

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR SYSTÈMES NUMÉRIQUES

Option B – Électronique et Communications

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

SESSION 2023

—
Durée : 6 heures

Coefficient : 5
—

L'usage de calculatrice avec mode examen actif, est autorisé.
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Ce sujet comporte :

Présentation du système	PR1 à PR6
Sujet	
Questionnaire Partie 1 Électronique	S-Pro1 à S-Pro6
Document réponses à rendre avec la copie	DR-Pro1 à DR-Pro5
Questionnaire Partie 2 Physique	S-SP1 à S-SP9
Document réponses à rendre avec la copie	DR-SP1 à DR-SP3
Documentation	DOC1 à DOC13

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 DR-Pro 5 et une copie « Sciences Physiques » dans laquelle seront placés les documents réponses DR-SP1 à DR-SP3.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page de garde
23SN4SNEC1		

PRÉSENTATION DU SYSTÈME RADIO VHF MARINE

1. Mise en situation

L'étude porte sur un équipement de communication radio utilisé dans les navires appelé « radio VHF ». Cet équipement est incontournable et obligatoire pour assurer la sécurité à bord d'un navire.

Le modèle étudié est un produit de la société NAVICOM de référence RT1050-AIS.

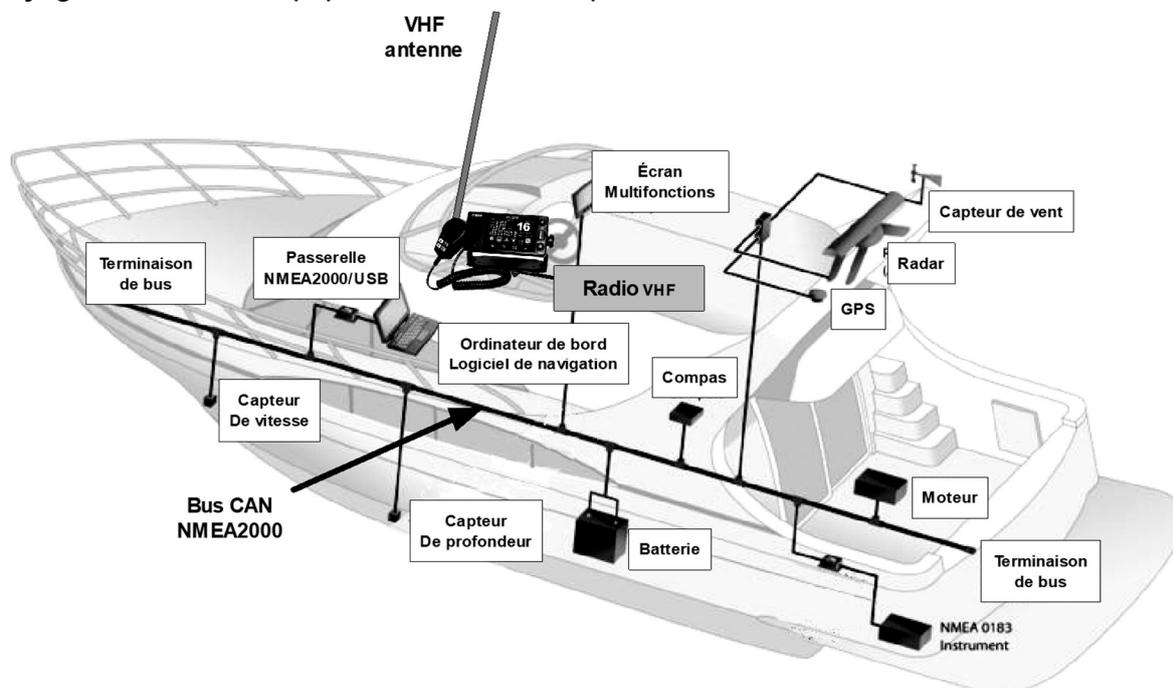


D'une portée supérieure au téléphone mobile en zone côtière, la radio VHF permet de répondre aux cas d'utilisations suivants :

- communiquer entre différents navires et stations à terre. C'est le premier support de la solidarité des gens de mer !
- lors d'une avarie, diffuser une information de détresse à tous les navires sur zone, plaisanciers ou professionnels, converser avec les services de secours ;
- recevoir les bulletins météo audio à intervalle régulier et plus particulièrement les bulletins météo spéciaux diffusés par Météo France ;
- recevoir les informations numériques AIS des navires situés à proximité ;
- dialoguer avec les autres équipements électroniques du navire.

En plus de la radio VHF, les navires sont équipés de nombreux dispositifs électroniques d'aide à la navigation : capteur de vitesse, capteur de profondeur, compas, écrans multifonctions, capteurs moteurs, radar... qui communiquent entre eux.

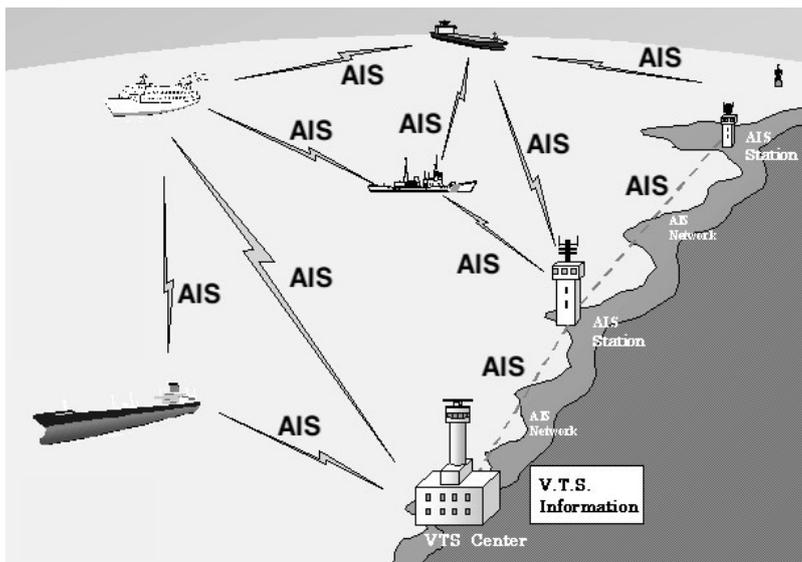
Les dernières générations de navires utilisent un bus de communication multiplexé, le bus CAN, normalisé et défini par les normes NMEA2000 et NMEA0183. Cette technologie facilite l'interfaçage de tous les équipements électroniques de bord.



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page PR 1 sur 6
23SN4SNEC1	Présentation	

2. Analyse du système AIS (Automatic Identification System)

Le système de communication AIS permet d'échanger, entre les navires et les stations de contrôle à terre, des informations essentielles de navigation : vitesse, position, cap, destination, taille du navire, identifiant du navire...



Chaque navire transmet des messages AIS numériques qui sont réceptionnés par les autres navires, les ports, les services de trafic maritime et les sites Internet, ce qui permet d'afficher les navires sur une carte.



Chaque symbole permet de récupérer les informations des autres navires. Les informations transmises dans les messages AIS permettent entre autres de récupérer la vitesse du navire et sa localisation géographique. Un exemple d'informations AIS reçues est présenté ci-dessous.

Position Received: **2020-04-29 16:35 UTC**
now

Vessel's Local Time:
2020-04-29 16:35 LT UTC

Area: **UKC - English Channel**

Current Port: -

Latitude / Longitude: **49.39167° / -3.1855°**

Status: **Underway using Engine**

Speed/Course: **13.0 kn / 294 °**

AIS Source: 2379 **Perros-Guirec**

SHOW ON LIVE MAP

Google Map data ©2020 Google

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page PR 2 sur 6
23SN4SNEC1	Présentation	

Dans cet exemple d'informations reçues, on peut savoir si le navire est en mouvement (Status: *Underway using engine*), ses coordonnées géographiques, sa vitesse et son cap :

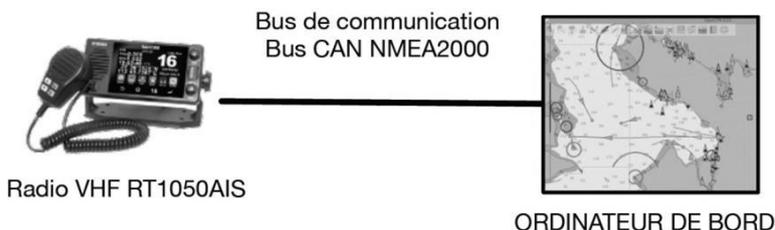
- latitude / longitude : 49.39167° / -3.1855° ;
- vitesse (speed) : 13 kn ;
- cap (course) : 294°.

Les communications peuvent être diverses. Aussi, 27 types de messages AIS différents ont été créés. Le contenu des messages est fonction du numéro du message.

Le message numéro 1 d'aide à la navigation AIS transmet les coordonnées géographiques, la vitesse et le numéro unique d'identification du navire émettant, appelé MMSI (*Maritime Mobile Service Identity*).

La radio VHF permet de réceptionner, démoduler, décoder et transmettre les informations numériques AIS aux équipements électroniques du navire *via* un bus de communication.

Un équipement électronique de type écran multifonctions (comme un ordinateur de bord) peut afficher graphiquement les navires présents à proximité sur une carte numérique. Les navires sont symbolisés par de petits triangles.

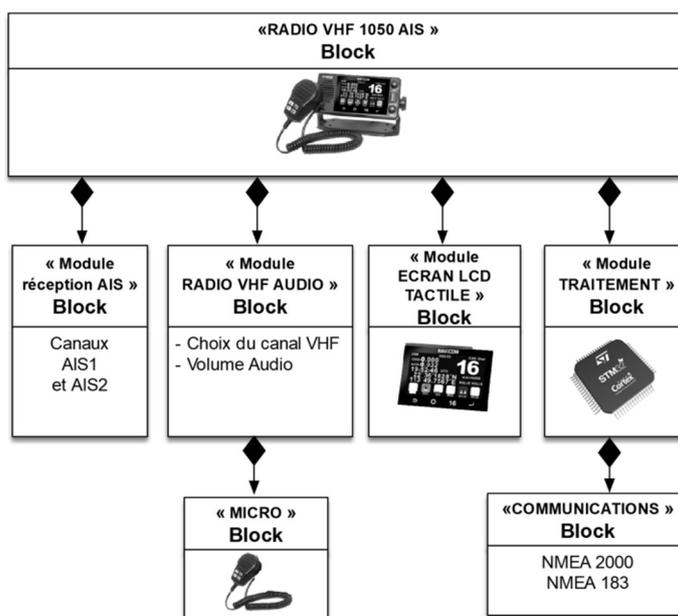


3. Description SYSML

Le module RADIO VHF AUDIO de la VHF RT1050AIS permet de recevoir les fréquences radio audio dans la plage de fréquences 156,025 MHz à 162 MHz.

Le module de réception AIS utilise deux fréquences spécifiques AIS1 (161,975 MHz) et AIS2 (162,025 MHz).

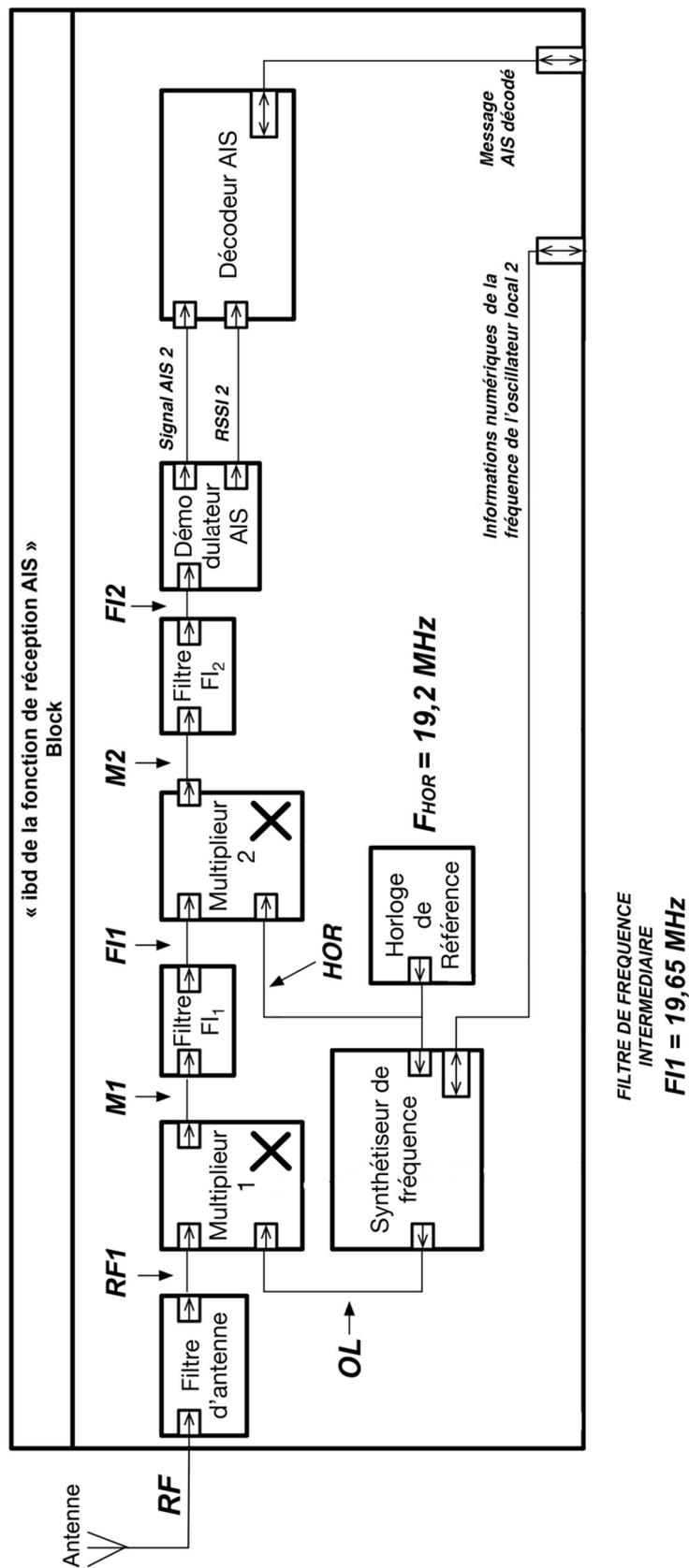
Les modules ECRAN LCD TACTILE et TRAITEMENT réalisent le dialogue avec l'utilisateur et synchronisent les communications des informations avec les autres équipements électroniques.



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page PR 3 sur 6
23SN4SNEC1	Présentation	

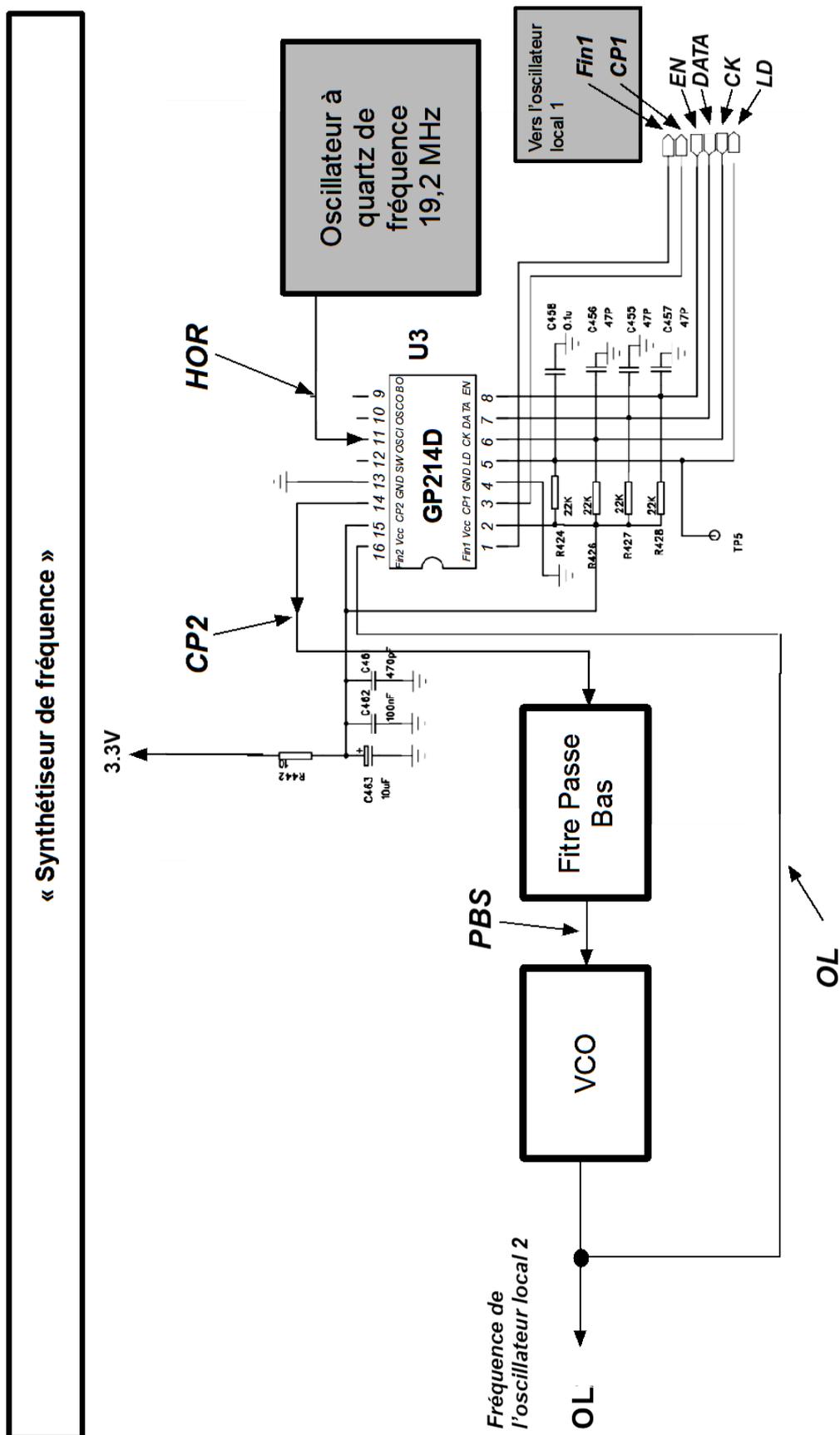
4. Schémas

4.1. Ibd de la fonction réception AIS



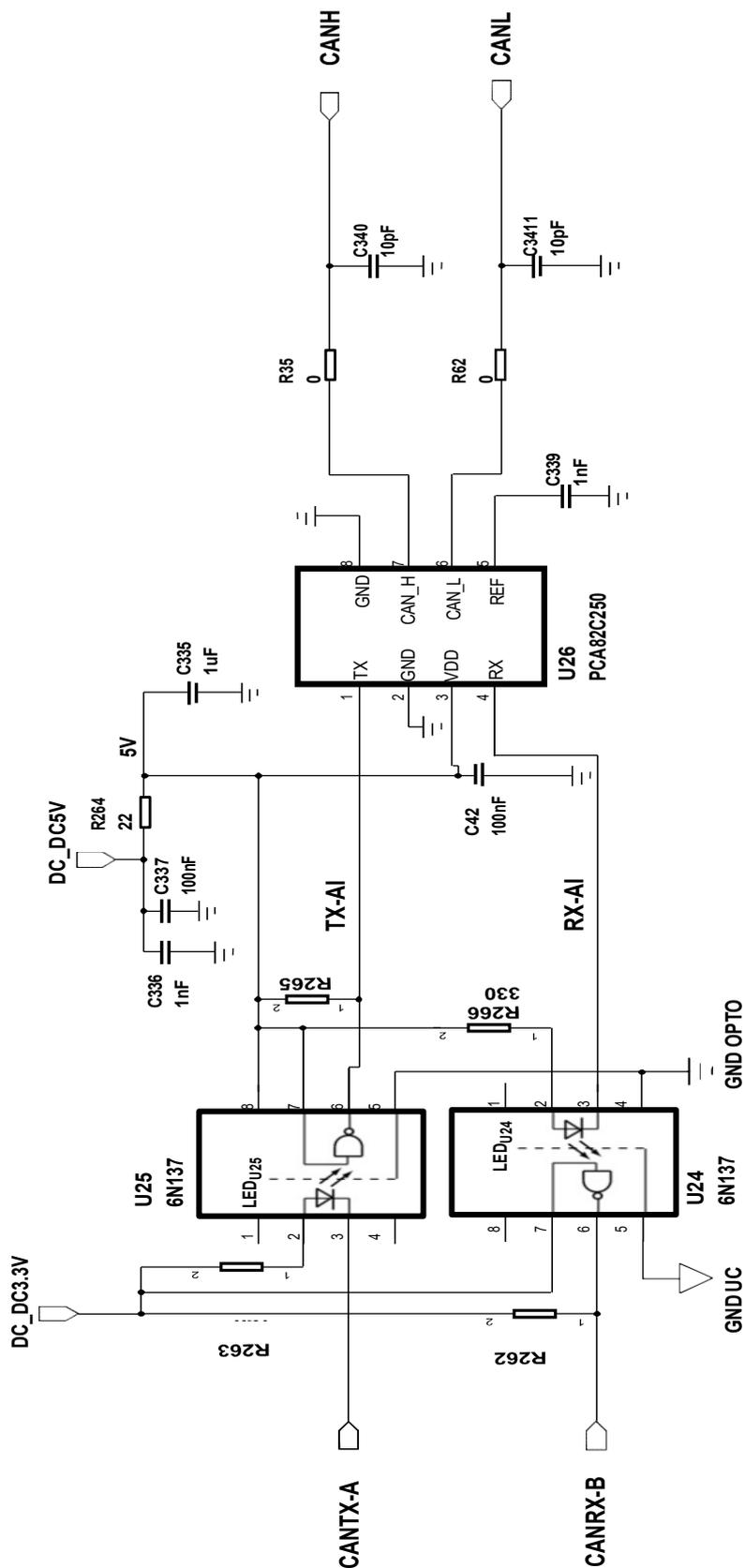
SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page PR 4 sur 6
23SN4SNEC1	Présentation	

4.2. Schéma structurel partiel de la fonction synthétiseur de fréquence



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page PR 5 sur 6
23SN4SNEC1	Présentation	

4.3. Schéma structurel partiel de l'interface CAN



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page PR 6 sur 6
23SN4SNEC1	Présentation	

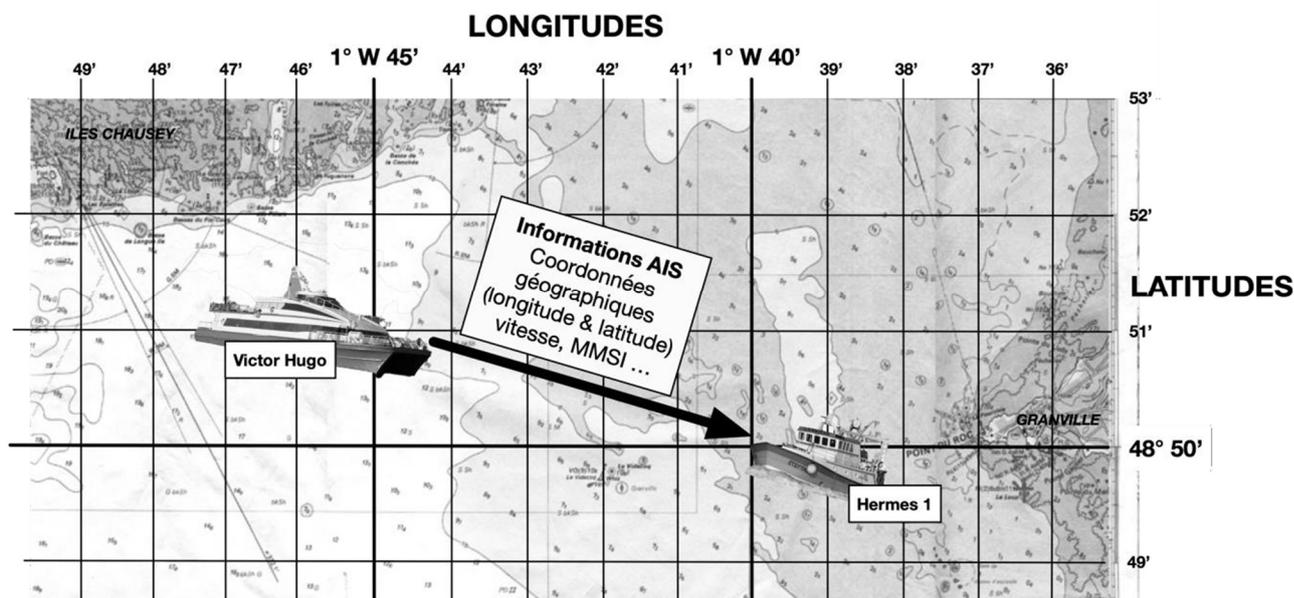
SUJET

Option B Électronique et Communications

Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h - Coefficient 3

L'objectif de cette étude est de vérifier que les informations AIS de position du « Victor Hugo » sont bien disponibles sur le bus CAN du navire de pêche « Hermes 1 ». Ces informations sont reçues par le navire de pêche « Hermes 1 » grâce à la radio VHF RT1050-AIS.



Nous nous intéresserons aux informations contenues dans le message AIS N°1 défini par l'Union Internationale des Télécommunications. Les informations principales contenues dans ce message sont : les coordonnées géographiques, la vitesse et le MMSI (Identifiant unique d'un navire).

Partie A. Codage des informations à transmettre.

Problématique : Coder les informations de position AIS transmises par le navire « Victor Hugo ».

Les coordonnées de positionnement du navire « Victor Hugo » sont :

- une latitude de 48° 51' 0" Nord
- une longitude de 1° 45' 3,6" Ouest.

On se propose de déterminer les informations de longitude émises.

Les valeurs correspondant à la latitude sont données sur le document réponses **DR-Pro1**.

Les pages **DOC2, DOC3 et DOC4** de la documentation indiquent la méthode de codage employée.

Q1. Calculer la longitude Lon_DD du navire « Victor Hugo » en coordonnées Degré Décimiaux DD. Justifier le calcul et reporter cette valeur sur le document réponses **DR-Pro1**.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro1 sur 6
23SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Q2. Calculer la valeur Lon_AIS et reporter cette valeur sur le document réponses **DR-Pro1**.

Le message AIS numéro 1 utilise 32 bits pour coder numériquement la longitude et la latitude. La longitude Lon_AIS est négative (Ouest) ou positive (Est).

Sa valeur binaire non signée (positive) est égale à :

0b 0000 0001 0000 1011 0010 1110 0111 0000.

Q3. Donner la valeur binaire négative correspondante. Reporter la valeur hexadécimale correspondante sur le document réponses **DR-Pro1**.

Partie B. Analyse du récepteur radio AIS

Problématique : Vérifier que le récepteur permet d'extraire le signal radio AIS porteur de l'information

Le récepteur radio AIS est intégré à la radio VHF RT 1050-AIS (voir dossier de présentation). On se propose de compléter tout d'abord le diagramme des cas d'utilisation de la radio.

Q4. Compléter sur le document réponses **DR-Pro1**, le diagramme des cas d'utilisation avec les propositions indiquées (reporter le numéro de la proposition).

Le signal RF est émis par le « Victor Hugo » à une fréquence F_{RF} de 162,025 MHz.

Dans le récepteur, le circuit réalisant la démodulation à une fréquence maximale de travail de 1 MHz.

*Pour démoduler les informations, le récepteur radio doit réaliser 2 transpositions de fréquences. L'ibd de la fonction réception est donné dans le dossier de présentation page **PR4**.*

Q5. Repérer, sur le diagramme de la réponse en fréquence du filtre d'antenne du document réponses **DR-Pro2**, par une droite verticale, la fréquence F_{RF} .

Q6. Relever la valeur de l'atténuation (en dB) réalisée par le filtre d'antenne pour cette fréquence F_{RF} .

Q7. Donner la valeur de la fréquence intermédiaire F_{I1} .

La fréquence du signal de sortie M1 du multiplieur 1 est $F_{M1} = F_{RF1} - F_{OL}$.

Q8. Calculer la valeur numérique de F_{OL} pour que $F_{M1} = F_{I1}$.

L'inconvénient majeur des récepteurs superhétérodynes est la réception d'une fréquence appelée fréquence image F_{IMG} . La valeur de cette fréquence est égale à $F_{OL} - F_{I1}$. Pour supprimer ou atténuer très fortement cette fréquence, on utilise un filtre d'antenne.

Q9. Calculer la valeur numérique de la fréquence image F_{IMG} .

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro2 sur 6
23SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

- Q10.** Repérer, sur le diagramme de la réponse en fréquence du filtre d'antenne du document réponses **DR-Pro2**, par une droite verticale, la fréquence F_{IMG} .
- Q11.** Relever la valeur approximative de l'atténuation (en dB) réalisée par le filtre d'antenne pour la fréquence F_{IMG} du signal RF.
- Q12.** Justifier l'intérêt de l'utilisation de ce filtre d'antenne dans un récepteur superhétérodyne.

La valeur de la fréquence F_{F11} en sortie du premier filtre intermédiaire est encore trop élevée pour le circuit de démodulation.

On réalise un deuxième changement de fréquence.

La fréquence du signal de sortie M2 du multiplieur 2 est égale à $F_{M2} = F_{F11} - F_{HOR}$.

- Q13.** Calculer la valeur numérique de la fréquence F_{M2} .
- Q14.** Déterminer le type (passe-bas, passe-bande ou passe-haut) et la fréquence caractéristique du filtre F_{I2} .
- Q15.** Vérifier que la valeur de la fréquence F_{F12} est compatible avec le circuit de démodulation des messages AIS. Justifier votre réponse.

Problématique : Fixer le rapport de division du synthétiseur de fréquence à PLL.

Le rôle de l'oscillateur local est d'obtenir le signal OL de fréquence F_{OL} à partir de l'horloge à 19,2 MHz. Son synthétiseur de fréquence à PLL (Phase-Locked Loop) utilise des diviseurs de fréquence pour lesquels il est nécessaire de fixer le rapport de division.

*Consulter le schéma structurel partiel page **PR5** du dossier de présentation et la page **DOC5** de la documentation du circuit intégré U3 GP214D.*

- Q16.** Calculer le rapport entre F_{OL} et F_{HOR} .
- Q17.** Compléter le schéma fonctionnel du synthétiseur de fréquence du document réponses **DR-Pro2** en inscrivant les numéros des broches des signaux (HOR, OL et CP2) ainsi que les noms des fonctions internes du circuit intégré U3 à la place des pointillés.

*Sur ce schéma fonctionnel, les deux fonctions comprises entre les signaux Fout2 et F_{PLL2} sont équivalentes à une fonction de rapport de division $1/N_T$, comme indiqué sur le document réponses **DR-Pro3**.*

- Q18.** Compléter le schéma fonctionnel du synthétiseur de fréquence simplifié en inscrivant les rapports de division de fréquence ($1/R$, $1/2$, $1/2$, $1/1$) sur le document **DR-Pro3**.
- Q19.** Donner l'équation de la fréquence du signal F_{REF} en fonction de la fréquence F_{HOR} du signal HOR.
- Q20.** Donner l'équation de la fréquence du signal F_{PLL2} en fonction de la fréquence F_{OL} du signal OL.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro3 sur 6
23SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Quand la PLL est verrouillée, les fréquences des signaux à l'entrée du comparateur de phase (fonction COMP) sont égales : $F_{PLL2} = F_{REF}$.

Le facteur de division N du Diviseur Programmable est tel que $N = 2 \cdot N_T$.

La relation liant F_{OL} à F_{HOR} est alors :
$$F_{OL} = \frac{N}{2 \cdot R} \cdot F_{HOR}$$

La valeur de N est fixée à 56 950.

Q21. Calculer la valeur de R .

Q22. Exprimer la valeur de R en binaire.

Q23. Déterminer la valeur des bits de contrôle GC1 et GC2 afin de charger la valeur de R dans le diviseur.

Q24. Compléter le tableau du document réponses **DR-Pro3** en reportant la valeur binaire de R et les valeurs des bits GC1 et GC2 à transférer dans le circuit U3 GP214D.

Partie C. Interface de communication NMEA2000

Problématique : Vérifier la conformité de l'interface du bus CAN

La radio VHF RT1050-AIS transmet les informations AIS reçues via son interface NMEA2000. Pour éviter tout problème électrique, les interfaces CAN des équipements électroniques d'un navire disposent d'une isolation galvanique. Pour répondre aux questions suivantes vous devrez consulter le schéma structurel de l'interface CAN page **PR6** du dossier de présentation ainsi que les pages **DOC7** et **DOC8**.

Le signal CANTX-A a deux niveaux logiques 0 (0 V) ou 1 (3,3 V).

Q25. Compléter le tableau du document réponses **DR-Pro3** en indiquant l'état de la LED (allumée ou éteinte) intégrée au circuit U25 en fonction de l'état logique du signal CANTX-A.

Q26. Compléter le tableau du document réponses **DR-Pro3** en indiquant l'état logique du signal TX-AI en fonction de l'état de la LED.

Q27. Justifier la présence de la résistance R265.

Q28. Donner la valeur typique de la tension V_{OL} .

Q29. Calculer la valeur de la résistance R265 pour obtenir un courant I_{OL} de 13 mA.

Q30. Calculer la valeur de la résistance R263 pour obtenir un courant de polarisation $I_F = 10$ mA dans la LED lorsque CANTX-A est à 0V.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro4 sur 6
23SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Afin d'être conforme à la norme High Speed, l'interface utilise un driver de bus CAN, le PCA82C250, dont un extrait de la documentation est présenté page **DOC9**.

- Q31.** Compléter le tableau du document réponses **DR-Pro3** en indiquant les valeurs typiques des tensions des signaux CANH et CANL correspondant aux états logiques du signal TX-AI.
- Q32.** Compléter le tableau du document réponses **DR-Pro3** en indiquant les différences de tension CANH – CANL en fonction de l'état logique du signal TX-AI.
- Q33.** Compléter le tableau du document réponses **DR-Pro3** en précisant l'état du bus CAN (récessif ou dominant) en fonction de l'état logique du signal TX-AI.

Partie D. Interprétation d'un message NMEA2000

Problématique : Décoder l'ID 29 bits de la trame CAN correspondant aux informations AIS.

Les informations transmises par le bus CAN seront interprétées par l'ordinateur de bord du navire de pêche « Hermes 1 » afin d'afficher la position du navire « Victor Hugo ».

*Un relevé des signaux du bus CAN du navire de pêche « Hermes 1 » est présenté sur le document réponses **DR-Pro4**.*

*Le protocole utilisé par le bus CAN NMEA2000 est présenté pages **DOC10 et DOC11**.*

- Q34.** Déterminer, à partir du relevé du document réponses **DR-Pro4**, la durée d'un bit et en déduire la vitesse de transmission du bus CAN.
- Q35.** Compléter le document réponses **DR-Pro4** en repérant les signaux CANH et CANL.
- Q36.** Indiquer la valeur (0 ou 1) de chacun des bits de l'ID de la trame en complétant le tableau de décodage de l'ID du document réponses **DR-Pro4**.
- Q37.** Repérer les bits de stuffing en les entourant sur le tableau de décodage de l'ID du document réponses **DR-Pro4**.
- Q38.** Repérer les bits de SRR et IDE en noircissant les cases correspondantes du tableau de décodage de l'ID du document réponses **DR-Pro4**.
- Q39.** Reporter, dans le tableau du document réponses **DR-Pro5**, les 29 bits de l'identifiant et exprimer la valeur de l'ID en hexadécimal.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro5 sur 6
23SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Problématique : Décoder le PGN d'une trame CAN NMEA2000.

Le relevé d'une trame CAN a donné un ID égal à 0x11F80E03. L'organisation de l'ID est donné page **DOC12**.

- Q40.** Compléter le tableau du document réponses **DR-Pro5** en reportant, en binaire ou en hexadécimal selon le cas, les différentes parties de l'identificateur 29 bits, à savoir les 21 bits du PGN et l'adresse source.
- Q41.** Extraire la valeur du PGN_fonction (17 bits) à partir du PGN 21 bits et l'exprimer en décimal.
- Q42.** Indiquer la fonction NMEA2000 correspondant au PGN_fonction déterminée précédemment.

Problématique : Vérifier la bonne réception des valeurs de la longitude et de la latitude dans les trames numériques AIS.

Un relevé d'un message AIS numéro 1 est donné page **DOC13**.
L'organisation des informations contenues dans ce message, constitué de 5 trames CAN, est donnée page **DOC13**.

- Q43.** Extraire des trames reçues les valeurs hexadécimales des 4 octets de données correspondant à LON₄, LON₃, LON₂ et LON₁ et les reporter dans le tableau du document réponses **DR-Pro5**.
- Q44.** Extraire des trames reçues les valeurs hexadécimales des 4 octets de données correspondant à LAT₄, LAT₃, LAT₂ et LAT₁ et les reporter dans le tableau du document réponses **DR-Pro5**.
- Q45.** Comparer les valeurs reçues de longitude et de latitude aux valeurs émises par le « Victor Hugo ».

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro6 sur 6
23SN4SNEC1	Documentation	

SUJET

Option B – Électronique et Communications

Partie 2 - Sciences Physiques

Durée 2 h – Coefficient 2

Le sujet est composé de trois parties indépendantes :

- Partie A : distance maximale de visibilité entre les navires.
- Partie B : préamplificateur audio.
- Partie C : modulation / démodulation du signal AIS.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP1 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie A. Distance maximale de visibilité entre les navires

Du fait de la rotondité de la Terre, l'antenne située sur le navire avec le récepteur AIS ne peut recevoir les signaux émis par un autre navire situé à une trop grande distance. Afin d'éviter tout risque de collision entre navires, le pilote de l'un d'entre eux estime qu'il lui faut obtenir des informations des autres navires situés à moins de dix milles marins de sa position pour naviguer en toute sécurité.

L'objectif de cette partie est de valider la condition pour que la navigation soit faite sans danger.

Les figures 1 et 2 représentent respectivement un cas de réception et de non réception.

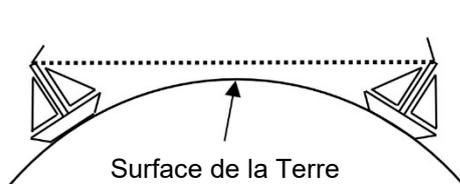


Figure 1 – Bonne réception

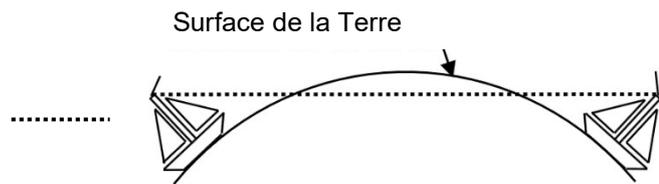


Figure 2 - Mauvaise réception

La Terre étant supposée sphérique, le rayon de la Terre, noté R_T , vaut en moyenne 6371 km.

Soit un navire N_1 dont l'antenne est située en haut du mât à une hauteur, notée h_1 , de 10 mètres au-dessus du niveau de la mer, comme représenté figure 3. En considérant que les ondes électromagnétiques se propagent en ligne droite, le point limite de vision, noté M , est à une distance notée D_1 , qui correspond au point distant à une altitude de 0 m.

Figure non représentée à l'échelle

$$h_1 = 10 \text{ m}$$

$$R_T = 6371 \text{ km}$$

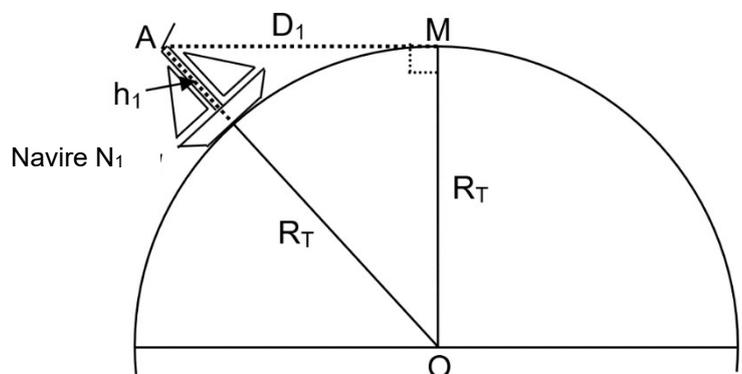


Figure 3 – Représentation du navire avec son mât

Du fait que la hauteur h_1 est petite devant R_T , on peut écrire que la distance notée D_1 est peu différente de $\sqrt{2 \cdot R_T \cdot h_1}$.

Q46. Calculer la distance D_1 . Exprimer la valeur en km.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP2 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Soit un navire N_2 identique au navire N_1 dont l'antenne est située en haut du mât à la même hauteur h_1 au-dessus du niveau de la mer comme indiqué figure 4.

Figure non représentée à l'échelle

$$h_1 = 10 \text{ m}$$

$$R_T = 6371 \text{ km}$$

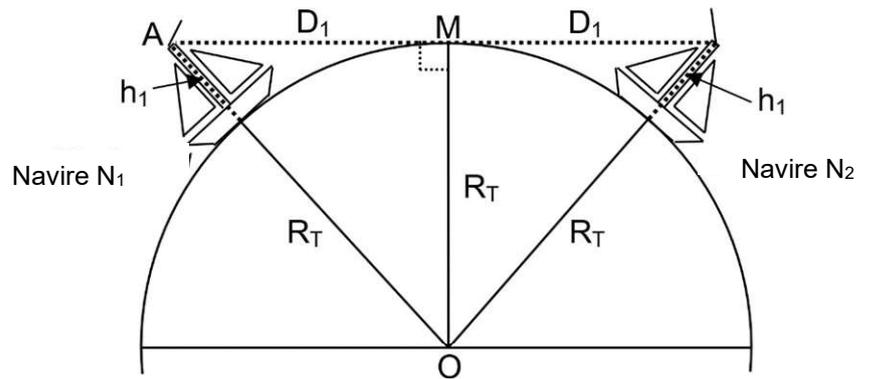


Figure 4 – Représentation de deux navires identiques

Q47. Calculer en km la distance maximale de visibilité entre les bateaux notée D.

Un mille marins vaut 1852 m.

Q48. Exprimer la distance de visibilité en milles marins.

Q49. Montrer que, dans les conditions décrites dans l'introduction de la partie, la réception des informations est possible.

Q50. Expliquer en quoi une vedette sans mât constitue davantage un problème en termes de repérage.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP3 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie B. Préamplificateur Audio

L'objectif de cette partie est de vérifier que le préamplificateur d'un microphone est compatible avec les fréquences de la voix humaine et possède un gain d'au moins 20 dB.

La radio VHF est équipée d'un microphone et de son préamplificateur permettant de communiquer avec d'autres navires, mais également de donner l'alerte en cas de problème. Le système doit reproduire aussi fidèlement que possible la voix de la personne qui parle.

Pour une écoute acceptable d'une voix humaine, la gamme de fréquences du préamplificateur doit s'étaler de 125 Hz à 7 kHz.

Le signal électrique généré par le microphone étant de trop faible amplitude, il est nécessaire de l'amplifier. L'amplificateur qui est proposé dans la radio VHF est constitué à partir d'un amplificateur différentiel intégré dont le schéma est donné figure 5.

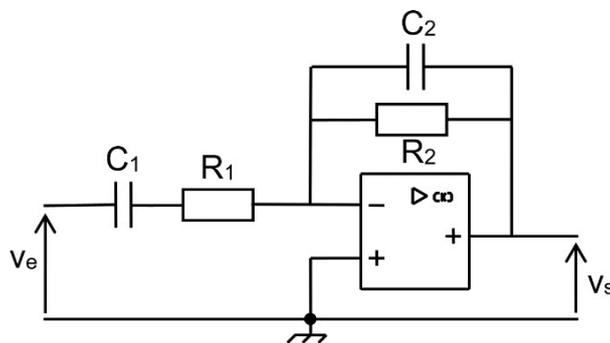


Figure 5 – Amplificateur

D'après la documentation, les valeurs des composants sont :

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 220 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

$$C_2 = 100 \text{ pF}$$

La fonction de transfert isochrone de ce filtre s'écrit :

$$\underline{I} = T_0 \cdot \frac{2mj \frac{f}{f_0}}{1 + 2mj \frac{f}{f_0} + \left(j \frac{f}{f_0} \right)^2} = \frac{T_0}{1 + jQ \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)}$$

- f_0 est la fréquence propre du filtre ;
- T_0 est la valeur de la fonction de transfert isochrone pour la fréquence f_0 ;
- m est le coefficient d'amortissement ;
- Q est le coefficient de qualité tel que $Q = \frac{1}{2m}$

Q51. Préciser la nature du filtre.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP4 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Une simulation numérique permet d'obtenir le diagramme de Bode du filtre amplificateur représenté sur le document réponses **DR-SP1**.

Q52. Compléter le tableau du document réponses **DR-SP1**. Justifier les valeurs par des constructions graphiques.

L'étude théorique de ce filtre montre que :

$$T_0 = -\frac{R_2 C_1}{R_1 C_1 + R_2 C_2}$$

Un calcul non demandé donne :

$$f_0 = 339 \text{ Hz} \quad m = 10,68$$

Q53. Comparer la valeur de $R_1 C_1$ à la valeur de $R_2 C_2$.

Q54. Calculer T_0 (il est possible de déduire de la question précédente une expression simplifiée de T_0).

Q55. Vérifier que la valeur du gain noté G_0 , lue sur le document réponses **DR-SP1**, est cohérente avec le résultat précédent.

Q56. Relever le déphasage φ_0 du filtre à la fréquence f_0 .

Afin de valider les caractéristiques du filtre, un technicien applique en entrée du filtre un signal sinusoïdal de fréquence 339 Hz et d'amplitude 100 mV.

Q57. Dessiner, en s'appuyant sur l'une des courbes en pointillés, le signal attendu en sortie du filtre sur le document réponses **DR-SP2**.

L'expression de la bande passante à -3 dB, notée B , est donnée par :

$$B = 2m \cdot f_0 = \frac{f_0}{Q}$$

Q58. Calculer B et la comparer au résultat obtenu sur le document réponses **DR-SP1**.

Q59. Justifier numériquement que le filtre répond aux attentes.

Q60. Justifier l'intérêt d'avoir une grande bande passante pour ce filtre amplificateur.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP5 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie C. Modulation / démodulation du signal AIS

L'objectif de cette partie est de vérifier que le système de modulation numérique AIS respecte la réglementation éditée par l'Union Internationale des Télécommunications.

Un extrait de la réglementation éditée par l'Union Internationale des Télécommunications, ITU en anglais, est donné ci-dessous :

Modulation scheme:

The modulation scheme is frequency modulated Gaussian filtered minimum shift keying (GMSK/FM).

2.3.1 Gaussian minimum shift keying

2.3.1.1 The NRZI encoded data should be Gaussian minimum shift keying (GMSK) coded before frequency modulating the transmitter.

2.3.1.2 The GMSK modulator BT-product used for transmission of data should be 0.4 maximum (highest nominal value).

Data transmission bit rate:

The transmission bit rate should be 9 600 bit/s \pm 50 ppm.

Data encoding:

The NRZI waveform is used for data encoding. The waveform is specified as giving a change in the level when a zero (0) is encountered in the bit stream.

Frequency band:

AIS stations should be designed for operation in the VHF maritime mobile band, with 25 kHz bandwidth.

Extrait de la réglementation ITU

La bande passante (bandwidth en anglais) sera notée B , la durée d'un bit T et le débit binaire (transmission bit rate) D .

Q61. Relever sur l'extrait du document de l'ITU le type de modulation utilisée, la valeur maximum du produit $B \cdot T$, noté BT , du modulateur, la valeur de D et celle de B .

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP6 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Afin de simplifier l'étude de l'intégrateur numérique, aucun filtre gaussien ne sera pris en compte. La modulation mise en œuvre est alors une modulation MSK, dont le schéma de principe est donné figure 6.

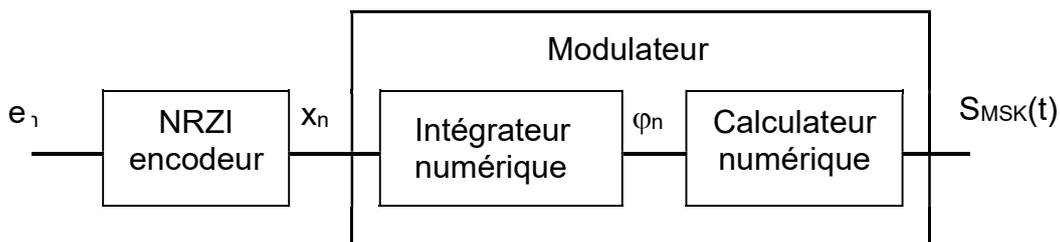


Figure 6 – Modulateur MSK

1. Codage NRZI.

Le signal binaire e_n à transmettre est codé par le codage NRZI comme indiqué figure 7 :



Figure 7 – Encodeur NRZI

- les valeurs de x_n sont -1 et $+1$;
- x_n change de valeur quand e_n est au niveau 0 ;
- x_n conserve sa valeur quand e_n est au niveau 1.

Q62. Compléter sur le document réponses **DR-SP2** le chronogramme de x_n .

2. Intégrateur numérique.

Dans le cas d'une modulation MSK, la phase de la porteuse doit évoluer de $\pm \frac{\pi}{2}$ rad sur la durée T d'un bit.

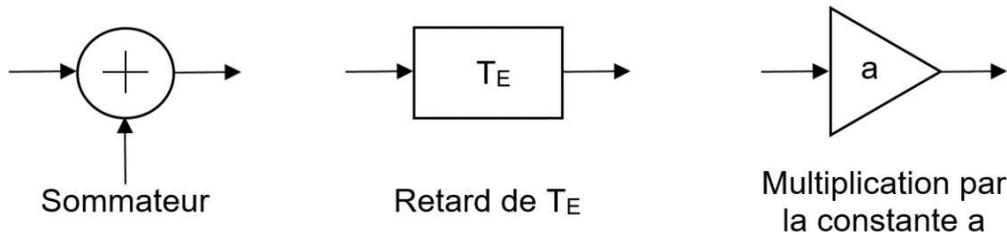
L'intégrateur numérique élabore la séquence de phase φ_n , exprimée en radians, à partir des échantillons x_n selon l'équation de récurrence donnée ci-dessous :

$$\varphi_n = 0,098 \cdot x_{n-1} + \varphi_{n-1}$$

La période d'échantillonnage T_E est telle qu'il y a 16 échantillons sur la durée T d'un bit.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP7 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Q63. Représenter la structure de l'algorithme correspondant à cette équation de récurrence en utilisant les blocs suivants :



Q64. Préciser si cette équation de récurrence est de type récursif ou non récursif en justifiant votre réponse.

Un échelon de hauteur 1 est appliqué en entrée : $x_n = 0$ pour $n < 0$ et $x_n = 1$ pour $n \geq 0$. La sortie est nulle pour $n < 0$; en particulier, $\varphi_{-1} = 0$.

Q65. Calculer les 4 premières valeurs de φ_n , de φ_0 à φ_3 .

Q66. Montrer que la transmittance $T(z)$ de l'intégrateur numérique peut être mise sous la forme :

$$T(z) = \frac{\varphi(z)}{X(z)} = \frac{0,098 \cdot z^{-1}}{1 - z^{-1}}$$

On rappelle les transformées en z de fonctions élémentaires causales :

Table de transformées en z		
	Séquence	Transformée en z
	Γ_n	$\frac{1}{1 - z^{-1}}$
	$a \cdot n$	$\frac{a \cdot z^{-1}}{(1 - z^{-1})^2}$

Q67. En déduire l'expression de $\varphi(z)$ en sortie de l'intégrateur numérique.

Q68. Donner l'expression de la séquence de sortie φ_n à l'aide de la table de transformées en z ci-dessus et tracer la courbe correspondante sur le document réponses **DR-SP3**.

Q69. Montrer qu'à l'issue de la durée T d'un bit, la valeur de φ_{16} en sortie de l'intégrateur est égale à environ $\frac{\pi}{2}$ rad.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP8 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

3. Respect de la réglementation de l'ITU.

Pour une fréquence de la porteuse $f_p = 161,975$ MHz, les spectres des signaux MSK et GMSK pour $BT = 0,4$ sont relevés figure 8.

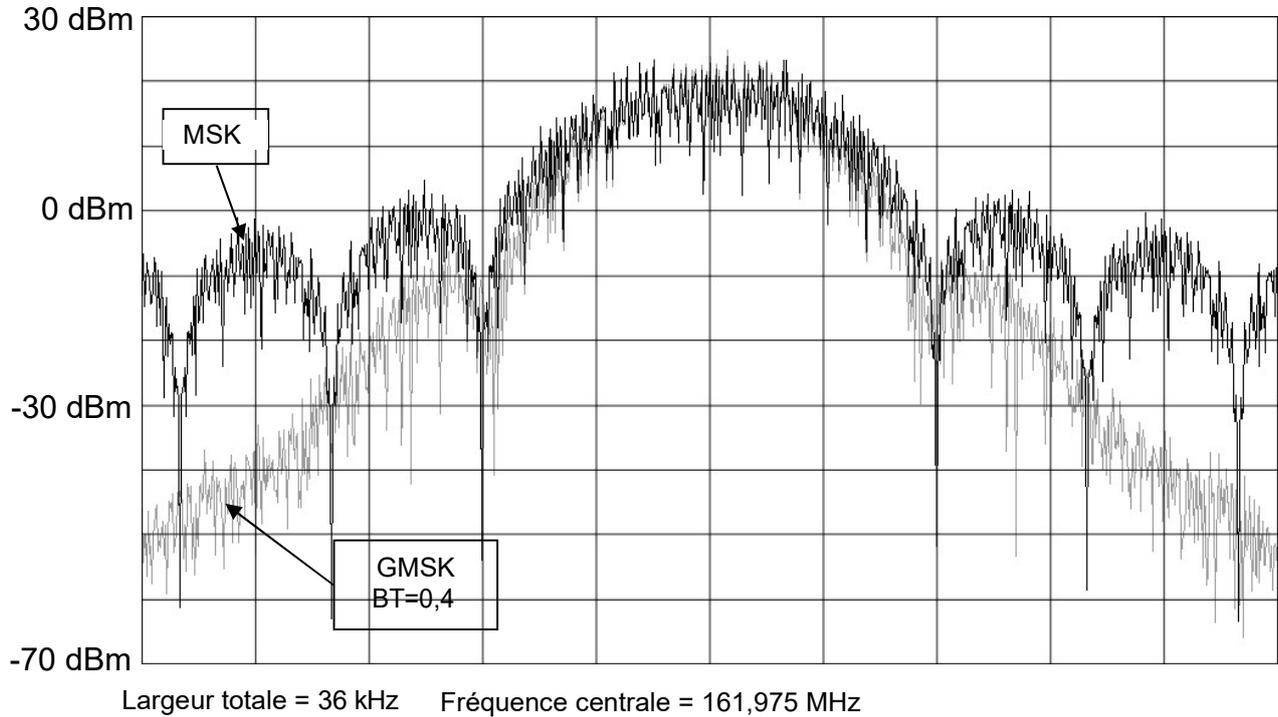


Figure 8 – Spectre des signaux MSK et GMSK

L'encombrement spectral du lobe principal des deux modulations est considéré comme identique. Il sera noté B_{lobe} .

Q70. Mesurer l'encombrement spectral du lobe principal pour les deux modulations.

On peut relier le débit binaire à l'encombrement spectral du lobe principal par $D = \frac{B_{lobe}}{1,5}$.

Q71. Déduire la valeur de D correspondante pour la modulation GMSK.

En dessous d'un niveau d'émission de 30 dB sous le maximum, les raies spectrales sont considérées comme négligeables.

Q72. Donner l'avantage de la modulation GMSK par rapport à la modulation MSK.

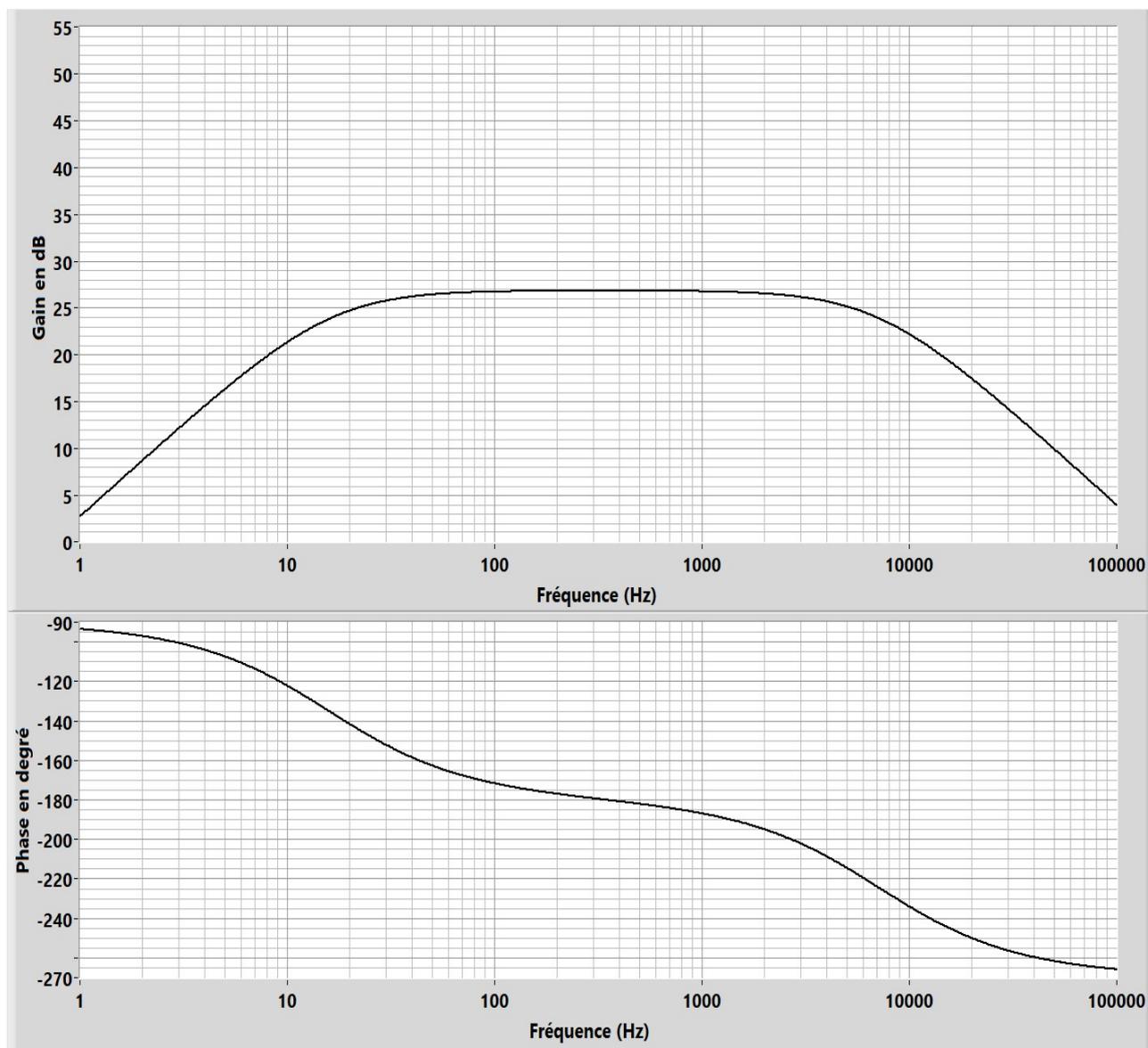
Q73. Conclure sur le respect de la réglementation indiquée dans l'ITU en ce qui concerne le débit binaire et la largeur de bande de fréquence pour la modulation GMSK.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP9 sur 9
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

DOCUMENT RÉPONSES - Sciences Physiques

À RENDRE AVEC LA COPIE

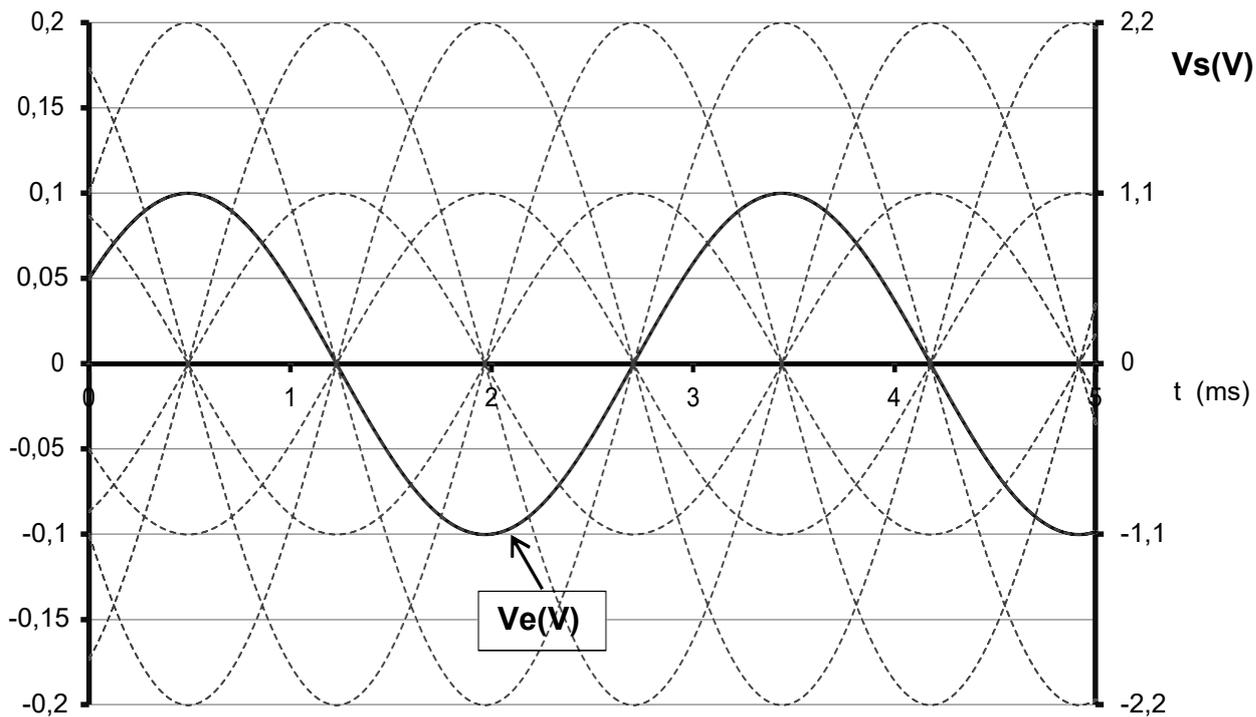
Réponse à la question Q52.



Fréquence propre f_0	f_0	
Gain à $f = f_0$	G_0	
Fréquence de coupure 1 à -3 dB	f_{c1}	
Fréquence de coupure 2 à -3 dB	f_{c2}	
Bande passante à -3 dB	B	

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP1 sur 3
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

Réponse à la question Q57.

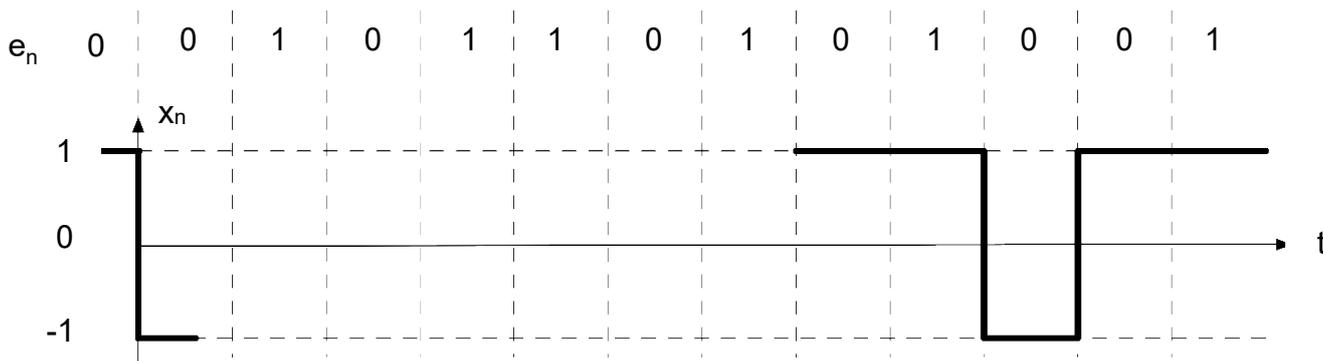


Échelle de tension $V_e(V)$

Échelle de tension $V_s(V)$

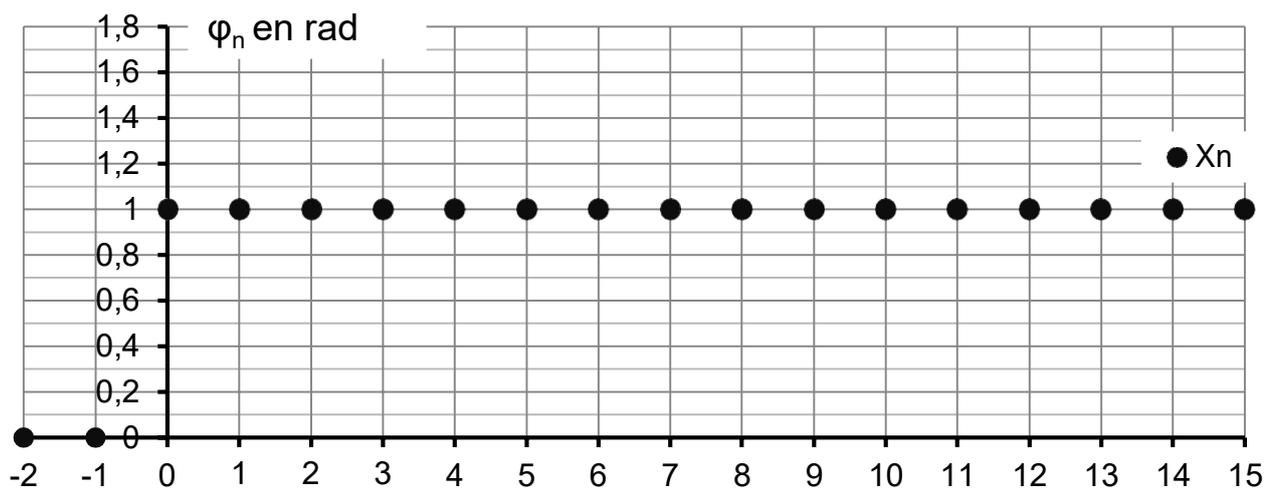
Réponse à la question Q62.

Compléter le chronogramme x_n



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP2 sur 3
23SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

Réponse à la question Q68.



DOCUMENTATION

Documentation PP1 : Informations contenues dans un message AIS numéro 1	2
Documentation PP2 : Positionnement sur terre.....	3
Documentation PP3 : Coordonnées GPS, vitesse et MMSI	4
Documentation PP4 : GP214D DUAL PLL	5
Documentation PP5 : 6N137	7
Documentation PP6 : PCA82C250	9
Documentation PP7 : BUS CAN et NMEA2000	10
Documentation PP8 : PGN NMEA2000	12
Documentation PP9 : Table des évènements d'un message AIS N°1	13
Documentation PP10 : Organisation des informations CAN d'un message AIS N°1	13

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC1 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

Documentation PP1 : Informations contenues dans un message AIS numéro 1

(Compte rendu de position standard) d'après UIT- RM.1371 6
(Union Internationale des Télécommunications)

Paramètres	Nombre de bits	Description
ID message	6	Identificateur du Message 1, 2 ou 3 considéré
Indicateur de répétition	2	Utilisé par le répéteur pour indiquer combien de fois un message a été répété.
ID utilisateur	30	Numéro unique MMSI (Identification du navire)
Statut de navigation	4	0 = en route au moteur, 1 = à l'ancre, 2 = non manœuvrable, 3 = manœuvrabilité réduite, 4 = limité par son tirant d'eau; 5 = au mouillage; 6 = échoué; 7 = pêche; 8 = navigation à la voile;
Vitesse angulaire de virage ROTAIS	8	0 à +126 = virage à droite jusqu'à 708° par minute ou plus 0 à -126 = virage à gauche jusqu'à 708° par minute ou plus
SOG AIS Vitesse de fond	10	Vitesse de fond AIS en nœuds par pas de 1/10 (0-102,2 nœuds) Valeur SOG_AIS = Vitesse (en nd) · 10 Valeur Max = 1 022 correspondant à 102,2 noeuds
Précision de position	1	1 = élevée (≤ 10 m) 0 = peu élevée (> 10 m) 0 = par défaut
Longitude AIS	32	± 180 degrés Est = positive Ouest = négative (exprimée en complément à 2) (voir note 1) Pour une longitude <i>Lon_DD</i> : Si orientation Est (+) : $Lon_AIS = Lon_DD \cdot 10\,000\,000$ Si orientation Ouest (-) : $Lon_AIS = Lon_DD \cdot 10\,000\,000$
Latitude AIS	32	± 90 degrés Nord = positive Sud = négative (exprimée en complément à 2) (voir note 1) Pour une latitude <i>Lat_DD</i> : Si hémisphère Nord (+) : $Lat_AIS = Lat_DD \cdot 10\,000\,000$ Si hémisphère Sud (-) : $Lat_AIS = Lat_DD \cdot 10\,000\,000$
Route de fond COG	12	Route de fond en $1/10^\circ$ (0-3599) 3 600 (E10 hex) = non disponible = par défaut ; 3 601 - 4 095 ne devront pas être utilisés

(note 1) : Complément à 2 = (complément à 1) + 1

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC2 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

Documentation PP2 : Positionnement sur terre

Principe utilisé par les navires pour se positionner sur la terre.

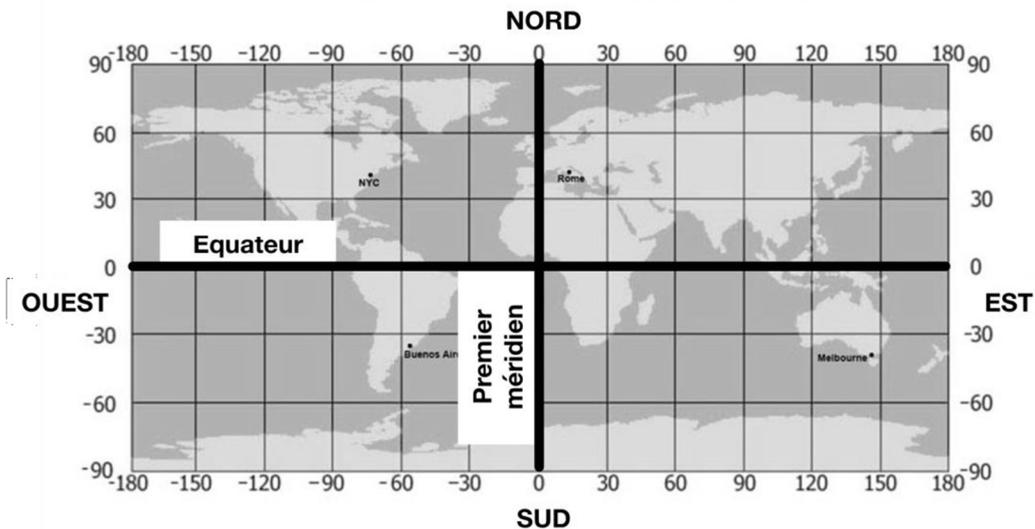
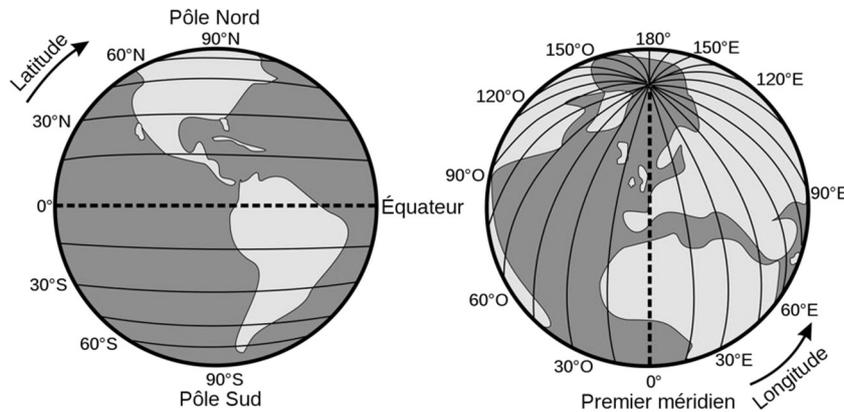
Sur la surface du globe terrestre, la position d'un point est repérée par deux valeurs : la **latitude** et la **longitude**.

La latitude

Elle sert à déterminer où se situe un point sur le globe par rapport à l'équateur (voir carte). On part de l'équateur pour aller vers un des deux pôles afin de se positionner (de bas en haut et de haut en bas). On parle de latitude sud dans l'hémisphère sud et de latitude nord dans l'hémisphère nord. La valeur de la latitude est prise entre 0 et 90 degrés.

La longitude

Un point situé à gauche du méridien de référence (premier méridien, voir schémas ci-dessous) aura une longitude Ouest et inversement, si un point est à droite, sa longitude sera dite Est. On prend comme référence le méridien de Greenwich (premier méridien). Tous les points situés sur ce méridien ont une longitude égale à 0°.



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC3 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

Documentation PP3 : Coordonnées GPS, vitesse et MMSI

Les deux principaux systèmes numériques utilisés pour les coordonnées géographiques sont :

- **DMS (Degrés° Minutes' Secondes'')** avec une précision Nord, Sud, Est, Ouest.
- **DD Degrés Décimaux**. Ce sont des nombres décimaux positifs ou négatifs : Nord (+), Sud (-), Est (+) et Ouest (-).

Les systèmes de positionnement numériques (GPS et AIS) utilisent les coordonnées en DD Degrés Décimaux. La VHF RT 1050-AIS utilise le système DD.

Pour convertir des coordonnées DMS (Degrés° Minutes' Secondes'') en DD (Degrés Décimaux) on utilise la formule ci-dessous :

$$DD = \text{Degré} + (\text{Minutes} / 60) + (\text{Secondes} / 3600)$$

Par exemple :

une latitude de : 49° 30' 15" Nord donne en DD :

Lat = 49 + (30 / 60) + (15 / 3600) = + 49,5042° (positif puisque hémisphère Nord)

une longitude de : 1° 30' 50" Ouest donne en DD :

Lon = 1 + (30/60) + (50/3600) = -1,513° (négatif puisque à l'ouest du méridien de Greenwich)

Unité de vitesse utilisée par les navires.

Les navires utilisent comme unité de vitesse le nœud symbole nd (en français) ou kn (en anglais) : 1 nd = 1,852 km·h⁻¹

Dans le message AIS numéro 1 la vitesse de fond du navire est transmise (SOG : Speed Over Ground). Elle est exprimée en dixième de nœuds.

Par exemple : un navire avance à une vitesse 20,5 kn correspondant à une vitesse de 20,5 · 1,852 = 37 km·h⁻¹. La vitesse transmise SOG_AIS est 20,5 · 10 = 205.

Identification des navires MMSI (Maritime Mobile Service Identity)

Un numéro unique **MMSI** est attribué à chaque navire. Il se compose toujours de 9 chiffres.

M I D X X X X X X X (M, I, D et X : chiffres de 0 à 9)

L'UIT a attribué à chaque pays 3 chiffres d'identification maritime appelés le MID qui identifie la nationalité du navire. Ci-dessous quelques exemples :

- France : 226, 227 et 228
- Belgique : 205
- Turquie : 271
- Royaume Uni : 232, 233, 234, 235

Par exemple : pour le numéro MMSI 205 001940 d'un navire, le MID est égal à 205, donc le navire est de nationalité belge et le numéro du navire est 001940

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC4 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

Documentation PP4 : GP214D DUAL PLL



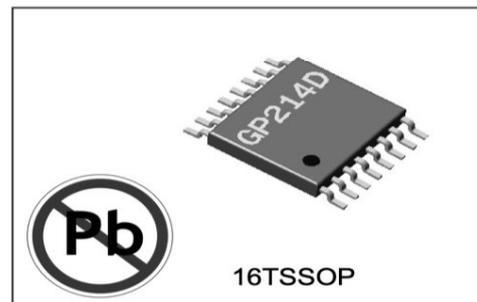
GP214D
1.4GHz DUAL PLL

DESCRIPTION

The GP214D is a dual frequency synthesizer designed for RF operation up to 1.4GHz. The device contains prescalers, programmable reference, and feedback frequency dividers, phase detectors, and charge pumps necessary for the precision control of dual VCO loops. Data transfer is made via a simple serial data interface. The GP214D is fabricated using advanced CMOS process and available in a 16-pin TSSOP plastic package with 0.65mm pitch.

FEATURES

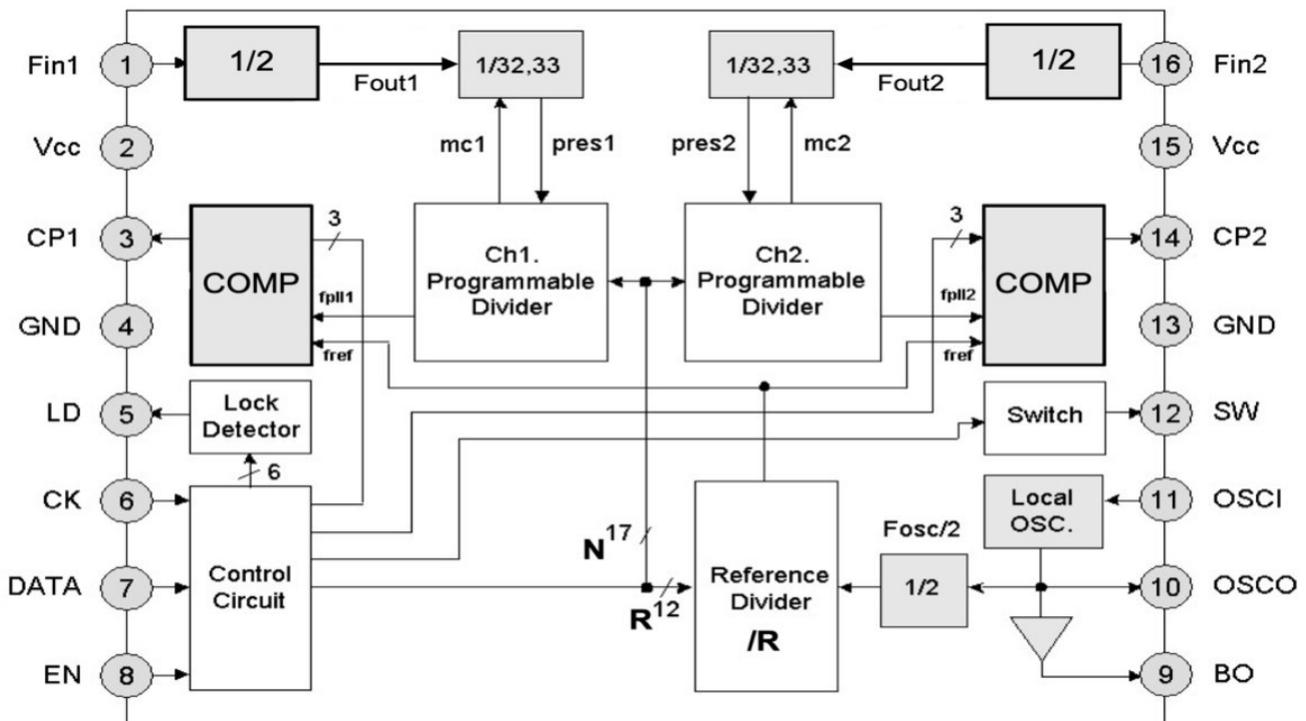
- Two systems for transmitter and receiver
- 2.4V to 5.0V operation (100MHz to 1.4GHz)
- Low current consumption
8.5mA @ 3.0V (Typ.)
- Modulus prescaler, 64 / 66
- Selectable charge pump current
 $\pm 0.2\text{mA}$, $\pm 0.4\text{mA}$, $\pm 0.8\text{mA}$, $\pm 1.6\text{mA}$



APPLICATIONS

- Portable wireless communications (PCS, cordless)
- Other wireless communication systems

BLOCK DIAGRAM



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC5 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

- Filter switch control (SW)

SW terminal, for switching time constant of loop filter is controlled by "SW" bit. High lock mode and normal lock mode can be arbitrarily selected by filter switch control (SW) with the charge pump output current.

Control Bits			Mode
SW	CP1	CP2	
0	0	0	High Lock
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	Normal Lock
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

CRYSTAL OSCILLATOR CIRCUIT (OSCI, OSCO) AND BUFFER OUT (BO)

Reference frequency input is made directly to OSCI (pin 11). Buffer output (BO, pin 9) can be used for the 2nd mixer input.

REFERENCE COUNTER

When the control bits (GC1, GC2) are "11", data is transferred from shift register into the OSC R latch which sets the divide ratio of 12-bit reference counter. The divide ratio is programmed using the bits as shown in the table below.

LSB												MSB	
R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	GC2	GC1
← Reference Counter →												← Group Code →	

Divide ratio: $2 \times R = 2 \times (3 \text{ to } 4095) = 6 \text{ to } 8190$

Divide Ratio	R12	R11	R10	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4095	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC6 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	



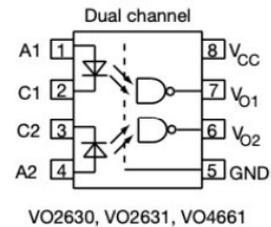
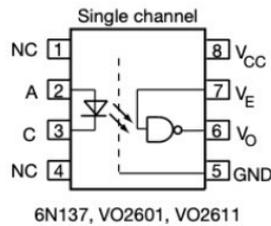
www.vishay.com

6N137, VO2601, VO2611, VO2630, VO2631, VO4661

Vishay Semiconductors

High Speed Optocoupler, Single and Dual, 10 MBd

A : ANODE
 C : CATHODE
 VE : ENABLE
 VO : OUTPUT
 VCC: POWER SUPPLY
 GND : GROUND



DESCRIPTION

The 6N137, VO2601, and VO2611 are single channel 10 MBd optocouplers utilizing a high efficient input LED coupled with an integrated optical photodiode IC detector. The detector has an open drain NMOS-transistor output, providing less leakage compared to an open collector Schottky clamped transistor output. The VO2630, VO2631, and VO4661 are dual channel 10 MBd optocouplers. For the single channel type, an enable function on pin 7 allows the detector to be strobed. The internal shield provides a guaranteed common mode transient immunity of 5 kV/μs for the VO2601 and VO2631 and 15 kV/μs for the VO2611 and VO4661. The use of a 0.1 μF bypass capacitor connected between pin 5 and 8 is recommended.

FEATURES

- Choice of CMR performance of 15 kV/μs, 5 kV/μs, and 1000 V/μs
- High speed: 10 MBd typical
- +5 V CMOS compatibility
- Pure tin leads
- Guaranteed AC and DC performance over temperature
- Meets IEC 60068-2-42 (SO₂) and IEC 60068-2-43 (H₂S) requirements
- Low input current capability of 5 mA
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912



RoHS COMPLIANT

APPLICATIONS

- Microprocessor system interface
- PLC, ATE input / output isolation
- Computer peripheral interface
- Digital fieldbus isolation: CC-link, DeviceNet, profibus, SDS
- High speed A/D and D/A conversion
- AC plasma display panel level shifting
- Multiplexed data transmission
- Digital control power supply
- Ground loop elimination, noise isolation

AGENCY APPROVALS

- UL1577
- cUL
- DIN EN 60747-5-5 (VDE 0884-5) available with option 1
- BS EN 60950-1
- CQC GB8898-2011, GB4943.1-2011

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC7 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	



TRUTH TABLE (positive logic)		
LED	ENABLE	OUTPUT
On	H	L
Off	H	H
On	L	H
Off	L	H
On	NC	L
Off	NC	H

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
INPUT						
Input forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F	1.1	1.4	1.7	V
Reverse current	$V_R = 5\text{ V}$	I_R	-	0.01	10	μA
Input capacitance	$f = 1\text{ MHz}, V_F = 0\text{ V}$	C_I	-	55	-	pF
OUTPUT						
High level supply current (single channel)	$V_E = 0.5\text{ V}, I_F = 0\text{ mA}$	I_{CCH}	-	4.1	7	mA
	$V_E = V_{CC}, I_F = 0\text{ mA}$	I_{CCH}	-	3.3	6	mA
High level supply current (dual channel)	$I_F = 0\text{ mA}$	I_{CCH}	-	6.5	12	mA
Low level supply current (single channel)	$V_E = 0.5\text{ V}, I_F = 10\text{ mA}$	I_{CCL}	-	4	7	mA
	$V_E = V_{CC}, I_F = 10\text{ mA}$	I_{CCL}	-	3.3	6	mA
Low level supply current (dual channel)	$I_F = 10\text{ mA}$	I_{CCL}	-	6.5	12	mA
High level output current	$V_E = 2\text{ V}, V_{CC} = 5.5\text{ V}, I_F = 250\text{ }\mu\text{A}$	I_{OH}	-	0.002	1	μA
Low level output voltage	$V_E = 2\text{ V}, I_F = 5\text{ mA}, I_{OL}(\text{sinking}) = 13\text{ mA}$	V_{OL}	-	0.2	0.6	V
Input threshold current	$V_E = 2\text{ V}, V_{CC} = 5.5\text{ V}, I_{OL}(\text{sinking}) = 13\text{ mA}$	I_{TH}	-	2.4	5	mA
High level enable current	$V_E = 2\text{ V}$	I_{EH}	-	-0.6	-1.6	mA
Low level enable current	$V_E = 0.5\text{ V}$	I_{EL}	-	-0.8	-1.6	mA
High level enable voltage		V_{EH}	2	-	-	V
Low level enable voltage		V_{EL}	-	-	0.8	V

Note

- Minimum and maximum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are for information only and are not part of the testing requirements.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC8 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

CAN controller interface

PCA82C250

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The PCA82C250 is the interface between the CAN protocol controller and the physical bus. It is primarily intended for high-speed applications (up to 1 Mbaud) in cars. The device provides differential transmit capability to the bus and differential receive capability to the CAN controller. It is fully compatible with the "ISO/DIS 11898" standard.

A current limiting circuit protects the transmitter output stage against short-circuit to positive and negative battery voltage. Although the power dissipation is increased during this fault condition, this feature will prevent destruction of the transmitter output stage.

If the junction temperature exceeds a value of approximately 160 °C, the limiting current of both transmitter outputs is decreased. Because the transmitter is responsible for the major part of the power dissipation, this will result in a reduced power dissipation and hence a lower chip temperature. All other parts of the IC will remain in operation. The thermal protection is particularly needed when a bus line is short-circuited.

The CANH and CANL lines are also protected against electrical transients which may occur in an automotive environment. Pin 8 (Rs) allows three different modes of operation to be selected: high-speed, slope control or standby.

For high-speed operation, the transmitter output transistors are simply switched on and off as fast as possible. In this mode, no measures are taken to limit the rise and fall slope. Use of a shielded cable is recommended to avoid RFI problems. The high-speed mode is selected by connecting pin 8 to ground.

For lower speeds or shorter bus length, an unshielded twisted pair or a parallel pair of wires can be used for the bus. To reduce RFI, the rise and fall slope should be limited. The rise and fall slope can be programmed with a resistor connected from pin 8 to ground. The slope is proportional to the current output at pin 8.

If a HIGH level is applied to pin 8, the circuit enters a low current standby mode. In this mode, the transmitter is switched off and the receiver is switched to a low current. If dominant bits are detected (differential bus voltage >0.9 V), RxD will be switched to a LOW level. The microcontroller should react to this condition by switching the transceiver back to normal operation (via pin 8). Because the receiver is slow in standby mode, the first message will be lost.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
Transmitter Data input (TxD)						
High level input voltage	V _{IH}	2.4		5.25	V	VDD1 = 5 V; recessive
Low level input voltage	V _{IL}	-0.3		0.8	V	Output dominant
Bus lines (CANH and CANL)						
Recessive voltage at CANH pin	VO(reces) CANH	2.0	2.5	3.0	V	VTxD = VDD1, no load
Recessive voltage at CANL pin	VO(reces) CANL	2.0	2.5	3.0	V	VTxD = VDD1, no load
Recessive current at CANH pin	IO(reces) CANH	-2.5		+2.5	mA	-27V < VCANH < +32V; 0V < VDD2 < 5.25V
Recessive current at CANL pin	IO(reces) CANL	-2.5		+2.5	mA	-27V < VCANH < +32V; 0V < VDD2 < 5.25V
Dominant voltage at CANH pin	VO(dom) CANH	3.0	3.6	4.25	V	VTxD = 0 V
Dominant voltage at CANL pin	VO(dom) CANL	0.5	1.4	1.75	V	VTxD = 0 V
Differential bus input voltage (VCANH - VCANL)	Vi(dif)(bus)	1.5	2.25	3.0	v	VTxD = 0 V; dominant 42.5 Ω < RL < 60 Ω
		-120	0	+50	mV	VTxD = VDD1; recessive; no load

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC9 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

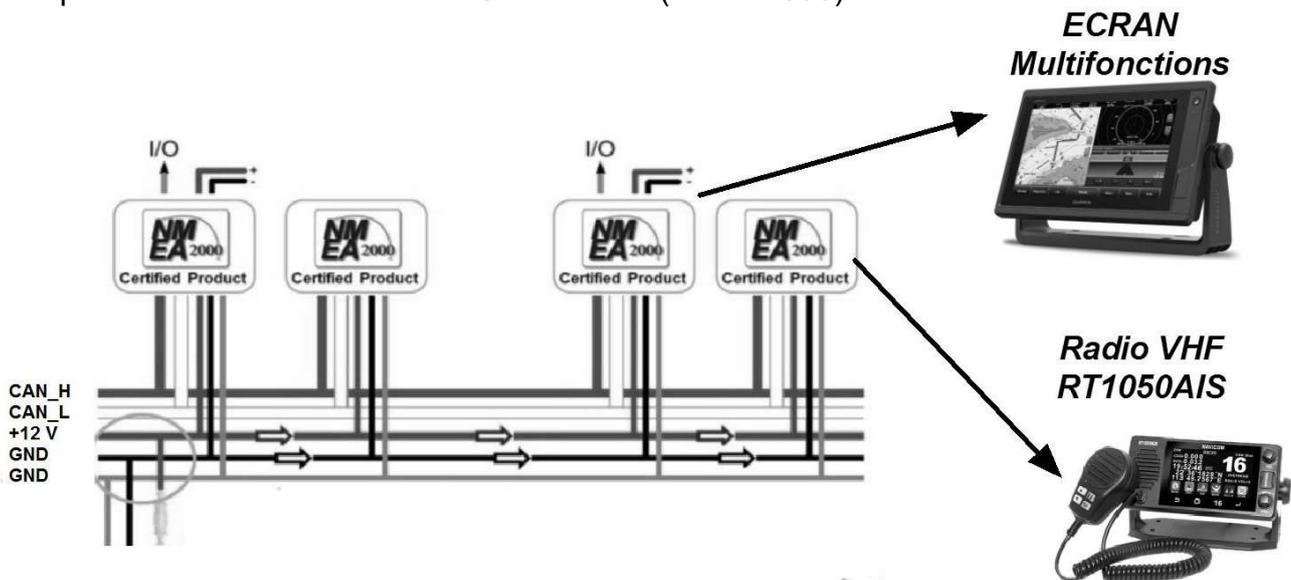
Documentation PP7 : BUS CAN et NMEA2000

Description

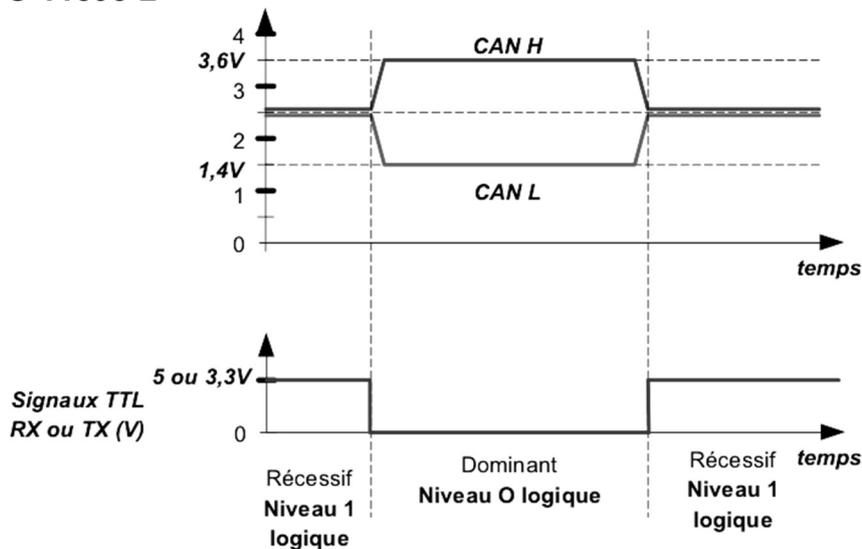
Le bus CAN (Controller Area Network) est né du besoin de trouver une solution de communication série dans les véhicules automobiles, les systèmes industriels et les navires. Auparavant, les organes de commande des équipements électroniques échangeaient les données par l'intermédiaire de lignes dédiées (non multiplexées). L'augmentation du nombre d'organes embarqués a contraint les industriels à développer une nouvelle architecture à base de bus.

Avec le bus CAN, les stations (nœuds), organes de commande, capteurs ou actionneurs, appareils électroniques embarqués, etc. sont reliés par un bus série asynchrone symétrique.

Exemple de réseau à base de bus CAN marine (NMEA2000)



Les caractéristiques électriques des signaux sont conformes à la norme **HIGH SPEED ISO 11898-2**



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC10 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

Le protocole NMEA 2000

Le bus CAN dans les navires est conforme au protocole NMEA 2000 qui utilise un champ d'arbitrage étendu sur 29 bits appelé ID ou « Identifier » décrit par la trame ci-dessous.

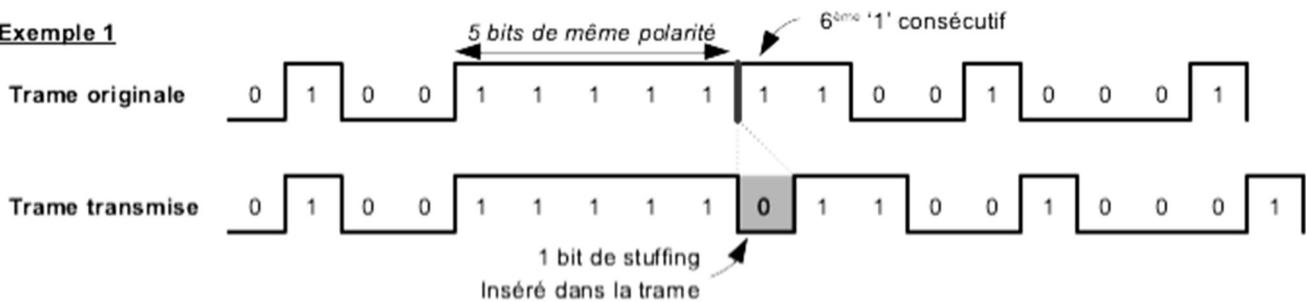
Les bits de bourrage ou bits stuffing

Afin de sécuriser la transmission des messages, la méthode dite de bit stuffing (bit de bourrage) est utilisée. Cette méthode consiste à insérer un bit de polarité inverse pour casser des chaînes trop importantes de bits identiques. Dès que l'on a émis 5 bits de même polarité sur le bus, on insère un bit de polarité inverse (voir exemple 1 et 2 ci-dessous).

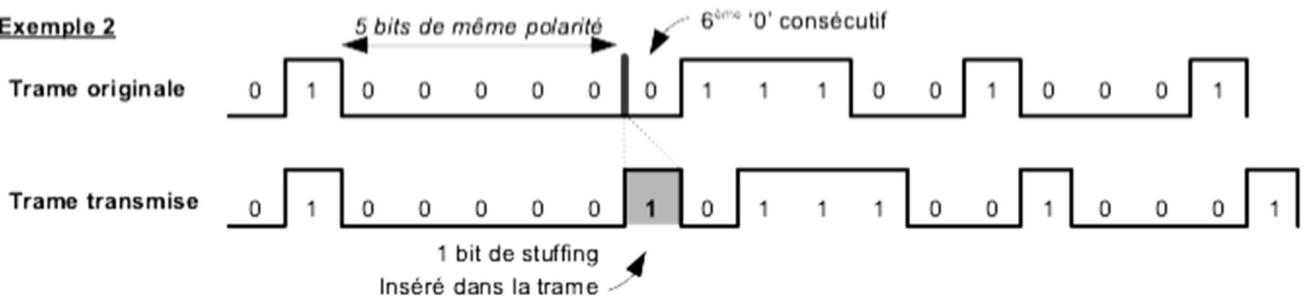
A la réception, ces bits de stuffing ne sont pas pris en compte dans le message reçu.

Emission de la trame.

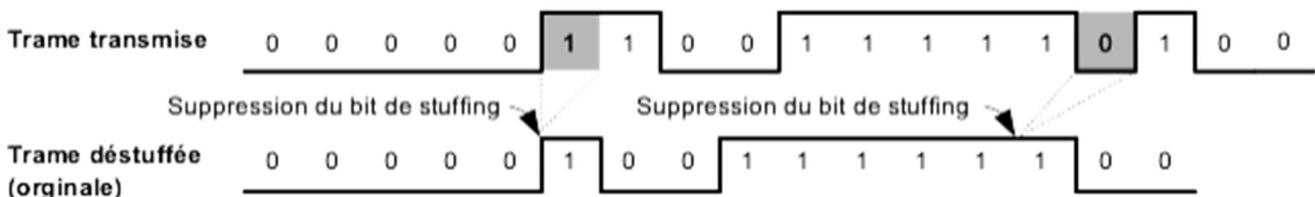
Exemple 1



Exemple 2



Réception de la trame



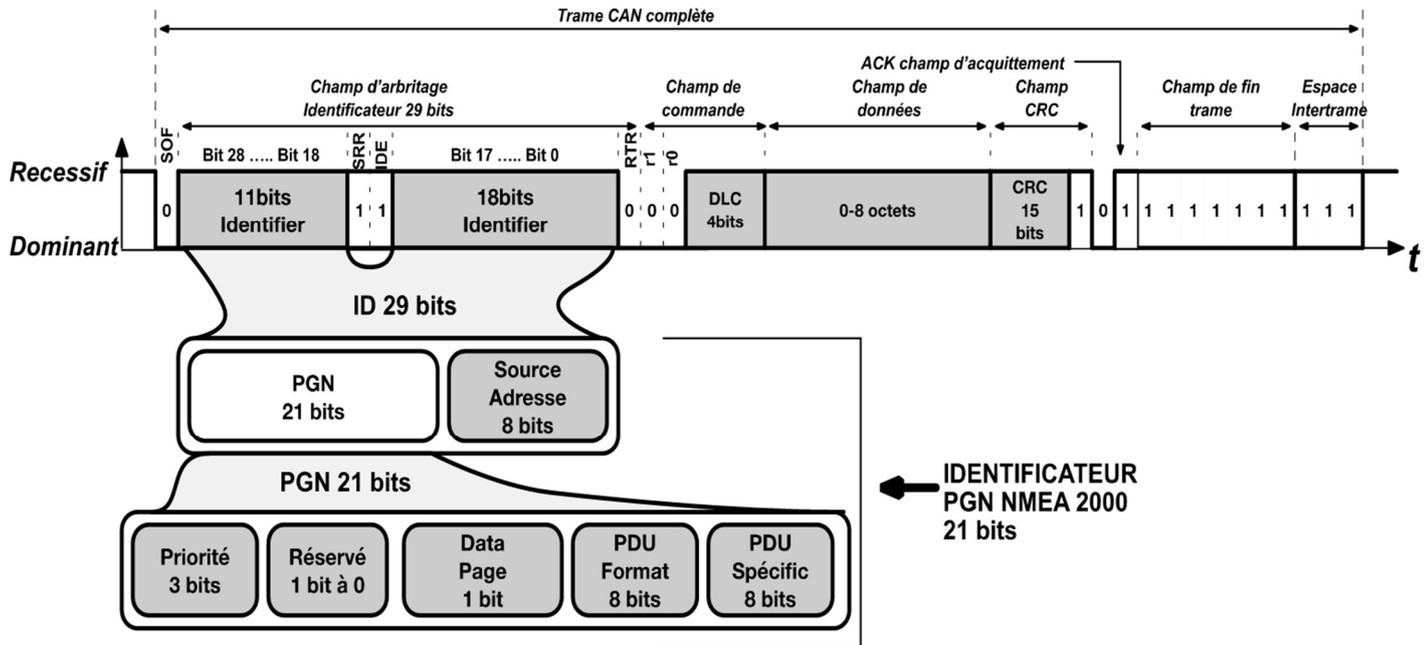
SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC11 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

Documentation PP8 : PGN NMEA2000

L'ID « identifier » (29 bits) des messages NMEA2000 identifie le message.

l'ID est composé de :

- Le PGN (Parameters Group Number) sur 21 bits est un numéro qui détermine le type de message transmis sur le bus CAN ;
- L'adresse source « source adresse » sur 8 bits de l'équipement qui initie l'envoi de la trame.



Le PGN est composé de 21 bits :

- 3 bits pour la priorité du message ;
- 1 bit réservé pour des extensions futures ;
- 1 bit appelé DP (Data Page) ;
- 8 bits pour le PDU Format ;
- 8 bits pour le PDU Specific.

Pour identifier les fonctions utilisées dans le protocole NMEA2000, on élimine les 4 premiers bits du PGN.

On obtient ainsi un PGN_fonction de 17 bits composé du bit DP et des deux octets PDU Format et PDU Specific.



PGN_fonction 17 bits

Le PGN_fonction peut prendre les valeurs de 0x0 à 0x1FFFF.

Exemples de quelques PGN de fonctions utilisées en NMEA2000 :

- PGN 126992 System Time (Heure du système)
- PGN 127505 Fluid Level (Informations liées au carburant)
- PGN 127508 Battery Status (Informations liées à la batterie)
- PGN 128267 Water Depth (Informations liées à la profondeur)
- PGN 129038 AIS Class A Position Report (Informations liées à la position, vitesse et cap du navire)

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC12 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	

Documentation PP9 : Table des évènements d'un message AIS N°1

Tektronix MSO4034	version v2.48	serial number C000197			
Bus Definition: CAN					
Time	Identifier	DLC	Data	CRC	Missing Ack
1.390000e-04	11F80E03	8	C0 1C 03 7C E9 87 0D 90	231C	
4.180000e-04	11F80E03	8	C1 D1 F4 FE 20 EB 1D 1D	7641	
9.820000e-04	11F80E03	8	C2 23 7F B4 00 00 00 00	17FC	
1.562000e-03	11F80E03	8	C3 00 BC 8B 00 00 C9 F8	6BB2	
2.126000e-03	11F80E03	8	C4 FF FF FF FF FF FF FF	2068	

Documentation PP10 : Organisation des informations CAN d'un message AIS N°1

Pour réceptionner ce message, 5 trames CAN de 8 octets sont nécessaires pour obtenir l'ensemble des informations.

À l'intérieur de ces 5 trames, seuls 28 octets sont utilisés pour transmettre toutes les informations du message AIS numéro 1, à savoir les coordonnées géographiques (longitude et latitude), l'identification du navire MMSI, le cap (COG) et la vitesse (SOG).

Le tableau ci-dessous décrit l'organisation des trames et les positions respectives des octets utilisés.

N° de trame	ID (29 bits)	DLC Nb d'octets	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7	DATA8
1	0x11F80E03	8	0xC0	0x1C	XX	MMSI ₁	MMSI ₂	MMSI ₃	MMSI ₄	LON ₁
2	0x11F80E03	8	0xC1	LON ₂	LON ₃	LON ₄	LAT ₁	LAT ₂	LAT ₃	LAT ₄
3	0x11F80E03	8	0xC2	XX	COG ₁	COG ₂	SOG ₁	SOG ₂	XX	XX
4	0x11F80E03	8	0xC3	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
5	0x11F80E03	8	0xC4	XX	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF

XX : Valeurs non définies

Toutes les valeurs des octets des trames sont en représentation hexadécimale.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC13 sur 13
23SN4SNEC1	Documentation	