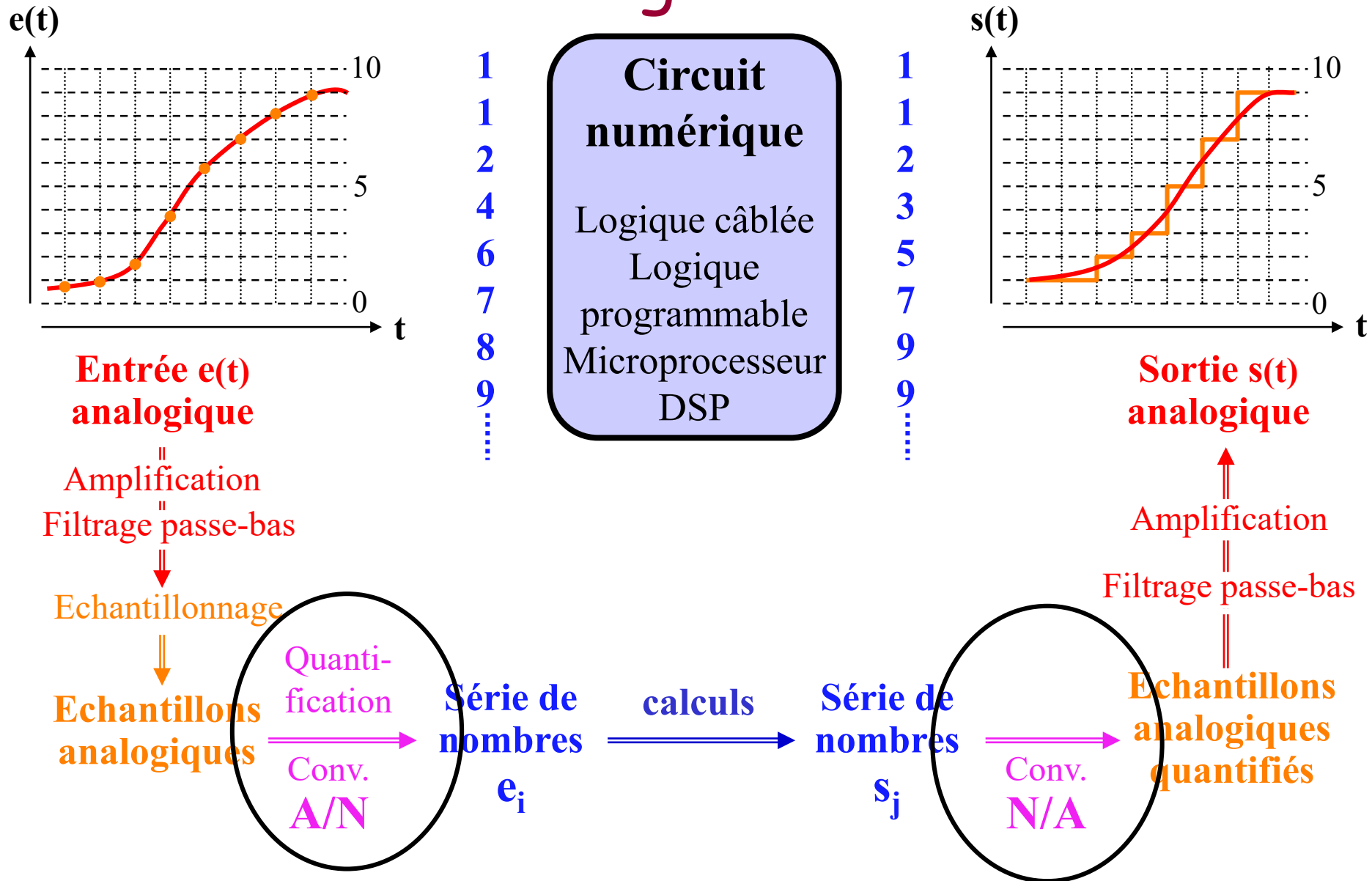


CONVERSION A/N et N/A

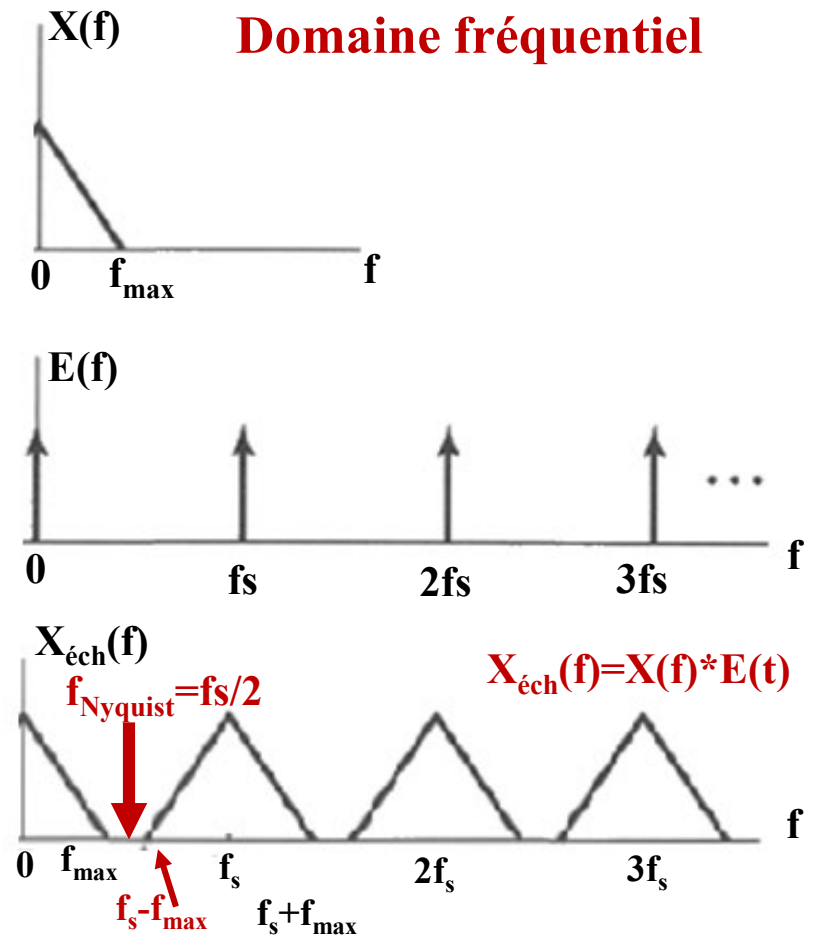
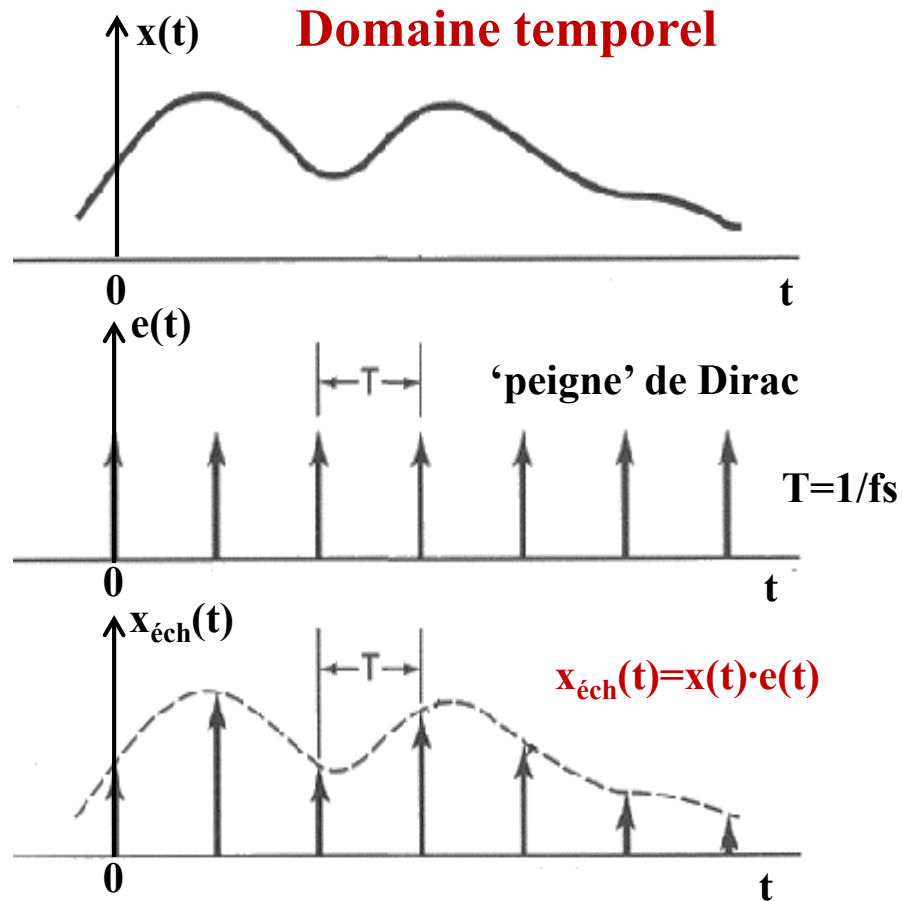
1. Introduction générale
2. Conversion Numérique-Analogique
3. Conversion Analogique-Numérique

1. Introduction générale

1.1 Traitement mixte, analogique et numérique, du signal

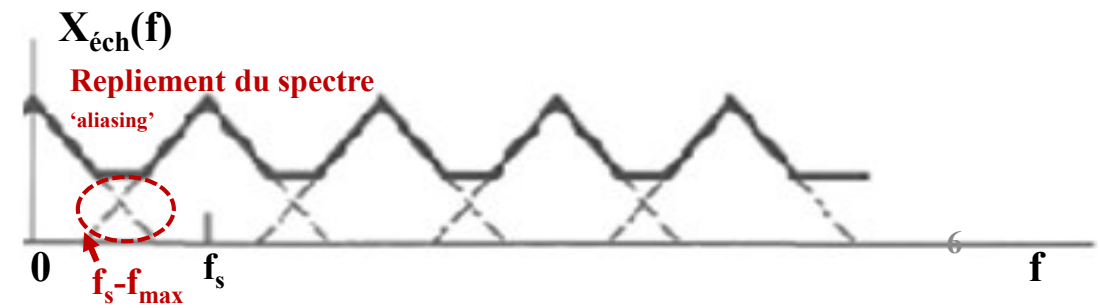


1.2 Echantillonnage

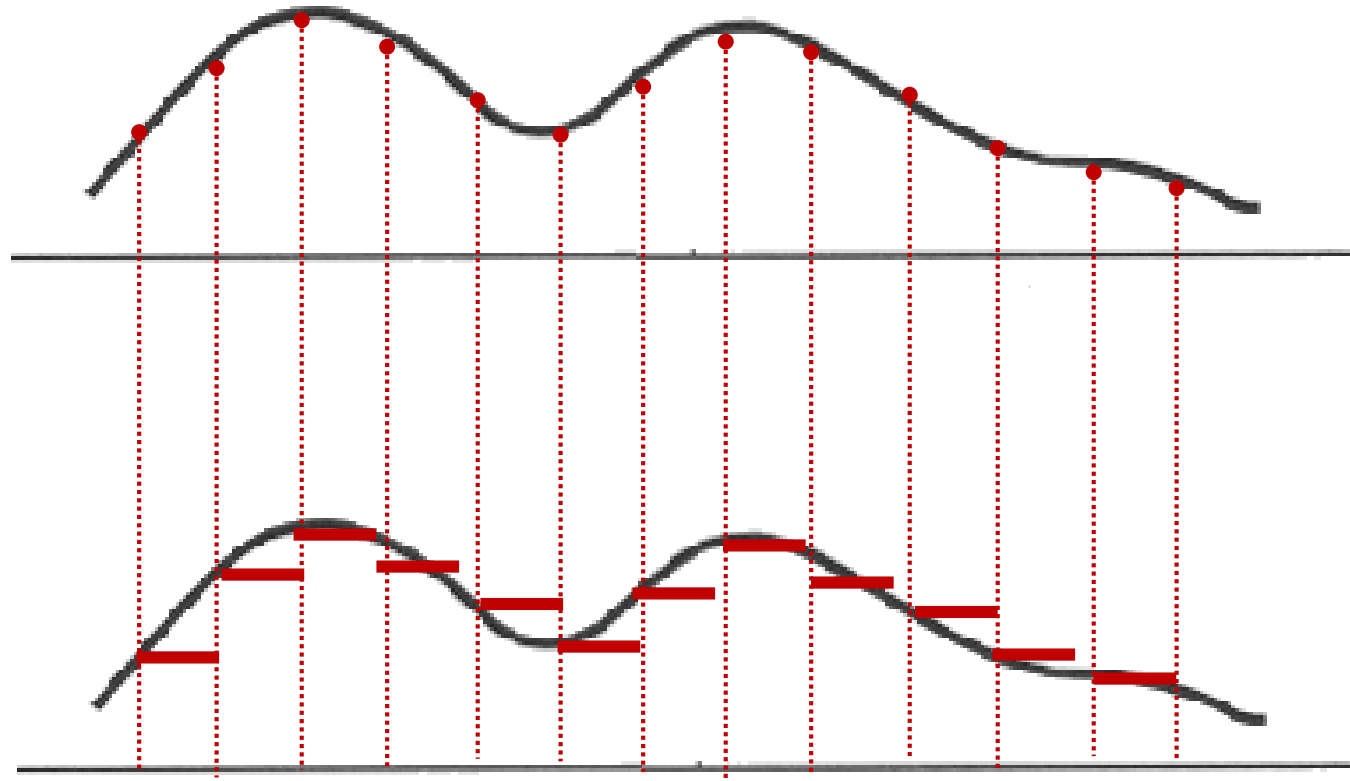


Pour réduire le repliement du spectre, nous pouvons :

- Augmenter f_s et/ou
- Filtrer le signal $x(t)$ par un filtre passe-bas pour garder seulement l'information utile (sa bande passante) et réduire les composantes de haute fréquence (éventuel bruit) avant l'échantillonnage.



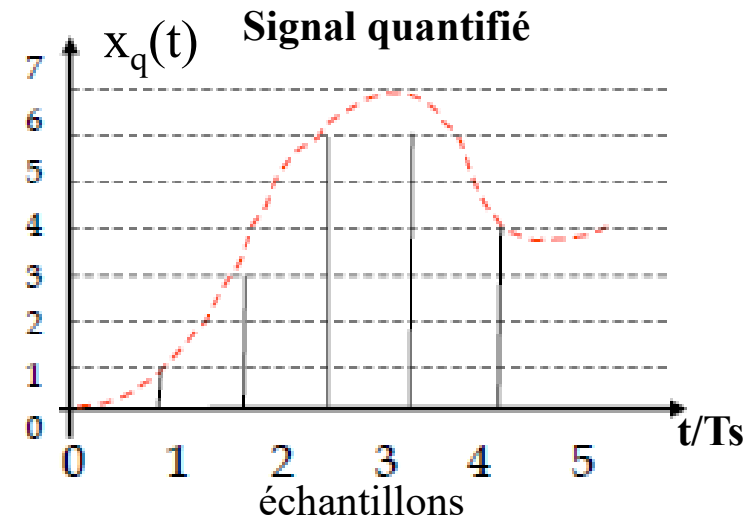
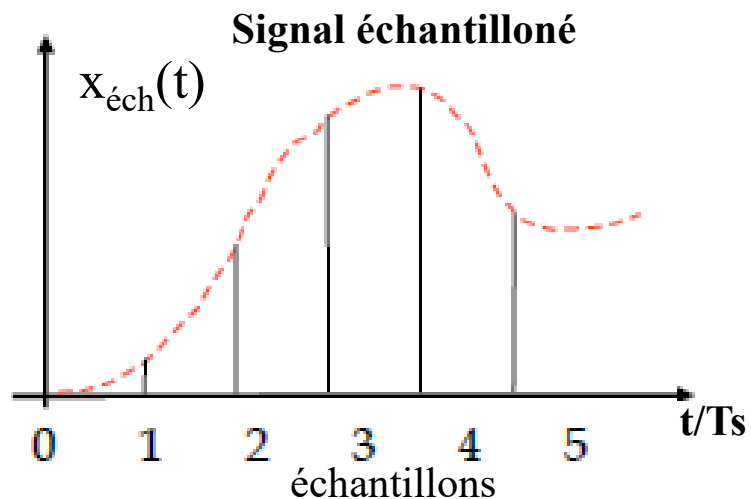
1.2 Echantillonnage avec maintien



1.2. Echantillonnage et quantification

La conversion analogique-numérique est caractérisée par deux discrétisations:

- 1^{ère} concerne **le temps** et porte le nom **d'échantillonnage** : cela consiste à prendre des échantillons du signal analogique à des instants régulièrement espacés
- 2^{ème} concerne **l'amplitude** et porte le nom de **quantification** : cela consiste à coder l'amplitude du signal sur un nombre fini d'éléments binaires



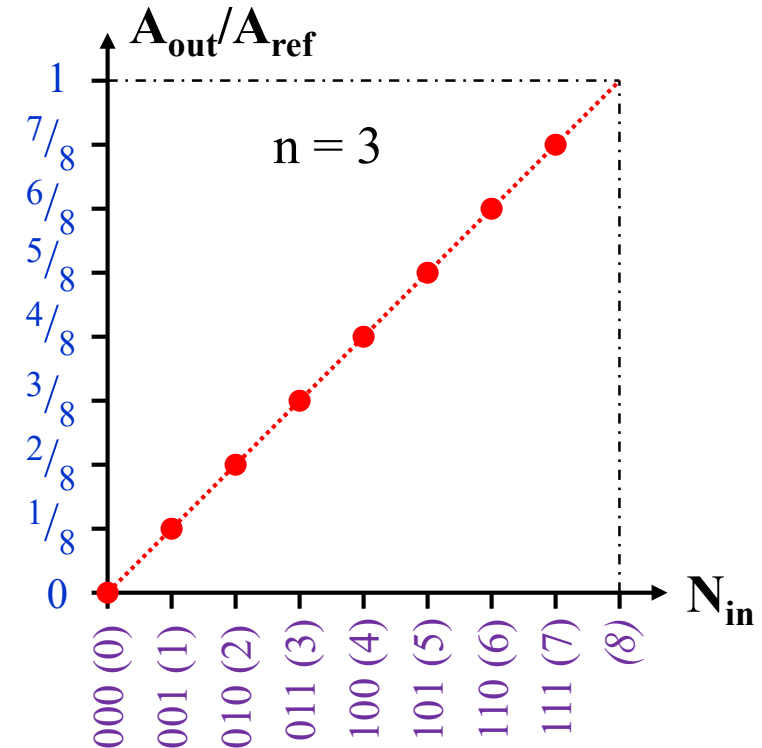
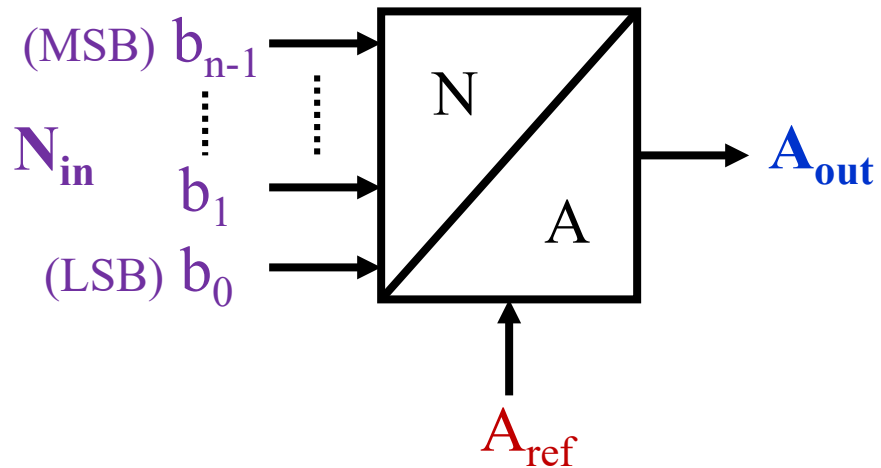
1.3. Convertisseur N/A unipolaire

$$A_{\text{out}} = \frac{1}{2^n} \cdot A_{\text{ref}} \cdot (b_{n-1} \cdot 2^{n-1} + b_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + b_2 \cdot 2^2 + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0)$$

Grandeur
analogique

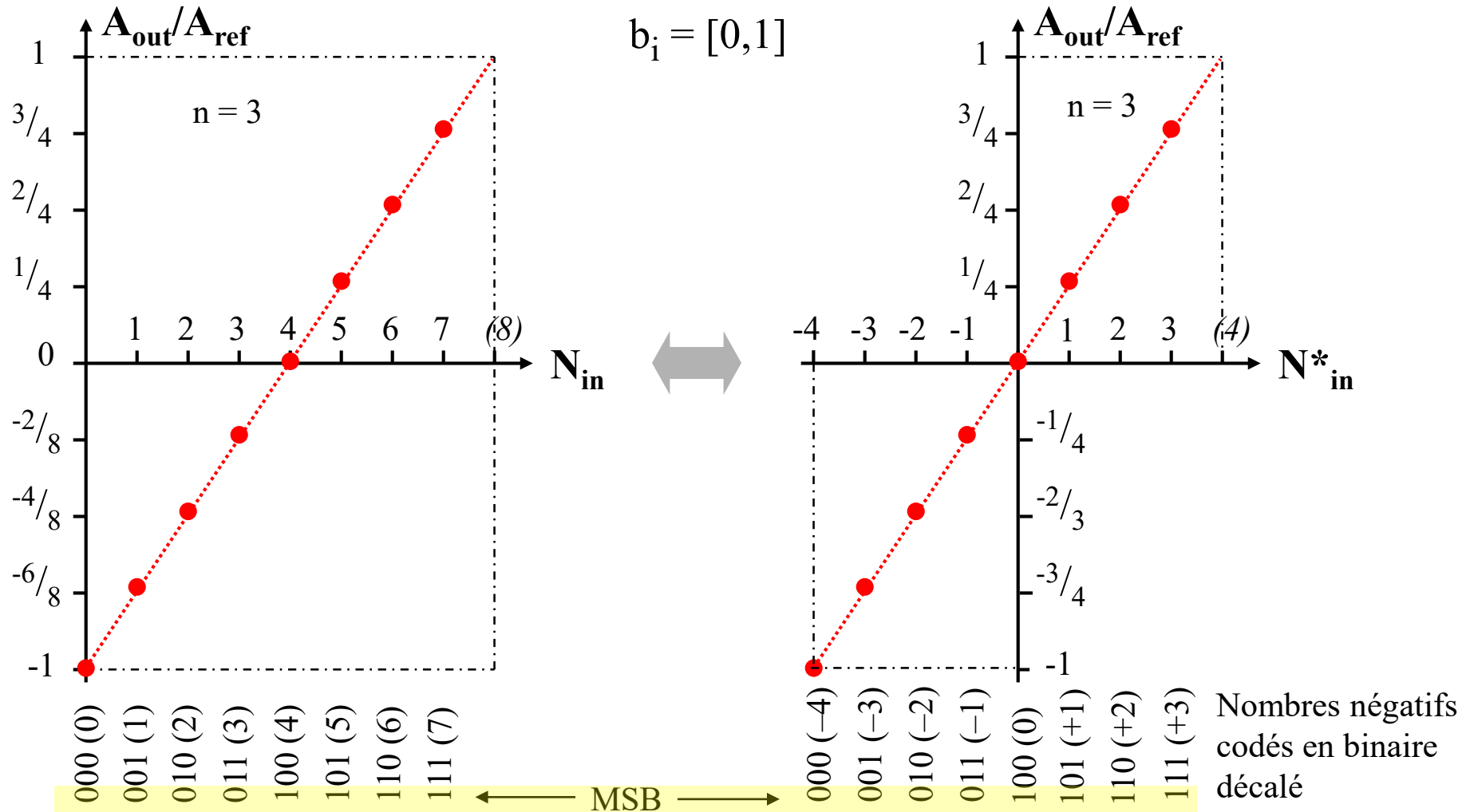
Grandeur
de
référence

Nombre entier représenté en binaire
 $b_i = [0,1]$



1.3. Convertisseur N/A bipolaire

$$A_{out} = -A_{ref} + \frac{A_{ref}}{2^{n-1}} \cdot (b_{n-1} \cdot 2^{n-1} + b_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + b_2 \cdot 2^2 + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0)$$



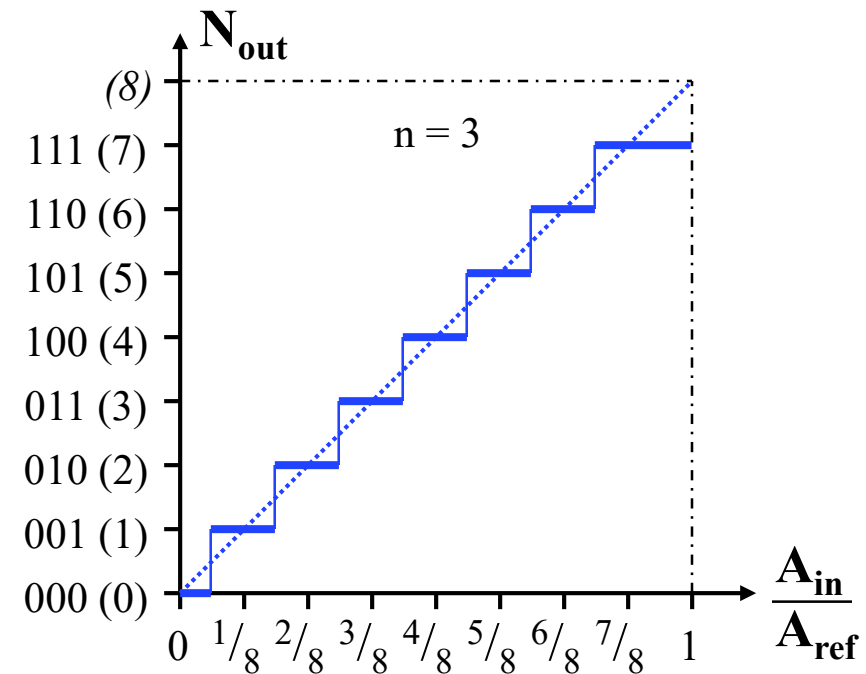
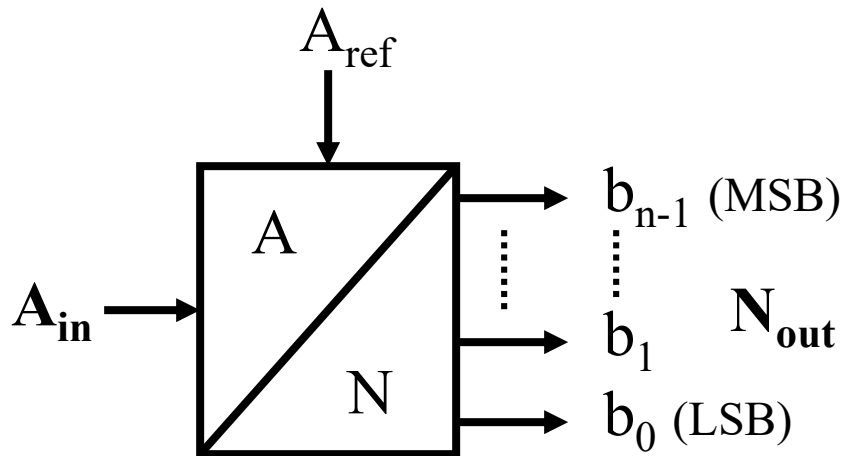
1.4. Convertisseur A/N unipolaire,

$$N_{\text{out}} = b_{n-1} \cdot 2^{n-1} + b_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0 = \text{arrondi} \left(2^n \cdot A_{\text{in}} \cdot \frac{1}{A_{\text{ref}}} \right)$$

Nombre entier
représenté en binaire
 $b_i = [0,1]$

Approximation
 $\Rightarrow$ erreur de
quantification !

Grandeur
analogique
Grandeur
de référence



1.4. Convertisseur A/N bipolaire

$$N_{\text{out}} = b_{n-1} \cdot 2^{n-1} + b_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0 = \text{arrondi}\left(2^n \cdot \frac{A_{\text{in}} + A_{\text{ref}}}{2 \cdot A_{\text{ref}}}\right)$$

$$N_{\text{out}}^* = \text{arrondi}\left(2^n \cdot \frac{A_{\text{in}}}{2 \cdot A_{\text{ref}}}\right)$$

N_{out}^* est l'interprétation en binaire décalé du code généré

N_{out} code

(7) 111

(6) 110

(5) 101

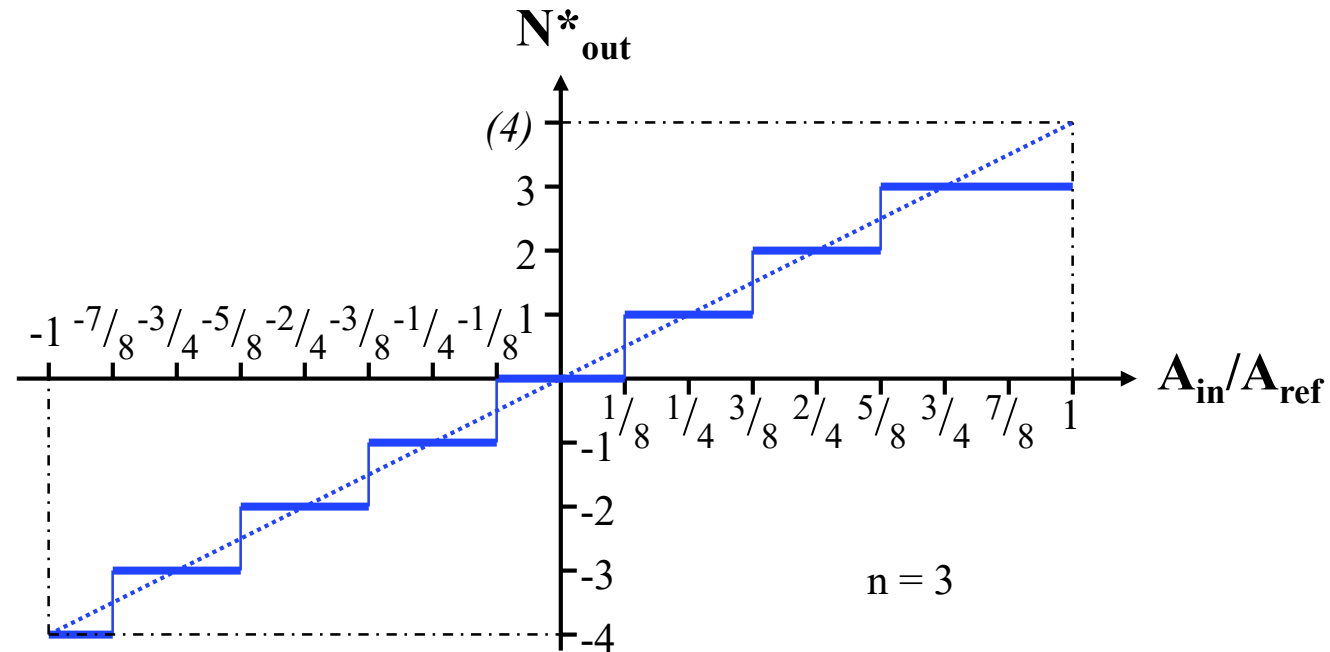
(4) 100

(3) 011

(2) 010

(1) 001

(0) 000



1.5. Paramètres statiques des Convertisseurs A/N et N/A

Dynamique = plage utile de la grandeur analogique: $A_{\min}$ à $A_{\max}$

En général :

Dynamique = 0 à A_{ref} pour un convertisseur unipolaire

Dynamique = $-A_{\text{ref}}$ à $+A_{\text{ref}}$ pour un convertisseur bipolaire

Cas spéciaux courants :

Convertisseur N/A avec facteur d'échelle: $A_{\text{out}} = N_{\text{in}} \cdot k \cdot A_{\text{ref}} / 2^n$

Convertisseur N/A unipolaire inverseur

Dynamique = 0 à $-A_{\text{ref}}$

Convertisseur A/N à deux valeurs de références

Dynamique = $A_{\text{ref,Low}}$ à $A_{\text{ref,High}}$

1.5. Paramètres statiques des Convertisseurs

Résolution

La **résolution** est fixée par le nombre **n** de bits utilisés pour représenter la valeur numérique. Il détermine le nombre 2^n de niveaux discrets avec lequel la dynamique est subdivisée.

8 bits = 256 niveaux
10 bits = 1'024 niveaux
12 bits = 4'096 niveaux
14 bits = 16'384 niveaux
16 bits = 65'536 niveaux

La **résolution** ou **pas de quantification**, soit le plus petit écart de la valeur analogique que peut générer un CNA, respectivement que peut distinguer un CAN, est souvent appelé "**LSB**".

CAN/CNA unipolaire

$$A_{\text{LSB}} = \frac{A_{\text{ref}}}{2^n}$$

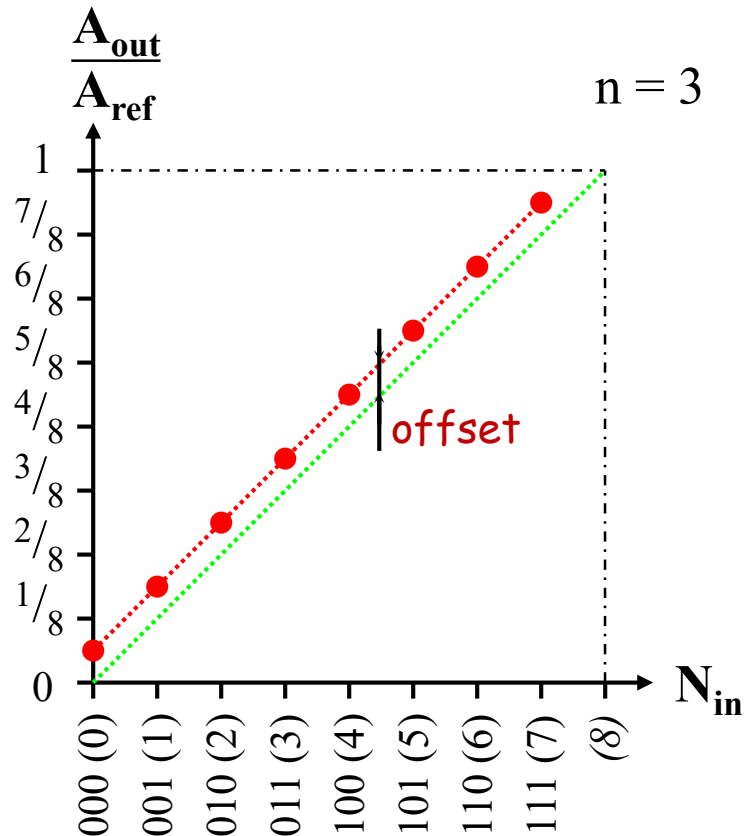
CAN/CNA bipolaire

$$A_{\text{LSB}} = \frac{A_{\text{ref}}}{2^{n-1}}$$

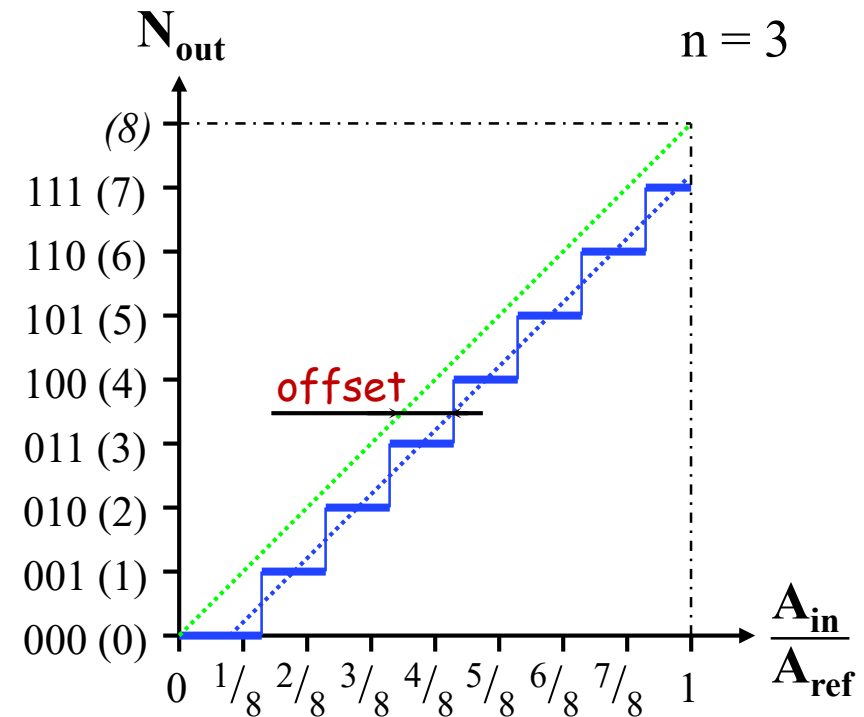
1.5. Paramètres statiques des Convertisseurs

Erreur d'offset Spécifiée en mV ou en "LSB".

CNA



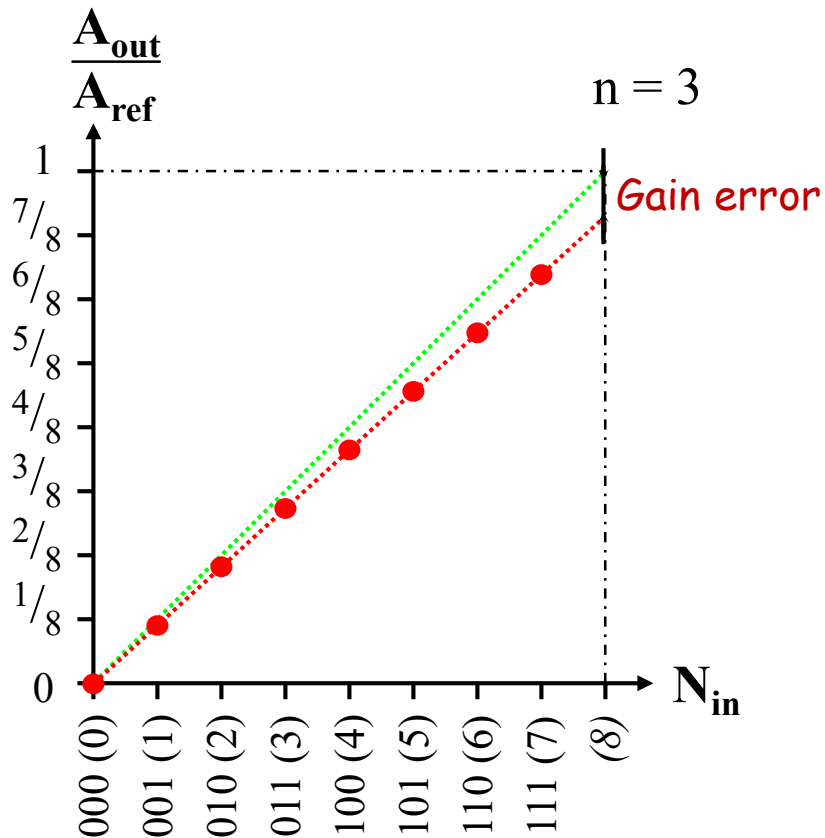
CAN



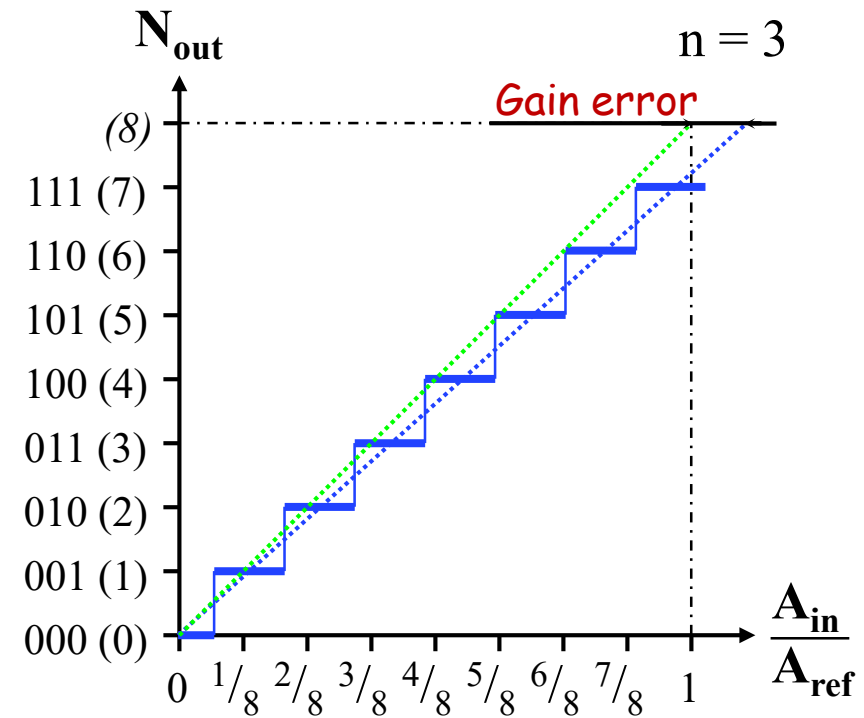
1.5. Paramètres statiques des Convertisseurs

Erreur de gain Spécifiée en % du "LSB " idéal.

CNA



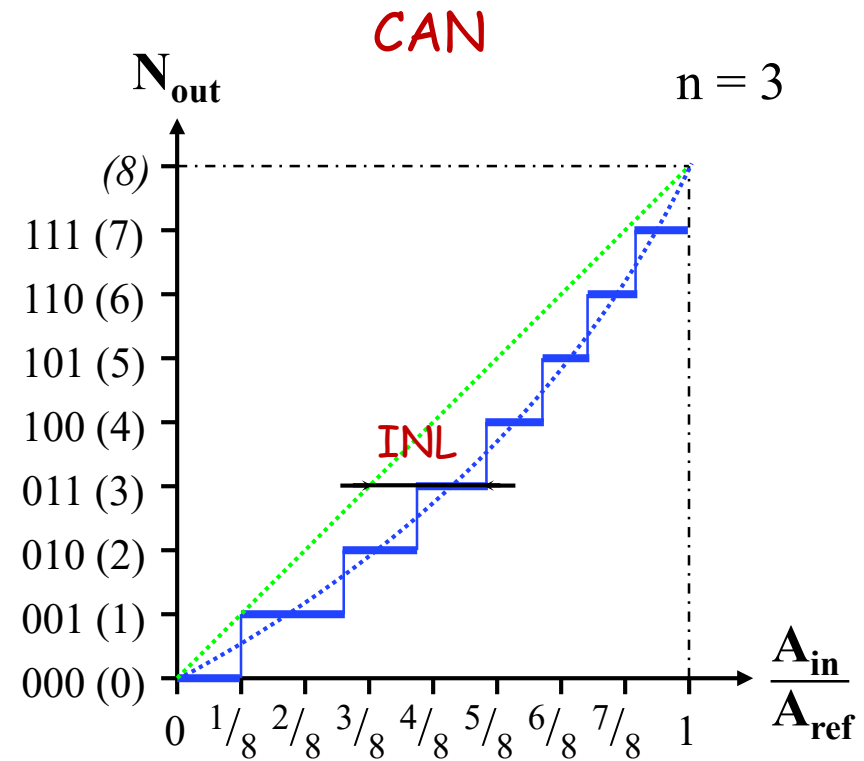
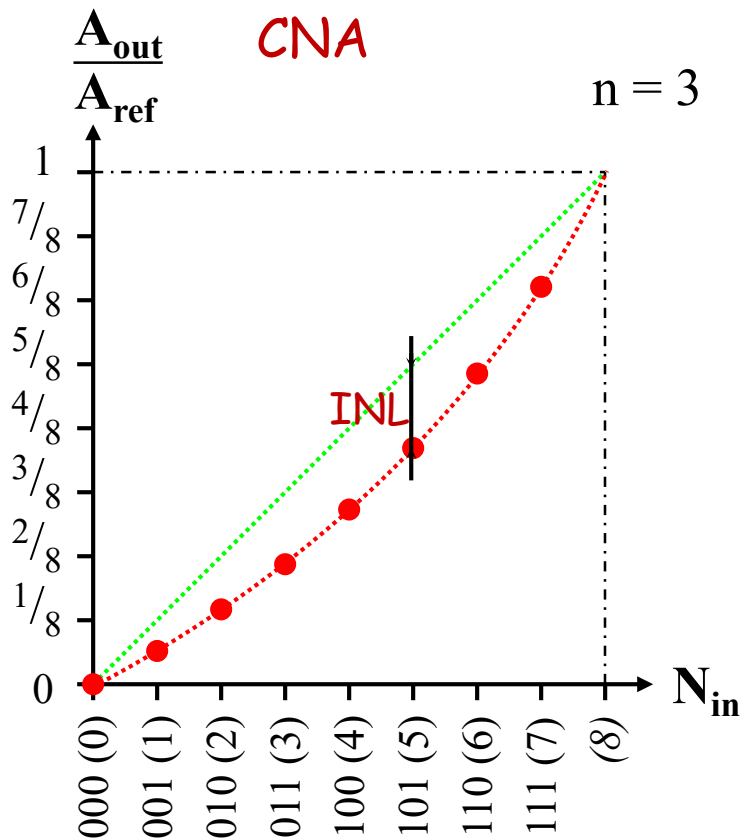
CAN



1.5. Paramètres statiques des Convertisseurs

Non-linéarité intégrale Spécifiée en "LSB".

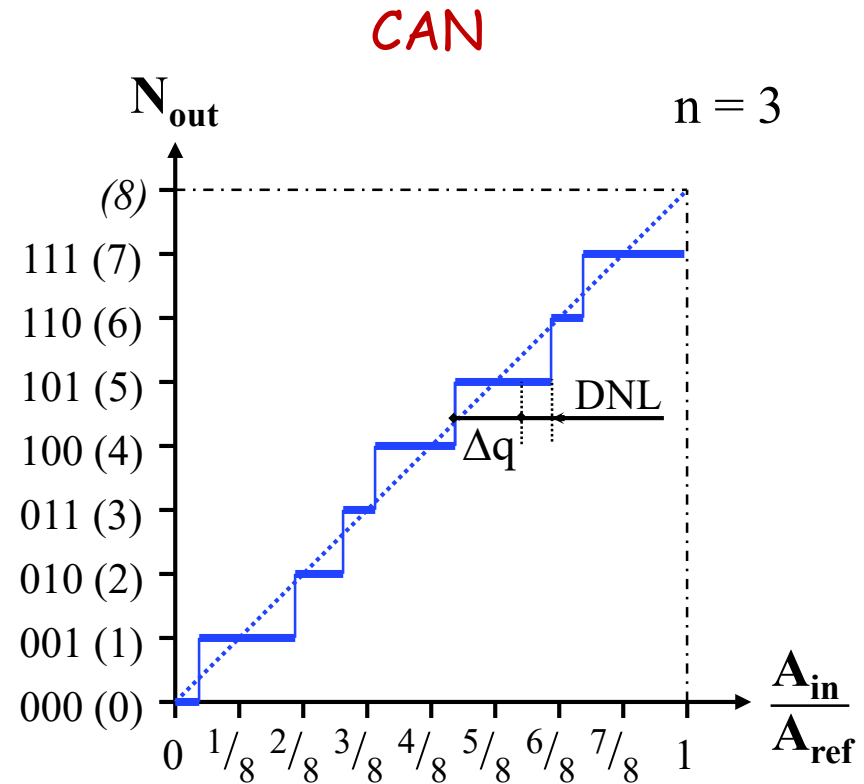
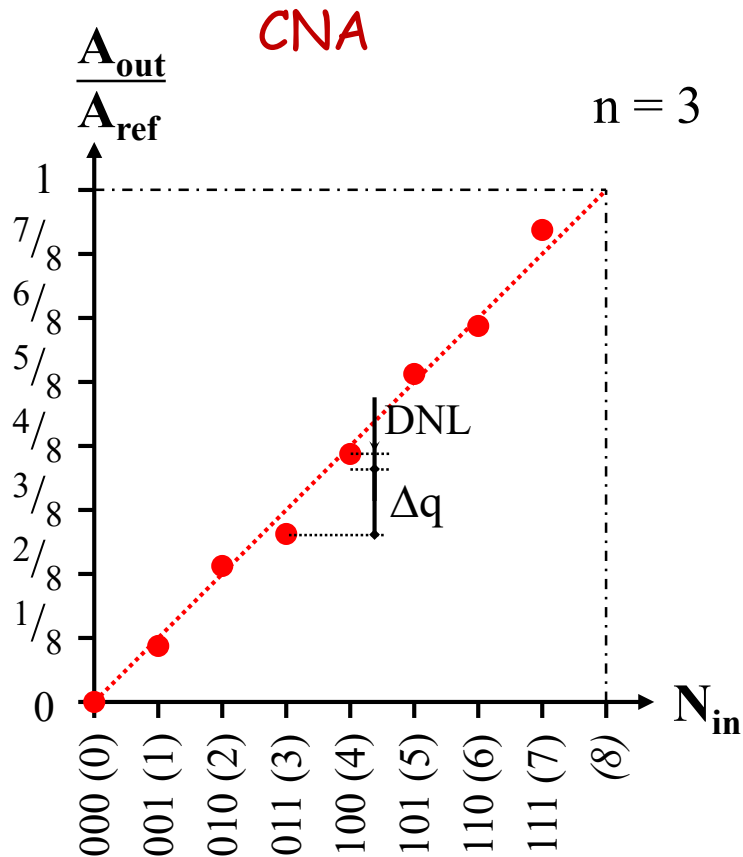
Ecart maximal entre la droite théorique (év. moyenne) et la caractéristique réelle.



1.5. Paramètres statiques des Convertisseurs

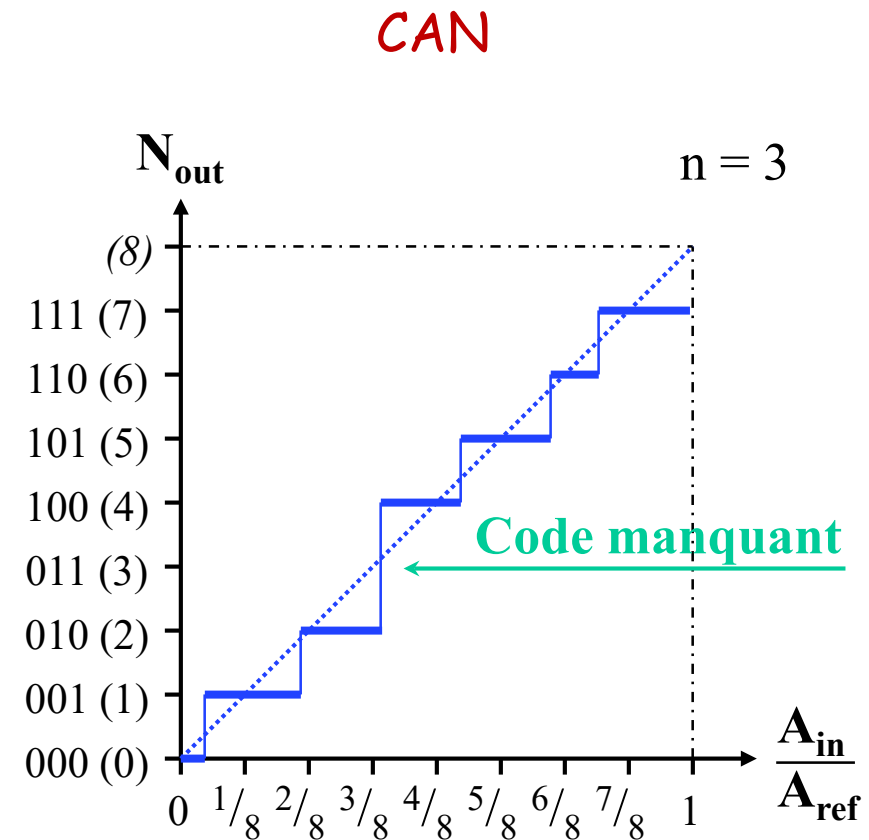
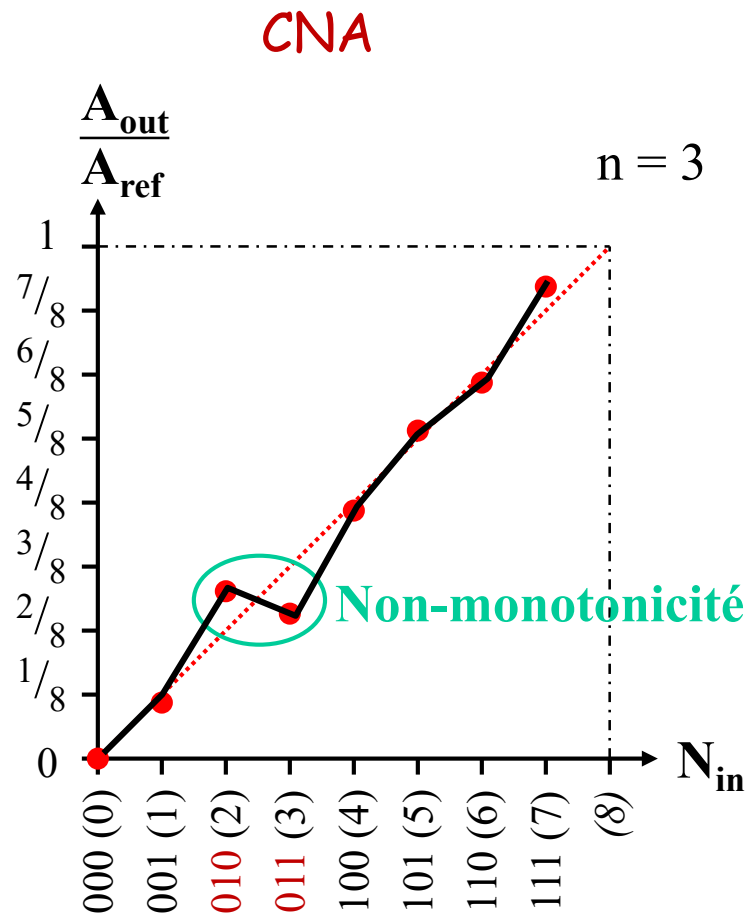
Non-linéarité différentielle Spécifiée en "LSB".

Ecart maximal entre le pas de quantification théorique (év. moyen) et le pas réel.



1.5. Paramètres statiques des Convertisseurs A/N et N/A

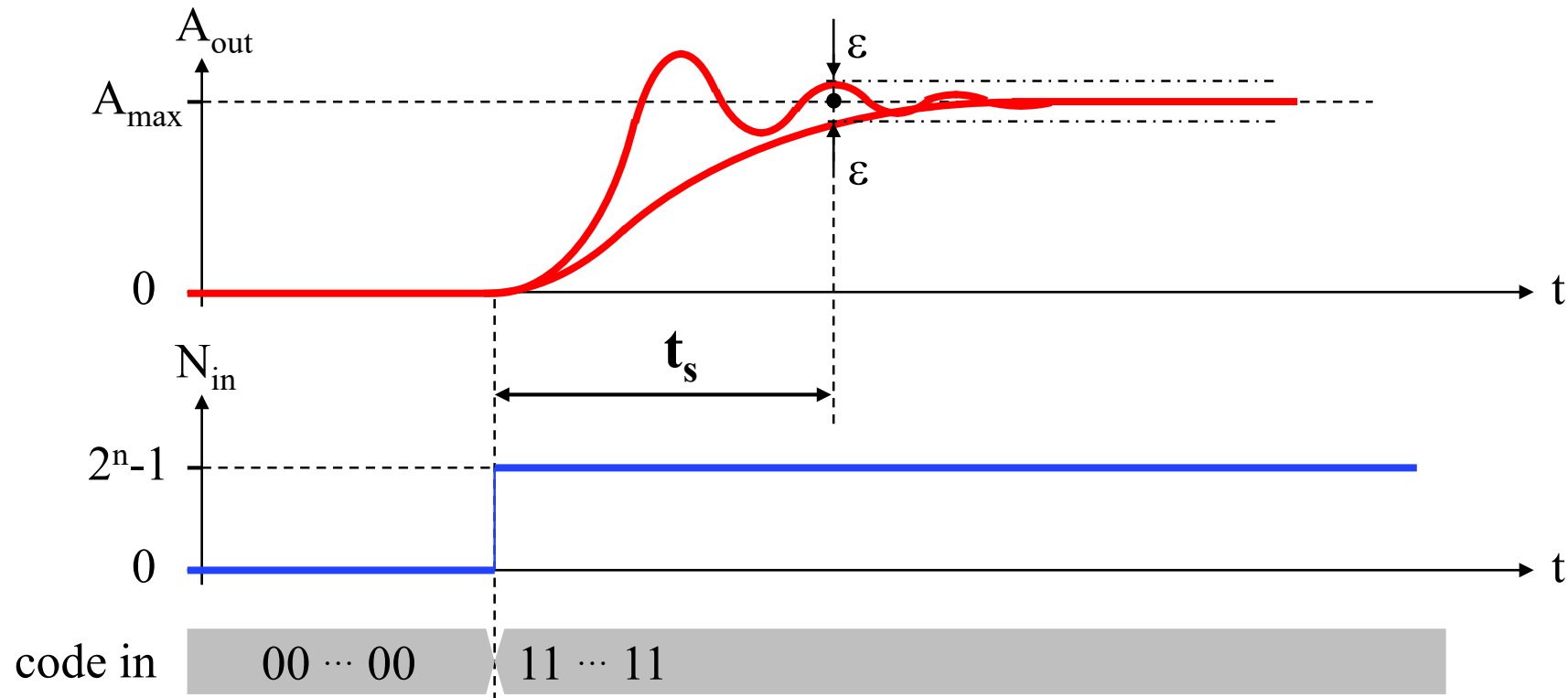
Non-linéarité différentielle grave: Non-monotonicité et Code manquant:



1.6. Paramètres dynamiques des Convertisseurs

Temps d'établissement (settling time) d'un CNA

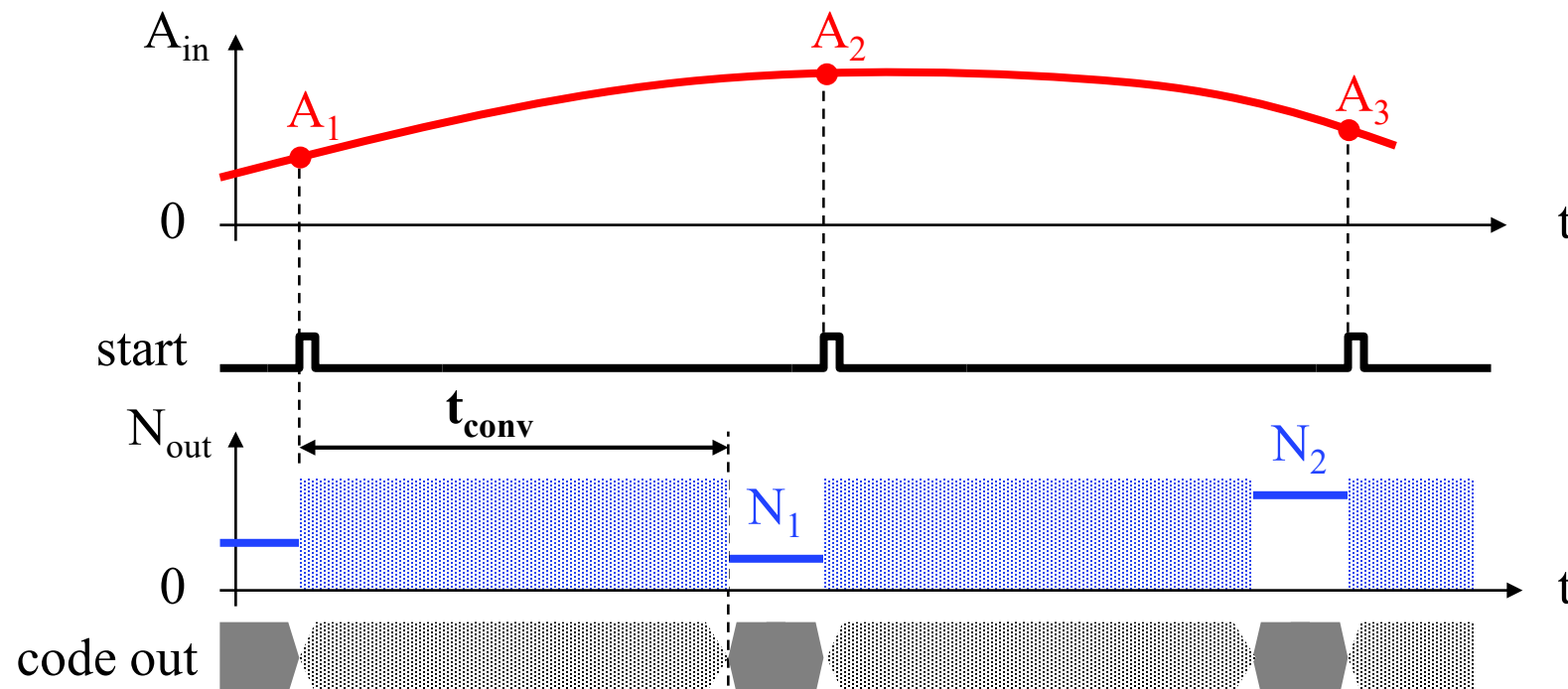
Le "settling time" t_s est le temps que met la sortie du CNA pour atteindre sa valeur maximale avec une erreur donnée ϵ lorsque l'entrée saute de 0 (tous les bits à 0) à $N_{\max}$ (tous les bits à 1).



1.6. Paramètres dynamiques des Convertisseurs

Temps de conversion t_{conv} d'un CAN

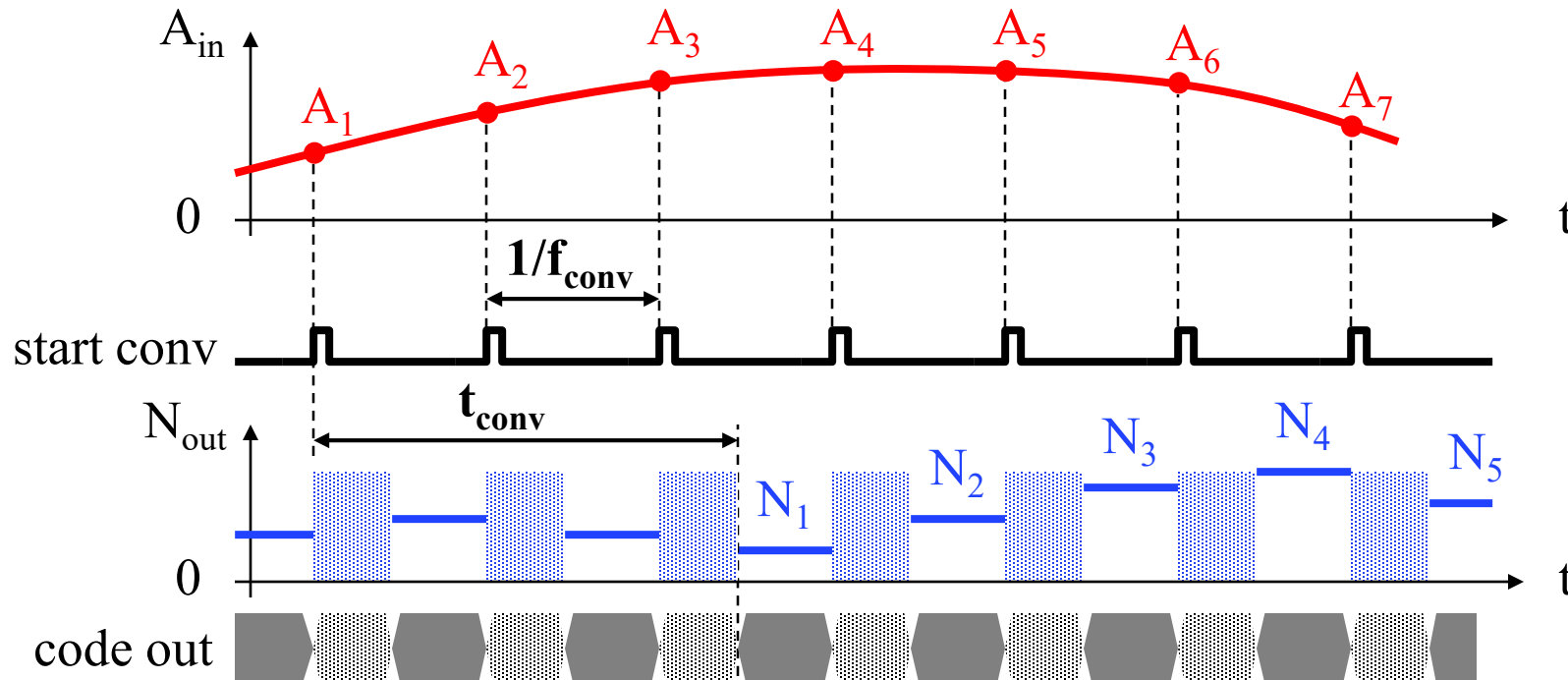
Le temps de conversion est le temps nécessaire pour obtenir une valeur numérique (le code binaire) valide à la sortie, à partir de l'ordre de début de conversion.



1.6. Paramètres dynamiques des Convertisseurs A/N et N/A

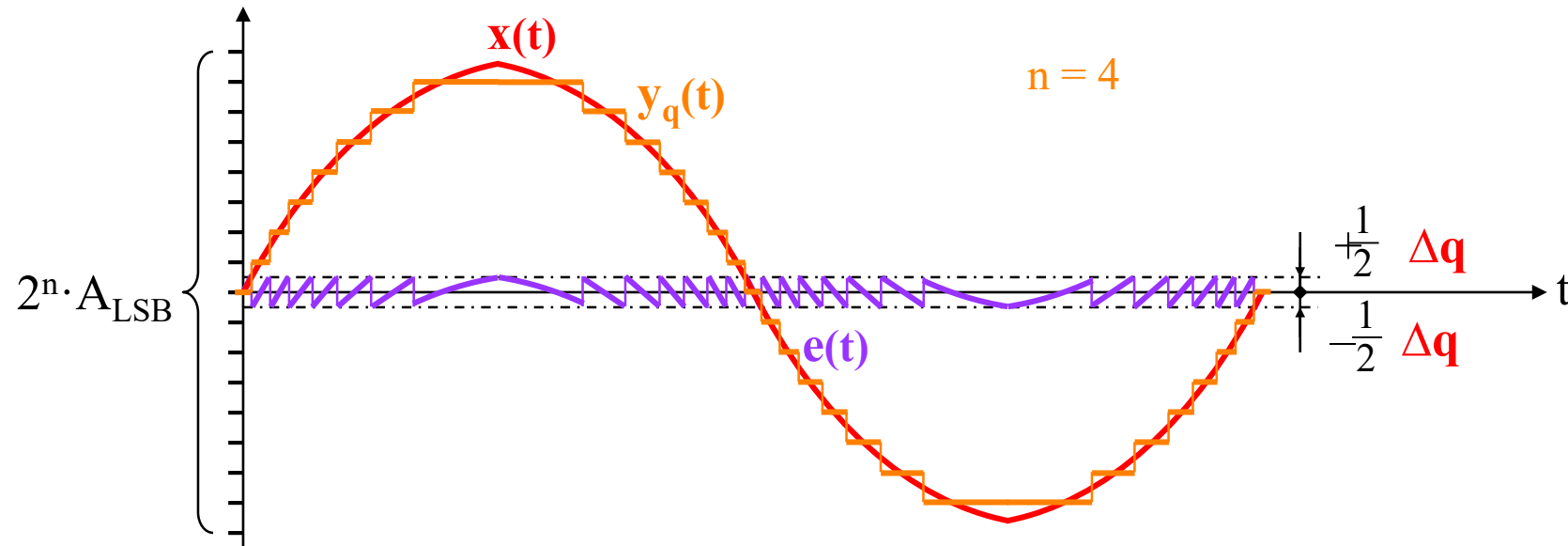
Fréquence de conversion (conversion rate)

La fréquence de conversion, souvent appelée fréquence d'échantillonnage (Samples/s), est le nombre maximum de conversions effectuées par seconde.



1.6. Paramètres dynamiques des Convertisseurs

Rapport signal/bruit



$$e(t) \approx \text{triangle} \Rightarrow e_{\text{RMS}} = \frac{\Delta q}{\sqrt{12}}$$

$$x(t) = \text{sinus} \Rightarrow x_{\text{RMS}} = \frac{2^n \cdot \Delta q}{\sqrt{8}}$$

$$\text{SNR}_{\text{db}} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_x}{P_e}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{x_{\text{RMS}}}{e_{\text{RMS}}}\right) = 6.02 \cdot n + 1.76$$