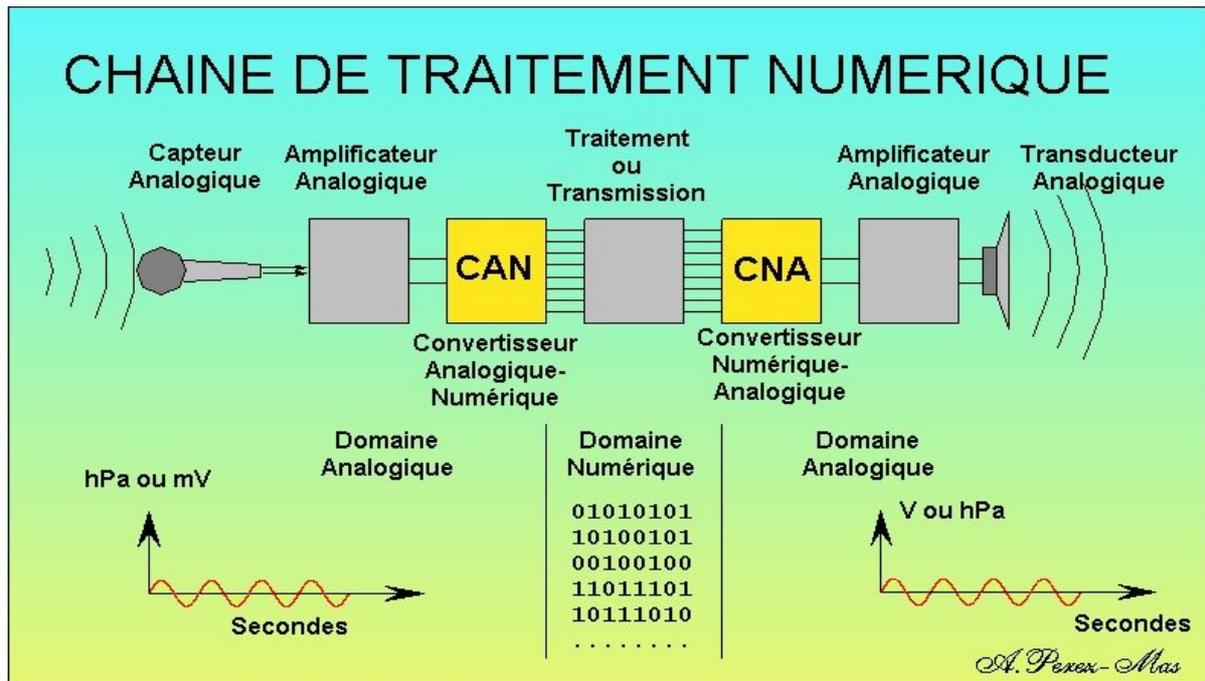


1. CHAÎNE DE TRAITEMENT NUMÉRIQUE D'UNE GRANDEUR PHYSIQUE.



- CAN:

$$ve \in \mathbb{R} \rightarrow Nb = \text{ent} \left[\frac{ve(t) - v_{MIN}}{r} \right] \in \mathbb{N} \text{ Application de } \mathbb{R} \text{ vers } \mathbb{N}$$

$ve(t)$ grandeur analogique , **ent** , partie entière.

$$r \text{ résolution (LSB ou quantum } q) = q = \frac{U_{PE}}{2^n}; n \text{ nombre de bits du convertisseur}$$

- CNA:

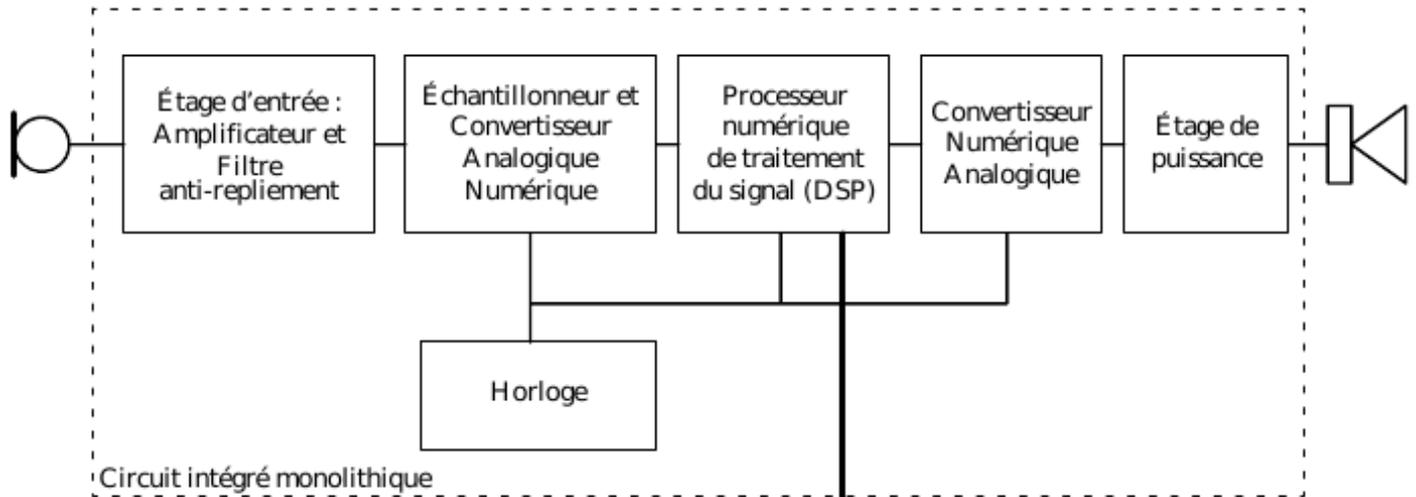
$$Nb \in \mathbb{N} \rightarrow vas = r \cdot Nb \in \mathbb{R} \text{ Application de } \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$$

Nb: grandeur numérique(nombre entier) , **vas** : grandeur analogique de sortie

$$r \text{ résolution (LSB ou quantum } q) = q = \frac{U_{PE}}{(2^n - 1)}$$

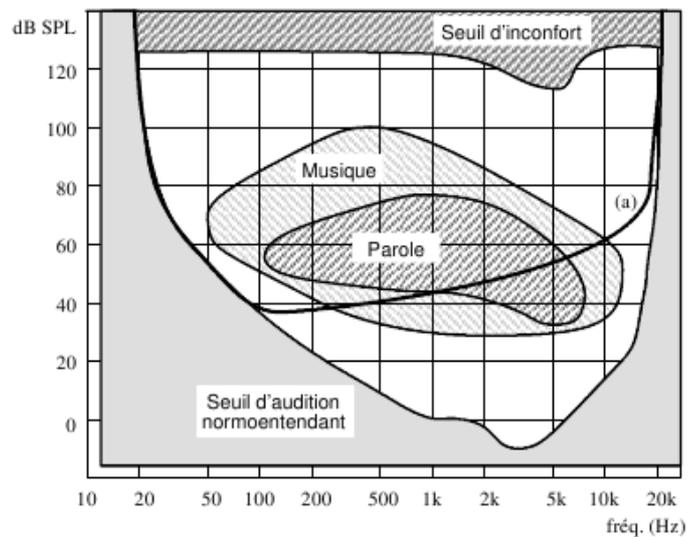
EXEMPLE de CHAÎNE DE TRAITEMENT NUMÉRIQUE D'UNE GRANDEUR PHYSIQUE.:
 SCHÉMA SYNOPTIQUE D'UNE PROTHÈSE AUDITIVE NUMÉRIQUE

http://www.cndp.fr/secondaire/interdiscipline/electron/agregation/ab_2000_tron_cor.pdf



Programmation

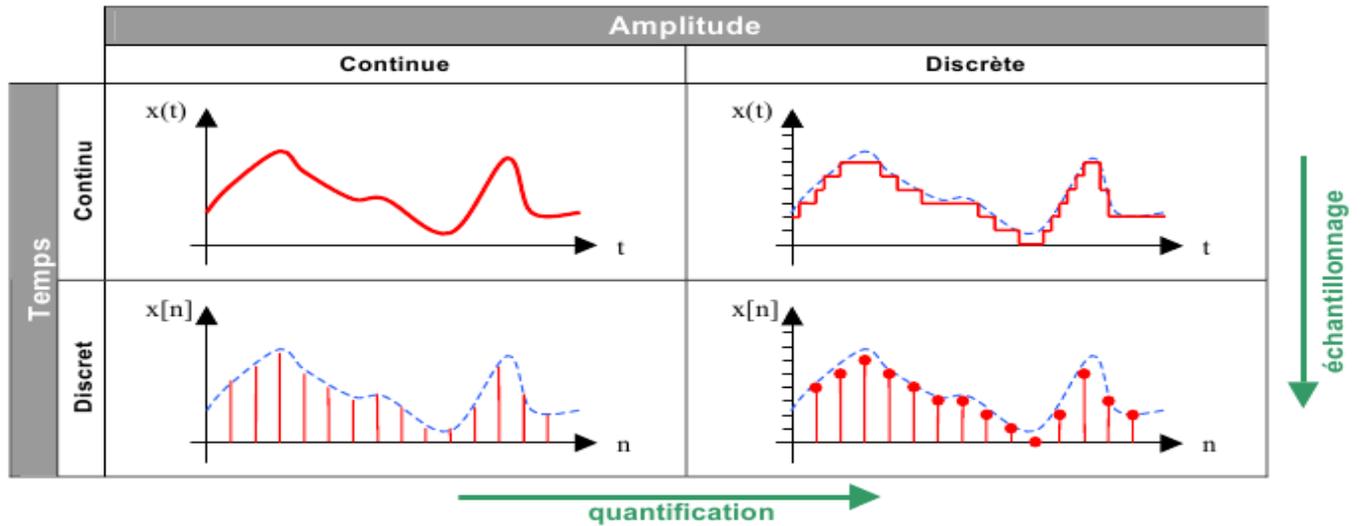
Spectre de la musique	
Spectre de la parole	
Bande passante oreille normale.	
Bande passante oreille d'un malentendant (a)	
Seuil de douleur moyen .	



2. CLASSIFICATION DES SIGNAUX (Voir cours capteurs)

2.1...SIGNAL ANALOGIQUE (SYMBOLE \cap)

Un signal est dit analogique si l'amplitude de la grandeur physique le représentant peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné. Il a une unité (V, A, s, kg ...)

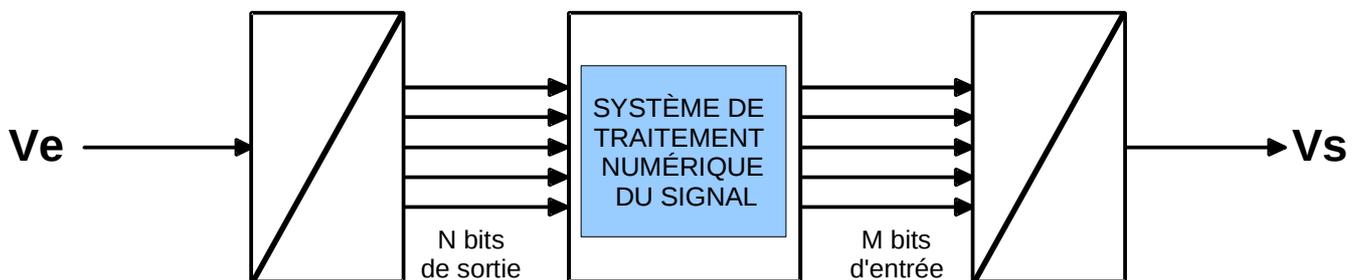


$x(t)$ à temps continu et amplitude continue .
 Pas de discontinuité pour l'amplitude ou le temps.
Toutes les valeurs réelles de t et de l'amplitude sont possibles.

2.2...SIGNAL NUMÉRIQUE (SYMBOLE #):

SÉRIE de NOMBRES ENTIERS le plus souvent CODÉS EN BINAIRE pour les systèmes informatisés.

2.3...SYMBOLES :



3. CONVERSION ANALOGIQUE NUMÉRIQUE OU CAN (DAC Digital-to-Analog Converters)

LE PRINCIPE DE BASE:

ÉTABLIR une CORRESPONDANCE ENTRE une grandeur *analogique* et une grandeur *numérique*.

- GRANDEUR ANALOGIQUE mesurée par un NOMBRE RÉEL
- GRANDEUR NUMÉRIQUE mesurée par un NOMBRE ENTIER donc grandeur DISCRÈTE .
- Le NOMBRE ENTIER doit être LISIBLE PAR un système à MICROCONTRÔLEUR.

$$v_e \in \mathbb{R} \rightarrow Nb = \text{ent} \left[\frac{v_e(t) - v_{\text{MIN}}}{r} \right] \in \mathbb{N} \text{ Application de } \mathbb{R} \text{ vers } \mathbb{N}$$

$v_e(t)$ grandeur analogique , ent , partie entière.

$$r \text{ résolution (LSB ou quantum } q) = q = \frac{U_{PE}}{2^n}; n \text{ nombre de bits du convertisseur}$$

TROIS ÉTAPES DE NUMÉRISATION :

- DISCRÉTISATION(ÉCHANTILLONNAGE): prendre des mesures à intervalles de temps réguliers .
- QUANTIFICATION : Arrondir les valeurs mesurées aux valeurs codables du CAN .
- CODAGE: Représenter chaque valeur quantifiée par un nombre entier.
Généralement le nombre est en code binaire.

3.1...DISCRÉTISATION - ÉCHANTILLONNAGE ET BLOCAGE

(voir le TP échantillonnage manuel et par transistor MOS)

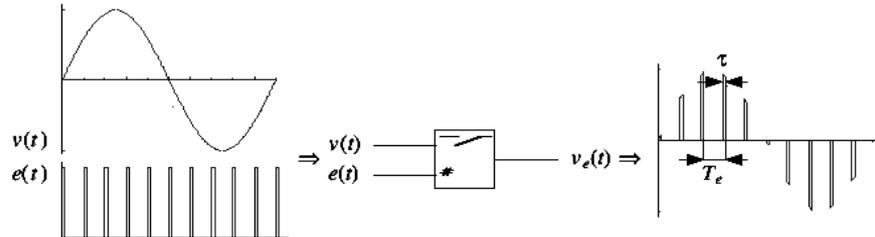
La grandeur analogique est le plus souvent une fonction continue du temps, il faut donc la discrétiser en prenant des échantillons .

- **ÉCHANTILLONNEUR:**

C'est un INTERRUPTEUR COMMANDÉ par un signal à la fréquence f_e d'échantillonnage.

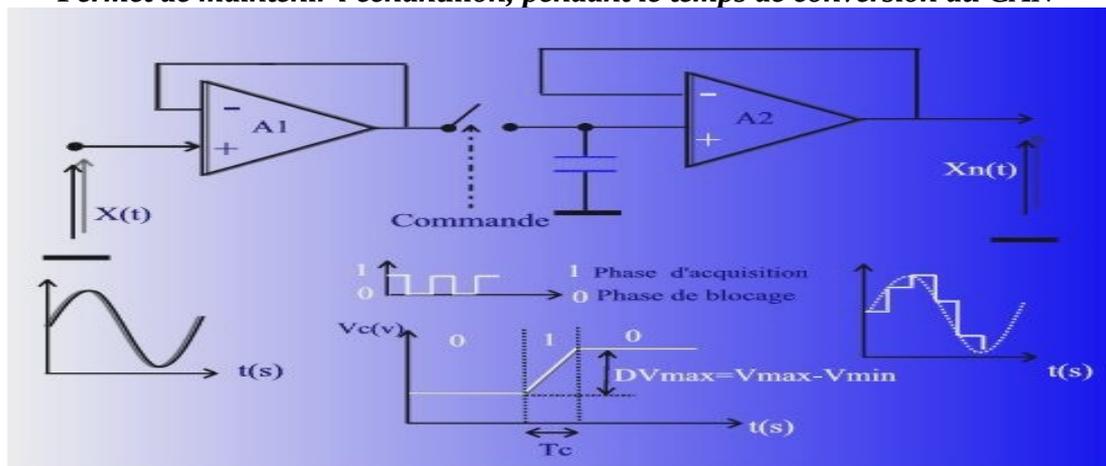
Temps τ (interrupteur fermé) , DURÉE D'UN ÉCHANTILLON $\tau \ll T_e = \frac{1}{f_e}$

f_e FRÉQUENCE D'ÉCHANTILLONNAGE.



- **ÉCHANTILLONNEUR/BLOQUEUR:**

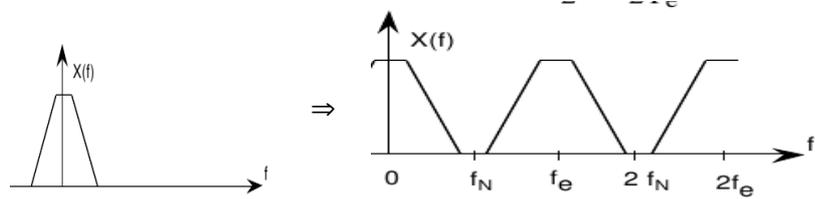
Permet de maintenir l'échantillon, pendant le temps de conversion du CAN



- **ASPECT FRÉQUENTIEL ET FILTRE ANTI-REPLIEMENT:**

L'échantillonnage PÉRIODISE à la fréquence d'échantillonnage f_e , le spectre du signal analogique $X(f)$.

Si la fréquence maximale f_M du spectre $X(f)$ du signal analogique **dépasse $f_e/2$** , il y a recouvrement (repliement) du spectre du signal échantillonné et conduit à des **pertes d'informations importantes**



Le théorème de SHANNON : montre que la **reconstitution correcte** d'un signal nécessite que la **fréquence d'échantillonnage f_e** soit au moins deux fois plus grande que la **plus grande des fréquences f_M** du spectre du signal : $f_e > 2.f_M$.

On préfère donc **filtrer** le signal analogique d'entrée par un **filtre anti-repliement** qui coupe le spectre à $f_e/2$.

EXERCICE : Signal à $f_M = 1$ kHz échantillonné à $f_e = 1$ kHz . Tracer les spectres $X(f)$ et $X_{ech}(f)$ et indiquer la fréquence f_c de coupure du filtre anti-repliement nécessaire.

ECHANTILLONNAGE :EXERCICE D'APPLICATION

D'après jean-philippe muller Mai 2005

Acquisition du signal issu d'un capteur

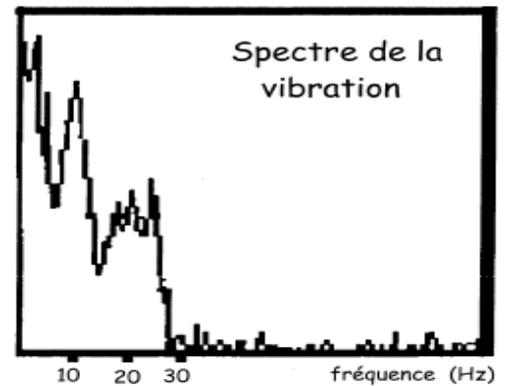


comprendre la structure d'une chaîne d'acquisition et l'utilité du filtre anti repliement

Un capteur de vibrations placé sur une structure métallique enregistre ses vibrations.

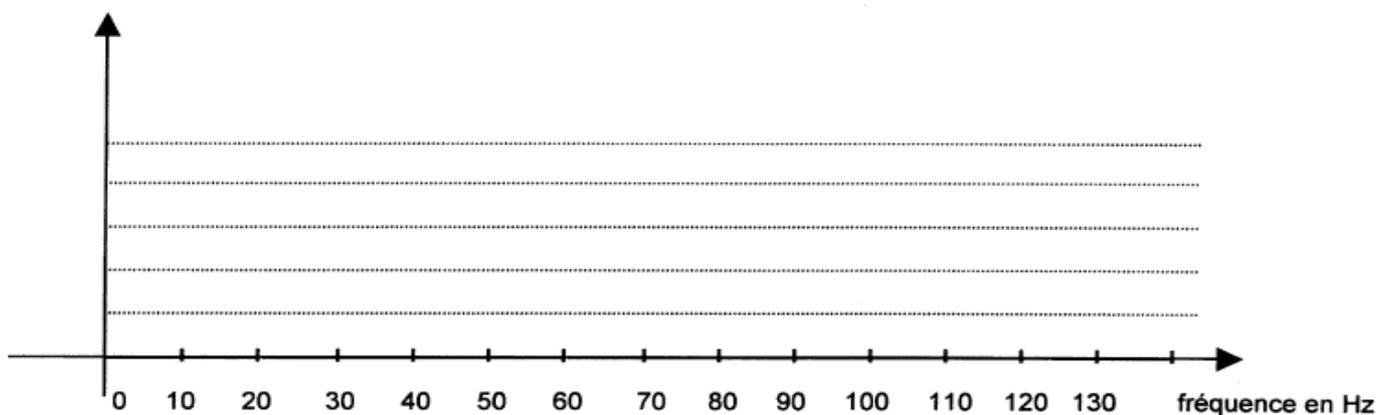
Le spectre fourni par un analyseur FFT a l'allure ci-contre :

1) Dans quelle bande de fréquences se situent ces vibrations ?



Pour traiter et stocker ce signal, on l'envoie sur un système d'acquisition relié à un PC. L'opérateur choisit une fréquence d'échantillonnage de $f_e = 70$ Hz pour respecter le théorème de Shannon.

2) Tracer l'allure du spectre du signal échantillonné.



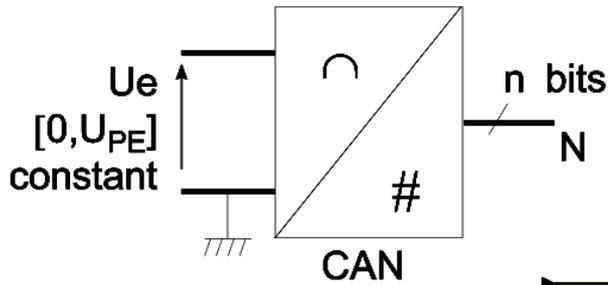
3) Suite à un défaut de câblage, le signal de vibration se trouve parasité par le 50 Hz du secteur. Comment est modifié le spectre du signal échantillonné ? Quel est le défaut qui est apparu ?

4) Dessiner la structure de la chaîne d'acquisition allant du capteur au convertisseur analogique-numérique permettant de faire une acquisition correcte du signal.

ERREUR DE QUANTIFICATION :

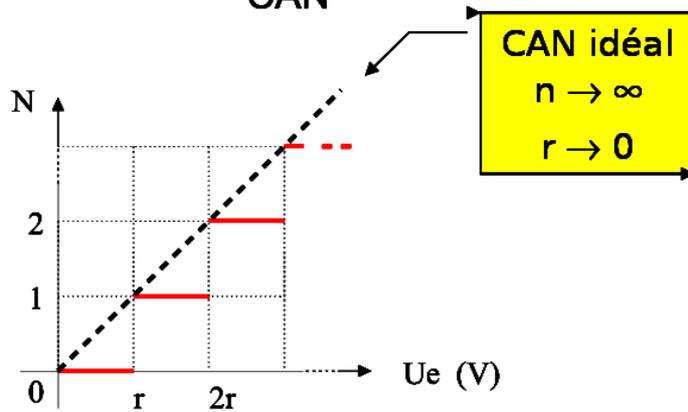
- La conversion analogique-numérique ne se fait pas sans pertes, l'ERREUR SYSTÉMATIQUE de QUANTIFICATION est en général +/- (1 LSB) ou +/- (1/2 LSB).

- La résolution analogique r est aussi appelée quantum q .

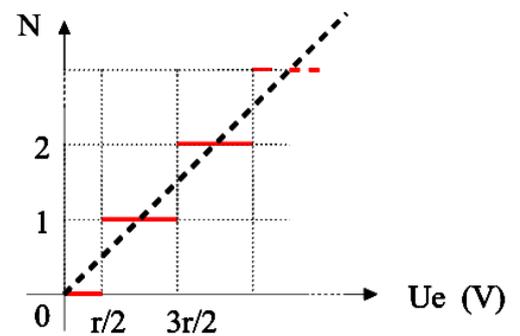


Résolution analogique : $r = U_{PE}/2^n$

Résolution numérique : n bits



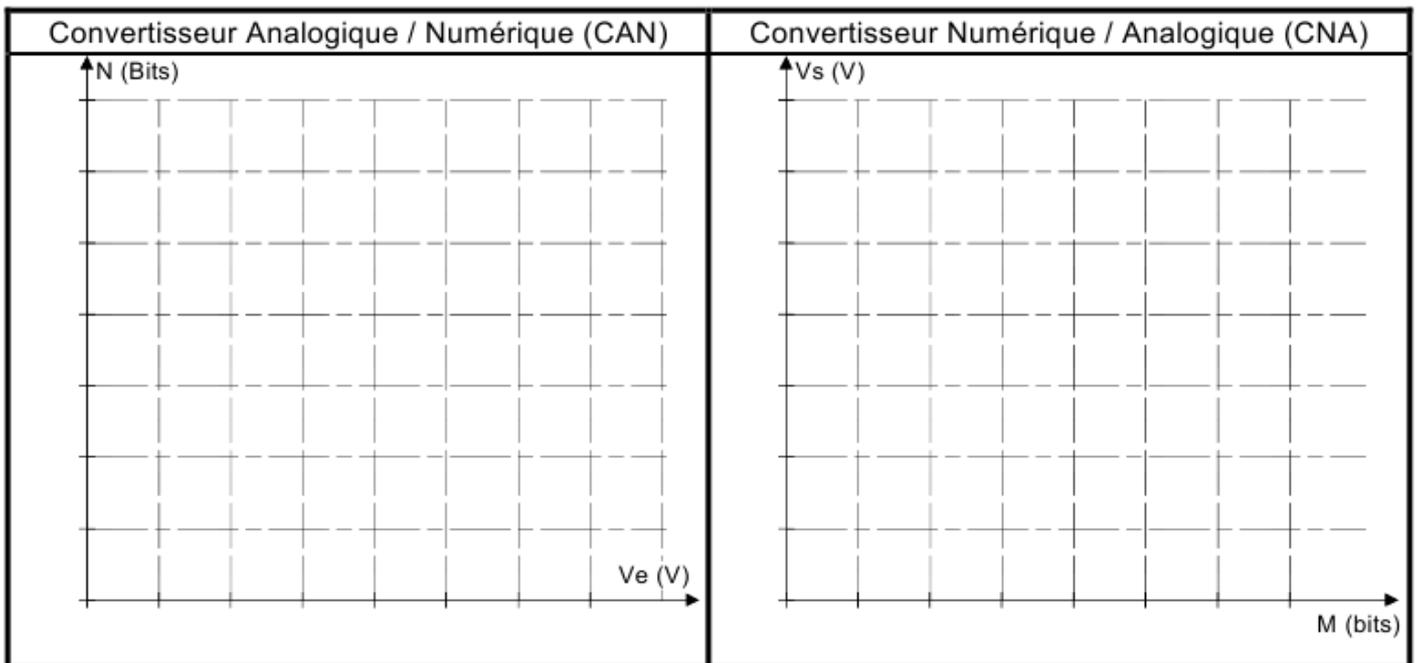
Erreur analogique : r
 Erreur numérique : 1 LSB



Erreur analogique : $\pm r/2$
 Erreur numérique : $\pm 1/2$ LSB

4. CARACTÉRISTIQUES DE TRANSFERT DES CAN ET CNA

DÉFINITION: courbes représentant la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée.



5. RÉOLUTION ET QUANTUM D'UN CONVERTISSEUR:

(CAN)	(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 de sortie. Elle est liée au quantum.</p> <p>La valeur du quantum dépend de la tension Pleine Echelle (PE, FS), elle est donnée par la relation :</p>	<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. Elle est liée au quantum.</p> <p>La valeur du quantum dépend de la tension Pleine Echelle (PE, FS), elle est donnée par la relation :</p>
$q = \frac{\text{Valeur Pleine échelle}}{\text{nombre de bits}} = \frac{\text{Valeur}_{\text{MAX}} - \text{Valeur}_{\text{min}}}{2^{\text{nombre de bits}}}$	$q = \frac{\text{Valeur Pleine échelle}}{(2^{\text{nombre de bits}} - 1)} = \frac{\text{Valeur}_{\text{MAX}} - \text{Valeur}_{\text{min}}}{(2^{\text{nombre de bits}} - 1)}$

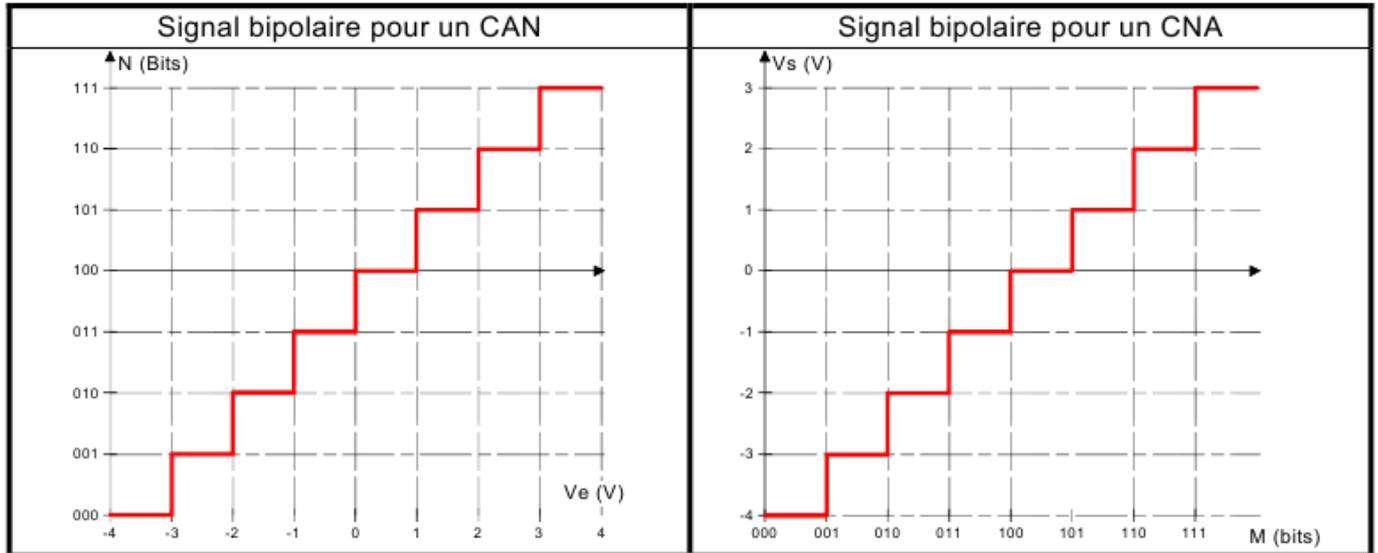
EXERCICE: Donner U_{PE} , la tension pleine échelle, la résolution numérique n et Calculer la résolution analogique r ou quantum q pour les convertisseurs ci-dessus.

(CAN)	(CNA)
$U_{PE} =$	$U_{PE} =$
$r = q =$	$r = q =$
$n =$	$n =$

6. CODAGE DES VALEURS QUANTIFIÉES

- Pour les nombres non signés :
 - Le binaire naturel
 - Le B.C.D
- Pour les nombres signés :
 - Le complément à deux
 - Le binaire signé (1XX pour les nombres négatifs et 0XX pour les positifs)

Exemples de code binaire signé



7. TEMPS DE CONVERSION - TEMPS D'ÉTABLISSEMENT (SETTLING TIME)

(CAN)	(CNA)
Temps minimum nécessaire au convertisseur pour stabiliser la donnée numérique en sortie après qu'une tension analogique stable ait été appliquée à l'entrée du CAN.	Temps minimum nécessaire à la stabilisation de Vs après une transition du mot numérique appliqué à l'entrée du CNA.

8. QUELQUES IMPERFECTIONS DES CONVERTISSEURS :

- **Précision (Accuracy)(en % de PE(FS) ou en multiple de q):** Elle caractérise l'écart maximal entre la valeur théorique de sortie et la valeur réelle. Elle tient compte de toutes les erreurs citées ci-après.

- **Erreur de décalage (Offset error):** (ex: +/- 0, 2 % FS ou multiple de q)

(CAN)	(CNA)
Elle caractérise le fait qu'une tension nulle à l'entrée du convertisseur provoque un code différent de 00...00	Elle caractérise l'écart entre la tension nulle correspondant au code 00...00 et la tension de sortie réelle

- **L'erreur de linéarité:** (ex: +/- 0, 2 % FS ou multiple de q)
Elle caractérise la variation autour de la sortie théorique(proportionnelle à l'entrée) de la sortie réelle.
- **Erreur de gain (Gain Error):**
Elle caractérise une pente différente entre la caractéristique de transfert théorique et réelle.
- **L'erreur de quantification a été définie plus haut :en général +/- (1 LSB) ou +/- (½ LSB).**

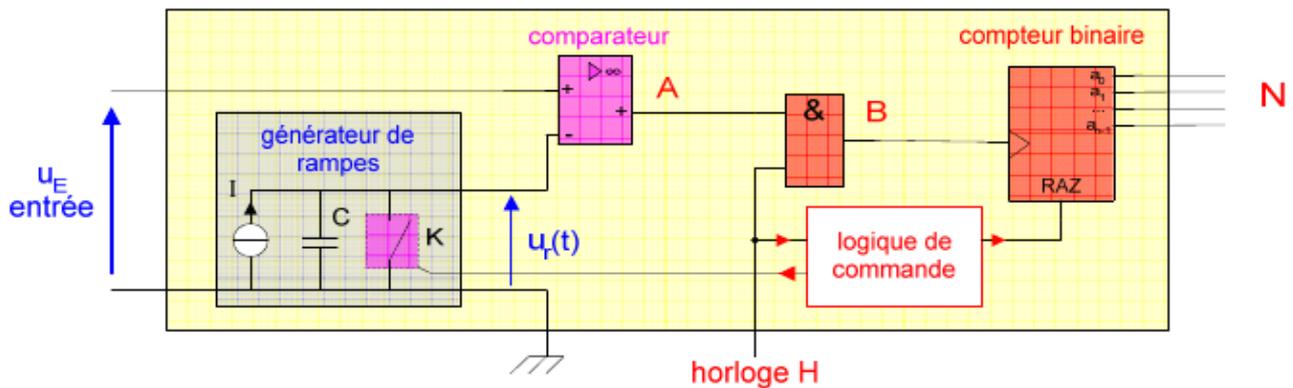
9. DIFFÉRENTS TYPES DE CONVERTISSEURS:

9.1...CAN « SIMPLE RAMPE »

9.1.1.PRINCIPE:

C'est un CAN « à intégration », qui convertit une durée proportionnelle à la tension d'entrée en un Nombre par comptage .

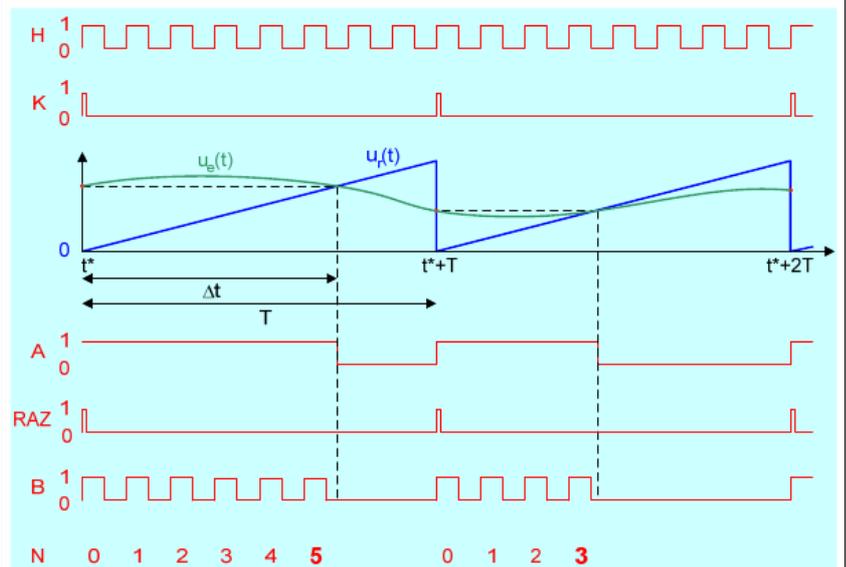
9.1.1.Schéma fonctionnel de principe :



CHRONOGRAMMES (avec la RÉOLUTION NUMÉRIQUE n = 3 bits) :

Analyse du fonctionnement:

- Conditions initiales: à $t = 0^-$, u_E à convertir est appliquée, K ouvert, « C » déchargé ($u_r(0)=0$)
- à $t = t^* = 0$, on OUVRE K, on remet à 0 le compteur (RAZ), et le comptage démarre.
- à $t = 0^+$, « C » se charge à courant constant (intégration) et $u_r(t)$ croît LINÉAIREMENT.
- À $t = \Delta t$, $u_r(t) = u_e(t)$, le comparateur A bascule de « 1 » à « 0 » et donc ARRÊT COMPTEUR.



On a donc converti la durée Δt de charge de « C » pour atteindre u_e à convertir en un nombre N sortie du compteur. Or, $N = \frac{\Delta t}{T_H}$ et $\Delta t = \frac{C}{I} \cdot u_e(t)$, donc $N = f_H \cdot \frac{C}{I} \cdot u_e(t)$

$$N = \text{ent} \left[\frac{u_e(t)}{r} \right] = 5; \text{ avec } r = \frac{U_{PE}}{2^n} = \frac{(u_{e_{MAX}} - u_{e_{MIN}})}{2^n}; n(\text{bits}) \text{ résolution numérique du CAN.}$$

- Ensuite, la rampe de charge de « C » continue jusqu'à T .
- à $t = T$, $u_r(t) = u_{e_{MAX}}(t)$; K est fermé (« C » se décharge, le compteur remis à Zéro.
- à $t = T^+$, K est ouvert . La rampe et le comptage recommence .
- Le temps de conversion dépend de u_e $0 < T_{\text{conv}} \leq T$.

Avantages et inconvénients des CAN à simple rampe:

$$N = \frac{\Delta t}{T_H} \text{ et } \Delta t = \frac{C}{I} \cdot ue(t) , \text{ donc } N = f_H \cdot \left(\frac{C}{I} \right) \cdot ue(t)$$

Inconvénients:

- N dépend de f_H donc **l'horloge** sur la durée de vie du CAN.
- N dépend de la pente $\frac{C}{I}$ qui **doit être très stable** . (ERREUR DE LINÉARITÉ)
- **Le temps de conversion dépend de $ue(t)$** .

Avantage: Structure simple .

9.2...CAN À DOUBLE RAMPE :Très utilisé dans les multimètres numériques

- **Avantage:** L'horloge H doit être stable sur temps court (la durée de conversion):

$$n = \frac{2^N}{V_{ref}} \cdot E \text{ indépendant de } T . \text{ l'horloge peut être de période différente pour la prochaine mesure.}$$

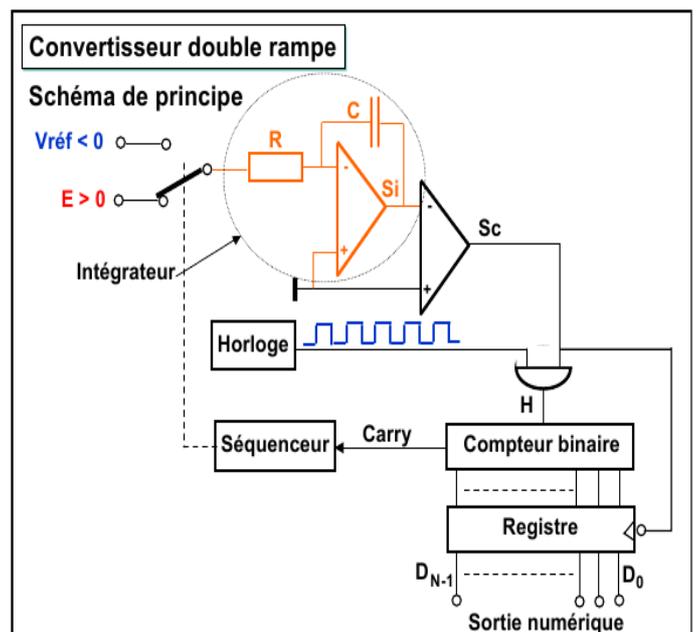
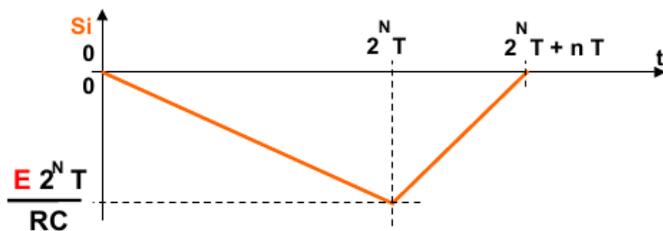
- **Inconvénient s:** Rampe parfaitement linéaire exigée et temps de conversion dépendant de E .

Principe de fonctionnement

- A t = 0, Si = 0, Sc = 0, H = 0
- Le séquenceur bascule l'inverseur sur E
- $\Rightarrow Si = - \frac{E t}{RC}$ (Intégrateur)
- $\Rightarrow Sc = 1$ et le compteur compte de 0 à $2^N - 1$
- A $2^N - 1$, Carry passe à 1
- Un top d'horloge plus tard, à $t_1 = 2^N T$:
- \Rightarrow Le compteur passe à 0
- \Rightarrow Carry repasse à 0 et l'inverseur commute sur V_{ref}
- Si va croître de $-\frac{E 2^N T}{RC}$ à 0 dans le temps n T
- Quand Si = 0, $\frac{E 2^N T}{RC} = \frac{V_{ref} n T}{RC}$

$$\Rightarrow n = \frac{E 2^N}{V_{ref}}$$

n est bien une représentation de E



ATTENTION : Ici,

N(bits) résolution numérique)

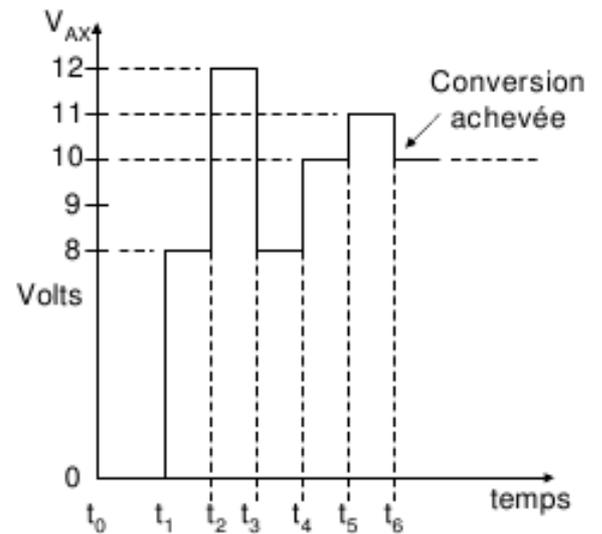
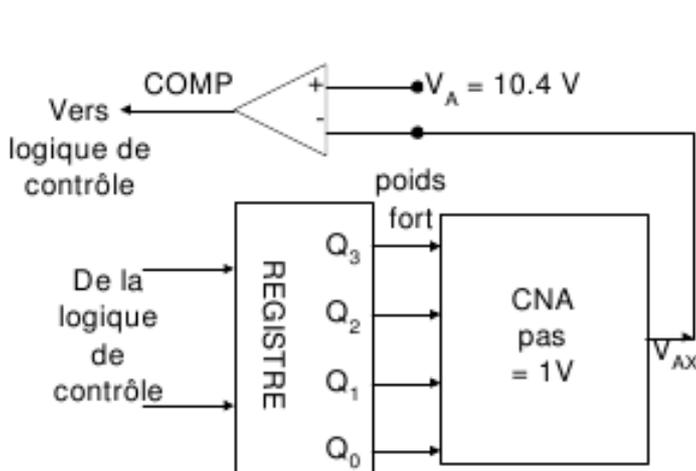
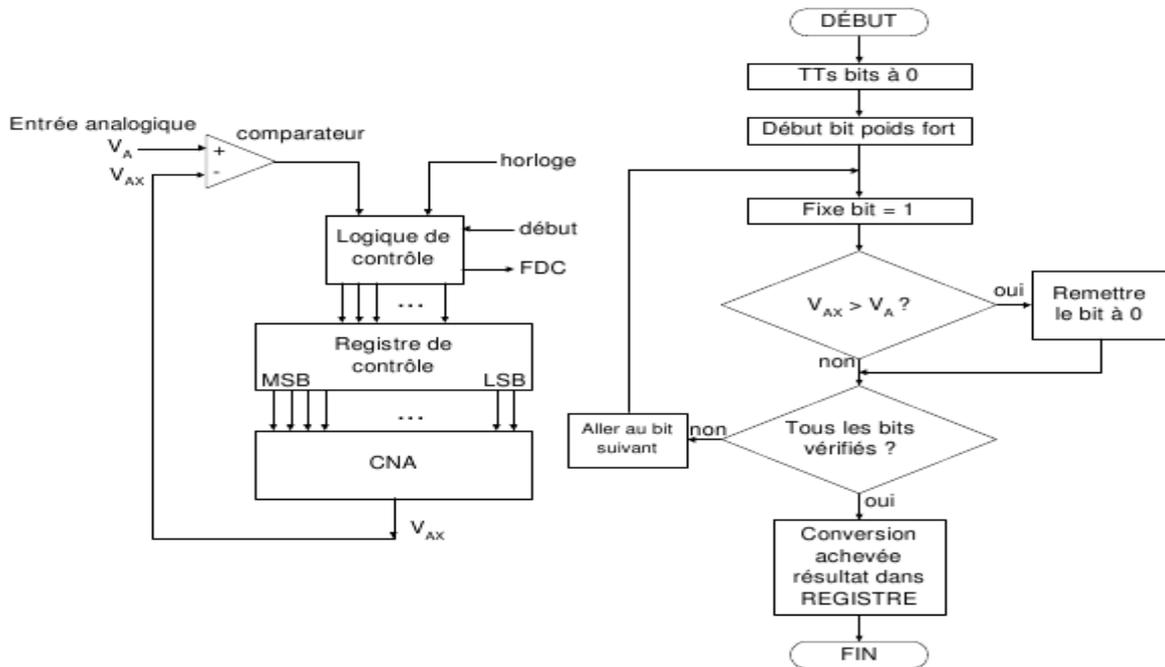
n le nombre représentant l'entrée analogique E

On obtient finalement $n = \frac{2^N}{V_{ref}} \cdot E$

indépendant de T .

9.3...CAN À APPROXIMATIONS SUCCESSIVES

Schéma bloc fonctionnel de principe et algorithme de fonctionnement .

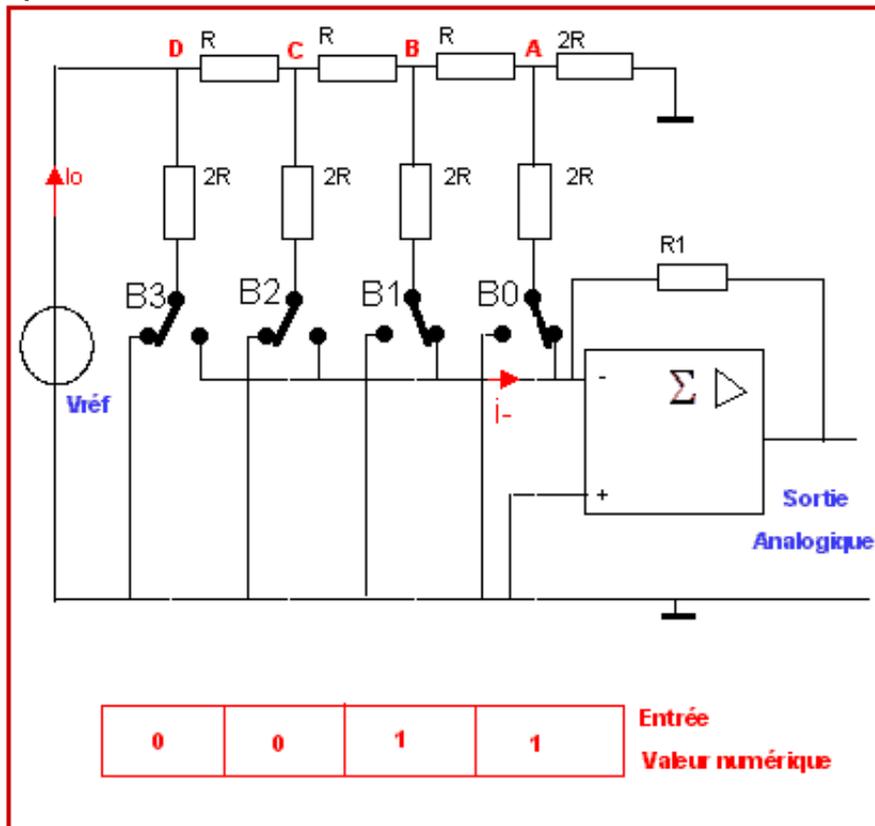


EXERCICE SUR L'EXEMPLE CI-DESSUS:

Donnée $V_A \text{ max} = 12\text{V}$; $V_A \text{ min} = 0\text{V}$, Donner le nombre de bits du CAN, sa résolution numérique $R_n(\text{bits})$, la résolution analogique ou quantum q .

Donner la relation entre N (nombre représentant) et V_A .

9.4... Principe du C.N.A. à réseau de résistances R-2R



Seules deux valeurs de résistances sont utilisées. La tension de référence se distribue sur le réseau R-2R avec les valeurs :

$$V_{\text{réf}} \text{ en D, } \frac{V_{\text{réf}}}{2} \text{ en C, } \frac{V_{\text{réf}}}{4} \text{ en B, } \frac{V_{\text{réf}}}{8} \text{ en A}$$

Chaque bit commande un courant qui s'exprime par l'inverse d'une puissance de 2 à partir de I_0 .

$$I_- = \frac{V_{\text{réf}}}{R} \left(\frac{B_3}{2} + \frac{B_2}{4} + \frac{B_1}{8} + \frac{B_0}{16} \right)$$

L'amplificateur opérationnel en sommateur délivre la tension analogique.

$$V_S = -\frac{V_{\text{réf}} R_1}{R} \left(\frac{B_3}{2} + \frac{B_2}{4} + \frac{B_1}{8} + \frac{B_0}{16} \right)$$

Finalement, on obtient : $N = B_3 \cdot 2^3 + B_2 \cdot 2^2 + B_1 \cdot 2^1 + B_0 \cdot 2^0$ donc $v_s = \frac{-V_{\text{réf}}}{2^n} \cdot \left(\frac{R_1}{R} \right) \cdot N$

Le quantum q est:	La plage de tension de sortie est : $i \leq V_s \leq i$	$U_{PE} =$
-------------------	---	------------

10. ETUDE DE LA CHAÎNE MODULAIRE DE MESURE D'UN MULTIMÈTRE

Conditionnement du signal & Amplification:

Rôle : mise à l'échelle de la tension d'entrée :

- atténuation des hautes tensions
- amplification des basses tensions

Exemple de calibres (multimètre Agilent 34401A) :

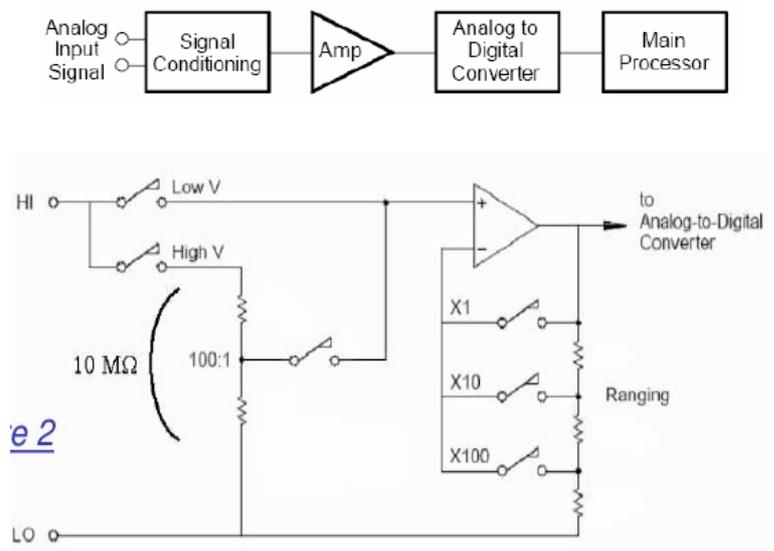
0,1 V 1 V 10 V 100 V 1000 V

Le signal d'entrée est ramené à une tension comprise dans l'intervalle ± 10 V.

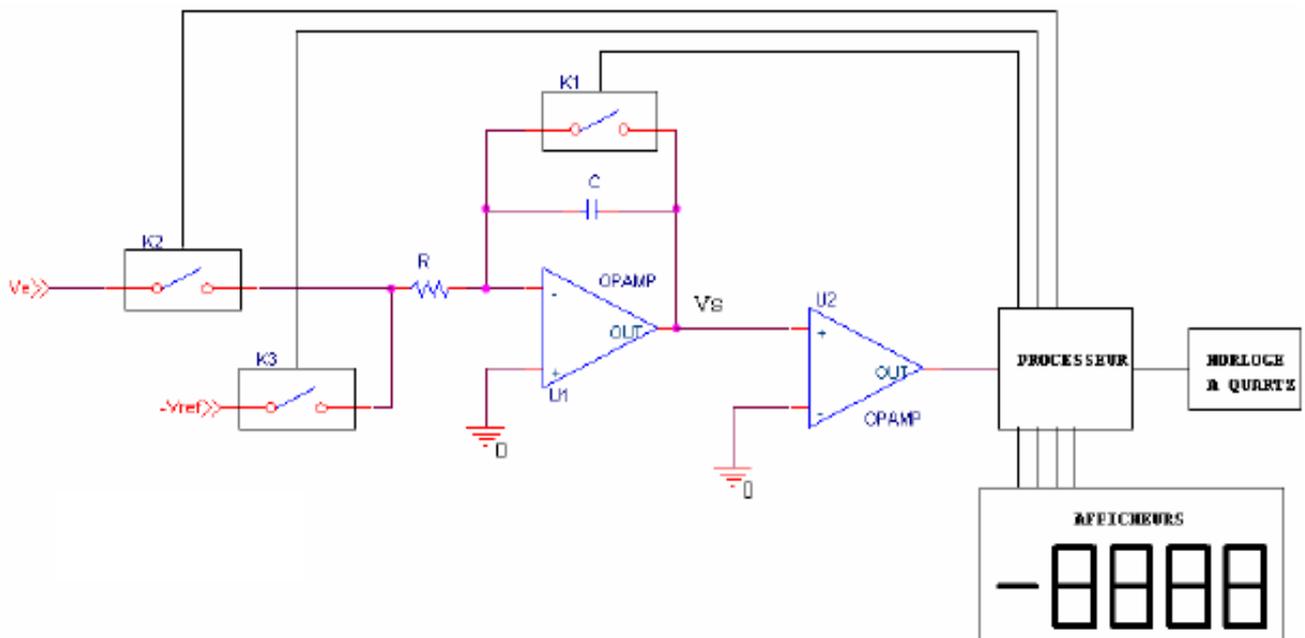
Exemple : $V_E = 82$ V

Le pont diviseur ramène la tension à 0,82 V puis amplification d'un facteur 10.

Finalement 8,2 V en sortie du conditionneur et donc en entrée du convertisseur analogique-numérique (ADC).



CONVERTISSEUR ANALOGIQUE – NUMÉRIQUE (A.D.C)



NOMBRE DE POINTS D'UN MULTIMÈTRE:

Exemple : un multimètre 4000 points permet d'afficher des valeurs de 0000 à ± 4000 .

On parle aussi de multimètre « 3 digits $\frac{1}{2}$ ». Le digit de poids fort ne peut prendre que les valeurs 0 à 4 . Pour obtenir le calibre 400 mV, il faut faire en sorte de compter jusqu'à 4000 pour $V_E = 400,0$ mV.

RÉSOLUTION ANALOGIQUE OU QUANTUM.

C'est le plus écart entre deux valeurs affichable par le multimètre.

A.N. multimètre 4000 points, sur calibre 400 mV ; Résolution 000.1 mV = 100 μ V

A.N. calibre 40 V ; Résolution 00.01 V = 10 mV

A.N. calibre 1000 V ; Résolution 0001 V = 1 V

11. ETUDE DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE (DATA SHEET):

11.1... ETUDE DU CONVERTISSEUR AD673:

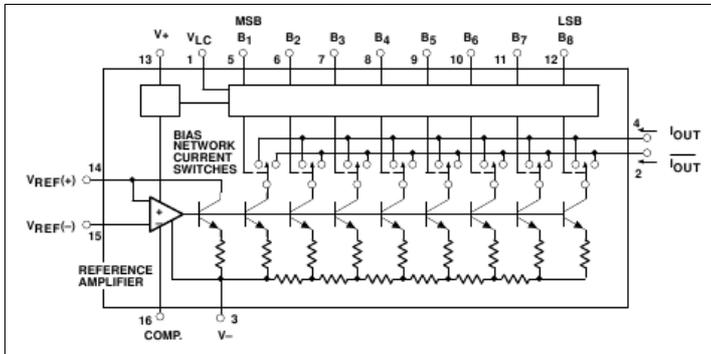
Type de convertisseur ?
 Calculez la valeur de la tension Pleine Echelle.
 Calculez le quantum q ou résolution analogique de ce convertisseur.
 Donnez la résolution numérique de ce convertisseur.
 Donnez le temps de conversion de ce convertisseur.

GENERAL DESCRIPTION

The AD673 is a complete 8-bit successive approximation analog-to-digital converter consisting of a DAC, voltage reference, clock, comparator, successive approximation register (SAR) and 3-state output buffers—all fabricated on a single chip. No external components are required to perform a full accuracy 8-bit conversion in 20 μ s.

Model	AD673J			AD673S			Units
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
RESOLUTION		8			8		Bits
RELATIVE ACCURACY, ¹ $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}			$\pm 1/2$ $\pm 1/2$			$\pm 1/2$ $\pm 1/2$	LSB LSB
FULL-SCALE CALIBRATION ²		± 2			± 2		LSB
UNIPOLAR OFFSET			$\pm 1/2$			$\pm 1/2$	LSB
BIPOLAR OFFSET			$\pm 1/2$			$\pm 1/2$	LSB
DIFFERENTIAL NONLINEARITY, ³ $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	8 8			8 8			Bits Bits
CONVERSION TIME, T_A and T_{MIN} to T_{MAX}	10	20	30	10	20	30	μ s
ANALOG INPUT IMPEDANCE	3.0	5.0	7.0	3.0	5.0	7.0	k Ω
ANALOG INPUT RANGES Unipolar Bipolar	0 -5		+10 +5	0 -5		+10 +5	V V
OUTPUT CODING Unipolar Bipolar			Positive True Binary Positive True Offset Binary			Positive True Binary Positive True Offset Binary	

11.2...ETUDE DU CONVERTISSEUR DAC08C: mêmes questions .



DESCRIPTION

The DAC08 series of 8-bit monolithic multiplying Digital-to-Analog Converters provide very high-speed performance coupled with low cost and outstanding applications flexibility.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	DAC08C			DAC08E DAC08		
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
	Resolution		8	8	8	8	8	8
	Monotonicity		8	8	8	8	8	8
	Relative accuracy	Over temperature range			± 0.39			± 0.19
	Differential non-linearity				± 0.78			± 0.39
$T_{CI_{FS}}$	Full-scale tempco			± 10			± 10	
V_{OC}	Output voltage compliance	Full-scale current change < 1/2LSB	-10		+18	-10		+18

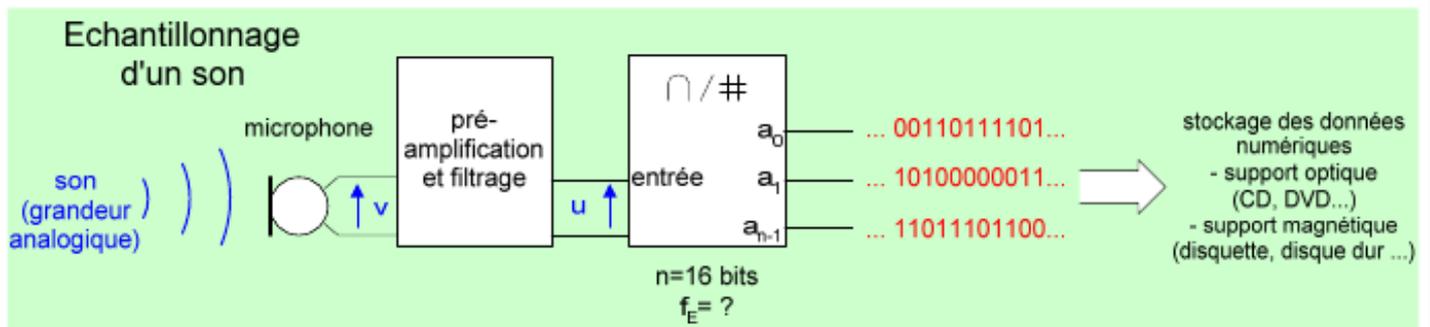
t_s	Settling time	To $\pm 1/2$ LSB, all bits switched on or off, $T_A=25^\circ\text{C}$	70	135	70	135	70	135	ns
-------	---------------	---	----	-----	----	-----	----	-----	----

12. COMPARAISON DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES

(CAN)				(CNA)			
Type	Vitesse	Erreur	Résolution	Type	Vitesse	Erreur	Résolution
Simple Rampe	Faible (ms)	Elevée	Moyenne à élevée (7 à 14 bits)	Résistances Pondérées	Elevée (1µs à 10 µs) Elevée (Sortie en tension 1µs à 10µs) (Sortie en courant 50 ns à 1µs)	Elevée	Faible (quelques bits)
Double Rampe	Faible (ms)	Faible	Elevée (10 à 18 bits)				
Approximations Successives	Moyenne (quelque 10 µS)	Moyenne 0,5 à 1 LSB	Moyenne à élevée (8 à 16 bits)	R-2R		Faible	Elevée
Flash	Elevée (ns , µs)	Moyenne 0,5 à 1 LSB	Faible à élevée (4 à 10 bits)				

APPLICATION:Restitution d'un son " numérique "

Echantillonnage d'un son



Bande passante d'un son : 20 Hz (grave) à 20 kHz (aigu)

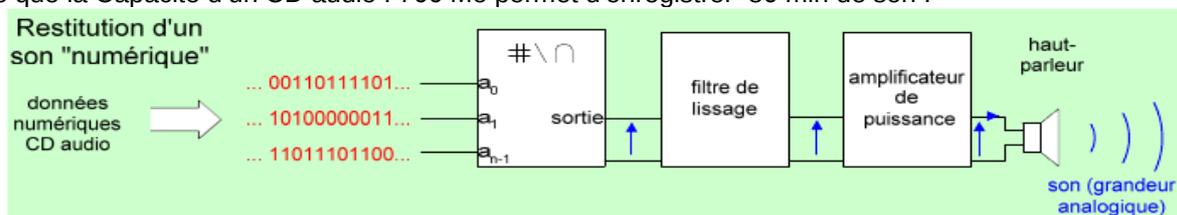
Calculer la fréquence f_{ECH} d'échantillonnage minimal nécessaire pour restituer ce son sans pertes.

Le son de « Qualité CD » est échantillonné à 44,1 kHz .

TAILLE MÉMOIRE OCCUPÉE PAR LE « SON NUMÉRIQUE » :

Montrer qu'une seconde d'enregistrement sonore *stéréo* numérisé à $f_{ECH} = 44,1$ kHz avec un résolution de 16 bits occupe 172 ko . (o:octets ou Bytes en anglais signifie un mot de 8 bits; 1 ko = $2^{10} = 1024$ octets)

En déduire que la Capacité d'un CD audio : 700 Mo permet d'enregistrer 80 min de son .



Le lecteur de CD effectue la lecture optique du CD, la conversion N/A et le filtrage (lissage des marches d'escalier).



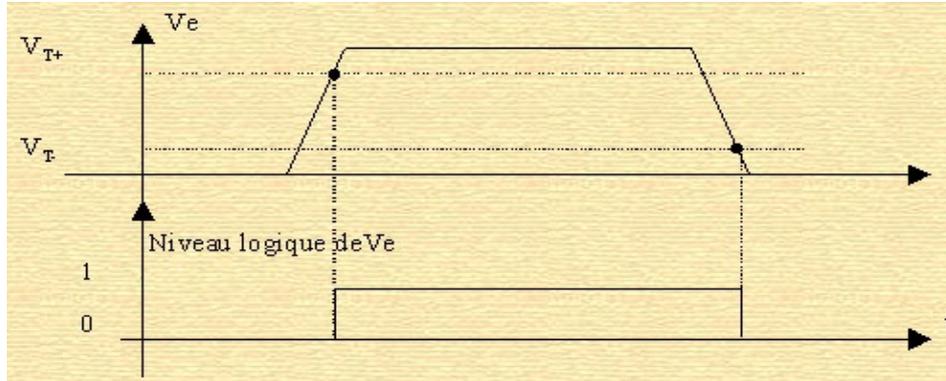
13. EXEMPLE DE RÉALISATION DES HORLOGES : ASTABLES À PORTES LOGIQUES

<http://pagesperso-orange.fr/alain-nol.soulier/Techno%20Electronique/astablelogique/ASTALOG.HTM>

Astable avec une seule porte NAND ou NOR à entrées « Trigger de Schmitt », technologie Cmos.

RAPPEL :

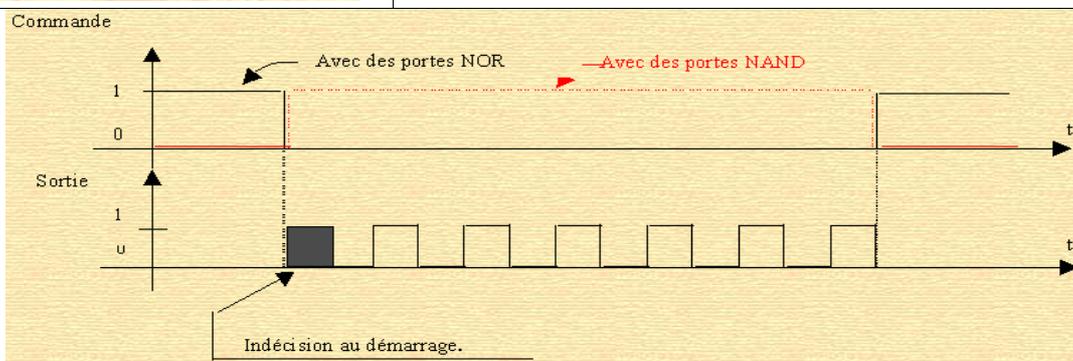
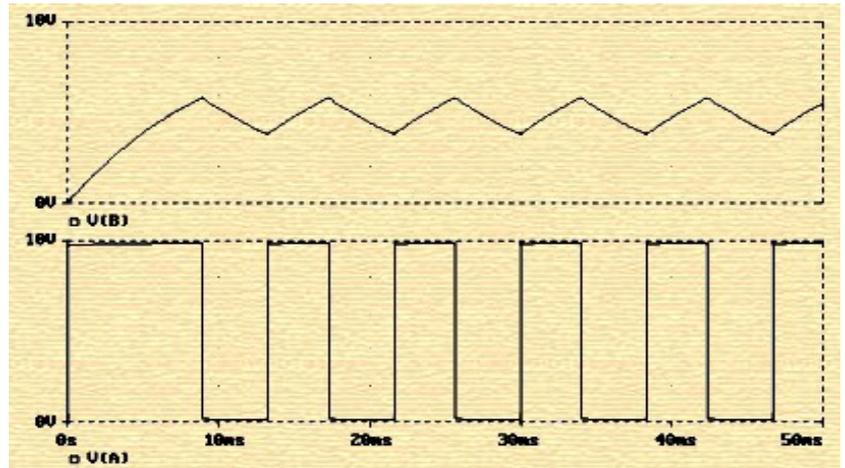
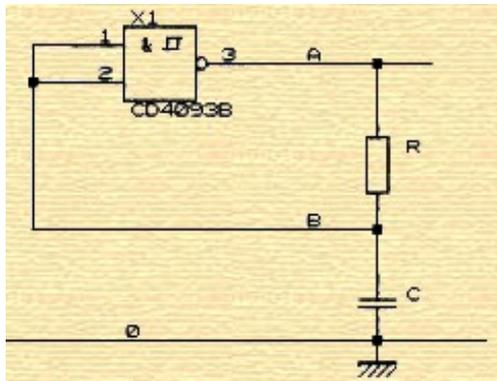
Une porte logique utilisant des entrées à Hystérésis, présentent deux seuils de déclenchement V_{T+} et V_{T-} .



- V_{T+} est le premier seuil actif. $V_{T+} = 52\%$ de V_{DD} en technologie CMOS. (ou $1/3$ de $5V$, $1.65V$ en "TTL").
- $V_{T-} = 42\%$ de V_{DD} en technologie CMOS. (ou $1/6$ de $5V$, $0.85V$ en "TTL").

$$T = \Gamma \cdot \ln \left[\left(\frac{V_{T-}}{V_{T+}} \right) \cdot \left(\frac{V_{DD} - V_{T+}}{V_{DD} - V_{T-}} \right) \right]$$

Avec la constante de temps $\Gamma = R.C$





LIENS AYANT SERVI A FAIRE CE COURS OU COMME DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE:

CAN-CNA.pdf ;

CNA_CAN_Prof.pdf : <http://www.ac-orleans-tours.fr/sti/recherche.php3?recherche=etude>

<http://perso.wanadoo.fr/arsene.perez-as/signal/numerisation/>

http://www.atela.uhp-nancy.fr/tisserand/sma/HTML/echantillonnage_quantificat.htm#d

Astables à portes logiques: <http://pagesperso-orange.fr/alain-nol.soulier/Techno%20Electronique/astablelogique/ASTALOG.HTM>

Fonction de transfert CAN-CNA, Echant Son etc: [CAN1rampCNA-IUT-chronoSonEchantBlocFtransf.pdf](#)

Multimètre Numérique : [MultimetreNumeriquIUTnancy.pdf](#)

CAN double rampe: <http://lmi17.cnam.fr/~anceau/Documents/CAN.pdf>

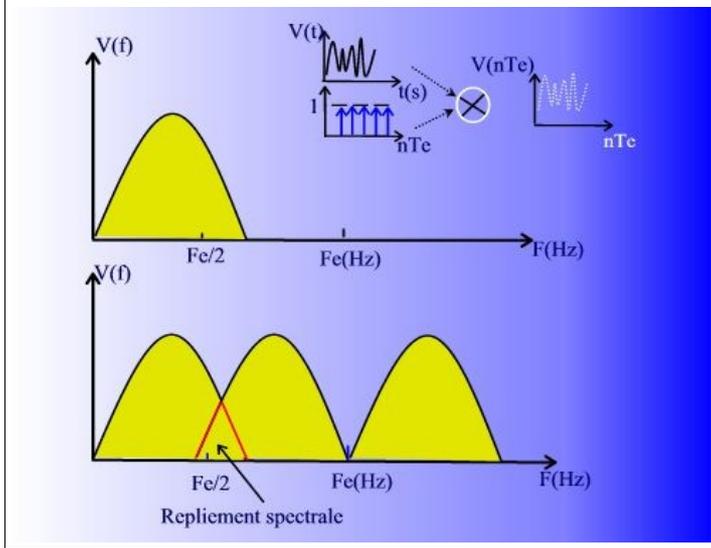
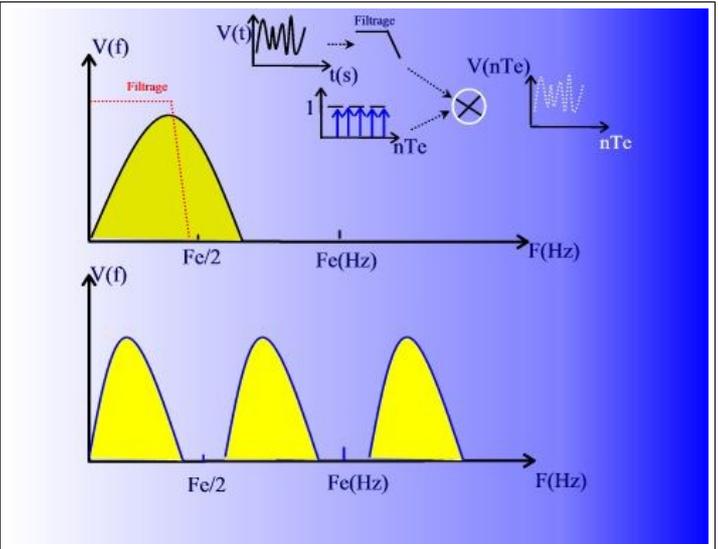


1. ÉLÉMENTS DE CORRECTION

Correction exercice filtre antirepliement :

si $f_M = f_e = 1\text{kHz}$, le spectre du signal échantillonné $X_{ech}(f)$ se repliera de $f_e/2$ à f_e .

Il faut $f_c = 500\text{Hz}$ pour le filtre anti-repliement.



CARACTÉRISTIQUES DE TRANSFERT DES CAN ET CNA

