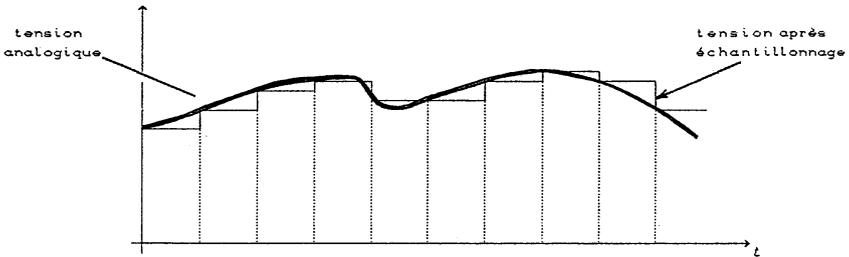


## Le condensateur, une mémoire analogique

par A. DEIBER  
Lycée Fustel de Coulanges, 67000 Strasbourg

---

Tout traitement numérique d'un signal implique au départ un processus d'échantillonnage. Encore appelée «*sample and hold*» par les anglo-saxons, cette technique consiste en une série de mesures périodiques de la tension à transmettre. Entre deux prélèvements, la tension est bloquée. En conséquence à l'allure continue du signal analogique s'oppose une structure discontinue typique d'un signal échantillonné.



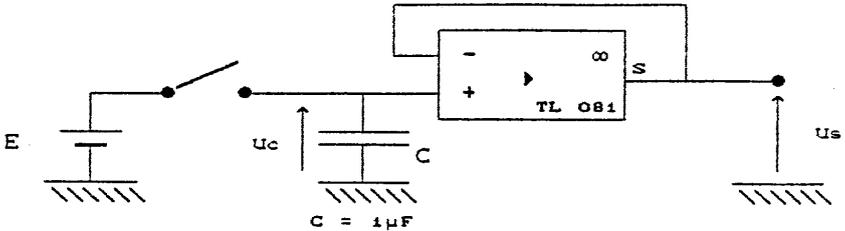
Le blocage de la tension permet d'éviter des erreurs de codage lors de la conversion analogique / numérique qui suit l'échantillonnage. En effet beaucoup de convertisseurs présentent un temps de réponse. La variation de la tension à convertir lors du processus de conversion peut entraîner des erreurs significatives. Dans le cas d'un disque compact, un échantillonnage à 44 kHz permet une très bonne restitution des fréquences audio. Tandis que pour les télécommunications, une fréquence plus faible autorise une transmission satisfaisante et surtout le multiplexage des signaux, c'est-à-dire l'envoi intercalé de signaux indépendants dans une seule liaison.

On peut illustrer cette technique, simple mais de manière spectaculaire à l'aide d'un condensateur, d'un amplificateur opérationnel monté en suiveur, d'un interrupteur commandé et d'un multivibrateur astable.

## 1. COMMENT GARDER UNE TENSION EN MÉMOIRE ?

Il s'agit de la fonction «Hold» disponible sur certains multimètres électroniques.

On peut la réaliser aisément avec un condensateur.



Lors de la fermeture de  $K$ ,  $U_s$  s'établit très rapidement à la valeur de la f.é.m. de la pile et ce, quelque soit l'état du condensateur avant la fermeture.

Lors de l'ouverture, de cette tension  $u_s$  (et donc  $u_c$ ) reste constante. Les charges piégées sur les armatures mémorisent la tension précédemment appliquée.

Deux causes peuvent limiter la durée de mémorisation :

- 1) choix de l'amplificateur opérationnel : il est impératif de choisir un modèle présentant de très faibles courants de polarisation (par exemple TL 081).
- 2) choix du condensateur : celui-ci doit avoir le minimum de fuites possibles.

Des essais préalables peuvent être nécessaires.

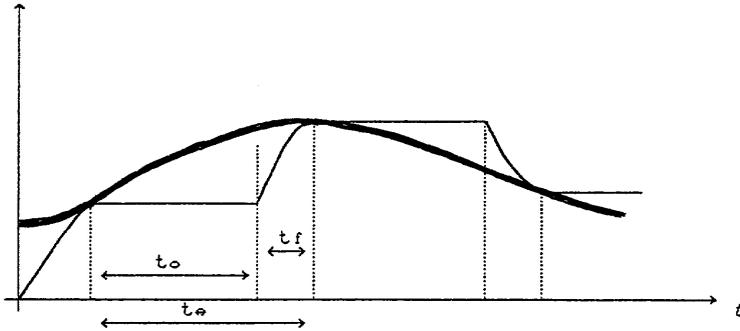
En respectant ces conditions, il est possible d'observer des durées de mémorisation importantes : par exemple pour  $C = 1 \mu F$ , on peut obtenir des variations de l'ordre de  $200 \mu V/s$ .

## 2. PRINCIPE D'UN ÉCHANTILLONNEUR DIDACTIQUE

Pour échantillonner une tension à partir du montage précédent, il faut :

- ouvrir et fermer K de manière périodique à des fréquences pouvant atteindre 40 kHz.
- imposer une durée de fermeture  $t_f$  beaucoup plus faible que la durée d'ouverture de k,  $t_o$ .
- choisir un condensateur de capacité adaptée de telle sorte que la tension  $u_c$  puisse rattraper la tension délivrée par le générateur entre la fermeture et l'ouverture de K.

Le critère à retenir est donc :  $R_{\text{sortie}} * C < t_f$  où  $R_{\text{sortie}}$  est la résistance interne du générateur.

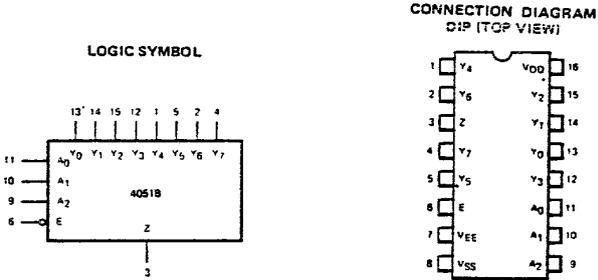


En diminuant le rapport  $\frac{t_f}{t_o}$ , on se rapproche de la courbe «idéale» de la tension échantillonnée.

Un relais ne peut satisfaire à l'ensemble de ces contraintes. Mais il existe des circuits comportant des interrupteurs analogiques commandés par une tension logique.

## 3. LE CIRCUIT 4051

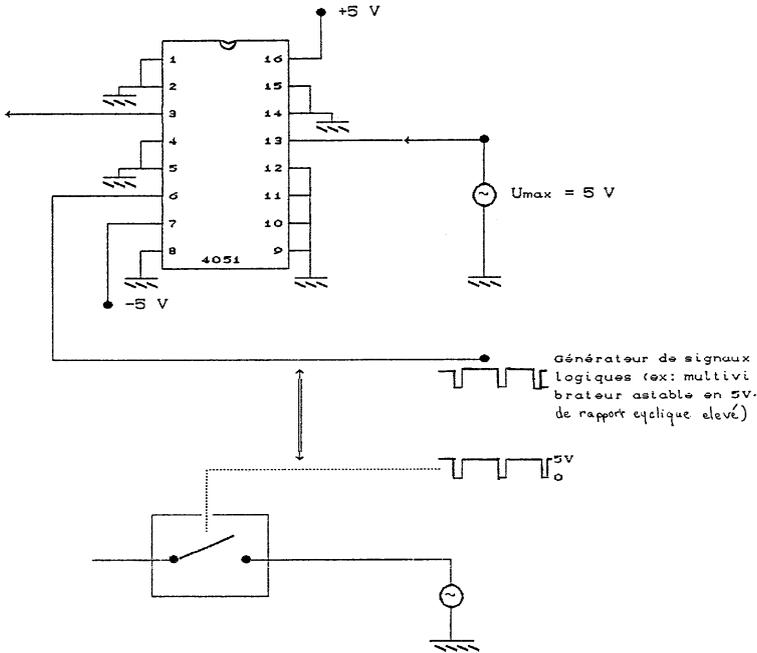
C'est un composant de la famille CMOS. Il s'agit d'un multiplexeur / démultiplexeur analogique à 8 canaux avec trois entrées d'adressage ( $A_0, A_1, A_2$ ), une entrée de validation (E), huit entrées analogiques ( $Y_0, \dots, Y_7$ ) et une sortie analogique (Z).



C'est un interrupteur rotatif à huit positions. Les états logiques présents sur les entrées ( $A_0, A_1, A_2$ ) sélectionne une position parmi ( $Y_0, \dots, Y_7$ ). Lorsque ( $E$ ) est à l'état  $\emptyset$ , ce point  $Y_i$  est relié à  $Z$ . Dans le cas contraire, cet interrupteur électronique est ouvert.

Précautions d'emploi : En alimentation symétrique, la masse étant la broche 8 ( $V_{SS}$ ), il faut respecter les valeurs maximales  $V_{DD} < 7,5V$  et  $V_{EE} > -7,5V$ . De même, aucune tension appliquée sur les broches  $Y_0$  à  $Y_7$  ne doit sortir de la zone  $[V_{EE}, V_{DD}]$ .

Montage en interrupteur commandé :

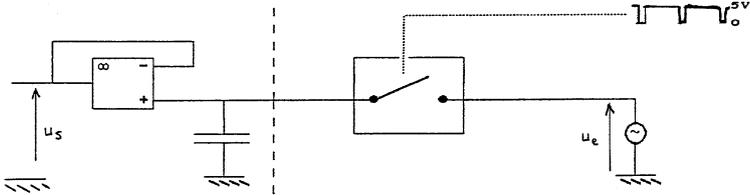


## 4. ÉCHANTILLONNAGE D'UN SIGNAL

### 4.1. Observation à l'oscilloscope

Le montage final est le suivant :

Pour une fréquence  $f_e$  très supérieure à celle du signal injecté, on ne constate pas de modification de la forme du signal.

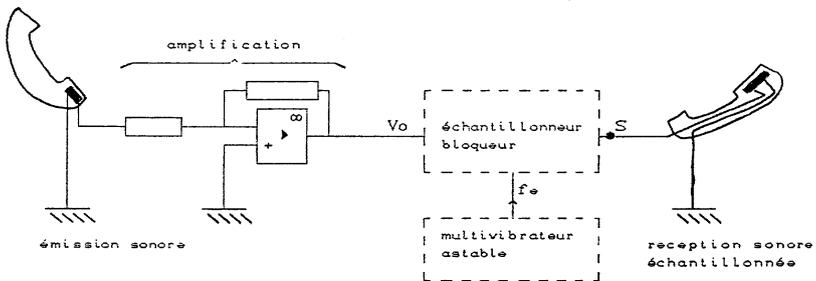


En abaissant  $f_e$ , on voit apparaître la tension en escalier, qui «suit» la tension du générateur. Il faut pouvoir ajuster  $f_e$  pour stabiliser l'image. En effet  $f_e$  et  $f$  n'étant pas reliées, il y a un défilement d'une des courbes, sauf si  $f_e$  est un multiple de  $f$ .

Naturellement si  $f_e$  est de l'ordre de  $f$ , le signal échantillonné, est très différent du signal injecté.

### 4.2. Une application sonore

On peut illustrer ce phénomène de manière spectaculaire au moyen de deux combinés téléphoniques.



Si  $f_e$  est élevée, la parole transmise est parfaitement compréhensible. En diminuant  $f_e$  jusqu'à quelques dizaines de hertz voire quelques hertz, il devient impossible de se faire comprendre.

Dans les réseaux téléphoniques, la fréquence d'échantillonnage est d'environ 8000 Hz.