

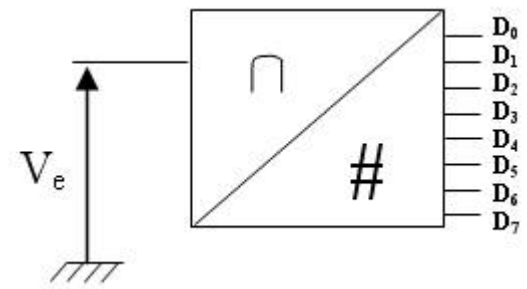
Chap. 04 - Théorie de la quantification

- Le signal échantillonné est converti sous forme binaire (numérique) pour être traité. Ce codage s'appelle la quantification.
- Le rôle de la quantification est de donner une image binaire d'un signal analogique :

Passage Analogique – Numérique

Signal Continu – Signal discret

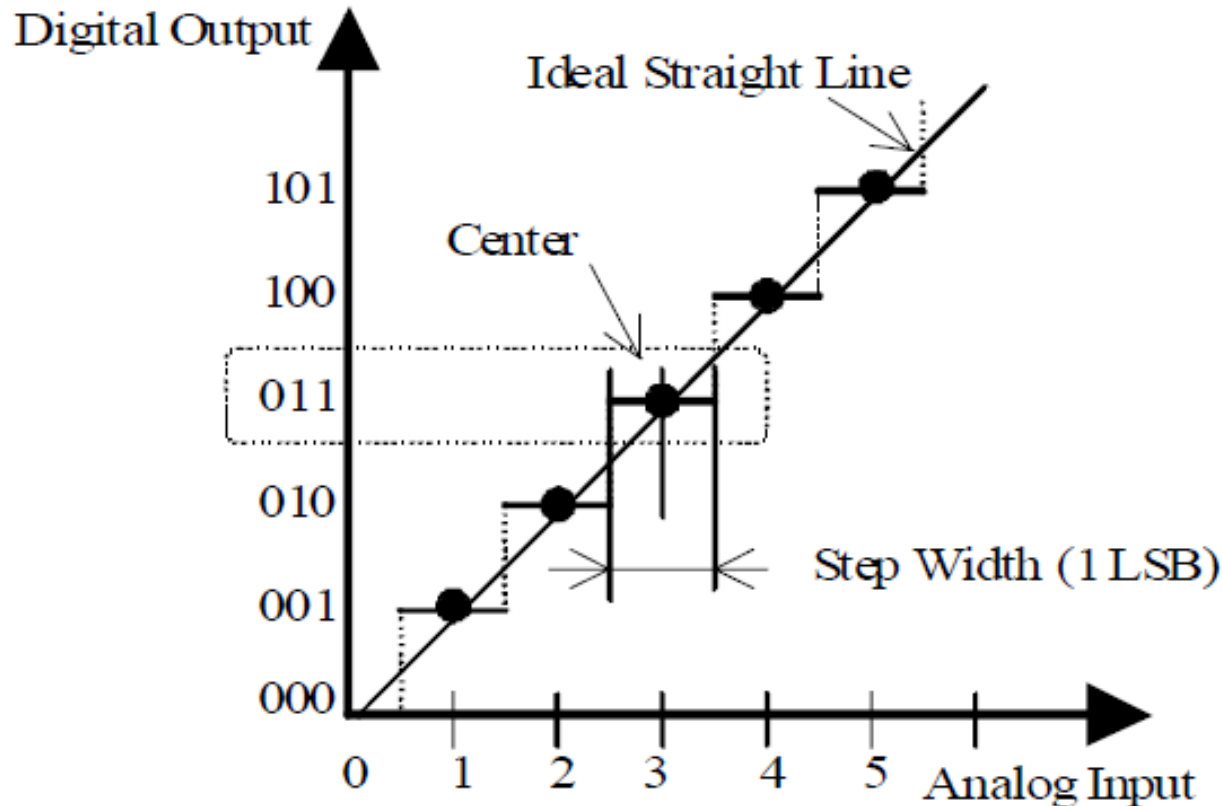
Tension – Chiffre



Principe

- A chaque niveau de tension est associé une valeur binaire codée sur n bits:
- n bits vont permettre de distinguer 2^n niveaux de tension répartis de 0 à $+V_{PE}$. On a ainsi un pas de quantification : $q = \frac{V_{PE}}{2^n - 1}$
- Ainsi un signal de +5V codé sur 8 bits donnera un pas de quantification $q = 39\text{mv}$.
- La caractéristique d'entrée – sortie d'un CAN est une caractéristique en marche d'escalier.
- Chaque palier a une largeur d'un pas de quantification q.
- La passage d'un palier à un autre correspond à une variation de '1' du code.

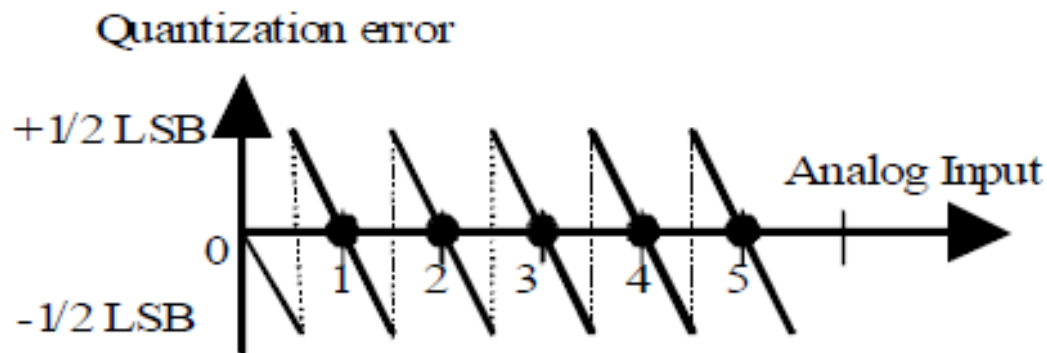
Quantun



- Le pas de quantification est aussi appelé quantum. Il correspond à la résolution du convertisseur.
- Le quantum est la plus petite variation de tension que le convertisseur peut coder.

Bruit de quantification

- On a une erreur de codage entre le signal échantillonné et la valeur du code correspondant à un niveau de tension.
- Gamme de tension $\Leftrightarrow$ Code unique

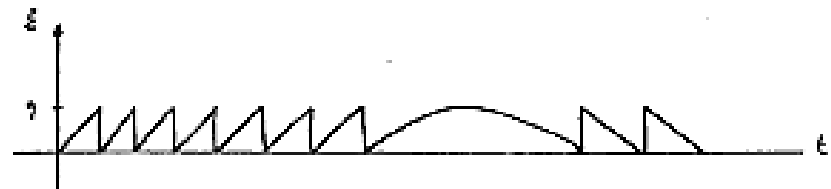
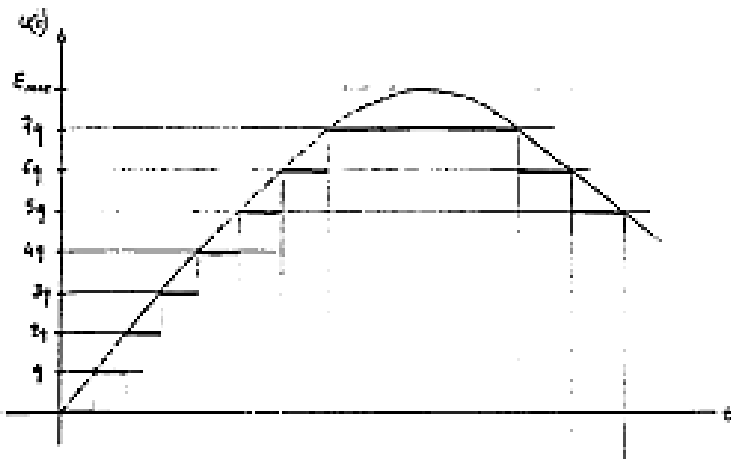


Caractéristiques du bruit de quantification

Quantification linéaire par défaut

- Dans le cas, d'un signal variant de 0 à E , on code les 2^n niveaux de tension avec un pas de quantification : $q = \frac{E}{2^n}$
- L'erreur de quantification évolue alors entre 0 et q : $0 < \varepsilon < q$
- L'évolution du bruit de quantification ε est en dent de scie.
- La puissance en terme de moyenne quadratique (dans une résistance de 1Ω) :

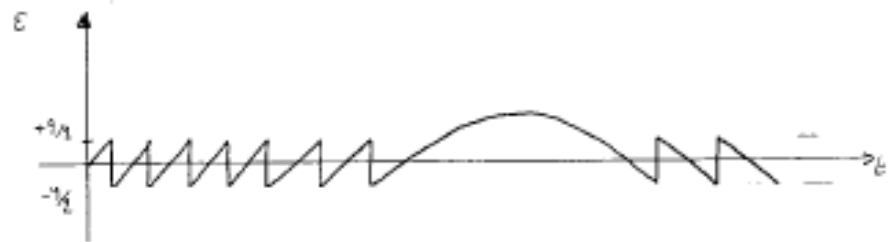
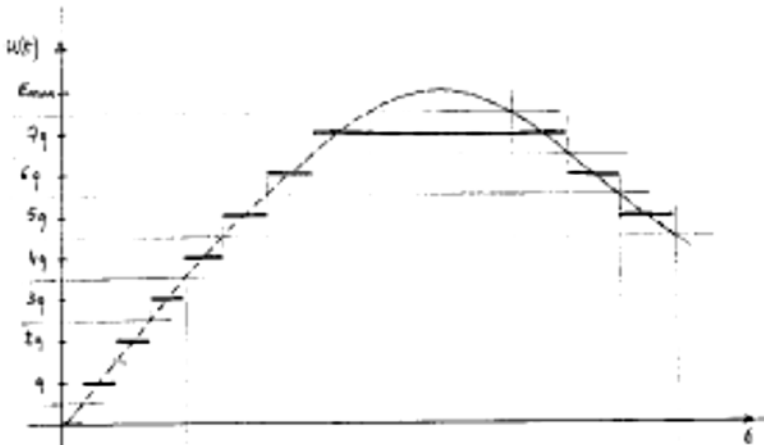
$$P_\varepsilon = \langle \varepsilon^2(t) \rangle = \frac{q^2}{3}$$



Caractéristiques du bruit de quantification

Quantification linéaire centrée

- Dans la pratique, on préfère effectuer une quantification centrée. Dans ce cas, le bruit de quantification évolue entre $\pm q/2$:
- L'erreur de quantification évolue alors entre $-q/2 < \varepsilon < +q/2$
- La puissance du bruit de quantification que l'on obtient est : $P_\varepsilon = \langle \varepsilon^2(t) \rangle = \frac{q^2}{12}$



Choix du nombre de bits de quantification

Nb de bit n	Quantum/ V_{PE}	Résolution (%)
8	1/256	0.391
10	1/1024	0.0977
12	1/4096	0.0244
14	1/16384	0.0061

- Rapport signal sur bruit : $SNR_{dB} = 10 \cdot \text{Log} \frac{P_{signal}}{P_{Bruit}} = 20 \text{Log} \left(\frac{V_{Seff}}{V_{Beff}} \right)$
- Dans le cas d'un CAN : $\left(\frac{S}{N} \right) \approx 6,02n + 10,8 + 20 \text{Log} \left(\frac{V_{Seff}}{V_{PE}} \right)$
- Dans le cas d'un signal sinusoïdal parcourant la pleine échelle du convertisseur, nous obtenons avec une quantification linéaire centrée un rapport signal sur bruit : $SNR_{dB} = 6,02n + 1.76db$ (n: nombre de bit)

Principe de codage

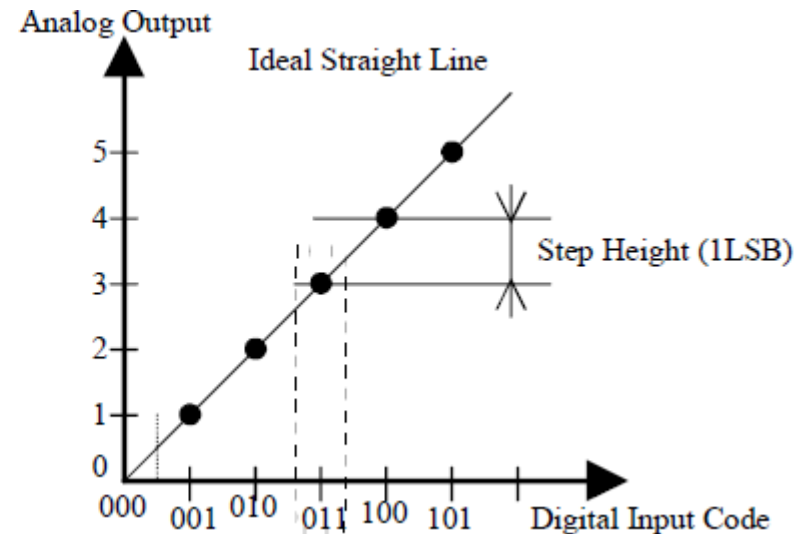
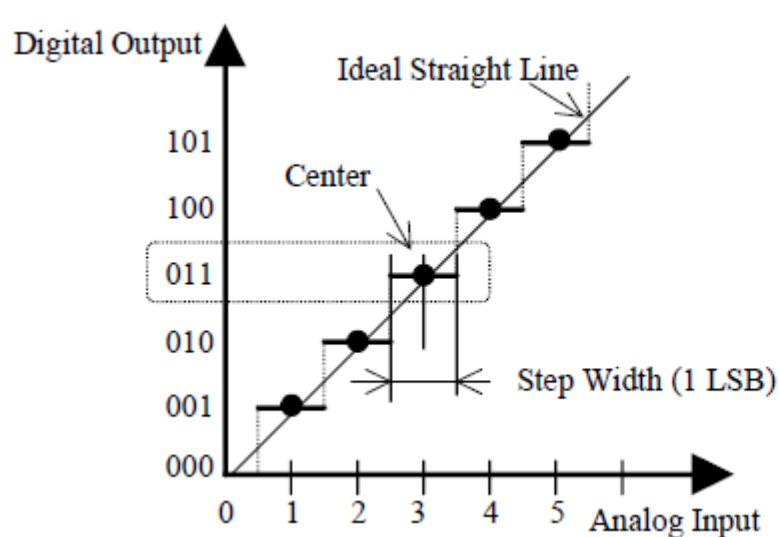
- Le codage permet d'établir la correspondance entre le signal analogique et sa valeur binaire.
- On le divise en deux groupes:
 - Signe du signal constant : UNIPOLAIRE
 - Signe du signal variable : BIPOLAIRE
- Codage en binaire naturel :
 - $N = b_{n-1}, b_{n-2}, \dots, b_1, b_0$ avec b_{n-1} le MSB (Most Significant Bit) et b_0 le LSB (Least Significant Bit): $N = \sum_{i=0}^{n-1} b_i 2^i = b_{n-1} 2^{n-1} + \dots + b_0 2^0$
 - Au code « N » correspond la tension $V = q N$
- Codage DCB
 - Décimal Codé Binaire : codage du chiffre décimal par mot binaire de 4 bits
- Code de Gray ou réfléchi
 - Dans ce code, le passage d'un nombre au suivant ne nécessite le changement que d'un seul bit. Cela limite les transitions (parasites).
- Code amplitude de signe
 - C'est un code qui reprend le code binaire naturel avec en tête un bit de signe : « + » → « 1 » et « - » → « 0 »
- Code binaire décalé
- Code complément à deux

Codage - exemples

- Exemples sur 4 bits:

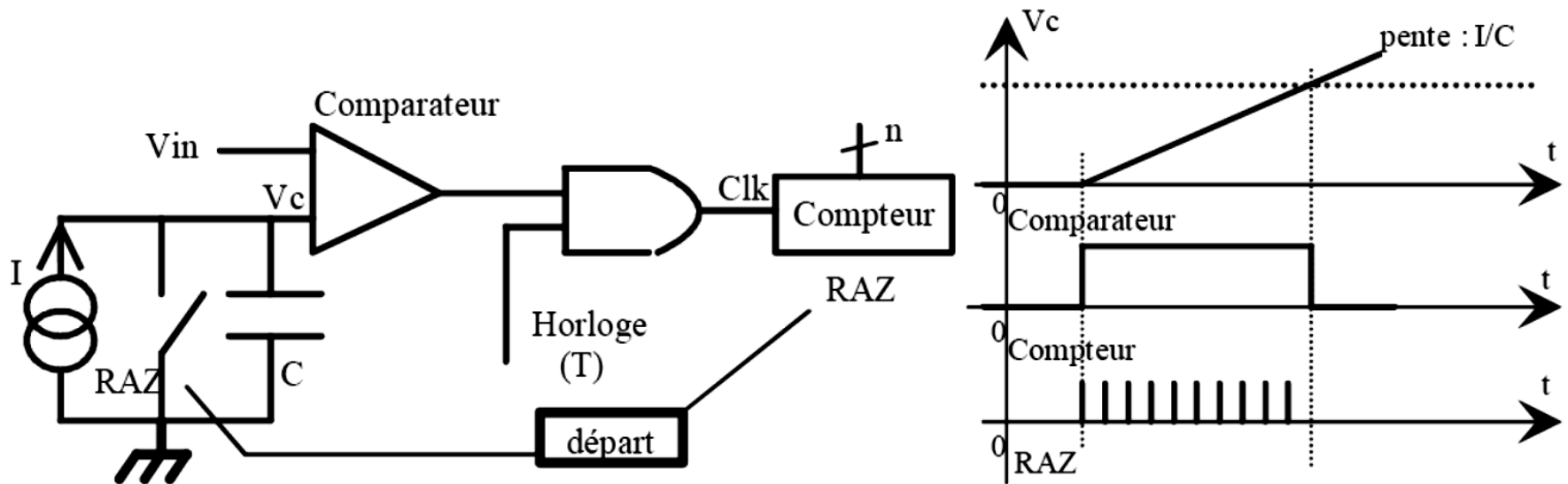
Nbre	Binaire	Binaire décalé	DCB	Gray	Complément à 2
-8	/	0	/	/	1000
-3	/	101	/	/	1101
0	0	1000	0	0	0
1	1	1	1	1	1
5	101	101	101	111	101
10	1010	/	10 000	1111	/
15	1111	/	10 101	1000	/

Caractéristiques des convertisseurs : CAN – CNA



- Erreurs des convertisseurs
 - Erreur d'offset
 - Erreur de gain
 - Erreur de linéarité
 - Etc.
- Exemple de convertisseur

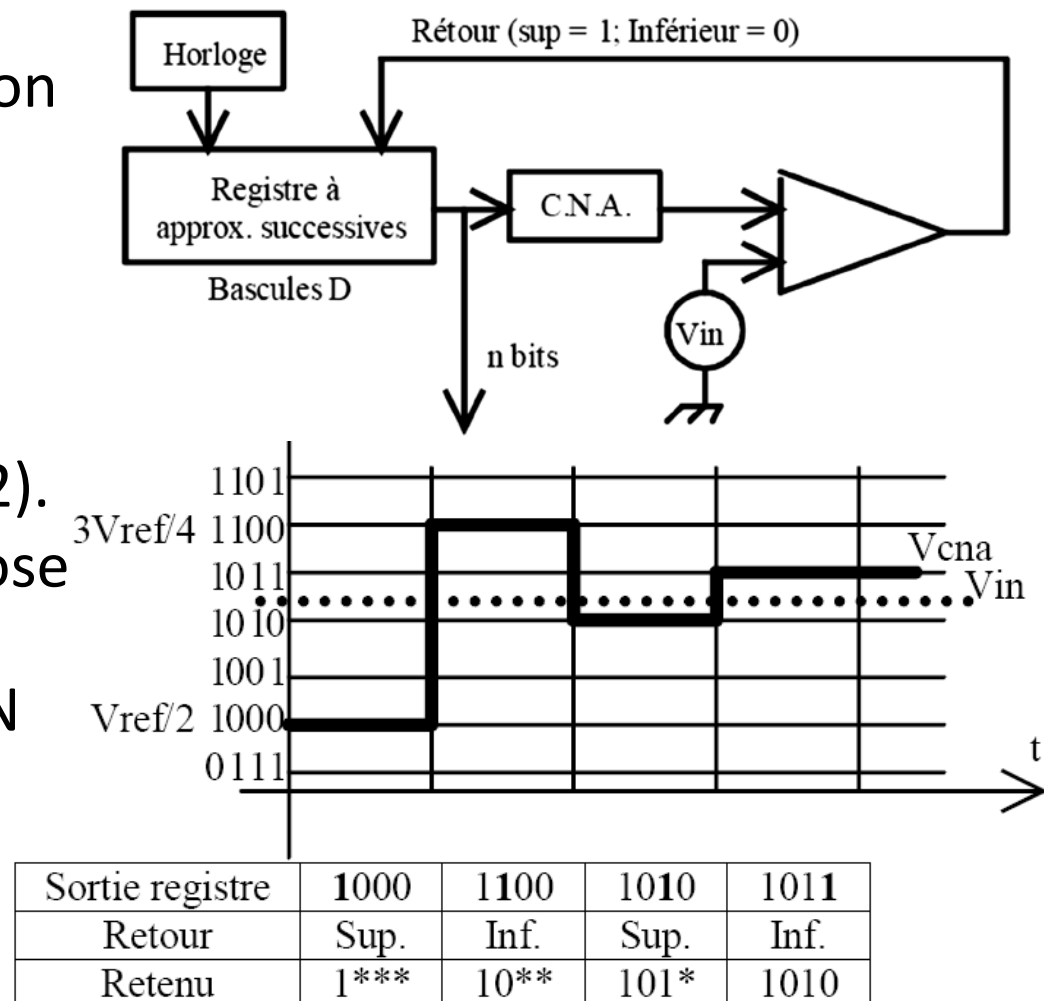
Le convertisseur simple rampe



- A la valeur de la tension d'entrée on fait correspondre une impulsion dont la largeur est proportionnelle à cette tension.
- Cette impulsion vient contrôler l'autorisation à s'incrémenter d'un compteur. On génère ainsi le code binaire de sortie en comptant plus ou moins longtemps en fonction de l'amplitude du signal à convertir.
- Le comparateur bascule et bloque le compteur à sa dernière valeur N : $N = \frac{C \cdot V_{in}}{I \cdot T}$
- Variante: Le convertisseur à rampe numérique.

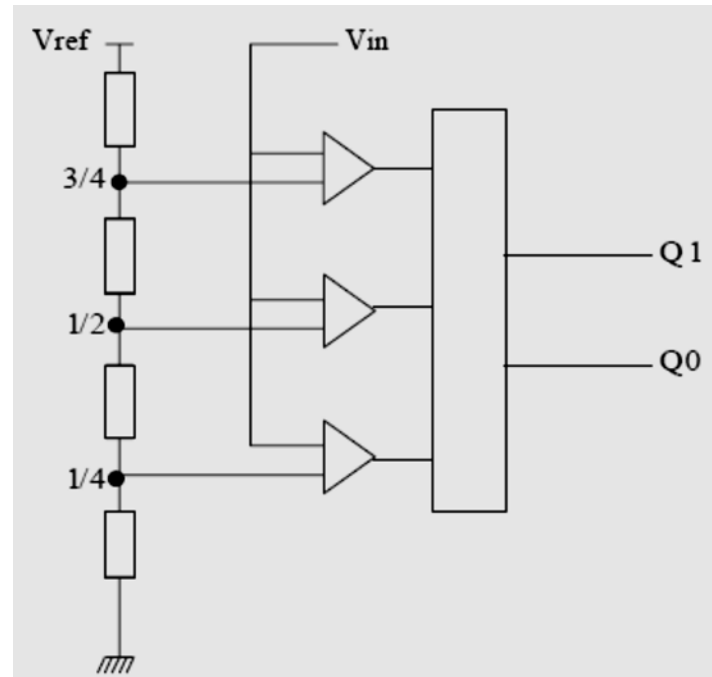
Le convertisseur par approximations successives

- On effectue une comparaison de la tension à convertir V_{in} avec la tension issue du CNA connecté au registre.
- Le premier code issu du registre correspond à la tension « moitié » ($V_{PE}/2$).
- Puis on fait la même chose pour $V_{PE}/4$.
- Pour un CAN N bits, en N coups on obtient la conversion.

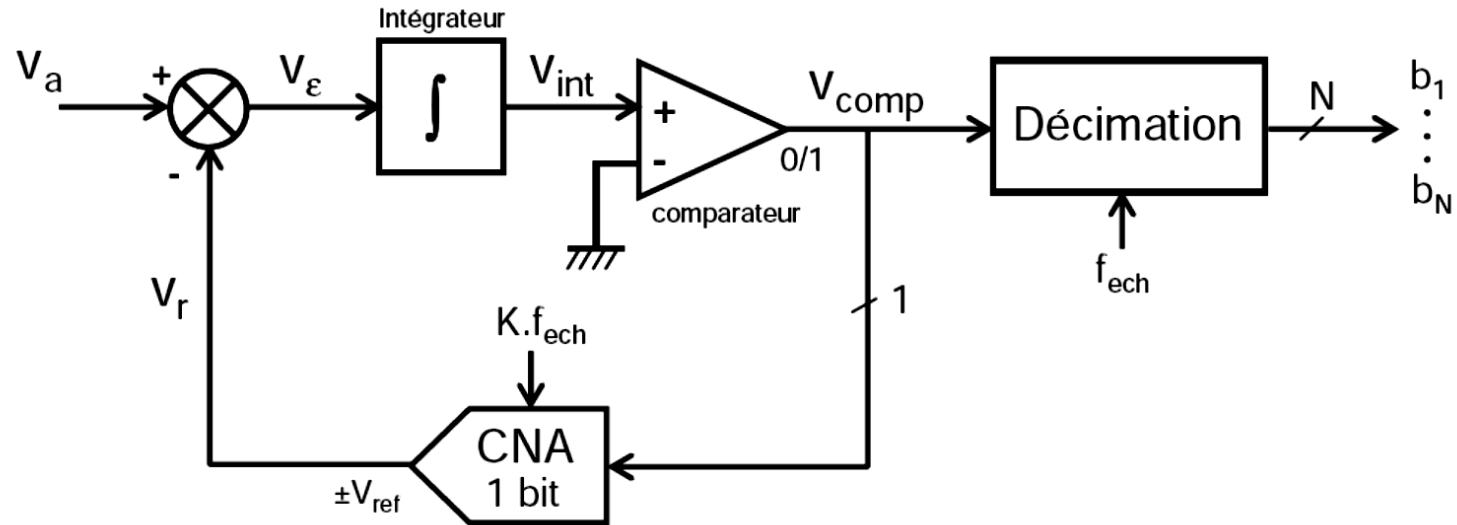


Le convertisseur Flash

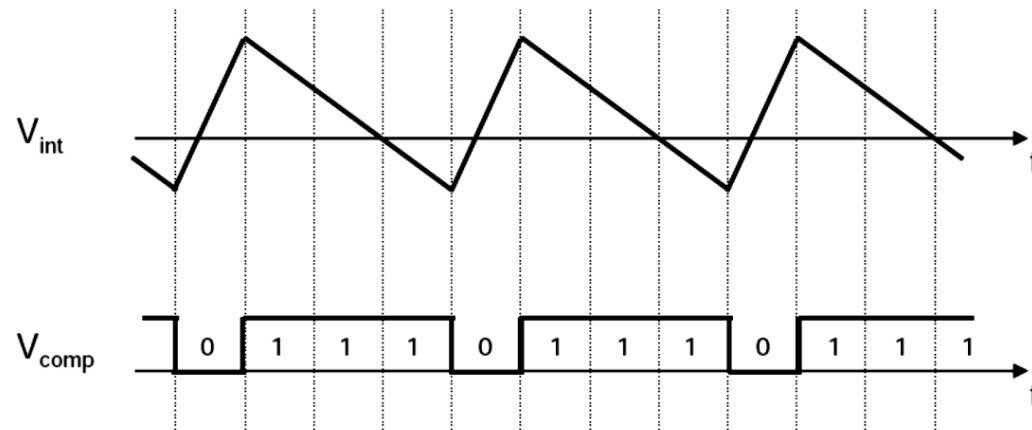
- C'est un réseau de comparateur mis en parallèle.
- Un codage sur n bits nécessite $2^n - 1$ comparateurs et résistances.
- Très rapide mais consomme de la puissance.



Le convertisseur sigma-delta (1)



$$V_a = V_{ref} / 2$$



Le convertisseur sigma-delta (1)

$$V_a = 0$$

