

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.

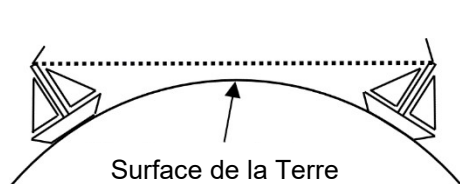


Figure 1 – Bonne réception

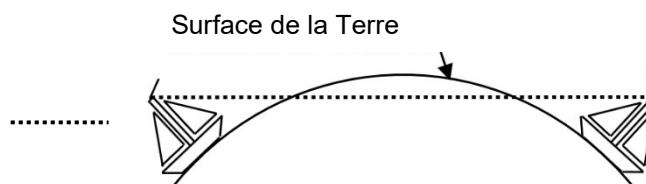


Figure 2 - Mauvaise réception

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

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

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

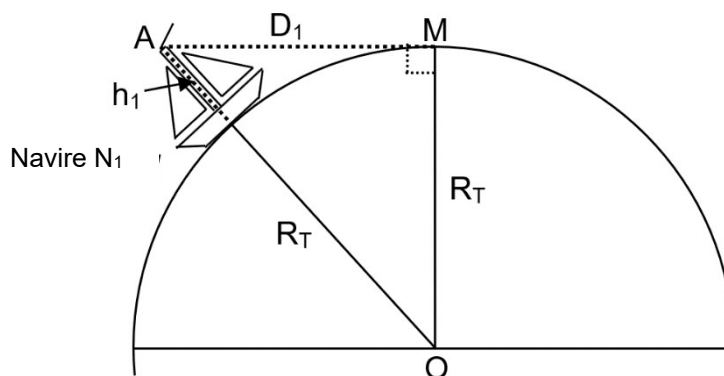


Figure 3 – Représentation du navire avec son mât

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

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

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

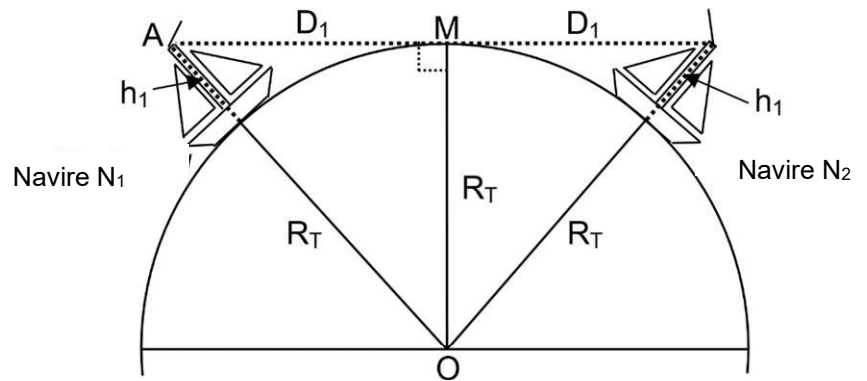


Figure 4 – Représentation de deux navires identiques

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.

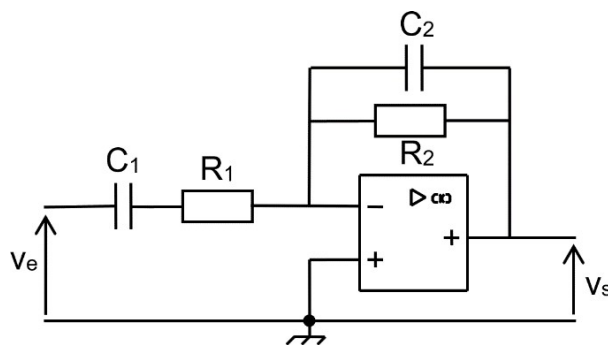


Figure 5 – Amplificateur

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.

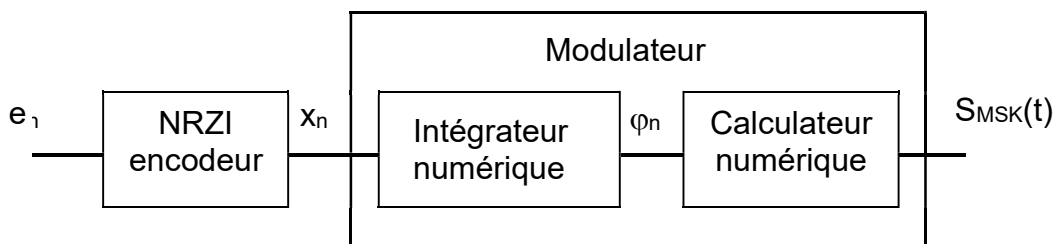


Figure 6 – Modulateur MSK

1. Codage NRZI.

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

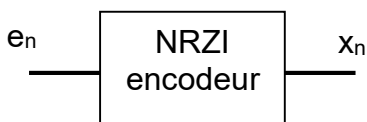


Figure 7 – Encodeur NRZI

- 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.

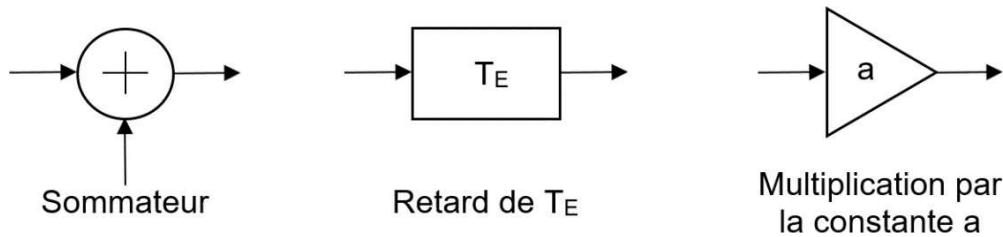
L'intégrateur numérique élabore la séquence de phase φ_n , exprimée en radians, à partir des échantillons x_n selon l'équation de récurrence donnée ci-dessous :

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

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-SP9 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.

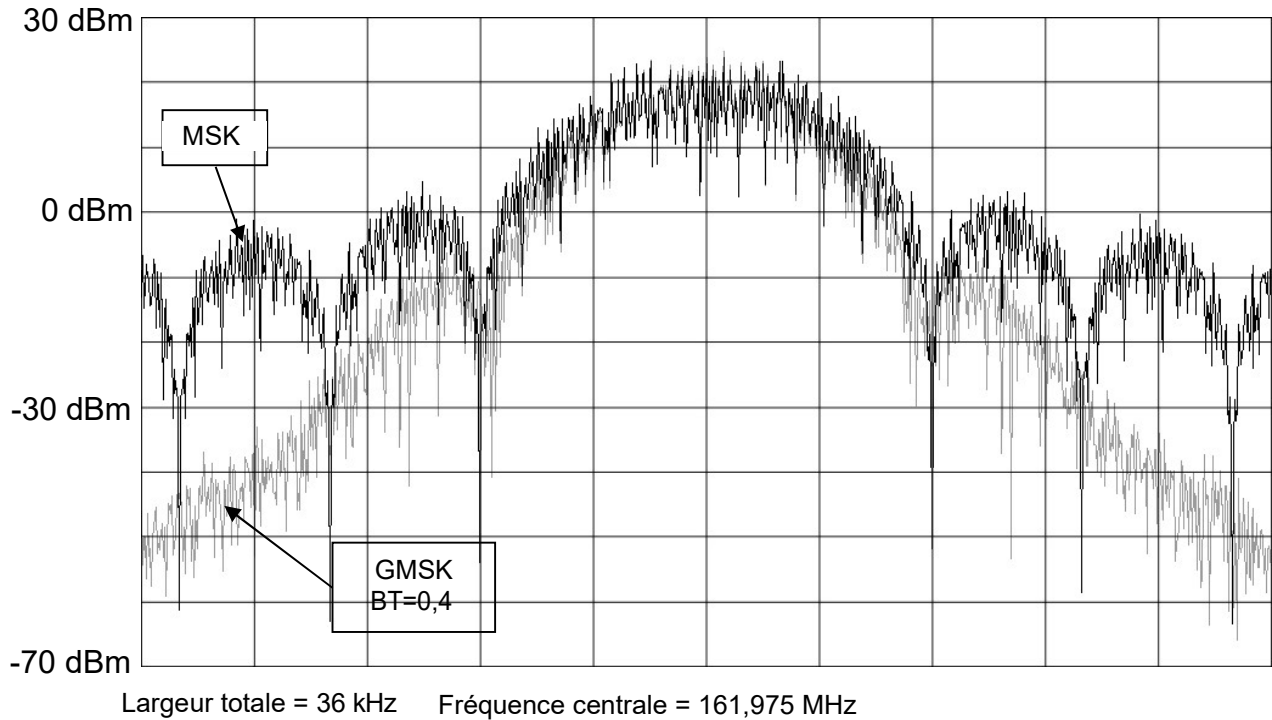


Figure 8 – Spectre des signaux MSK et GMSK

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.

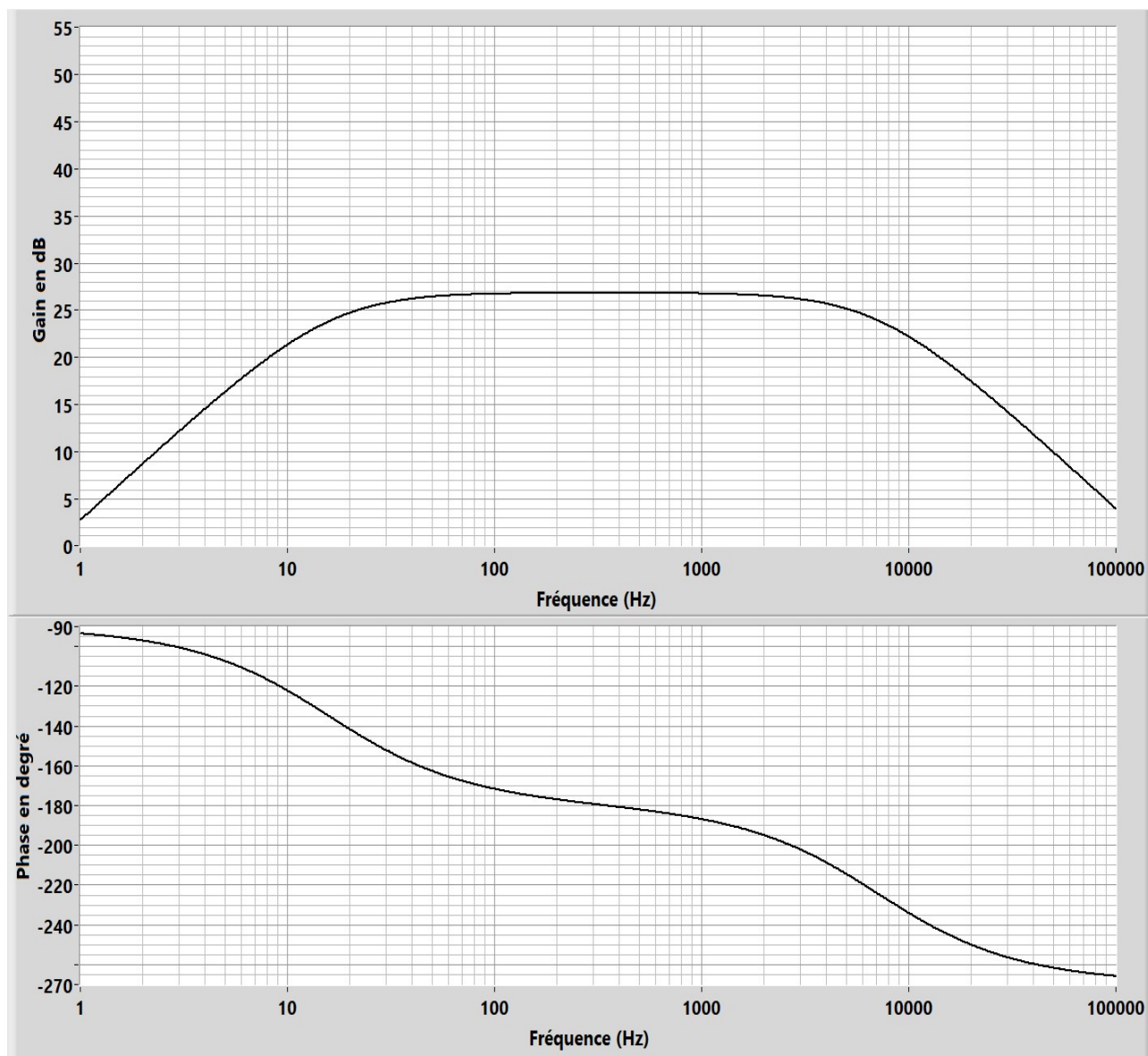
Q73. Conclure sur le respect de la réglementation indiquée dans l'ITU en ce qui concerne le débit binaire et la largeur de bande de fréquence pour la modulation GMSK.

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

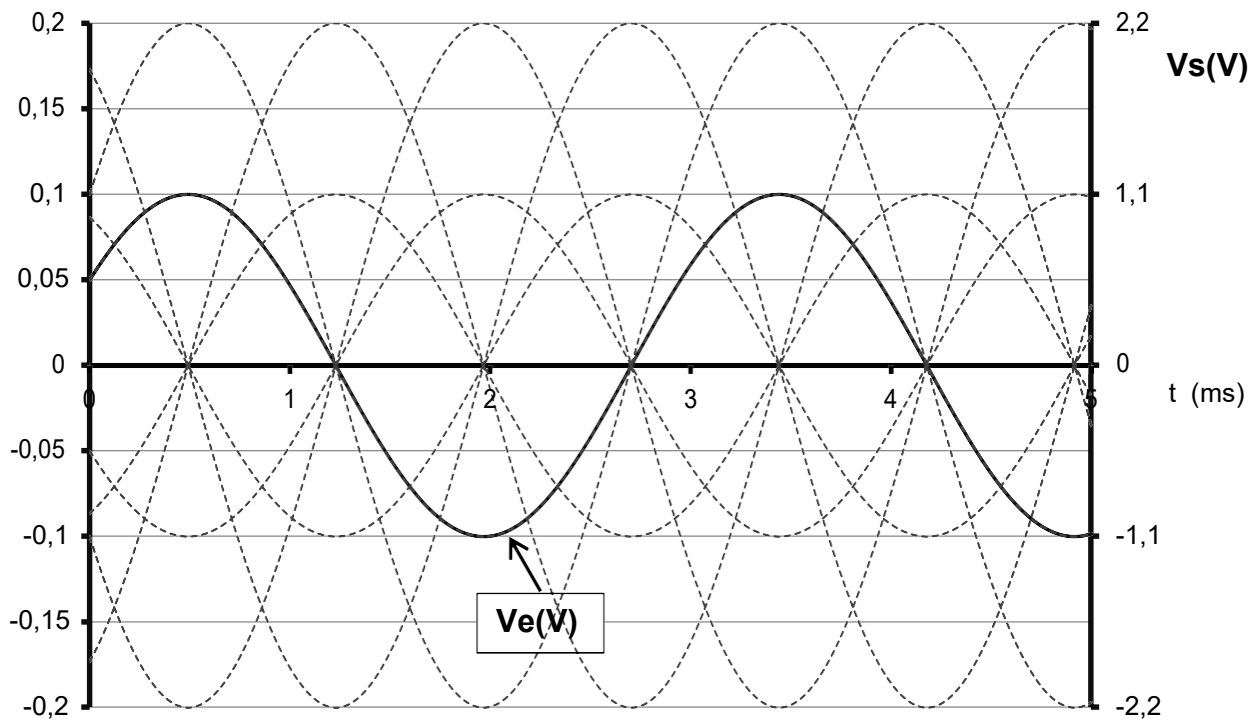
Réponse à la question Q52.



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.

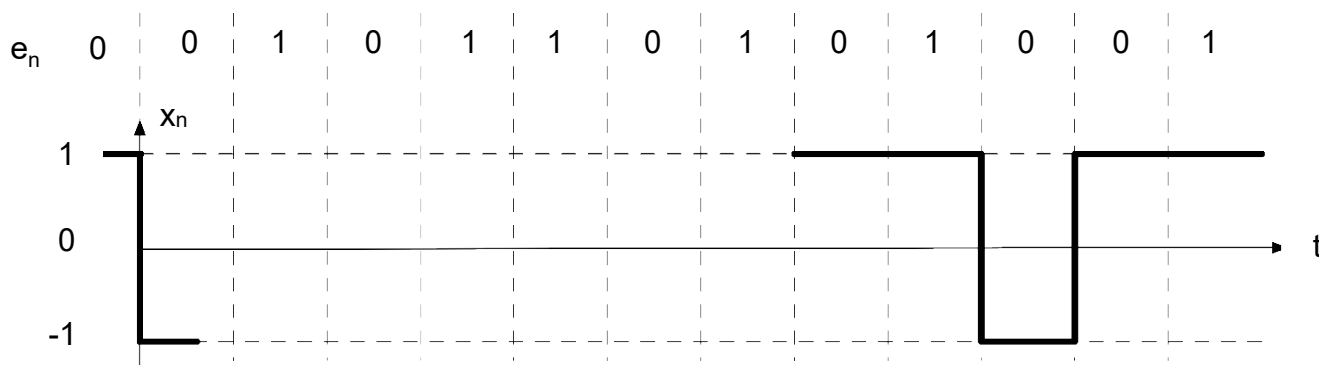


Échelle de tension $V_e(V)$

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.

