BTS INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Épreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Durée : 3 Heures **Coefficient : 3**

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

L'usage de la calculatrice est autorisé selon la réglementation en vigueur (circulaire n° 99-186 du 16.11.1999).

GESTION ÉCONOMIQUE DE LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

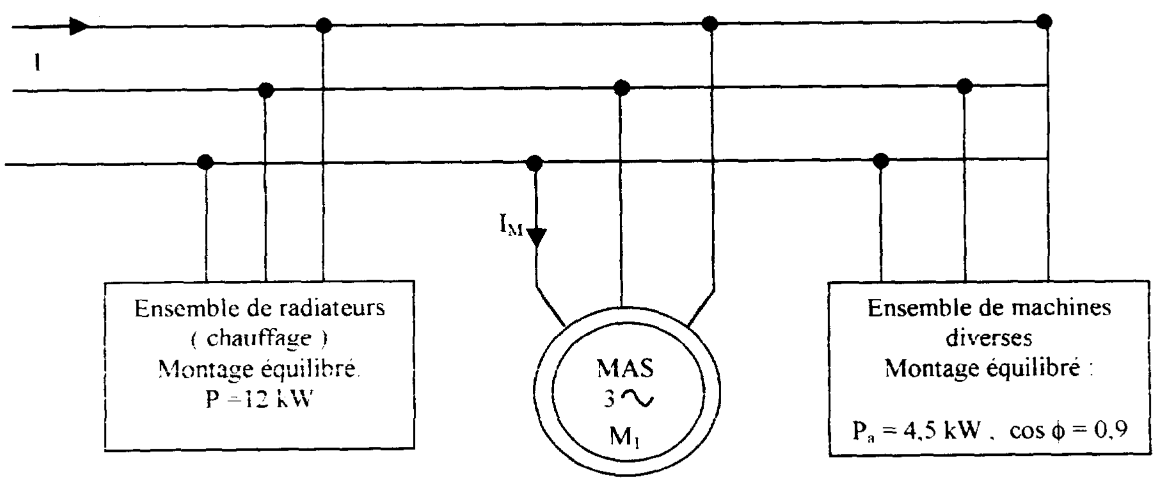
*E.D.F. propose plusieurs types d'abonnements aux usagers de l'énergie électrique, dont l'abonnement "E.J.P"(**É**lectricité **J**ours de **P**ointe).*

Dans ce cadre, l'abonné se voit facturer l'énergie au prix fort pendant les périodes de grande consommation, tandis qu'il bénéficiera d'un tarif réduit pendant le reste du temps. EDF prévient l'usager d'un changement de tarif en injectant un signal dit "signal d'alerte" sur le réseau.

Le sujet comporte deux parties A et B indépendantes.

A- <u>Exemple d'installation triphasée.</u> (3 points)

L'installation triphasée représentée par le schéma synoptique ci-dessous est alimentée par le réseau 240V/400 V, 50 Hz.



L'une des machines M_1, est un moteur asynchrone triphasé qui porte sur sa plaque signalétique les indications suivantes :

240V/400V , 50 Hz , P_u=1,5 kW ; $\cos\phi_M$ = 0,8 ; n = 1400 tr/min ; rendement 80%.

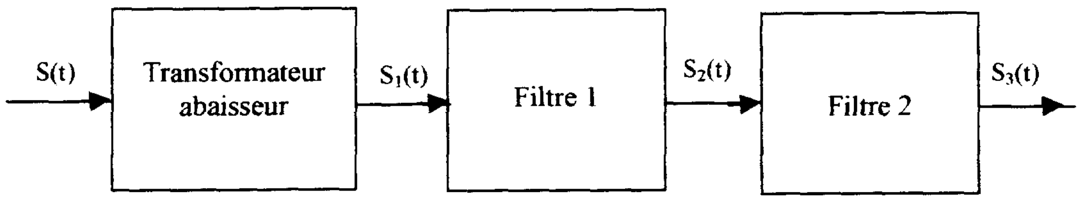
1- Comment ce moteur doit-il être couplé sur ce réseau ? Justifier la réponse.

2- Quelle est la valeur de l'intensité I_M du courant appelé par le moteur en fonctionnement nominal ?

B- <u>Électricité jours de pointe.</u>

Le problème porte sur le traitement de la tension S(t) délivrée de façon à détecter le signal d'alerte.Il comporte quatre parties qui peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

A la tension simple du secteur, de valeur efficace 240 V *et de fréquence 50* Hz, *EDF superpose pendant un bref instant, un signal S(t) dit signal d'alerte, de fréquence 175* Hz, *et d'amplitude égale à 1% de l'amplitude du signal 50* Hz. *Ce procédé avertit l'usager que le tarif du kWh va changer dans les heures qui suivent.*



I- <u>Étude du transformateur.</u> (1point)

I-1 La valeur efficace de S(t) est égale à 240 V et le rapport de transformation est égal à 1/30. Calculer la valeur efficace de $S_1(t)$.

I-2 Quel autre avantage l'utilisation d'un transformateur justifie-t-elle?

II- <u>Étude du filtre 1.</u> (6 points)

On pose : $S(t) = A\cos(100\pi t) + B\cos(350\pi t)$.
$S_1(t) = A_1\cos(100\pi t) + B_1\cos(350\pi t)$.

II-1 Calculer les valeurs de A_1 et B_1 exprimées en volts .

II-2 Représenter sur le document réponse N°1 page 8 (figure 1) le spectre d'amplitude du signal $S_1(t)$.

II-3 La fonction de transfert complexe du filtre 1 est de type : $T(j\omega) = \dfrac{K\,j\dfrac{\omega}{\omega_1}}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_1}}$

II-3-1 Quel est l'ordre et le type de ce filtre ?

II-3-2 Le diagramme de Bode G(f) de ce filtre est donné figure 7 de la page 6. Déterminer graphiquement la valeur de la fréquence de coupure f_1 à –3 dB.
Justifier la réponse.

II-3-3 Déterminer graphiquement la valeur du gain de ce filtre pour les deux fréquences des composantes du signal d'entrée.

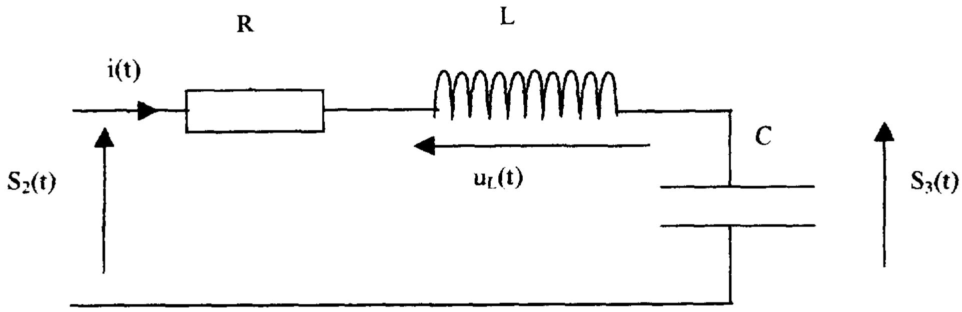
II-4 Pour A_1 = 11.3 V et B_1 = 0,113 V, calculer la valeur des amplitudes A_2 et B_2 de chacune des composantes du signal $S_2(t)$.
(Par souci de simplification, on négligera tous les déphasages engendrés par les filtres sur la tension de sortie.)

$$S_2(t) = A_2\cos(100\pi t) + B_2\cos(350\pi t).$$

II- 5 Tracer sur le document réponse N°1, figure 2, le spectre d'amplitude du signal $S_2(t)$.

II-6 Calculer le rapport B_2/A_2 de ces deux amplitudes et l'exprimer en %.

III- <u>Étude du filtre 2 (réalisation analogique).</u> (5points)



III-1 Donner la relation liant $u_L(t)$, L et l'intensité du courant i(t).

III-2 Donner la relation liant $S_3(t)$, C et l'intensité du courant i(t).

III-3 En déduire l'équation différentielle liant $S_2(t)$, $S_3(t)$ et les paramètres R, L et C du circuit.

III-4 Montrer que la fonction de transfert holomorphe $T(p) = \dfrac{S_3(p)}{S_2(p)}$ peut se mettre sous la forme : $T(p) = \dfrac{1}{1 + 2m\dfrac{p}{\omega_2} + \dfrac{p^2}{\omega_2^2}}$

III-5 En déduire l'expression de ω_2 et m en fonction de R, L et C .

III-6 En utilisant la correspondance p = jω , donner la fonction de transfert complexe $\underline{T}(j\omega)$ de ce filtre .

III-7 On donne page 6, les abaques de ce type de filtre. On y porte en abscisse la fréquence réduite f/f_2 et en ordonnée le gain en dB.

On choisit m = 0,05 et f_2 = 175 Hz .

(Par souci de simplification, on négligera tous les déphasages engendrés par les filtres sur la tension de sortie.)

On donne : $S_2(t) = 11{,}3 \cos(100\,\pi\, t) + 0{,}31 \cos(350\,\pi\, t)$.
On pose : $S_3(t) = A_3 \cos(100\,\pi\, t) + B_3 \cos(350\,\pi\, t)$.

III-7 - 1 A partir des abaques, déterminer graphiquement le gain G puis l'amplification du filtre pour les deux fréquences contenues dans $S_2(t)$.

III-7 -2 La figure 3 du document réponse N°1 représente le spectre d'amplitude du signal $S_3(t)$. En déduire le rapport B_3/A_3 exprimé en %.

III-7 -3 Conclure sur le rôle du filtre.

IV- Étude du filtre 2 (réalisation numérique). (5points)

Dans la chaîne de traitement du signal représentée page 2, on remplace le filtre 2, analogique, par un filtre numérique. L'intervalle de temps entre la prise de deux échantillons de la grandeur d'entrée de ce filtre est noté T_e. On désigne par $f_e = 1/T_e$ la fréquence d'échantillonnage.

Les questions IV-1, IV-2 et IV-3 peuvent être traitées indépendamment les unes des autres. Elles abordent différents aspects de l'étude du filtrage numérique à partir d'un modèle de filtre simplifié.

IV- 1 Étude de la réponse harmonique.

IV.1-1 Une étude expérimentale du filtre a permis de relever les oscillogrammes représentés page 7. La valeur efficace des signaux d'entrée et de sortie du filtre, la fréquence du signal d'entrée, les calibres des voies et la base de temps (ms/div) sont directement affichés sur l'écran de l'oscilloscope.
On calculera le gain G, à partir du rapport T des valeurs efficaces du signal d'entrée et de sortie du filtre.

Déterminer à partir de ces mesures :

- la fréquence d'échantillonnage.

- la valeur expérimentale du gain en dB de ce filtre pour les relevés 1 et 2.

IV-1-2 Le diagramme de Bode de la page 7 obtenu par simulation sur ordinateur représente la courbe $G(f/f_e)$ de ce filtre.
On injecte à l'entrée de ce filtre un signal de type :

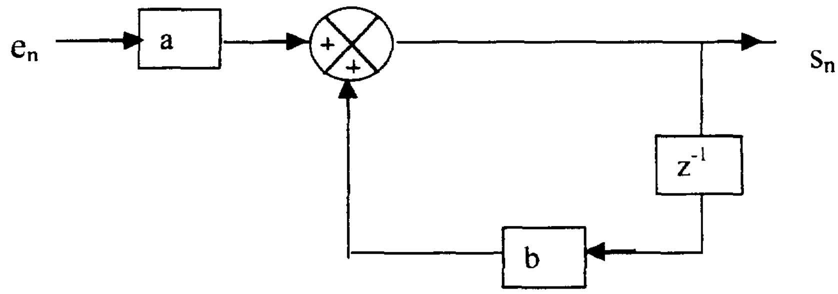
$$S_2(t) = 11{,}3 \cos(100\,\pi\, t) + 0{,}31 \cos(350\,\pi\, t).$$

Déterminer graphiquement le gain de ce filtre pour les deux fréquences de ce signal.

IV-1-3 Après traitement par le filtre numérique, les amplitudes des composantes du signal deviennent : $A'_3 = 1{,}6$ V pour la composante 50 Hz et $B'_3 = 0{,}7$ V pour l'autre composante. Compléter la figure 4 du document réponse N°1.

IV-2 Passage de la structure du filtre à l'algorithme et à la transformée en z .

On désigne par e_n et s_n respectivement les valeurs de l'entrée et de la sortie du filtre à l'instant nT_e .
On rappelle par ailleurs que : $s_{n-1} = z^{-1}\, s_n$



IV-2-1 Montrer que l'algorithme de ce filtre peut s'écrire : $s_n = a\,.e_n + b\, s_{n-1}$
(a et b sont deux coefficients constants).

IV-2-2 En déduire que la transmitance en z de ce filtre peut s'écrire :

$$\boxed{T(z) = \frac{a\,z}{z - b}}$$

IV-3 Étude de la réponse impulsionnelle.

Pour le filtre : $s_n = 0{,}25.e_n - 0{,}9.s_{n-1}$ ($a = 0{,}25$ et $b = -0{,}9$)

IV-3-1 Déterminer les valeurs numériques des premiers termes de la suite des valeurs prises par s_n lorsque l'on injecte une impulsion unitaire à l'entrée à l'instant t = 0.
Les résultats seront donnés dans le tableau du document réponse N°2 page 9.

IV-3-2 Tracer l'allure du graphe $s(nT_e)$ correspondant sur la figure 5 du document réponse page 9.

Figure 7

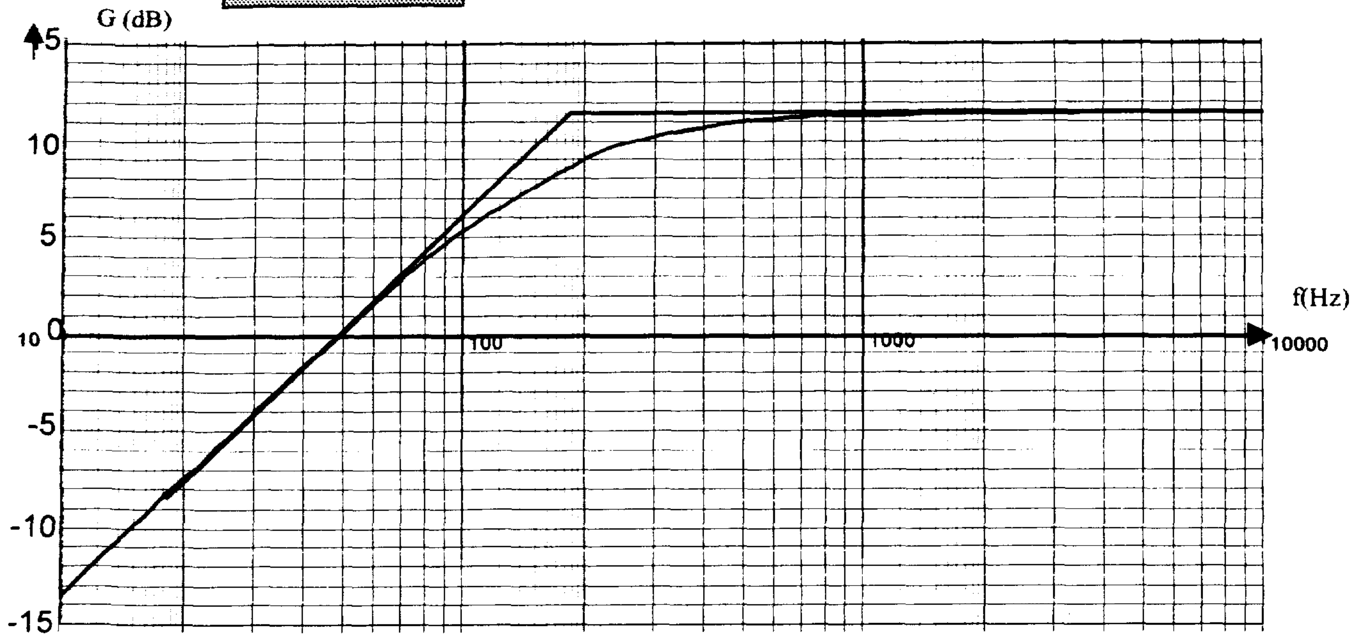
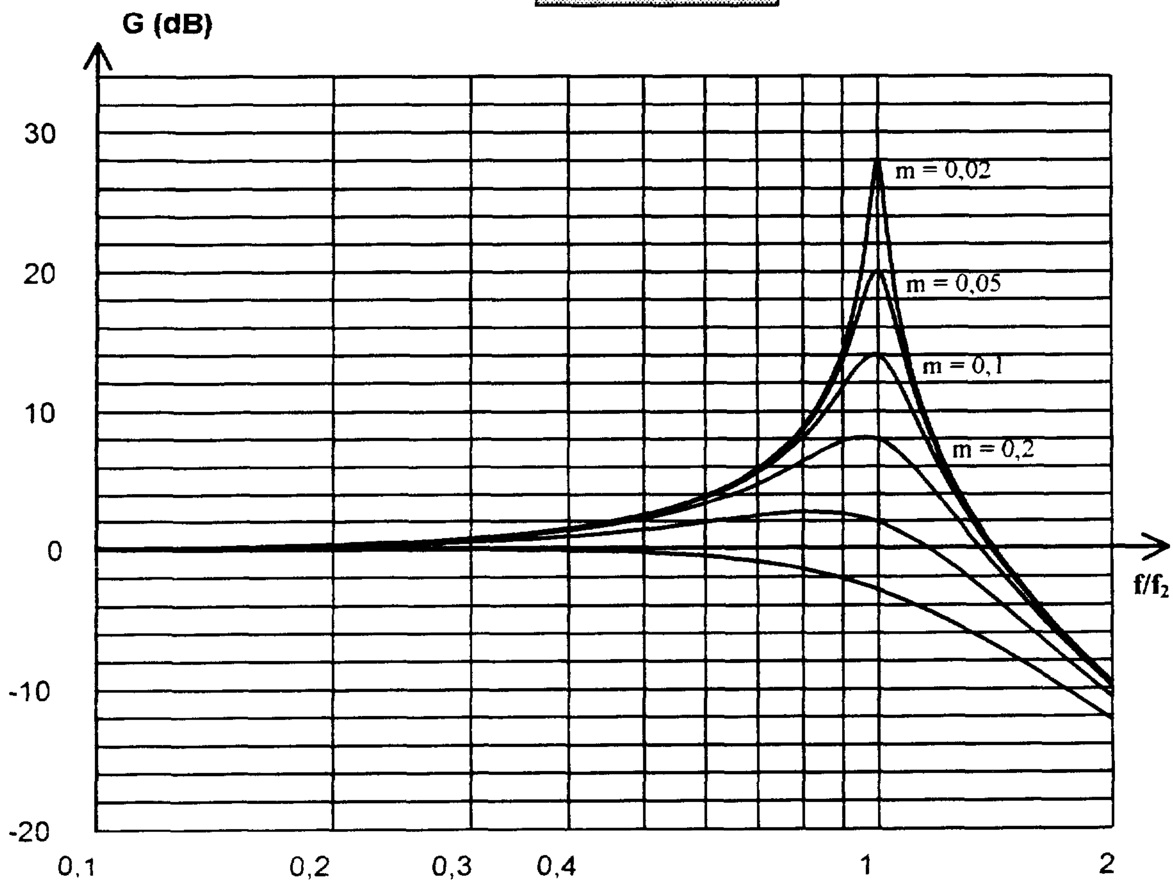
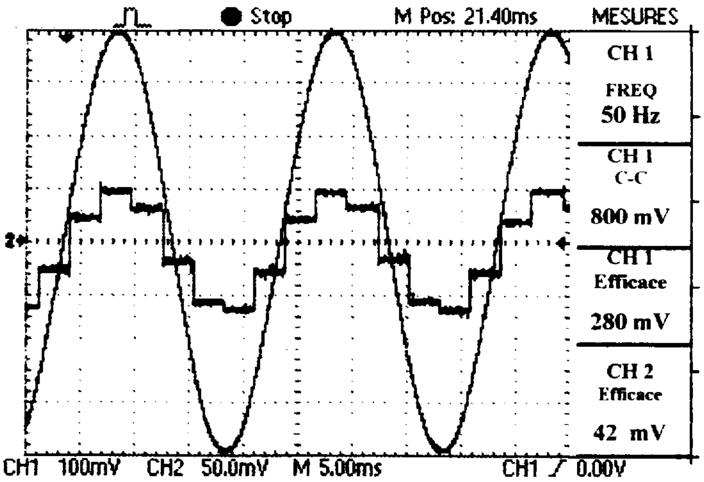


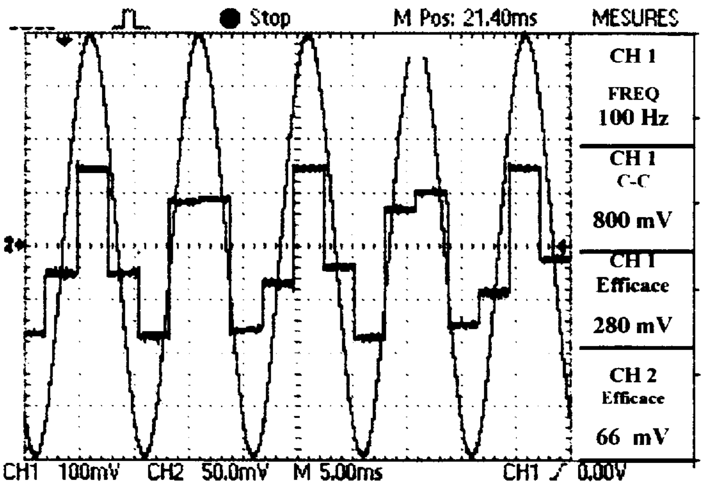
Figure 8

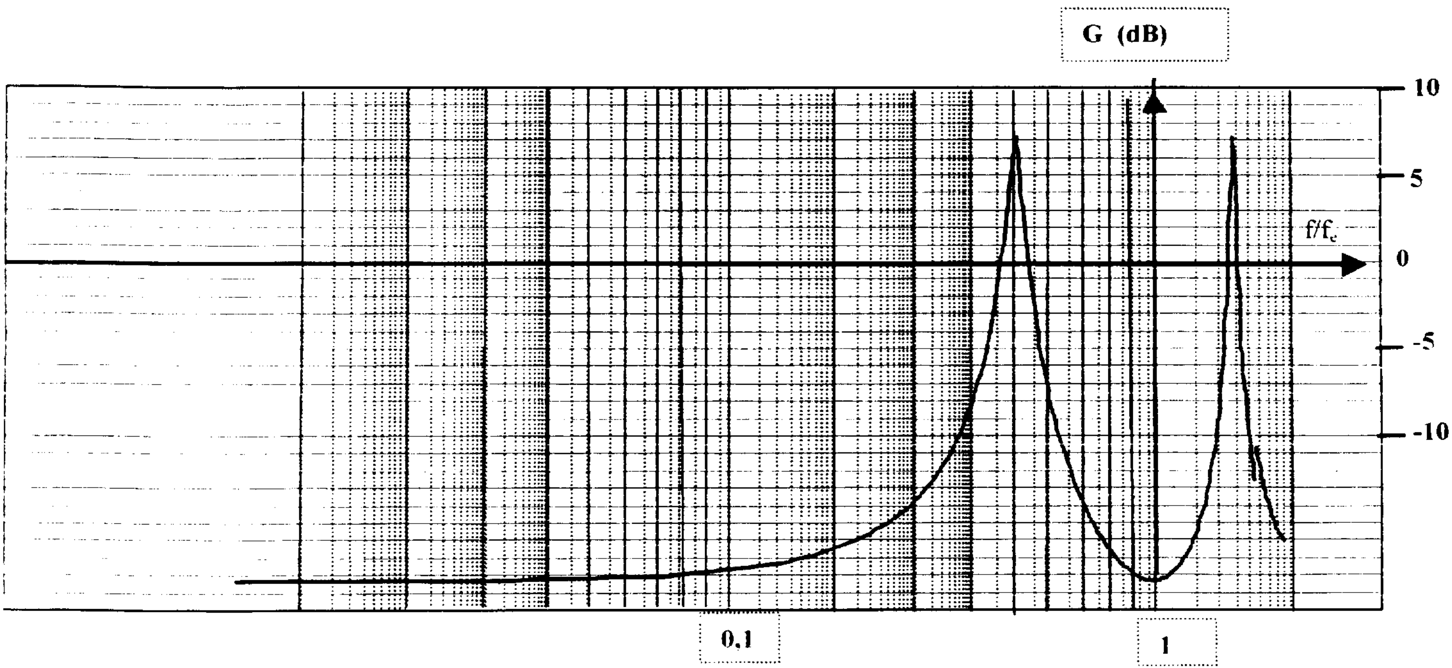


Relevé 1



Relevé 2





DOCUMENT REPONSE N°1 à rendre avec la copie.

Fig 1 $S_1(t)$ B_1/A_1 = …….%

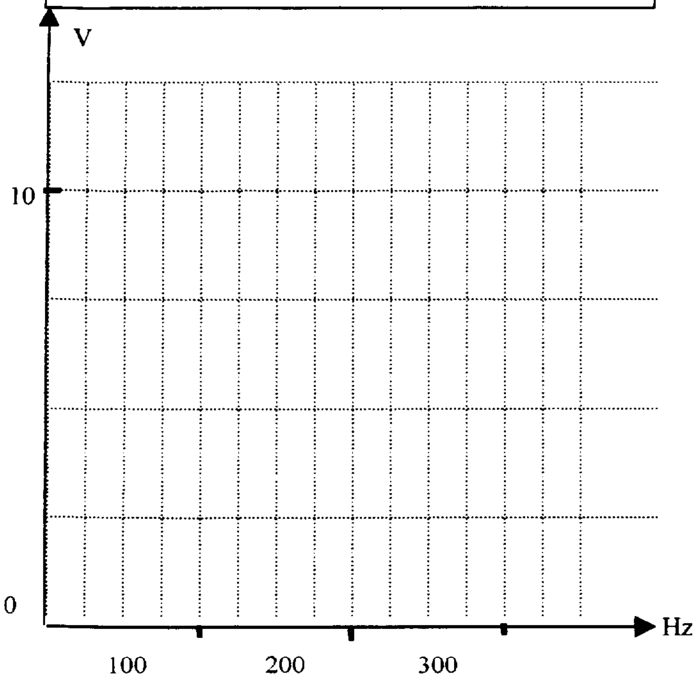


Fig 2 $S_2(t)$ B_2/A_2 = …….%

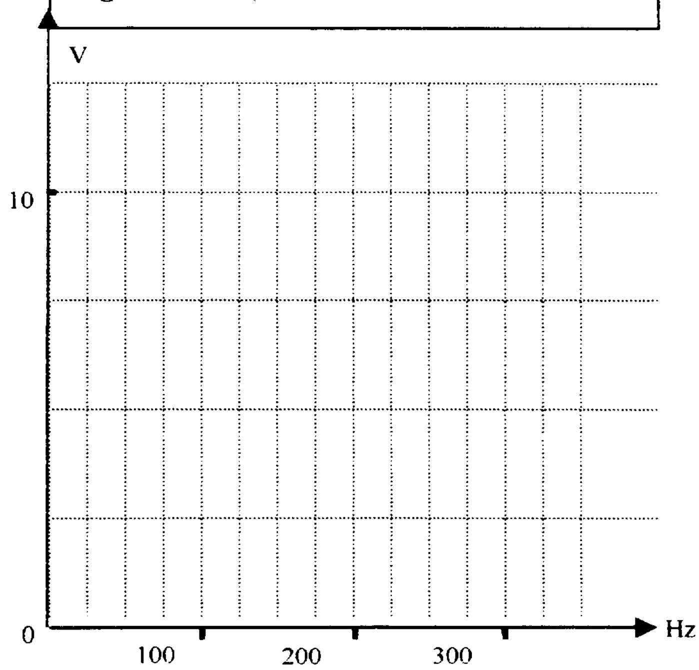


Fig 3 $S_3(t)$ B_3/A_3 = …….%

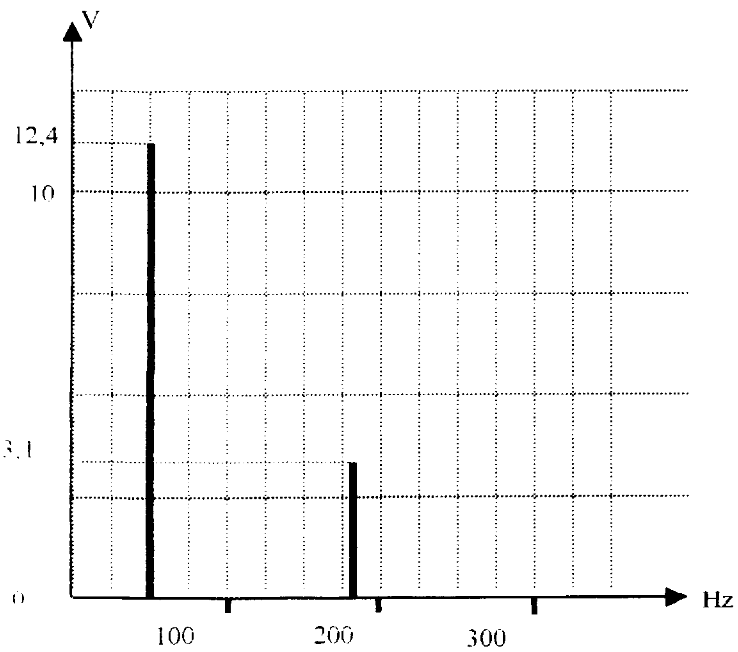
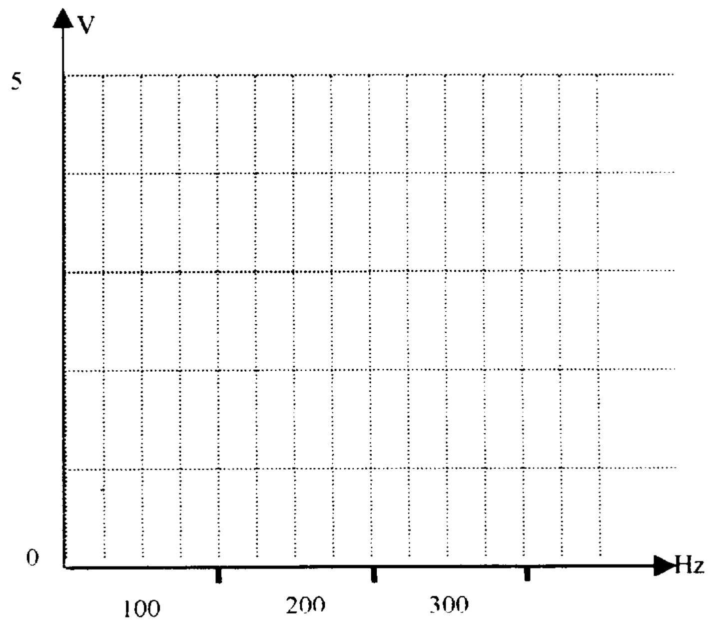


Fig 4 $S_3(t)$ B'_3/A'_3 = …….%



DOCUMENT REPONSE N°2 à rendre avec la copie

TABLEAU N° 1

t	0	Te	2Te	3Te	4Te	5Te	6Te
e_n	1	0	0	0	0	0	0
s_{n-1}	0	0,25					
s_n	0,25						

Fig 5