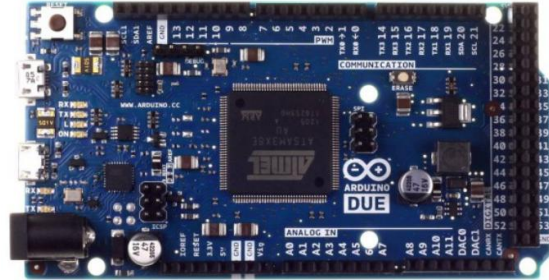


CONVERSION D'UNE INFORMATION (CAN-CNA)

Carte son (CAN - CNA)



Carte Arduino DUE (disposant d'un CAN - CNA 12 bits)

Objectifs du COURS :

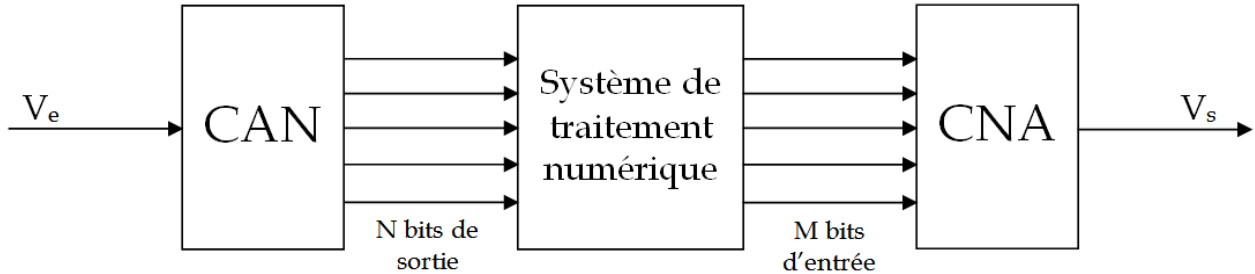
Ce cours traitera essentiellement les points suivants :

- chaîne de traitement numérique et symbolisation
- caractéristiques des convertisseurs :
 - caractéristique de transfert
 - résolution et quantum
 - temps de conversion et temps d'établissement
- imperfections des convertisseurs :
 - précision (accuracy)
 - erreur de quantification du CAN
 - erreur de décalage (offset error)
 - erreur de linéarité
 - erreur de gain (gain error)
- technologies des convertisseurs :
 - différents types de convertisseurs
 - principe de fonctionnement des convertisseurs

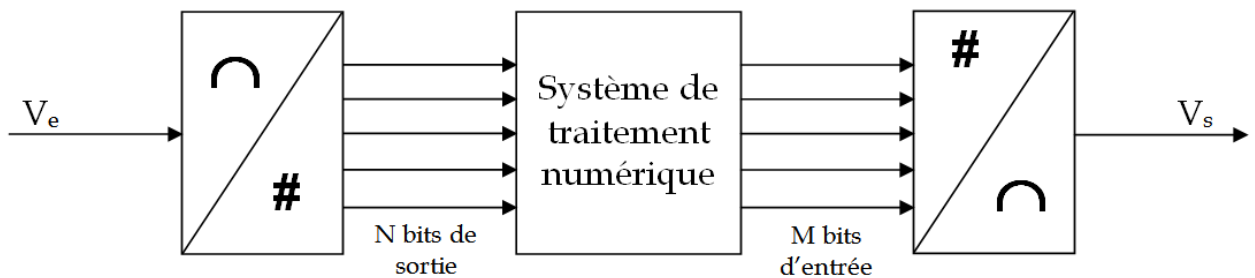
MISE EN SITUATION

Les Convertisseurs Analogique-Numérique (CAN) et Numérique-Analogique (CNA) servent d'interface entre « le monde extérieur » et le système de traitement numérique.

CHAÎNE DE TRAITEMENT NUMÉRIQUE D'UN PROCÉDÉ



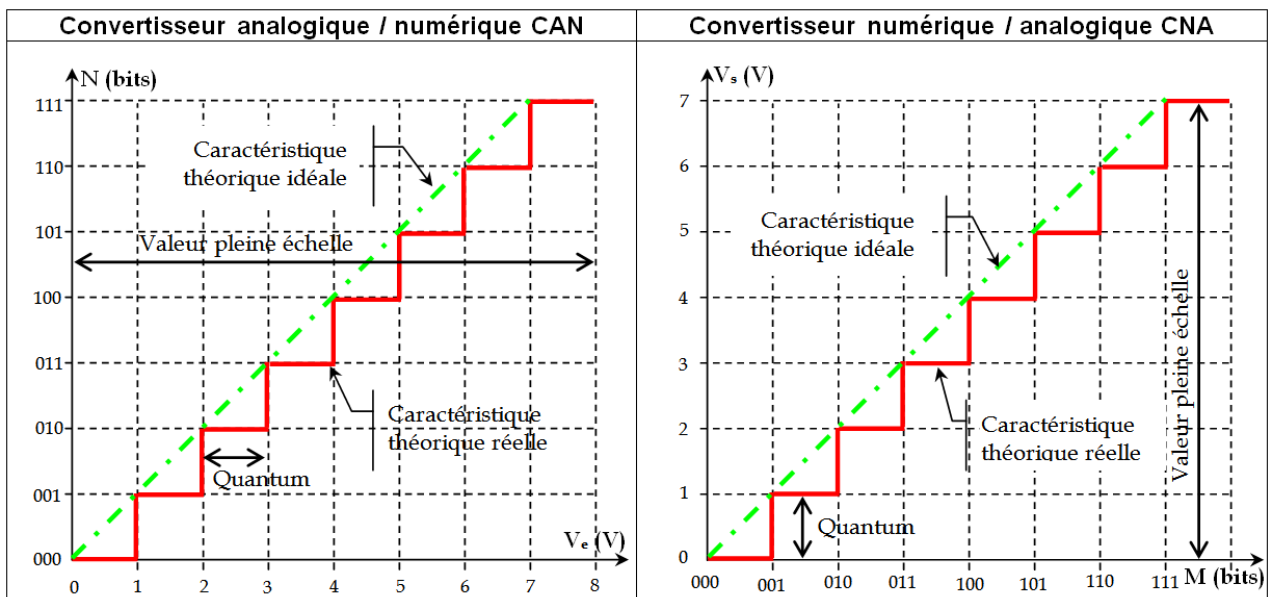
SYMBOLISATION



CARACTÉRISTIQUES DES CONVERTISSEURS

CARACTÉRISTIQUE DE TRANSFERT

La caractéristique d'un convertisseur analogique-numérique ou numérique-analogique est la courbe représentant la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée.



RÉSOLUTION ET QUANTUM D'UN CONVERTISSEUR

Convertisseur analogique / numérique CAN	Convertisseur numérique / analogique CNA
<p>La résolution est la plus petite variation du signal analogique d'entrée qui provoque un changement d'une unité sur le signal numérique en sortie. Cette résolution est liée au quantum.</p> <p>La valeur du quantum dépend de la tension Pleine Echelle (PE ou FS Full Scale), et elle est donnée par la relation :</p> $q = \frac{\text{ValeurPleineEchelle}}{2^{\text{nombredebits}}}$	<p>La résolution est la plus petite variation qui se répercute sur la sortie analogique à la suite d'un changement d'une unité sur le signal numérique d'entrée. Cette résolution est liée au quantum.</p> <p>La valeur du quantum dépend de la tension Pleine Echelle (PE ou FS Full Scale), et elle est donnée par la relation :</p> $q = \frac{\text{ValeurPleineEchelle}}{2^{\text{nombredebits}} - 1}$

q s'exprime en **V** ou en **A**.

La résolution s'exprime en % de la PE, la valeur de PE est donnée par la documentation constructeur du circuit.

TEMPS DE CONVERSION ET D'ÉTABLISSEMENT (SETTING TIME)

CAN	CNA
<p>C'est le temps nécessaire au convertisseur pour stabiliser la donnée numérique en sortie après qu'une tension analogique stable ait été appliquée à l'entrée du convertisseur.</p> <p>On dit aussi T_c : temps qui sépare l'instant de déclenchement de la conversion et l'instant de fin de conversion.</p>	<p>C'est le temps nécessaire à la stabilisation de la tension analogique de sortie après une transition du mot numérique d'entrée du convertisseur.</p>

IMPERFECTIONS DES CONVERTISSEURS

PRÉCISION (ACCURACY)

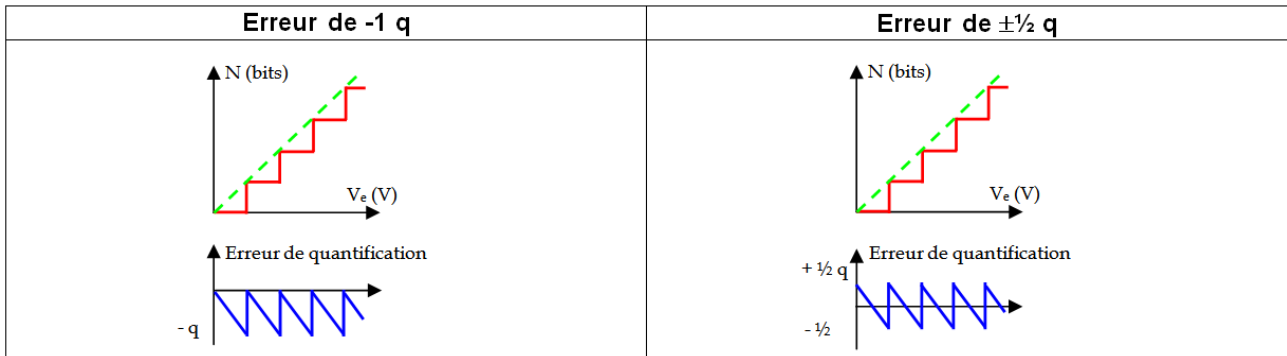
Elle caractérise l'écart maximal entre la valeur théorique en sortie et la valeur réelle. La précision tient compte de toutes les erreurs citées ci-après.

La précision s'exprime :

- en % de la valeur pleine échelle
- ou en multiple du quantum

ERREUR DE QUANTIFICATION

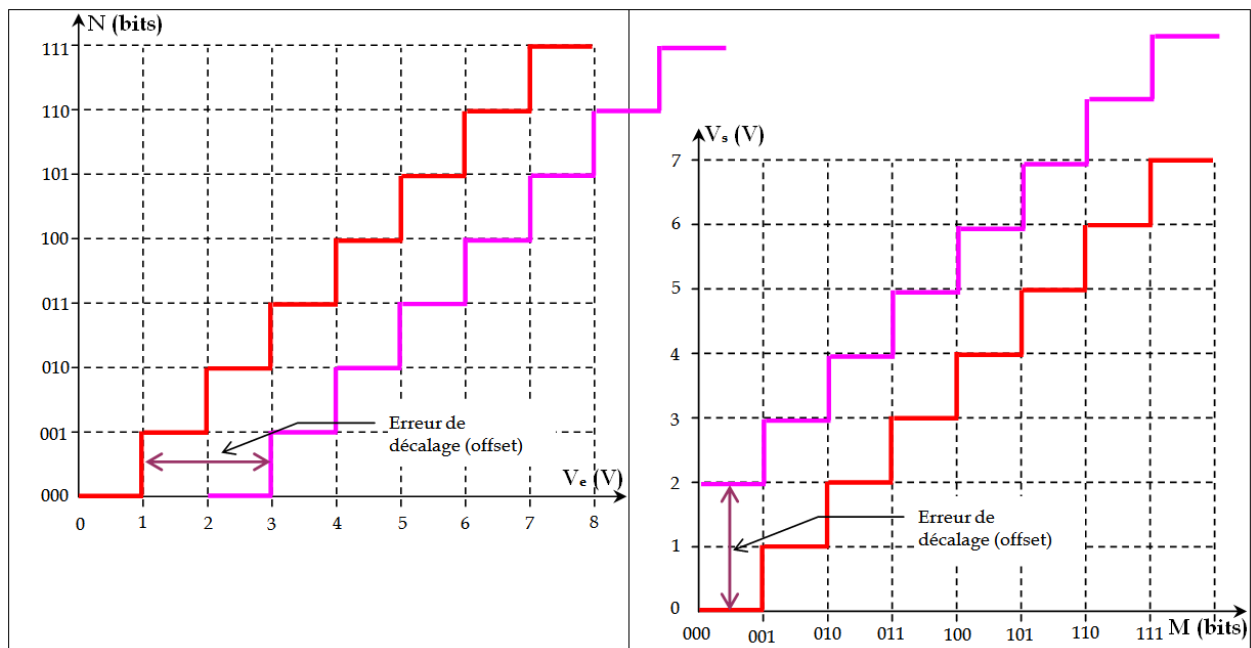
Cette erreur, systématique, est due à la discrétisation du signal d'entrée. Elle est en général de $-1 q$ ou $\pm \frac{1}{2} q$.



C'est l'écart entre la tension que l'on convertit (entrée du CAN) et la tension correspondant au code que l'on obtient (sortie du CNA).

ERREUR DE DÉCALAGE (OFFSET ERROR)

Cette erreur, systématique, est due à la présence d'offset des ALI (Amplificateur Linéaire Intégré) et comparateurs au sein du convertisseur.



C'est un décalage entre la courbe de transfert idéal et la courbe réelle.

Cette erreur est exprimée :

- en % de la valeur pleine échelle
- ou en multiple du quantum

ERREUR DE LINÉARITÉ

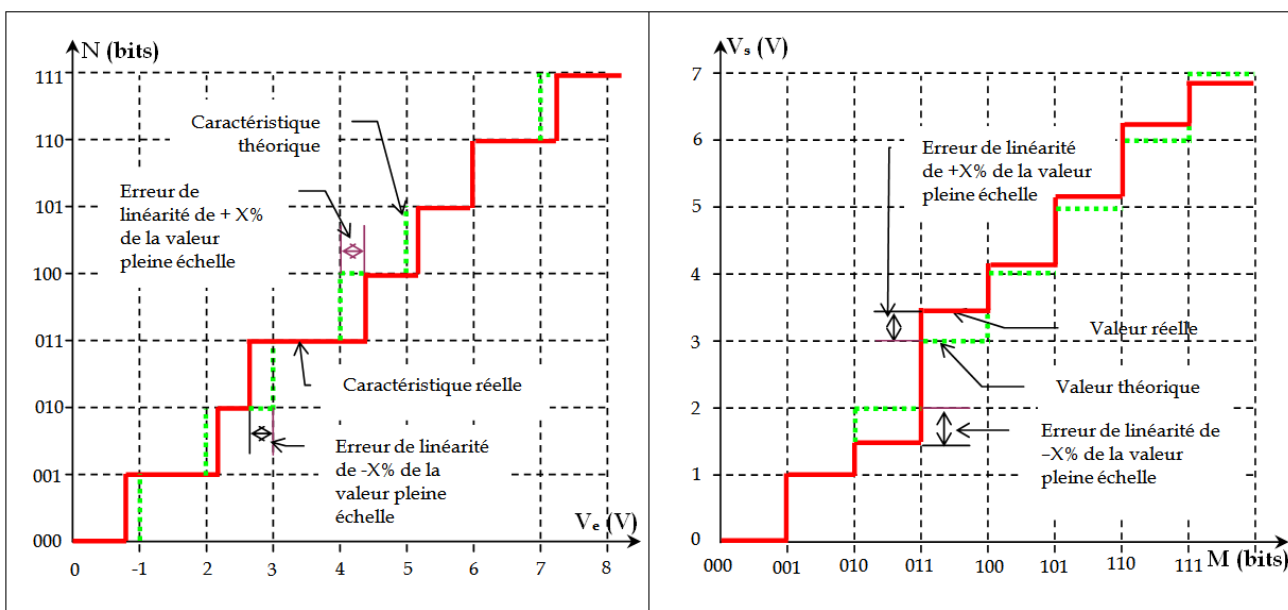
Cette erreur caractérise la variation autour de la valeur de sortie théorique de la valeur de la sortie réelle.

Cette erreur est exprimée :

- en % de la valeur pleine échelle
- ou en multiple du quantum

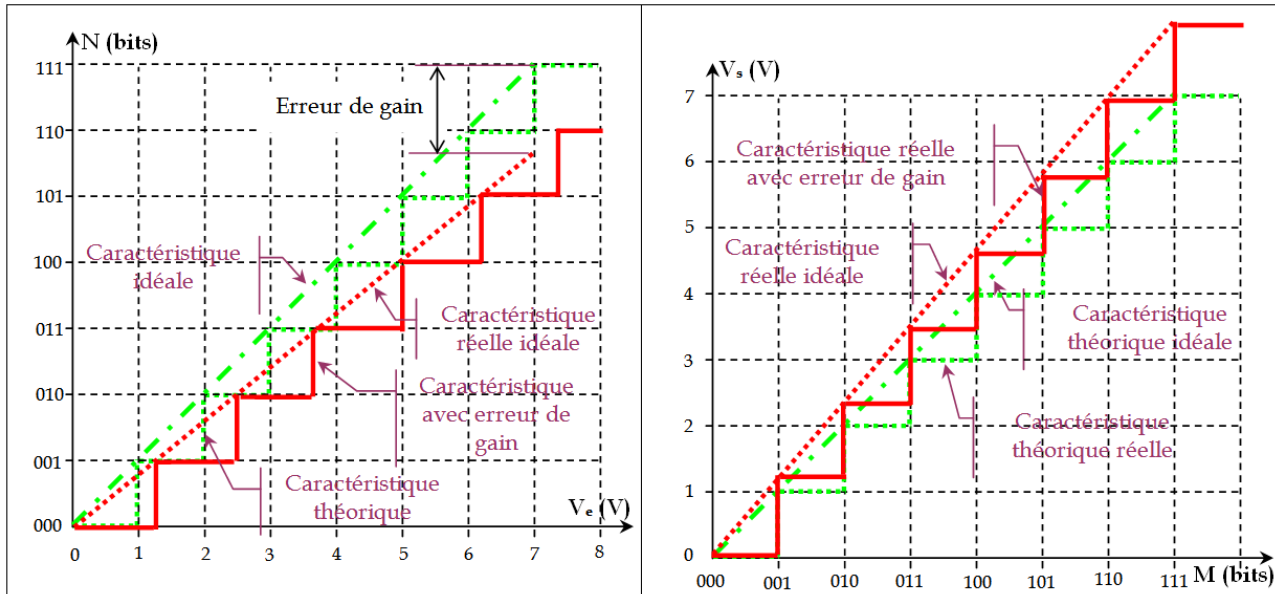
Exemples :

CAN	CNA
<p>Le CAN ci-dessous à une erreur de linéarité de 5 % PE. Calculons l'écart maximal entre la valeur théorique et la valeur réelle du premier pas.</p> <p>Tension pleine échelle de 8 V, codée sur 3 bits.</p> $5\% \text{ PE} = \frac{8 \times 5}{100} \text{ soit } 400 \text{ mV}$ $q = \frac{8}{2^3} = 1$ $q - 0,4 = 0,6 \text{ V} < 1^{\text{er}} \text{ pas} < q + 0,4 = 1,4 \text{ V}$	<p>À partir de la caractéristique de transfert donnée ci-dessous, calculons l'erreur maximum de linéarité de ce convertisseur.</p> <p>$U_{\text{max}} = 0,4 \text{ V}$ pour le code 011. Tension pleine échelle 7 V.</p> $X = \frac{100 \times 0,4}{7} = 5,7 \%$ <p>$2,6 \text{ V} < V_{s(3V)} < 3,4 \text{ V}$</p>



ERREUR DE GAIN (GAIN ERROR)

Cette erreur caractérise une pente différente entre la caractéristique de transfert théorique et la caractéristique de transfert réelle.



Cette erreur est exprimée :

- en % de la valeur pleine échelle
- ou en multiple du quantum

TECHNOLOGIES DES CONVERTISSEURS

DIFFÉRENTS TYPES DE CONVERTISSEURS

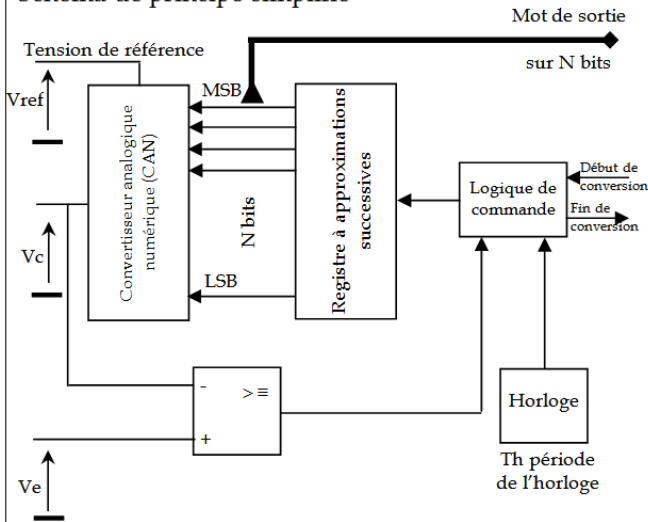
CAN	CNA
<p>Il existe différentes méthodes pour convertir une tension analogique en valeurs numériques. Les principales technologies sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> -les convertisseurs simple rampe -les convertisseurs double rampe -les convertisseurs à approximations successives -les convertisseurs flash ou convertisseurs parallèles <p>Chaque type de convertisseur a ses avantages et ses inconvénients.</p>	<p>Il existe différentes méthodes pour convertir une valeur numérique en une tension analogique. Les principales technologies sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> -les convertisseurs à échelle de résistances pondérées -les convertisseurs à réseau de résistances R-2R <p>Chaque type de convertisseur a ses avantages et ses inconvénients. Seul le convertisseur à réseau R-2R sera étudié.</p>

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES CONVERTISSEURS

Voir pages 7 et 8.

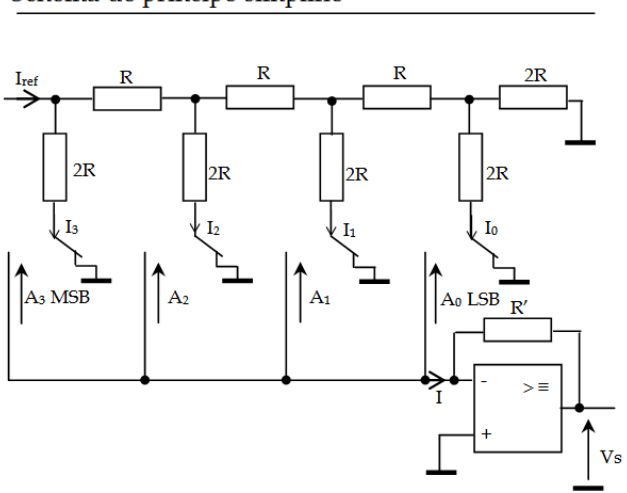
CAN à approximations successives

Schéma de principe simplifié



CNA à échelle de résistances R-2R

Schéma de principe simplifié



Données :

- la tension analogique à convertir est de 5 V
- le CAN est un convertisseur 4 bits
- la tension pleine échelle du CNA est de 8 V

Résolution du CAN :

$$q = \frac{8}{2^4} = 0,5V$$

Données :

- le courant de référence est de 2 mA
- l'ALI est parfait
- la tension pleine échelle est -5 V

Que peut-on dire du potentiel sur l'entrée inverseuse de l'ALI ?

La tension est nulle

Exprimer la tension V_s en fonction de I et de R' .

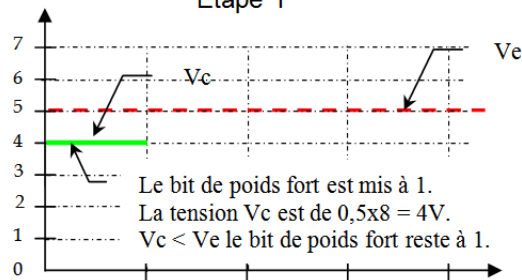
$$V_s = -R' \times I$$

Exprimer I en fonction de I_0 , I_1 , I_2 et I_3 .

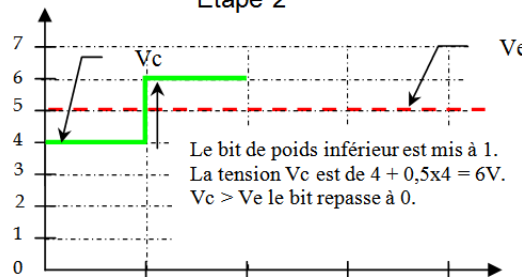
$$I = I_0 + I_1 + I_2 + I_3$$

Fonctionnement :

Étape 1

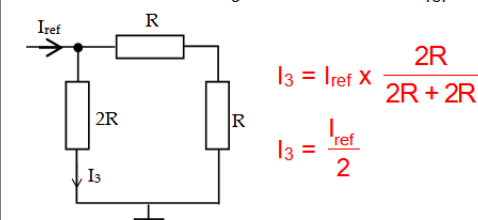


Étape 2

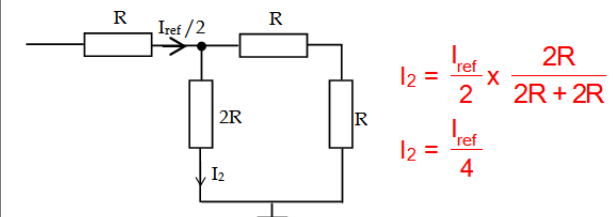


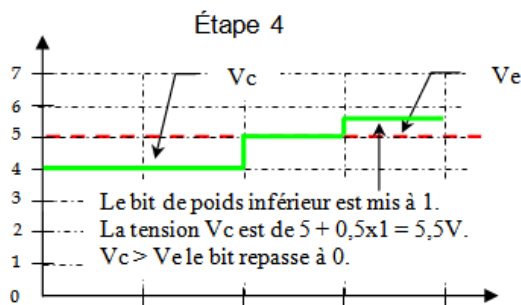
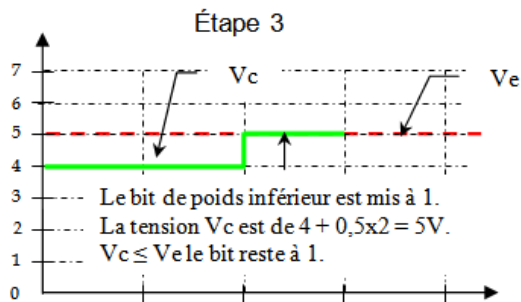
Fonctionnement :

Calcul du courant I_3 en fonction de I_{ref} .



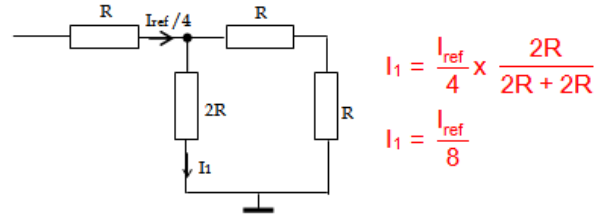
Calcul du courant I_2 en fonction de I_{ref} .



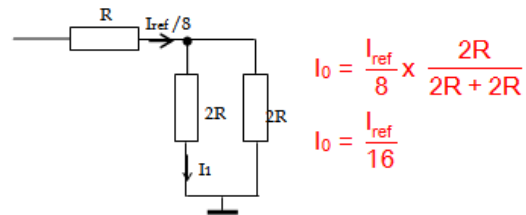


Le mot binaire de sortie est : **1010**

Calcul du courant I_1 en fonction de I_{ref} .



Calcul du courant I_0 en fonction de I_{ref} .



Calcul du courant I en fonction de I_{ref} .

$$I = I_3 + I_2 + I_1 + I_0 = I_{ref} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right)$$

$$I = \frac{I_{ref}}{16} \times (8A_3 + 4A_2 + 2A_1 + 1A_0) = \frac{15}{16} I_{ref}$$

Calcul de R' pour une tension pleine échelle de $-5V$.

$$R' = -\frac{V_{Smax}}{I_{max}} = -\frac{(-5)}{1,875 \times 10^{-3}} = 2667\Omega$$

Remarques :

Le temps de conversion dépend du nombre de bits, il est égal au nombre de bits multiplié par la période de l'horloge.

Pour un nombre de bits donné, le temps de conversion est constant et ne dépend pas de la tension à convertir.

Remarques :

Seulement deux valeurs de résistances sont nécessaires pour réaliser ce convertisseur.