



Chapitre A1. Numérisation d'un signal analogique

Activité 1 : Y voir un peu plus clair dans toute sorte de signaux...

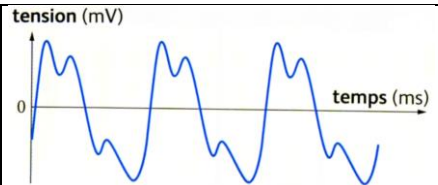


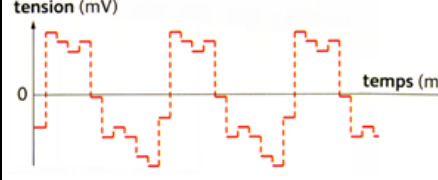





(titre « scientifique ») Signal analogique et signal numérique

Un signal **analogique** est l'évolution **continue** d'une grandeur mesurable (plus généralement d'un ensemble d'informations tel un son, un signal lumineux ou électrique...).

Un signal **numérique** est l'évolution **discontinue** (ou **discrète**) d'une grandeur mesurable.

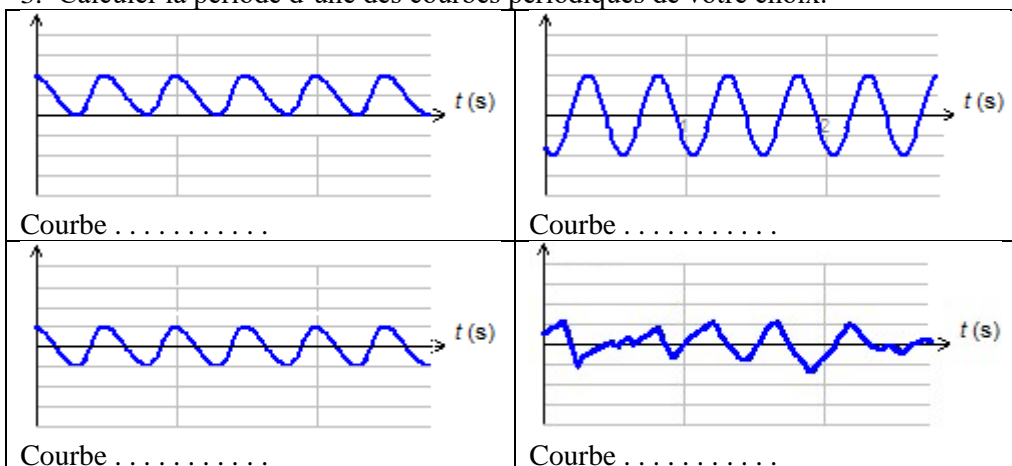
Dans les deux cas, on indique souvent l'évolution temporelle du signal (valeur en fonction du temps), généralement sous forme graphique. Mais l'information elle-même peut être analogique ou numérique : une photo dite « argentique » n'est pas une photo « numérique »...

Parmi les signaux décrits ou représentés ci-dessous, cocher ceux qui sont « analogiques » et ceux qui sont « numériques ».

	A	N		A	N		A	N
			Film enregistré sur un DVD 			Signal de télévision dit « TNT » 		
			Film diffusé à l'aide d'une pellicule et d'un projecteur 			Signal sortant de la prise « jack » audio d'un ordinateur 		
Enregistrement automatique et en permanence de la température au cours de la journée			Film lu en streaming 			Signal entrant dans un ordinateur via une prise USB 		
Relevé automatique et toutes les heures de la température au cours de la journée			Son émis par un haut-parleur 			Variation du niveau d'eau lorsque des vagues viennent heurter un quai		

En annexe... se mettre d'accord sur la signification de quelques termes :

1. Compléter chaque légende ci-dessous avec un ou plusieurs des adjectifs suivants : *sinusoïdale*, *périodique*, *alternative*.
2. Pour les courbes périodiques faire apparaître la période graphiquement.
3. Calculer la période d'une des courbes périodiques de votre choix.



Compléter ensuite les phrases ci-dessous avec "est" ou "n'est pas".

Une courbe *sinusoïdale*
forcément *périodique*

Une courbe *alternative*
forcément *périodique*

Une courbe *périodique*
forcément *sinusoïdale*

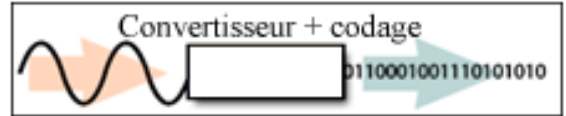


Activité 2 Mais à quoi sert cette étrange boîte ?

Pour convertir un signal analogique en signal numérique, il faut le **numériser** : il s'agit de relever les valeurs du signal analogique à intervalle de temps régulier. Comme on obtient des valeurs dites « discrètes », on dit aussi qu'on a discrétisé le signal.

La numérisation est faite par un **convertisseur analogique-numérique** (en abrégé : **CAN**).

Les valeurs discrètes sont codées en **système binaire**, c'est-à-dire en base 2, pour être lues par un ordinateur : on obtient pour chaque valeur une suite de 0 ou de 1.



1) Proposer un paramètre du convertisseur qui va permettre d'augmenter la qualité de la numérisation.

2) Citer un CAN de votre smartphone :

Et un « CNA » ?

3) La carte d'acquisition dont vous disposez est un convertisseur analogique-numérique.

a- Quelle est la grandeur physique numérisée ?

b- Entourer sur la photo ci-dessous :

- en bleu l'entrée analogique

- en rouge la sortie numérique



Activité 3 Échantillonner « vite » pour échantillonner bien

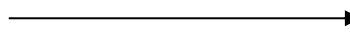
Numérisation d'un signal analogique : effet de

Lire le paragraphe B1 du modèle (sans chercher à compléter)

☞ Compléter en barrant un des deux adjectifs entre les crochets :

Plus la fréquence d'échantillonnage est grande,
plus la période d'échantillonnage est [grande / petite], plus le nombre d'échantillons est [grand / petit],
plus le signal numérique est [fidèle/différent], [meilleure/moins bonne] est la numérisation.

Illustration expérimentale :

- Régler le GBF de la manière suivante :  ➤ Signal sinusoïdal
- Le GBF délivre un signal électrique analogique (signal *continu* au sens mathématique du terme) ➤ Fréquence 500 Hz
- Relier ensuite le GBF à la carte d'acquisition. ➤ Amplitude mesurée au voltmètre (sur AC) : 2 V
- Réaliser deux acquisitions de durée totale 10 ms à l'aide de "Mesures électriques" avec les paramètres suivants : EA1 active, calibre -5V/+5V.

☞ 1^{er} cas : grande fréquence d'échantillonnage : régler le nombre de points de manière à ce que la fréquence d'échantillonnage soit $f_e = 20$ kHz ($t_e = \dots$ ms). Observer et indiquer si la numérisation vous paraît correcte.

☞ 2nd cas : faible fréquence d'échantillonnage : régler le nombre de points de manière à ce que la fréquence d'échantillonnage soit $f_e = 1,0$ kHz ($t_e = \dots$ ms). Observer et conclure quant au choix de f_e pour une bonne numérisation.

Activité 3 - suite


Théorème de Shannon

Pour numériser convenablement un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit au moins deux fois supérieure à la fréquence du signal à numériser.

1) La fréquence maximale des sons audibles par l'être humain est environ 20 kHz. Quelle doit être la fréquence d'échantillonnage minimale d'un CD audio ? Est-ce cohérent avec le document ci-contre ?

2) La voix humaine est comprise dans une bande de fréquence comprise entre 100 Hz (sons très graves) et 3400 Hz (aigus). Quelle fréquence d'échantillonnage doit-on choisir pour la téléphonie ?

3) Si l'on réduit la fréquence d'échantillonnage, ce sont plutôt les sons graves ou plutôt les sons aigus qui sont mal numérisés ? Argumenter votre réponse par écrit.

4)  Vérification de la réponse précédente : écoutez le même morceau de piano échantillonné à 3 fréquences différentes (44,1 kHz ; 8 kHz ; 1 kHz). Votre réponse précédente est-elle vérifiée ?

Type de support de sons	f_e choisie
CD audio	44,1 kHz
DVD	48 kHz
Téléphonie kHz
Radio numérique	22,5 kHz



Activité 4 : Échantillonner « précis » pour échantillonner bien

Lire le paragraphe B2 du modèle (sans chercher à compléter)

- 1) Barrer pour chaque choix possible un des deux adjectifs entre crochets :
Lors de la quantification, plus le codage s'effectue avec un nombre important de bits, plus la valeur du signal numérique est [proche/éloignée] de celle du signal analogique et donc [meilleure/moins bonne] est la numérisation
- 2) Traiter les questions de l'annexe sur le codage binaire puis indiquer sur combien de bits sont codées les valeurs de chacune des deux représentations graphiques du § B2 du modèle.

Résolution de problème

On cherche à trouver expérimentalement combien de bits sont utilisés par la carte d'acquisition pour quantifier une valeur de tension électrique. Vous disposez pour ceci du GBF, de la carte d'acquisition, des logiciels Mesures électriques et Regressi, et de l'indication suivante : la carte fait des mesures sur une plage de 53,6 V (entre -26,8V et +26,8V).



Aides :

- 1- Faire varier la tension le plus lentement possibles puis trouver le plus petit écart de tension repérable par la carte, en utilisant par exemple les fonctions de zoom et de curseur de Regressi
- 2- Trouver le nombre de valeurs numérisées possibles entre -26,8V et +26,8V.
- 3- Trouver le nombre de bits nécessaire pour pouvoir écrire toutes les valeurs numérisées.

Activité 5 : Mon disque dur sera-t-il assez grand ?

1. Exprimer le nombre de valeur numérisées lors de la numérisation d'un signal audio de type mono (une seule piste) d'une durée d'une minute avec une fréquence d'échantillonnage f .
2. Exprimer le nombre de bits nécessaires pour numériser cette minute de signal audio sachant que la quantification est notée Q .
3. Si on numérise un signal stéréo (2 pistes), que devient l'expression du nombre d'octets nécessaires ?
4. Applications numériques :
 - a- Calculer la taille occupée, en octets puis Mo, d'une minute du son d'un CD audio (44,1 kHz et 16 bits, stéréo)
 - b- Même question pour le son d'un film encodé au format « ac3 » sur un DVD (48 kHz et 24 bits, stéréo)
 - c- Un réseau informatique domestique de mauvaise qualité possède un **débit binaire** (nombre d'octets pouvant circuler sur le réseau par seconde) de 230 ko/s. Le son du CD pourra-t-il être transmis sur ce réseau ? Et celui du DVD ?

■ Activité expérimentale optionnelle

A l'aide du logiciel Audacity, vérifier que la valeur trouvée en 4a est valide. Attention, il convient d'exporter les sélections au format wave. Rédiger démarche et résultats obtenus.

**Annexe****Savoir compter en base 2 : le système binaire**

En base 10, les chiffres (0 à 9) indiquent les unités, les dizaines, les centaines, et ainsi de suite.

Par exemple le nombre décimal 1234 est $1 \times 1000 + 2 \times 100 + 3 \times 10 + 4 \times 1 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0$.

Et en base 2 ? Les seuls chiffres disponibles sont 0 et 1, ce qui permet d'utiliser les bits d'un ordinateur !

Par exemple le nombre binaire **1011** est $1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$.

Avec **2** bits, on peut écrire : **00**, **01**, **10** et **11** soit **4** valeurs. ($4 = 2^2$)

Avec **3** bits, on peut écrire : **000**, **001**, **010**, **011**, **100**, **101**, **110**, **111** soit **8** valeurs ($8 = 2^3$)

Avec **4** bits, on peut écrire

Avec un **octet** (8 bits, appelé **byte** en anglais), on peut écrire valeurs

Avec **n** bits, on peut écrire valeurs

Passer d'une base à l'autre...

- Base 2 \rightarrow base 10 : quel est le nombre correspondant à l'écriture binaire **10101** ?
il suffit de calculer : $1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$.
10101 en base 2 est donc en base 10.
- Base 10 \rightarrow base 2 : comment s'écrit 345 en binaire ?
1ère méthode : on remplit le tableau ci-dessous :

$2^{10}=1024$	$2^9=512$	$2^8=256$	$2^7=128$	$2^6=64$	$2^5=32$	$2^4=16$	$2^3=8$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$

2^e méthode : on fait des divisions successives par 2 :

par exemple 11 s'écrit **1011**

Entraînement :

1) Convertir **10110010** en écriture décimale.

$$\begin{array}{r|l} 11 & 2 \\ \hline 1 & 5 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} 5 & 2 \\ \hline 1 & 2 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} 2 & 2 \\ \hline 0 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} 1 & 2 \\ \hline 1 & 0 \end{array}$$

2) Convertir 1519 (date de création du lycée) en

aidant d'abord du tableau ci-dessous puis en retrouvant la solution avec la méthode des divisions. *binaire en vous*