

Bande passante optimale de l'oscilloscope et taux d'échantillonnage

Plus de visibilité pour mieux réparer !

Note d'application

Cette note d'application s'intéresse à la fréquence du signal et du temps de montée du flanc d'impulsion pour mieux comprendre leur impact sur le signal affiché à l'aide d'un oscilloscope à stockage numérique.

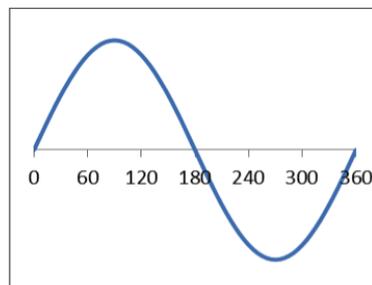
Qu'est-ce que la bande passante ?

Pour mettre les choses en contexte, commençons par expliquer ce qu'est un oscilloscope. Un oscilloscope est un appareil conçu pour capter et représenter graphiquement, dans sa véritable forme originale, un signal électrique qui change au fil du temps. L'afficheur est étalonné pour représenter une tension (axe vertical) dans le temps (axe horizontal). Comme la tension change au fil du temps, le nombre de changements (cycles) au fil du temps peut être représenté par une fréquence. $F = 1/\text{heure}$ (Hertz). Tout comme avec votre audition, lorsque la fréquence augmente la capacité de l'oscilloscope à reproduire avec précision la tension du signal dans le temps diminue. Par conséquent, la question essentielle devient : quel est le nombre maximum de cycles (d'événements répétés) qu'un oscilloscope est capable de reproduire graphiquement dans sa véritable forme originale. Les spécifications de la bande passante d'un oscilloscope permettent de répondre à cette question essentielle.

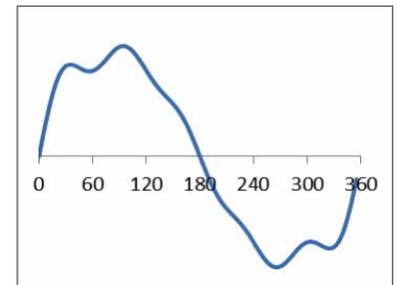
Lorsque la fréquence augmente, la capacité des oscilloscopes à reproduire fidèlement l'amplitude du signal véritable diminue. Les fabricants spécifient la bande passante comme étant la plus haute fréquence à laquelle une entrée sinusoïdale figurant sur l'écran est atténuée par un maximum de 70,7 % de la véritable amplitude du signal, connue sous le nom de point 3 dB. En d'autres termes, la bande passante est la fréquence maximale à laquelle le signal affiché est toujours supérieur à 70,7 % de l'amplitude réelle du signal appliqué (ou 0,707 fois).

Capture d'une onde sinusoïdale

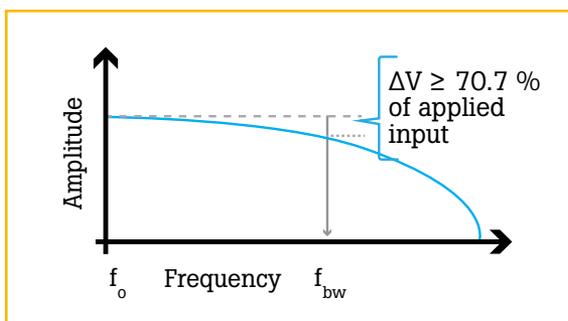
La capture d'une onde sinusoïdale dans sa forme la plus pure, sans aucune distorsion nécessiterait tout simplement un oscilloscope avec une bande passante d'entrée d'une amplitude de fréquence plus grande que la fréquence de l'onde sinusoïdale mesurée. Malgré les composants numériques de haute technologie actuels, les ingénieurs et techniciens s'intéressent toujours à la forme générale de l'onde, son amplitude, à sa période et la présence de perturbations. Choisir le bon oscilloscope permet de réunir toutes les informations nécessaires et évite de passer à côté de détails importants. Une forme d'onde peut sembler correcte à première vue, mais receler des défauts importants difficiles à voir.



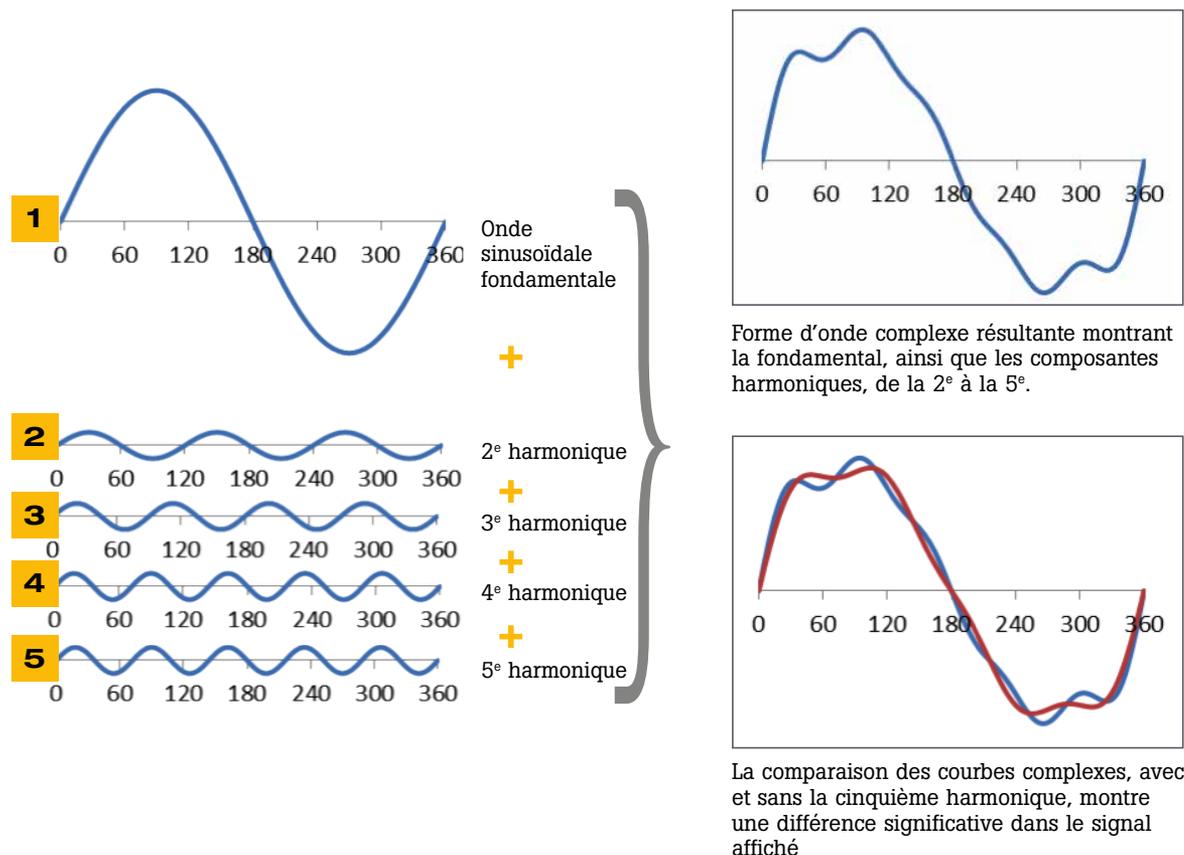
Onde sinusoïdale dans sa forme mathématique la plus pure représentée par $y(t) = A \sin(\omega t + \theta)$



Onde sinusoïdale déformée constituée de la somme d'un certain nombre de composantes harmoniques



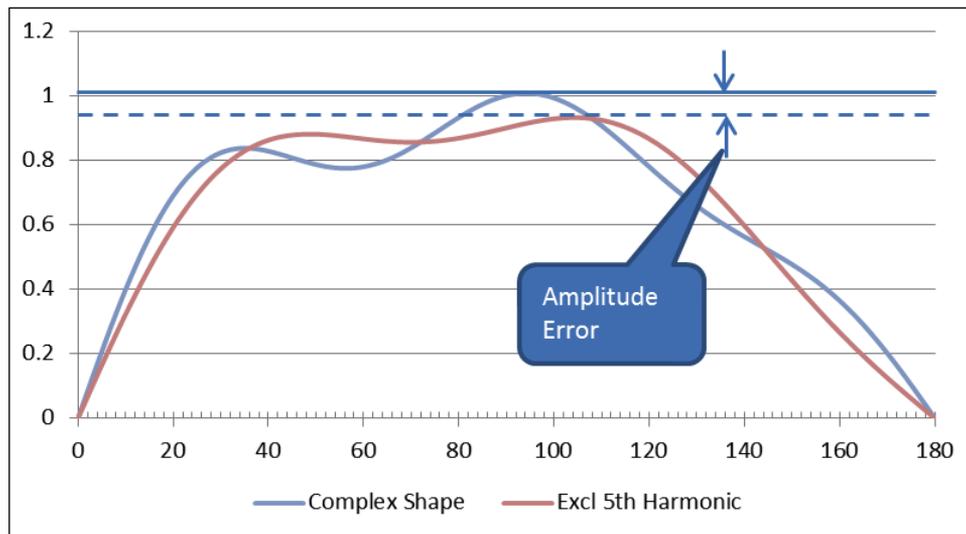
Dans le cas de la répétition d'une onde complexe ou d'une onde sinusoïdale qui a été déformée, la forme d'onde peut être représentée mathématiquement par la somme des composantes de fréquence ou harmoniques. En utilisant un tableur nous pouvons tracer chaque composante $[y(t) = A \sin(\omega t + \theta)]$, ainsi que la somme combinée de chacune des composantes, de manière à pouvoir faire des comparaisons simples pour visualiser l'impact de la bande passante de l'oscilloscope.



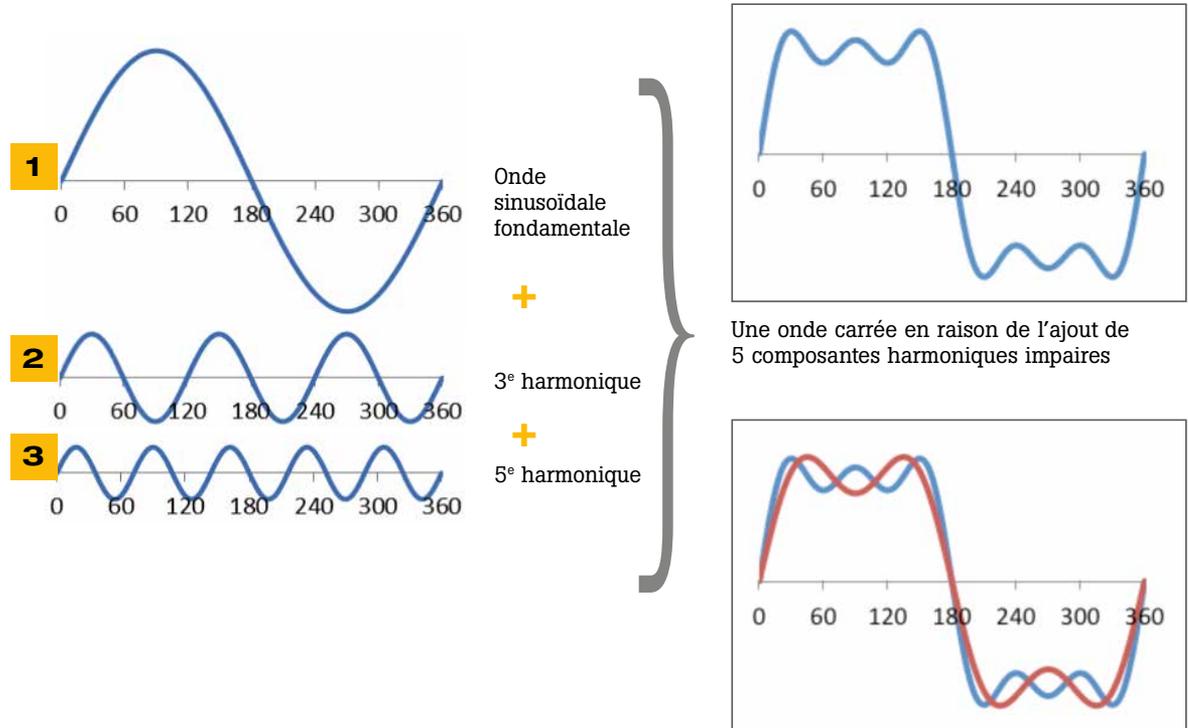
La comparaison de la courbe complexe résultante avec la 5e composante harmonique et de la courbe n'incluant pas cette composante révèle une différence significative dans la forme affichée. En conséquence, la règle généralement acceptée consiste à choisir un oscilloscope avec une bande passante 5 fois supérieure à la fréquence de l'onde sinusoïdale mesurée.

Bande passante de l'oscilloscope ≥ Plus haute fréquence du signal X 5

Mise à part cette différence de la forme générale de l'onde, un oscilloscope avec une bande passante insuffisante peut entraîner une erreur dans le niveau d'amplitude affiché. La comparaison d'un oscilloscope avec une bande passante au moins cinq fois supérieure à la fréquence fondamentale et d'un autre oscilloscope dont la bande passante n'est que quatre fois supérieure à cette fréquence, révèle une erreur d'amplitude de crête de 7 %.



Il faut ensuite prendre en compte l'impact de la fréquence d'échantillonnage sur l'axe temporel horizontal. Dans les circuits numériques ou analogiques à impulsion les mesures les plus courantes qui définissent la qualité d'une onde carrée ou à impulsions sont la largeur d'impulsion, le temps de montée ou une modification de la tension au fil du temps (dV/dt). Une onde carrée avec un flanc rapide peut être représentée par la somme d'un nombre infini d'ondes sinusoïdales harmoniques impaires.



La comparaison des impulsions avec et sans la 5^e composante montre une différence significative dans la forme d'onde affichée et la période

Un oscilloscope doit avoir une réponse au temps de montée et de descente suffisamment rapide pour capturer avec précision et afficher les flancs en avance ou en retard ainsi que les réflexions, les transitoires, et autres aberrations communes. La comparaison avec une forme d'onde qui ne regroupe que des composantes harmoniques montre clairement qu'un oscilloscope pourrait afficher une forme et des flancs très différents. Ces différences pourraient conduire à des erreurs dans la forme d'onde affichée. Les performances de temps de montée des oscilloscopes à stockage numériques dépendent du circuit d'entrée analogique et du taux d'échantillonnage du circuit du convertisseur analogique-numérique. La règle généralement acceptée par l'industrie consiste à choisir un oscilloscope avec des performances de temps de montée cinq fois supérieures au temps de montée de l'onde sinusoïdale mesurée.

Temps de montée de l'oscilloscope ≤ le temps de montée le plus rapide du signal x 1/5

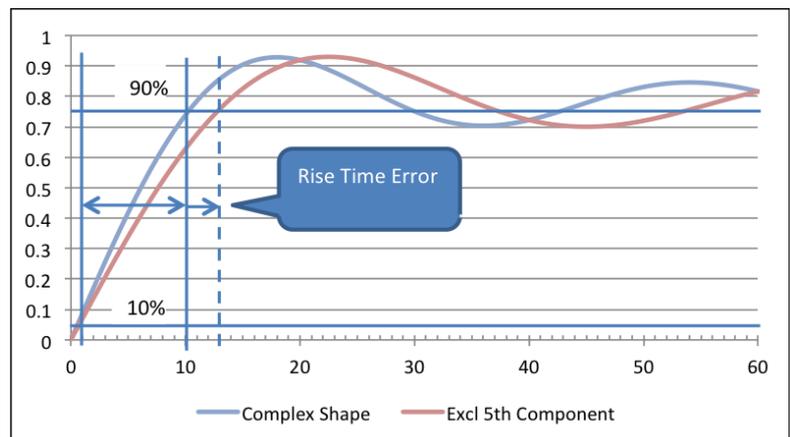
En faisant un zoom pour inspecter le flanc du signal avec un oscilloscope ayant un temps de montée inférieur à un cinquième du temps de montée du signal testé révèle une erreur de temps de montée affichée pouvant atteindre 33 %.

La relation entre le temps de montée et la bande passante peut également être évaluée en utilisant une autre formule courante, temps de montée = 0,35/bande passante. Cette formule avérée prend en compte la réponse en fréquence des oscilloscopes classiques de 1 GHz ou moins. En outre, les erreurs supplémentaires provenant des sondes, du signal testé et de l'oscilloscope utilisé dans l'ensemble de la chaîne de mesure doivent être prises en compte dans l'analyse.

Les appareils commerciaux et industriels modernes, tels que les appareils d'imagerie médicale, les radars, les systèmes de communications numériques et les onduleurs utilisent des microprocesseurs et des dispositifs de commutation de puissance à semi-conducteurs fonctionnant à la fréquence d'horloge dans la plage de 100 mégahertz ou produisent des impulsions numériques avec des temps de montée et de descente mesurés au dixième de nanoseconde près. Outre ces vitesses de fonctionnement rapides, ces appareils sont soumis à l'influence des EMI et aux conditions environnementales de fonctionnement capables de causer des changements d'impédance, des déséquilibres et des distorsions qui peuvent empêcher l'appareil de fonctionner correctement. L'utilisation d'un oscilloscope avec une bande passante et des performances de temps de montée suffisantes peut faire la différence entre un diagnostic rapide et des erreurs durables. Il est important de comprendre qu'un oscilloscope avec un temps de montée plus rapide et une bande passante plus large pourra capturer et afficher avec plus de précision la véritable forme d'onde et des détails importants, tels que le bruit du signal, la distorsion ou les crêtes des transitoires ou des réflexions.

Conclusion

Les ingénieurs et techniciens rencontrent chaque jour des difficultés lors des mesures sur des équipements électroniques et systèmes d'alimentation industrielle modernes à haute vitesse. Certaines de ces mesures impliquent des tensions élevées et des courants de fonctionnement hautes fréquences, avec des flancs rapides contenant des distorsions harmoniques ou autres anomalies de signal rapides. Les alternatives que sont les oscilloscopes de banc disposent souvent de la bande passante et de la vitesse d'échantillonnage nécessaires, mais il leur manque la portabilité, la sécurité ou encore l'isolation des canaux. Toutefois, le nouveau Fluke 190-504 offre un compromis idéal : un instrument portable disposant de 4 canaux isolés électriquement avec une bande passante de 500 MHz et une fréquence d'échantillonnage de 5 GS/s permettant aux ingénieurs et techniciens d'effectuer rapidement et en toute sécurité des mesures précises à grande vitesse.



Soyez à la pointe du progrès avec **Fluke.**

Fluke France SAS
 20 Allée des érables
 93420 Villepinte
 France
 Téléphone: 01 70 80 00 00
 Télécopie: 01 70 80 00 01
 E-mail: info@fr.fluke.nl
 Web: www.fluke.fr

Fluke Belgium N.V.
 Kortrijksesteenweg 1095
 B9051 Gent
 Belgium
 Tel: +32 2402 2100
 Fax: +32 2402 2101
 E-mail: info@fluke.be
 Web: www.fluke.be

Fluke (Switzerland) GmbH
 Industrial Division
 Hardstrasse 20
 CH-8303 Bassersdorf
 Tel: 044 580 75 00
 Fax: 044 580 75 01
 E-mail: info@ch.fluke.nl
 Web: www.fluke.ch

©2013-2014 Fluke Corporation.
 Tous droits réservés.
 Informations modifiables sans préavis.
 4/2014 3185617b-fr

La modification de ce document est interdite sans l'autorisation écrite de Fluke Corporation.