

**chaque fois que vous écouterez au
casque des enregistrements pour R 3.15
veillez à limiter le volume sonore avant
l'écoute : protégez vos oreilles**

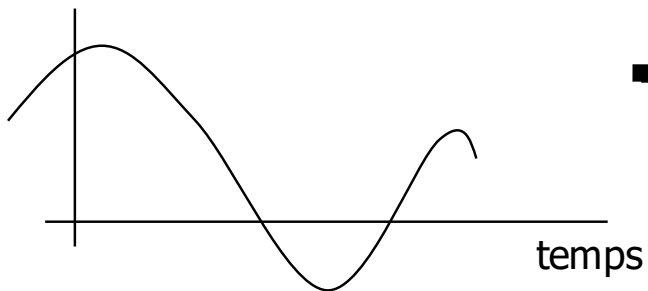


R 3.15 - séance 2

Numérisation des signaux sonores

Numérisation ?

signal analogique



Information analogique

audio ou vidéo

Conversion
analogique/numérique



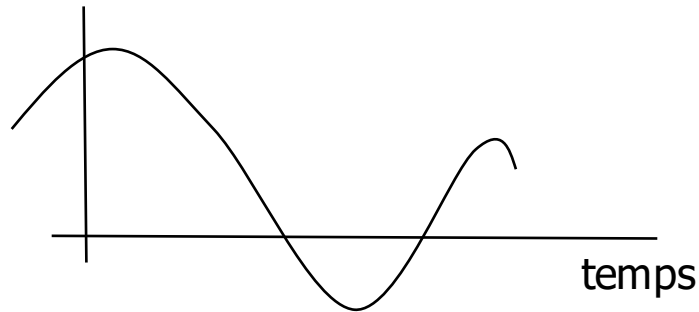
11 10 00 01 11 00 ...

Information numérique
= ensemble de bits

audio ou vidéo

Numérisation ?

signal analogique

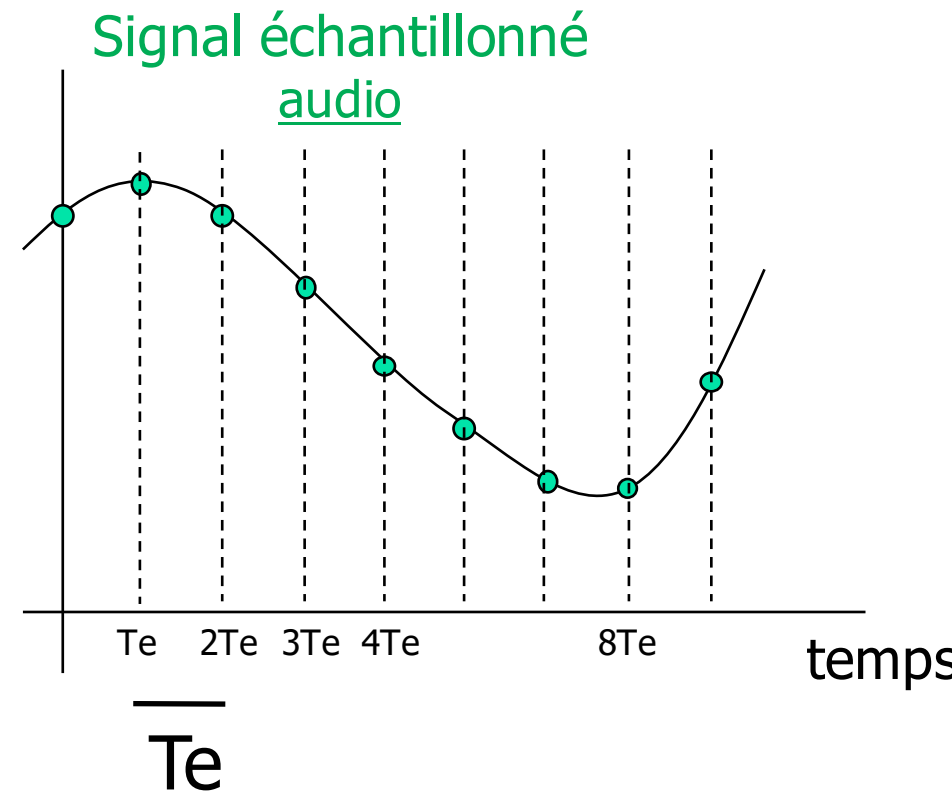
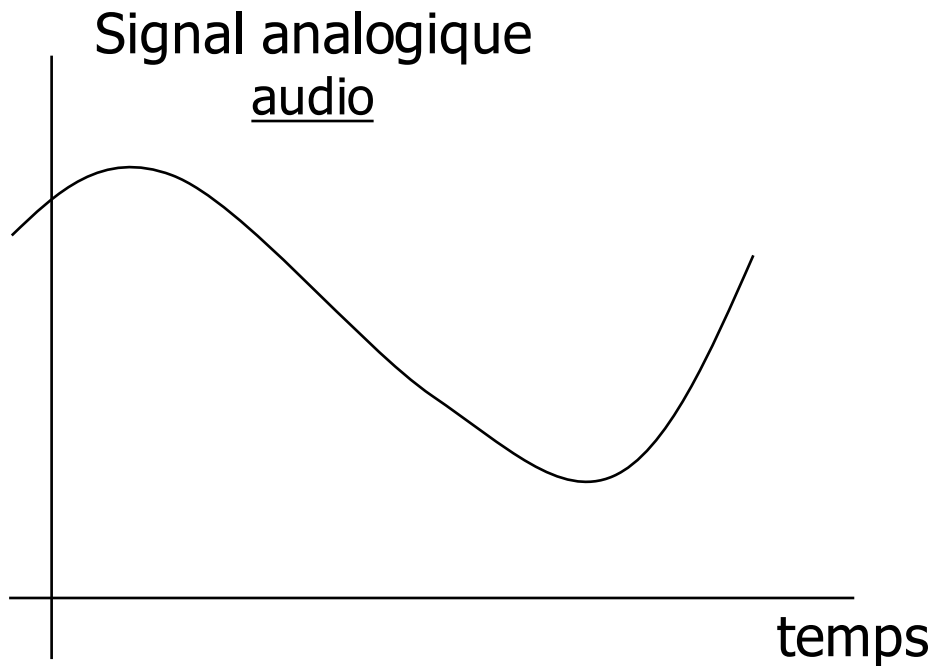


Information analogique audio

- Échantillonnage
- Quantification
- Codage

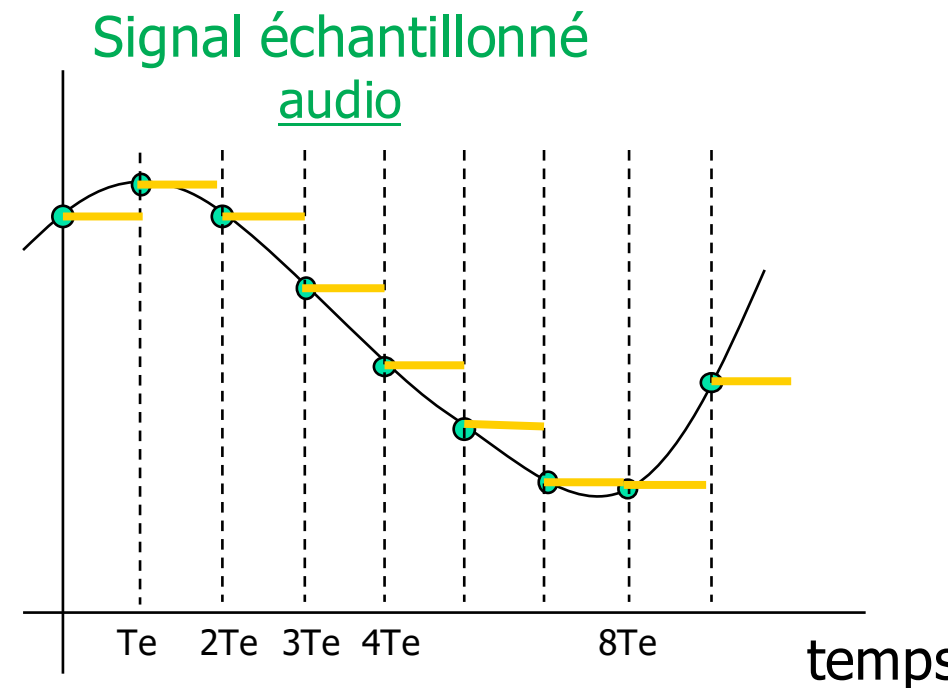
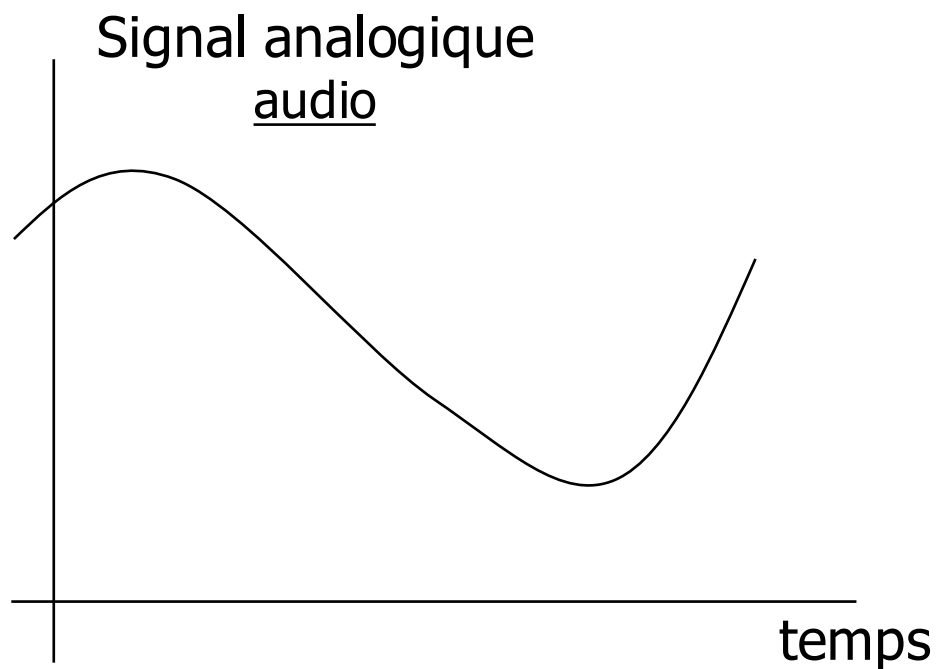
→ numérisation réalisée, train binaire constitué : 11011...

Échantillonner ?



- **Echantillonner**: prendre des valeurs (= **des échantillons**) du signal analogique tous les Te
- **Te =période d'échantillonnage** (en seconde): c'est l'intervalle de temps séparant la prise consécutive de 2 échantillons

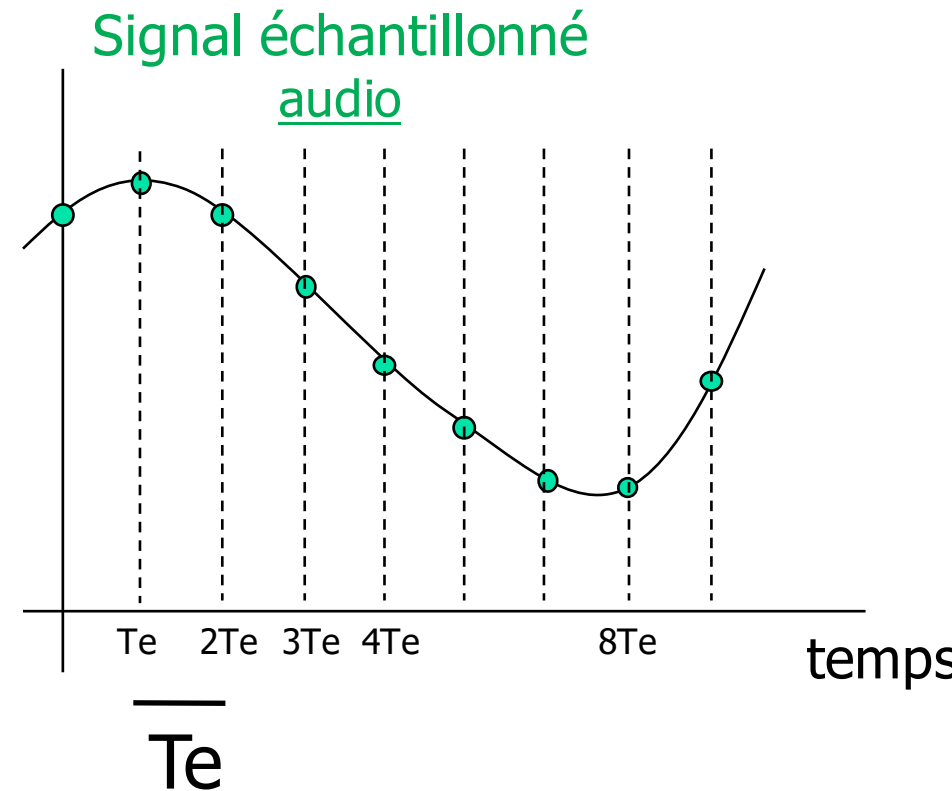
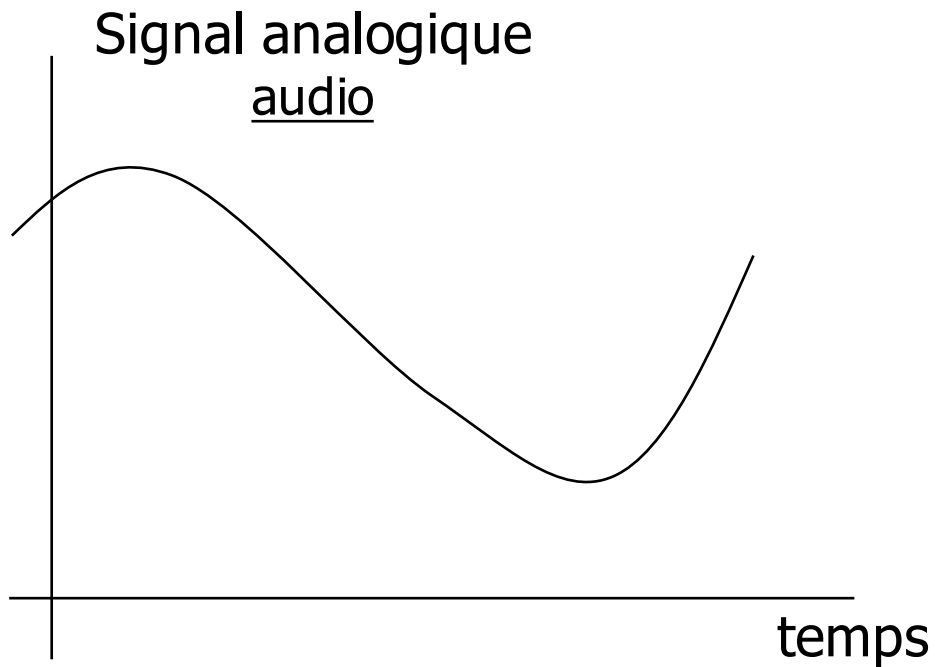
Échantillonner ?



- Pendant tous les Te :

Échantillonnage puis **quantification** puis **codage**

Échantillonner ?



- **Fe** = fréquence d'échantillonnage = nombre d'échantillons du signal analogique pris par seconde

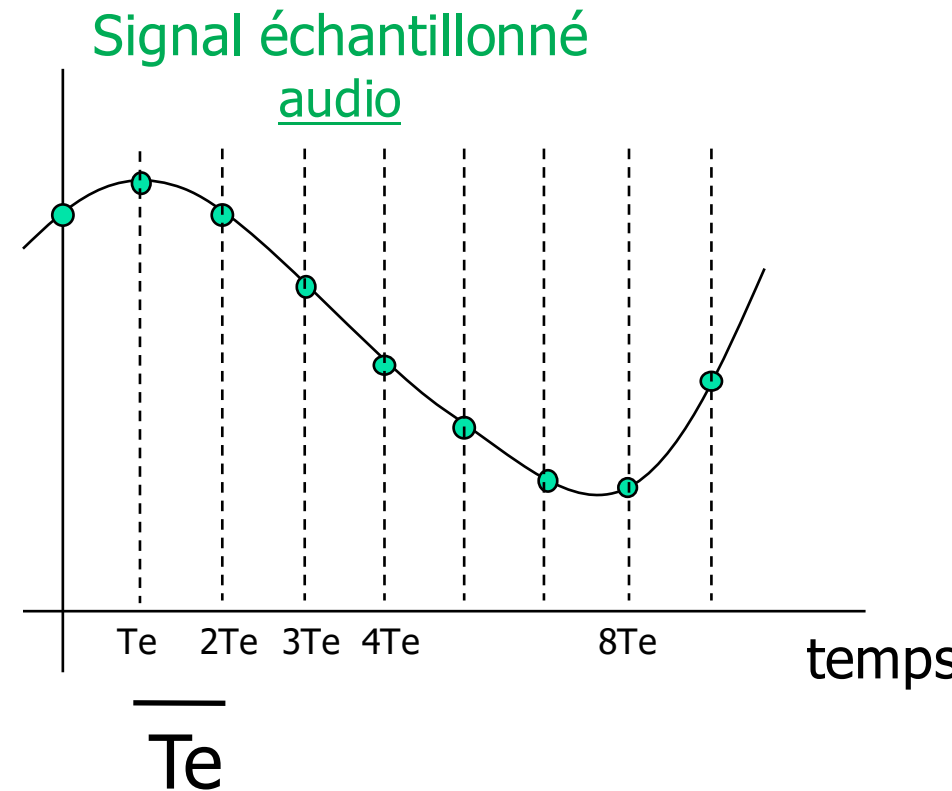
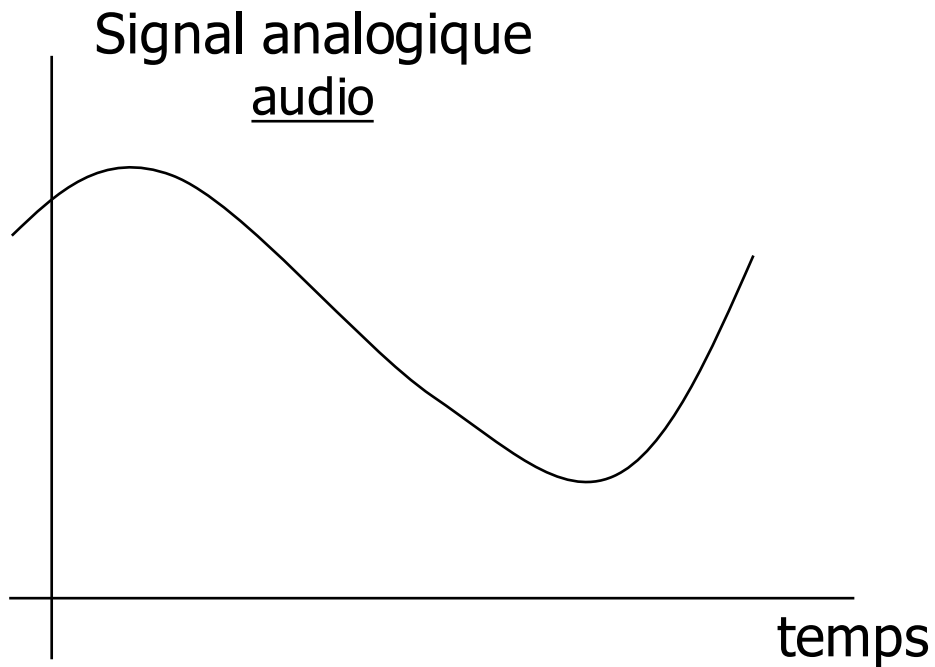
1 échantillon \longleftrightarrow pris en **Te**

? échantillons \longleftrightarrow pris en 1s

$$\text{Fe} = 1/\text{Te}$$

(Hz) (s)

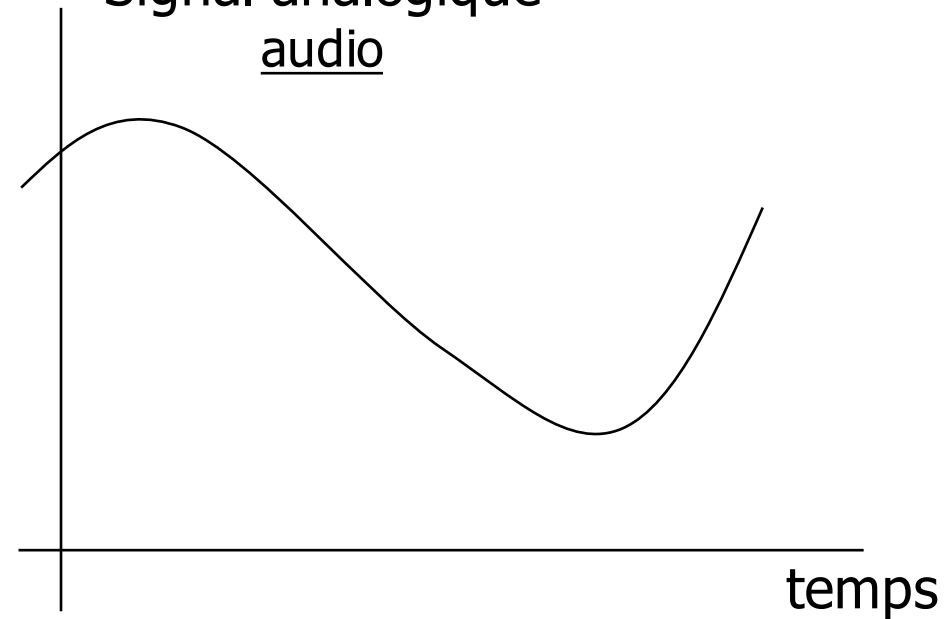
Échantillonner ?



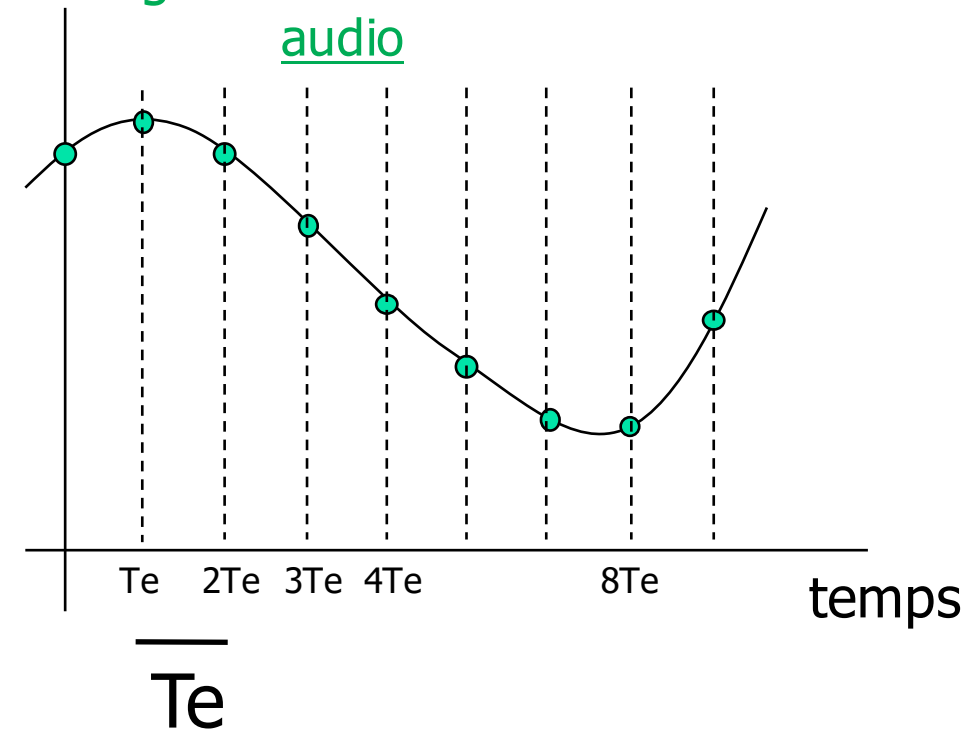
- **Exemple:** $T_e = 100 \mu s$
alors $F_e = 1/T_e = 1/(100 \cdot 10^{-6})$
 $F_e = 10^4$ échantillons par seconde
 $F_e = 10^4$ Hz

Échantillonner ?

Signal analogique
audio



Signal échantillonné
audio

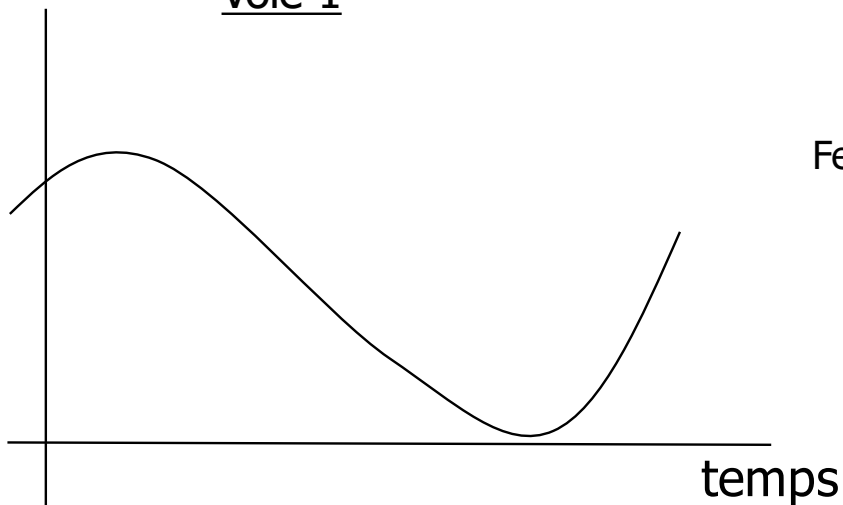


- **Exemple:** $F_e = 44\,100$ Hz
combien d'échantillons pris en 1 heure?
44 100 échantillons pris par seconde
44 100 x 3600 échantillons pris en 1h ($3600 \text{ s} = 1 \text{ h}$)

Échantillonner ?

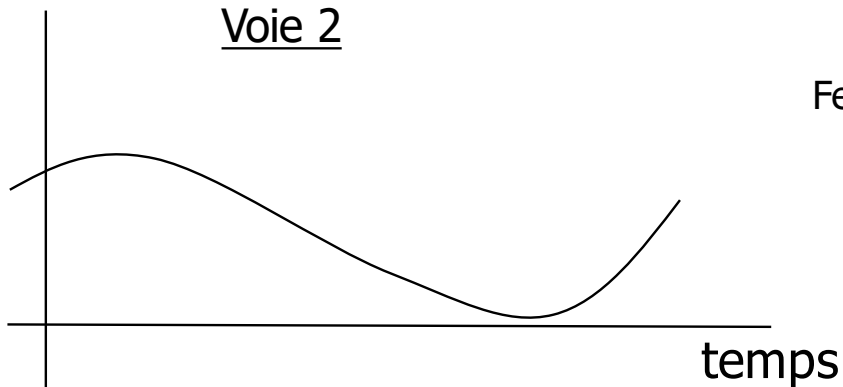
- En stéréo : il y a deux voies donc le nombre d'échantillons est deux fois plus grand

Signal analogique
Voie 1



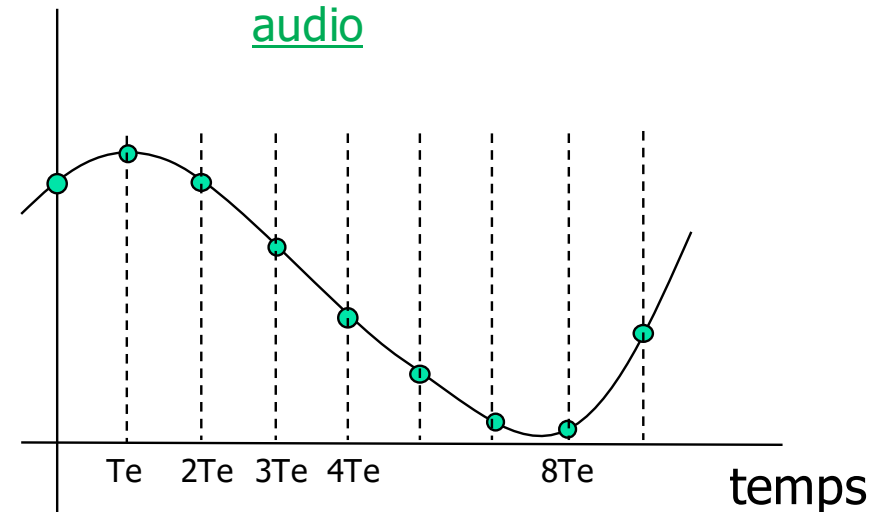
$F_e = 44\,100\text{ Hz}$

Signal analogique
Voie 2

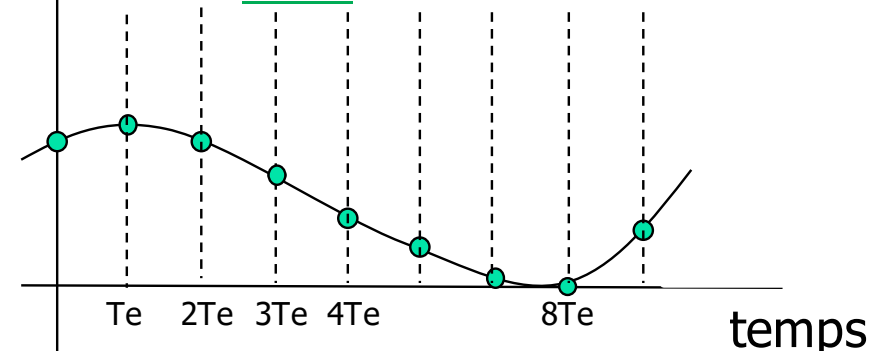


$F_e = 44\,100\text{ Hz}$

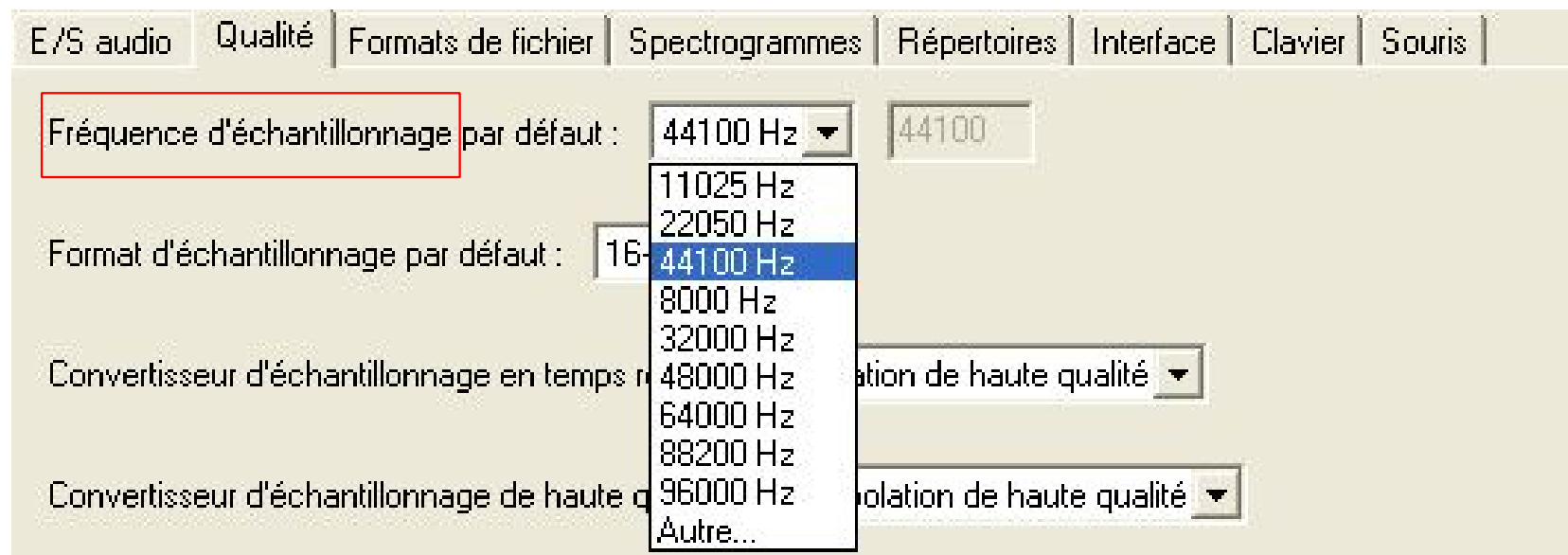
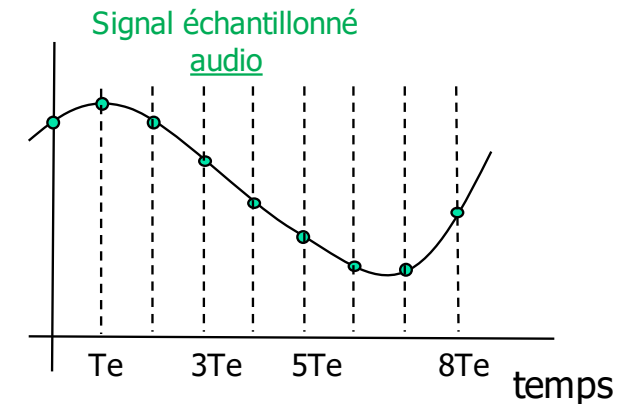
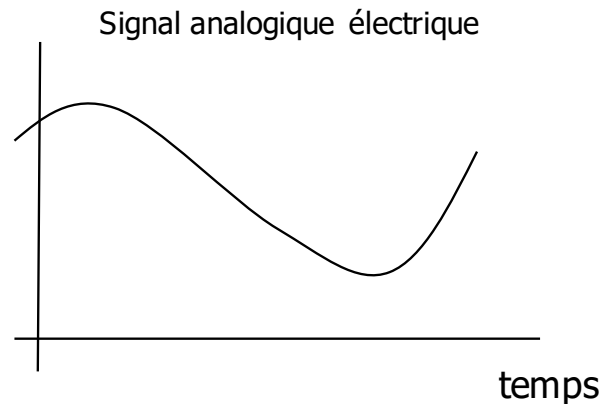
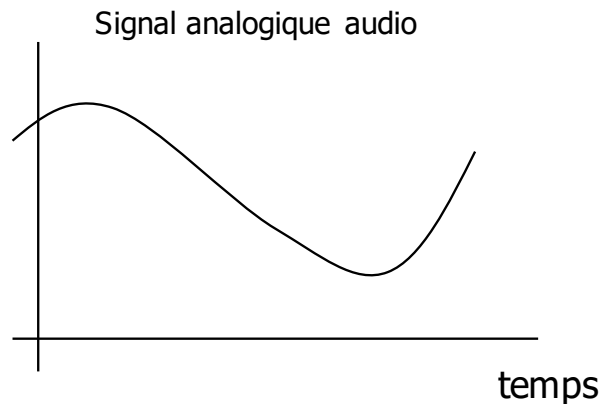
Signal échantillonné
audio



Signal échantillonné
audio



Quelle valeur pour Fe ?





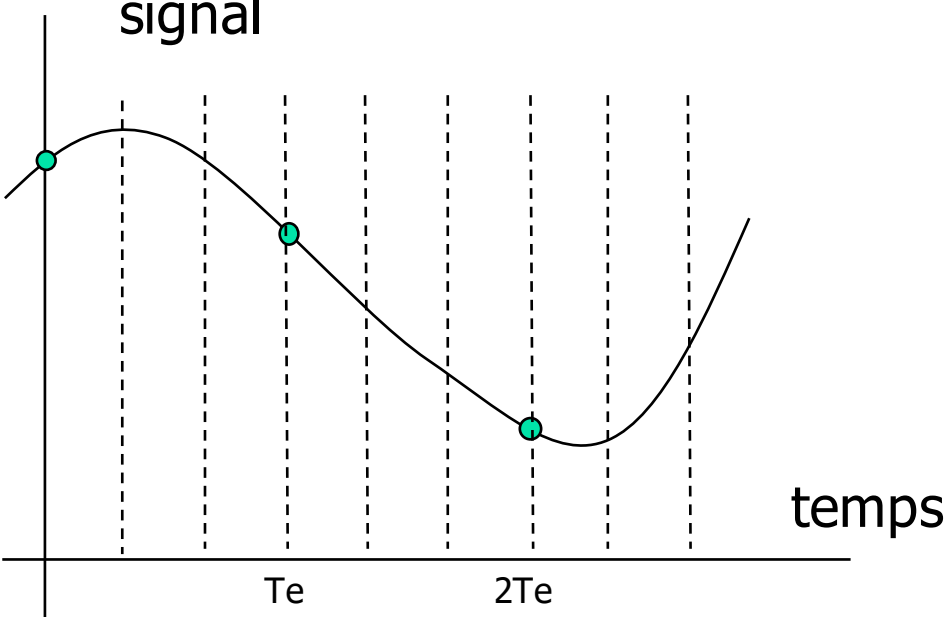
Quelle valeur pour Fe ?

- Il faudrait pouvoir restituer dans les hauts parleurs le « meilleur » signal sonore **analogique**

Quelle valeur pour Fe ?

Fe faible

signal

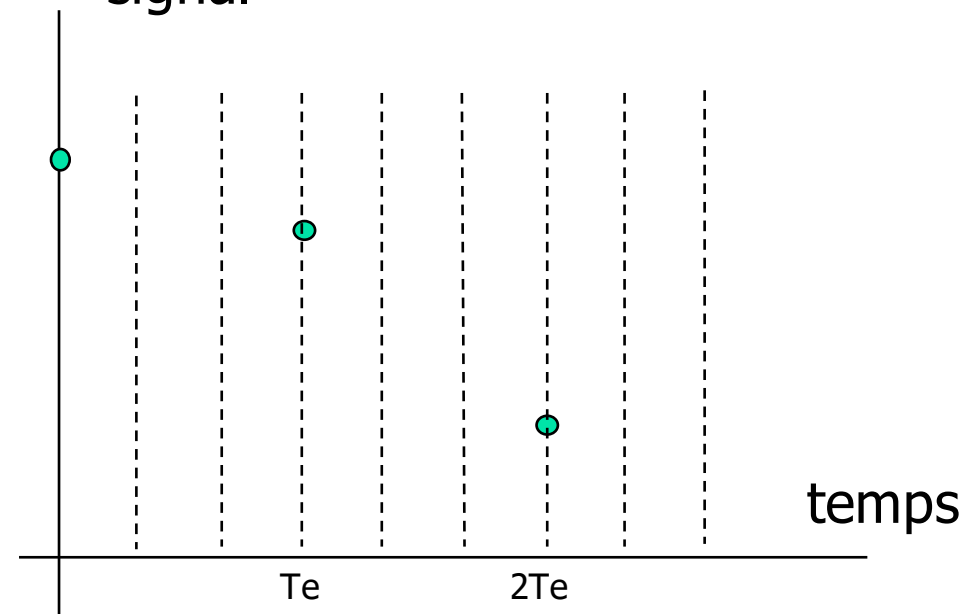


— Signal analogique

• • Signal échantillonné

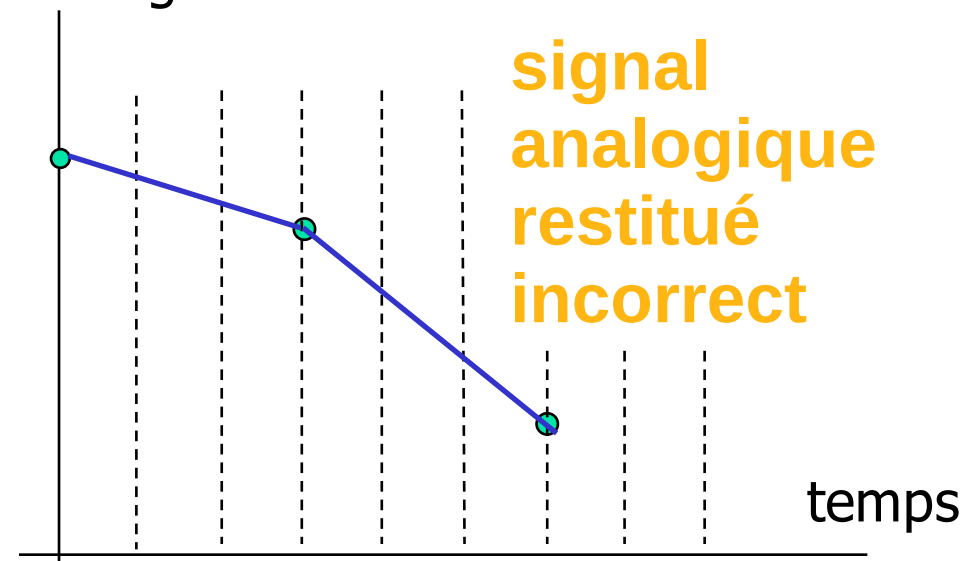
— Signal restitué

signal



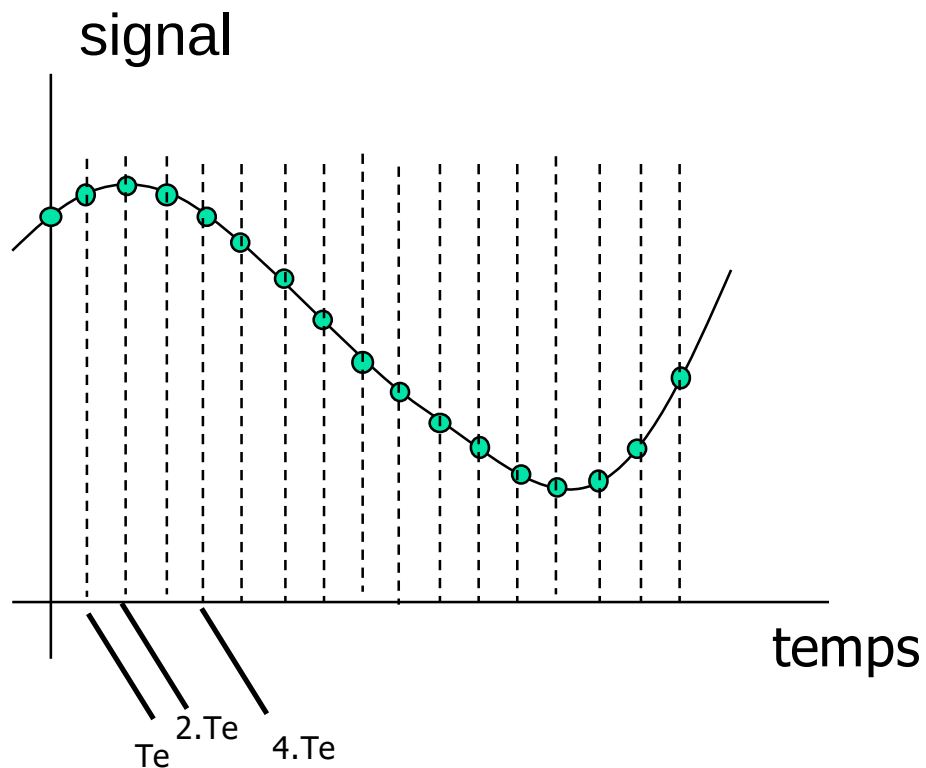
signal

signal
analogique
restitué
incorrect

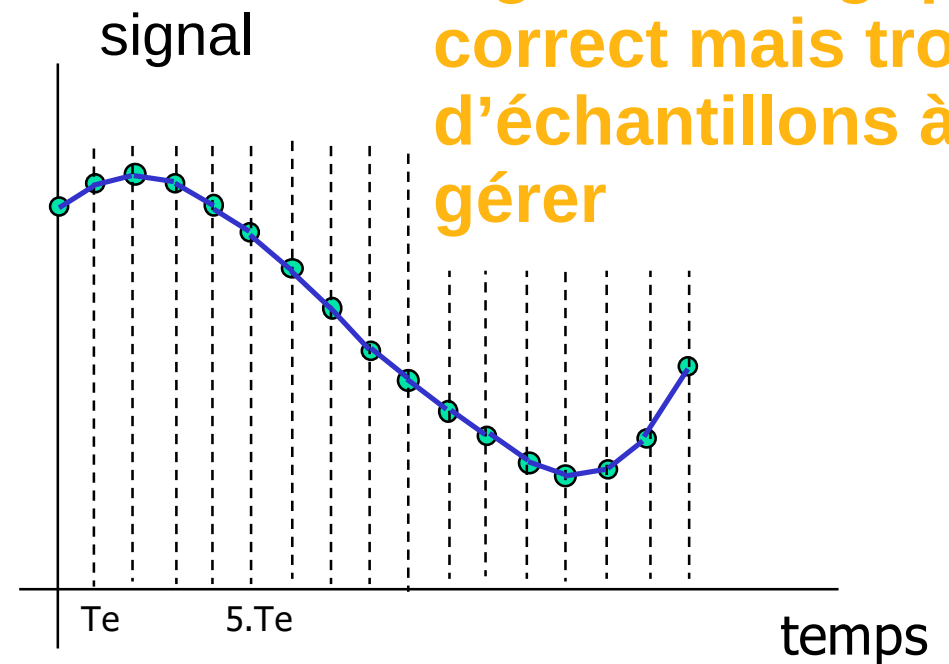


Quelle valeur pour T_e ?

T_e élevée



signal analogique
correct mais trop
d'échantillons à
gérer



—

Signal analogique

• •

Signal échantillonné

—

Signal restitué

Quelle valeur pour F_e ?

- **Théorème de Nyquist Shannon (admis)** : pour échantillonner correctement un signal analogique dont le spectre est borné en valeur supérieure par F_{\max} il faut choisir une fréquence d'échantillonnage (au moins) égale à $2.F_{\max}$.

si $F_{\max} = 4000$ Hz alors **$F_e = 8000$ Hz**

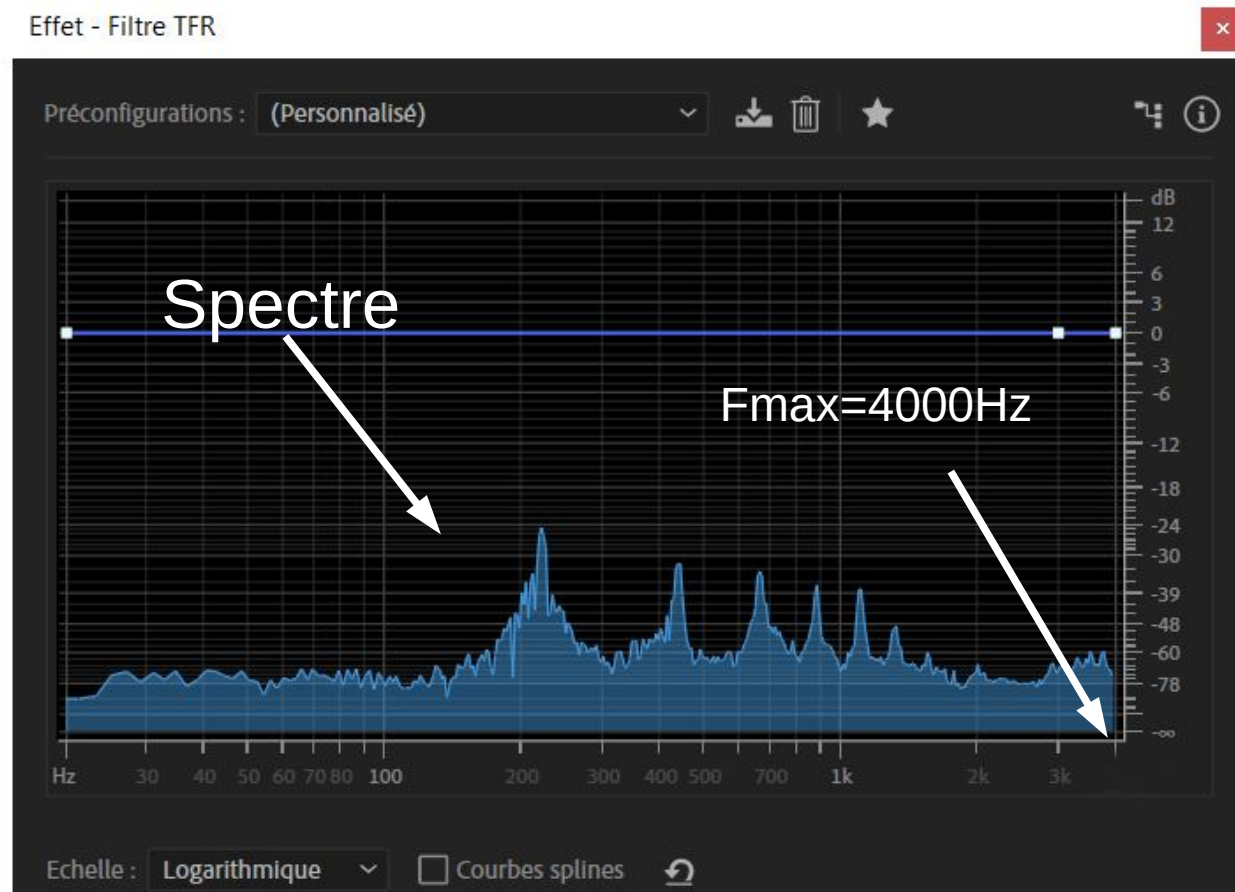
si $F_{\max} = 24000$ Hz alors **$F_e = 48000$ Hz**

Quelle valeur pour Fe ?



- Quand **on choisit Fe** avec Adobe Audition le logiciel **limite automatiquement Fmax à Fe/2** en utilisant un **filtre** (pour respecter le théorème de Nyquist Shannon)

Fe=8000Hz
fréquence
d'échantillonnage
de l'enregistrement



Quelle valeur pour Fe ?



- Conséquence : si Fe « faible » ?
 - **Enregistrement étouffé** : pas assez de fréquences dans le spectre

Quelle valeur pour F_e ?



- Conséquence : si F_e « faible » ?
 - **Enregistrement étouffé** : pas assez de fréquences dans le spectre



ici $F_e = 1\,800\text{ Hz}$

donc $F_{\max} = 900\text{ Hz}$

Quelle valeur pour Fe ?



- Conséquence : si Fe « faible » ?
 - **Enregistrement étouffé** : pas assez de fréquences dans le spectre



ici $F_e = 1\,800\text{ Hz}$

donc $F_{\max} = 900\text{ Hz}$

Quantifier ?

- **Objectif** : transformer les échantillons en codes binaires
- Les codes binaires différents sont en nombre limité, déterminé par **n** la **profondeur de quantification**
 - **n bits** pour **2^n codes différents** possibles
- Donc **nombre limité d'échantillons différents** appelés valeurs quantifiées : **2^n échantillons différents** possibles

Quantifier ?

Profondeur de quantification (bits)	Nb de codes binaires différents possibles	Nb de valeurs quantifiées différentes possibles
8	256	256
16	65 536	65 536
n	2^n	2^n



Profondeurs de quantification dans Audacity



Coder ?

- **Objectif** : remplacer les échantillons par les **codes binaires**
- **n= profondeur de quantification**
- n faible → **bruit de quantification**

Coder ?

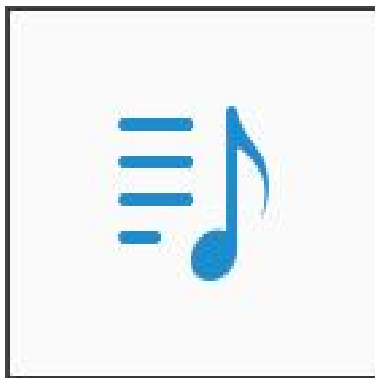
- **Objectif** : remplacer les échantillons par les **codes binaires**
- **n= profondeur de quantification**
- n faible → **bruit de quantification**



ici $n=3$ bits

Coder ?

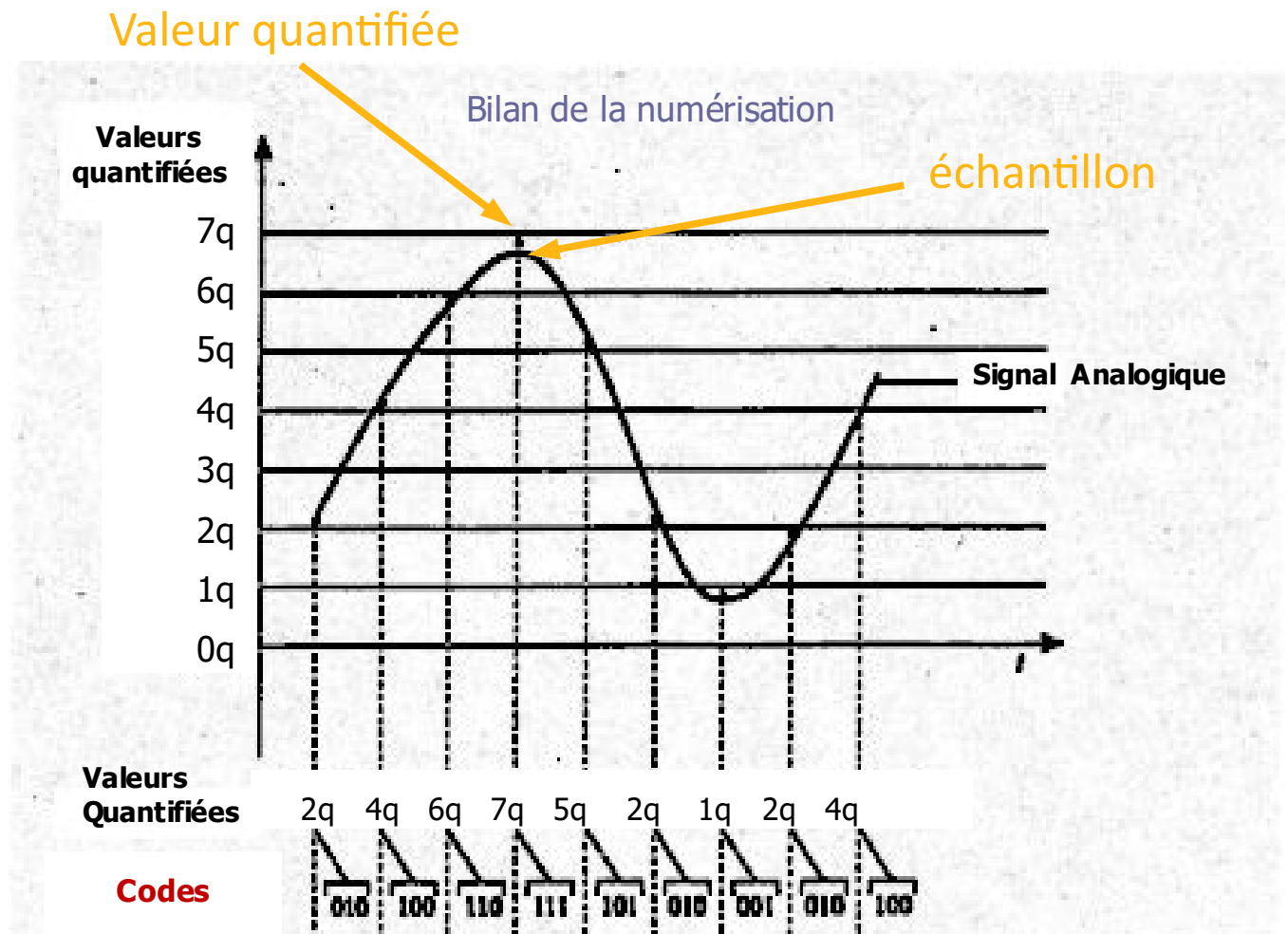
- **Objectif** : remplacer les échantillons par les **codes binaires**
- **n= profondeur de quantification**
- n faible → **bruit de quantification**



ici $n=3$ bits

Coder ?

- **Objectif** : remplacer les échantillons par les **codes binaires**



3 bits, 8 valeurs quantifiées



PCM

Pulse **C**oded **M**odulation

=

Échantillonnage

+

quantification

+

codage

**= format audio numérique
non compressé**

Formats compressés

Format compressé =

Échantillonnage + quantification + codage + compression

compression = nouveau codage

→ des informations sont retirées et **n** n'est plus une constante

avec pertes ou sans pertes

Poids et débits audio

- **Poids** : nombre d'octets d'un enregistrement sonore numérique

Unités : octets ou ses multiples Kio, Mio, Gio

- **Débit d'enregistrement et de lecture de l'audio numérique :**

- nombre de bits d'une seconde d'enregistrement sonore numérique

- nombre de bits par seconde lus par un lecteur audio pour restituer le signal analogique

Unités: bits/s ou ses multiples kbit/s, Mbit/s, Gbit/s

Poids et débits audio

Débits, en multiples du bit/s	Noms		Poids, en multiples de l'octet	Noms
1 k bit= 10^3 bit	1 <u>k</u> ilo bit		1 k io=1024 octet	1 <u>k</u> ibi octet
1 M bit= 10^6 bit	1 <u>m</u> éga bit		1 M io=(1024) ² octet	1 <u>m</u> ébi octet
1 G bit= 10^9 bit	1 <u>g</u> iga bit		1 G io=(1024) ³ octet	1 <u>g</u> ibi octet
1 T bit= 10^{12} bit	1 <u>t</u> éra bit		1 T io=(1024) ⁴ octet	1 <u>t</u> ébi octet