

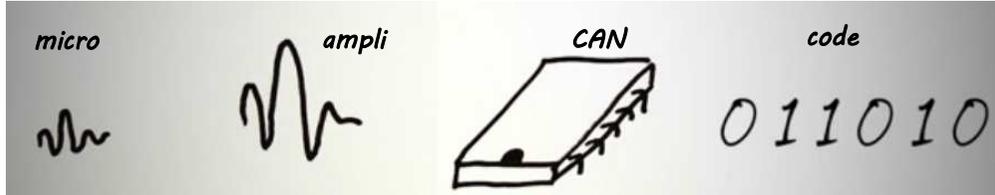


Quantifier pour numériser

But : Comprendre le principe de la quantification et l'impact sur la qualité du son numérisé – faire le lien entre échantillonnage et quantification – Acquérir quelques notions à propos de la numération binaire.

Compétences : APP – REA – VAL

La numérisation consiste à transformer un signal analogique en un signal numérique contenant une quantité finie de valeurs.



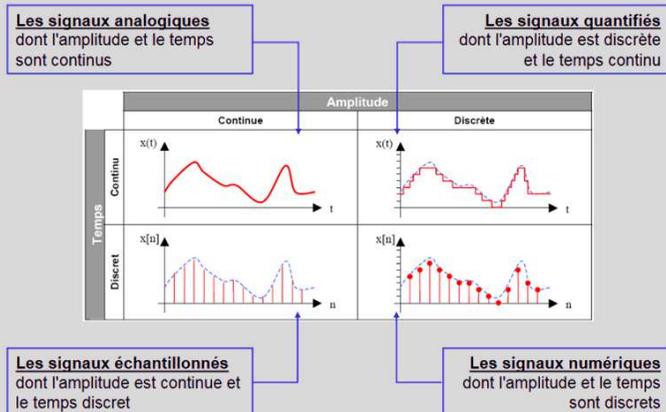
Le passage de l'analogique au numérique repose sur trois étapes successives : l'échantillonnage, la quantification et le codage. Pour terminer la numérisation, après l'échantillonnage qui « discrétise » en prélevant dans le temps des valeurs d'un signal continu dans le temps, il nous reste donc à quantifier, c'est-à-dire « discrétiser » l'infinité des valeurs prises par le signal analogique et attribuer une valeur binaire à chaque valeur prélevée lors de l'échantillonnage.

Document 1 : Système binaire et système décimal.

Le système de numération à **base 2** est un moyen de représenter les nombres avec **deux caractères** : 0 et 1. En binaire on a donc 2 caractères à disposition tout comme en décimal, on a 10 caractères différents pour compter de 0 à 9. Pour passer de la valeur équivalente à 2 (en décimal) en base 2, on procède comme en base 10 pour passer à de 9 à 10 : on rajoute un rang. Chaque rang en base 2 correspond à une puissance de 2 comme en base 10 à une puissance de 10. Ainsi $(10)_2 = 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$ tandis que $(10)_{10} = 1 \times 10^1 + 0 \times 10^0$. On pourra par exemple montrer que $(1101)_2 = (13)_{10}$

Document 2 : Classification des signaux

On distingue les signaux à évolution temporelle continue et des signaux à évolution temporelle discrète ainsi que ceux dont l'amplitude est continue ou discrète.



Source : https://sti.discip.ac-caen.fr/IMG/pdf/traitement_signal.pdf

Document 3 : Précision ou choix du pas de quantification

La précision du signal obtenu en sortie va dépendre du convertisseur utilisé, autrement dit de l'électronique mise en œuvre. La limite théorique de la résolution est définie par le nombre de bits du convertisseur analogique numérique. Le **pas de quantification** est le plus petit écart de tension mesuré. Plus le pas est petit, plus le signal numérique est fidèle au signal analogique. L'exemple de la figure 1 montre un signal analogique codé sur 1 bit, seules deux valeurs sont possibles pour ce bit soit « 0 » soit « 1 ». La précision est alors très faible et ne permet pas un résultat satisfaisant. Lorsque le codage s'effectue sur 2 bits, chaque bit pouvant prendre deux valeurs (« 0 » ou « 1 »), 4 valeurs seulement seront stockées soit un **pas de quantification** de 2,5 V.



Dans cet exemple, le signal a une amplitude de 10 volts : de 0 à 2,5 V, le code sera « 00 » - de 2,5 V à 5 V, le code sera « 01 » - de 5 V à 7,5 V, le code sera « 10 » - de 7,5 V à 10 V, le code sera « 11 ».

Source : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/fressource/principe-numerisation.xml>

1. Format d'enregistrement et quantification

1.1. Format d'enregistrement.

Les téléphones numériques d'aujourd'hui utilisent un convertisseur numérique analogique à un format d'enregistrement à 8 bits tandis que le « son CD » est codé sur 16 bits.

Rappel des caractéristiques des 2 fichiers son de qualités « téléphone » et « CD » du même extrait de 30 secondes du titre *Darling are you gonna live me* par London Grammar.

| Qualité | CD | Téléphone |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| Fréquence d'échantillonnage | 44 100 Hz | 11 025 Hz |
| Format (bits) | 16 | 8 |
| voies | 2 | 1 |
| taille | 5,21 Mo | 33 ko |

- 👂 Ré-écouter au casque audio les deux fichiers.
- 👁️ Observer leurs caractéristiques.

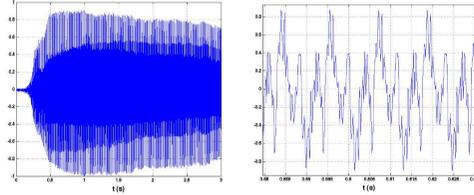
✍️ 1.1.1. Préciser quel est l'impact du format de la numérisation sur la taille du fichier obtenu.

✍️ 1.1.2. Sur la qualité du son restitué.

1.2. Quantification et codage.

Le pas de quantification est le plus petit écart de tension mesuré. Plus la résolution est faible et plus le signal numérique est fidèle au signal analogique.

Le son, un fa joué à la clarinette (87,3 Hz), a été échantillonné à une fréquence de 11 025 Hz.



Le signal a ensuite été quantifié successivement sur 2, 3, 4, 6 et 8 bits.

Les sons correspondant peuvent être écoutés :

http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Audio/Fichiers_sons-resolution.htm

Le nombre de niveaux de quantification (dont le niveau 0) est indiqué sur l'axe des ordonnées. Observer les images des enregistrements des différents 4 premiers choix de pas de quantification : <http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/documents/resolution.gif>

1.2.1. Quel est le nombre de niveaux pour une quantification chaque CAN ?

● 2 bits : ● 3 bits : ● 4 bits : ● 6 bits :

1.2.2. Trouver à quelle puissance de 2 correspondent les valeurs précédentes.

● 2 bits : 2^{\dots} ● 3 bits : 2^{\dots} ● 4 bits : 2^{\dots} ● 6 bits : 2^{\dots}

1.2.3. Sur combien de rangs seront codées les valeurs numériques binaires des tensions pour chaque CAN ?

● 2 bits : ● 3 bits : ● 4 bits : ● 6 bits :

1.2.4. Compléter la phrase suivante :

Lors de la quantification d'un signal analogique par un CAN à n bits, chaque niveau de tension est codé sur ... bits, chaque bit pouvant prendre 2 valeurs ... ou Un CAN à n bits possède ainsi un nombre de niveaux de quantification $N = \dots$

Le pas de quantification dépend donc du nombre de bits du CAN.

On considère un signal analogique d'amplitude maximale de 10 V. Pour une tension de 5V convertie en 2 bits, la valeur correspondante binaire est $(10)_2$. En effet, le pas est 2,5 V et dans 5 V on a 2 fois le pas de quantification. Le code binaire correspond donc à la deuxième valeur possible donnée par le CAN.

1.2.5. Calculer le pas de quantification d'un CAN 4 bits puis d'un CAN 8 bits.

● 4 bits : ● 8 bits :

1.2.6. Calculer quel sera le codage binaire d'une tension de 5 V pour chaque CAN ?

● 4 bits : ● 8 bits :

On pourra s'aider de la calculatrice Windows en choisissant l'affichage « Programmeur » ou du convertisseur de calcul décimal-binaire en ligne : <https://www.ma-calculatrice.fr/convertir-binaire-hexadecimal.php>.

1.2.6. A quelle amplitude du signal analogique (en volt) correspondrait la valeur binaire 11001000 pour le CAN 8 bits ?

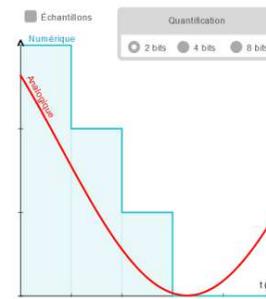


2. Echantillonnage et quantification

La qualité CD offre une précision encore plus grande qu'une conversion analogique numérique sur 8 bits comme pour le téléphone.

La quantification suffit-elle à elle seule à obtenir une meilleure numérisation ?

Ouvrir l'animation eduMedia : Conversion Analogique Numérique. Observer l'influence de la quantification sur la fidélité du signal.



2.1. Augmenter la précision de la quantification suffit-elle à obtenir une fidélité suffisante du signal ? Argumenter.

2.2. Que doit-on également modifier et comment ?

2.3. Quels sont les effets (ou conséquences) sur le fichier numérique ainsi généré ?

2.4. Déterminer le nombre de valeurs possibles pour un fichier son en qualité « CD » et justifier le choix d'une fréquence d'échantillonnage élevée.

2.5. Pourquoi peut-on se permettre une fréquence d'échantillonnage de seulement 11025 Hz pour le son en qualité « téléphone » ?