

# Oscilloscopie numérique : principes et paramètres fondamentaux

*L'oscilloscopie numérique est l'un des thèmes principaux de ce numéro de Toute l'Electronique. Le présent article développe le point de vue de l'un des grands constructeurs concernés, Gould. A ce titre, il ne constitue donc pas une référence absolue, puisque les autres constructeurs peuvent être d'un avis quelque peu différent, mais en tout cas son intérêt est évident.*

Pendant de nombreuses années, seuls les oscilloscopes équipés d'un tube à rayon cathodique (TRC) spécial pouvaient mémoriser un signal. Cette mémorisation se fait grâce à une grille située derrière l'écran du tube et dont le comportement peut être assimilé à une multitude de petits condensateurs. Lors du passage du faisceau et sur son parcours cette grille emmagasine des charges électrostatiques élémentaires et garde ainsi une trace du signal. Cette image de charges est ensuite transférée au phosphore de l'écran pour être visualisée. Plusieurs inconvénients découlent de ce principe et affectent directement l'utilisateur :

- la grille mémoire qui se comporte comme une capacité perd sa charge avec le temps à cause des fuites électriques et autres effets secondaires. Au fur et à mesure que la charge s'écoule, la trace s'épaissit, devient déconcentrée et finit par disparaître ;
- les tubes à mémoire sont très fragiles, très coûteux et ont une durée de vie beaucoup plus courte que celle d'un TRC normal ;
- l'information mémorisée ne peut être conservée que par un appareil photographique. L'enregistrement obtenu insuffisant cher et sa qualité est souvent insuffisante ;
- le signal mémorisé ne peut pas être dilaté et l'analyse des détails est rendue impossible ;

- les événements précédant le point de déclenchement ne peuvent pas être visualisés. Cette limitation est particulièrement gênante car dans beaucoup d'applications ce sont les anomalies qui précèdent les conditions de déclenchement qui ont besoin d'être analysées.

Il n'est pas difficile de voir que ces limitations, et bien d'autres encore que nous analyserons plus loin, font que l'oscilloscope à mémoire à tube est loin de répondre aux exigences actuelles.

Avec l'introduction de techniques perfectionnées pour la fabrication de convertisseurs analogiques nu-

mériques et des mémoires à semi-conducteurs, il est devenu possible de construire des oscilloscopes à mémoire numérique (DSO : Digital Storage Oscilloscope) qui non seulement évitent les inconvénients cités plus haut mais offrent des possibilités insoupçonnées jusqu'à ces dernières années. La première génération des DSO assurait tout simplement les fonctions de base de mémorisation et de visualisation. A ce stade, ils représentaient déjà une avance considérable par rapport aux oscilloscopes à mémoire à tube et à toutes les autres techniques d'enregistrement précédemment utilisées. Les modèles évolués que l'on ren-

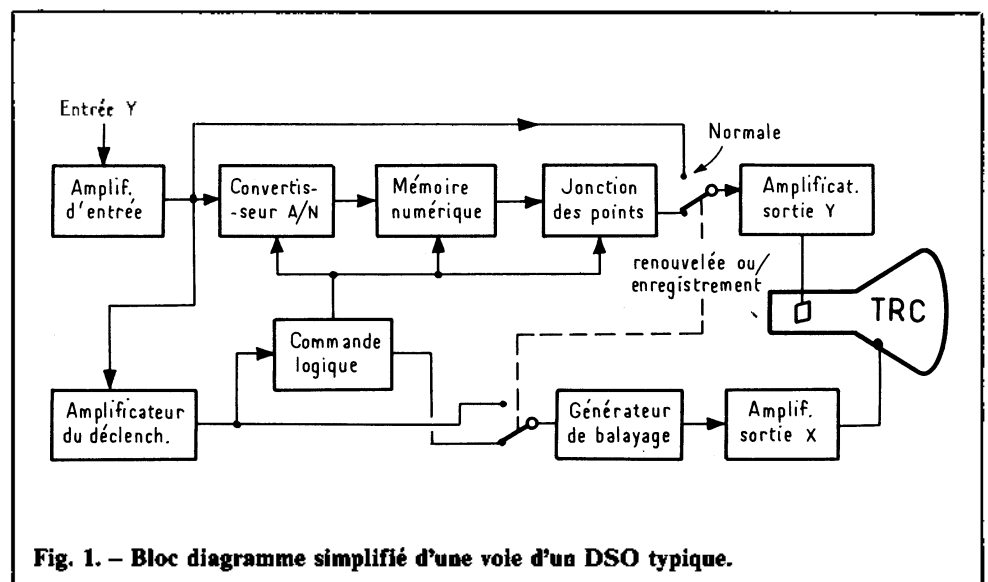


Fig. 1. - Bloc diagramme simplifié d'une voie d'un DSO typique.

contre aujourd'hui offrent des sorties analogiques pour enregistreurs graphiques, des sorties numériques pour programmation à distance et transfert de données dans les deux sens ; et même des interfaces standards ordinateurs dont la plus connue et la plus demandée est la GPIB/IEEE488 qui permet d'incorporer le DSO à un système automatique d'instrumentation.

### Principe de fonctionnement du DSO

La figure 1 représente le bloc diagramme simplifié d'une voie d'un DSO typique. Nous pouvons observer 2 modes de fonctionnement : le mode conventionnel similaire à celui des oscilloscopes traditionnels et le mode mémoire numérique. Dans le premier mode, appelé « NORMAL » sur le diagramme, les circuits numériques sont contournés et seule la circuiterie classique est utilisée. Dans le mode mémoire, les dispositifs numériques sont mis en place pour assurer la numérisation et la visualisation du signal analogique à étudier.

La numérisation assurée par le C.A./N se fait par échantillonnage et quantification. L'échantillonnage consiste à prélever la valeur instantanée d'un signal à intervalles réguliers et la quantification à transformer cet échantillon en nombre binaire. Après numérisation, les données sont stockées en mémoire à semi-conducteurs sous contrôle de la logique. Cette opération se répète jusqu'au remplissage complet de la mémoire. On procède ensuite à une lecture non destructive de cette dernière à vitesse constante et on reconstitue le signal au travers du C.N./A. On l'achemine ensuite à l'ampli Y de sortie pour visualisation. Comme le signal fourni par le C.N./A est sous forme de niveaux discrets, un dispositif de jonction de points est prévu pour lier les points entre eux et fournir une trace continue.

### Conversion analogique numérique

#### Résolution

La résolution d'un convertisseur A/N s'exprime soit par le nombre de bits « N » délivrés par le convertisseur, soit par l'expression  $1/2^N$ . Un convertisseur de 8 bits aura une résolution de  $1/256$  et celui de 10 bits une résolution de  $1/1024$ . Cela veut dire que ces convertisseurs devront pouvoir délivrer 256 et 1024 nombre binaires différents respectivement.

Les DSO qui seront équipés de ces convertisseurs auront une résolution verticale de 256 et 1024 niveaux. Il ne faut pas confondre résolution et précision. La résolution est la plus petite quantité pouvant être perçue et mesurée et la précision est la conformité d'une valeur donnée avec une valeur vraie.

#### Quantification

Lors de la numérisation le Convertisseur A/N génère intérieurement des niveaux de tension discrets équivalant à des nombres binaires également générés intérieurement. Cette opération n'est autre qu'une conversion N/A effectuée au sein même du Convertisseur A/N. Chaque échantillon prélevé sur le signal d'entrée est comparé successivement aux niveaux générés intérieurement suivant une méthode propre à chaque type de convertisseur. Lorsqu'il obtient l'égalité des amplitudes, le Convertisseur s'arrête et le nombre binaire correspondant au dernier niveau de comparaison est verrouillé et ensuite stocké en mémoire numérique dans le cas d'un DSO. Le nombre de niveaux discrets différents que le convertisseur doit pouvoir présenter lors de la comparaison dépend du nombre de bits de son nombre binaire. Si le convertisseur a une résolution de 8 bits, le nombre de niveaux sera de 256. On comprend bien que pour chaque échantillon du signal à analyser, le Convertisseur doit procéder à un nombre important de « pesées » et obtenir le résultat final avant que l'échantillon suivant ne se présente. On conçoit facilement que pour cela il devra

travailler à vitesse très élevée. La fréquence de travail du Convertisseur A/N dite fréquence de quantification, peut être de plusieurs ordres de grandeur supérieure à la fréquence d'échantillonnage. C'est à cause du temps de conversion nécessaire au Convertisseur A/N que la limite haute fréquence des DSO est plus faible que celle des oscilloscopes conventionnels.

#### Capacité mémoire

C'est la taille totale de la mémoire contenue dans le DSO. Elle peut être de 256 mots, 1 K mots, 4 K mots, 5 K mots...

En général, elle est utilisée en totalité lorsque l'on travaille avec une seule trace et elle est partagée en 2 ou 4 enregistrements lorsque l'on fonctionne avec 2 ou 4 traces.

La résolution horizontale est une autre façon d'exprimer la capacité mémoire. Une mémoire de 4 K peut stocker jusqu'à 4000 points de données et le DSO qui l'emploie a une résolution horizontale maximale de 4000 points. Si, comme dans le cas du fonctionnement 2 traces, la mémoire est partagée en 2 enregistrements, la résolution horizontale est 2 fois moindre.

Une résolution horizontale de 4000 points peut être imagée par un élastique portant 4000 perles espacées (Fig. 2). Le réglage de la base de temps du DSO correspond à l'extension de l'élastique et à l'espacement plus ou moins important entre perles. Plus la durée de balayage est grande, plus l'élongation de l'élastique et l'espacement entre perles

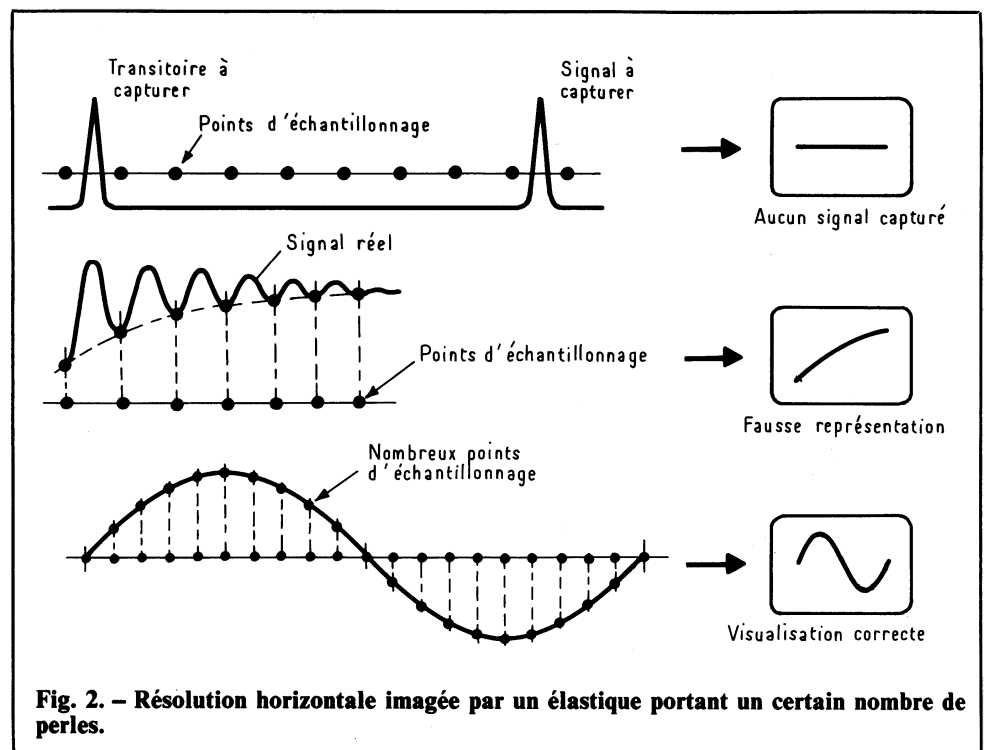


Fig. 2. - Résolution horizontale imagée par un élastique portant un certain nombre de perles.

sont grands. Si l'extension correspond à 4 secondes, l'espacement entre perles est de 1 milliseconde ( $4/4000 = 0,001$ ) et tout signal de durée inférieure à 1 milliseconde est entièrement perdu. Si pour la même extension, on réduit le nombre de perles à 500 par exemple, l'espacement serait de 8 millisecondes ( $4 : 500 = 0,008$ ) et tout signal inférieur à 8 millisecondes est entièrement perdu. Ainsi, le phénomène le plus difficile à enregistrer est celui qui se compose de plusieurs impulsions rapides se produisant sur une longue période de temps. Dans ce cas, quelle que soit la vitesse maximum d'échantillonnage du DSO, plus la capacité mémoire est grande, plus on a de chance de capturer ces impulsions.

### Importance de la capacité mémoire dans un DSO

Pour une vitesse de balayage donnée, la capacité mémoire d'un DSO détermine sa bande passante utile et son temps de montée utile. Plus grande sera cette capacité et plus large sera la bande passante et plus court sera le temps de montée. En voici la démonstration :

#### Bande passante utile :

La bande passante utile (Bpu) d'un DSO dépend de la fréquence d'échantillonnage utilisée (Feu) et elle est donnée par la formule suivante :

$$B_{pu} = \frac{Feu}{N}$$

N est le nombre d'échantillons nécessaire pour reconstituer un signal sinusoïdal pur. Shannon a montré qu'un échantillonnage à fréquence égale au double de la fréquence du signal à analyser contient toute l'information de ce signal. En réalité, pour l'observation correcte d'un signal sinusoïdal, il faudrait environ 10 points par période (voir Fig. 2). Dans la pratique, pour comparer les appareils entre eux, on a adopté le nombre intermédiaire de 4. Mais soit de 4 ou de 10, cela ne change rien au fait que la bande passante soit directement proportionnelle à la fréquence d'échantillonnage utilisée.

Il faut observer que dans le cas du DSO, cette fréquence n'est pas constante. Elle dépend de la durée du balayage (Dbal) et du nombre de points mémoire (Npt). Sachant qu'elle est l'inverse de l'intervalle de temps utilisé entre 2 échantillons (Iue) on l'exprime par la formule suivante :

$$Feu = \frac{1}{Iue} = \frac{1}{Dbal} = \frac{Npt}{Dbal} = \frac{Npt/cm}{Vbal/cm}$$

La vitesse de balayage (Vbal-cm) est choisie en fonction de l'application alors que le nombre de points est fixe et dépend de la taille mémoire.

On remarque que pour une vitesse de balayage donnée, la fréquence d'échantillonnage utilisée, donc la bande passante utile, est directement proportionnelle à la taille mémoire du DSO et ne fait aucunement intervenir la fréquence maximum d'échantillonnage qui seule apparaît dans les spécifications. Ainsi, pour une vitesse de balayage donnée, un DSO de 4 096 points mémoire aura une bande passante utile 8 fois supérieure à celle de l'appareil qui ne disposerait que de 512 points. La vitesse d'échantillonnage maximum n'intervient que dans les vitesses rapides extrêmes. Ce qui précède est illustré par la courbe bande passante/vitesse de balayage (Fig. 3). On voit que si la fréquence d'échantillonnage est importante pour déterminer la plus grande bande passante utilisable, elle ne prime que sur les quelques vitesses les plus élevées. Pour les autres vitesses, beaucoup plus nombreuses, allant des vitesses assez élevées aux vitesses les plus lentes, l'intérêt de la capacité mémoire devient prédominant.

#### Temps de montée utile :

Contrairement à l'oscilloscope conventionnel, le DSO ne permet d'apprécier qu'une limite supérieure du temps de montée qui dépend de la disposition des points d'échantillonnage par rapport au signal (Fig. 4). Dans le cas le plus défavorable, cette limite est de 1,6 fois l'écart entre deux échantillons et le temps de montée utile (Tmu) est donné par la formule :

$$Tmu = Iue \times 1,6$$

L'intervalle utilisé entre échantillons (Iue) peut être déduit de la formule de Feu citée précédemment :

$$Iue = \frac{Vbal/cm}{Npt/cm}$$

$$d'où Tmu = \frac{Vbal/cm}{Npt/cm} \times 1,6$$

On voit qu'ici encore cet intervalle dépend uniquement du nombre de points sur la trace, et le temps de montée est d'autant plus rapide que le nombre de points est grand.

### Possibilités d'un DSO et critères de sélection

Nouvellement introduits sur le marché, les DSO offrent des performances et des possibilités en évolution permanente. Choisir le DSO qui convient le mieux à vos applications n'est pas chose facile. Les paramètres commentés qui suivent vous

aideront à faire une bonne évaluation et à décider du meilleur choix. Des performances très élevées sur un paramètre se paient généralement par une dégradation importante sur les autres paramètres et par une élévation notable du prix.

#### Mémoire

La capacité mémoire est primordiale pour le choix d'un DSO. Comme nous l'avons montré, c'est d'elle que dépendra la bande passante utile et le temps de montée utile dans la plus grande majorité des cas. Une grande vitesse d'échantillonnage associée à une faible capacité mémoire ne présente de l'intérêt que sur les deux ou trois gammes de vitesses extrêmes de la base de temps. En outre, les appareils dotés d'une très grande vitesse d'échantillonnage sont en général mal adaptés aux explications qui mettent en jeu des basses et moyennes fréquences. Une grande capacité mémoire et une grande expansion associées équivalent à l'effet de loupe d'une double base de temps conventionnelle avec en plus la possibilité du monocoup.

Le signal mémorisé peut contenir des composantes rapides intéressantes à étudier. L'expansion horizontale après mémorisation permet d'observer ces phénomènes en détail. Là encore, la capacité mémoire intervient. Plus cette capacité sera grande, plus l'expansion peut être importante tout en restant efficace. Avoir une grande expansion et une petite mémoire n'a pas beaucoup de sens car on se retrouve avec un nombre de points trop faible par centimètre. Une capacité de 4 K et une expansion par 50 donnent une résolution extrême de 8 points par centimètre et c'est encore suffisant. Mais la même expansion avec une mémoire de 512 points ne laisse qu'un point par centimètre !

Il faut vérifier soigneusement si la capacité mémoire d'un DSO peut être utilisée en totalité pour le stockage d'un seul signal qui sera alors visualisé sur une trace. Dans ce cas, le DSO travaille avec sa résolution maximum. Si la mémoire est de 4 K, cette résolution est de 400 points/cm au niveau de l'écran du tube cathodique. Mais le DSO peut être amené à traiter deux signaux différents, voire même quatre signaux. Sa conception interne lui permet alors de partager sa mémoire en deux ou quatre enregistrements visualisés sur 2 ou 4 traces. Ce partage s'accompagne d'une perte de résolution. Dans le cas de 4 traces et de 4 K de mémoire totale, chaque trace aura une résolution de 100 points/cm donc 4 fois plus faible

qu'avec une seule trace. Ceci met en évidence encore une fois l'importance de la capacité mémoire.

#### *Résolution verticale et vitesse d'échantillonnage*

Résolution verticale et vitesse d'échantillonnage dépendent du convertisseur A/N. On peut dire que ces 2 caractéristiques sont liées et qu'à qualité égale, dans une même technologie, une amélioration de l'une se traduit par un amoindrissement de l'autre. En effet, plus le nombre de bits du Convertisseur est grand (grande résolution) et plus le temps de conversion est long (faible vitesse d'échantillonnage). Le convertisseur A/N est un élément clé du DSO et ses possibilités se paient très cher. Il est donc inutile, dans ce domaine, de rechercher plus de performances qu'il n'est nécessaire pour l'utilisation envisagée.

La résolution s'exprime par le nombre de bits du convertisseur ou par la plus petite valeur qu'il peut fournir, comparée à la pleine échelle. Un convertisseur de 4 bits, 8 bits ou 10 bits aura une résolution de 1/16 (6,25 %), 1/256 (0,39 %) ou 1/1024 (0,1 %). Ces pourcentages sont à comparer à la précision des amplificateurs du DSO, par lesquels transitent les signaux à mémoriser, qui ne dépasse guère le 1 %. Il est donc inutile, dans la plupart des cas, de prendre une résolution très supérieure à cette précision. Un convertisseur 8 bits répond à cette exigence et c'est pour cette raison qu'il a été adopté par de nombreux constructeurs. Néanmoins, si l'expansion verticale, après mémorisation, s'avère indispensable pour un examen détaillé des amplitudes, il est souhaitable de passer à une résolution supérieure (convertisseur 10 bits par exemple). La vitesse d'échantillonnage est également un important critère de choix pour le DSO. Plus cette vitesse est grande, plus les transitoires, en mesure d'être capturés, peuvent être plus rapides. Mais il faut se garder de croire que le DSO le plus rapide est celui qui aura le meilleur comportement dans toute la plage de fonctionnement.

#### *Déclenchement*

Le déclenchement le plus courant est celui qui se produit lorsque le signal à capturer dépasse un seuil vertical pré-établi.

Certains DSO possèdent un dispositif à double niveau, plus élaboré, appelé « fenêtre » de déclenchement qui initialise la mémorisation dès que le signal vertical dépasse l'un ou l'autre des deux seuils pré-réglés. Ce procédé est idéal quand la polari-

té des transitoires à capturer est incertaine.

Une troisième méthode consiste à utiliser des curseurs lumineux pour définir sur l'écran du TRC les 2 limites de déflexion verticale au-delà desquelles le déclenchement aura lieu. Mais il faut noter que par ce procédé, une fraction considérable de la mémoire (jusqu'à 50 %) peut être affectée à la visualisation de ces limites, au détriment de la résolution horizontale.

En plus du déclenchement vertical, les DSO offrent le « pré-déclenchement » qui permet de positionner le signal capturé en différents points de l'écran et de réserver ainsi une partie plus ou moins importante de la trace à la visualisation des phénomènes précédant le déclenchement, ce qui peut aider beaucoup à l'identification des causes d'une anomalie. En général, la zone de « pré-déclenchement » s'étend entre 0 et 100 % de la trace et son réglage se fait soit par incréments de un quart, soit en pourcentage de la déviation totale.

#### *Mode défilement*

Dans ce mode le DSO se comporte comme un enregistreur graphique sur lequel on aurait placé une fenêtre. Le signal se déplace de la droite vers la gauche et l'utilisateur peut observer ce qui se passe sans gaspillage de papier. Ainsi, en vitesses moyennes et lentes, on peut voir les informations nouvelles se substituer progressivement aux plus anciennes, suivre l'évolution du phénomène et, éventuellement, agir sur les paramètres du système étudié tout en jugeant de leurs effets. Le défilement peut être arrêté à tout instant pour analyse détaillée automatiquement par un signal de déclenchement ou manuellement. Ce mode, particulièrement intéressant, n'est pas disponible sur tous les DSO, et ceux qui ne travaillent pas en visualisation temps réel ne peuvent pas l'avoir.

#### *Visualisation « Temps Réel » (ou « Non Différé »)*

Le DSO doté de cette propriété est capable d'écrire en mémoire l'information qui se présente et *simultanément* de lire cette même mémoire pour en visualiser le contenu. Le DSO qui n'a pas cette fonction est aveugle pendant toute la durée de mémorisation. Plus cette durée est longue plus cet inconvénient est sérieux. Il est facile de voir qu'avec un tel appareil il est impossible de suivre l'évolution d'un phénomène et d'agir sur les paramètres qui peuvent le modifier. Les DSO non pourvus de « visualisation temps réel » ne peuvent bien entendu pas fonc-

tionner en mode « défilement » dont on vient de décrire le comportement et l'importance. On peut dire qu'un oscilloscope à mémoire numérique incapable de visualiser en temps réel n'est pas un DSO dans toute l'acception du terme. Abstraction faite du mode conventionnel dont il peut être équipé, cet appareil s'apparente plus à un analyseur de transitoires et perd une grande partie de son intérêt. Il faut noter que, quelle que soit la vitesse de mémorisation, la vitesse de visualisation reste rapide et constante, ce qui explique pourquoi la trace reste fine et lumineuse sans retouche de réglage dans toute la plage de la base de temps.

#### *Horloge Externe*

La fonction « Horloge Externe » permet de remplacer la base de temps interne par une variable X générée extérieurement et ajoute de ce fait de nouvelles dimensions aux mesures effectuées par le DSO. Le taux d'échantillonnage de l'horloge externe pouvant être quelconque, les possibilités d'emploi ne sont limitées que par l'imagination de l'utilisateur. Sans être exhaustif, on peut citer :

— Acquisition de données sur une très longue durée non disponible sur la base de temps interne. C'est le cas de relevés de température ou de pression à variation très très lente.

— Réalisation d'échelles logarithmiques.

— Balayages intermittents (ou compression de l'axe des X) avec mise en route répétitive de l'horloge externe pour la capture de rafales d'informations. L'horloge est à l'arrêt pendant les périodes de non activité et la trace obtenue ne contient que des signaux significatifs.

— Vitesses de balayage multiples avec programmation de la fréquence de l'horloge en fonction de la finesse du détail que l'on désire obtenir sur chaque portion du signal étudié.

— Etude de l'évolution d'une variable en fonction d'une autre variable appliquée sous forme de signaux carrés à l'entrée « Horloge Externe » (signaux carrés proportionnels à un déplacement linéaire ou radial par exemple). Notez que ceci s'apparente à une fonction X-Y visualisable sur l'écran.

L'utilisation la plus simple de l'horloge externe (associée à l'horloge interne) est la mise en parallèle ou en série de plusieurs DSO pour disposer de traces supplémentaires ou de capacité mémoire plus importante.

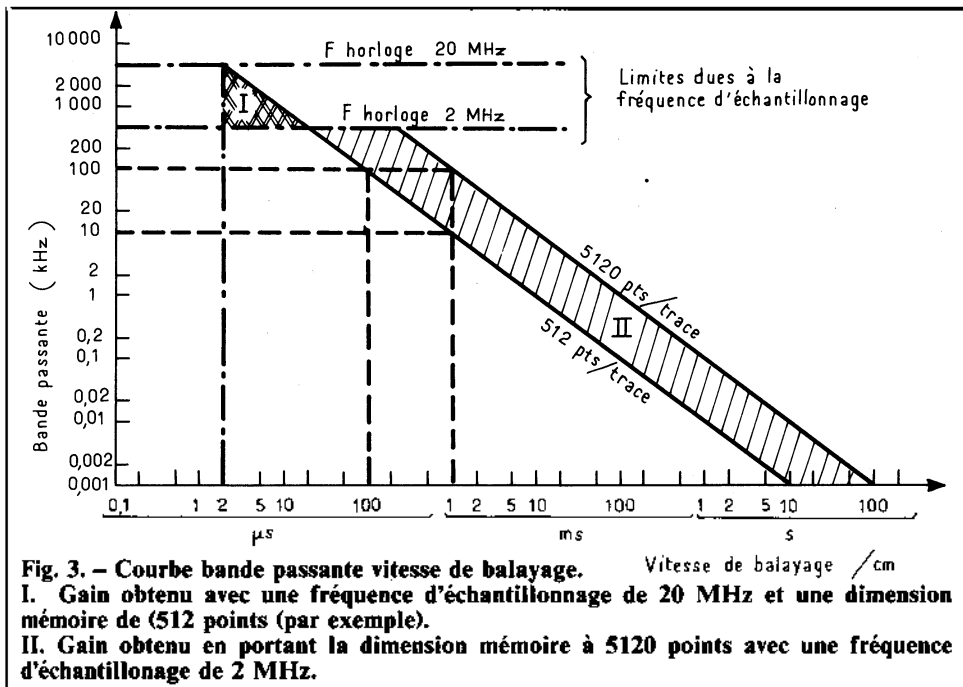


Fig. 3. — Courbe bande passante vitesse de balayage.  
 I. Gain obtenu avec une fréquence d'échantillonnage de 20 MHz et une dimension mémoire de (512 points (par exemple)).  
 II. Gain obtenu en portant la dimension mémoire à 5120 points avec une fréquence d'échantillonnage de 2 MHz.

#### Mode de Visualisation X-Y

Beaucoup d'applications nécessitent l'étude de l'évolution d'une variable X par rapport à une autre variable Y (courbe débit-volume en exploration fonctionnelle respiratoire ; courbe de compression en fonction de la course du piston dans une chambre de combustion d'un moteur à explosion etc.)

Avec la variable X appliquée sur une voie du DSO et la variable Y sur l'autre voie on dispose en mémoire, sous forme numérique de la fonction X-Y. Si le DSO est équipé de sorties analogiques cette fonction XY peut être retranscrite sur une table traçante. Certains DSO peuvent visualiser directement sur l'écran cette courbe X-Y. Cette visualisation est intéressante parce qu'elle est instantanée et ne nécessite pas d'unité de sortie. Dans le cas où le DSO est équipé d'une unité de sortie, la visualisation X-Y permet de mettre au point les différents paramètres et de ne retranscrire la courbe sur papier que quand elle est satisfaisante et nécessite un enregistrement permanent.

#### Partage Mémoire

Outre le partage en deux de la mémoire pour travailler sur deux voies on rencontre le partage mémoire pour comparaison et le partage mémoire pour le balayage multiples sur la même voie.

Le mode « Comparaison » consiste à mémoriser et à verrouiller un signal dans une partie de la mémoire et à utiliser l'autre partie en temps réel pour faire des comparaisons. Il est particulièrement utile dans les tests de production : réglage de bandes passantes de filtres et amplificateurs, réglage de discriminateurs etc.

Le mode « balayages multiples » permet de recevoir sur la même voie jusqu'à 4 phénomènes transitoires aléatoires consécutifs et à les visualiser sur 4 traces différentes.

#### Détection crête et enveloppe

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le rythme d'échantillonnage et de mémorisation d'un DSO n'est pas constant mais dépend de la vitesse de la base de temps choisie et sa valeur maximum n'est disponible que sur la vitesse la plus rapide de balayage. Certains DSO équipés de « Détection Crête » maintiennent continuellement en service ce taux maximum d'échantillonnage pour la surveillance et la détection de parasites négatifs ou positifs, de durée égale ou supérieure à la période d'échantillonnage. Le parasite capturé est mis dans la case mémoire suivante, à la place de la valeur instantanée du signal mesurée.

Tout instrument utilisant un système d'échantillonnage pour examiner un signal peut fournir des résultats erronés (voir Fig. 2). Ceux-ci sont connus sous le nom d'effet de repliement (alias effect) et se produisent si le signal a une composante significative dont la fréquence est supérieure à la demi-fréquence d'échantillonnage appelée fréquence de Nyquist. Une façon simple de détecter les fausses représentations consiste à utiliser le DSO en mode conventionnel dont la bande passante est généralement beaucoup plus importante. La meilleure méthode est celle capable de prévenir l'opérateur dès que le phénomène se produit. Le mode enveloppe assure cette fonction en détectant simultanément les crêtes positives et négatives, aléatoire-

ment et abondamment présents dans les fausses représentations.

#### Générateur de Fonctions

Certains DSO équipés d'unités de sorties analogiques sont aptes à être utilisés en générateurs de fonctions complexes. Le signal mémorisé peut être « rejoué » une seule fois ou de façon répétitive, sous forme analogique, à une vitesse égale ou différente de celle à laquelle il a été capturé. Ceci est particulièrement intéressant dans l'étude et la simulation de systèmes mécaniques.

Des formes d'ondes arbitraires peuvent être également obtenues à partir d'un « tracé » manuel qui consiste à agir sur le cadrage vertical pendant que le DSO balaye à vitesse très lente et qu'aucun signal n'est appliqué à l'entrée verticale. Ce tracé peut être combiné avec un signal extérieur et le tout utilisé comme signal de test ou de contrôle.

#### Surveillance Automatique

La plupart des DSO sont prévus pour la capture d'un phénomène transitoire sans qu'il soit nécessaire d'être à côté de l'appareil. D'autres vont plus loin et retranscrivent automatiquement le signal mémorisé sur un enregistreur graphique associé. L'enregistrement terminé, ces appareils se réarment tout seuls et se remettent en veille pour la capture d'une nouvelle perturbation. Le tout recommence sans arrêt sans qu'il soit nécessaire d'intervenir. Ce mode est très utile pour la surveillance automatique du réseau ou d'une ligne d'alimentation. On dit que le DSO fonctionne en pertubographe. L'enregistrement obtenu fournit un historique du comportement des circuits sous surveillance.

#### Mode Conventionnel

Certains DSO offrent une utilisation « conventionnelle » par mise hors circuit de la partie numérique. La bande passante disponible est en général très supérieure à celle de l'oscilloscope numérique, ce qui donne une couverture en fréquence plus étendue. Il est bon de noter que la plupart des circuits « conventionnels » sont également employés par la partie « mémoire numérique » (atténuateurs, amplificateurs, balayage, TRC, etc.), ce qui revient à dire que cette adjonction, qui peut rendre de grands services, coûte finalement peu à l'acheteur.

#### Options de Sortie

Les sorties analogiques X-Y sont maintenant assez courantes mais certains DSO sortent les points de données à un rythme non uniforme, ce qui peut faire perdre la relation

# Dim-Inter

DISTRIBUTEUR QUALIFIÉ DE SEMI-CONDUCTEURS

- Diodes Zener
- Diodes et ponts de redressement
- Transistors petits signaux
- Transistors de puissance
- C.I TTL/CMOS/Linéaire
- Mémoires

***Vous connaissez déjà  
les membres de notre FAMILLE !!***

ITT - G.I. - G.E. - TEXAS - ALLEN BRADLEY -  
OHMIC - SEMIKRON - HIRSCHMANN -  
VARTA...

***Voici le DERNIER-NÉ :***

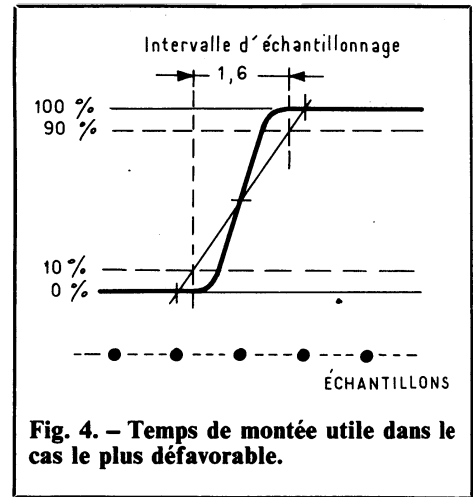
**AEG-TELEFUNKEN,  
spécialiste en opto-électronique**

Photocoupleurs,  
Diodes électroluminescentes, Afficheurs

**Dim-Inter**

22, boulevard Pasteur - 93120 LA COURNEUVE

## Instrumentation



point-à-point qui existait sur le signal d'origine. Par conséquent, la sortie capable de fournir une exacte reproduction, appelée sortie analogique linéaire, doit être recherchée.

Une autre option est la sortie numérique qui permet à l'utilisateur de développer une interface qui servira à relier son DSO à son ordinateur pour le programme à distance, manipuler et traiter les données numériques.

Beaucoup de DSO proposent en option des interfaces universelles standards dont la plus connue et la plus demandée est la GPIB/IEEE qui sert à relier l'appareil à un ordinateur. Grâce à la communication bi-directionnelle qui s'établit sur le Bus IEEE le transfert des données peut se faire dans les deux sens et les fonctions du DSO peuvent être mises sous contrôle de l'ordinateur.

### Conclusion

Les techniques nouvelles mises en jeu dans les DSO, l'étendue de leurs possibilités, les solutions nouvelles qu'ils apportent en font un outil bien adapté à l'étude de signaux rapides à faible fréquence de répétition, de transitoires aléatoires, de phénomènes de longue durée et de variations lentes et rapides etc. Leur domaine d'utilisation s'étend chaque jour davantage et le succès qu'ils remportent leur assure un taux de progression annuelle très important. Lorsque la technologie des semi-conducteurs permettra de mettre sur le marché des convertisseurs A/N plus rapides et des mémoires plus performantes les DSO remplaceront les oscilloscopes à mémoire à tube même dans l'analyse de signaux électriques très rapides.