

24 février 2025

## Expérience : 2. Echantillonnage et Reconstruction

### Repliement spectral d'un signal harmonique

#### 1 Matériel

- 1 × générateur de fonction
- 1 × oscilloscope
- 1 × Arduino Uno/Genuino
- 1 × ordinateur avec Processing
- 1 × câble USB qui fait office de ligne série de transmission

#### 2 Question

Déterminer avec le matériel ci-dessus un moyen de déterminer la période d'échantillonnage d'un dispositif numérique d'acquisition régulière d'échantillons en se fondant sur le repliement spectral illustré par la théorie de Shannon de l'échantillonnage.

#### 3 Schéma

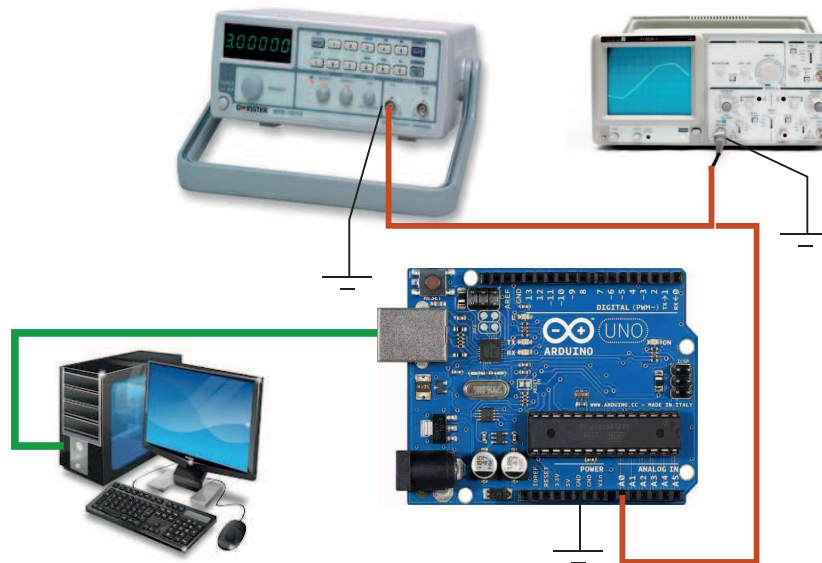


FIGURE 1 – Schéma général de l'expérience.

Un générateur de signaux analogiques fabrique un signal à une fréquence pouvant être modifiée. Ce signal arrive sur l'entrée analogique A0 de l'Arduino ainsi que sur l'entrée de l'oscilloscope. Le signal affiché sur l'oscilloscope est donc purement analogique. La valeur digitale traitée par l'Arduino est obtenue à l'aide de convertisseur analogique digital de l'Arduino qui a une précision de 10 bits. Etant donné que la plage de tension à l'entrée de A0 de l'Arduino est comprise entre 0 et 5 V, la quantification est de  $5/1024$  [V], puisque  $2^{10} = 1024$ . Le signal digital ainsi obtenu est transmis ensuite à 9600 Bauds sur une ligne série à un ordinateur central. L'ordinateur central exécute le code dans Processing et affiche le résultat sur l'écran de l'ordinateur.

## 4 Code de l'Arduino

La période d'échantillonnage n'est pas explicitement garantie. Elle est fixée indirectement par la cadence de la ligne série. Celle-ci est fixée à 9600 Bauds.

```
void setup() { // setup est appele au demarrage et lors des resets
  Serial.begin(9600); // ouverture d'une ligne serie a 9600 Baud
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(A0); // Lecture du convertisseur A/D
  Serial.println(sensorValue); // transmission de la valeur digitale acquise
  delay(1); // delai d'une milliseconde pour que le buffer ne sature pas
}
```

## 5 Code dans Processing

```
import processing.serial.*;

Serial myPort;          // Le port serie
int xPos = 0;           // Position horizontale dans le graphique
float inByte = 300.0;
float oldByte,oldYk;
String[] list;

void setup () {
  // taille de la fenetre:
  size(900, 600);
  //size(1800,900); //en auditoire
  // Ouverture de la ligne serie et configuration de celle-ci pour 9600 Bauds
  myPort = new Serial(this, Serial.list()[1], 9600);
  myPort.bufferUntil('\n');
  // on colorie le fond de l'ecran en noir
  background(0);
}

void draw () {
  // on dessine le signal en dessinant seulement entre deux echantillons:
  strokeWeight(4);
  stroke(255,255, 0);
```

```

    line(xPos-2, height-oldByte, xPos, height-inByte);
    oldByte = inByte;
    // lorsque l'index arrive sur le bord de l'ecran, on recommence et on effac l'ecran :
    if (xPos >= width) {
        xPos = 0;
        background(0);
    } else {
        // increment de deux pixels pour chaque echantillon:
        xPos+=2;
    }
}

void serialEvent (Serial myPort) {
    String inString = myPort.readString();
    String[] valueArray = split(inString, ' ');
    if (inString != null) {
        // suppression des valeurs nulles
        inString = trim(inString);
        inByte = float(inString)+40.0; // un offset est ajoute pour l'esthetique
        inByte = map(inByte, 0, 1023, 0, height); // limitation de la valeur
    }
}

```

## 6 Expérience et résultats

L'expérience consiste à introduire un signal harmonique variable sur l'entrée analogique de l'Arduino et de progressivement augmenter la fréquence du signal.

On constate que le signal affiché par l'ordinateur est sensiblement le même à basse fréquence que le signal de l'oscilloscope.

Ce constat demeure lorsque la fréquence est augmentée légèrement.

Arrivé à une certaine fréquence on constate une distortion du signal affiché par l'ordinateur et des phénomènes de modulation complexe.

Continuant la progression du signal d'entrée en continuant d'augmenter sa fréquence, le signal affiché par l'ordinateur revient en basse fréquence.

Le signal affiché redevient harmonique (les modulations complexes cessent) et sa fréquence progresse en sens inverse de celle du signal de l'oscilloscope jusqu'à un point où le signal est comme arrêté. Il est à fréquence nulle.

La fréquence du signal du générateur de fonction et affiché par l'oscilloscope atteint alors la fréquence d'échantillonnage.

Le phénomène se reproduit périodiquement lorsque la fréquence augmente depuis cette valeur.

Cette expérience illustre le repliement spectral ou repliement fréquentiel.