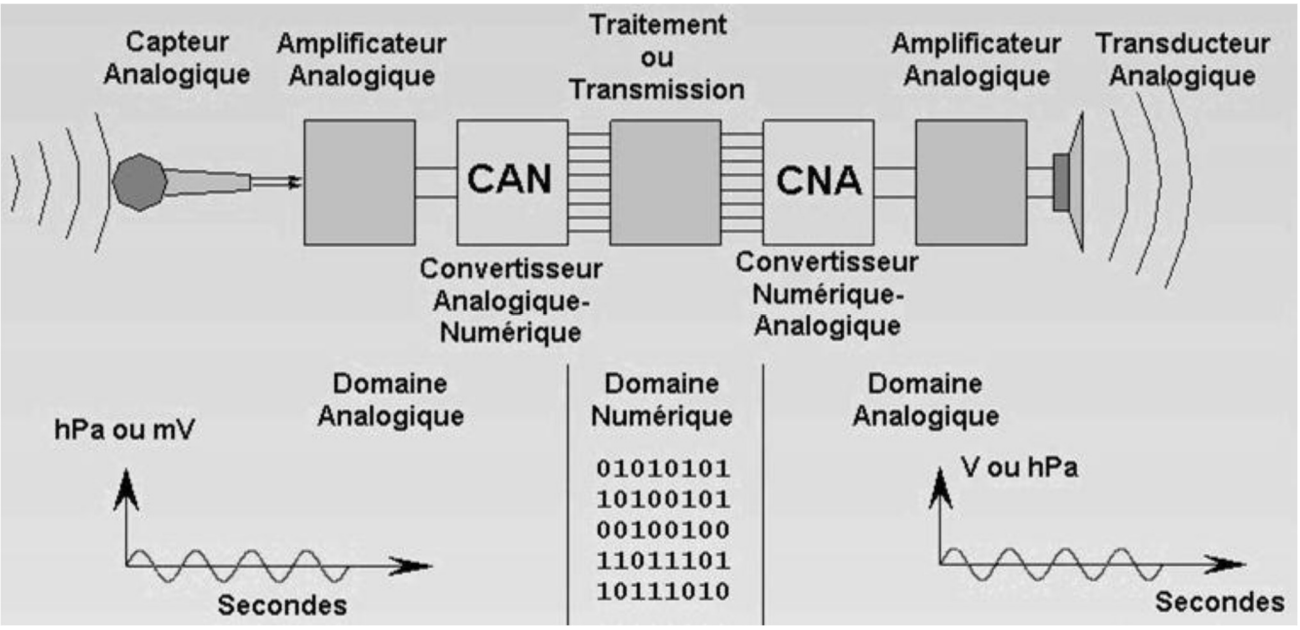
CONVERSION NUMERIQUE-ANALOGIQUE ET ANALOGIQUE-NUMERIQUE

A) Présentation :

I°) Conversion :

Afin d'être utilisable par les ordinateurs, les valeurs analogiques doivent être converties en valeurs numériques. Elles seront exploitées et stockées sous forme numériques.
Cette transformation est appelé conversion.
CAN : Conversion Analogique Numérique CNA : Conversion Numérique Analogique

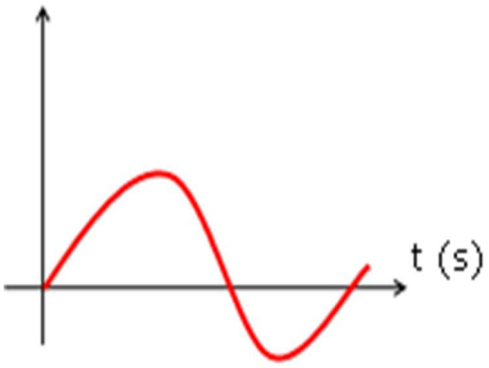


II°) Grandeurs analogiques et numériques :

1°) Grandeur analogique (noté ∩): C'est une grandeur qui varie dans le temps de façon continue et qui peut prendre une infinité de valeur, par exemple, la température ou la vitesse d'un véhicule.

Citer 5 grandeurs analogiques et leur unité de mesure

-
-
-
-
-

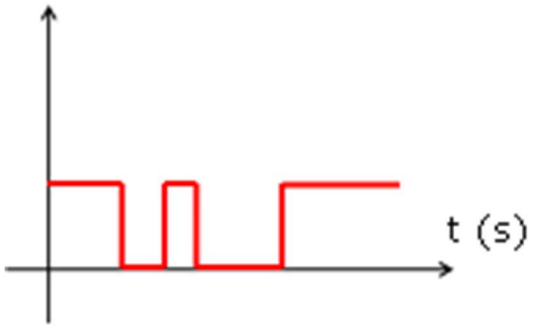


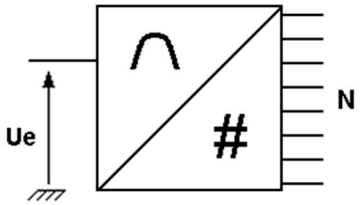
2°) Grandeur numérique (noté **#**):

C'est une grandeur qui varie dans le temps de manière discontinue, par exemple, le nombre de voyageurs franchissant un portillon, l'indication d'une pendule à affichage numérique. C'est donc toujours un nombre entier. En électronique, on utilise surtout des grandeurs numériques formées de 0 et de 1 logiques, qui présentent de nombreux avantages par rapport aux grandeurs analogiques (tension ou courant) : insensibilité aux bruits, aux distorsions, facilité de mémorisation et de restitution

Citer l'exemple de signaux numériques

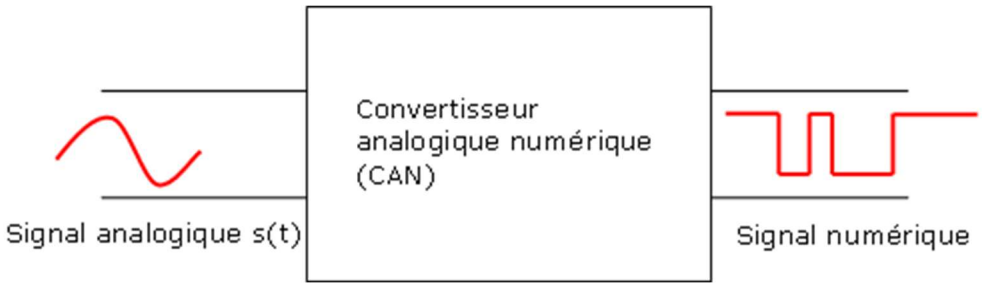
-
-
-





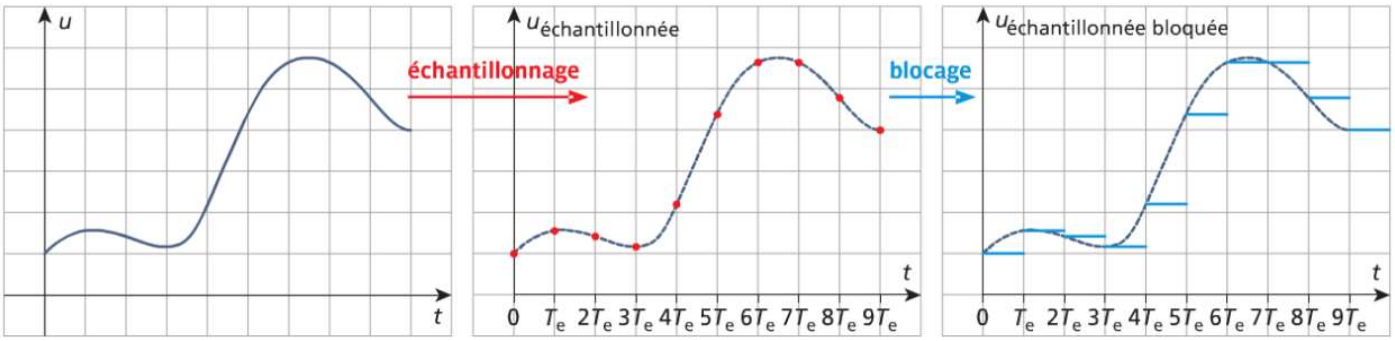
B) CONVERSION NUMERIQUE – ANALOGIQUE #/∩ (CNA) :

1) Principe

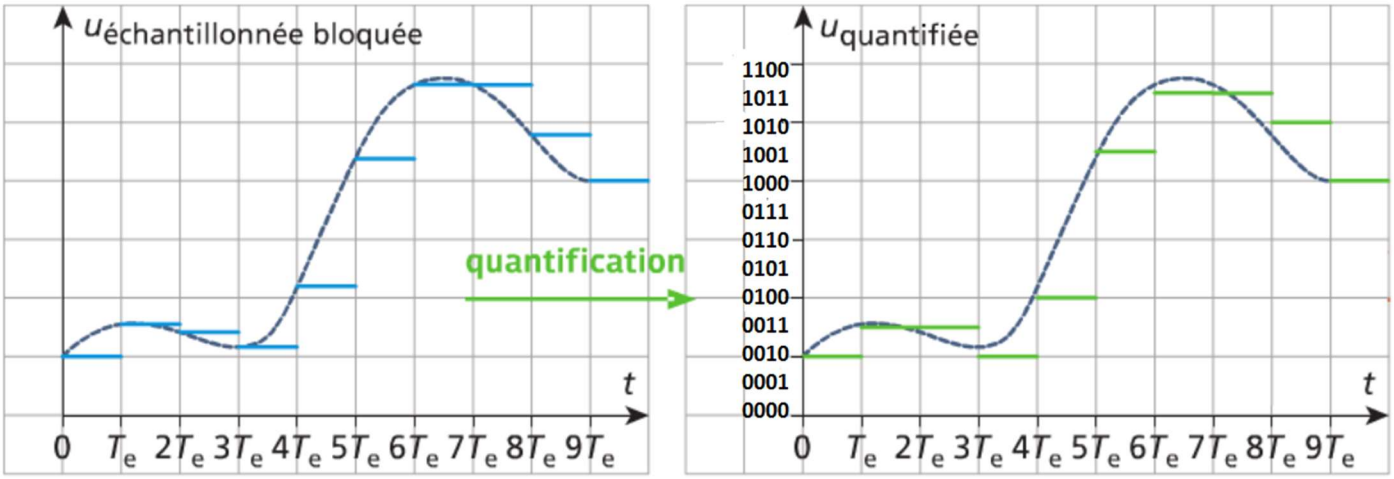


- **Première étape : l'échantillonnage**
  Le CAN prélève des échantillons du signal analogique à intervalles de temps $\boldsymbol{T_e}$ appelé période d'échantillonnage.
  La fréquence d'échantillonnage $\boldsymbol{f_e = \frac{1}{T_e}}$ est le nombre d'échantillons prélevé par seconde.

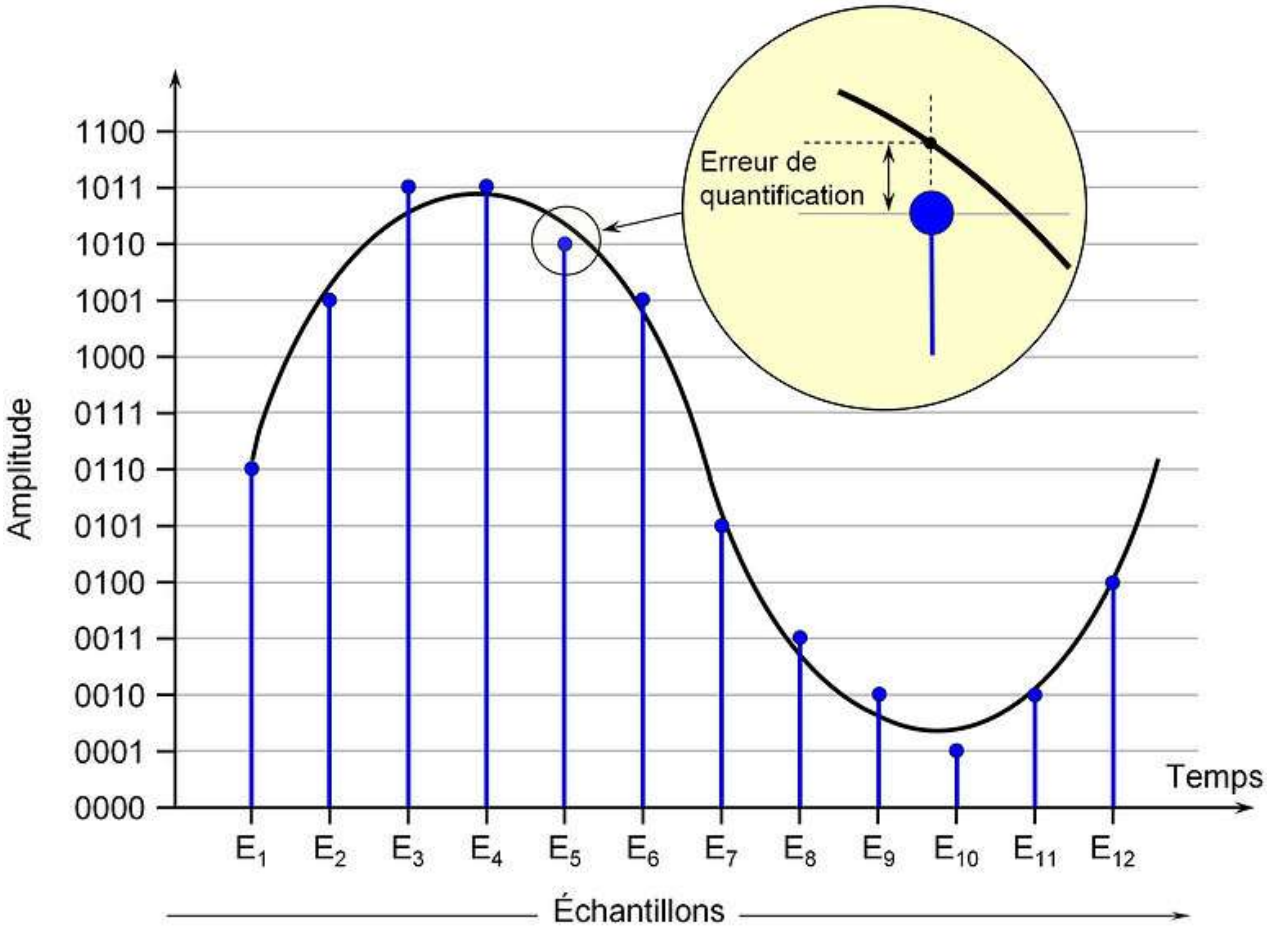
- **Deuxième étape : le blocage**
  Il permet de garder constant la tension échantillonnée pendant l'intervalle de temps $\boldsymbol{T_e}$ séparant 2 échantillons.



- **Troisième étape : la quantification**
  La valeur de l'échantillon est comparée à l'ensemble des valeurs permises par la résolution du CAN. Elle est remplacée par la valeur permise la plus proche.



Lors de la quantification, on arrondit et donc on génère une erreur de quantification.
Plus l'erreur est grande, et plus le signal numérisé sera dégradé par rapport au signal analogique.

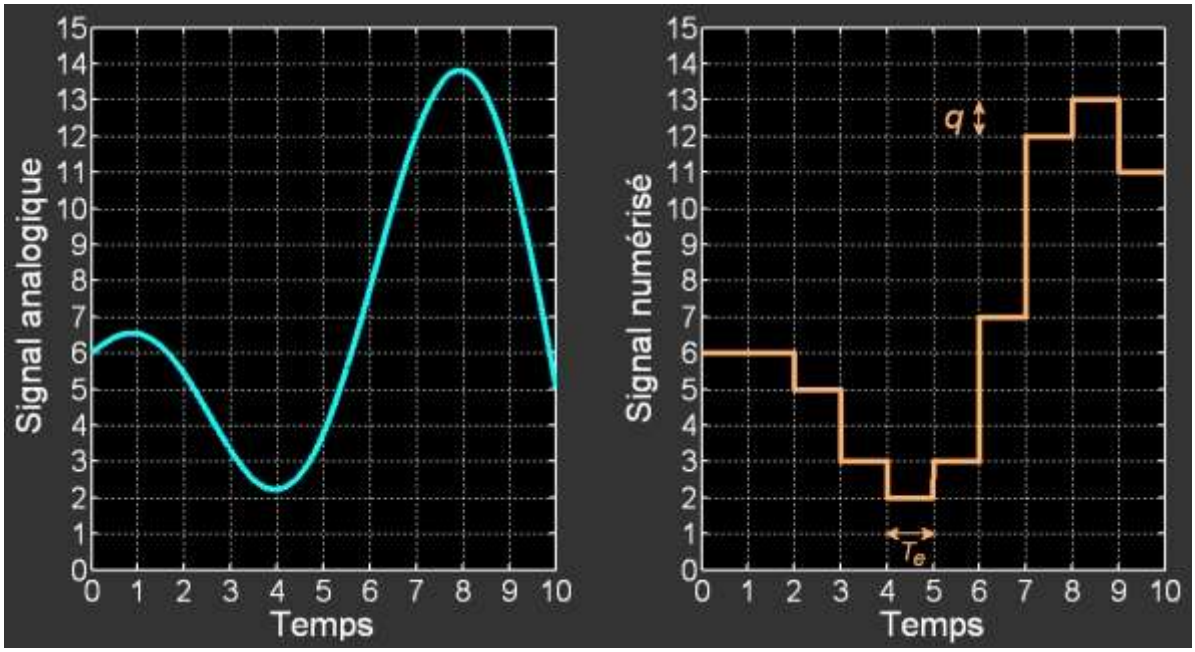


- **Dernière étape : le codage :**
  la valeur permise est codée par un nombre binaire à N bits (N étant la résolution du CAN).

  Exemple :
  Le signal analogique précédent numérisé par un CAN 4 bits :

0010	**0011**	**0011**	**0010**	**0100**	**1001**	**1011**	**1011**	**1010**	**1000**

Exemple de conversion avec une résolution de 4 bits (16 valeurs)



La résolution ou le quantum pour un CAN :
En électronique, le quantum correspond à la plus petite variation de la tension analogique que le CAN peut détecter.

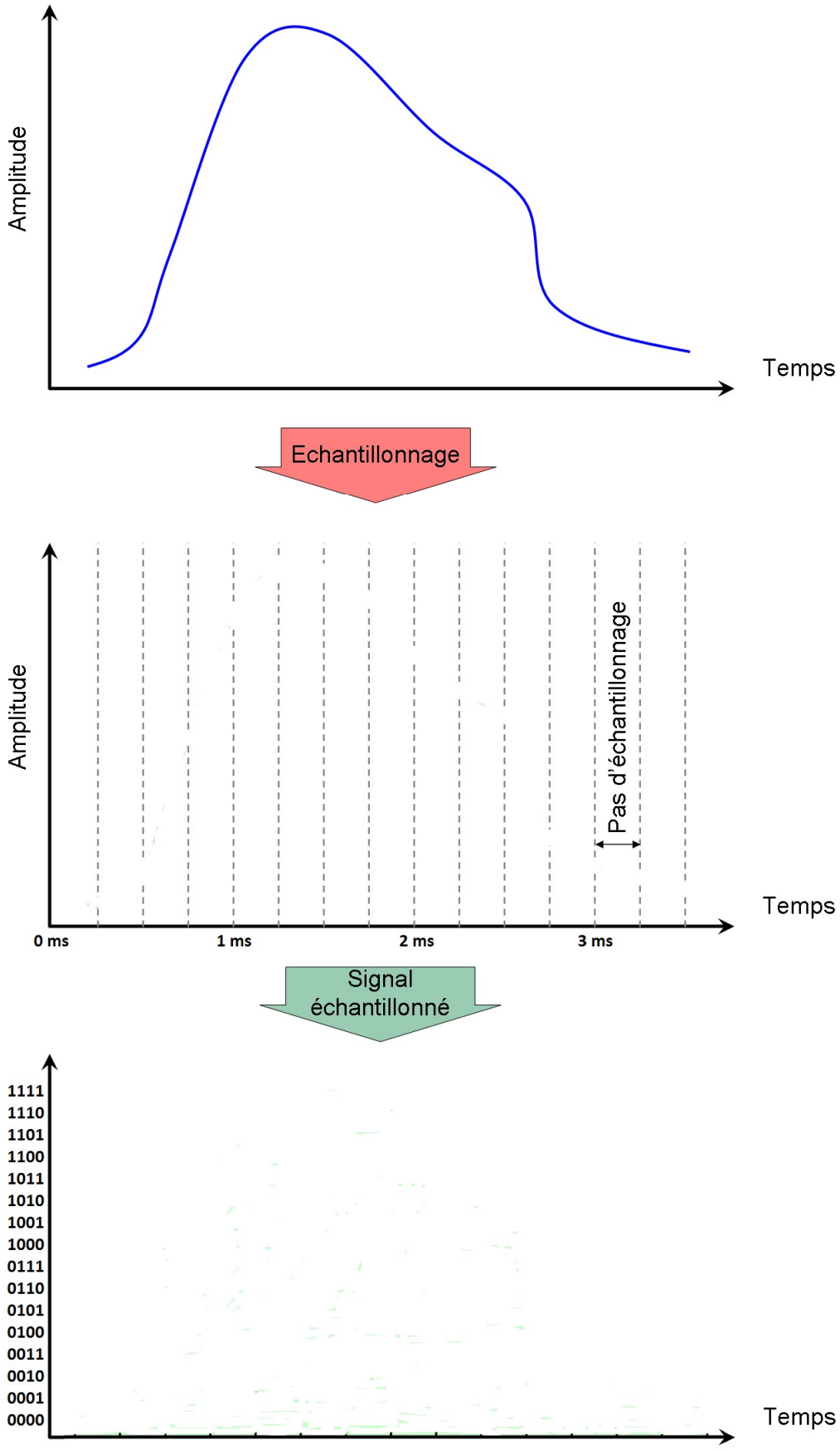
$$q = \frac{V_{réf+} - V_{réf-}}{2^n}$$

Exemple :
Le quantum pour un CAN 8 bits avec $V_{réf+} = 5\ V\ et\ V_{réf-} = 0$

$$q = \frac{5-0}{2^4} \approx 0{,}02\ V = 20\ mV$$

Calcul :
Calculer la quantum pour un CAN 10 bits avec $V_{réf+} = 5\ V\ et\ V_{réf-} = 0$.

Exercice : réaliser un échantillonnage à 4 KHz avec une résolution de 4 bits de la grandeur physique ci-dessous



Résultat de la numérisation :

Sachant $V_{réf+} = 5\ V\ et\ V_{réf-} = 0$, combien de valeurs différentes de quantification sont possibles ?

Pour mémoriser un signal numérique de 4 ms, combien de bits de données va-t-on avoir ?

Si le signal dure 10 minutes, combien de bits seront nécessaires pour mémoriser numériquement ce signal ?

Sachant qu'un kilo octet vaut 1024 octets, donnez le résultat précédent en ko

On veut améliorer la qualité du signal numérisé.

Option 1 : **augmenter la résolution du convertisseur**

	CAN 4 bits	CAN 5 bits	CAN 8 bits	CAN 10 bits
Nbre valeurs possibles				
Quantum				
Taille 10 min de signal				

Option 2 : augmenter la fréquence d'échantillonnage

On peut aussi augmenter la fréquence d'échantillonnage (en gardant 4 bits de résolution) :

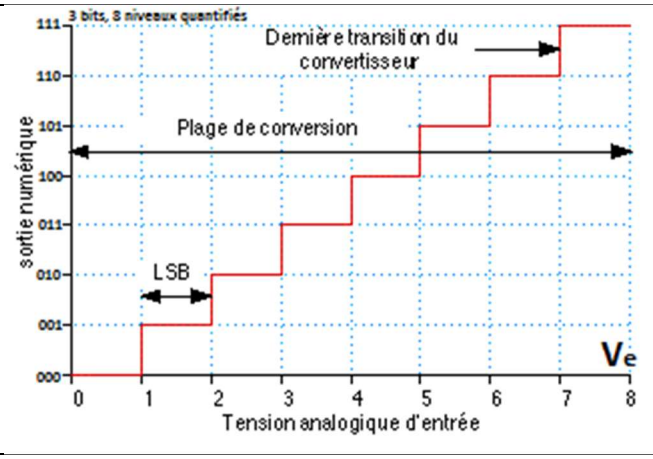
fréquence d'échantillonnage	4 KHz	8 KHz (téléphonie)	44 Khz (CD audio)
Période d'échantillonnage			
Taille 10 min de signal			

La taille mémoire nécessaire à la numérisation d'un signal non compressé en bits est donnée par :

$$Taille\ (bits) = \ Durée\ (s) * \ f_e(H_z) * \ N * N_{bre\ de\ voies}$$

$1\ K_o = 1024$	fréquence d'échantillonnage	Nbre de bits du convertisseur	Taille d'une minute
Téléphone	$8\ kH_z$	8 Bits	$469\ K_o$
Radio FM	$32\ kH_z$	16 Bits	$3750\ K_o$
CD Audio	$44{,}1\ kH_z$	16 Bits	$5168\ K_o$

Fonction de transfert du CAN :



Détermination de la valeur binaire de sortie en fonction de la tension d'entrée :

Cette opération se fait en 3 étapes :

1- Division de la tension à convertir V_e par le quantum(LSB)

$$N = \frac{V_e}{q}$$

2- Arrondir à l'entier inférieur

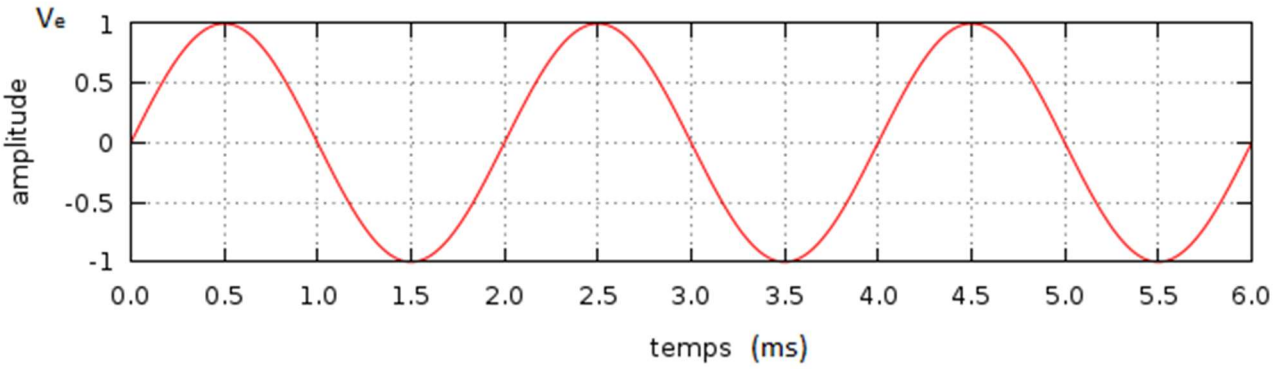
3- Convertir en binaire

Le théorème de Shannon (1948)

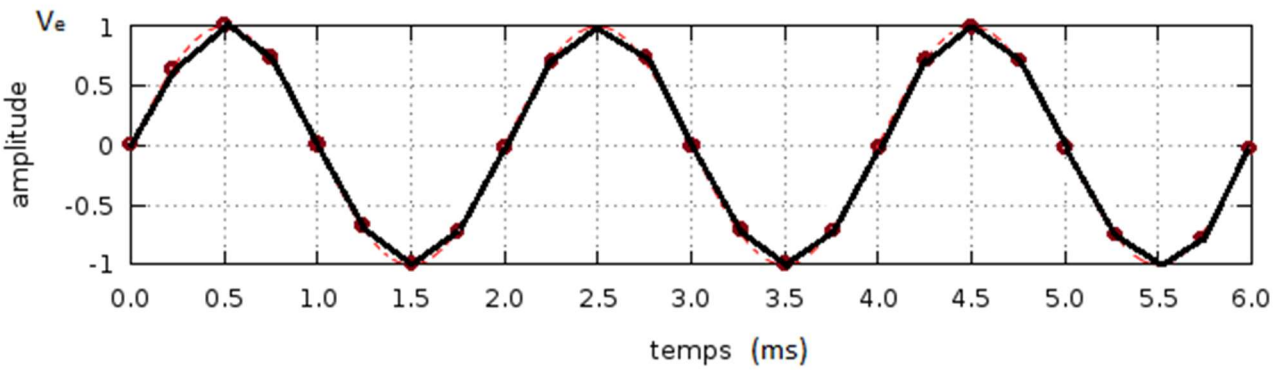
La fréquence d'échantillonnage correspond au nombre d'échantillon que l'on va capturer en 1s, elle s'exprime en Hz.

$$f_e\ (H_z) = \frac{1}{T_e(s)}$$

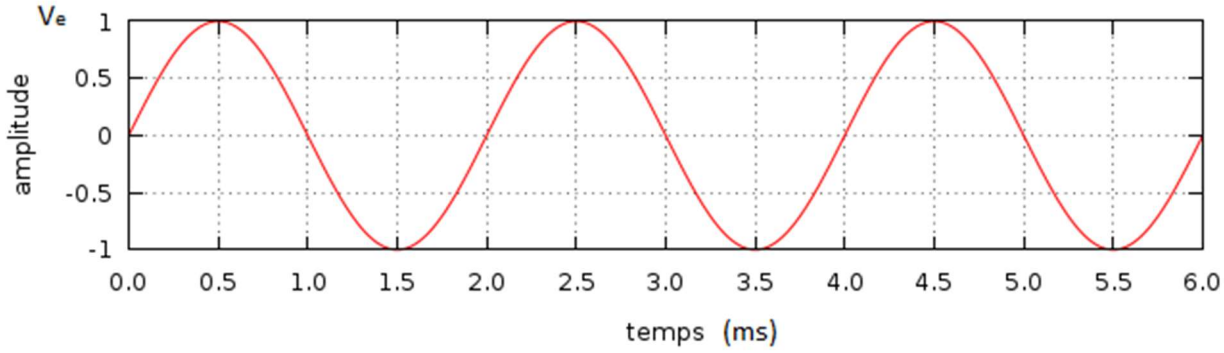
Soit le signal analogique suivant, calculer sa fréquence f_0



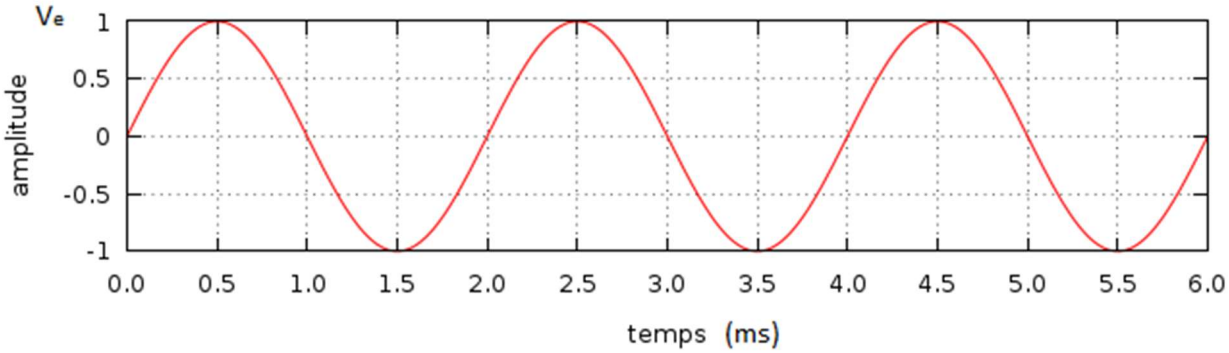
Voici ce que donne un échantillonnage à la période $T_e = 0{,}25\ ms\ soit\ f_e = 4\ kH_z$



Echantillonnez le signal à la fréquence $f_e = 2\ kH_z$



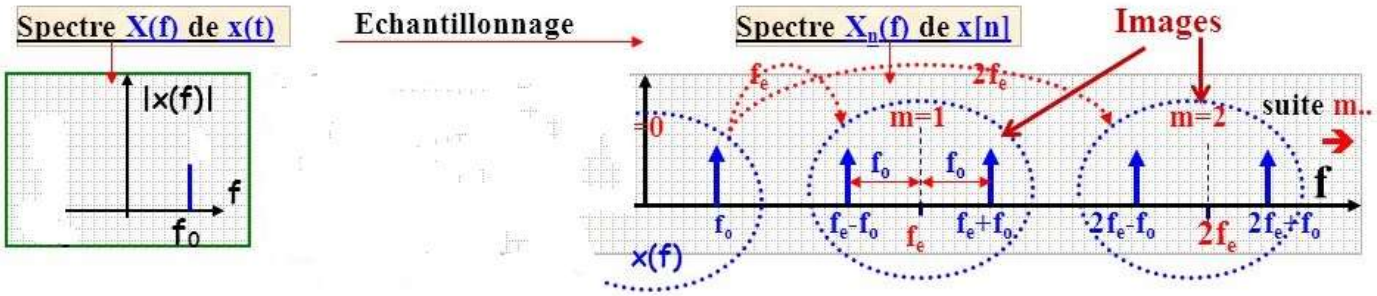
Echantillonnez le signal à la fréquence $f_e = 666{,}66\ H_z$



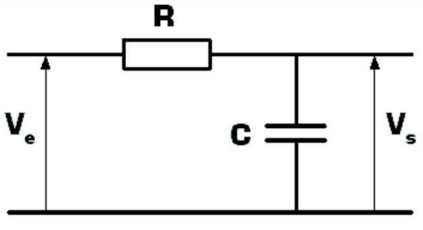
La fréquence du signal numérisé est-elle fidèle à l'original ?

Théorème de Shannon énonce que la fréquence d'échantillonnage doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans le signal à numériser.

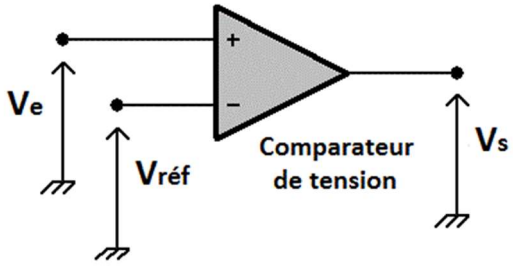
Du point de vue fréquentiel :

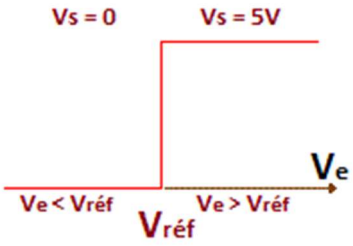


A la restitution du signal échantillonné, des fréquences parasites apparaissent, on devra les éliminer en utilisant un filtre passe bas.



Le comparateur de tension :

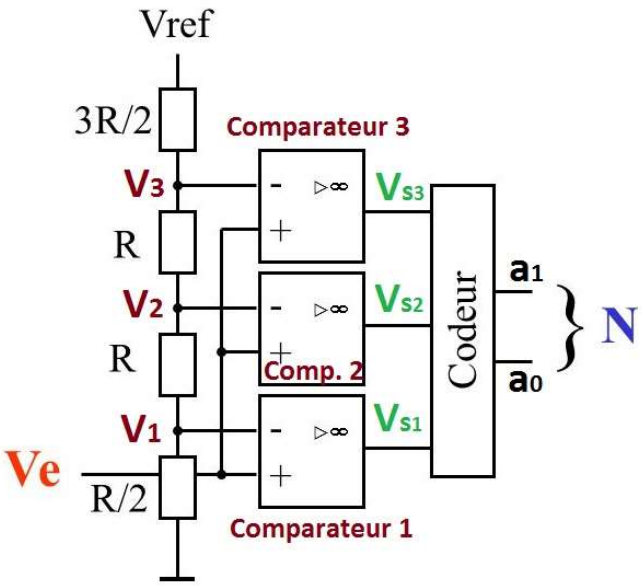


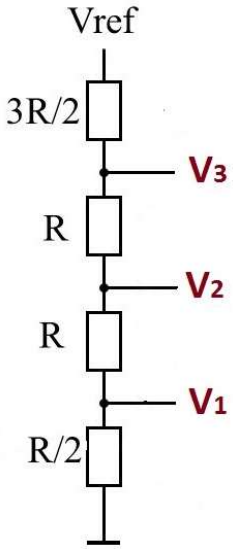


On compare la tension Ve à une tension de référence Vréf :

Si Ve < Vréf, la sortie Vs = 0 V
Si Ve > Vréf, la sortie Vs = Vcc = 5V

Le CAN Flash ou CAN parallèle permet une conversion A/N très rapide, elle utilise des comparateurs de tension en parallèle.





Calculer les tensions de référence V_1 , V_2 et V_3 en utilisant la loi du pont diviseur de tension.

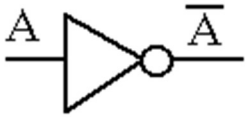
Compléter le tableau suivant :

(pour simplifier on notera « 0 » pour 0 V et « 1 » pour 5 V).

Entrée comparateurs	**Sorties des comparateurs**		
Ve	Vs3	Vs2	Vs1
$Ve \leq 1\,V$			
$1\,V \leq Ve < 3\,V$			
$3\,V \leq Ve < 5\,V$			
$5\,V \leq Ve$			

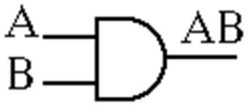
Etude du codeur du CAN Flash

On rappelle les portes logiques de base et leurs tables de vérité :



OPERATEUR NON (NOT)

Entrée (A)	Sortie
0	1
1	0



OPERATEUR ET (AND)

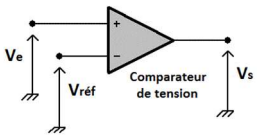
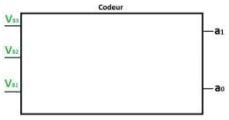
A	B	AB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



OPERATEUR OU (OR)

A	B	AB
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Afin d'obtenir notre sortie du CAN, concevez le codeur à l'aide des portes logiques ci-dessus.

Tension analogique (Ve)	Comparateurs	Sorties numériques	Codeur	Sorties CAN
$Ve \leq 1\,V$ $1\,V \leq Ve < 3\,V$ $3\,V \leq Ve < 5\,V$ $5\,V \leq Ve$		V_{S3} V_{S2} V_{S1} 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1		a1 a2 0 0 0 1 1 0 1 1

