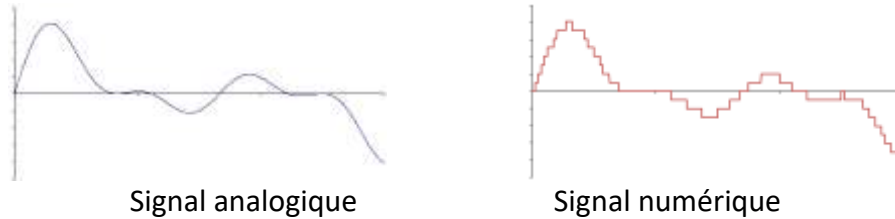


I. Principe de la numérisation :

- Signal analogique, signal numérique :

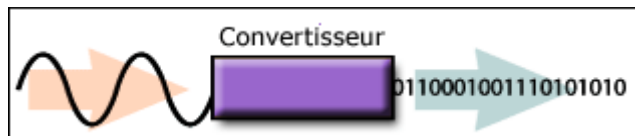
Un signal *analogique* est un **signal continu d'informations**.

Pour numériser un signal, il faut **discrétiser les informations**, c'est-à-dire découper le signal continu formé d'une infinité de valeurs en une série limitée de valeurs individuelles (valeurs « discrètes »)



Les valeurs discrètes sont ensuite traduites en binaire, c'est-à-dire en ensemble de 0 ou de 1.

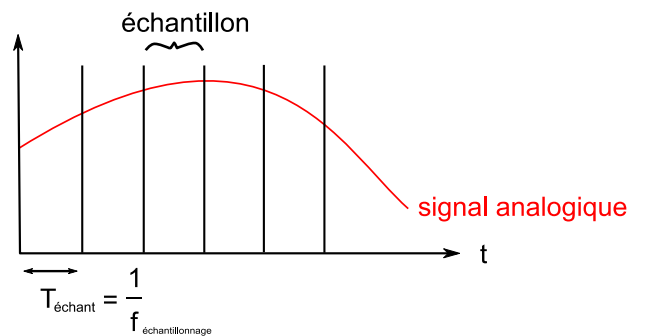
- La numérisation est faite par un **convertisseur analogique-numérique** :



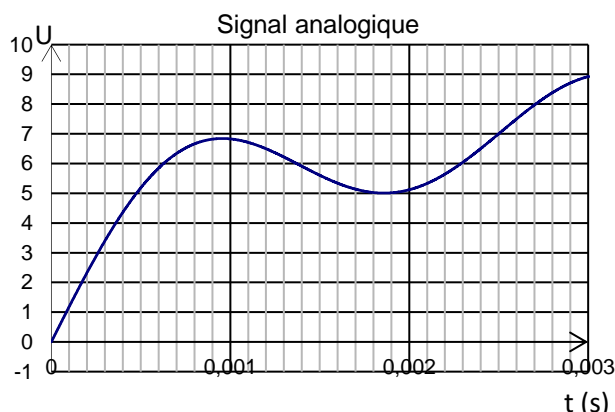
- La numérisation est d'autant meilleure que le signal numérique se rapproche du signal analogique initial. Pour cela on peut agir sur deux paramètres :
  - La fréquence d'échantillonnage : séquence de découpage temporelle
  - La quantification : séquence de découpage de l'amplitude

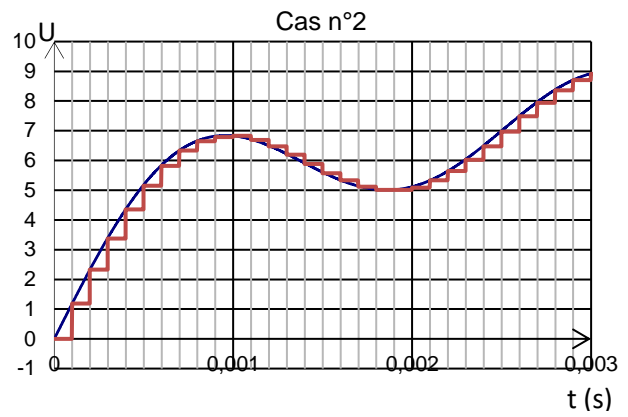
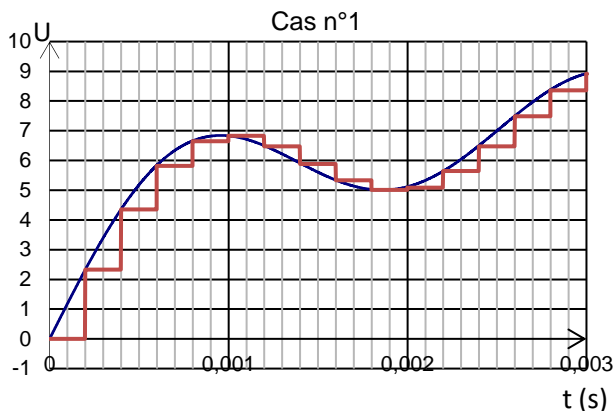
II. Fréquence d'échantillonnage :

- Pour numériser un signal, il faut le découper en échantillons (« samples » en anglais) de durée égale  $T_e$  appelée période d'échantillonnage.
- La fréquence d'échantillonnage correspond au nombre de mesures réalisées par seconde :  $F_e = \frac{1}{T_e}$



Déterminer les périodes et les fréquences d'échantillonnage du signal ci-dessous dans les deux cas envisagés :





|                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| $T_{e1} =$<br><br>$F_{e1} =$ | $T_{e2} =$<br><br>$F_{e2} =$ |
|------------------------------|------------------------------|

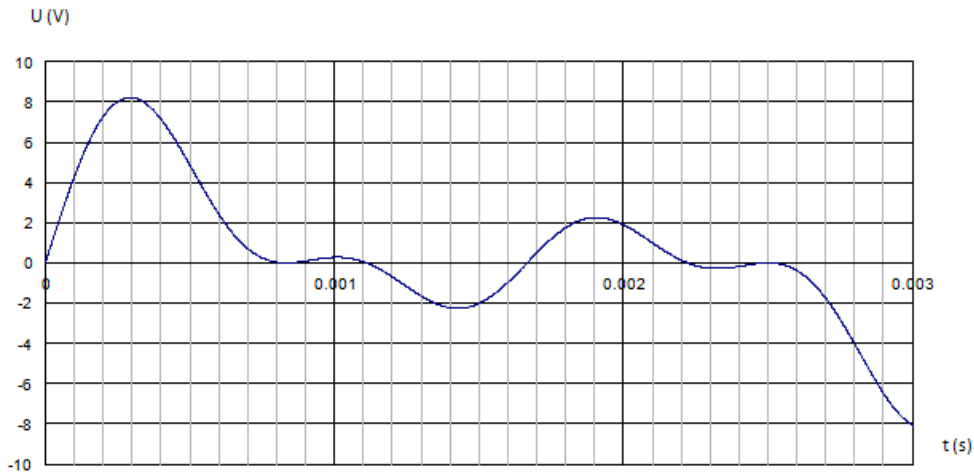
Conclure quant à la relation entre la fidélité du signal numérique et la fréquence d'échantillonnage :

- 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.
  - Expliquer pourquoi les sons des CD sont échantillonnés à 44,1 kHz.
  - La voix humaine est comprise dans une bande de fréquence comprise entre 100 et 3400 Hz. Quelle fréquence d'échantillonnage doit-on choisir pour la téléphonie ?

### III. La quantification :

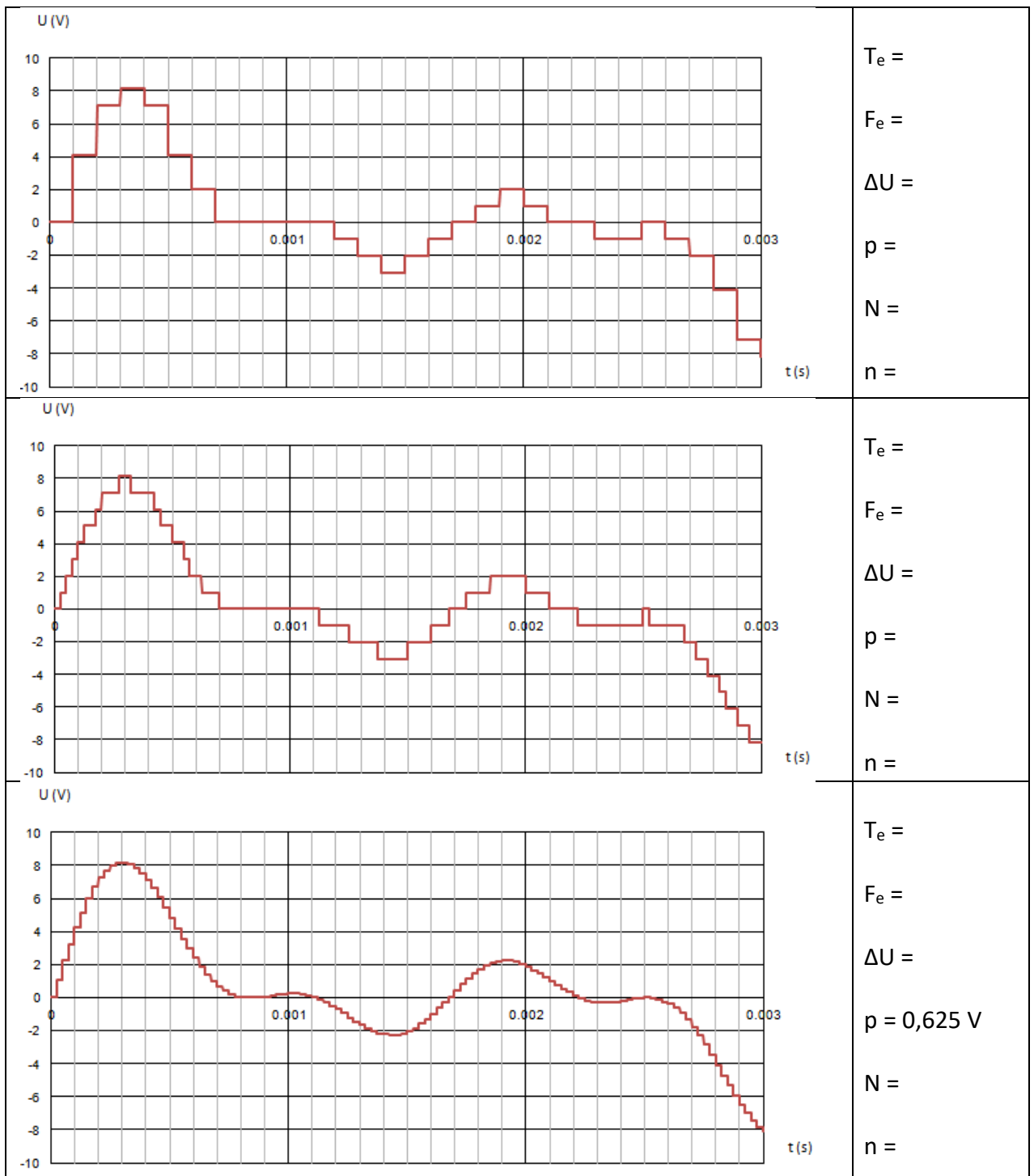
- Lors de la numérisation, il faut également discrétiser les valeurs de l'amplitude du signal. On définit le pas en tension électrique  $p$  d'un convertisseur analogique-numérique comme la plus petite variation de tension que le convertisseur peut coder. Le nombre d'échelons discrets est alors :  $N = \frac{\Delta U}{p}$
- Le niveau de quantification ou « quantification » correspond au nombre de bits  $n$  utilisés pour créer la discrétisation de l'amplitude du signal. Il est relié au nombre d'échelons discrets par :  $2^n = N$

- Exemple :  
On s'intéresse à un signal analogique suivant :



Ce signal a été échantillonné avec différentes fréquences d'échantillonnage et niveaux de quantifications. Pour échantillonnage, déterminer la fréquence d'échantillonnage  $F_e$ , le pas  $p$  du convertisseur et le niveau de quantification  $n$ .

|  |  |
|--|--|
|  | $T_e = 0,00010 \text{ s}$<br>$F_e = \frac{1}{T_e} = 10^4 \text{ Hz}$<br>$\Delta U = 8 - (-8) = 16 \text{ V}$<br>$p = 2 \text{ V}$<br>$N = \frac{16}{2} = 8$<br>$n = 3 (2^3 = 8)$ |
|  | $T_e =$<br>$F_e =$<br>$\Delta U =$<br>$p =$<br>$N =$<br>$n =$  |
|  | $T_e =$<br>$F_e =$<br>$\Delta U =$<br>$p =$<br>$N =$<br>$n =$  |



Conclusion :

Conclure quant à la relation entre la fidélité du signal numérique et la quantification du convertisseur

Quelques ordres de grandeurs :

| Type de support de sons | Quantification choisie |
|-------------------------|------------------------|
| CD audio                | 16 bits                |
| DVD                     | 24 bits                |
| Téléphonie              | 8 bits                 |
| Radio numérique         | 8 bits                 |

▪ Exercices :

1. Calculer le nombre de niveaux discrets dont on dispose pour décrire l'amplitude en 24 bits. Idem en 4 bits.
2. Lequel permettra de bien distinguer un son intense d'un son moins intense ?
3. On suppose qu'un convertisseur analogique-numérique 16bits fonctionne avec une tension maximale  $U_{\max} = 10 \text{ V}$ . Calculer le pas en tension de ce convertisseur.

IV. Poids d'un enregistrement audio :

Le poids d'un enregistrement audio est le nombre d'octet nécessaires au codage de l'enregistrement. On cherche à déterminer le poids d'un morceau de musique d'une durée de  $\Delta t = 3 \text{ min}$  enregistrée avec le convertisseur suivant :

Fréquence d'échantillonnage :  $F_e = 44,1 \text{ kHz}$

Quantification :  $n = 16 \text{ bits}$

Enregistrement stéréo : signifie qu'il y a 2 voies d'enregistrement.

- a. Combien de mesures sont réalisées par le convertisseur chaque seconde pour la numérisation ?
- b. Combien de mesures sont réalisées chaque minute ?
- c. Combien de mesures sont réalisées pour le morceau entier ?
- d. Combien d'octets sont utilisés pour réaliser chaque mesure ?
- e. Combien d'octets sont utilisés pour la conversion du morceau entier ?

Même question pour le son d'un film d'une durée de 110 minutes sur DVD dont les caractéristiques d'enregistrement sont précisées ici : (48 kHz et 24 bits, stéréo)