Ce traitement s'effectue en deux étapes :

- moyennage avec sous-échantillonnage par 100, c'est-à-dire que l'on conse une valeur moyennée pour 100 valeurs acquises ; cette partie du traitem permet d'éliminer les variations rapides du signal et n'est pas étudiée ici.
- moyennage sur 16 échantillons résultats de la première étape ; cette pa assure l'élimination des variations plus lentes du signal dues au mouvement réservoir et fait l'objet de l'étude qui suit.

1. Étude temporelle du filtre numérique :

Pour mettre en évidence l'effet de moyennage, nous étudierons un algorith simplifié de moyenne sur 4 échantillons :

$$y_n = \frac{(x_n + x_{n-1} + x_{n-2} + x_{n-3})}{4}.$$

où x_{n-m} représente l'échantillon d'entrée retardé de m périoc d'échantillonnage et y_n l'échantillon de sortie à l'instant nT_e.

1.1 Représenter une structure de réalisation de l'algorithme avec opérateurs élémentaires : addition ou soustraction, multiplication par constante et mémorisation (retard de T_e).

1.2 De quel type de filtre numérique s'agit-il et quelle est sa propri fondamentale relative à la stabilité ?

1.3 Pour déterminer la réponse à un échelon d'entrée [$x_n = 1$ si $n \geq 0$, sir $x_n = 0$], calculer y_n pour $-1 \leq n \leq 5$ et tracer la courbe y_n en fonction de n

1.4 Déduire de l'allure de la courbe, en justifiant votre réponse, la nature filtrage réalisé.

1.5 Une variation non significative du niveau de liquide dans le réservoir p être assimilée à une entrée impulsionnelle : $x_n = 1$ si $n = 0$, sinon $x_n =$ Calculer y_n pour $-1 \leq n \leq 5$ et tracer la courbe y_n en fonction de n.

1.6 Justifier l'intérêt de ce type d'algorithme par rapport à l'objectif désiré

2. Étude fréquentielle du filtre numérique :

2.1 Établir la fonction de transfert en z de ce filtre : $T(z) = \dfrac{Y(z)}{X(z)}$.

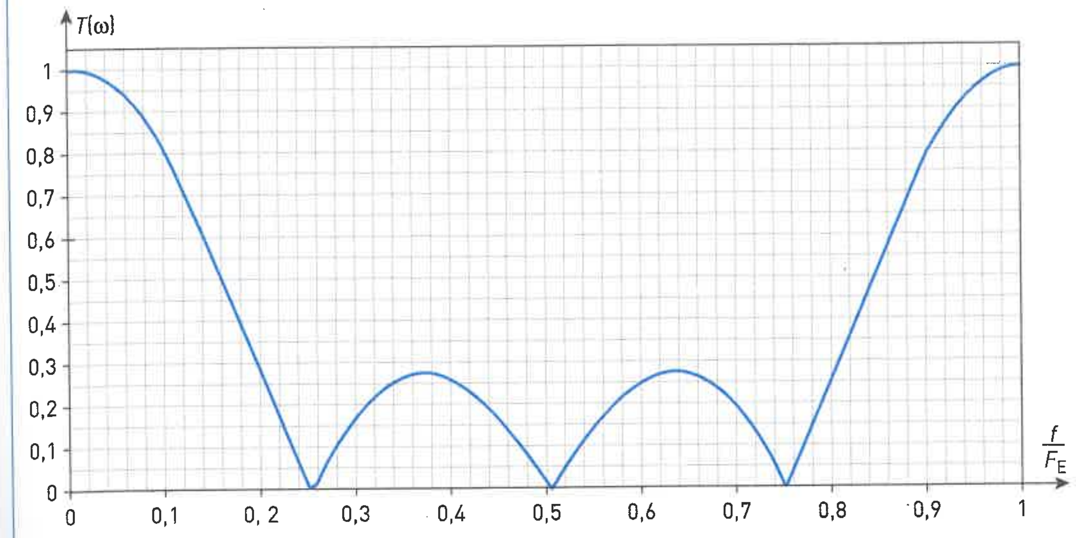
2.2 En effectuant le changement de variable $z = e^{j\omega T_e}$, avec ω la pulsation signal d'entrée et T_e la période d'échantillonnage, établir l'expression la fonction de transfert complexe $\underline{T}(j\omega)$.

2.3 $\underline{T}(j\omega)$ peut s'écrire : $\underline{T}(j\omega) = 0{,}5[\cos(1{,}5\omega T_e) + \cos(0{,}5\omega T_e)]e^{-j1{,}5\omega T_e}$. En dédu le module $T(\omega)$ de la fonction de transfert.

2.4 On appelle $\varphi(\omega) = \arg[\underline{T}(j\omega)]$, le déphasage introduit par ce filtre ; mont que ce déphasage s'exprime par : $\varphi(\omega) = -1{,}5\omega T_e$.

2.5 En déduire l'expression du retard introduit par ce filtre dans la transmis des informations.

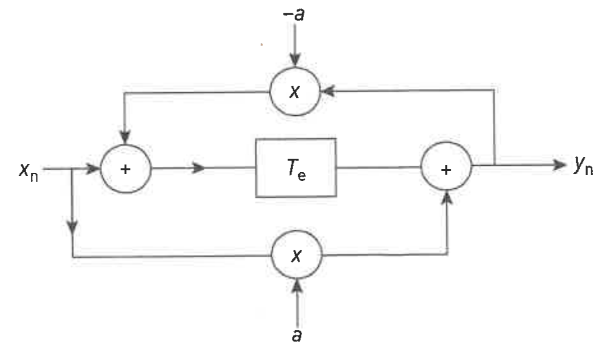
On donne ci-après l'évolution du module $T(\omega)$ de $\underline{T}(j\omega)$ en fonction de fréquence réduite $\dfrac{f}{F_E}$.



2.6 Préciser le domaine de fréquences utile en relation avec l'échantillonnage et déterminer la valeur du rapport $\dfrac{f}{F_E}$ correspondant à la fréquence de coupure à -3 dB.

12 Filtre passe-tout

Les filtres passe-tout sont très couramment implantés dans le domaine de l'audionumérique au sein des équaliseurs afin de compenser des déphasages sans modifier le gain du système. La structure suivante représente l'algorithme associé à un filtre passe-tout numérique du premier ordre :



Les calculs sont cadencés au rythme d'une fréquence d'horloge $f_E = 48$ kHz.

1. Déterminer l'équation de récurrence vérifiée par y_n.

2. En déduire que la fonction de transfert en z de ce filtre peut se mettre sous la forme $H(z) = \dfrac{a + z^{-1}}{1 + az^{-1}}$. Discuter de la stabilité du filtre.

3.1 En effectuant le changement de variable $z = e^{j\omega T_E}$, montrer que la fonction de transfert complexe $\underline{H}(j\omega)$ s'écrit :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{a + \cos(\omega T_E) - j\sin(\omega T_E)}{1 + a\cos(\omega T_E) - ja\sin(\omega T_E)}.$$