Introduction au traitement du signal

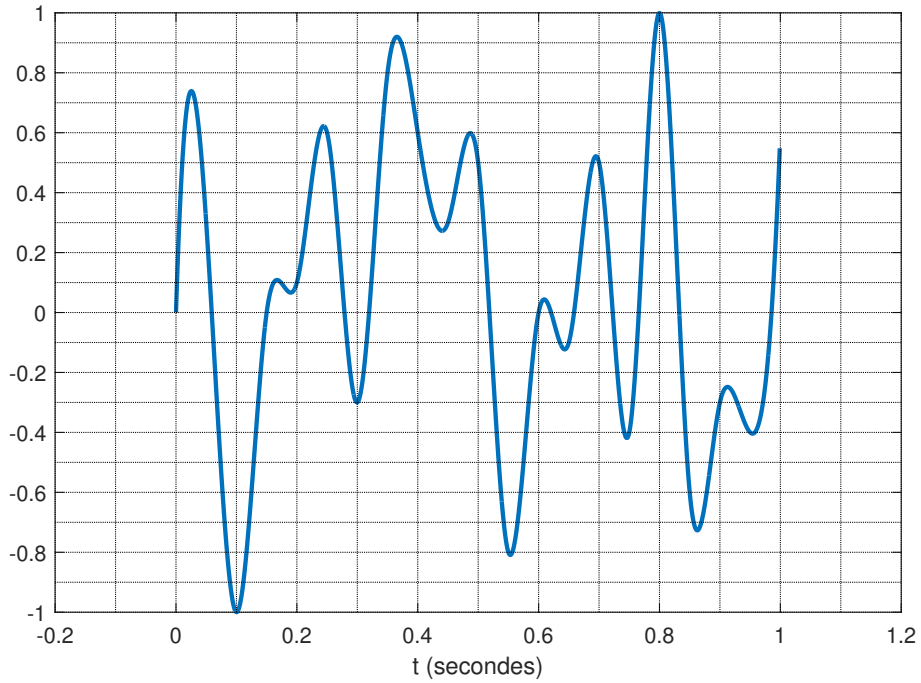
TD 2 : Conversion analogique/numérique

Université Paris 13, Institut Galilée, Ecole d'ingénieurs Sup Galilée
Parcours Télécommunications et Réseaux - 1ère année

2019-2020

1 Echantillonnage et quantification

On considère le signal continu $x(t)$ suivant, défini pour $t \in [0, 1[$



1. Déterminer le support temporel $[t_{min}, t_{max}]$ et le support des amplitudes $[x_{min}, x_{max}]$ de ce signal.
2. **Echantillonnage**
   (a) On souhaite échantillonner ce signal à $F_e = 5$ Hz. Donner les valeurs du signal discret $x[n]$ obtenu après échantillonnage.
   (b) Même question pour $F_e = 10$ Hz.
3. **Quantification**
   (a) On souhaite quantifier le signal sur $b = 2$ bits. Déterminer les intervalles de quantification ainsi que les valeurs possibles après quantification.
   (b) Même question pour $b = 3$ bits.
4. **Conversion analogique/numérique**
   (a) On souhaite échantillonner le signal à $F_e = 10$ Hz puis le quantifier sur $b = 3$ bits. Donner les valeurs du signal numérique $x_q[n]$ obtenu après cette conversion analogique/numérique (échantillonnage + quantification).
   (b) En supposant que chaque valeur quantifiée est associée à un message binaire croissant selon la valeur (ex : 000 pour la valeur la plus basse, 001 pour la suivante, ..., 111 pour la valeur la plus haute), donner le message binaire obtenu après conversion analogique/numérique.

2 Signaux échantillonnés et périodicité

On considère le signal $x(t)$ suivant

$$x(t) = \cos(2\pi f_0 t)$$

que l'on va échantillonner avec une fréquence d'échantillonnage $F_e = 8000$ Hz pour former le signal $x[n]$.

1. Ecrire $x[n]$ en fonction de n, f_0 et F_e
2. Pour chacune des valeurs f_0 suivantes le signal $x(t)$ est-il périodique (et si oui donner sa période fondamentale) ?
   (a) $f_0 = 400$ Hz
   (b) $f_0 = 440$ Hz
   (c) $f_0 = 400\sqrt{2}$ Hz
3. Pour chacune des valeurs f_0 suivantes, le signal $x[n]$ est-il périodique (et si oui donner sa période fondamentale) ?
   (a) $f_0 = 400$ Hz
   (b) $f_0 = 440$ Hz
   (c) $f_0 = 400\sqrt{2}$ Hz

3 Fréquences apparentes

On considère le signal $x(t)$ suivant

$$x(t) = \sin(2\pi f_0 t)$$

que l'on souhaite échantillonner à $F_e = 100$ Hz. Pour chacune des fréquences f_0 suivantes, préciser si elles vérifient le critère de Nyquist et si ce n'est pas le cas quelle sera la fréquence apparente qui apparaîtra.

1. $f_0 = 25$ Hz
2. $f_0 = 55$ Hz
3. $f_0 = 120$ Hz
4. $f_0 = 290$ Hz

4 Conversion analogique/numérique d'un signal audio

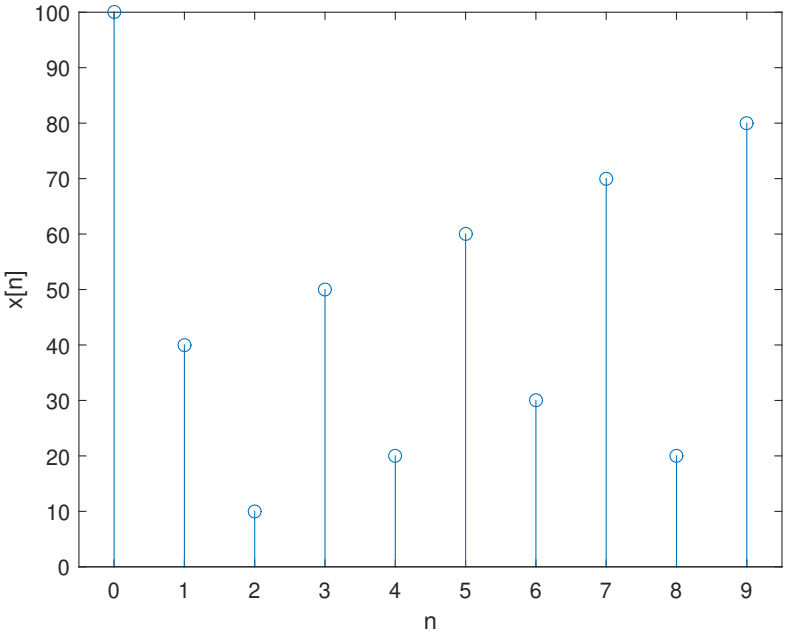
Quelle est la fréquence d'échantillonnage minimale et le nombre de bits minimal que l'on doit utiliser pour numériser un signal audio, sachant que :

- L'oreille humaine perçoit les sons jusqu'à 20 kHz
- Un signal audio a une amplitude comprise entre -1 et +1
- On veut une erreur de quantification maximale inférieure à 2.5×10^{-5}

Quel sera alors le débit minimal d'un tel signal (en kbits par seconde) ?

5 Erreur de quantification

On a enregistré en fonction du temps le signal $x[n]$ suivant qui correspond au pourcentage d'occupation d'un réseau en fonction du temps. On souhaite quantifier ce signal discret sur 2 bits.



1. Calculer le signal quantifié $x_q[n]$
2. Tracer en fonction de n l'erreur de quantification $e[n] = |x[n] - x_q[n]|$
3. Quelle est sa valeur maximale de l'erreur de quantification ?

6 Vecteur temps

Sous MATLAB, pour créer un vecteur `y` ligne contenant toutes les valeurs entre `debut` et `fin` avec un pas de `pas`, on peut utiliser

```
y = debut:pas:fin;
% Exemples d'utilisation :
x1 = 0:0.1:1;    % Vecteur ligne 0, 0.1, 0.2, ...
x2 = 3:8;        % Vecteur ligne 3, 4, 5, ...
x3 = (0:5)'/2;   % Vecteur colonne 0 1/2 1, ...
```

Si la valeur de `pas` n'est pas spécifiée, MATLAB la fixe automatiquement à 1.

1. On considère un signal contenant N échantillons et échantillonné à une fréquence F_e. Ecrire son vecteur temps sous forme d'équation puis sous forme de commande MATLAB.
2. On souhaite enregistrer d secondes d'un signal échantillonné à une fréquence F_e. Ecrire son vecteur temps sous forme d'équation puis sous forme de commande MATLAB.