

# S1916 - Analyse et Compression du Signal Audionumérique - Examen

Sébastien Boisgérault, Mines ParisTech

16 mars 2017

## Contents

<b>Modalités</b>	<b>1</b>
<b>Questions</b>	<b>2</b>
Monkey's Audio (APE) . . . . .	2
Un Format Audio Inconnu . . . . .	2
Notation ECTS . . . . .	2
Code de Rice . . . . .	3
Quantificateur Non-Linéaire . . . . .	3
Filtre Passe-Bas et Décimation . . . . .	4
Hauteur d'une Voix . . . . .	4
Filtre Auto-Régressif . . . . .	5
Audibilité de Sons Purs . . . . .	5

## Modalités

- **Durée:** 1h30.
- **Autorisés:**
  - tous documents (sous forme papier ou électronique),
  - calculette, tablette, ordinateur portable, etc.
- **Interdit:**
  - toute forme de communication: avec le voisin, par Internet, par téléphone, etc.

## Questions

### Monkey's Audio (APE)

Sur un forum Internet, un audiophile décrit les résultats d'un test du programme de compression Monkey's Audio:

```
File Info : 44100Hz; 2 channel; 16 bit; 00:55:36.36
Results   : 1039,63x; 345728748 bytes in 00:00:03.2091836 seconds;
```

Pensez-vous que l'algorithme utilisé soit sans perte ?

### Un Format Audio Inconnu

Un fichier audio commence par le contenu (hexadécimal) suivant:

```
0x66 0x4C 0x61 0x43
```

Quel est à votre avis le format du fichier ? Pour information:

```
>>> for i in range(65, 122+1):
...     print chr(i),
...
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T
U V W X Y Z [ \ ] ^ _ ` a b c d e f g h
i j k l m n o p q r s t u v w x y z
```

### Notation ECTS

Le Système européen de transfert et d'accumulation de crédits (ECTS) préconise l'utilisation de l'échelle suivante pour noter les examens:

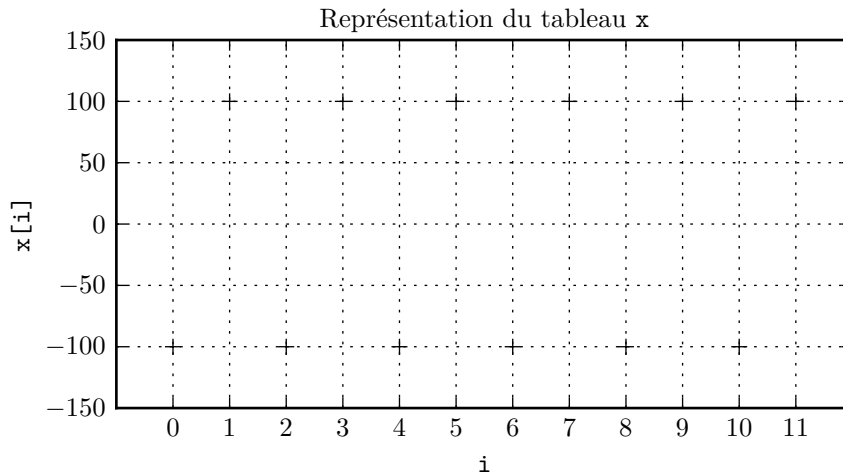
Note	Sous-Groupe
A	les 10% meilleurs
B	les 25% suivants
C	les 30% suivants
D	les 25% suivants
E	les 10% restants

Quelle est la quantité d'information présente en moyenne dans une note ECTS ? Comment pourrait-on augmenter cette grandeur en jouant sur la taille des sous-groupes et dans quelle proportion ? Est-il possible de concevoir un code sans préfixe pour la note ECTS de longueur moyenne 2 bits ? De longueur moyenne strictement inférieure à 3 bits ?

## Code de Rice

Soit  $x$  le tableau d'entiers 8 bits signés défini par le code

```
>>> x = 100 * ones(12, dtype=int8)
>>> x[::2] = -100
```



Un code de Rice va-t'il réduire la taille de ce signal ? Pour information:

```
>>> rice.from_frame(x, signed=True)
rice(b=6, signed=True)
```

On se propose ensuite d'appliquer le code de Rice non plus aux amplitudes de  $x$  mais au signal  $y$  de ses différences. Le calcul de  $y$  par le code ci-dessous est-il correct ?

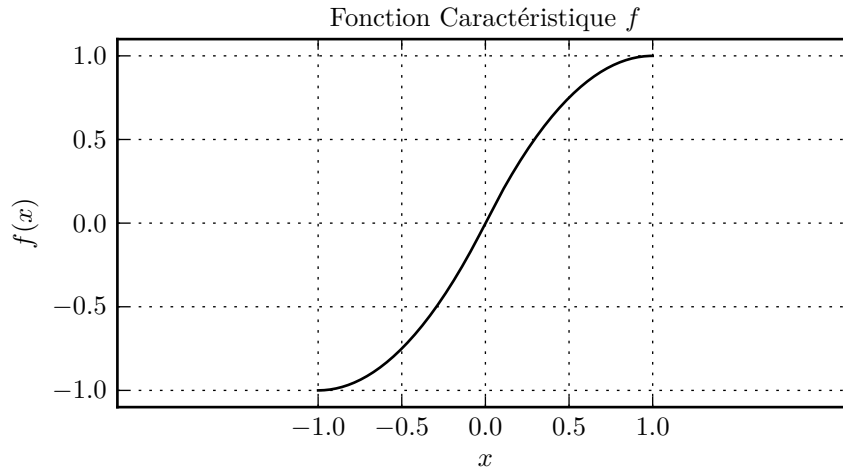
```
>>> y = diff(r_[0,x])
```

Sur le principe, cette nouvelle approche peut-elle être couronnée de succès ?

## Quantificateur Non-Linéaire

Le code ci-dessous définit une fonction caractéristique  $f$  sur  $[-1, 1]$ :

```
def f(x):
    return (x >= 0) * (2 * x - x * x) + (x < 0) * (2 * x + x * x)
```



Pour quelle distribution de probabilité  $p(x)$  des données le quantificateur associé maximise-t'il l'entropie ?

### Filtre Passe-Bas et Décimation

Soit  $\Delta f = 16$  kHz une fréquence d'échantillonnage et  $\Delta t$  la période correspondante. Déterminer la suite des valeurs  $h(t = n\Delta t)$  de la réponse impulsionnelle associée au filtre passe-bas idéal de fréquence de coupure  $f_c = 4$  kHz et de fréquence d'échantillonnage  $\Delta f$ .

Considérez ensuite le signal  $h_2$  obtenu par une décimation d'un facteur 2 du signal  $h$ . Quel doit être sa transformée de Fourier  $h_2(f)$  ? Et par conséquent sa représentation temporelle  $h_2(t)$  ? Calculer ensuite directement  $h_2(t)$  à partir de  $h(t)$  et vérifier la cohérence du résultat.

### Hauteur d'une Voix

Un programme informatique produit une estimation "instable" de la hauteur d'une voix prononçant un phonème, estimation qui alterne grossièrement entre les valeurs 240 Hz et 120 Hz. Quelle est vraisemblablement la vraie hauteur de la voix sur cet extrait ? Ce même mécanisme produit par moments une estimation encore plus basse de la hauteur. Quelle est cette valeur à votre avis ?

## Filtre Auto-Régressif

Un filtre autorégressif cadencé à  $\Delta f = 16$  kHz est décrit par la fonction de transfert

$$h(z) = \frac{z^2}{z^2 - 0.25}.$$

Ce filtre est-il stable ? Déterminer la relation de récurrence reliant ses valeurs en entrée  $u_n = u(n\Delta t)$  et en sortie  $y_n = y(n\Delta t)$ . Quel est sa réponse impulsionnelle  $h(t)$  ? Quelle est l'amplitude du signal de sortie lorsque  $u(t) = \sin(2\pi ft)$  avec  $f = 8$  kHz ?

## Audibilité de Sons Purs

On considère le signal numérique  $x(t) = 2 \times 10^{-4} \times \sin(2\pi ft)$  représenté par des valeurs flottantes dans l'intervalle  $[-1.0, 1.0]$ . Dire si ce signal est audible lorsqu'il est produit avec l'amplification standard pour les fréquences  $f = 100$  Hz,  $f = 1000$  Hz et  $f = 10000$  Hz. A laquelle de ces trois fréquences le son paraît-il être le plus fort ?