

## Chapitre 3

# Echantillonnage et quantification

Master1: IATI

Dr Mechouek.k

# C'est quoi l'échantillonnage?

L'échantillonnage est le processus qui consiste à sélectionner un sous-ensemble d'éléments à partir d'une population plus vaste dans le but d'effectuer des observations ou des mesures. En d'autres termes, plutôt que de collecter des données sur l'ensemble de la population, on choisit de recueillir des informations auprès d'un groupe plus restreint, appelé échantillon.

L'objectif de l'échantillonnage est la transmission de l'information d'un signal. La question du choix de la fréquence d'échantillonnage se pose immédiatement :

- ❑ Si la fréquence d'échantillonnage est trop faible, les acquisitions seront trop espacées et si le signal comporte des détails pertinents entre deux positions de capture, ceux-ci seront perdus ;
- ❑ Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée, et plus la transmission coûte en puissance de traitement, en capacités de transmission et en espace de stockage.  
Pour choisir une fréquence d'échantillonnage qui soit suffisante,
- ❑ il faut que la connaissance des échantillons suffise pour calculer la valeur du signal dans tous les points intermédiaires. Claude Shannon a montré à quelle condition cela était possible, connaissant la largeur de bande de l'information codée dans le signal à transmettre.

## Critère de Nyquist-shanon:

Est un principe fondamental dans le domaine du traitement du signal et des communications. Il a été formulé par l'ingénieur électricien et chercheur américain Harry Nyquist.

Le théorème de Nyquist énonce une règle importante pour la conception des systèmes de communication numérique et la numérisation des signaux analogiques.

En substance, il établit une relation entre la bande passante d'un signal et le taux d'échantillonnage nécessaire pour éviter la perte d'information lors de la numérisation.

La forme la plus couramment rencontrée du théorème de Nyquist est souvent exprimée de la manière suivante : Pour éviter la perte d'information lors de l'échantillonnage d'un signal, la fréquence d'échantillonnage doit être au moins deux fois la fréquence maximale du signal.

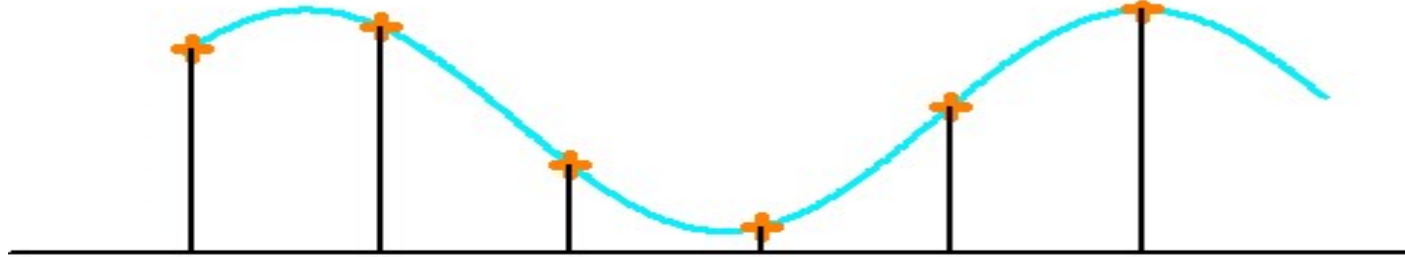
En d'autres termes, si  $f_{max}$  est la fréquence maximale du signal, alors la fréquence d'échantillonnage ( $f_e$ ) doit être supérieure à  $2 \times f_{max}$ . Mathématiquement, cela peut être représenté par l'inégalité :

$$f_e > 2 \times f_{max}$$

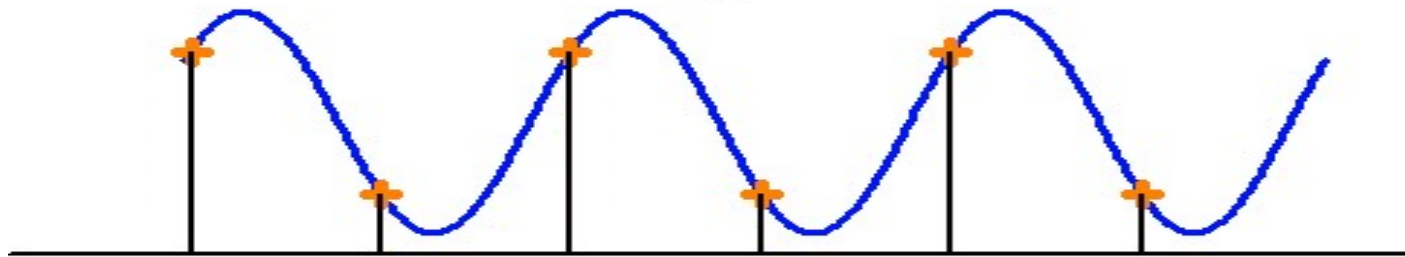
Cette condition garantit que le signal d'origine peut être parfaitement reconstitué à partir de ses échantillons, évitant ainsi le phénomène de repliement spectral (aliasing) qui peut se produire lorsque la fréquence d'échantillonnage est insuffisante par rapport à la fréquence du signal.

Le théorème de Nyquist est essentiel dans la conception des systèmes de communication numérique, tels que la conversion analogique-numérique, la transmission de données numériques, et la reconstruction du signal à l'extrémité réceptrice du système.

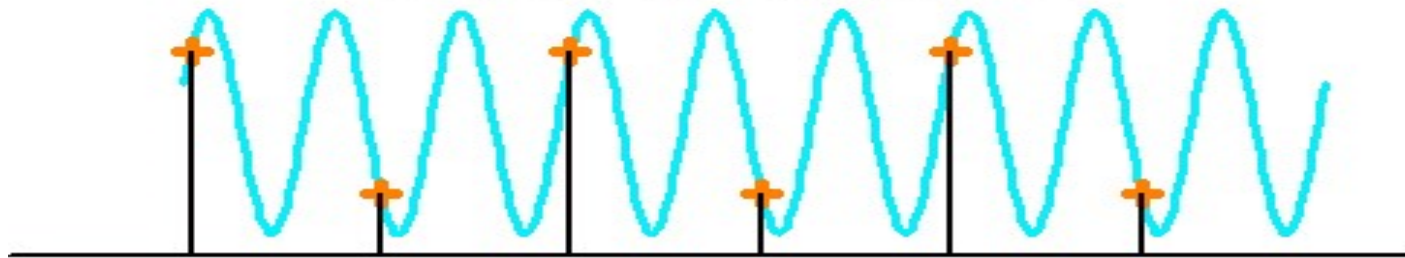
Signal suréchantillonné



Echantillonnage de Shannon



Signal sous-échantillonné



## Exemple:

### Signaux auditifs :

On considère en général qu'un être humain ayant une excellente oreille perçoit les sons jusqu'à 20 kHz. Petit calcul rapide :

il faudrait donc une fréquence d'échantillonnage supérieure à 40 kHz pour couvrir tout le spectre audible. C'est pour cela que les concepteurs du CD se sont fixés à 44,1 kHz. Mais dans ce cas, pourquoi vouloir augmenter cette fréquence ? Plusieurs raisons à cela. La première, c'est que les filtres anti-aliasing que l'on utilise dans l'audio sont loin d'être parfaits : ainsi, si l'on veut couper totalement les fréquences supérieures à 22,05 kHz, cela se traduira par une atténuation présente dès 17 kHz environ ; une fréquence qui commence à rentrer dangereusement dans le spectre audible. Passons l'échantillonnage à 96 kHz : il n'est alors plus nécessaire que de couper les fréquences sonores supérieures à 48 kHz, ce qui nous installe confortablement au-delà de la limite perceptible par l'oreille humaine.

Alors ils ont fixés la fréquence d'échantillonnage à 44,1 khz pour les signaux audibles.

# La quantification:

La quantification est le processus de conversion d'un signal analogique continu en un signal numérique discret en attribuant une valeur numérique à chaque échantillon du signal. En d'autres termes, la quantification consiste à représenter un signal continu par un ensemble fini de niveaux de quantification. Lorsqu'un signal analogique (continu dans le temps) est échantillonné pour être numérisé, chaque échantillon doit être attribué à une valeur numérique. Cette étape de l'opération est appelée quantification. La résolution de la quantification, également connue sous le nom de nombre de bits, détermine le nombre de niveaux de quantification possibles et, par conséquent, la précision avec laquelle le signal analogique est représenté numériquement.



Par exemple, dans une quantification sur 8 bits, il y a  $2^8$  (256) niveaux de quantification possibles. Ainsi, chaque échantillon du signal analogique est représenté par une valeur comprise entre 0 et 255.

La qualité de la quantification est souvent mesurée en termes de quantification de la résolution ou du nombre de bits. Une résolution plus élevée (plus de bits) permet une représentation plus précise du signal analogique, mais cela nécessite également plus d'espace de stockage.

