x Data Sheet Addendum”. Parameters are tested in production unless otherwise stated.
3. Guaranteed by characterization.
4. For input pins RSTB, SMODE, SCLK, SSB, MOSI, NVMISO, DCLK, and DFS.
5. For output pins INTB, MISO, NVSBB, NVSCLK, NVMOSI, and DOUT.

Si4688-A10

5. Audio Interface

5.1. Analog Audio

High-fidelity digital-to-analog converters (DACs) drive analog audio signals onto the LOUT and ROUT pins. The audio output may be muted. Volume is adjusted digitally.

5.2. Digital Audio Interface

The digital audio 3-pin interface consists of data serial lines containing audio data, a bit clock, and a word frame for left and right channel data. The digital audio interface operates in slave mode and supports the I²S Audio format. In the I²S Audio format, by default the MSB is captured on the second rising edge of DCLK following each DFS transition. The remaining bits of the word are sent in order, down to the LSB. The left channel is transferred first when the DFS is low, and the right channel is transferred when the DFS is high.

5.2.1. Audio Sample Rates

The Si4688 supports a number of industry-standard sampling rates including 32, 40, 44.1, and 48 kHz.

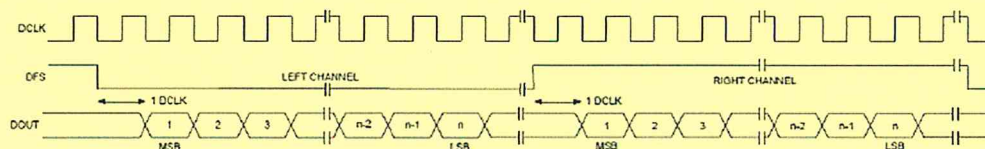


Figure 8. I²S Audio Format

Si4688-A10

6. Control Interface

Two serial port slave protocols are supported, a Serial Peripheral (SPI) Control Interface Protocol and an I²C Control Bus Interface Protocol, which allow an external controller to send commands and receive responses from the Si4688.

6.1. SPI Control Interface

The Si4688 control interface operates in SPI Mode when the SMODE pin is tied to GND.

The Si4688 SPI control interface supports the synchronous transfer of data between the part and an external controller via a 4-wire bus consisting of:

- a serial clock (SCLK), provided by the external controller
- a slave select (SSB), allows the master to select a slave device
- a slave data input pin (MOSI)
- a slave data output pin (MISO)

Because all data transfers across the SPI control interface are synchronized to the serial clock (SCLK), there are four possible modes that can be used in an SPI protocol, based on the serial clock's phase (CPHA) and polarity (CPOL).

The Si4688 SPI control interface supports SPI Mode 0 (CPHA=0, CPOL=0), and SPI Mode 3 (CPHA=1, CPOL=1). Figure 9, "Si4688 SPI Control Interface Bus Protocol – SPI Mode 0,0" and Figure 10, "Si4688 SPI Control Interface Bus Protocol – SPI Mode 1,1" show the SPI Control Interface bus protocols for SPI Modes 0 and 3, respectively.

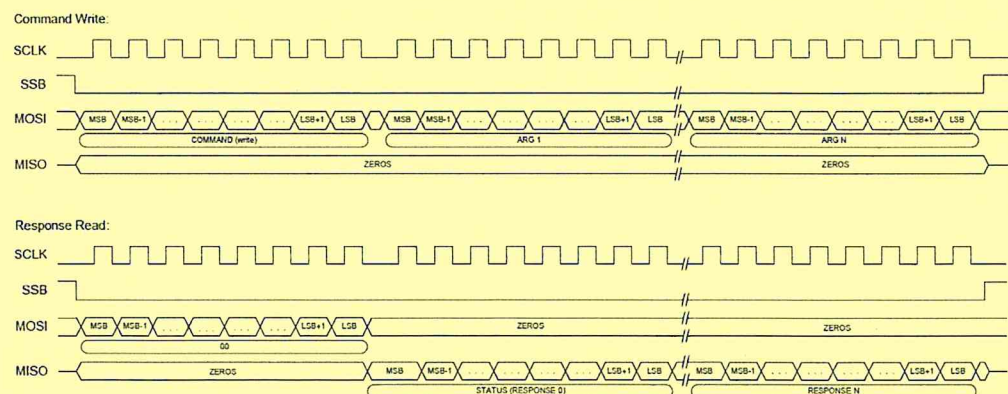
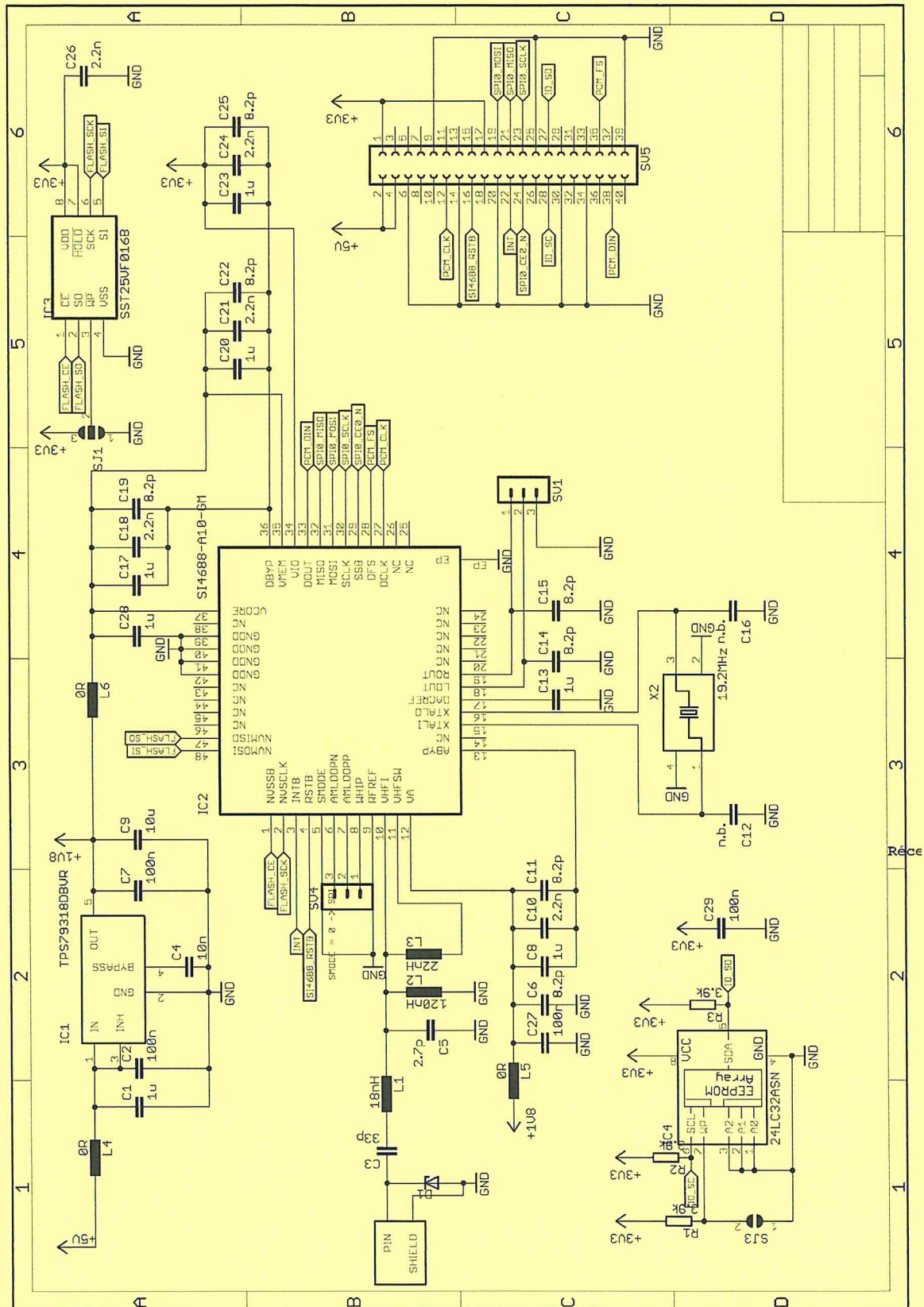


Figure 9. Si4688 SPI Control Interface Bus Protocol – SPI Mode 0,0

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC9 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	

Documentation PP 7 : Schéma du récepteur étudié



ULTRALOW-NOISE, HIGH-PSRR, FAST RF 200-mA LOW-DROPOUT LINEAR REGULATORS

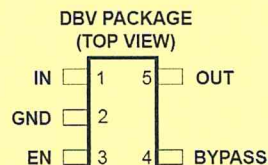
FEATURES

- Controlled Baseline
 - One Assembly/Test Site, One Fabrication Site
- Enhanced Diminishing Manufacturing Sources (DMS) Support
- Enhanced Product-Change Notification
- Qualification Pedigree ⁽¹⁾
- 200-mA Low-Dropout Regulator With EN
- Available in 1.8 V, 2.5 V, 2.8 V, 2.85 V, 3 V, 3.3 V, 4.75 V, and Adjustable
- High PSRR (70 dB at 10 kHz)
- Ultralow Noise (32 μ V)
- Fast Start-Up Time (50 μ s)
- Stable With a 2.2- μ F Ceramic Capacitor
- Excellent Load/Line Transient
- Very Low Dropout Voltage (112 mV at Full Load, TPS79330)
- 5-Pin SOT23 (DBV) Package

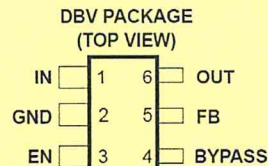
APPLICATIONS

- VCOs
- RF
- Bluetooth™, Wireless LAN

- (1) Component qualification in accordance with JEDEC and industry standards to ensure reliable operation over specified temperature range. This includes, but is not limited to, Highly Accelerated Stress Test (HAST) or biased 85/85, temperature cycle, autoclave or unbiased HAST, electromigration, bond intermetallic life, and mold compound life. Such qualification testing should not be viewed as justifying use of this component beyond specified performance and environmental limits.



Fixed Option



Adjustable Option

DESCRIPTION

The TPS793xx family of low-dropout (LDO) low-power linear voltage regulators features high power-supply rejection ratio (PSRR), ultralow noise, fast start-up, and excellent line and load transient responses in a small-outline SOT23 package. Each device in the family is stable, with a small 2.2- μ F ceramic capacitor on the output. The TPS793xx family uses an advanced, proprietary, BiCMOS fabrication process to yield extremely low dropout voltages (e.g., 112 mV at 200 mA, TPS79330). Each device achieves fast start-up times (approximately 50 μ s with a 0.001- μ F bypass capacitor), while consuming very low quiescent current (170 μ A typical). Moreover, when the device is placed in standby mode, the supply current is reduced to less than 1 μ A. The TPS79328 exhibits approximately 32 μ V_{RMS} of output voltage noise with a 0.1- μ F bypass capacitor. Applications with analog components that are noise sensitive, such as portable RF electronics, benefit from the high PSRR and low-noise features, as well as the fast response time.

AVAILABLE OPTIONS

T _J	VOLTAGE	PACKAGE	PART NUMBER	SYMBOL
–40°C to 125°C	1.2 to 5.5 V	SOT23 (DBV)	TPS79301DBVREP ⁽¹⁾	PGVE
	1.8 V		TPS79318DBVREP ⁽¹⁾	PHHE
	2.5 V		TPS79325DBVREP ⁽¹⁾	PGWE
	2.8 V		TPS79328DBVREP ⁽¹⁾⁽²⁾	PGXE
	2.85 V		TPS793285DBVREP ⁽¹⁾⁽²⁾	PHIE
	3 V		TPS79330DBVREP ⁽¹⁾⁽²⁾	PGYE
	3.3 V		TPS793333DBVREP ⁽¹⁾	PHUE
	4.75 V		TPS793475DBVREP ⁽¹⁾	PHJE
–55°C to 125°C	1.2 to 5.5 V		TPS79301MDBVREP ⁽¹⁾	PMBM

(1) The DBVR indicates tape and reel of 3000 parts.

(2) Product preview

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC11 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	

Documentation PP 9 : Le bus I2S

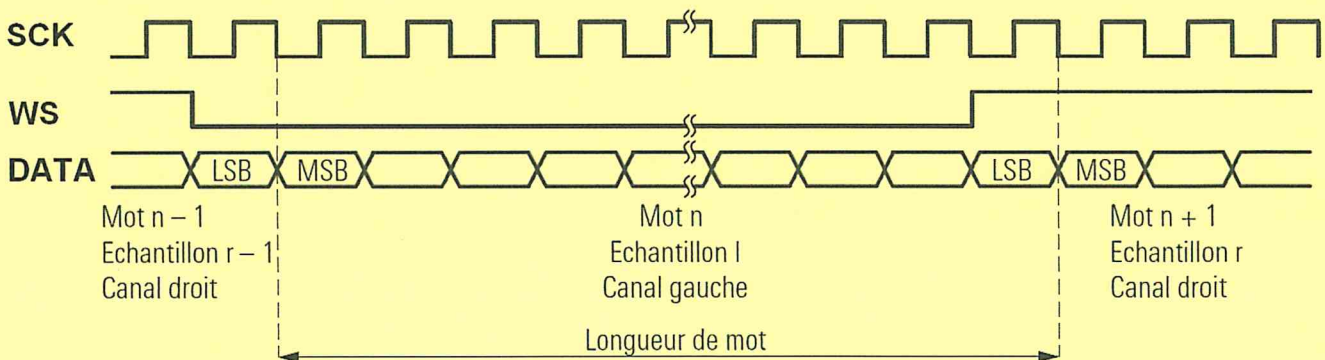
Le bus de données série I2S (Inter-IC Sound Bus) est une interface numérique utilisée en audionumérique. Elle est réservée à une utilisation interne à un équipement et permet la transmission de données audionumériques sur deux voies (stéréo gauche et droite) entre composants électroniques.

Ce format créé par Philips en 1986 et révisé en 1996 est pris en charge par de nombreux composants : convertisseurs analogique-numérique ou numérique-analogique, processeurs de signaux (DSP) etc.

Trois signaux sont définis en standard pour l'interface I2S.

- Un signal d'horloge bit : SCK (Serial Clock),
- Un signal DATA qui contient les données audionumériques gauche et droite,
- Un signal WS (word select) appelé aussi parfois FSYNC (Frame synchronisation : synchronisation de trames) ou aussi LRCLK (Left Right Clock). Ce signal est synchronisé avec le début d'un mot transmis et permet de distinguer la voie droite de la voie gauche. WS = 0 pour la voie gauche, WS = 1 pour la voie droite.

La transmission s'effectue selon le chronogramme représenté sur la figure ci-dessous :



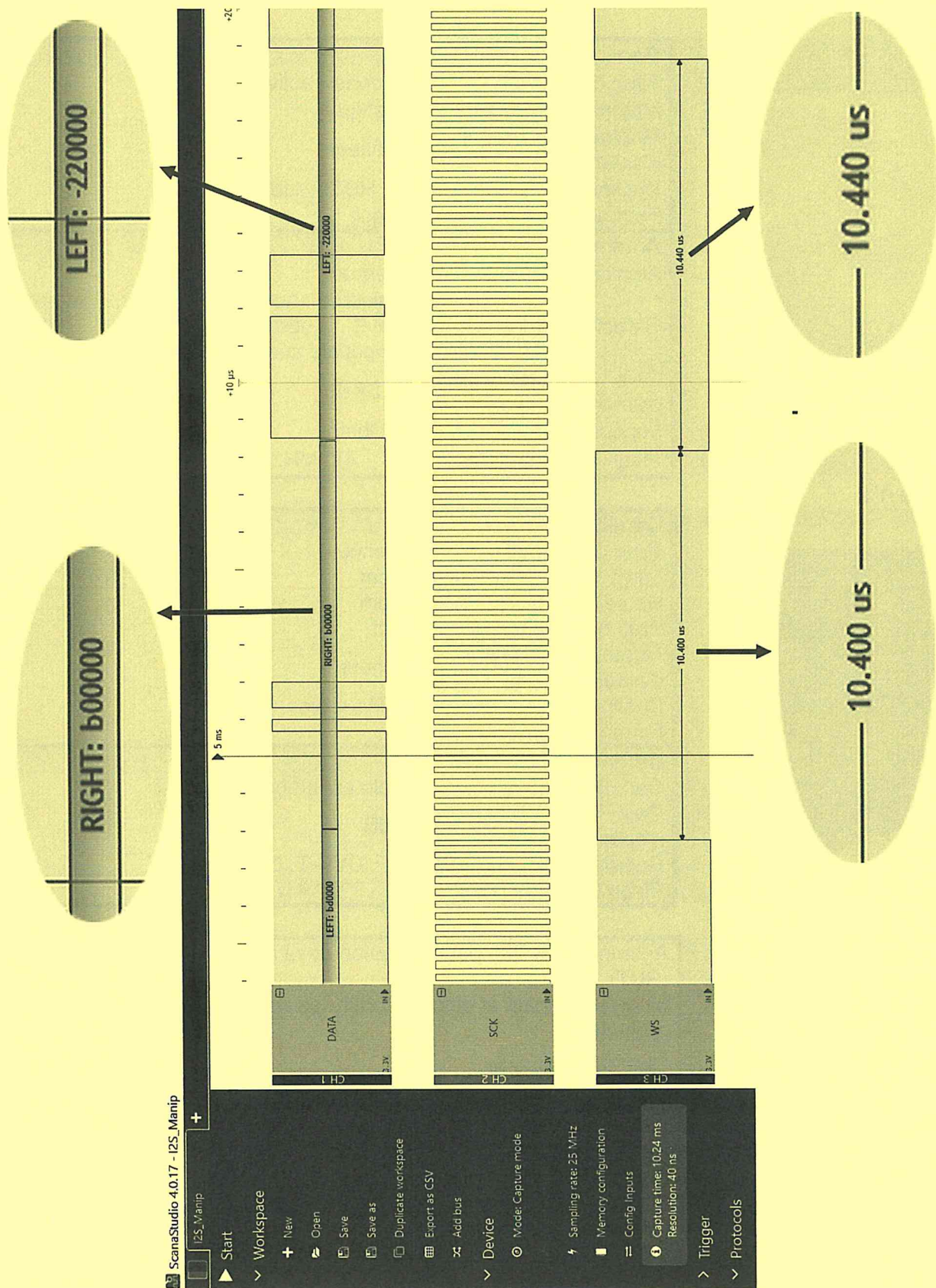
En I2S, le MSB est transmis une période d'horloge après la transition du signal WS.

Les données sont transmises en complément à 2, en commençant par le bit le plus significatif (MSB).

Les fréquences d'échantillonnages les plus couramment utilisées sont : 32 kHz, 40 kHz, 44,1 kHz (CD audio), 48 kHz, 96 kHz.

SESSION 2022	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC12 sur 14
22SN4SNEC1	Documentation	

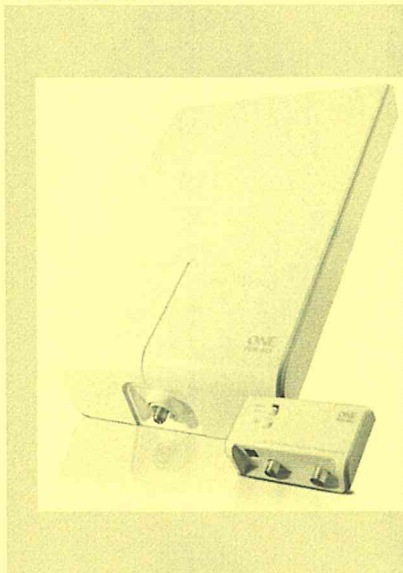
Documentation PP 10 : Relevé de mesures analyseur logique



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

Documentation SP 1 : Les antennes

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



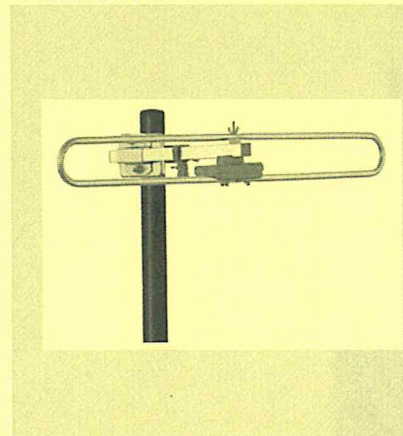
Général

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

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

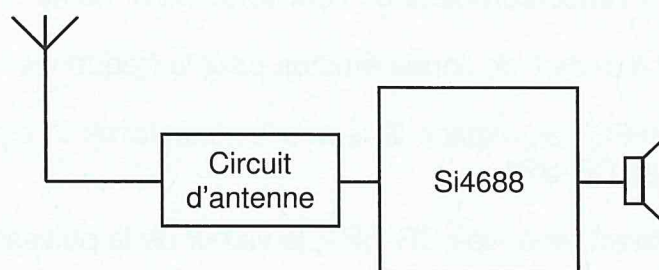
La radio n'a pas subi d'évolution de son mode de diffusion depuis la FM. La bande FM est aujourd'hui saturée. Elle ne peut accueillir de nouveaux émetteurs.

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 Si4688.

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	

5. 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.

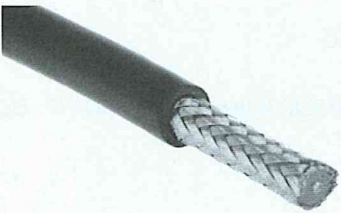
câble n°1 	Câble coaxial RG223/U sans terminaison noir de RS Pro, 50 Ω, diamètre externe de 5,4 mm, 100 m <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Spécification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tension nominale</td><td>30 V</td></tr> <tr> <td>Capacité</td><td>101 pF/m</td></tr> <tr> <td>GRANDEUR N°1</td><td>50 Ω</td></tr> <tr> <td>Propagation de la vitesse (%)</td><td>66 %</td></tr> <tr> <td>Conducteur DCR (Ω / km)</td><td>< 29,9</td></tr> <tr> <td>Support de tension (VRMS)</td><td>2,4 kV c.a., 3,4 kV c.c.</td></tr> <tr> <th>Fréquence (MHz)</th><th>GRANDEUR N°2 (dB/100 m)</th></tr> <tr> <td>30</td><td>7</td></tr> <tr> <td>200</td><td>19</td></tr> <tr> <td>500</td><td>30</td></tr> <tr> <td>1 000</td><td>42</td></tr> <tr> <td>3 000</td><td>76</td></tr> </tbody> </table>	Spécification		Tension nominale	30 V	Capacité	101 pF/m	GRANDEUR N°1	50 Ω	Propagation de la vitesse (%)	66 %	Conducteur DCR (Ω / km)	< 29,9	Support de tension (VRMS)	2,4 kV c.a., 3,4 kV c.c.	Fréquence (MHz)	GRANDEUR N°2 (dB/100 m)	30	7	200	19	500	30	1 000	42	3 000	76
Spécification																											
Tension nominale	30 V																										
Capacité	101 pF/m																										
GRANDEUR N°1	50 Ω																										
Propagation de la vitesse (%)	66 %																										
Conducteur DCR (Ω / km)	< 29,9																										
Support de tension (VRMS)	2,4 kV c.a., 3,4 kV c.c.																										
Fréquence (MHz)	GRANDEUR N°2 (dB/100 m)																										
30	7																										
200	19																										
500	30																										
1 000	42																										
3 000	76																										
câble n°2 	Câble coaxial RG59 sans terminaison noir de RS Pro, 75 Ω, diamètre externe de 3,6 mm, 100 m <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Spécification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tension nominale</td><td>30 V</td></tr> <tr> <td>Capacité</td><td>60 pF/m</td></tr> <tr> <td>GRANDEUR N°1</td><td>75 Ω</td></tr> <tr> <td>Propagation de la vitesse (%)</td><td>82 %</td></tr> <tr> <td>Conducteur DCR (Ω / km)</td><td>< 359,1</td></tr> <tr> <th>Fréquence (MHz)</th><th>GRANDEUR N°2 (dB/100 m)</th></tr> <tr> <td>50</td><td>12,5</td></tr> <tr> <td>200</td><td>22,5</td></tr> <tr> <td>500</td><td>34,9</td></tr> <tr> <td>1 000</td><td>50,5</td></tr> </tbody> </table>	Spécification		Tension nominale	30 V	Capacité	60 pF/m	GRANDEUR N°1	75 Ω	Propagation de la vitesse (%)	82 %	Conducteur DCR (Ω / km)	< 359,1	Fréquence (MHz)	GRANDEUR N°2 (dB/100 m)	50	12,5	200	22,5	500	34,9	1 000	50,5				
Spécification																											
Tension nominale	30 V																										
Capacité	60 pF/m																										
GRANDEUR N°1	75 Ω																										
Propagation de la vitesse (%)	82 %																										
Conducteur DCR (Ω / km)	< 359,1																										
Fréquence (MHz)	GRANDEUR N°2 (dB/100 m)																										
50	12,5																										
200	22,5																										
500	34,9																										
1 000	50,5																										

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.

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.

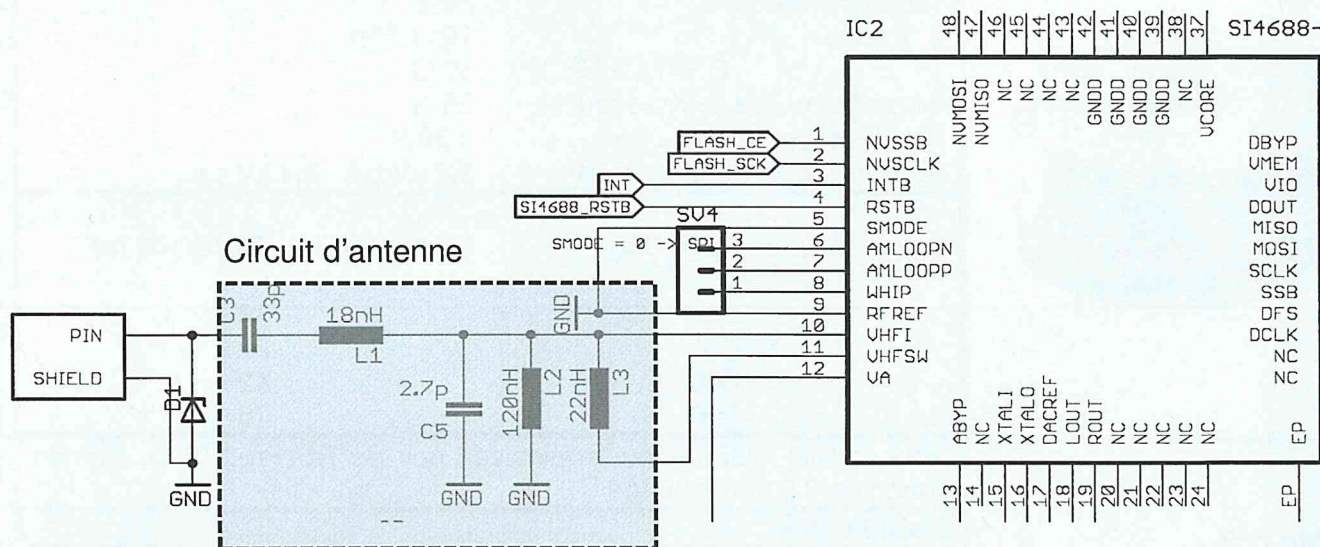


Figure 2 - Schéma de connexion du circuit Si4688

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. Dédire, 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 μs
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.

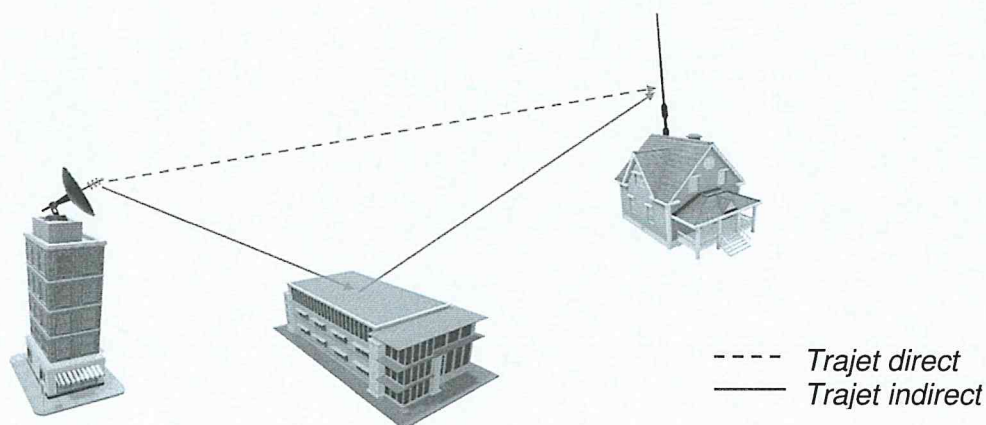


Figure 3

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



ent :

- 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).

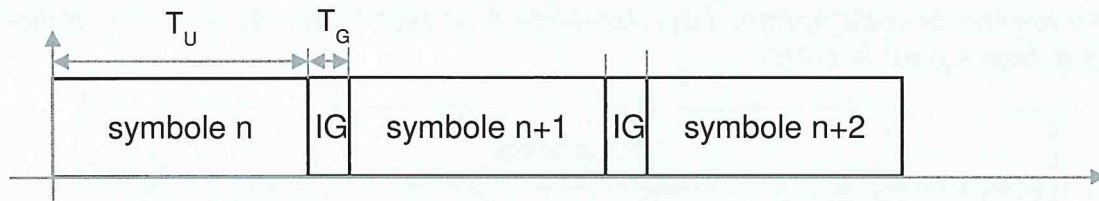


Figure 4 - Répartition temporelle des symboles

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 $246 \text{ }\mu\text{s}$.

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 constitué de 1 536 sous-porteuses orthogonales.

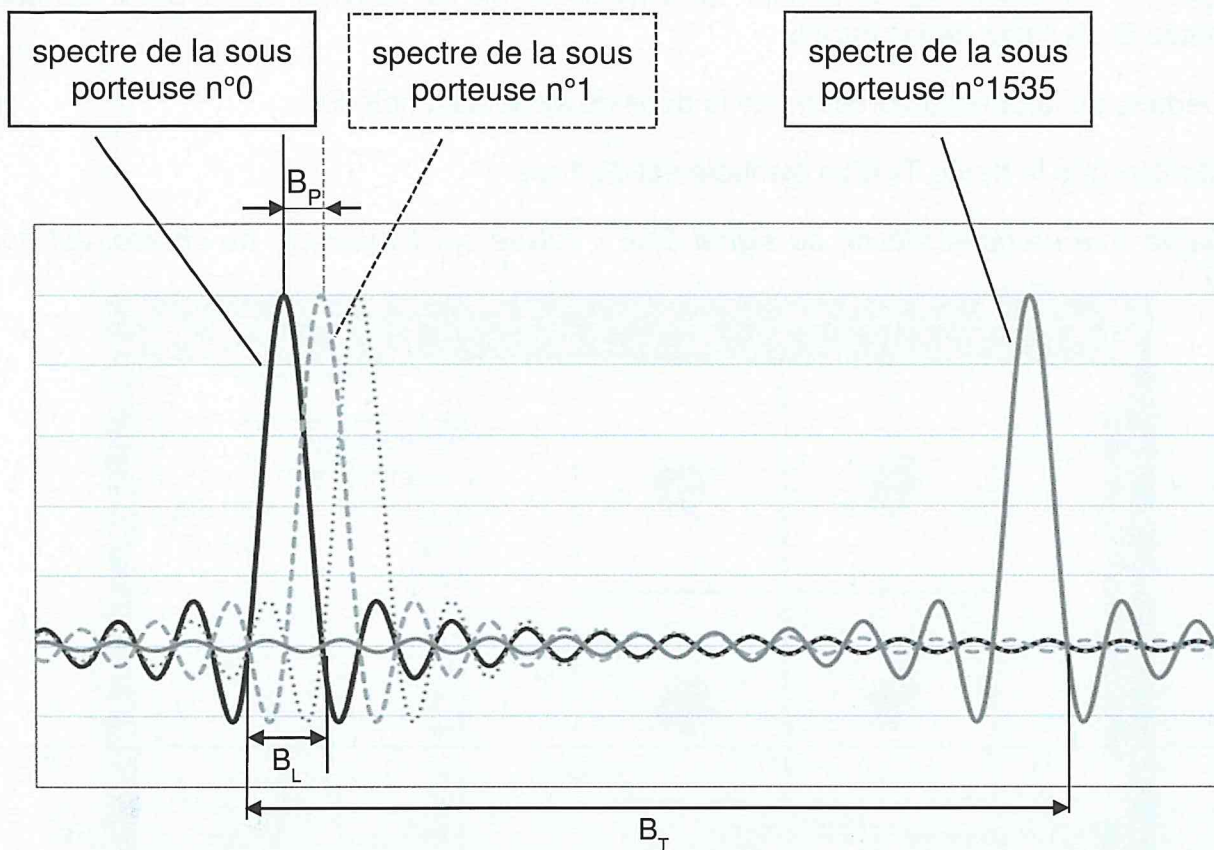


Figure 5 - Spectre d'un signal DAB

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

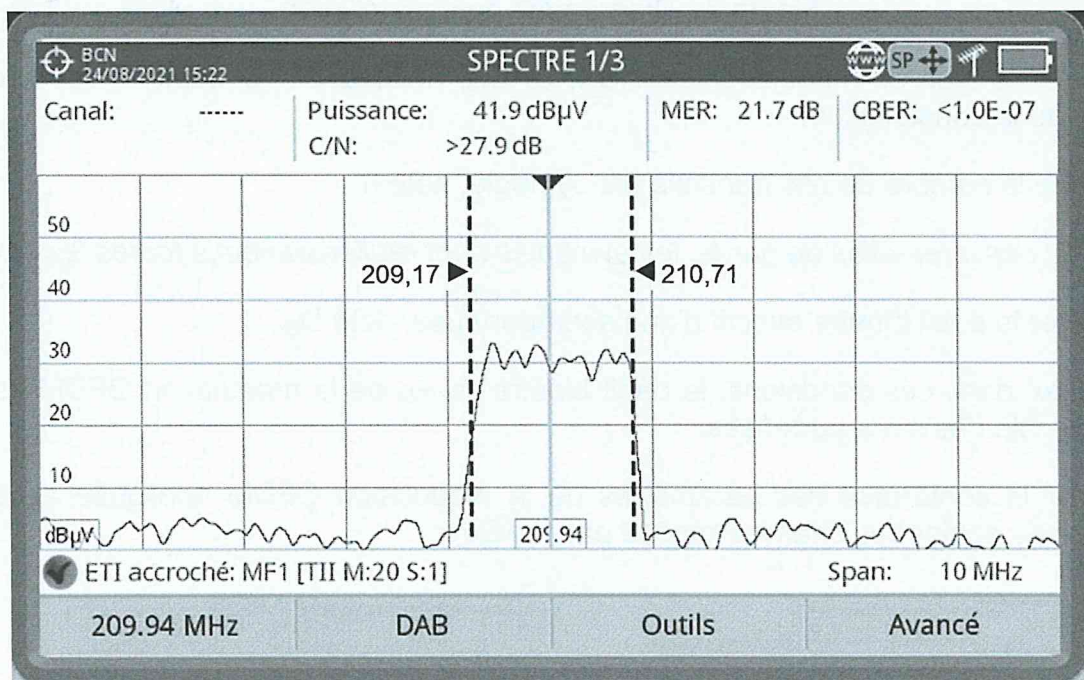


Figure 6 - Détermination de la largeur spectrale

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

- 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.** Déduire 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.

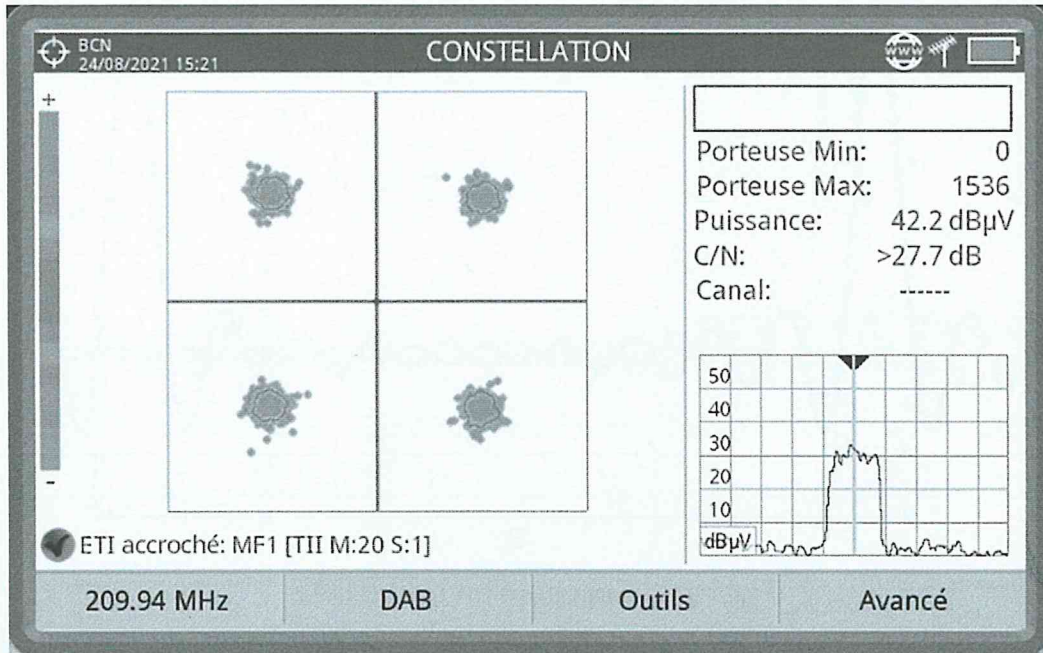


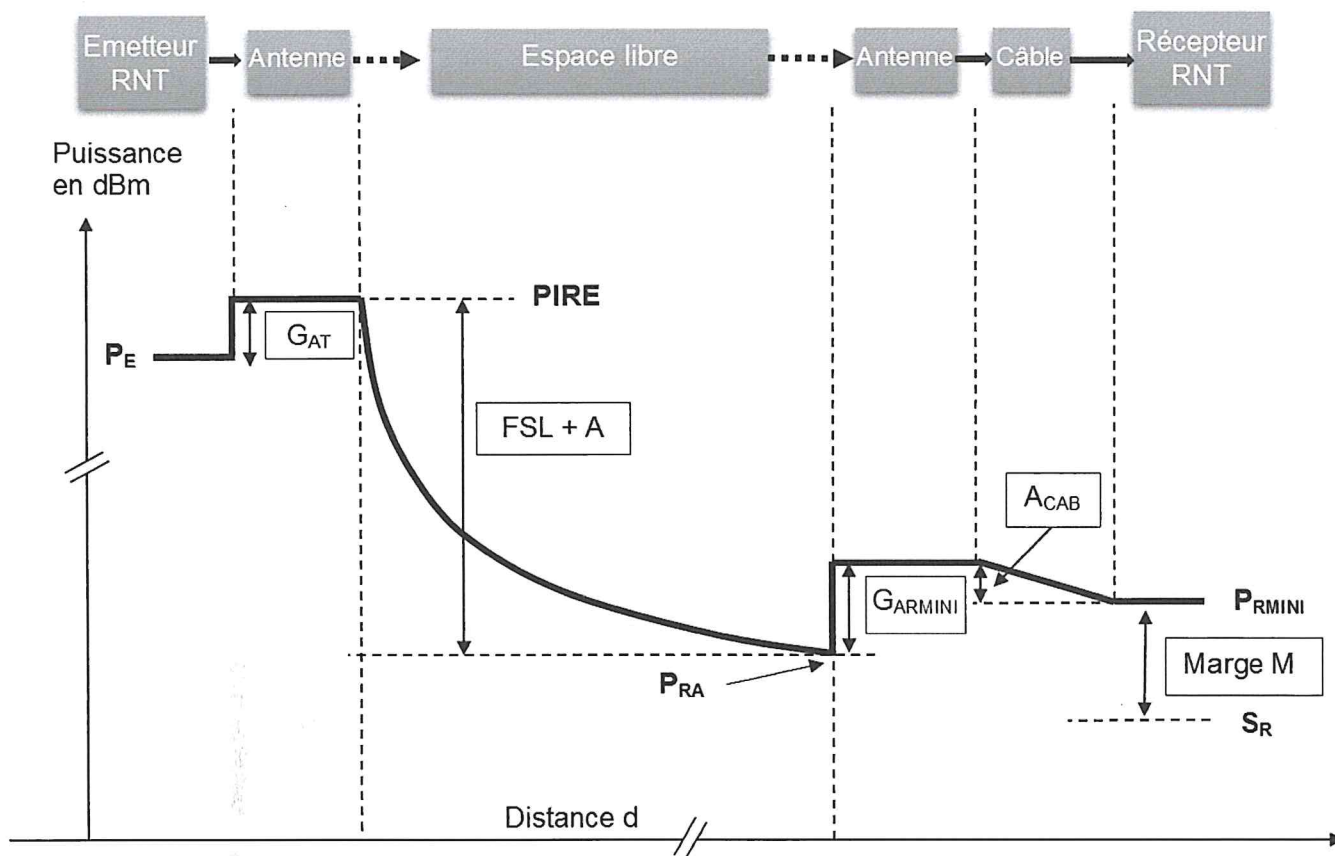
Figure 7 - Diagramme de constellation

- Q69.** Préciser le type de modulation : 4-ASK, QPSK, FSK, QAM-16. Justifier votre réponse à partir de la constellation.
- Q70.** Déduire 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.** Déduire, 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

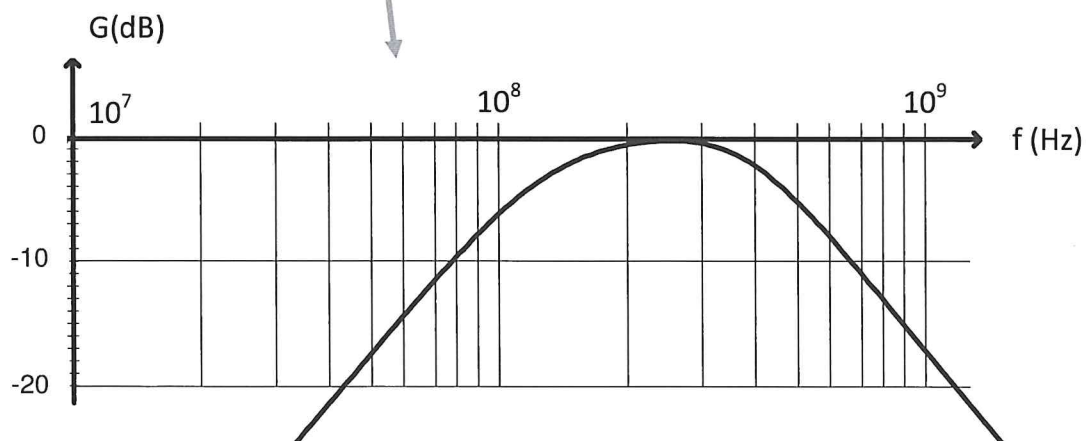
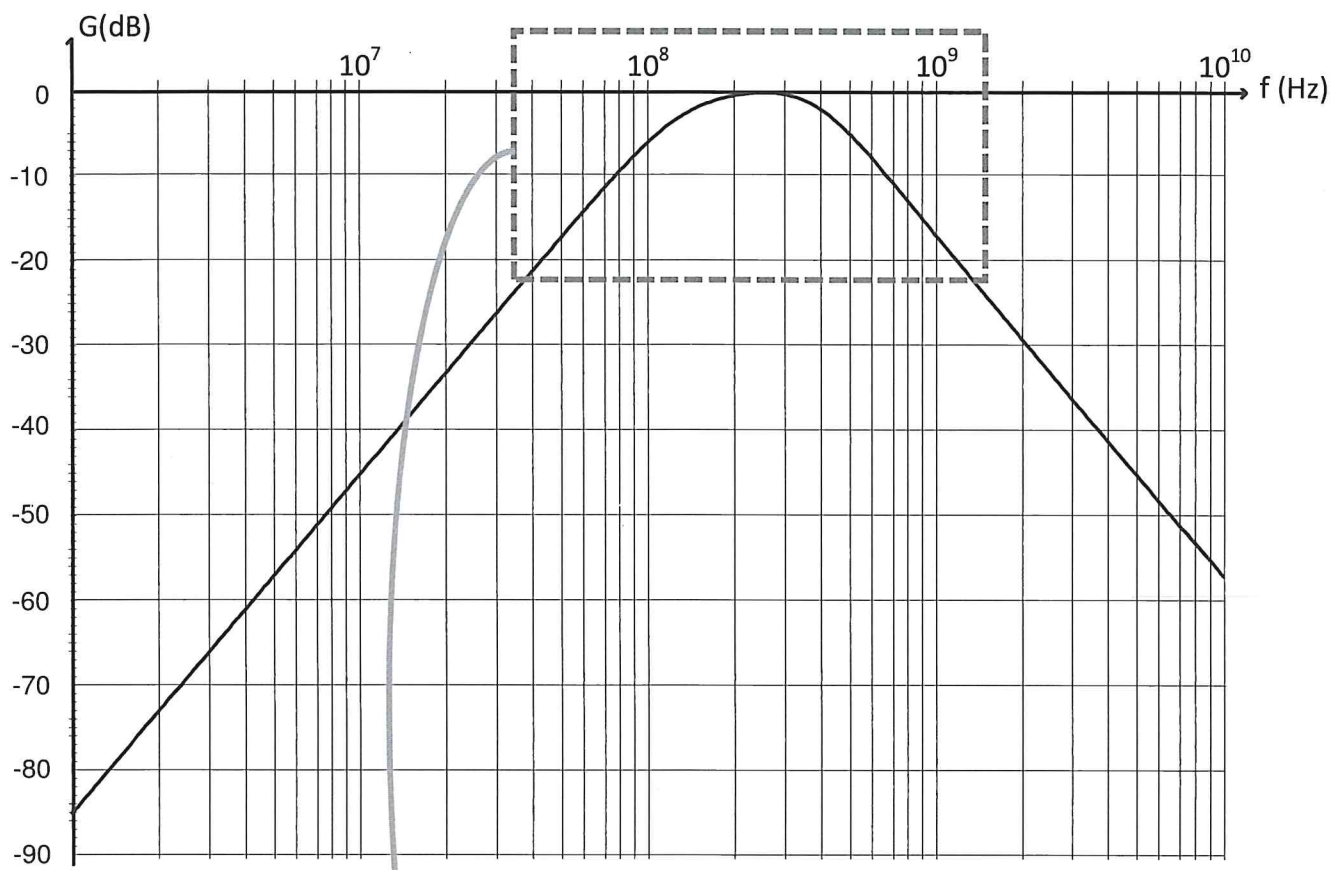
$$P_{RMINI} = \dots\dots\dots \text{ dBm}$$

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

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	