

I. Numérisation avant stockage

IA1) Durée entre deux comptages $\Delta t_{ck} = \frac{1}{f_{ck}} = 10^{-9} s$.

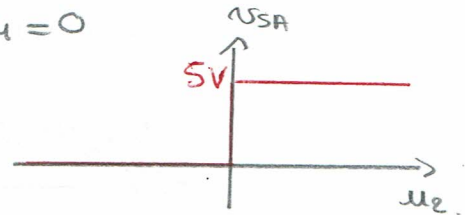
IA2) a) Masse = point choisi comme étant au potentiel nul $= V_M = 0V$
 $\Rightarrow$ référence de potentiel du circuit.

b). Si $V(3) > V(4)$ alors $v_{SA} = V_{SA} - V_M = V_{SA} = +5V$

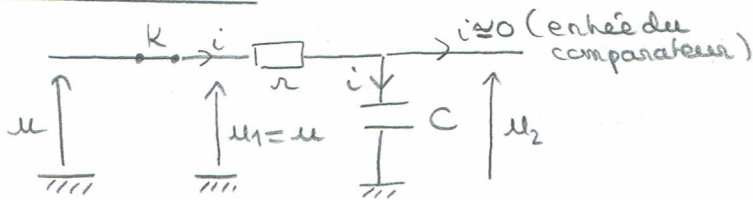
Avec $u_2 = V(3) - V_M = V(3)$ et $V(4) = V_M = 0$

$\Rightarrow$ Si $u_2 > 0$ alors $v_{SA} = +5V$

$\Rightarrow$ Si $u_2 < 0$ alors $v_{SA} = 0V$



IA3) Pour $0 < t < t_1$:



$$u = r i + u_2 \quad \text{avec } i = C \frac{du_2}{dt}$$

$$u = r C \frac{du_2}{dt} + u_2$$

$$\frac{du_2}{dt} + \frac{1}{rC} u_2(t) = \frac{u(t)}{rC}$$

Soit $\left| \frac{du_2}{dt} + \frac{1}{\tau} u_2(t) = \frac{1}{\tau} u(t) \right.$ en posant $\tau = rC$

$\Rightarrow \left| u_2(t) = u(0) (1 - e^{-t/\tau}) \right.$ car C initialement déchargé
 $\oplus u(t)$ variant peu pendant l'intervalle de temps considéré.

IB1) a) On considère pour la suite $t_1 \ll \tau \Rightarrow$ le régime permanent ne sera jamais atteint.

dans ce cas $\left| u_2(t) \simeq u(0) \times \frac{t}{\tau} = u_1(0) \frac{t}{\tau} = u_1 \frac{t}{\tau} \right.$ avec $u_1 \simeq u(t)$ sur l'intervalle de temps considéré.

et $\left| \frac{du_2}{dt} = \frac{u_1}{\tau} \right.$

b) Le bloc B est un intégrateur.

c) $u_2(t) > 0$ pendant cette phase donc $\left| v_{SA} = +5V \text{ pour } 0 < t < t_1 \right.$

IB2) a) Cette fois: $-V_{ref} = u_1 = r i + u_2$: avec $i = C \frac{du_2}{dt}$ (2)

donc $\frac{du_2}{dt} + \frac{1}{rC} u_2(t) = -\frac{V_{ref}}{rC}$

d'où $u_2(t) = -V_{ref} + A e^{-t/\tau}$ avec $\tau = rC$

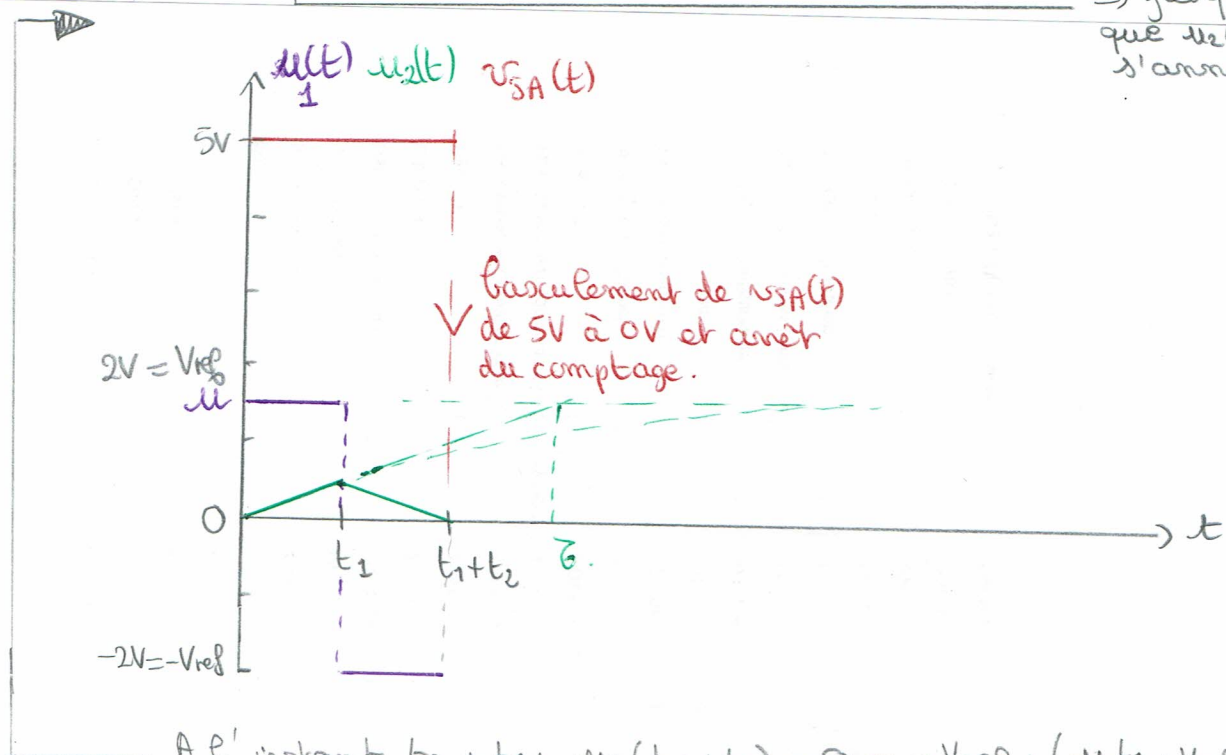
Or à $t = t_1$: $u_2(t_1) = u \frac{t_1}{\tau}$ car la tension aux bornes de C est une grandeur continue

donc: $u \frac{t_1}{\tau} = -V_{ref} + A e^{-t_1/\tau}$

$A = \left(\frac{u t_1}{\tau} + V_{ref} \right) e^{t_1/\tau}$

$\Rightarrow u_2(t) = -V_{ref} + \left(\frac{u t_1}{\tau} + V_{ref} \right) e^{-(t-t_1)/\tau}$ pour $t_1 < t < t_2 + t_1$

$\Rightarrow$ jusqu'à ce que $u_2(t)$ s'annule.



À l'instant $t_2 + t_1$: $u_2(t_2 + t_1) = 0 = -V_{ref} + \left(\frac{u t_1}{\tau} + V_{ref} \right) e^{-t_2/\tau}$

donc $e^{-t_2/\tau} = \frac{V_{ref}}{\frac{u t_1}{\tau} + V_{ref}}$

$t_2 = \tau \ln \left(1 + \frac{u t_1}{\tau V_{ref}} \right)$

Or $0 < u < V_{ref}$
 et $t_1 \ll \tau$ } $\Rightarrow t_2 \approx \tau \times \frac{u t_1}{\tau V_{ref}}$

soit $t_2 \approx \frac{u t_1}{V_{ref}}$

$\Rightarrow$ La mesure de t_2 permet de remonter à u .

• t_2 est mesurée grâce au compteur.

c) $\boxed{\gamma_m = \lfloor t_2 f_{clk} \rfloor}$

IB3) La durée maximale correspond à la valeur maximale de i donc à $V_{ref} = 2V$.

$$T_{max} = t_1 + (t_2)_{max} = t_1 + \frac{V_{ref} t_1}{V_{ref}} = 2t_1.$$

$$\Rightarrow T_{max} = 2 \times \frac{2^N - 1}{f_{clk}} = 5,1 \cdot 10^{-7} s$$

$$T_{max} = 0,51 \mu s$$

La fréquence d'échantillonnage est $f_{clk} = \frac{1}{T_{max}} = 1,96 \text{ MHz}$

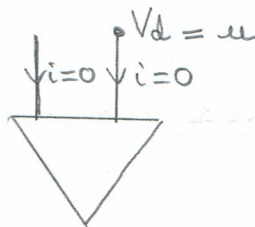
Critère de Shannon pour éviter le repliement = $f_{clk} > 2f$

$\Rightarrow$ On peut numériser des signaux sinusoïdaux de fréquence inférieure à 1 MHz

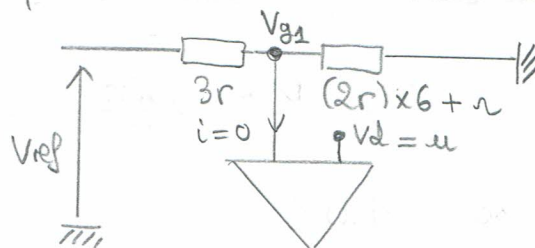
$\Rightarrow f_{clk}$ suffisante dans l'ARQS.

⚠ Si le signal est périodique, de forme quelconque, il contient des fréquences multiples du fondamental
 $\Rightarrow$ il faut $f_{clk} > 2f_{max}$.

IC) • Les comparateurs ont une impédance d'entrée ∞ donc les intensités des courants d'entrée sont nulles :



- L'entrée droite de chaque convertisseur est au potentiel $V_d = u = V_d - 0 = V_d$.
- Pour le potentiel de l'entrée gauche du convertisseur 1, on peut utiliser un diviseur de tension :



Les résistances $2r$ et r sont toutes en série car les courants d'entrée dans les convertisseurs sont nuls.

$$\Rightarrow V_{g1} = \frac{3r}{3r + (2r) \times 6 + r} V_{ref} = \frac{3}{16} V_{ref}$$

(4)

• Pour le convertisseur $i = \left\lfloor \frac{V_{gi} = \frac{(7-i) \times 2n + n}{16n} V_{ref}} \right\rfloor$

• Le convertisseur i est au niveau haut (1 logique) si $V_{di} > V_{gi}$

donc si: $u > \frac{(7-i) \times 2n + n}{16n} V_{ref}$

Il est au niveau bas si $u < \frac{(7-i) \times 2n + n}{16n} V_{ref}$.

Intervalle de valeur de $u(t)$	DN
$0 < u(t) < V_{ref}/16$	0
$V_{ref}/16 < u(t) < 3V_{ref}/16$	1
$3V_{ref}/16 < u(t) < 5V_{ref}/16$	2
$5V_{ref}/16 < u(t) < 7V_{ref}/16$	3
$7V_{ref}/16 < u(t) < 9V_{ref}/16$	4
$9V_{ref}/16 < u(t) < 11V_{ref}/16$	5
$11V_{ref}/16 < u(t) < 13V_{ref}/16$	6
$13V_{ref}/16 < u(t) < V_{ref}$	7

On peut donc obtenir 8 nombres avec 7 comparateurs.

En effet DN est codé sur 3 bits (cf schéma) donc $2^3 = 8$ nombres possibles.

$u_N = DN \times q$ avec q le pas de quantification.

IC2) Pour un convertisseur 8 bits, il y a $2^8 = 256$ valeurs possibles pour DN.

$\Rightarrow$ il faudrait 255 comparateurs!

$\Rightarrow$ les convertisseurs parallèles nécessitent un grand nombre de comparateurs mais ils ont une très grande vitesse de conversion.

ID) 1) $N = 3$ = correspond au montage étudié en C1).

2) $\frac{V_{ref}}{16} = 0,125$ d. $\frac{9V_{ref}}{16} < u = 1,28V < \frac{11V_{ref}}{16}$

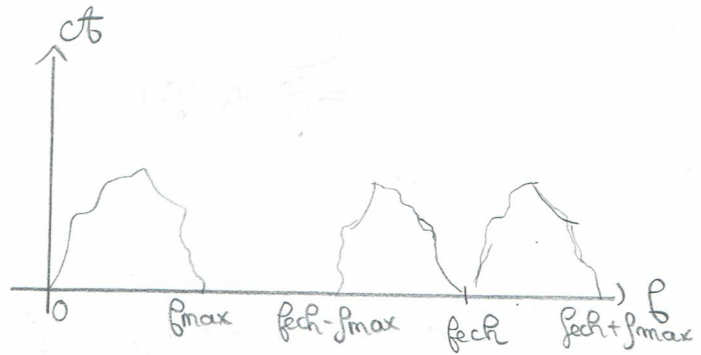
d'où $DN = 5$ soit 101

et $u_N = 5 \times q$ avec $q = 0,25$ d'après la figure 4 (pour $u > 0,125V$)

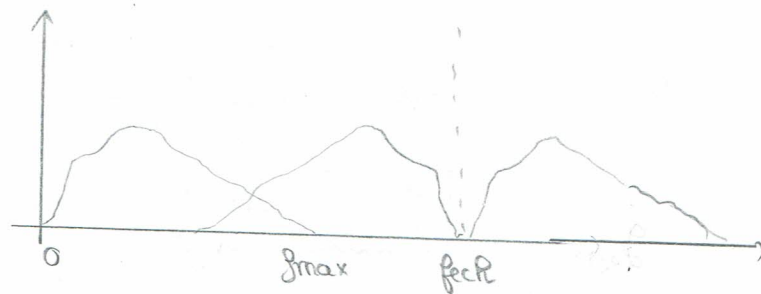
3) Erreur due au passage tension continue $\rightarrow$ tension quantifiée.

$(u_N - u)_{max} = \frac{q}{2}$

IE1) Avant d'être numérisée, la tension doit être échantillonnée.
Le signal échantillonné possède un spectre du type :



Pas de problème
si $f_{max} < f_{ech} - f_{max}$
soit si $f_{ech} > 2f_{max}$.



Dans ce cas, le
signal de départ
ne pourra pas être
récupéré par un
simple filtrage
passe bas.

⇒ Nécessité de supprimer les harmoniques de fréquences très élevées avant l'échantillonnage

⇒ filte passe bas permettant de sélectionner les fréquences audibles donc de 20 Hz à 20 kHz.

E2) $\Rightarrow f_{ech} > 2 \times f_{maxaudible} = 2 \times 20 \text{ kHz} = 40 \text{ kHz}$

IF) • On considère le filte passe-bas de fonction de transfert :

$$H_{LP}(j\omega) = \frac{H_{OLP} \omega_0^2}{-\omega^2 + j \frac{\omega \omega_0}{Q} + \omega_0^2} \quad \text{d'après les besoin du IE).$$

• Vérification du caractère passe bas :

$f(\text{Hz})$	100	$3,33 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$100 \cdot 10^3$
$S_{1m(V)}$	1	1	0,5	5
$S_{2m(V)}$	1,5	2	3,8	0,75
$ H $	1,5	2	7,6	0,15

⇒ passe bas résonant (en accord avec le diagramme de Bode)

• On a alors : $H_{OLP} = |H|(\omega \rightarrow 0) = |H|(100 \text{ Hz})$ donc $H_{OLP} = 1,5$
et à la fréquence de coupure : $|H|(f_c) = \frac{1,5}{\sqrt{2}} = 1,06$

• Déphasage.

$f(\text{Hz})$	100	$33 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$100 \cdot 10^3$
$\varphi_2 - \varphi_1 \text{ (rad)}$	0	≈ 0	$-\frac{\pi}{2}$	π

$\Rightarrow \underline{f_0 = 10 \text{ kHz}}$

$= (\varphi_2 - \varphi_1) / (f_0)$

• Pour $\omega = \omega_0$: $H_{LP}(\omega_0) = -j H_{OLP} Q$

donc $Q = \frac{|H_{LP}|(\omega_0)}{H_{OLP}} = \frac{7,6}{1,5} = 5$ $\underline{Q=5}$

• Fréquence de coupure : $f_c = f_0 \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) + \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right)^2 + 1}}$

$\underline{f_c = 15,4 \text{ kHz}}$

• Fréquence de résonance : $\underline{f_p = 9,9 \text{ kHz}}$