

SUJET

Option B Électronique et Communications

Partie 2 Sciences Physiques

Durée 2h - coefficient 2

Ce sujet est composé de trois parties indépendantes.

Partie A. Correction de l'erreur de Géolocalisation

Problématique : la géolocalisation des cavaliers est réalisée par le système GPS. Les conteneurs sont placés par un cavalier. Leur positionnement est entaché d'une erreur. Le technicien doit mettre en place un système de correction qui assure que le cavalier se place au-dessus du conteneur.

Pour comprendre le principe de fonctionnement d'un repérage par satellites, il est proposé de faire une étude simplifiée avec 2 satellites dans le plan contenant le méridien de Greenwich.

Les satellites sont repérés par les angles α_1 et α_2 . La position de la balise de réception GPS est repérée par le point P et est située à la latitude définie par l'angle α (figure 1)

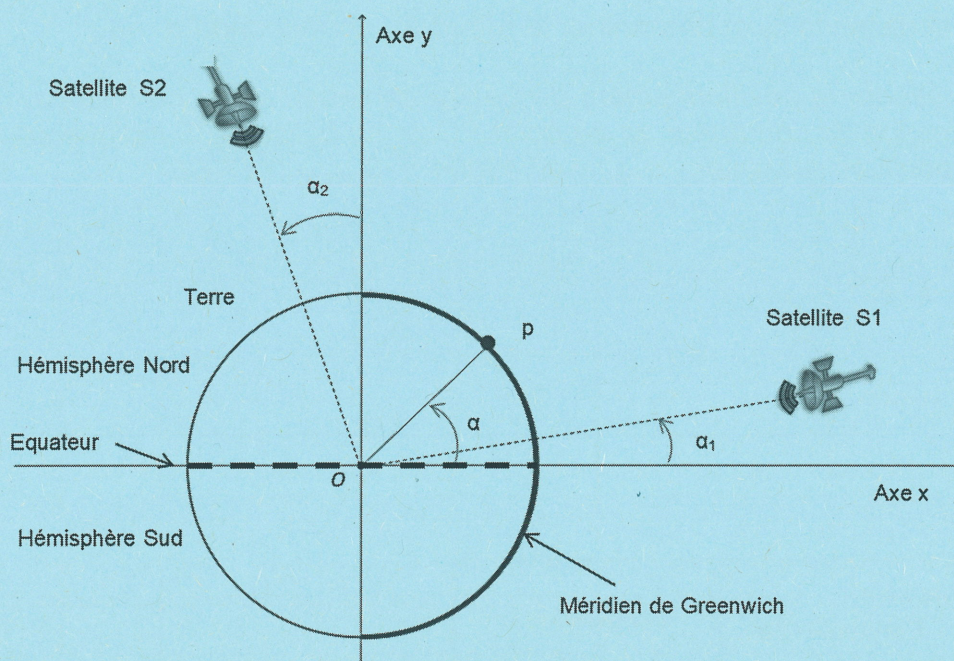


Figure 1 : position satellites

Les ondes électromagnétiques se déplacent dans le vide ou dans l'air à la célérité notée c_0 valant $3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Les chronogrammes de la figure 2 présentent le retard temporel, noté Δt , entre l'émission et la réception de la trame de géolocalisation. Le récepteur GPS mesure ce retard pour calculer la distance qui le sépare du satellite considéré.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 1 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

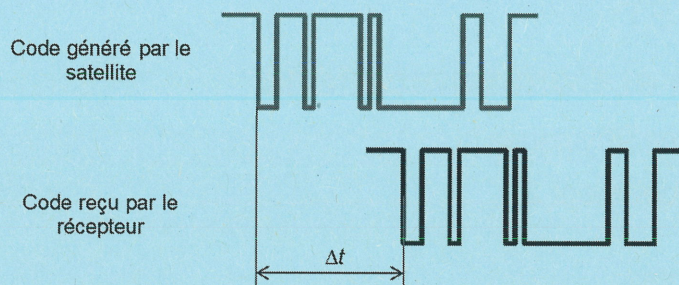


Figure 2 : chronogrammes de trames GPS

Sur le document réponses DR-SP1, la balise de réception GPS (position P) est placée à la surface de la Terre, les deux satellites étant repérés respectivement par S1 et S2.

Q43. Représenter sur le **document réponse DR-SP1** le parcours de l'onde électromagnétique entre S1 et P d'une part et S2 et P d'autre part. Flécher sur ces parcours le sens de la propagation.

Le retard lié à la distance d_1 séparant le satellite S1 et le point P est noté Δt et est égal à 73,3667 ms. La distance séparant le point P et le satellite S2 est notée d_2 .

Q44. Calculer la distance d_1 . Exprimer le résultat avec une précision au km.

Q45. Mesurer la distance d_2 et déterminer le retard Δt_2 correspondant.

La figure 3 représente le positionnement de quatre conteneurs vus de dessus. Le cavalier est positionné au-dessus du conteneur 1a au point PCav, sa balise GPS indique pour la latitude et la longitude respectives suivantes : $\alpha_{mes} = 49,45804^\circ$, $\beta_{mes} = 0,17906^\circ$.

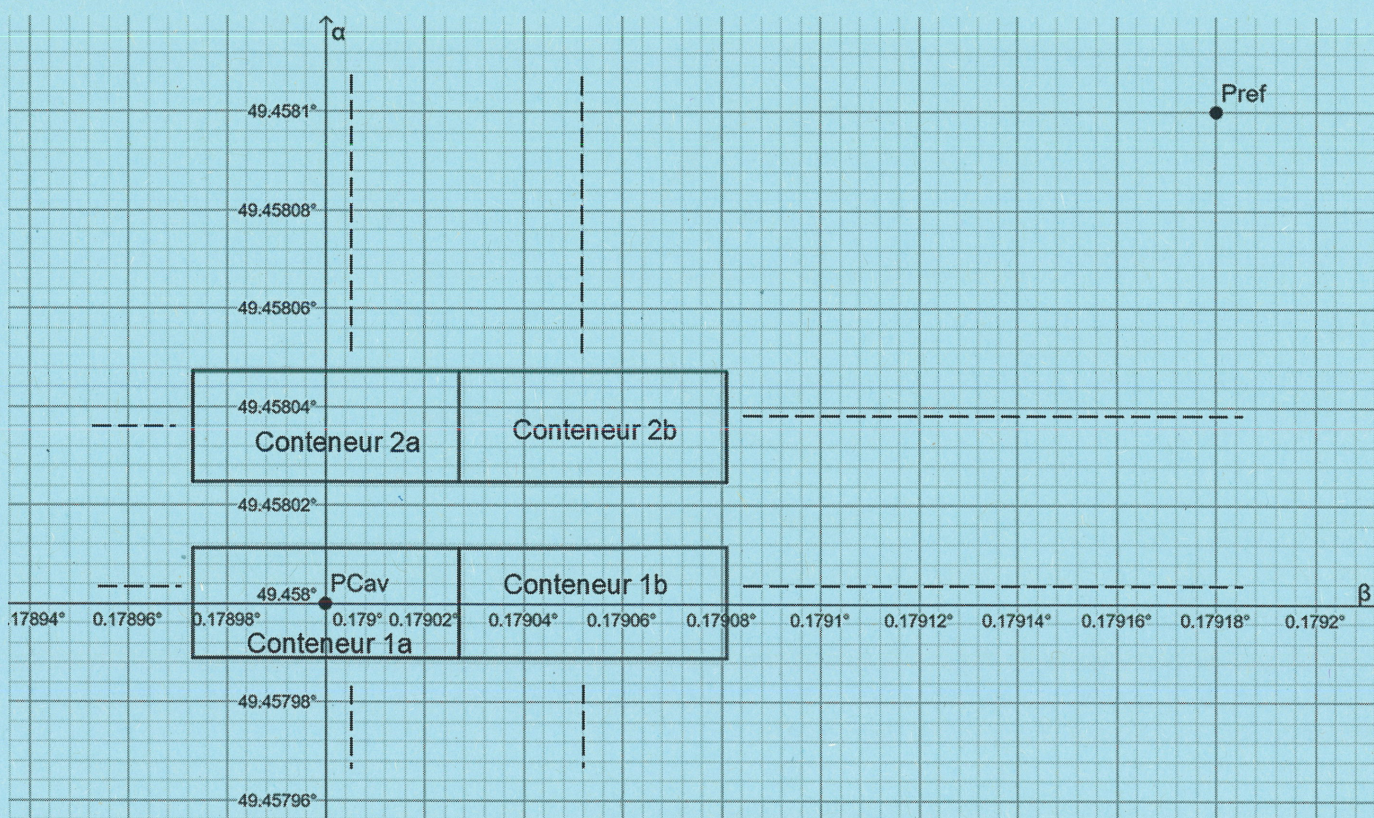


Figure 3 : plan de position conteneurs

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 2 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Q46. Indiquer si la balise GPS donne la position exacte du conteneur 1a.

Les mesures des durées de propagation Δt_1 et Δt_2 nécessitent le recours à des horloges parfaitement synchrones entre les satellites et le récepteur GPS. Cependant, les technologies utilisées limitent le décalage à un maximum de 15 ns.

L'étude sera limitée à la coordonnée α .

La mesure de la latitude α est entachée d'une erreur notée $\Delta\alpha$.

Cette erreur dépend de la différence entre α et α_1 . Le graphe du document réponses DR-SP2 représente l'erreur de géolocalisation ($\Delta\alpha$) en fonction la différence entre α et α_1 .

L'écart entre l'angle α du cavalier et l'angle α_1 du satellite est de 40° .

Q47. Déterminer la valeur l'erreur $\Delta\alpha_{40^\circ}$ à partir du document réponse DR-SP2 commise sur la latitude. Placer le point de lecture sur le **document réponse DR-SP2**.

Lors du calcul de la géolocalisation à partir de deux satellites, la détermination de la position GPS est entachée d'une erreur systématique qu'il va falloir compenser. Cette erreur doit être évaluée puis soustraite pour donner les bonnes coordonnées de la position (α , β).

Pour cela, une balise GPS de référence noté P_{ref} est positionnée sur le site, comme indiqué figure 3. Ses coordonnées connues précisément sont notées α_{ref} et β_{ref} . La mesure des coordonnées sont notées α_{ref_mes} et β_{ref_mes} . Le tableau ci-dessous donne les valeurs correspondantes.

$\alpha_{ref} = 49,45810^\circ$	$\alpha_{ref_mes} = 49,45814^\circ$
$\beta_{ref} = 0,17918^\circ$	$\beta_{ref_mes} = 0,17923^\circ$

Figure 4 : coordonnées GPS réelles et mesurées

Q48. Calculer la valeur de l'erreur, notée $\Delta\alpha_{ref}$, sur la mesure de la latitude du point de référence.

Q49. Proposer et vérifier une solution permettant de corriger l'erreur de latitude à mettre en œuvre pour le positionnement du cavalier.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 3 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie B. Configuration d'un simulateur d'émission GPS

Problématique : le technicien doit déterminer le réglage des paramètres d'un outil de radio communication logicielle afin de pouvoir tester les récepteurs GPS implantés sur les cavaliers.

Le schéma simplifié du banc de test est donné sur la figure suivante :

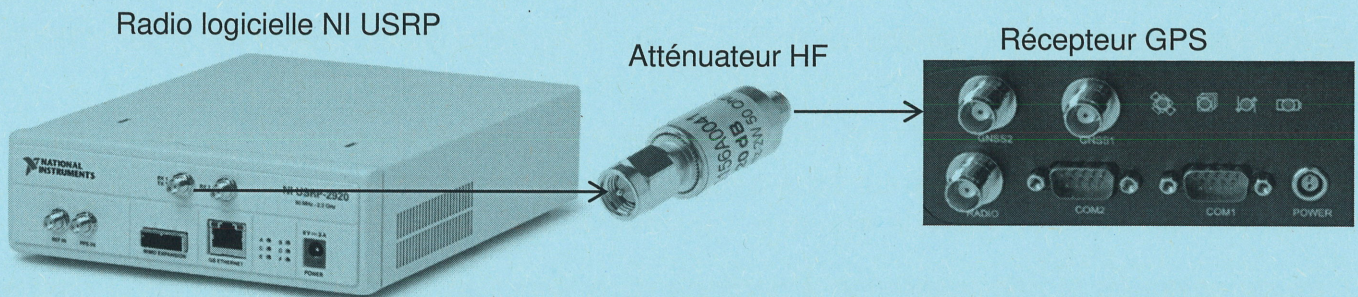


Figure 5 : Banc de test

Le schéma fonctionnel suivant montre le principe utilisé pour générer un signal modulé GPS sur la bande de fréquence L1.

Sachant que le traitement du code pseudo aléatoire P est réservé à un usage militaire, nous allons construire le signal modulé autour du code pseudo aléatoire C/A .

Les fonctions nécessaires à la génération du code C/A sont représentées en « foncé » alors que la partie concernant le code P est en « clair ».

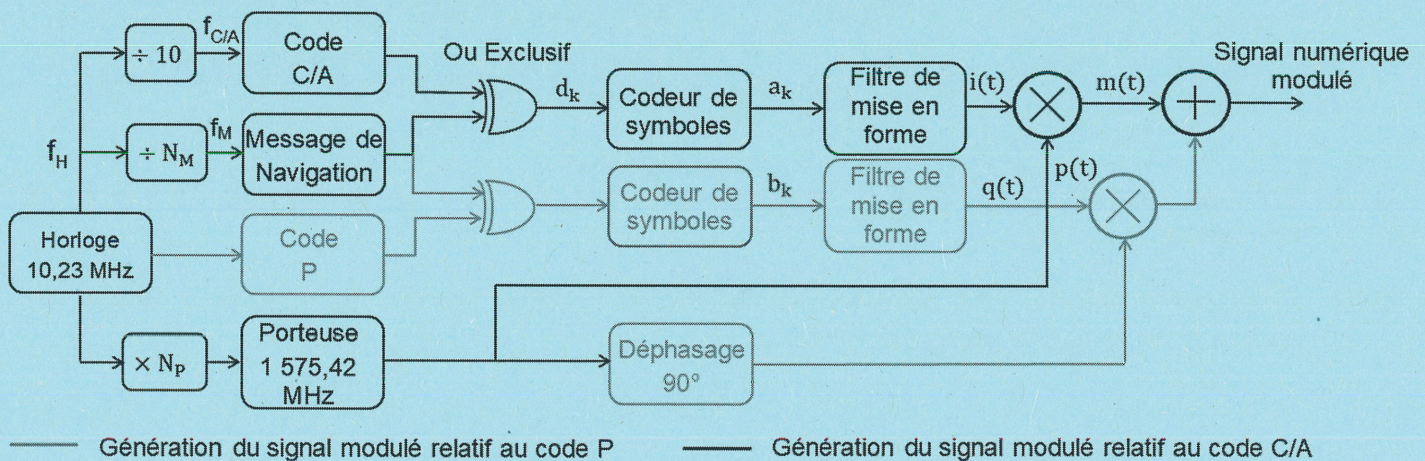


Figure 6 : structure du générateur

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 4 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

a. Construction du signal numérique.

Les oscillogrammes du code C/A et du message de navigation sont donnés figure 7 :

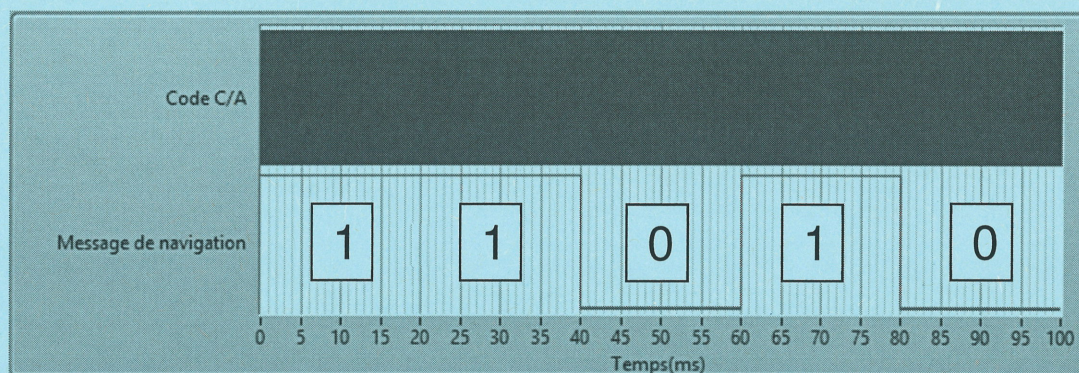


Figure 7 : chronogramme des signaux modulés

Q50. Montrer que le débit binaire D_{BM} du message de navigation est de 50 bps.

Le débit binaire précédemment calculé correspond la fréquence f_M . La figure 6 présente le principe de réalisation de cette fréquence à partir de la fréquence d'horloge notée f_H .

Q51. Calculer l'entier N_M , qui permet ce changement de fréquence.

Le code C/A possède un débit binaire de 1,023 Mbit/s, bien plus élevé que le message de navigation, la figure 8 représente ces signaux lors d'un changement de niveau.

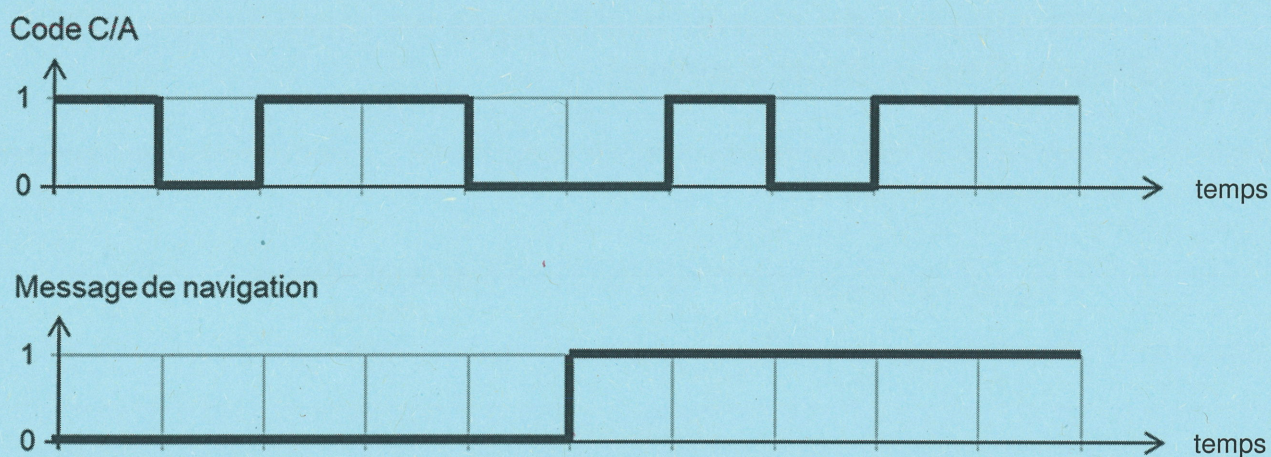


Figure 8 : chronogramme du changement de niveau

Q52. Reproduire sur le **document réponses DR-SP3** l'oscillogramme des données d_k résultat de l'opération logique « ou exclusif » entre le code C/A et le message de navigation.

Q53. Dédire le débit binaire des données d_k noté D.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 5 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Le codeur de symboles permet de convertir la séquence binaire d_k en symboles a_k en suivant le codage issu du diagramme de constellation de la figure 9 :

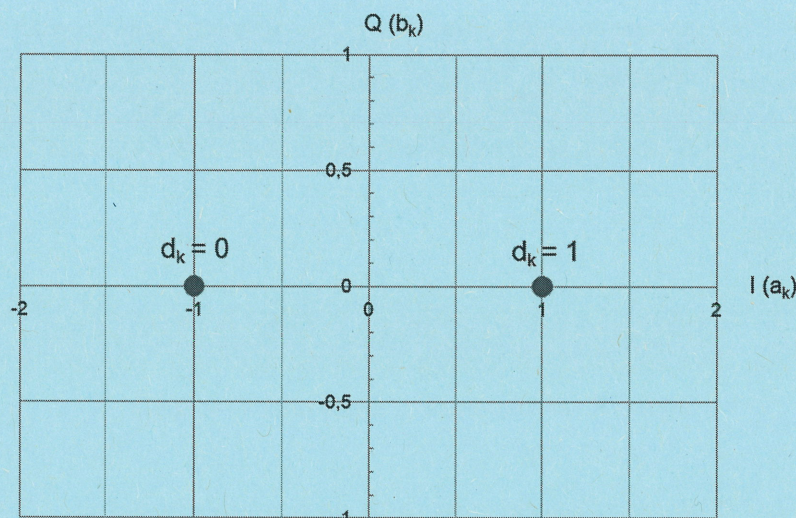


Figure 9 : diagramme de constellation

Q54. Tracer l'évolution du symbole du signal codé a_k sur le **document réponses DR-SP3**.

Q55. Déterminer le débit R de symboles en bauds du code a_k .

b. Transmission du signal numérique en modulation BPSK (Binary Phase Shift Keying)

Le principe de la modulation BPSK est représenté sur la figure 10. La porteuse sinusoïdale $p(t)$ est modulée par le signal numérique $i(t)$.

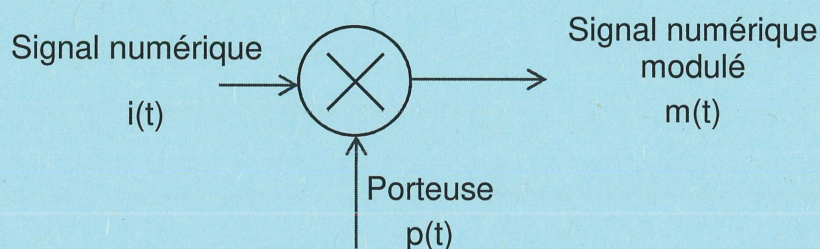


Figure 10 : principe du modulateur BPSK

Le technicien s'interroge sur l'utilisation du pseudocode ou pas. Il a relevé les densités spectrales de puissance (DSP) du signal modulant $i(t)$ et du signal modulé $m(t)$ pour ces deux cas, où les débits symboliques valent respectivement :

$R_{\text{sans pseudocode}} = 50$ bauds et $R_{\text{avec pseudocode}} = 1\,023$ kbauds.

Remarque : La fréquence de la porteuse est volontairement réduite afin de simplifier la construction du signal $m(t)$.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 6 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Q56. Construire le signal modulé $m(t)$ sur le **document réponses DR-SP4**. Pour aider à la construction p et $-p$ ont été tracés en « clair ».

Les densités spectrales de puissance des signaux sont données sur les documents réponses DR-SP5 et DR-SP6.

Q57. Flécher sur les **documents réponses DR-SP5 et DR-SP6**, les encombrements fréquentiels des lobes principaux des DSP de $i(t)$ et de $m(t)$ dans les deux cas et compléter leurs valeurs.

L'influence des perturbations est minimisée par une modulation dite « modulation à étalement de spectre ».

Q58. Choisir la modulation qui sera la moins sensible aux perturbations.

Dans une densité spectrale de puissance, 90 % de la puissance transmise est contenue dans le lobe principal, il n'est donc pas nécessaire de transmettre les lobes secondaires.

Q59. Choisir la nature du filtre à placer sur le signal modulant ainsi que ses grandeurs caractéristiques pour transmettre l'essentiel du message.

*Le technicien doit être capable de produire à l'aide du générateur de trame GPS une émission spectrale identique à celle fournie dans le **document réponses DR-SP7**.*

Q60. Relever la fréquence de porteuse du signal modulé noté f_p .

Q61. Relever le niveau de puissance en dBm du signal noté N_{dBm} .

Le signal numérique modulé à générer est caractérisé par les paramètres de l'interface de commande de la radio logicielle présentée dans le document réponse DR-SP7.

Q62. Compléter sur le **document réponses DR-SP7** les valeurs des paramètres de réglages.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 7 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Partie C. Suppression des vibrations.

Problématique : en manipulant le container, le cavalier subit une vibration supposée sinusoïdale de fréquence 2 Hz d'amplitude 50 cm. Cette composante se superpose aux coordonnées relevées par le récepteur GPS. Cette composante indésirable doit être supprimée. On l'estime supprimée si l'erreur de positionnement est inférieure à 1 cm.

Pour supprimer ces composantes indésirables, il est nécessaire d'introduire un filtre numérique traitant les échantillons d'entrée correspondant aux coordonnées GPS acquises notées a_n et β_n . Le technicien utilise l'outil de conception présenté figure 11 dont la fréquence d'échantillonnage, la nature du filtre, la fréquence de coupure et l'ordre ont été configurés pour répondre à la problématique. Cette application calcule les coefficients a_n et b_n qui seront implantés dans l'algorithme du filtre numérique.

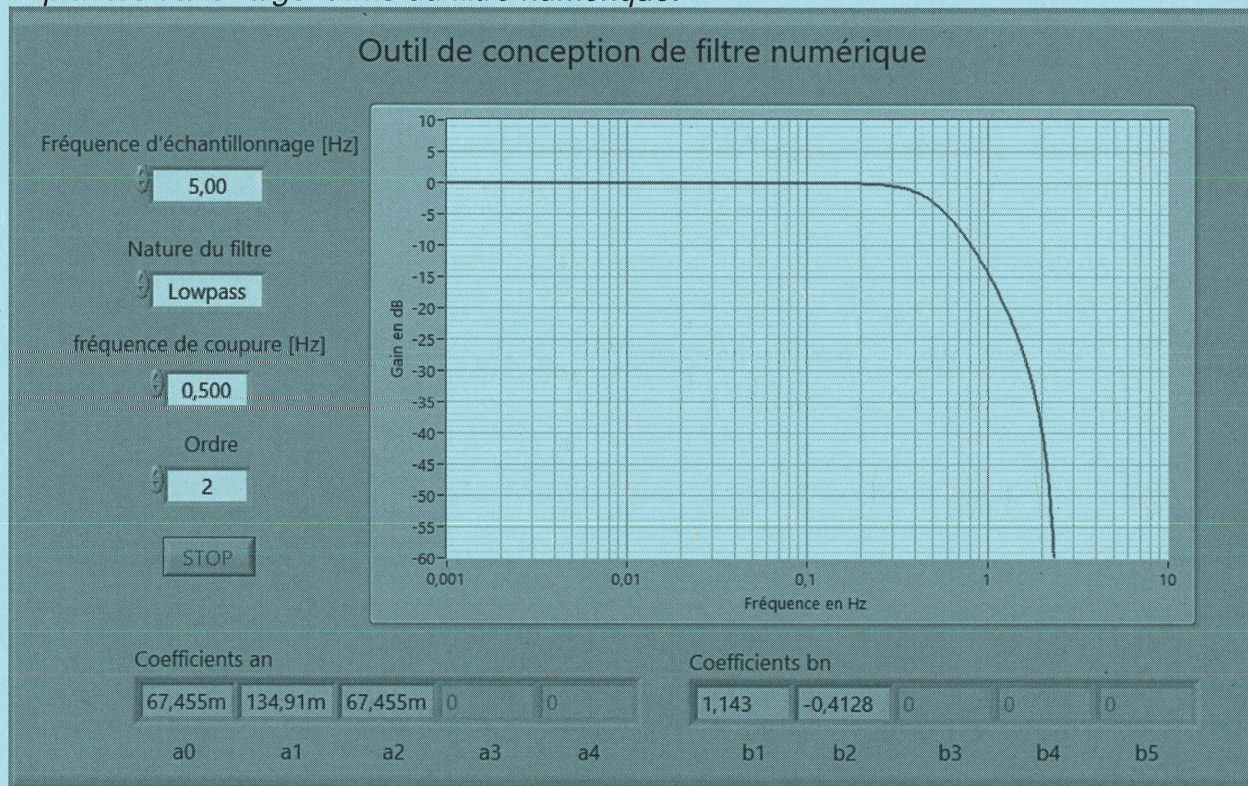


Figure 11 : diagramme de Bode du filtre

Le récepteur permet de récupérer les coordonnées a_n et β_n à un intervalle de traitement configurable. Les valeurs d'intervalles possibles sont : 30 s, 10 s, 1 s, 0,2 s, 0,05 s ou 0,02s.

Q63. Déterminer l'intervalle de traitement choisi par l'outil de conception. Justifier votre réponse.

Q64. Montrer que la fréquence d'échantillonnage est compatible avec la condition de Shannon.

La structure du filtre associée aux coefficients a_n et b_n donnés par l'outil de conception est représentée sur la figure 12. La grandeur d'entrée, e_n , la grandeur de sortie, s_n correspondent aux latitudes ou longitudes acquises et traitées.

SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 8 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

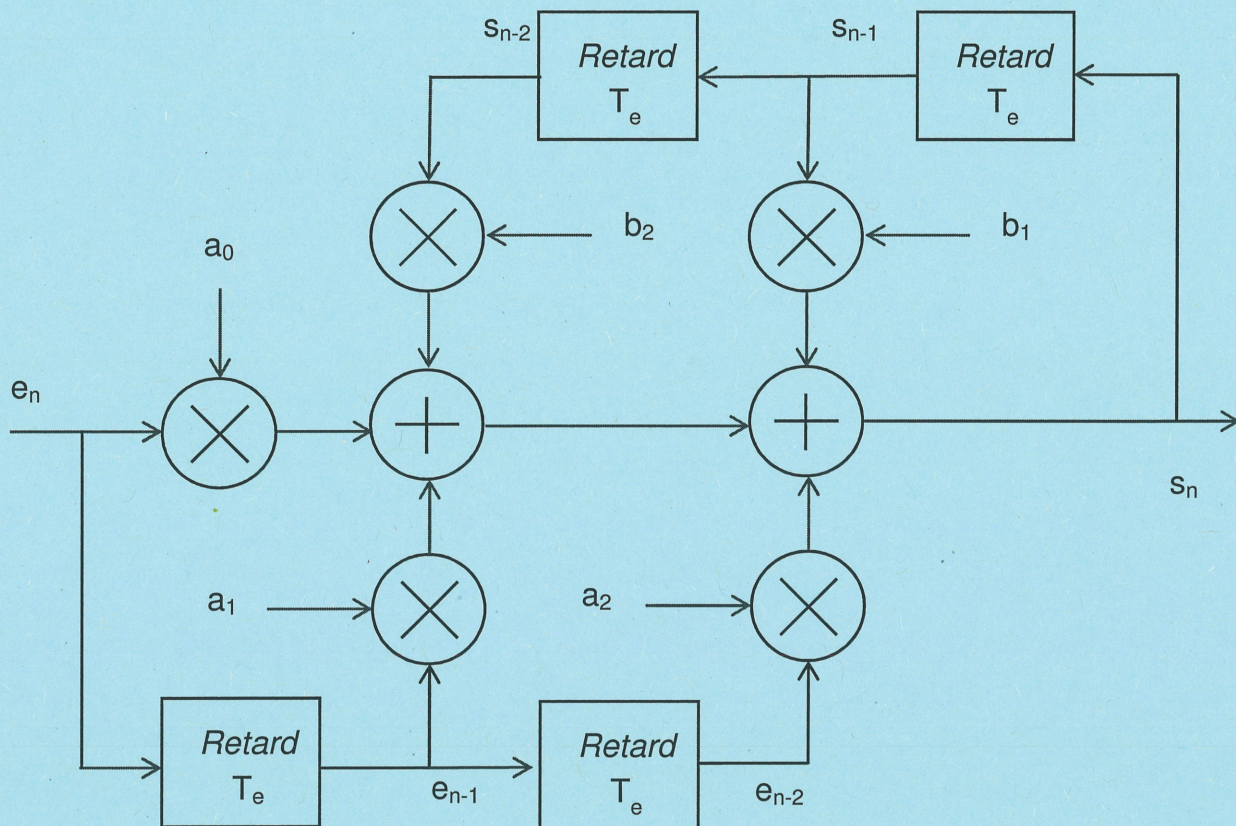


Figure 12 : structure du filtre

Q65. Donner à partir de la figure 12 l'équation de récurrence s_n en fonction de l'entrée e_n , des échantillons antérieurs e_{n-1} , e_{n-2} , s_{n-1} , et s_{n-2} et des coefficients a_0 , a_1 , a_2 , b_1 et b_2 .

Q66. Indiquer s'il s'agit d'un filtre récursif ou non récursif en le justifiant.

Pour étudier la stabilité du filtre numérique la réponse impulsionnelle suivante est simulée :

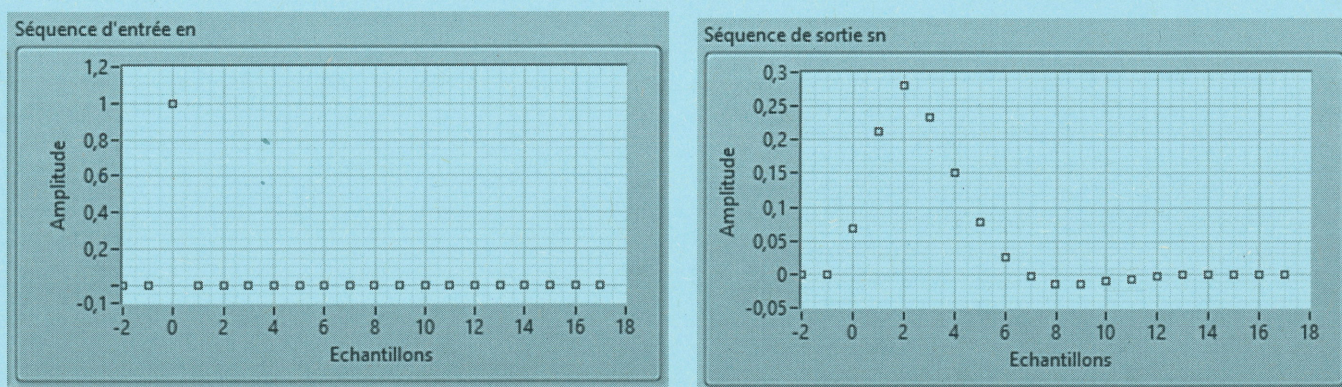


Figure 13 : réponse impulsionnelle

Q67. Justifier la stabilité de ce filtre.

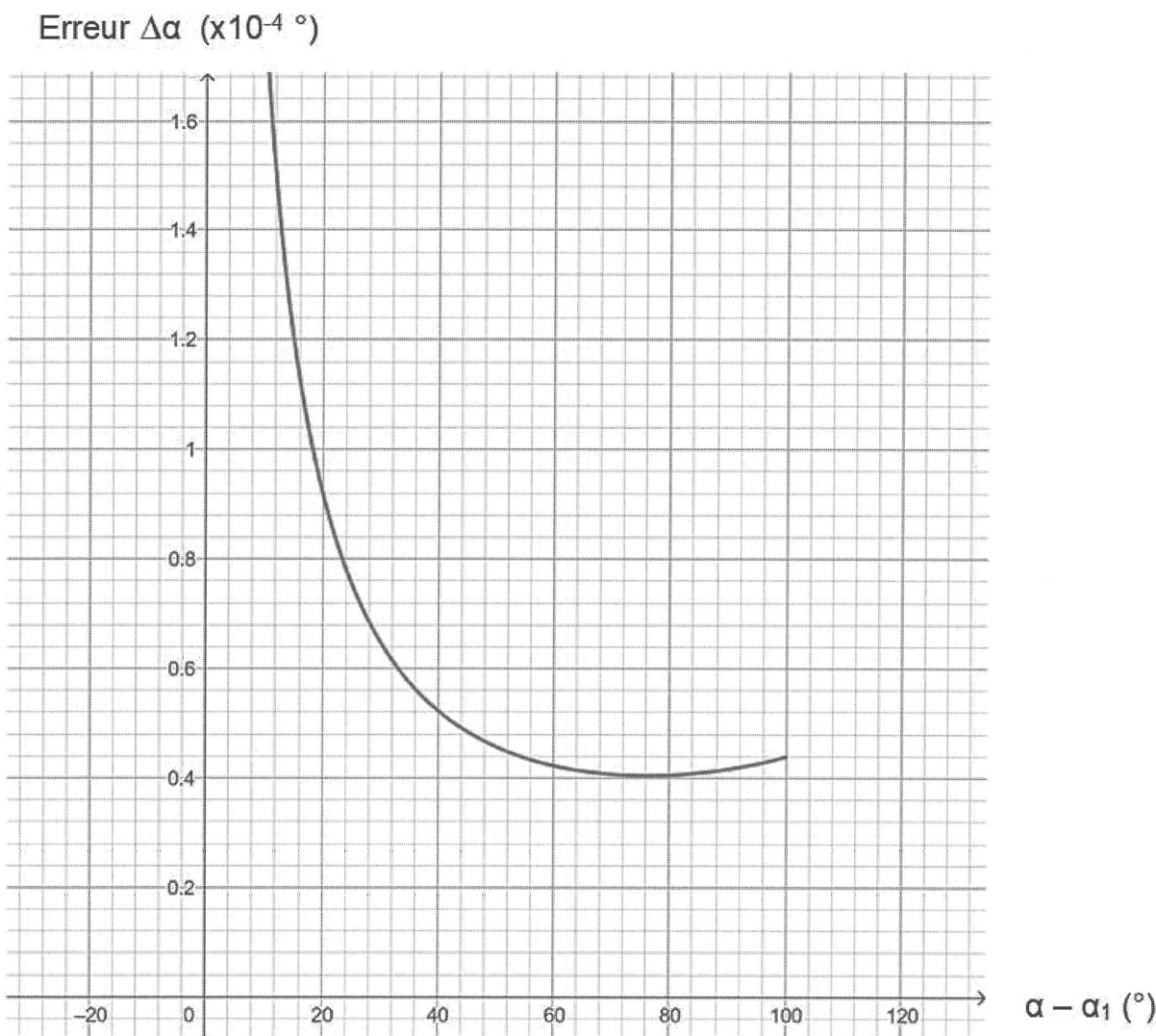
Q68. Donner l'atténuation en dB subie par la composante indésirable de fréquence 2 Hz, à partir diagramme de Bode du filtre configuré à la figure 11

Q69. Indiquer si ce filtre permet de répondre à la problématique.

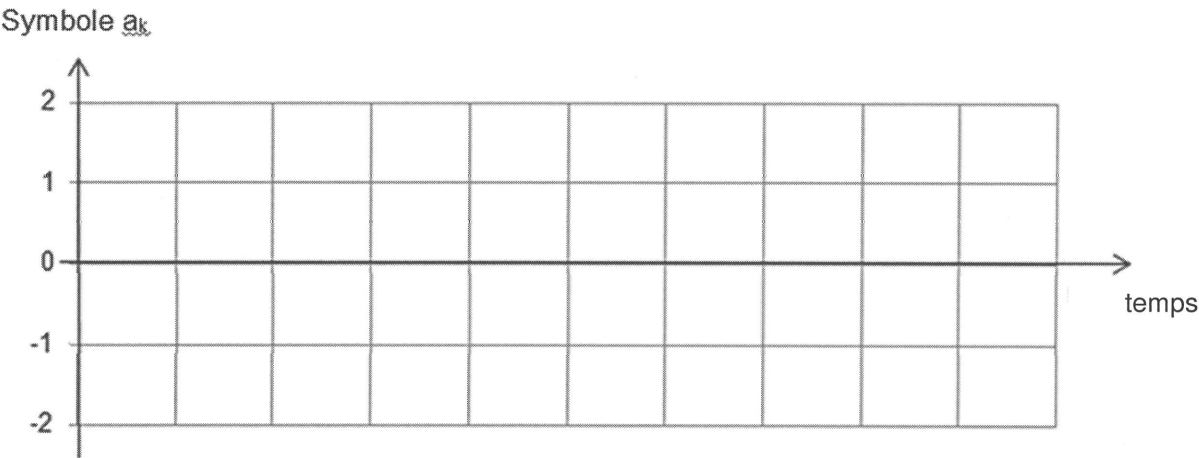
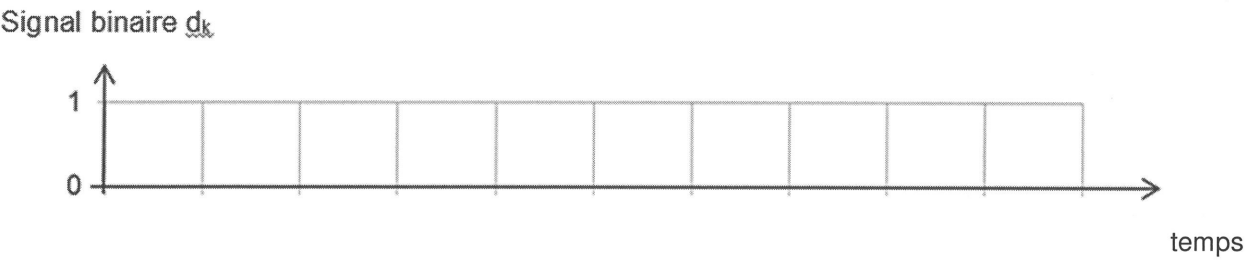
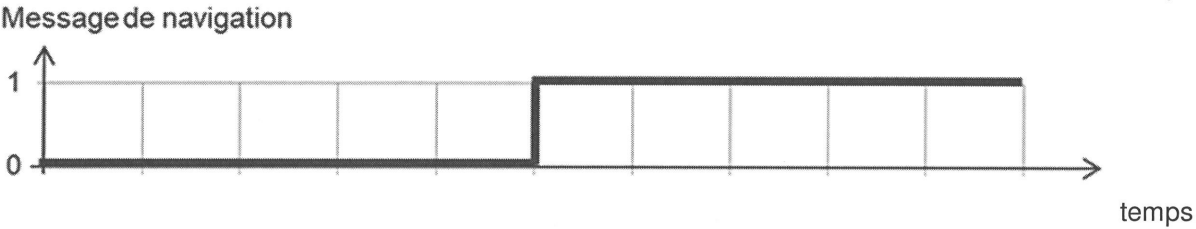
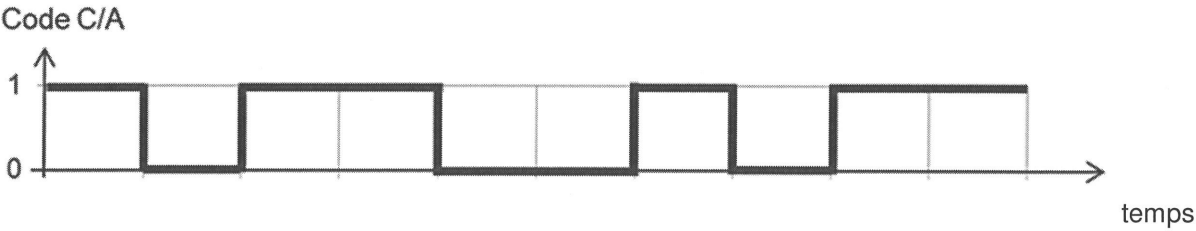
SESSION 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP 9 sur 9
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Sujet	

Session 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP1 sur 7
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

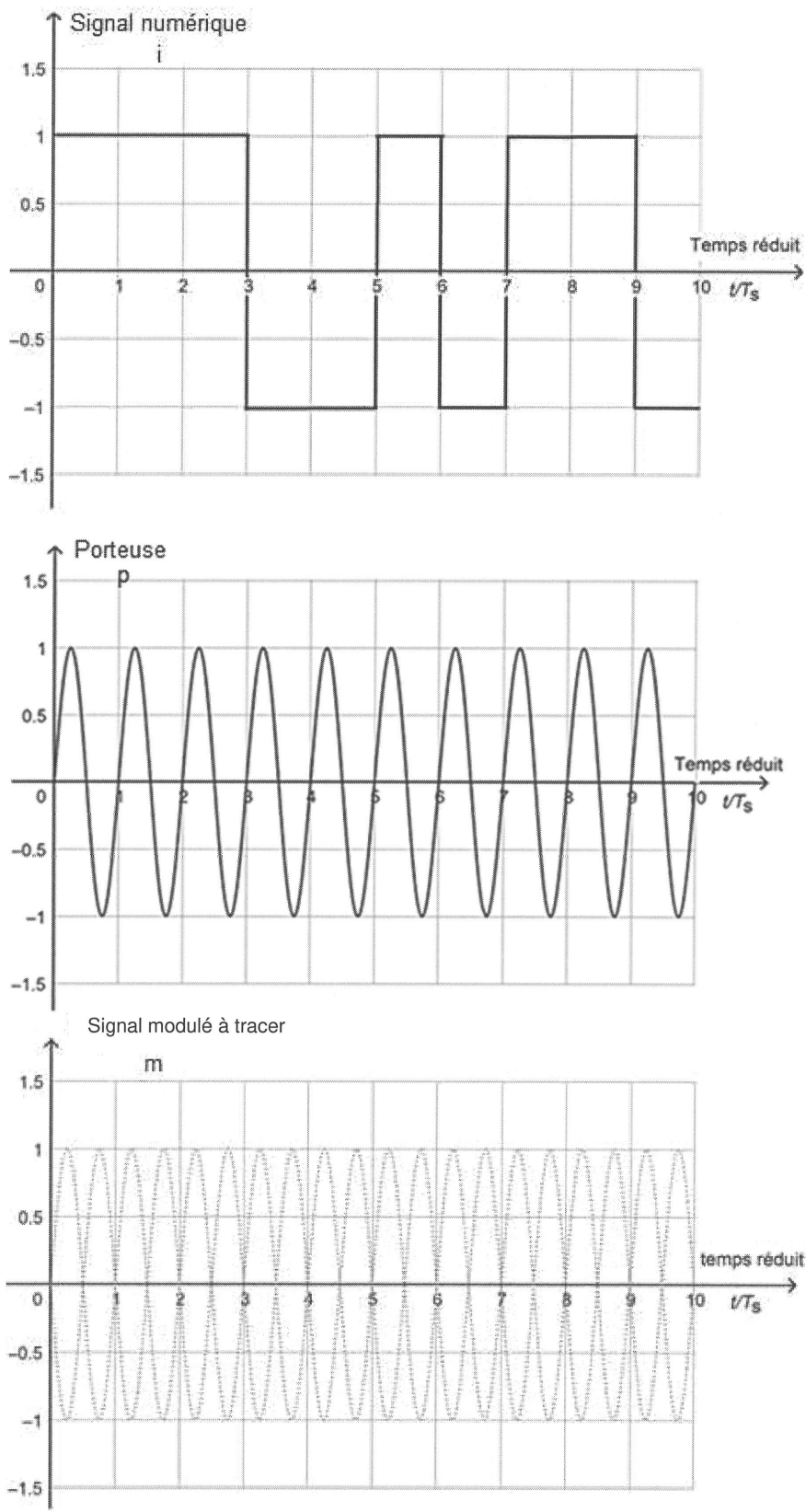
Réponse à la question Q47



Réponse aux questions Q52, Q54 :



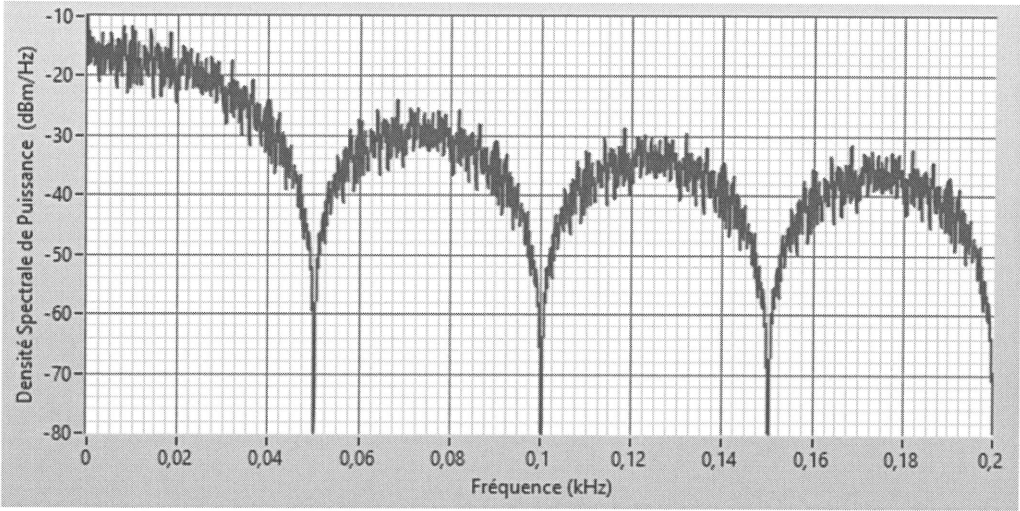
Réponse à la question Q56 :



Réponse à la question Q57

Remarque : La fréquence centrale de valeur 0 correspond à la fréquence fp de la porteuse p(t).

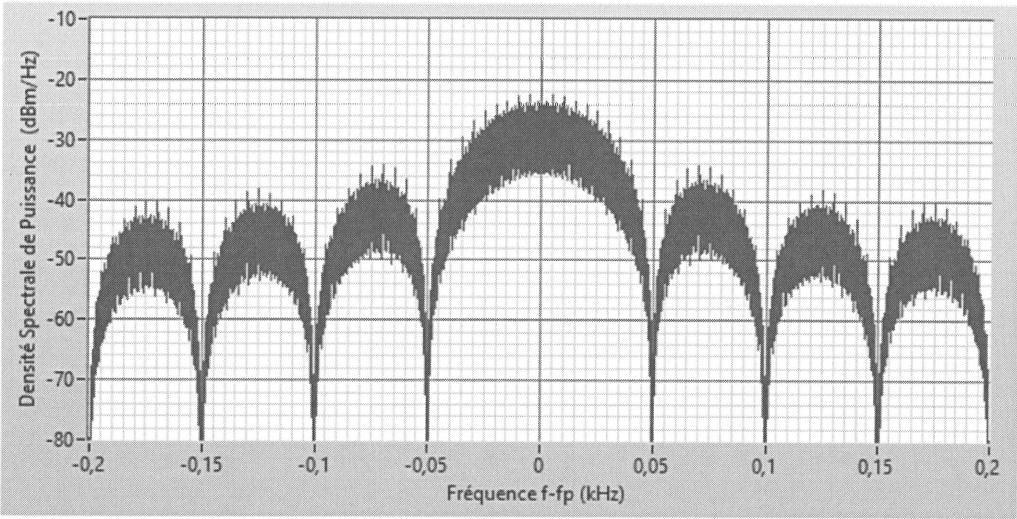
Densité spectrale de puissance de i(t) pour R sans pseudocode :



Encombrement fréquentiel du lobe principal :

$B_{i \text{ sans pseudocode}} = \dots\dots\dots \text{ kHz}$

Densité spectrale de puissance de m(t) pour R sans pseudocode :



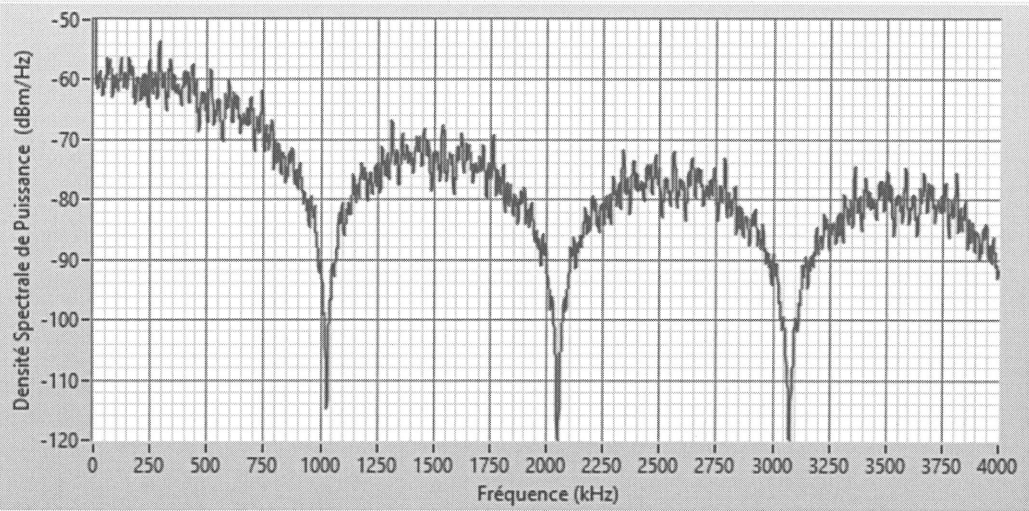
Encombrement fréquentiel du lobe principal :

$B_{m \text{ sans pseudocode}} = \dots\dots\dots \text{ kHz}$

Réponse à la question Q57

Remarque : La fréquence centrale de valeur 0 correspond à la fréquence f_p de la porteuse $p(t)$.

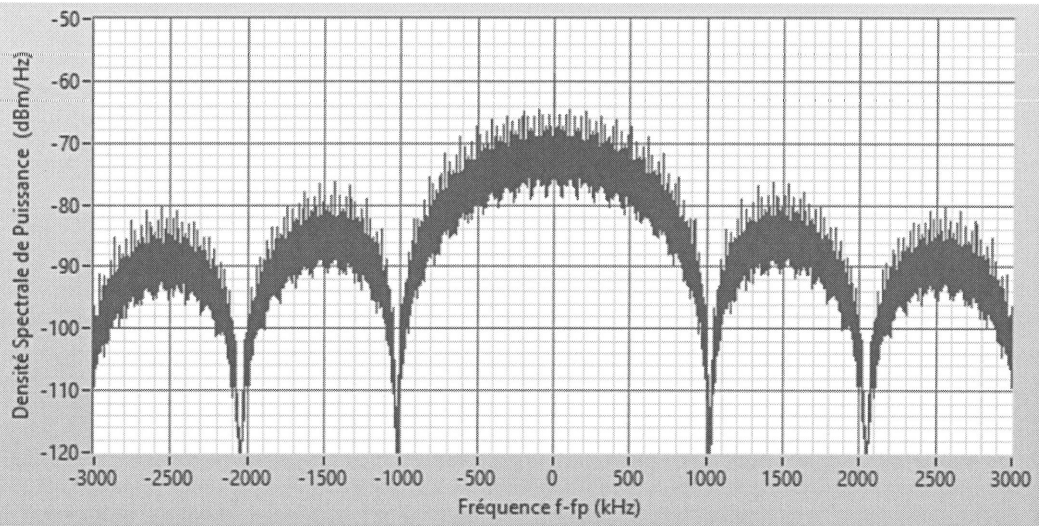
Densité spectrale de puissance de $i(t)$ pour R avec pseudocode :



Encombrement fréquentiel du lobe principal :

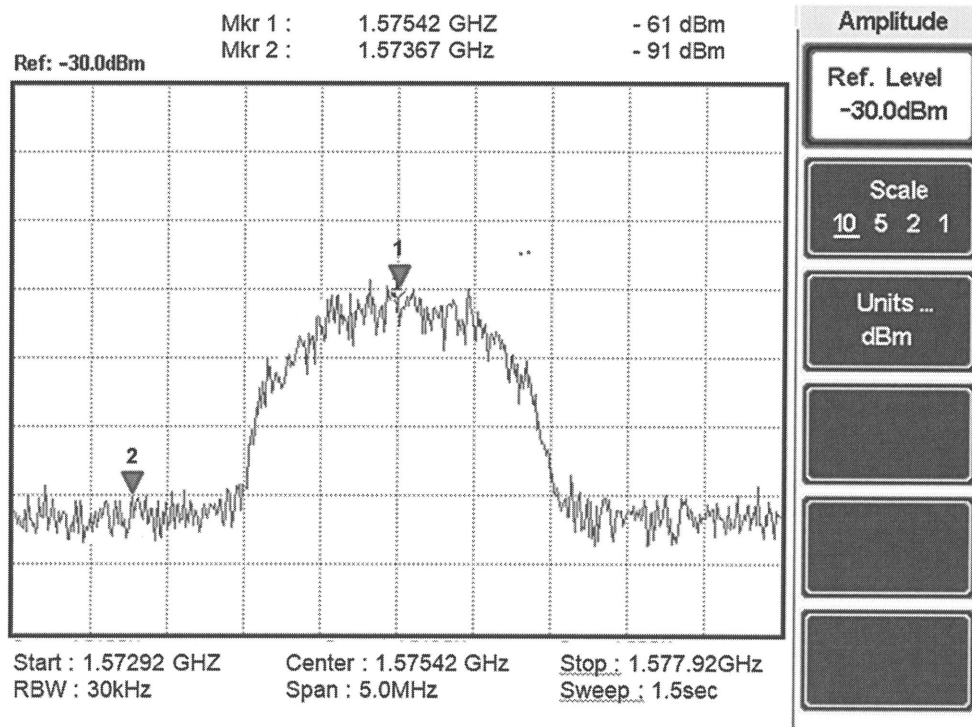
B_i avec pseudocode = kHz

Densité spectrale de puissance de $m(t)$ pour R avec pseudocode :



Encombrement fréquentiel du lobe principal :

B_m avec pseudocode = kHz

Réponse aux questions Q60 et Q61 :**Réponse à la question Q62 :**

Interface de commande du générateur de trames GPS :

1
2
3

NI-USRP CONFIGURATION

IP NI USRP
192.168.10.2

Carrier frequency (GHz)

Bandwidth (MHz)

Level (dBm)

SNR (dB)

WAVEFORM GENERATION

Generate GPS Stop Generation

Play Stop

Generation State
Generating Waveform

Satellites Selected
2,4,10,13,20,23,25

Number of Bits Created

Queue
100-
75-
50-
25-
0-

GPS SETTING

Almanac File Path
C:\Program Files (x86)\National Instruments\GPS\Almanac files\319.al3

Ephemeris File Path
C:\Program Files (x86)\National Instruments\GPS\Ephemeris files\brdc3190.07n

Number of Frames
25

Initial GPS Time of Week
345600

Optimal Satellite Update Interval
30

Maximum Number of Optimal Satellites
8

Latitude
Degrees 49 Minutes 27 Seconds 29,4 Direction N

Longitude
Degrees 0 Minutes 10 Seconds 44,8 Direction E

Altitude (m)
10

Session 2020	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP7 sur 7
20SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	