

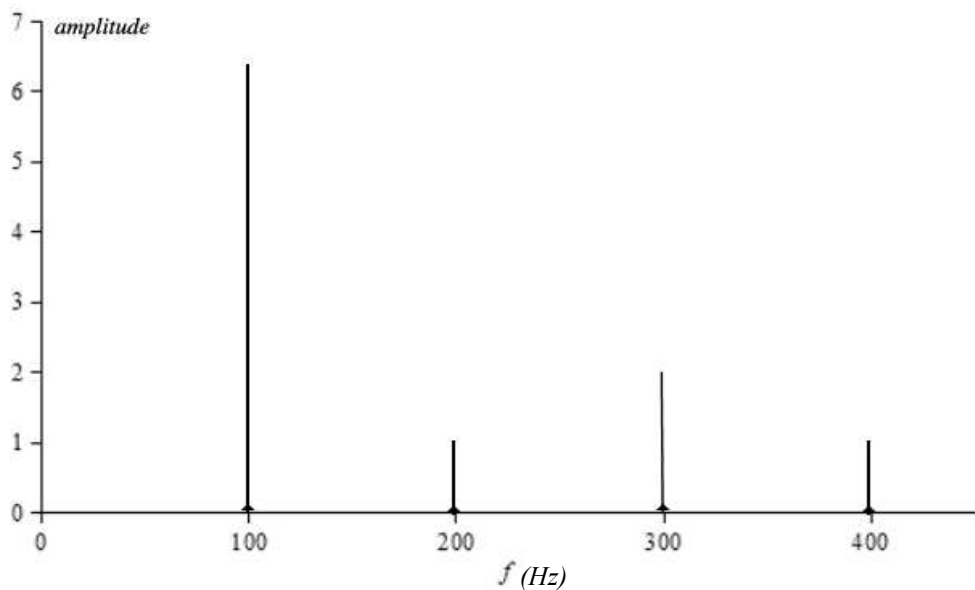
ECHANTILLONNAGE ET NUMERISATION D'UN SIGNAL

Exercice 1 : Echantillonnage

Pour un signal créneau de rapport cyclique égale à 0,5, la décomposition en série de Fourier ne contient que des harmoniques de rang impair.

On observe le spectre ci-dessous correspondant à un signal créneau de rapport cyclique 0,5 et de fréquence 100 Hz échantillonné à 900 Hz.

Interpréter le spectre.



Exercice 2 : Oscilloscope numérique

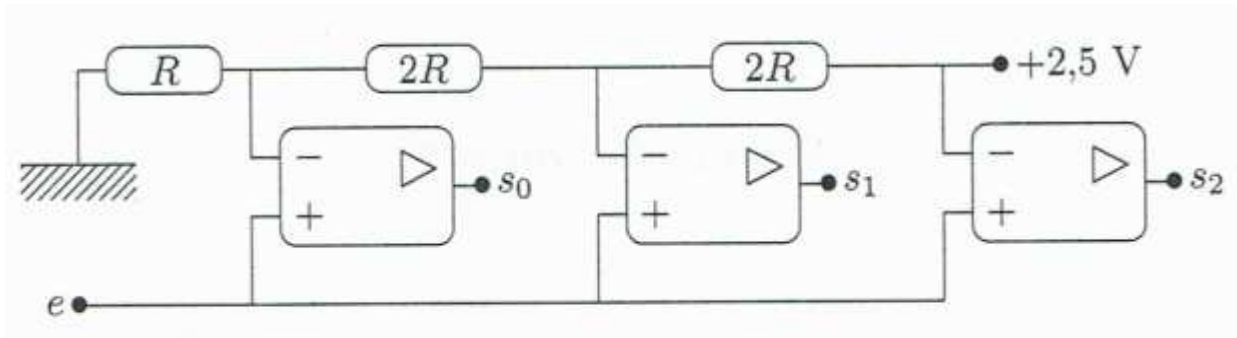
La structure d'un oscilloscope numérique comprend un étage d'entrée atténuateur qui possède une impédance d'entrée de $1\text{M}\Omega$, information inscrite sur l'appareil en général, un échantillonneur fonctionnant à la fréquence F_e , et qui, par conséquent, prélève F_e échantillons par seconde, un convertisseur analogique-numérique qui envoie les données dans la mémoire et un système de traitement pour fournir l'image sur l'écran de l'oscilloscope.

Un utilisateur souhaite pouvoir analyser des signaux classiques, sinusoïdal, triangle, créneau, impulsion, présentant des fréquences comprises entre 0,1 Hz et 10 MHz.

- 1) Pourquoi ne peut-on pas se contenter d'un oscilloscope dont la bande passante est égale à la fréquence maximale souhaitée ?
- 2) Quelle est la valeur minimale du taux d'échantillonnage nécessaire ?
- 3) La notice de l'appareil précise que, pour une bonne gestion de la capacité de la mémoire d'une capacité de 256 ko, le taux d'échantillonnage F_e est ajusté en fonction du calibre sélectionné sur l'appareil. En supposant qu'un échantillon occupe 2 octets, quel taux d'échantillonnage F_e maximal permettrait d'observer 10 périodes d'un signal de fréquence 10 kHz ? On restreint la cadence à 100Mec.h.s^{-1} , combien un balayage occupe-t-il de capacité mémoire ? Combien cela représente-t-il de points par période ?

Exercice 3 : Convertisseur analogique-numérique

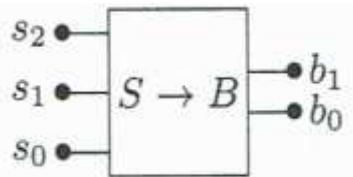
Les amplificateurs opérationnels idéaux du montage fonctionnent en régime saturé (comparateurs).



L'entrée du convertisseur est constituée par la tension de valeur e , la sortie par le triplet $[s_0, s_1, s_2]$.

- 1) Déterminer les triplets $S = [s_0, s_1, s_2]$ obtenus quand e varie de 0 à 3V.

Un second circuit reçoit les trois valeurs du triplet S et retourne un couple de valeurs en sortie, $B = [b_1, b_0]$ où $b_i = 0$ ou 1, $i \in \{0,1\}$.



- 2) B est la représentation binaire des valeurs prises par e . Déterminer B pour les différents intervalles de tension e identifiés précédemment. Préciser dans chaque cas la valeur du nombre N associé au nombre binaire.
- 3) Tracer le graphe représentant le signal numérisé Nq (q étant le pas de quantification, on prendra $q = 1$ V) en fonction de la tension e à numériser. Ce graphe permet de visualiser la loi de conversion du convertisseur analogique-numérique.

Exercice 4 : *Convertisseur numérique-analogique*

Dans le circuit de la figure 3, quatre interrupteurs peuvent mettre en contact la résistance $2R$ soit avec le générateur (tension E , position 1), soit avec la masse (position 0).

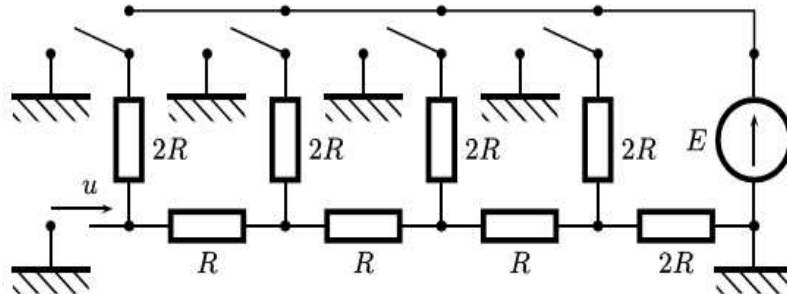


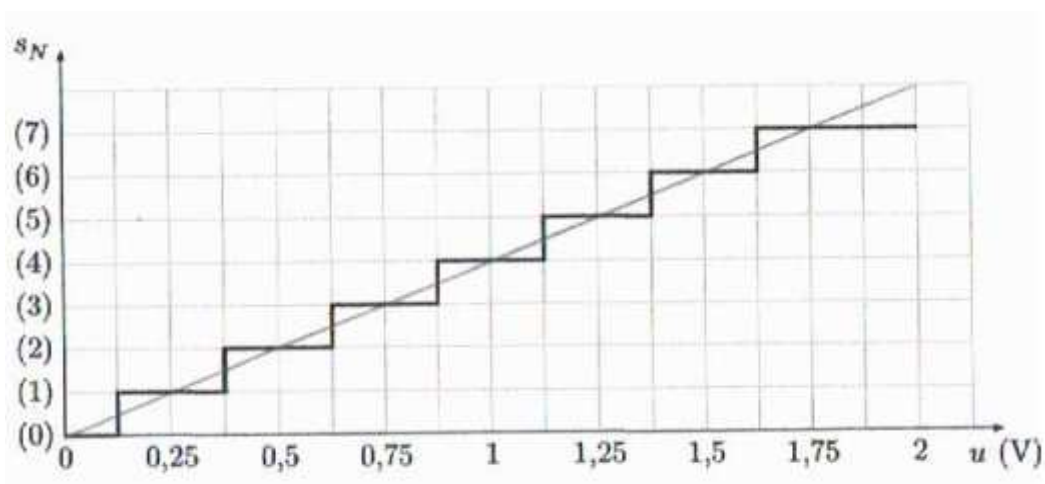
FIGURE 3 – Montage à commande numérique

1. Déterminer, en fonction de l'état des interrupteurs, la tension u aux bornes de l'ensemble. On pourra définir une suite de quatre nombres ϵ_k avec $k \in \{0, 1, 2, 3\}$ et $\epsilon_k = 0$ ou 1.
2. Commenter et préciser le rôle du circuit.

Exercice 5 : *Erreur de quantification*

Du fait de la numérisation du signal par un convertisseur, une erreur d'arrondi est commise sur chaque échantillon.

Le graphe ci-dessous représente le signal numérisé s_N en fonction de la tension à numériser u . Le pas de quantification est $q = 0,25$ V.



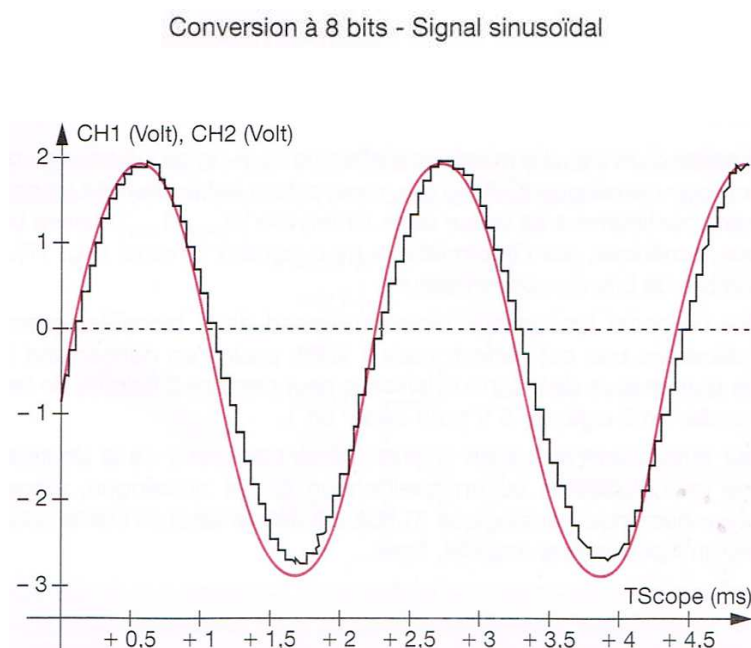
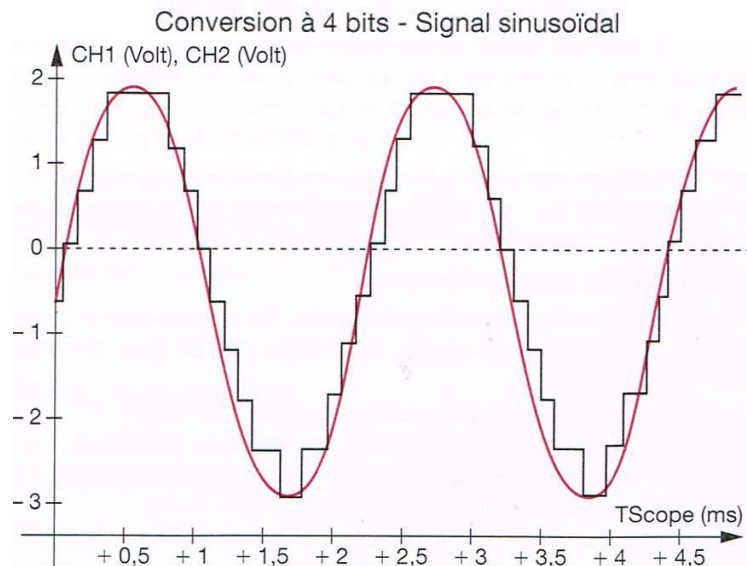
On s'intéresse à un signal $u(t)$ ayant la forme d'une rampe de tension entre 0 et 1 V.

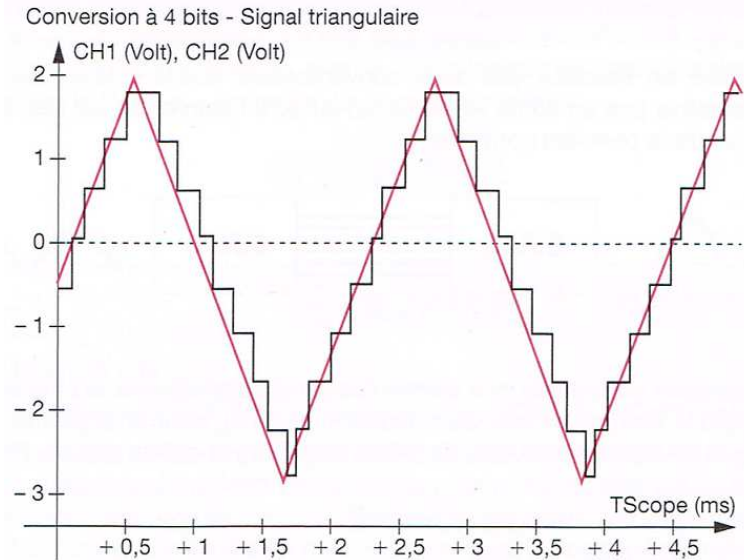
L'erreur de quantification ε est définie comme la différence entre la valeur du signal numérisé et la valeur analogique d'entrée correspondant au code de sortie.

- 1) En notant q le pas de quantification, préciser dans quel intervalle l'erreur d'arrondi ε prend sa valeur.
- 2) Quelle est l'évolution temporelle de $\varepsilon(t)$?
- 3) En raisonnant sur une période de $\varepsilon(t)$, quelle valeur moyenne peut-on lui attribuer ? Quelle moyenne quadratique ? Quelle valeur efficace ε_{eff} ?
- 4) Comparer ε_{eff} à la plage de tensions converties pour un convertisseur linéaire de 8 bits ou de 12 bits.

Exercice 6 : Résolution d'un oscilloscope numérique et erreur de quantification

On s'intéresse aux oscillogrammes suivants :





Le C.A.N. utilisé est le même pour chacun des essais, seuls les quatre bits de plus forts poids sont connectés pour obtenir le tracé à quatre bits.

- Quelle est l'amplitude crête à crête du signal entré ?
- Estimer le pas de quantification dans le cas de la conversion 4 bits pour le signal sinusoïdal.
- Retrouve-t-on la même valeur pour le signal triangulaire dans le cas de la conversion 4 bits ?
- Déterminer la largeur de la gamme de tensions convertibles avec le convertisseur 4 bits.
- Expliquer pourquoi l'oscillogramme du signal sinusoïdal converti avec le C.A.N. 8 bits ne permet pas d'estimer le pas de quantification.

Pour une plage de tensions $\Delta V = 10 \text{ V}$, on envisage maintenant des convertisseurs à 8, 12 ou 16 bits.

- Déterminer les valeurs du quantum dans chaque cas.
- Les perturbations électromagnétiques alentour induisent sur le dispositif où est placé le convertisseur une fluctuation des signaux de $800 \mu\text{V}$. Conclure quant au choix du nombre de bits du convertisseur.

Quelques résultats :

Exercice 3 :

e(V)	s ₀ (V)	s ₁ (V)	s ₂ (V)	b ₁	b ₀
0	-15	-15	-15	0	0
1	15	-15	-15	0	1
2	15	15	-15	1	0
3	15	15	15	1	1

Exercice 4 : 1) $u = E \left(\frac{\varepsilon_0}{16} + \frac{\varepsilon_1}{8} + \frac{\varepsilon_2}{4} + \frac{\varepsilon_3}{2} \right)$

Exercice 5 : 3) $\varepsilon_{\text{moy}} = 0$; $\varepsilon_{\text{eff}} = \frac{q}{2\sqrt{3}}$