

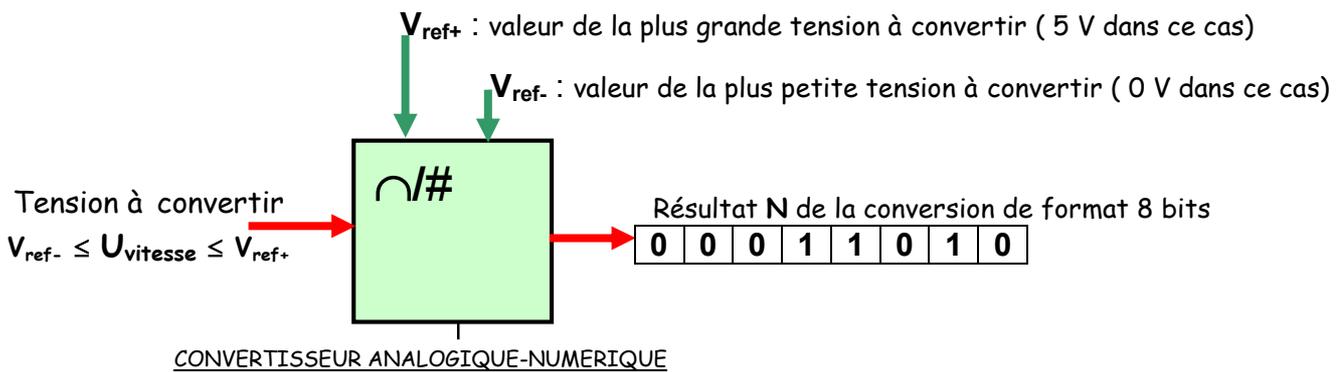
La conversion analogique-numérique

La différence de potentiels U_{vitesse} , engendrée par le potentiomètre, représente la consigne de vitesse du chariot de golf réglée par l'utilisateur.

U_{vitesse} est une **grandeur analogique**. On peut lui attribuer une infinité de valeurs comprises entre 0 et 5 Volts.

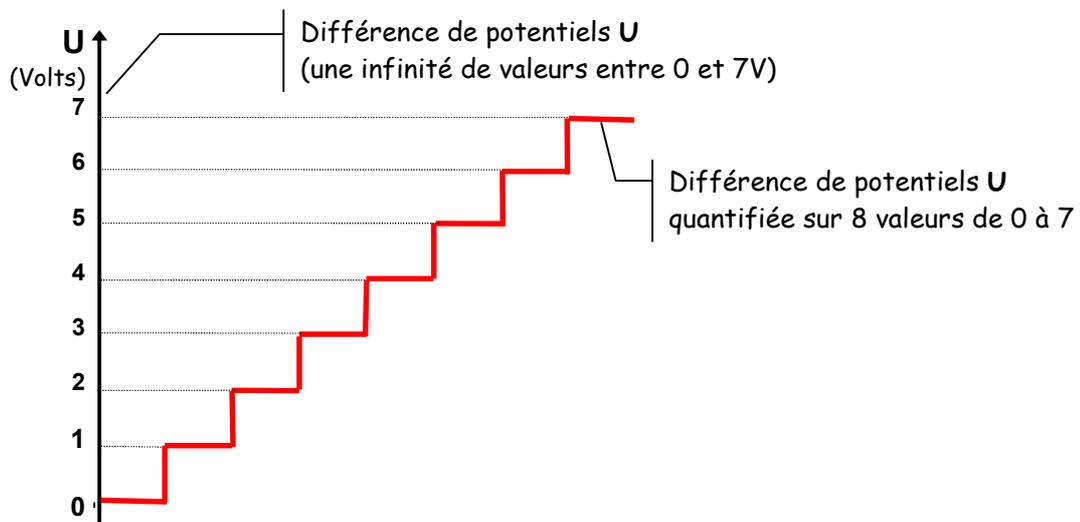
Une unité de traitement programmé de l'information traite et mémorise exclusivement des variables **numériques**. Contrairement à une grandeur analogique, on ne peut attribuer à un nombre binaire, de format n bits, qu'un nombre fini de valeurs égal à 2^n .

Il est donc nécessaire d'intercaler, entre le potentiomètre et l'unité de traitement, une fonction qui réalise une **conversion analogique-numérique**. Le composant intégré qui remplit cette fonction est un **convertisseur analogique-numérique**.



- Les deux valeurs $V_{\text{ref+}}$ et $V_{\text{ref-}}$ appliquées au convertisseur analogique-numérique définissent l'intervalle $[V_{\text{ref-}}, V_{\text{ref+}}]$ dans lequel se situe la tension U_{vitesse} à convertir. Cet intervalle est appelé **pleine échelle** du CAN.
- Le nombre de valeurs de U_{vitesse} étant infinies, et celles du nombre N finies, il est impossible de faire correspondre une valeur de N à chaque valeur de U_{vitesse} . L'ensemble $[V_{\text{ref-}}, V_{\text{ref+}}]$ des valeurs de U_{vitesse} sera donc **quantifié**, c'est à dire réduit à un nombre fini de valeurs égal à 2^n (n est le format du résultat de la conversion).

Exemple de quantification d'une différence de potentiels U .



- Les valeurs quantifiées (marches de l'escalier) sont numérotées, dans l'ordre croissant, par attribution d'un nombre binaire N compris entre 0 et $2^n - 1$.
- Le quantum, notée q , est l'intervalle entre deux valeurs quantifiées successives :

$$q = (V_{\text{ref}+} - V_{\text{ref}-}) / 2^n.$$

C'est aussi la **résolution** du convertisseur analogique-numérique.

- Le résultat de la conversion d'une valeur de U_{vitesse} est le numéro N de la valeur quantifiée arrondie par défaut.

$$N \approx \text{partie entière}(U_{\text{vitesse}} / q)$$

Plus exactement :

$$N = \text{partie entière}(U_{\text{vitesse}} / q + 0,5)$$

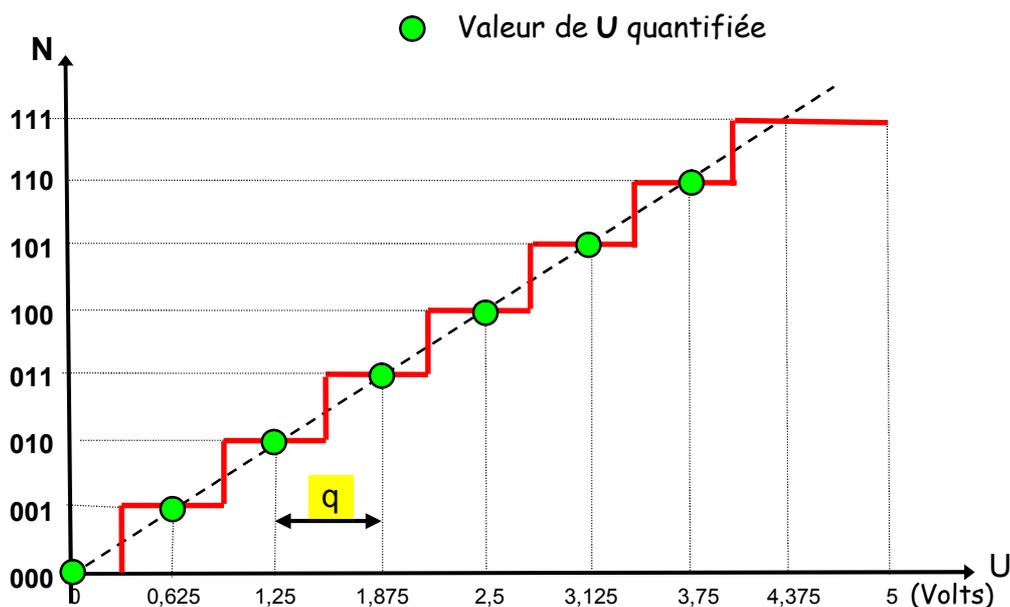
Exemple :

Convertisseur 3 bits avec $V_{\text{ref}+} = 5$ Volts et $V_{\text{ref}-} = 0$ Volt :

- le format du résultat de la conversion ($n = 3$ bits) permet d'obtenir le nombre de valeurs quantifiées : $2^n = 8$,
- $V_{\text{ref}+}$ et $V_{\text{ref}-}$ permettent d'obtenir la pleine échelle du convertisseur soit $V_{\text{ref}+} - V_{\text{ref}-} = 5$ V,
- la pleine échelle et le format du résultat de la conversion permettent d'obtenir le quantum :

$$q = (V_{\text{ref}+} - V_{\text{ref}-}) / 2^n = 5 / 2^3 = 0,625 \text{ volt}$$

A cause de la quantification, la représentation graphique de la fonction de transfert : $U \rightarrow N$ du convertisseur analogique-numérique a la forme d'un escalier.



Remarque :

À cause de la quantification, la conversion analogique-numérique engendre une perte d'informations puisque toutes les valeurs de U ne sont pas représentées numériquement. Cette perte d'informations est d'autant moins importante que le nombre de valeurs quantifiées est grand.

Exemples : Avec $V_{ref+} = 5$ Volts et $V_{ref-} = 0$ Volt.

| Format du résultat de conversion (bits) | Fonctionnement unipolaire | | $q = (V_{ref+} - V_{ref-})/2^n$ (mV) |
|--|---------------------------|-----------------------|---|
| | Résultat de conversion | Pleine échelle (Volt) | |
| 8 | $0 \leq N \leq 255$ | 5 | 19,6 mV |
| 10 | $0 \leq N \leq 1024$ | | 4,9 mV |
| 12 | $0 \leq N \leq 4095$ | | 1,22 mV |
| 16 | $0 \leq N \leq 65\,535$ | | 0,076 mV |

1. La pleine échelle du convertisseur de format 16 bits est comprise entre 0 et 6,5536 Volts. Quel est le résultat de la conversion d'une tension égale à 3,1200 Volts ?

$$q = (V_{ref+} - V_{ref-}) / 2^n = 6,5536 / 65\,536 = 0,1 \text{ mV}$$

$$N \approx \text{partie entière}(U / q) = \text{partie entière}(3,12 / 0,1 \times 10^{-3})$$

$$N = 111\,1001\,1110\,0000 = (31\,200)_{10}$$

2. La pleine échelle du convertisseur de format 10 bits est comprise entre 0 et 5 Volts. Quel est le résultat de la conversion d'une tension égale à 3,106 Volts ?

$$q = (V_{ref+} - V_{ref-}) / 2^n = 5 / 1024 = 0,1 \text{ mV}$$

$$N \approx \text{partie entière}(U / q) = \text{partie entière}(3,106 / 4,88 \times 10^{-3})$$

$$N = 10\,0111\,1100 = (636)_{10}$$

3. La pleine échelle du convertisseur bipolaire de format 8 bits est comprise entre -5 et 5 Volts. Le résultat de la conversion utilise le code qui permet le codage des entiers relatifs (revoir le cours consacré au codage). Le résultat de la conversion de la tension égale à 5 Volts est 0111 1111. Le résultat de la conversion de la tension égale à -5 Volts est 10000000. Quel est le résultat de la conversion d'une tension égale à 1,25 Volts et de la tension égale à -4,46 Volts ?

$$q = (V_{ref+} - V_{ref-}) / 2^n = 10 / 255 = 39,21 \text{ mV}$$

$$1,25 \text{ V} \quad N \approx \text{partie entière}(U / q) = \text{partie entière}(1,25 / 39,21 \times 10^{-3}) = \text{pe}(31,87) = 31$$
$$N = (31)_{10} = 000\,1111$$

$$4,46 \text{ V} \quad N \approx \text{partie entière}(U / q) = \text{partie entière}(4,46 / 39,21 \times 10^{-3}) = \text{pe}(113,74) = 113$$
$$(113)_{10} = 0111\,0001 \quad (-113)_{10} = 1000\,1110 + 1 = 1000\,1111$$