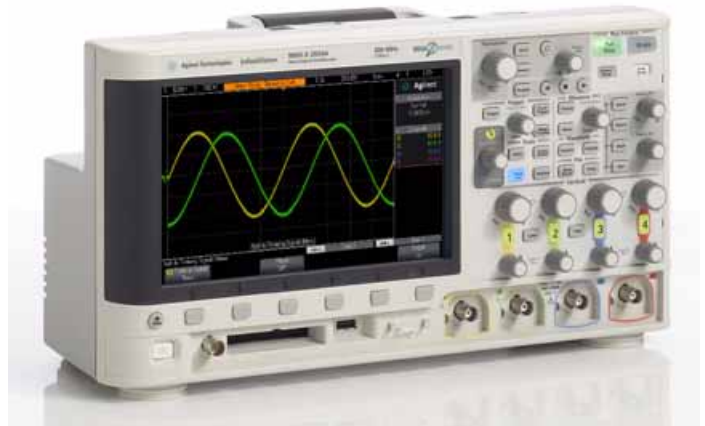




Kit de formation sur l'oscilloscope destiné à l'enseignant DSOXEDK



**Guide et tutoriel de
laboratoire pour les
élèves-ingénieurs et
étudiants en physique de
premier cycle**



Agilent Technologies

Avertissements

© Agilent Technologies, Inc. 2008-2011

Les droits d'auteur de ce matériel d'enseignement vous autorisent à réimprimer, modifier et distribuer l'entièreté ou une partie du document pour la formation des étudiants sur l'équipement de test d'Agilent

Marques déposées

Microsoft®, MS-DOS®, Windows®, Windows 2000® et Windows XP® sont des marques déposées de Microsoft Corporation aux États-Unis.

Adobe®, Acrobat® et le Logo® Acrobat sont des marques de commerce d'Adobe Systems Incorporated.

Référence du manuel

75010-97005

Historique d'impression

11.01.2011

Disponible uniquement au format électronique

Agilent Technologies, Inc.
1900 Garden of the Gods Road
Colorado Springs, CO 80907 États-Unis

Garantie

Les informations contenues dans ce document sont fournies « en l'état » et pourront faire l'objet de modifications sans préavis dans les éditions ultérieures. Dans les limites de la législation en vigueur, Agilent exclut en outre toute garantie, expresse ou implicite, quant à ce manuel et aux informations qu'il contient, notamment, mais sans s'y restreindre, toute garantie de qualité marchande et d'adaptabilité à une utilisation particulière. En aucun cas, Agilent ne peut être tenu responsable d'erreurs éventuelles contenues dans ce document, ni des dommages directs ou indirects pouvant découler de la fourniture, de l'usage ou de la qualité de ce document ou des informations qu'il contient. Si Agilent et l'utilisateur ont signé un contrat écrit distinct dont les conditions de garantie relatives au produit couvert par ce document entrent en conflit avec les présentes conditions, les conditions de garantie détaillées dans le contrat prévalent.

Licences technologiques

Le matériel et le logiciel décrits dans ce document sont protégés par un accord de licence et leur utilisation ou reproduction sont soumises aux termes et conditions de ladite licence.

Légende de limitation des droits

Si le logiciel est utilisé par un représentant direct ou indirect du gouvernement des États-Unis d'Amérique, le logiciel est livré et commercialisé en tant que logiciel informatique commercial selon les directives DFAR 252.227-7014 (juin 1995),

ou bien en tant que l'article commercial selon la directive FAR 2.101(a) ou logiciel informatique limité selon la directive FAR 52.227-19 (juin 1987) ou toute règle ou clause de contrat équivalents. L'utilisation, la duplication ou la divulgation du logiciel est régie par les termes habituels de la licence commerciale de Agilent Technologies. Les départements ne faisant pas partie de la Défense (DOD) et agences gouvernementales des États-Unis d'Amérique recevront des droits limités comme l'indique la directive FAR 52.227-19 (c)(1-2) (juin 1987). Le gouvernement des États-Unis d'Amérique recevra des droits limités comme définis par la directive FAR 52.227-14 (juin 1987) ou DFAR 252.227-7015 (b)(2) (novembre 1995) et applicable pour toutes informations techniques.

Avertissements de sécurité

CAUTION

Une mention **ATTENTION** signale un danger. Si la manœuvre ou la procédure correspondante n'est pas exécutée correctement, il peut y avoir un risque d'endommagement de l'appareil ou de perte de données importantes. En présence de la mention **ATTENTION**, il convient de s'interrompre tant que les conditions indiquées n'ont pas été parfaitement comprises et satisfaites.

WARNING

La mention **AVERTISSEMENT** signale un danger pour la sécurité de l'opérateur. **Si la manœuvre ou la procédure correspondante n'est pas exécutée correctement, il peut y avoir un risque grave, voire mortel pour les personnes. En présence d'une mention AVERTISSEMENT, il convient de s'interrompre tant que les conditions indiquées n'ont pas été parfaitement comprises et satisfaites.**

Guide et tutoriel de laboratoire—En un coup d'œil

Ce guide et ce tutoriel de laboratoire pour l'oscilloscope des élèves-ingénieurs et étudiants en physique sont destinés à être utilisés avec les oscilloscopes Agilent Technologies InfiniiVision 2000 et 3000 X-Series (modèles DSO et MSO) dont les licences sont associées au Kit de formation de l'enseignant (DSOXEDK).

Une note adressée au professeur des élèves-ingénieurs et des étudiants en physique

Cher/Chère professeur(e) et/ou assistant(e) de laboratoire,

Ce guide et ce tutoriel de laboratoire pour l'oscilloscope des élèves-ingénieurs et des étudiants en physique se composent de 15 laboratoires pratiques et individuels que les étudiants peuvent réaliser afin de se familiariser avec l'oscilloscope et son fonctionnement. Un oscilloscope est l'outil de mesure que vos étudiants utiliseront plus que tout autre pour tester des expériences sur des circuits que vous leur attribuez ainsi que pour tester leur projet de conception plus élaboré. Ils utiliseront également abondamment les oscilloscopes après leur diplôme et dans le monde de l'industrie électronique actuelle. Il est donc extrêmement important qu'ils disposent de toutes les compétences pour utiliser cet outil vital.

Chacun des 15 laboratoires est réalisé en 15 à 20 minutes environ. Ces laboratoires sont destinés à être utilisés avec les oscilloscopes InfiniiVision 2000 et 3000 X-Series d'Agilent dont les licences sont associées à l'option du Kit de formation de l'enseignant (DSOXEDK). L'option du Kit de formation de l'enseignant offre une large gamme de signaux démo intégrés spécifiquement conçus pour les élèves-ingénieurs et les étudiants en physique. Certains signaux démo sont très simples, tels que les ondes sinusoïdales, tandis que d'autres sont très complexes afin d'imiter les signaux analogiques et numériques en situation réelle. Aucun autre équipement de test n'est nécessaire à part l'oscilloscope, les deux sondes passives (livrées avec l'oscilloscope) et un câble BNC.

Avant que vos étudiants commencent à effectuer des tests sur leur expérience lors de leur premier laboratoire, Agilent leur conseille de lire le Chapitre 1, Annexe A et Annexe B de ce document pour se préparer (devoirs). Le Chapitre 1 se compose d'une introduction sur l'oscilloscope ainsi que de quelques principes fondamentaux sur l'utilisation des sondes. L'Annexe A et l'Annexe B sont des courts tutoriels sur la théorie de fonctionnement et la largeur de bande de l'oscilloscope.

Les étudiants devraient ensuite réaliser les 6 premiers laboratoires pratiques du Chapitre 2 de ce document (Oscilloscope basique et laboratoires de mesure WaveGen) au cours de leur premier laboratoire. Les laboratoires 1 à 3 devraient fournir aux étudiants les connaissances suffisantes pour étalonner l'oscilloscope (V/div et s/div) tout en utilisant le déclenchement sur front afin de pouvoir commencer à réaliser des mesures de base avec l'oscilloscope lors des premières expériences que vous leur attribuez. Le laboratoire 4 leur enseigne comment enregistrer les résultats des mesures afin de pouvoir commencer à les inclure dans les rapports de laboratoire que vous leur demandez. Le laboratoire 5 leur enseigne comment régler la compensation des sondes. Le laboratoire 6 leur enseigne comment utiliser le générateur de fonction WaveGen intégré en option. Ce laboratoire spécifique est réalisé en 5 minutes seulement, mais nécessite que vos oscilloscopes possèdent cette option sous licence.

Les laboratoires pratiques « Avancés » présentés au Chapitre 3 de ce document sont facultatifs. Les étudiants peuvent choisir de réaliser tout ou une partie de ces laboratoires s'ils souhaitent en savoir plus sur l'utilisation de certaines fonctions de mesure plus avancées de l'oscilloscope. Les professeurs ont également la possibilité d'attribuer des laboratoires spécifiques qu'ils considèrent comme importants. Veuillez remarquer que ce guide de laboratoire a été organisé afin d'offrir une certaine souplesse d'utilisation.

Cordialement,



Johnnie Hancock
Directeur des programmes éducatifs des oscilloscopes
Agilent Technologies

Table des matières

Guide et tutoriel de laboratoire—En un coup d'œil	3
Une note adressée au professeur des élèves-ingénieurs et des étudiants en physique	4

1 Mise en route

Sondes de l'oscilloscope	9
Prise de contact avec le panneau avant	11

2 Oscilloscope de base et laboratoires de mesure WaveGen

Lab 1 : Réalisation de mesures sur des ondes sinusoïdales	16
Lab 2 : Découverte des principes de base du déclenchement de l'oscilloscope	22
Lab 3 : Déclenchement sur des signaux bruyants	28
Lab 4 : Documenter et sauvegarder les résultats de test de l'oscilloscope	33
Lab 5 : Compensation de vos sondes passives 10:1	38
Calcul de la quantité correcte de compensation capacitive	41
Charge de sonde	42
Lab 6 : Utilisation du générateur de fonction intégré WaveGen	44

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

Lab 7 : Déclenchement sur une rafale numérique au moyen d'un retard du déclenchement	48
Lab 8 : Déclenchement, capture et analyse d'un événement occasionnel	52
Lab 9 : Capture d'un événement mono-coup	56
Lab 10 : Mesures paramétriques automatiques sur des signaux numériques	59
Lab 11 : Utilisation du zoom de la base de temps de l'oscilloscope pour réaliser des mesures à déclenchement périodique	65
Lab 12 : Mesures Phase Retard et signaux Lissajous	69
Lab 13 : Utilisation des fonctions mathématiques de l'oscilloscope sur les signaux	73
Lab 14 : Utilisation de la Détection de crête pour surmonter le sous-échantillonnage	77
Lab 15 : Utilisation de la mémoire segmentée pour capturer plus de signaux	81

4 Résumé

Littérature d'Agilent sur ce sujet 88

A Schéma de principe et théorie de fonctionnement de l'oscilloscope

Schéma de principe du DSO 90

Bloc ADC 90

Bloc de l'atténuateur 91

Bloc de tension continue de décalage 91

Bloc amplificateur 91

Comparateur de déclenchement et blocs de logique de déclenchement 92

Blocs de base de temps et de mémoire d'acquisition 93

Bloc DSP de l'écran 94

B Tutoriel sur la bande passante de l'oscilloscope

Définition de la bande passante de l'oscilloscope 95

Bande passante nécessaire pour les applications analogiques 97

Bande passante nécessaire pour les applications numériques 98

Méthode empirique 98

Etape 1 : Déterminer les vitesses de front les plus rapides 98

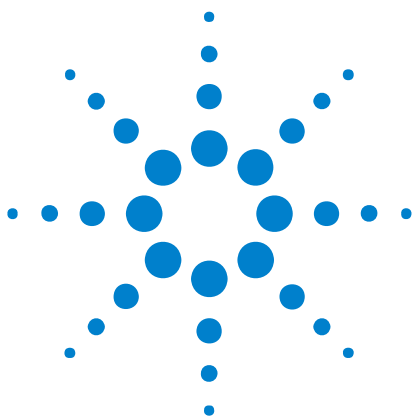
Etape 2 : Calculer f_{coude} 98

Etape 3 : Calculer la bande passante de l'oscilloscope 99

Exemple 99

Comparaisons des mesures d'horloges numériques 100

Index



1

Mise en route

Sondes de l'oscilloscope 9

Prise de contact avec le panneau avant 11

L'oscilloscope est un outil essentiel pour réaliser des mesures de tension et de synchronisation sur les circuits électriques analogiques et numériques modernes. Dès que vous aurez obtenu votre diplôme d'électrotechnique et serez entré de plain-pied dans l'industrie de l'électronique, vous constaterez que l'oscilloscope est l'instrument de mesure le plus usité pour tester, vérifier et déboguer vos conceptions. Même au cours de votre cursus, l'oscilloscope est l'instrument le plus couramment utilisé dans le cadre des laboratoires pour tester et vérifier vos conceptions et autres réalisations. Malheureusement, de nombreux étudiants n'appréhendent jamais complètement l'utilisation d'un oscilloscope. Leur modèle d'utilisation se limite souvent à tourner les boutons rotatifs et à appuyer sur les boutons au hasard jusqu'à ce qu'une image proche de ce qu'ils recherchent apparaisse par magie sur l'écran de l'oscilloscope. Nous espérons qu'après avoir réalisé cette série de petits laboratoires, vous aurez une meilleure compréhension de l'oscilloscope et que vous l'utiliserez plus efficacement.

Présentation d'un oscilloscope Un oscilloscope est un instrument de mesure électronique qui contrôle sans intrusion les signaux d'entrée et les représente ensuite sous forme de graphiques dans un format simple de tension par rapport au temps. Le type d'oscilloscope que votre professeur(e) utilisait lors de ses études était probablement un modèle basé entièrement sur une technologie analogique. Ces oscilloscopes d'ancienne génération, désignés habituellement comme oscilloscopes analogiques, avaient une largeur de bande limitée, ne réalisaient aucune sorte de mesures automatiques et nécessitaient également la répétition du signal d'entrée (le signal d'entrée apparaissant et se répétant en permanence).

Le type d'oscilloscope que vous utiliserez pour cette série de laboratoires et probablement au cours du reste de vos études universitaires est dénommé oscilloscope de stockage numérique, parfois simplement appelé DSO (Digital Storage Oscilloscope). Vous utiliserez peut-être également un oscilloscope à signaux mixtes, qui associe les mesures du DSO traditionnel aux mesures d'analyse logique et est parfois appelé MSO (Mixes Signal Oscilloscope). Les DSO et MSO actuels peuvent capturer et afficher des signaux répétitifs ou mono-coup, et incluent souvent une gamme de mesures automatiques et de



possibilités d'analyse qui vous permettront de caractériser vos conceptions et vos expériences plus rapidement et plus précisément que ce que votre professeur(e) était en mesure de faire lors de ses études.

Pour en savoir plus sur les principaux fondamentaux des oscilloscopes, téléchargez la note d'Agilent sur l'application intitulée *Evaluating Oscilloscope Fundamentals* (évaluation des principes fondamentaux des oscilloscopes). Cette publication est reprise de la section « [Littérature d'Agilent sur ce sujet](#) » de ce document avec les instructions de téléchargement. Si vous souhaitez d'abord apprendre la théorie de fonctionnement d'un oscilloscope, reportez-vous à l'Annexe A de ce document.

Le meilleur moyen d'apprendre rapidement comment utiliser un oscilloscope et de comprendre ce qu'il peut faire pour vous est de vous renseigner en premier lieu sur certaines des commandes les plus importantes de l'instrument et ensuite de commencer à l'utiliser pour mesurer quelques signaux de base, tels que les ondes sinusoïdales. Lorsque leur licence est associée à l'option du Kit de formation de l'enseignant DSOXEDK, les oscilloscopes InfiniiVision 2000 et 3000 X-Series d'Agilent Technologies, représentés à la [Illustration 1](#), peuvent générer un éventail de différents signaux démo analogiques et numériques. Nous utiliserons la plupart de ces signaux pour cette série de petits laboratoires afin de vous permettre d'apprendre à utiliser cet instrument fondamental de mesure des signaux électroniques... l'oscilloscope.



Illustration 1 Oscilloscope InfiniiVision 2000/3000 X-Series d'Agilent

Sondes de l'oscilloscope

Au moment de réaliser des mesures avec l'oscilloscope, la première tâche consiste habituellement à connecter ses sondes entre le dispositif sous mesures et ses entrées BNC. L'extrémité des sondes de l'oscilloscope a une impédance d'entrée relativement élevée (résistance élevée avec une faible capacité) au point de test. Une connexion avec une impédance élevée est importante afin d'isoler l'instrument de mesure du circuit testé étant donné que nous ne souhaitons pas que l'oscilloscope et sa sonde modifient les caractéristiques des signaux sous mesures.

Il existe une multitude de différentes sortes de sondes utilisées pour des types spécifiques de mesures, mais celles que nous utiliseront aujourd'hui sont le type de sondes le plus fréquemment utilisé et est dénommé sondes passives de tension 10:1 (voir [Illustration 2](#)). « Passive » signifie simplement que ce type de sonde n'inclut aucun composant « actif » tel que des transistors ou des amplificateurs. « 10:1 » signifie que cette sonde atténuera le signal d'entrée reçu par 10 au niveau de l'entrée.



Illustration 2 Sonde passive de tension 10:1

Lorsqu'une sonde passive 10:1 standard est utilisée, toutes les mesures de l'oscilloscope devraient être réalisées entre le point de test du signal et la masse. En d'autres termes, vous **devez** connecter à la masse l'attache de mise à la masse de la sonde. Vous **ne pouvez pas** mesurer des tensions sur un composant au milieu du circuit au moyen de ce type de sonde. Si vous devez mesurer la tension d'un composant qui n'est pas mis à la masse, vous pouvez utiliser la fonction mathématique de soustraction de l'oscilloscope (abordée lors du laboratoire 13) tout en mesurant les signaux aux deux extrémités du composant relatives à la masse au moyen des deux voies de l'instrument ou vous pouvez utiliser une sonde active différentielle spéciale. Veuillez également remarquer qu'un circuit ne devrait jamais être complété au moyen de l'oscilloscope.

Illustration 3 présente un modèle électrique d'une sonde passive 10:1 lorsqu'elle est connectée à un oscilloscope au moyen de la sélection d'entrée 1 M Ω par défaut de l'instrument, qui est nécessaire lorsque ce type de sonde est utilisé. Veuillez remarquer que de nombreux oscilloscopes avec une largeur de bande plus élevée ont également une extrémité d'entrée 50 Ω sélectionnable par l'utilisateur souvent utilisée pour des extrémités de sondes actives et/ou utilisée lorsqu'un signal est directement fourni à partir d'une source 50 Ω au moyen d'un câble coaxial BNC 50 Ω .

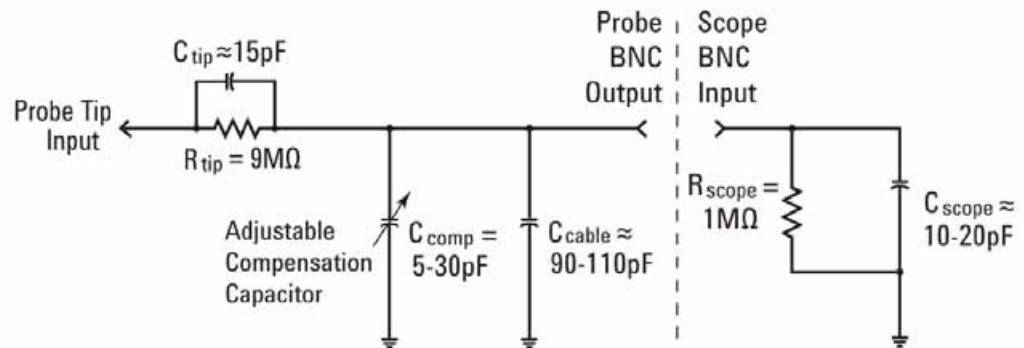


Illustration 3 Schéma de principe simplifié d'une sonde passive 10:1 connectée à l'impédance d'entrée 1 M Ω de l'instrument

Même si le modèle électrique de la sonde passive et de l'oscilloscope inclut une capacité inhérente/parasite (non prévue) ainsi que des réseaux de capacité de compensation prévue de manière intentionnelle, ignorons ces éléments de capacité pour l'instant et analysons le comportement idéal du signal de ce système sonde/oscilloscope dans des conditions d'entrée basse fréquence ou courant continu.

Après avoir retiré tous les composants capacitifs de notre modèle électrique sonde/oscilloscope, il nous reste uniquement une résistance de pointe de sonde 9 M Ω en série avec l'impédance d'entrée 1 M Ω de l'oscilloscope. La résistance d'entrée nette à la pointe de la sonde est alors de 10 M Ω . À l'aide de la loi d'Ohm, vous constatez que le niveau de tension reçu à l'entrée de l'oscilloscope représente 1/10ème du niveau de tension de la pointe de la sonde ($V_{oscilloscope} = V_{sonde} \times (1\text{ M}\Omega/10\text{ M}\Omega)$).

Ceci signifie qu'avec une sonde passive 10:1, la fourchette dynamique du système de mesure de l'instrument a été étendue. En d'autres termes, vous pouvez mesurer des signaux dont l'amplitude est 10 fois supérieure à celle des signaux que vous pouvez mesurer au moyen d'une sonde 1:1. En outre, l'impédance d'entrée du système de mesure de votre oscilloscope (sonde + oscilloscope) est augmentée et passe de 1 M Ω à 10 M Ω . C'est une bonne chose étant donné qu'une impédance d'entrée plus faible pourrait charger votre dispositif sous mesures et éventuellement modifier les niveaux de tension réels de votre dispositif, ce qui n'est pas souhaitable. Même si une impédance

d'entrée nette de 10 M Ω est grande en effet, vous devez vous rappeler que cette quantité d'impédance de charge doit être envisagée en rapport avec l'impédance du dispositif que vous sondez. Par exemple, un simple circuit d'amplificateur opérationnel avec une résistance de rétroaction 100 M Ω peut entraîner des lectures erronées sur un oscilloscope.

Si vous utilisez un oscilloscope Agilent 3000 X-Series pour vos circuits de laboratoire, cet instrument détectera et paramètrera automatiquement le facteur d'atténuation de la sonde sur 10:1. Si vous utilisez l'oscilloscope Agilent 2000 X-Series, vous devez entrer manuellement le facteur d'atténuation de la sonde (10:1). Une fois que l'oscilloscope connaît le facteur d'atténuation de la sonde (soit détecté automatiquement soit entré manuellement), il fournit des mesures compensées de tous les paramètres verticaux afin que toutes les mesures de tension fassent référence au signal d'entrée non atténué de la pointe de la sonde. Par exemple, si vous sondez un signal 10 V_{pp}, le signal reçu à l'entrée de l'oscilloscope sera en fait 1 V_{pp}. Cependant, étant donné que l'instrument sait que vous utilisez une sonde diviseur 10:1, il affichera un signal 10 V_{pp} lors des mesures de tension.

Lorsque nous arriverons au laboratoire 5 (Compensation de vos sondes passives 10:1), nous reviendrons sur ce modèle de sonde passive et aborderont les composants capacitifs. Ces éléments du modèle électrique sonde/oscilloscope auront un impact sur la performance dynamique/courant alternatif du système oscilloscope/sonde.

Prise de contact avec le panneau avant

Commençons d'abord par découvrir les commandes/boutons rotatifs les plus importants de votre oscilloscope. Les commandes « Horizontales » se trouvent dans la partie supérieure de votre oscilloscope (voir [Illustration 4](#)). Le plus grand bouton rotatif règle l'échelle horizontale en secondes/division. Cette commande règle l'échelle de l'axe X du signal affiché. Une « division » horizontale est le temps Δ entre chaque ligne verticale de la grille. Si vous souhaitez afficher des signaux plus rapides (signaux avec une fréquence plus élevée), vous réglerez alors l'échelle horizontale sur une valeur s/div plus petite. Si vous souhaitez afficher des signaux plus lents (signaux avec une fréquence plus basse), vous réglerez alors habituellement l'échelle horizontale sur une valeur s/div plus grande. Le plus petit bouton rotatif de la partie Horizontale règle la position horizontale du signal. En d'autres termes, avec cette commande, vous pouvez déplacer vers la gauche ou vers la droite la position horizontale du signal. Les commandes horizontales de l'oscilloscope (s/div et position) sont souvent dénommées les principales commandes de « base de temps » de l'instrument.



Illustration 4 Commandes horizontales (axe X) de l'oscilloscope

Les commandes/boutons rotatifs de la partie inférieure de l'oscilloscope (voir [Illustration 5](#)) dans la section Verticale (juste au-dessus des BNC d'entrée) règlent l'échelle verticale de l'instrument. Si vous utilisez un oscilloscope à 2 voies, il y aura alors deux paires de commandes de l'échelle verticale. Si vous utilisez un oscilloscope à 4 voies, il y aura alors quatre paires de commandes de l'échelle verticale. Le plus grand bouton rotatif de chaque voie d'entrée de la section Verticale règle le facteur d'échelle verticale en tension par division. Il s'agit de l'échelle graphique de l'axe Y de vos signaux. Une « division » verticale est la tension Δ entre chaque ligne horizontale de la grille. Si vous souhaitez afficher des signaux relativement grands (tensions crête à crête élevées), vous réglez alors habituellement le paramètre volt/div sur une valeur relativement élevée. Si vous souhaitez afficher des niveaux de signaux d'entrée plus petites, vous réglez alors ce paramètre sur une valeur relativement plus basse. Les commandes/boutons rotatifs plus petits de chaque voie de la section Verticale sont les commandes de position/décalage. Vous utilisez ce bouton rotatif pour déplacer le signal vers le haut et vers le bas de l'écran.



Illustration 5 Commandes verticales (axe Y) de l'oscilloscope

Une autre variable de configuration très importante de l'oscilloscope est la commande/le bouton rotatif de niveau de déclenchement (voir [Illustration 6](#)). Ce bouton rotatif de commande se situe au centre du panneau avant de votre instrument, juste en-dessous de la section **Trigger** (Déclenchement).

Le déclenchement est bien souvent la fonction la plus « obscure » d'un oscilloscope. Pourtant, elle figure parmi les fonctionnalités les plus importantes. Nous aborderons plus en détail le déclenchement de l'oscilloscope lorsque nous entamerons les laboratoires pratiques.



Illustration 6 Commande du niveau de déclenchement de l'oscilloscope

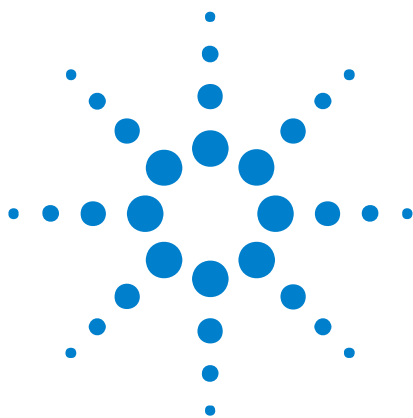
Lorsque vous lirez les instructions des laboratoires suivants, à chaque fois que vous verrez un mot en gras entre parenthèses, tel que **[Help]**, cela fait référence à une touche (ou un bouton) du panneau avant situé du côté droit de l'oscilloscope. Lorsqu'on appuie sur la touche, un menu unique avec un choix de « touches de fonction » associées à cette fonction spécifique du panneau avant s'activera. « Les touches de fonction » sont 6 touches/boutons situés en dessous de l'écran de l'instrument. Les fonctions de ces touches changent selon le menu activé.

Situez maintenant le bouton rotatif de commande **Entrée** présenté à [Illustration 7](#). Il s'agit du bouton rotatif juste à la droite de l'écran de l'oscilloscope dans la zone grisée. Nous utiliserons ce bouton très souvent pour modifier une multitude de variables et de choix de configuration pour lesquels aucune commande du panneau avant n'existe. Chaque fois que vous verrez une flèche verte sous forme de boucle (↻) sur un choix de touches de fonction, cela indique que le bouton rotatif **Entrée** commande cette variable. Veuillez remarquer que ce bouton est également utilisé pour régler le niveau d'intensité du signal. Commençons à réaliser des mesures sur votre oscilloscope !



Illustration 7 Commande d'entrée générale de l'oscilloscope

1 Mise en route



2 Oscilloscope de base et laboratoires de mesure WaveGen

- Lab 1 : Réalisation de mesures sur des ondes sinusoïdales 16
- Lab 2 : Découverte des principes de base du déclenchement de l'oscilloscope 22
- Lab 3 : Déclenchement sur des signaux bruyants 28
- Lab 4 : Documenter et sauvegarder les résultats de test de l'oscilloscope 33
- Lab 5 : Compensation de vos sondes passives 10:1 38
- Lab 6 : Utilisation du générateur de fonction intégré WaveGen 44



Lab 1 : Réalisation de mesures sur des ondes sinusoïdales

Au cours de ce premier laboratoire, vous apprendrez à utiliser les commandes de l'échelle horizontale et verticale de l'oscilloscope afin de configurer ce dernier de manière appropriée pour afficher une onde sinusoïdale répétitive. En outre, vous apprendrez à réaliser quelques mesures simples de tension et de durée sur ce signal.

- 1 Connectez une sonde de l'oscilloscope entre le BNC d'entrée voie 1 et la borne de sortie dénommée « Demo 1 » tel que représentée à [Illustration 8](#). Connectez l'attache de mise à la masse de la sonde à la borne centrale (masse).



Illustration 8 Connexion des sondes entre les entrées voie 1 et 2 et les bornes de sortie des signaux démo

- 2 Connectez une deuxième sonde de l'oscilloscope entre le BNC d'entrée voie 2 et la borne de sortie dénommée « Demo 2 » tel que représentée à [Illustration 8](#). Connectez l'attache de mise à la masse de la sonde à la borne centrale.

- Appuyez sur la touche **[Default Setup]** (Configuration par défaut) située dans la section supérieure droite du panneau avant.

Config. par défaut mettra l'oscilloscope en configuration de programmation d'usine. Les facteurs de l'échelle X et Y de l'oscilloscope seront non seulement réglés sur les valeurs préréglées, mais tous les modes spéciaux de fonctionnement utilisés par un de vos camarades seront également désactivés.

- Appuyez sur la touche **[Help]** (Aide) du panneau avant (à proximité des commandes verticales de la voie 2).
- Appuyez sur la touche de fonction **Signaux démo** en-dessous de l'écran de l'oscilloscope.
- À l'aide du bouton rotatif **Entrée**, sélectionnez le signal **Sinusoïde** (haut de la liste). Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.

Une onde sinusoïdale devrait maintenant être présente sur la borne Demo 1. Elle n'est cependant pas encore reconnaissable par les facteurs par défaut de l'échelle de l'instrument. Nous allons régler maintenant les paramètres verticaux et horizontaux de l'oscilloscope afin d'étendre et de centrer ce signal sur l'écran.

- Tournez le bouton rotatif V/div voie 1 dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que le signal affiché couvre plus de la moitié de l'écran. Le paramètre approprié devrait être **500 mV/div**, qui s'affiche comme « 500mV/ » sur le côté supérieur gauche de l'écran.
- Tournez le bouton rotatif s/div (le grand bouton de la section Horizontale) dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que plus de deux périodes d'une onde sinusoïdale s'affichent sur l'écran. Le paramètre approprié devrait être **50 ns/div**, qui s'affiche comme « 50.00ns/ » au milieu de la partie supérieure de l'écran. L'écran de votre oscilloscope devrait maintenant correspondre à [Illustration 9](#). À partir de cet instant, nous nous y référerons en tant que paramètre de « base de temps » de l'oscilloscope.

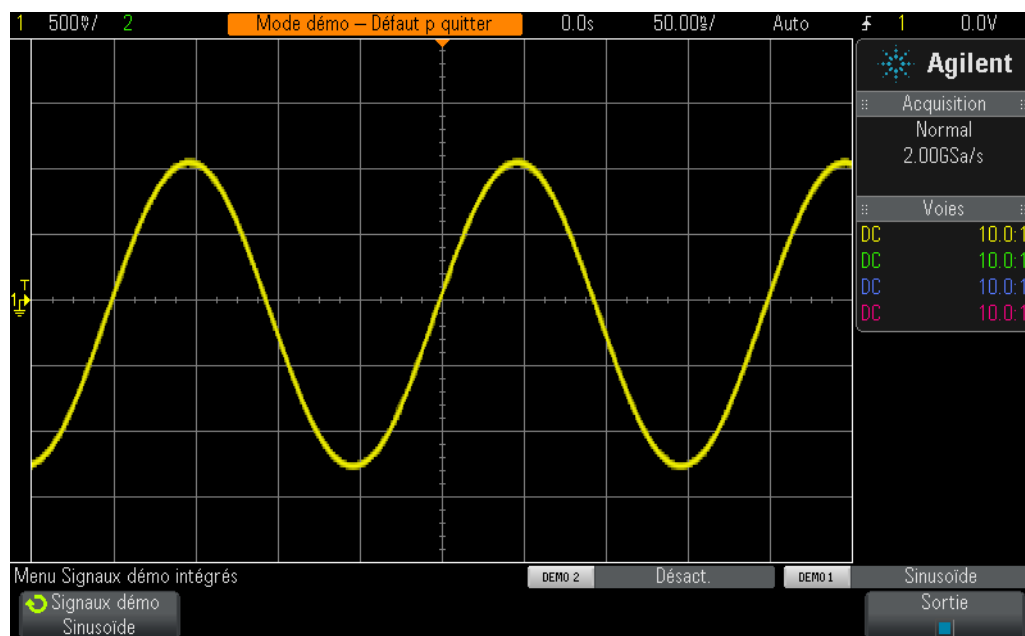


Illustration 9 Configuration initiale pour afficher le signal démo de l'onde sinusoïdale

- 9 Tournez le bouton rotatif de la position Horizontale pour déplacer le signal vers la gauche et vers la droite.
- 10 Appuyez sur le bouton rotatif de la position Horizontale pour le remettre à zéro (0,0 seconde au centre de l'écran).
- 11 Tournez le bouton rotatif de la position Verticale voie 1 pour déplacer le signal vers le haut et vers le bas. Veuillez remarquer que l'indicateur de masse à gauche se déplace également vers le haut et vers le bas et nous indique la position de 0,0 volt (niveau de la masse) sur ce signal.
- 12 Appuyez sur le bouton rotatif de la position Verticale voie 1 pour remettre la masse (0.0 V) au centre de l'écran.

Procédons maintenant à quelques mesures sur cette onde sinusoïdale répétitive. Veuillez noter que l'écran de l'oscilloscope est à la base un graphique X sur Y. Nous pouvons mesurer le temps sur notre axe X (horizontal) et la tension sur notre axe Y (vertical). Au cours de la plupart de vos devoirs en classe, vous avez probablement calculé et représenté graphiquement sur papier des signaux électriques dans un format identique, néanmoins statique. Vous avez peut-être utilisé différentes applications logicielles pour représenter automatiquement sous forme graphique vos signaux. Lorsqu'un signal d'entrée répétitif est appliqué sur un oscilloscope, nous sommes en mesure d'observer la représentation graphique dynamique (mise à jour en permanence) de nos signaux.

Notre axe X est composé de 10 divisions principales sur l'écran, chacune d'entre elles étant égale au paramètre s/div. Dans ce cas, chaque division horizontale principale représente 50 nanosecondes, dans l'hypothèse où la base de temps de l'oscilloscope est réglée sur 50,0 ns/div comme demandé précédemment. Étant donné que l'écran se compose de 10 divisions, l'oscilloscope représente un temps de 500 ns (50,0 ns/div x 10 divisions) du côté gauche au côté droit de l'écran. Veuillez remarquer que chaque division principale est également divisée en 4 divisions secondaires, qui sont représentés par des graduations sur l'axe horizontal central. Chaque division secondaire représente $1/4 \text{ div} \times 50 \text{ ns/div} = 12,5 \text{ ns}$.

Notre axe Y est composé de 8 divisions principales verticales, chacune d'entre elles étant égale au paramètre V/div, qui devrait être réglé sur 500 mV/div. Avec ce paramètre, l'oscilloscope peut mesurer des signaux d'une hauteur de 4 Vp-p (500 mV/div x 8 divisions). Chaque division principale est divisée en 5 divisions secondaires. Chaque division secondaire, représentée par des graduations sur l'axe vertical central, représente alors 100 mV.

- 13 Estimez la période (T) d'une de ces ondes sinusoïdales en comptant le nombre de divisions (principales et secondaires) du niveau 0,0 V d'un front montant (centre de l'écran) au niveau 0,0 V du front montant suivant. Multipliez ensuite par le paramètre s/div (normalement réglé sur 50,0 ns/div).

$$T = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 14 Quelle est la fréquence de cette onde sinusoïdale ($F = 1/T$).

$$F = \underline{\hspace{2cm}}$$

Estimons maintenant le niveau de tension crête à crête de ces ondes sinusoïdales. Mais tout d'abord, procédons à quelques petits ajustements de nos paramètres verticaux qui pourront nous aider à réaliser cette mesure de manière plus précise.

- 15 Réglez le bouton rotatif de la position verticale voie 1 (le petit bouton en dessous de la touche éclairée « 1 ») jusqu'à ce que les crêtes négatives des ondes sinusoïdales croisent l'une des principales graticules (ou lignes de la grille).
- 16 Ensuite, réglez le bouton rotatif de la position horizontale (le petit bouton en haut du panneau avant) jusqu'à ce qu'une des crêtes positives des ondes sinusoïdales croise l'axe vertical central sur lequel se trouvent les graduations des divisions secondaires.
- 17 Estimez maintenant la tension crête à crête de cette onde sinusoïdale en comptant le nombre de divisions (principales et secondaires) entre la crête négative et la crête positive de l'onde. Multipliez ensuite par le paramètre V/div setting (normalement réglé sur 1 V/div).

$$V_{p-p} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Utilisons maintenant la fonction « curseurs » pour procéder aux mêmes mesures de tension et de temps, mais sans devoir compter les divisions, et multiplions ensuite par les facteurs de l'échelle. Repérez d'abord le bouton rotatif « Cursors » (Curseurs) dans la section Mesure du panneau avant (voir [Illustration 10](#)).



Illustration 10 Bouton rotatif des curseurs de mesure

- 18 Appuyez sur le bouton rotatif Cursors. Tournez-le ensuite jusqu'à ce que « X1 » soit sélectionné. Appuyez ensuite à nouveau pour le sélectionner (si vous n'appuyez pas une deuxième fois sur le bouton après avoir appelé le curseur « X1 », ce curseur sera automatiquement sélectionné après une temporisation et le menu se fermera).

- 19 Tournez le bouton rotatif Cursors jusqu'à ce que le curseur X1 (marqueur de temps #1) croise un front montant d'une onde sinusoïdale à un niveau de tension spécifique. Conseil : Placez le curseur sur un point du signal où il croise une des lignes horizontales de la grille.
- 20 Appuyez à nouveau sur le bouton rotatif Cursors. Tournez-le jusqu'à ce que « X2 » soit sélectionné. Appuyez ensuite à nouveau pour le sélectionner.
- 21 Tournez le bouton rotatif Cursors jusqu'à ce que le curseur X2 (marqueur de temps #2) croise le front montant suivant d'une onde sinusoïdale à un niveau de tension identique.
- 22 Appuyez à nouveau sur le bouton rotatif Cursors. Tournez-le jusqu'à ce que « Y1 » soit sélectionné. Appuyez ensuite à nouveau pour le sélectionner.

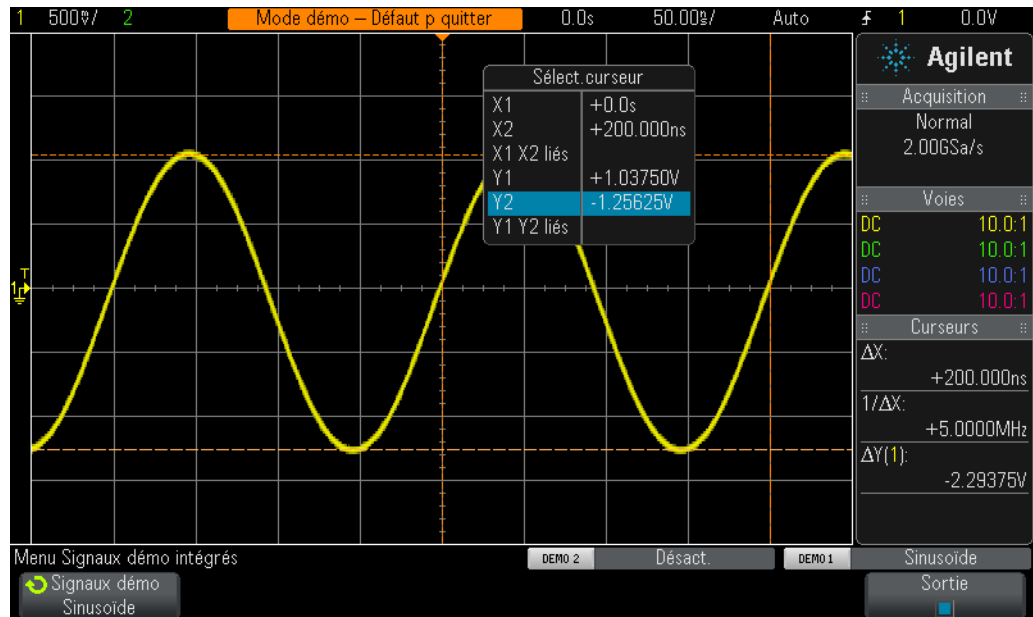


Illustration 11 Utilisation des mesures par curseurs de l'oscilloscope

- 23 Tournez le bouton rotatif Cursors jusqu'à ce que le curseur Y1 (marqueur de tension #1) croise les crêtes négatives des ondes sinusoïdales.
- 24 Appuyez à nouveau sur le bouton rotatif Cursors. Tournez-le jusqu'à ce que « Y2 » soit sélectionné. Appuyez ensuite à nouveau pour le sélectionner.
- 25 Tournez le bouton rotatif Cursors jusqu'à ce que le curseur Y2 (marqueur de tension #2) croise les crêtes positives des ondes sinusoïdales.
- 26 Quel est la période, la fréquence et la tension crête à crête de ce signal (la lecture du curseur se trouve du côté droit de l'écran) ?

$$\Delta R = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1/\Delta R = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta Y(1) = \underline{\hspace{2cm}}$$

La méthode la plus fréquemment utilisée pour mesurer le temps et la tension sur un oscilloscope est la méthode de « comptage des divisions » que nous avons utilisée en premier lieu. Même si les divisions doivent être comptées et ensuite multipliées par les paramètres de l'instrument, les ingénieurs rompus à l'utilisation de leur oscilloscope peuvent rapidement estimer les paramètres de tension et de temps de leur signal... et parfois une estimation grossière est tout ce dont ils ont besoin pour savoir si un signal est valide ou non.

L'utilisation des curseurs devrait permettre d'obtenir des mesures légèrement plus précises et supprimer le hasard. La plupart des oscilloscopes actuels offrent également une façon encore plus précise et plus rapide de réaliser de nombreuses mesures paramétriques de manière automatique. Nous reviendront sur l'utilisation des mesures paramétriques automatiques de l'oscilloscope au cours du laboratoire 10 lorsque nous commencerons à réaliser quelques mesures sur des signaux numériques. Mais pour l'instant, nous devons revenir en arrière et découvrir le déclenchement de l'oscilloscope.

Lab 2 : Découverte des principes de base du déclenchement de l'oscilloscope

Comme indiqué précédemment, le déclenchement de l'oscilloscope est probablement la fonction la plus importante de l'instrument. Vous devez la comprendre si vous souhaitez exploiter au mieux ses mesures. Elle est d'autant plus importante au moment d'essayer de réaliser des mesures sur la plupart des signaux numériques plus complexes actuels. Malheureusement, le déclenchement de l'oscilloscope est souvent l'aspect le moins bien perçu de son fonctionnement.

Vous pouvez considérer le « déclenchement » de l'oscilloscope comme une « capture d'images synchronisée ». Lorsque l'oscilloscope capture et affiche un signal d'entrée répétitif, il peut prendre des dizaines de milliers d'images par seconde du signal. Afin d'afficher ces signaux (ou ces images), la photographie doit être synchronisée à « quelque chose ». Ce « quelque chose » est un instant unique sur le signal d'entrée, ou peut-être un instant basé sur une combinaison booléenne des signaux d'entrée (déclenchement selon un « modèle » logique) tout en utilisant plusieurs voies de l'oscilloscope.

La photo-finish d'une course de chevaux est une situation analogue au déclenchement de l'oscilloscope. Même s'il ne s'agit pas d'un événement répétitif, l'obturateur de l'appareil photo doit être synchronisé avec le museau du premier cheval au moment où il franchit la ligne d'arrivée. Prendre des photos de manière aléatoire à un moment de la course entre le départ et l'arrivée reviendrait à afficher des signaux non déclenchés sur un oscilloscope.

Afin de mieux appréhender le déclenchement de l'oscilloscope, réalisons quelques mesures sur l'onde sinusoïdale que nous utilisons depuis le laboratoire 1.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 4 Sélectionnez le signal démo « **Sinusoïde** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 5 Réglez le paramètre V/div de la voie 1 sur **500 mV/div**.
- 6 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **50,00 ns/div**.
- 7 Appuyez sur la touche [**Trigger**] (Déclenchement) du panneau avant.

L'écran de votre oscilloscope devrait maintenant correspondre à [Illustration 12](#). En utilisant ses paramètres de déclenchement par défaut, l'oscilloscope devrait se déclencher sur un front (sélection du type de déclenchement) montant (sélection de la pente) d'une onde sinusoïdale sondée

et capturée par la voie 1 (sélection de la source) au moment où ce signal croise le niveau 0,0 V (réglage du niveau de déclenchement). Cet instant est représenté au centre de l'écran (horizontalement et verticalement) si la commande de la position horizontale est réglée sur 0,0 s (paramètre par défaut). Les données du signal capturées avant le moment du déclenchement (à gauche de l'écran) sont considérées comme des données de temps négatives tandis que les données capturées après le moment du déclenchement (à droite de l'écran) sont considérées comme des données de temps positives.

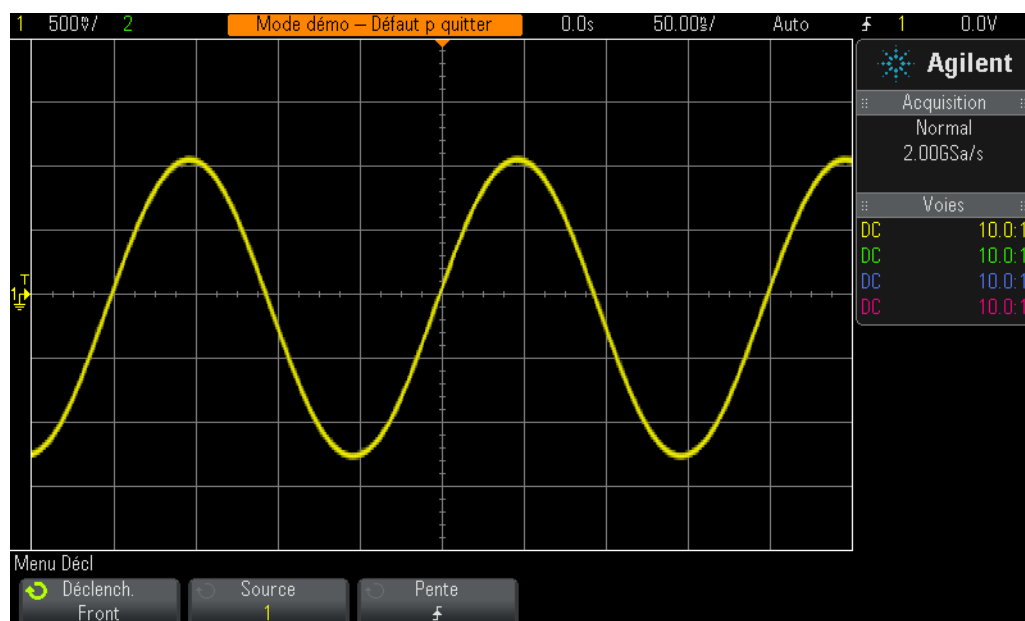


Illustration 12 Déclenchement de l'oscilloscope sur le front montant de la voie 1 à 0,0 volt

Veuillez remarquer que le triangle orange « plein » au sommet de l'écran indique le moment du déclenchement (0,0 s). Si vous réglez le délai/la position horizontale, ce triangle orange s'écartera du centre de l'écran. Le triangle orange « vide » au centre de l'écran (uniquement visible si le délai/la position n'est pas égale à 0,0 s) indique l'emplacement du temps du paramètre du délai lorsque la référence « du centre » par défaut de l'oscilloscope est utilisée.

- 8 Tournez le bouton rotatif du niveau de déclenchement dans le sens des aiguilles d'une montre pour augmenter le paramètre de tension du niveau de déclenchement.
- 9 Tournez le bouton rotatif du niveau de déclenchement dans le sens contraire des aiguilles d'une montre pour diminuer le paramètre de tension du niveau de déclenchement.

Au fur et à mesure que vous augmentez le paramètre de tension du niveau de déclenchement, l'onde sinusoïdale se déplace avec le temps vers la gauche. Si vous diminuez le paramètre de tension du niveau de déclenchement, l'onde sinusoïdale se déplace vers la droite. Lorsque vous tournez d'abord le bouton

rotatif du niveau de déclenchement, un indicateur orange et horizontal du niveau de déclenchement apparaîtra et le paramètre exact de tension de déclenchement s'affichera toujours dans le coin supérieur droit de l'écran de l'oscilloscope. Si vous cessez de tourner le bouton rotatif du niveau de déclenchement, l'indicateur orange du niveau de déclenchement disparaîtra après une temporisation de quelques secondes. Néanmoins, un indicateur jaune du niveau de déclenchement demeurera toujours à l'extérieur de la zone des graticules du signal à gauche pour indiquer l'emplacement du réglage du niveau de déclenchement par rapport au signal.

- 10 Tournez le bouton rotatif du niveau de déclenchement pour régler le niveau de déclenchement sur **500 mV** (1 division au-dessus du centre de l'écran). Veuillez remarquer que la valeur exact du niveau de déclenchement s'affiche dans le coin supérieur droit de l'écran.
- 11 Appuyez sur la touche de fonction **Pente** et sélectionnez ensuite une condition de déclenchement sur front **Descendant**.

L'onde sinusoïdale devrait désormais être inversée de 180° avec le front descendant du signal synchronisé avec le centre de l'écran (voir [Illustration 13](#)).

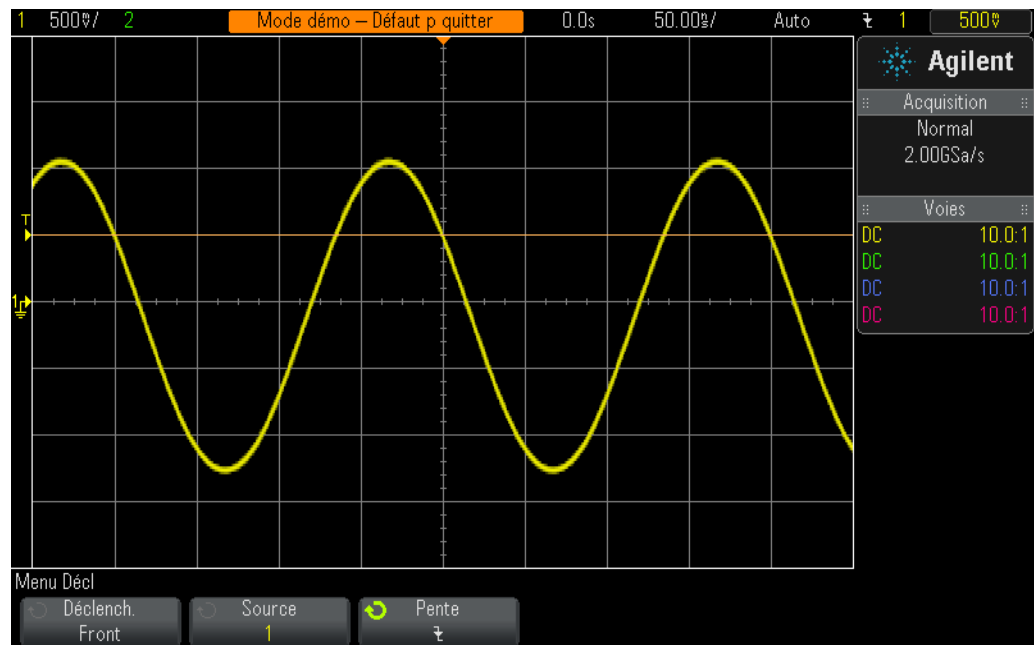


Illustration 13 Déclenchement sur le front descendant de l'onde sinusoïdale à + 500 mV

- 12 Augmentez le paramètre de tension du niveau de déclenchement jusqu'à ce que l'indicateur orange du niveau de déclenchement se trouve au-dessus des crêtes positives de l'onde sinusoïdale (environ +1,5 V).

Lorsque le niveau de déclenchement est réglé au-dessus de l'onde sinusoïdale, l'acquisition et l'affichage de l'oscilloscope (photographie répétitive) ne sont plus synchronisés avec le signal d'entrée étant donné que l'instrument ne peut plus repérer les croisements de front avec ce paramètre de niveau de déclenchement spécifique. L'écran de votre oscilloscope devrait maintenant correspondre à [Illustration 14](#). L'oscilloscope est maintenant en mode « déclenchement auto ».

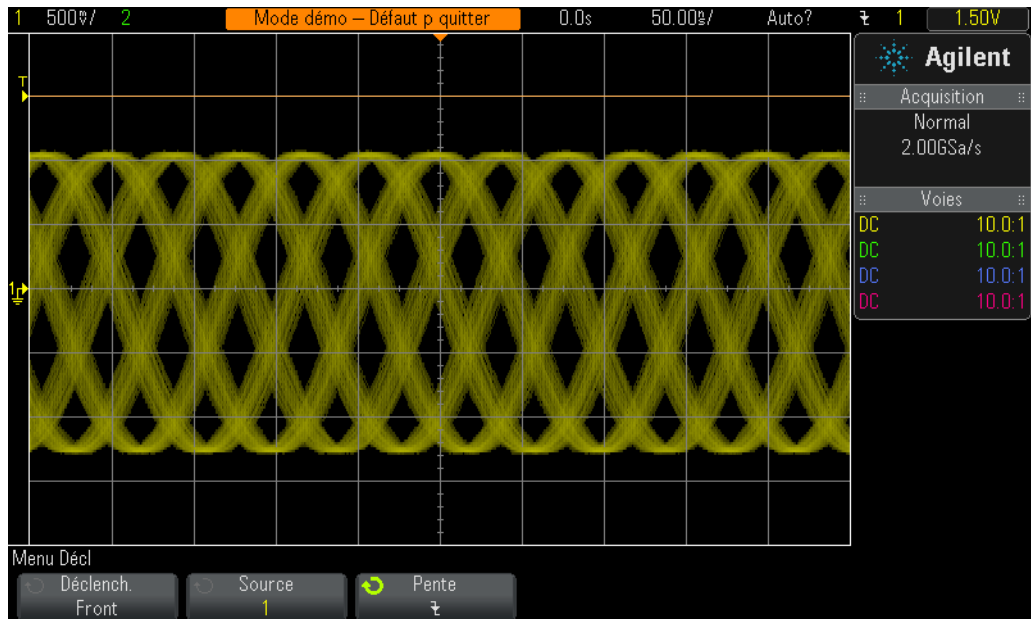


Illustration 14 Déclenchement auto avec le niveau de déclenchement réglé au-dessus du signal d'entrée

Déclench. Auto est le mode de déclenchement par défaut de l'oscilloscope. Lorsque l'oscilloscope utilise le mode **Déclench. Auto**, s'il ne trouve pas de condition de déclenchement valide (croisement des fronts de l'onde sinusoïdale dans ce cas) après une période de temps (le temps varie et dépend du paramètre de la base de temps de l'oscilloscope), il générera alors son propre déclenchement asynchrone et commencera à prendre des images (acquisitions) du signal d'entrée de manière aléatoire. Étant donné que la « photographie » est désormais aléatoire, au lieu d'être synchronisée avec le signal d'entrée, ce sont des signaux « flous » qui apparaissent à l'écran. Ces signaux « flous » devraient nous indiquer que notre oscilloscope ne se déclenche pas sur le signal d'entrée.

13 Appuyez sur le bouton rotatif du niveau de déclenchement pour le régler automatiquement sur 50 % environ.

14 Déconnectez la sonde de la voie 1 de la borne Demo 1.

Lorsque la sonde de la voie 1 est déconnectée de la source de notre signal, un signal de base 0,0 V CC devrait apparaître. Étant donné qu'avec ce signal 0,0 V CC, il n'y a plus de croisements de fronts, et donc l'oscilloscope ne doit plus se déclencher, il active le mode de « déclenchement auto » à nouveau afin de représenter ce signal de niveau CC.

Outre le mode par défaut **Déclench. Auto**, l'oscilloscope est également un autre mode sélectionnable par l'utilisateur dénommé **Déclench. Normal**. Découvrons maintenant en quoi le mode **Déclench. Normal** se distingue du mode **Déclench. Auto**.

- 15 Connectez à nouveau la sonde de la voie 1 à la borne Demo 1. L'onde sinusoïdale déclenchée devrait à nouveau apparaître.
- 16 Appuyez sur la touche [**Mode/Coupling**] (Mode/Couplage) du panneau avant (à droite du bouton rotatif du niveau de déclenchement).
- 17 Tournez le bouton rotatif **Entrée** pour modifier le choix du mode de déclenchement et le faire passer de **Auto** à **Normal**. À ce stade, aucune différence ne devrait apparaître sur le signal affiché.
- 18 Déconnectez à nouveau la sonde de la voie 1 de la borne Demo 1.

La dernière acquisition (la dernière image) effectuée avant la déconnexion de la sonde devrait maintenant apparaître. La trace du niveau 0,0 V CC affichée par le mode **Déclench. Auto** n'apparaît pas. Lorsque le mode **Déclench. Normal** est sélectionné, l'oscilloscope affiche uniquement les signaux *si et seulement si* il détecte des conditions de déclenchement valides (croisements de fronts dans ce cas).

- 19 Tournez le bouton rotatif de déclenchement dans le sens des aiguilles d'une montre afin de régler le niveau de déclenchement sur +1,50 V (au-dessus de l'onde sinusoïdale).
- 20 Connectez à nouveau la sonde de la voie 1 à la borne Demo 1.

L'onde sinusoïdale est désormais connectée et est saisie sur oscilloscope. Mais où l'affichage répétitif de ce signal se trouve-t-il ? Étant donné que nous utilisons le mode de déclenchement **Normal**, l'oscilloscope demande toujours des croisements de fronts valides. Cependant, vu que le niveau de déclenchement est réglé au-dessus du signal (@ +1.50 V), il n'y a aucun croisement de front valide. Comme vous pouvez le constater, avec le mode de déclenchement **Normal**, nous n'avons aucune indication de l'emplacement de notre signal et nous ne pouvons pas mesurer le CC.

- 21 Appuyez sur le bouton rotatif du niveau de déclenchement pour le régler automatiquement sur 50 % environ. Votre oscilloscope devrait recommencer à représenter des signaux.

Sur certains anciens oscilloscopes, le mode de déclenchement **Déclenché** représentait le mode de déclenchement **Normal** actuel. Cette description de ce mode de déclenchement est en fait plus représentative étant donnée qu'avec celui-ci, l'oscilloscope se déclenche uniquement lorsqu'il détecte une condition de déclenchement valide et ne générera aucun déclenchement automatique (déclenchement asynchrone pour générer une photographie asynchrone).

C'est un peu un oxymoron d'utiliser le terme **Normal** pour un mode de déclenchement qui n'est ni le mode « normalement » utilisé ni le mode de déclenchement par défaut de l'oscilloscope. Le mode de déclenchement normalement utilisé est le mode **Auto** et est le mode de déclenchement par défaut de l'instrument.

À ce stade, vous pouvez vous demander quand utiliser le mode de déclenchement **Normal**. Le mode de déclenchement **Normal** devrait être utilisé lorsque l'évènement de déclenchement survient très rarement (en ce compris les événements mono-coup). Par exemple, si vous aviez configuré l'oscilloscope pour qu'il affiche une impulsion très étroite, mais si cette impulsion survient à un taux de 1 Hz (une fois par seconde), si le mode de déclenchement de l'instrument était réglé sur le mode de déclenchement **Auto**, l'instrument générerait de nombreux déclenchements automatiques et asynchrones et ne serait pas en mesure de représenter l'impulsion étroite peu fréquente. De ce cas, vous devriez sélectionner le mode de déclenchement **Normal** afin que l'oscilloscope attende jusqu'à ce qu'il obtienne un évènement de déclenchement valide avant d'afficher les signaux. Nous nous connecterons à un tel signal un peu plus tard au cours du Lab 8 et du Lab 9. Pour l'instant, apprenons-en plus sur le déclenchement sur des signaux bruyants.

Lab 3 : Déclenchement sur des signaux bruyants

Une onde sinusoïdale constitue le type de signal le plus simple sur lequel un oscilloscope se déclenche. Mais dans la réalité, les signaux ne sont pas si simples. Au cours de ce laboratoire, nous apprendrons comment réaliser un déclenchement sur des signaux dans un environnement bruyant (situation réelle) mais aussi comment éliminer le bruit sur des signaux numérisés à l'aide du moyennage des signaux.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 4 À l'aide du bouton rotatif **Entrée**, sélectionnez cette fois le signal « **Sinu. (Bruit)** ». Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 5 Réglez le paramètre V/div de la voie 1 sur **500 mV/div**.
- 6 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **200,0 µs/div**.

Même si la condition de configuration par défaut de l'oscilloscope configure ce dernier pour qu'il se déclenche sur des fronts montants à 0,0 V, il apparaît que l'instrument se déclenche sur les fronts montants et descendants de cette onde sinusoïdale bruyante telle que représenté à [Illustration 15](#). L'oscilloscope se déclenche en fait UNIQUEMENT sur les fronts montants. Cependant, lorsque l'oscilloscope semble se déclencher sur un front descendant de l'onde sinusoïdale, il se déclenche en fait sur le front montant du bruit aléatoire qui dépend de l'onde sinusoïdale.

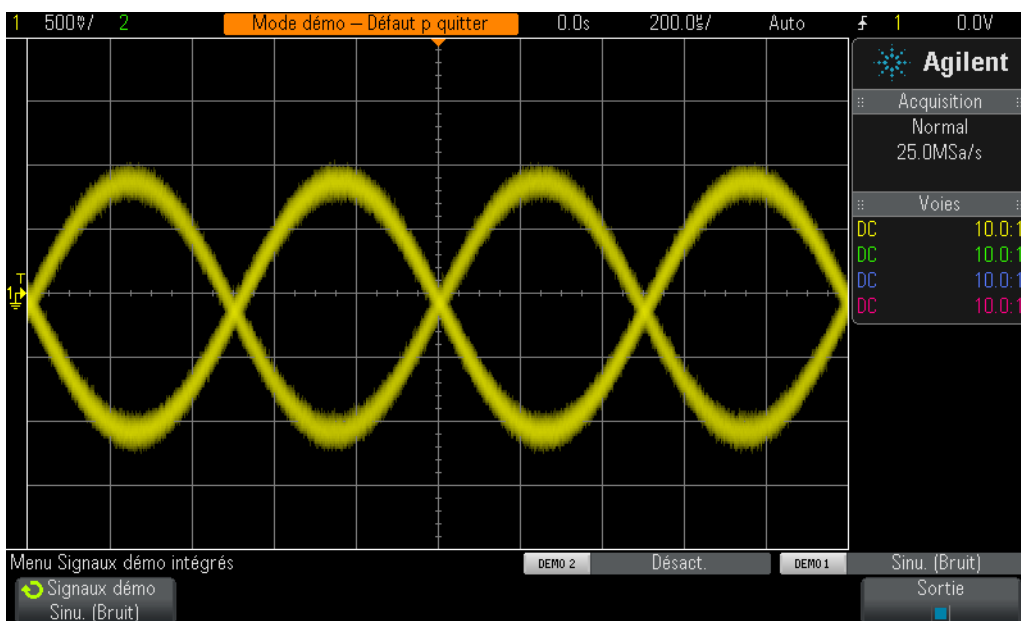


Illustration 15 Tentative de déclenchement sur des signaux dans un environnement bruyant

7 Vérifiez que l'oscilloscope se déclenche sur le front montant du bruit en réglant la base de temps sur **200,0 ns/div**.

8 Réglez à nouveau la base de temps de l'oscilloscope sur **200,0 µs/div**.

Comment pouvons-nous faire en sorte que l'oscilloscope se déclenche lors d'événements qui sont uniquement identiques au front montant de l'onde sinusoïdale (sans bruit) ? Apprenons-en plus maintenant sur les options de couplage du déclenchement sélectionnables par l'utilisateur.

9 Appuyez sur la touche **[Mode/Couplage]** (Mode/Couplage) du panneau avant (à proximité du bouton rotatif du niveau de déclenchement).

10 Appuyez sur la touche de fonction **Réject HF** pour activer un filtre de « réjection des hautes fréquences ».

Le signal d'entrée sur l'oscilloscope est en fait divisé et envoyé sur deux chemins analogiques différents à l'intérieur de l'instrument. Le signal empruntant un chemin est capturé par le système d'acquisition de l'oscilloscope (système de photographie). Un signal identique est envoyé sur un chemin séparé afin d'être traité par le circuit de déclenchement analogique de l'oscilloscope. (Reportez-vous au schéma de principe de l'oscilloscope de l'Annexe A.) Lorsque **Réject HF** a été sélectionné, le signal traité par le circuit de déclenchement analogique de l'instrument passe d'abord par un filtre passe-bas 50 kHz. Étant donné que le bruit se compose d'un large spectre de fréquences, notamment des éléments de haute fréquence, le circuit de déclenchement « analyse » alors une onde sinusoïdale dont la plupart des bruits ont été supprimés/atténués, alors que le signal envoyé sur le chemin d'acquisition est laissé intact (les bruits sont conservés). De cette manière,

nous voyons le bruit, représenté à [Illustration 16](#), mais le circuit de déclenchement de l'oscilloscope ne le voit pas. Il existe cependant certaines limites.

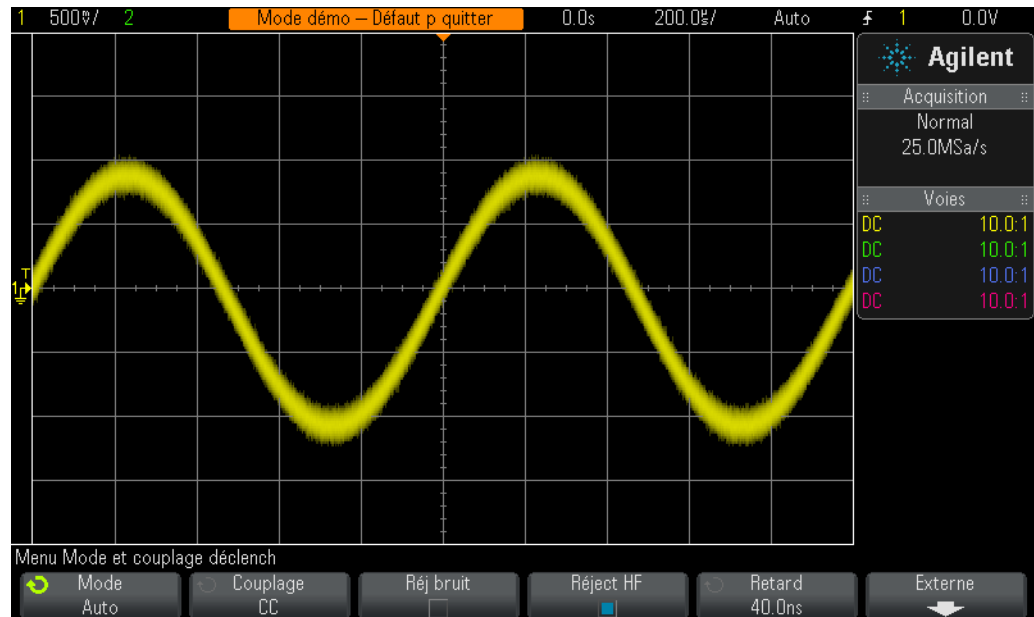


Illustration 16 Déclenchement sur une onde sinusoïdale bruyante à l'aide de la Réjection HF

Étant donné que le filtre **Réject HF** se base sur un filtre matériel passe-bas fixe de 50 kHz, il ne peut pas être utilisé sur des signaux de hautes fréquences. Ce filtre passe-bas de 50 kHz n'a aucune influence sur le signal démo de l'onde sinusoïdale 1 kHz. Cependant, si nous essayons d'utiliser le déclenchement **Réject HF** sur une onde sinusoïdale bruyante de 20 MHz, le filtre de 50 kHz « tue » le bruit et l'onde sinusoïdale fondamentale de 20 MHz, ce qui rend impossible tout déclenchement. Nous avons néanmoins deux options.

- 11 Appuyez à nouveau sur la touche de fonction **Réject HF** pour la désactiver. L'oscilloscope devrait se déclencher sur le front montant et descendant de l'onde sinusoïdale.
- 12 Appuyez sur la touche de fonction **Réj bruit** pour activer un filtre de « réjection du bruit ».

Le filtre **Réj Bruit** ne se base pas sur la fréquence mais sur l'amplitude. Même si nous avons parlé d'un niveau de déclenchement unique, un signal doit en réalité traverser deux niveaux afin d'être considéré comme un déclenchement valide. Cela s'appelle « l'hystérésis de déclenchement », parfois dénommée « sensibilité de déclenchement ». La sensibilité de déclenchement par défaut de la plupart des oscilloscopes est de 0,5 division. Cela signifie que les signaux d'entrée doivent osciller au moins 0,5 division crête à crête pour être considérés comme des conditions valides de déclenchement. Mais cela signifie également que les oscilloscopes se déclencheront sur du bruit si ce bruit dépasse environ 0,5 division crête à crête. Lorsque **Réj bruit** est sélectionné, l'hystérésis de l'oscilloscope augmente à environ 1,0 division crête à crête. Concernant cette onde sinusoïdale bruyante spécifique, une hystérésis de déclenchement à 1,0 division résout notre problème la plupart du temps. Vous remarquez un certain « scintillement » sur l'écran de l'oscilloscope. Cela signifie que l'hystérésis à 1,0 division n'est pas suffisante. L'utilisation de la fonction de suppression du déclenchement de l'oscilloscope constitue une autre solution dont nous parlerons au cours du laboratoire 7.

Avant de commencer à réaliser des mesures sur cette onde sinusoïdale avec le bruit, et si nous souhaitons afficher et réaliser des mesures sur cette onde sinusoïdale mais sans bruit aléatoire ?

- 13 Appuyez sur la touche de fonction **Réject HF**. Le filtre de réjection des hautes fréquences ainsi que le filtre de réjection du bruit devrait être activés pour nous fournir un déclenchement très stable.
- 14 Appuyez sur la touche **[Acquire]** (Acquérir) dans la section Waveform (Signal) du panneau avant (juste en dessous du bouton rotatif Cursors).
- 15 Tournez le bouton rotatif **Entrée** pour modifier le choix du mode de déclenchement et le faire passer de **Normal** à **Moyennage**.

2 Oscilloscope de base et laboratoires de mesure WaveGen

Lorsque le mode d'acquisition **Moyennage** a été sélectionné, les moyennes de l'oscilloscope multiplient les acquisitions de signaux. Si le bruit dépendant du signal est aléatoire, nous ferons la moyenne du composant du bruit afin de pouvoir réaliser des mesures plus précises sur le composant fondamental du signal uniquement (voir [Illustration 17](#)).

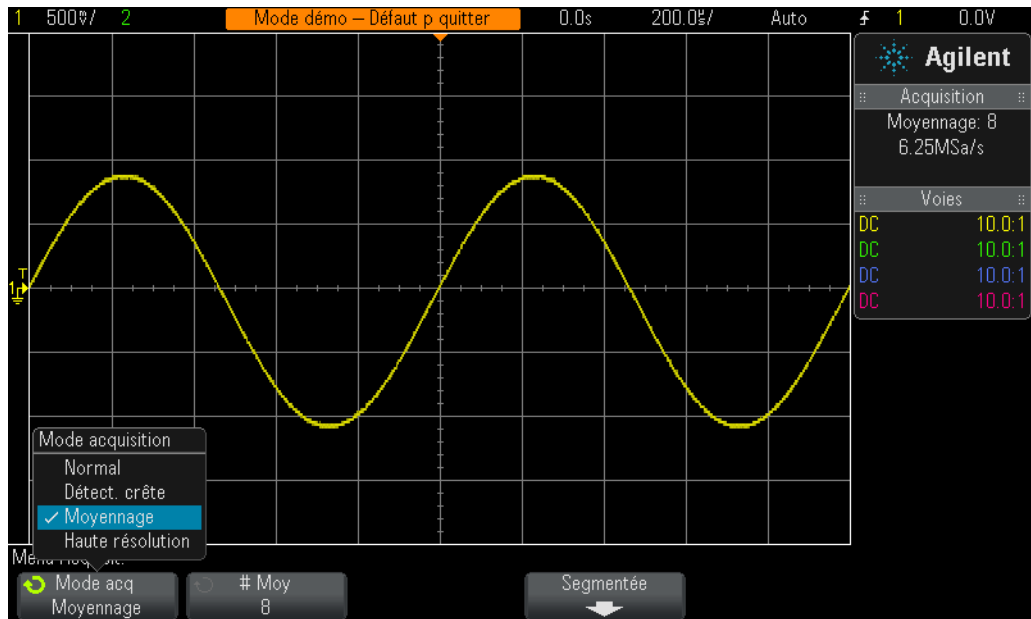


Illustration 17 Utilisation du mode d'acquisition Moyennage de l'oscilloscope afin d'éliminer le bruit

16 L'utilisation des techniques de mesure apprises au cours de laboratoire 1 détermine ce qui suit :

Période = _____

Fréq = _____

Vp-p = _____

Lab 4 : Documenter et sauvegarder les résultats de test de l'oscilloscope

Lorsque vous réalisez vos différents circuits en laboratoire, votre professeur peut vous demander de rédiger un rapport de test. Il peut vous demander d'inclure des images (photos) de vos mesures dans votre rapport de laboratoire. En outre, si vous ne pouvez pas achever une tâche de laboratoire lors d'une session, vous souhaitez peut-être continuer le test à un moment ultérieur. Ce serait fantastique de pouvoir recommencer là où vous vous êtes arrêté sans devoir configurer à nouveau votre oscilloscope ou éventuellement réaliser de nouvelles acquisitions de signaux. Au cours de ce laboratoire, vous apprendrez comment sauvegarder et rappeler différents types de fichiers de l'oscilloscope, en ce compris des images, des signaux de référence et des configurations. Pour ce laboratoire, vous devez avoir accès à un périphérique de mémoire USB.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 4 Sélectionnez le signal « **Sinusoïde** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 5 Réglez le paramètre V/div de la voie 1 sur **500 mV/div**.
- 6 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **100 ns/div**.

À ce stade, vous devriez voir cinq cycles d'une onde sinusoïdale (voir [Illustration 18](#)). Sauvegardons maintenant cette image (photo), le signal et la configuration.

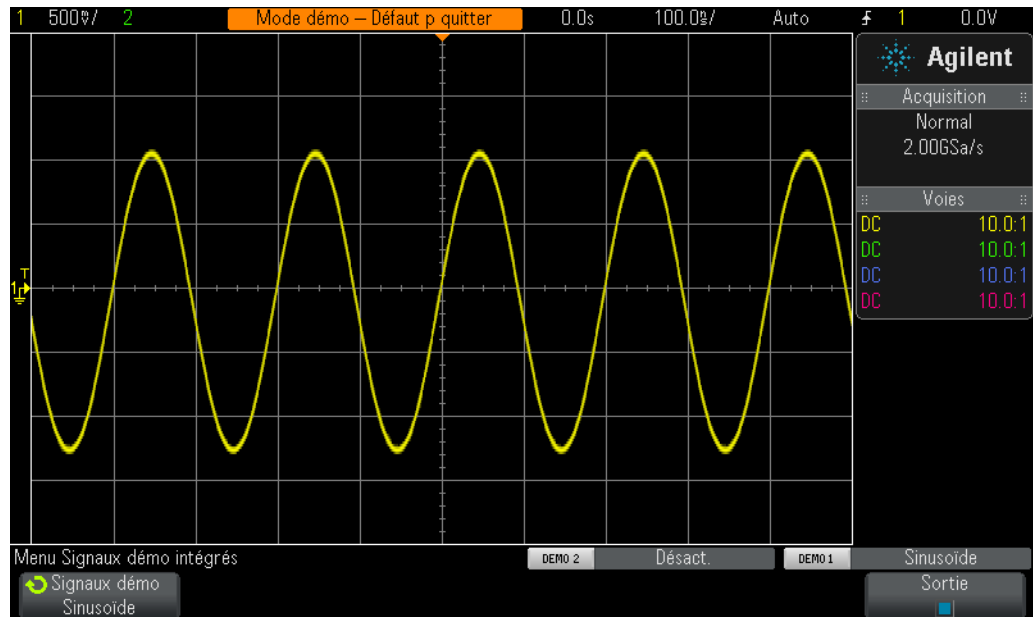


Illustration 18 Cinq cycles d'une onde sinusoïdale que nous souhaitons sauvegarder pour une documentation et une analyse ultérieure

- 7 Insérez votre périphérique de mémoire USB individuel dans le port USB du panneau avant de l'oscilloscope.
- 8 Appuyez sur la touche [**Save/Recala**] (Sauvegarder/Rappeler) dans la section File (Fichier) du panneau avant en dessous du bouton rotatif Cursors.
- 9 Appuyez sur la touche de fonction **Enregistrer** et ensuite sur **Format**.
- 10 Au moyen du bouton rotatif **Entrée**, sélectionnez **PNG 24-bit image (*.png)**.
- 11 Appuyez sur la touche de fonction **Enreg. ss** (ou éventuellement sur **Appuyer pour aller**). Sélectionnez ensuite **\usb** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.
- 12 Appuyez sur la touche de fonction **Nom Fichier** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** et donnez un nom à ce fichier. Pour l'instant, appelons-le « test ».
- 13 Lorsque vous tournez le bouton rotatif d'entrée générale, une chaîne alphanumérique apparaîtra. Composez simplement la première lettre, « t » dans ce cas et appuyez ensuite sur la touche **Enter** ou appuyez sur la bouton rotatif **Entrée**.
- 14 Répétez l'étape 13 pour chaque caractère restant de ce nom de fichier.
- 15 Appuyez sur la touche de fonction **Supprimer** pour supprimer tous les caractères restants de nom du fichier par défaut.

16 Appuyez sur la touche de fonction **Incrément** pour désactiver l'incrément automatique (la case devrait être noire). Veuillez remarquer que si l'incrément automatique est activé, l'oscilloscope incrémentera automatiquement un numéro associé au nom du fichier. Cette fonction peut s'avérer utile si vous souhaitez sauvegarder plusieurs images sans devoir saisir à nouveau manuellement les différents noms de fichiers entre chaque opération de sauvegarde.

17 Appuyez sur la touche de fonction **Appuyer pour enregistrer**.

Votre périphérique de mémoire USB devrait maintenant contenir une image de l'écran de l'oscilloscope semblable à [Illustration 18](#). Le nom du fichier devrait être « test.png ». Vous pouvez ouvrir ce fichier ou l'insérer plus tard dans un document Microsoft Word pour vous assurer qu'il est bien là. Sauvegardons maintenant la configuration de l'oscilloscope.

18 Appuyez sur la touche [**Save/Recall**] du panneau avant.

19 Appuyez sur la touche de fonction **Enregistrer** et ensuite sur **Format**.

20 Au moyen du bouton rotatif **Entrée**, sélectionnez **Config (*.scp)**.

21 Appuyez sur la touche de fonction **Enreg. ss** (ou éventuellement sur **Appuyer sur aller** ou **Emplacement**).

22 Sélectionnez **\usb** au moyen du bouton rotatif **Entrée** et appuyez ensuite sur le bouton **Entrée**.

23 Appuyez sur la touche de fonction **Nom Fichier**. Vous constaterez que le nom de fichier que vous avez entré précédemment est devenu le nouveau nom de fichier par défaut. Vu que le format du fichier de « configuration » utilise une extension différente, vous pouvez utiliser le même nom de fichier.

24 Appuyez sur la touche de fonction **Appuyer pour enregistrer**.

Votre périphérique de mémoire USB devrait maintenant contenir le fichier dénommé « test.scp » qui renferme la configuration actuelle de l'instrument. Nous rappellerons cette configuration ultérieurement. Veuillez noter que vous pouvez également sauvegarder les configurations sur un des registres de la mémoire flash interne de l'oscilloscope. Cependant, un de vos camarades qui utilise l'instrument après vous pourrait remplacer ce registre de mémoire par sa configuration. Étant donné que vous partagez l'instrument, il est donc toujours conseillé de prendre l'habitude de sauvegarder les configurations ou les signaux de l'oscilloscope à l'aide de votre propre périphérique de mémoire. Sauvegardons maintenant un fichier de données du signal de référence.

25 Appuyez sur la touche [**Save/Recall**] du panneau avant.

26 Appuyez sur la touche de fonction **Enregistrer** et ensuite sur **Format**.

27 Au moyen du bouton rotatif **Entrée**, sélectionnez **Fichier de données du signal de référence (*.h5)**.

28 Appuyez sur la touche de fonction **Enreg. ss** (ou éventuellement sur **Appuyer sur aller**).

- 29 Sélectionnez **\usb** au moyen du bouton rotatif **Entrée** et appuyez ensuite sur le bouton **Entrée**.
- 30 Appuyez sur la touche de fonction **Nom Fichier**. À nouveau, nous ne devons pas définir un nouveau nom étant donné que ce format de fichier aura également une extension unique (test.h5).
- 31 Appuyez sur la touche de fonction **Appuyer pour enregistrer**.

Veillez remarquer que lorsque nous avons enregistré le type de fichier .png auparavant, il s'agissant simplement d'une mappe de pixels de l'écran de l'oscilloscope. Ce type de fichier ne peut pas être rappelé sur l'instrument et il est impossible de réaliser des mesures sur les données stockées sur celui-ci. Ce type de fichier, tout comme le type de fichier .bmp, est principalement utilisé à des fins de documentation, pour une inclusion dans vos rapports de laboratoire par exemple. Toutefois, le fichier de données du « signal de référence » (.h5) que nous venons de sauvegarder enregistre les données de tension par rapport au temps telles que les paires X-Y. Ce type de fichier peut être rappelé sur l'oscilloscope pour une analyse ultérieure. Vous pouvez également le rappeler sur de nombreuses applications informatiques afin de procéder à une analyse hors ligne plus complète.

Après avoir sauvegardé la configuration de l'oscilloscope ainsi que le signal (4 cycles d'une onde sinusoïdale), essayons de rappeler ces fichiers. Nous commencerons tout d'abord par une configuration par défaut afin de détruire la configuration et le signal actuels affichés à l'écran.

- 32 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut).
- 33 Appuyez sur [**Save/Recall**] (Sauvegarder/Rappeler).
- 34 Appuyez sur la touche de fonction **Rappeler** et ensuite sur la touche suivante **Rappeler**.
- 35 Sélectionnez **Config.** comme type de fichier pour effectuer le rappel à l'aide du bouton rotatif **Entrée**.
- 36 Appuyez sur la touche de fonction **Emplacement** (ou éventuellement sur **Appuyer pour aller** ou **Charger de**). Sélectionnez ensuite « **test** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**.
- 37 Appuyez sur la touche de fonction **Appuyer pour rappeler** ou sur le bouton **Entrée**.

Nous devrions avoir restauré la configuration précédente de l'instrument. Cependant, l'oscilloscope NE sauvegarde PAS le statut des signaux démo. À ce stade, l'unique signal affiché est un signal de base (0.0 V) vu qu'aucun signal n'est présent à l'entrée de nos sondes. Rappelons maintenant le signal sauvegardé précédemment.

- 38 Appuyez sur la touche de fonction **Rappeler** et sélectionnez ensuite **Données du signal de référence (*.h5)** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.

- 39 Appuyez sur la touche de fonction **Charger de** (ou éventuellement sur **Appuyer pour aller** ou **Emplacement**). Sélectionnez ensuite « **test** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**.
- 40 Appuyez sur la touche de fonction **Appuyer pour rappeler** ou sur le bouton **Entrée**.

La version sauvegardée de notre onde sinusoïdale devrait maintenant s'afficher (avec le signal de base 0.0 V) au moyen de la configuration précédente (voir [Illustration 19](#)). À ce stade, vous pouvez modifier la configuration si vous le désirez et également continuer à réaliser des mesures sur ce signal sauvegardé. Veuillez remarquer que vous pouvez retirer votre périphérique de mémoire USB à tout instant après avoir sauvegarder/rappeler vos données.

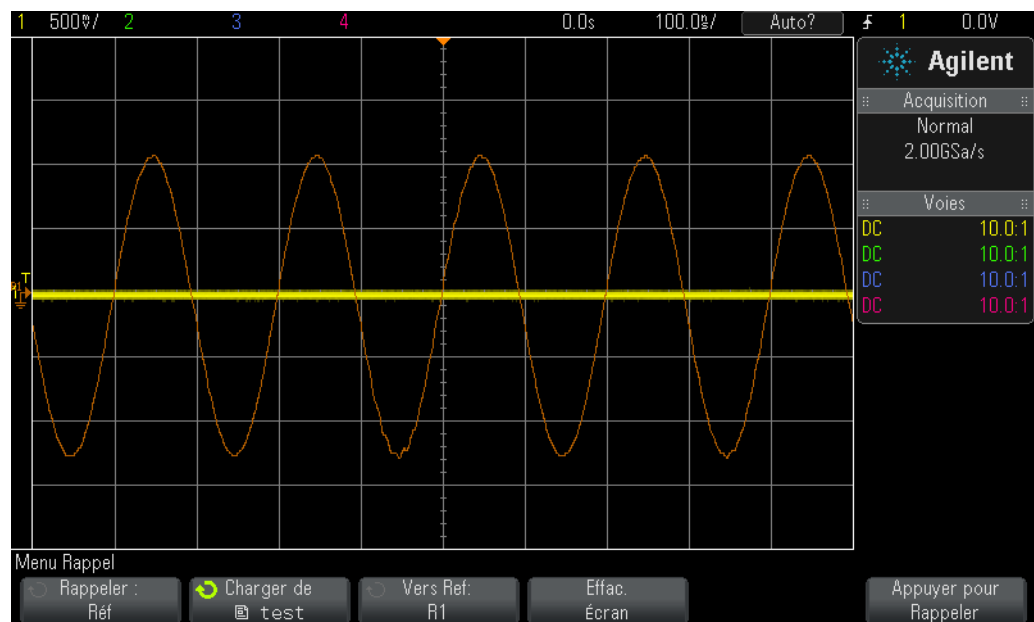


Illustration 19 Rappel de la configuration et du signal de l'oscilloscope

Lab 5 : Compensation de vos sondes passives 10:1

Après avoir terminé les quatre premiers laboratoires de ce guide de formation sur l'oscilloscope et après vous être familiarisé à l'utilisation de l'instrument afin de réaliser des mesures basiques de tension et de temps, revenons une étape en arrière et intéressons-nous à nouveau aux sondes. Dans la section [Mise en route](#) de ce guide, nous avons brièvement abordé les sondes et avons présenté le modèle d'entrée électrique de l'association d'une sonde passive 10:1 et de l'entrée de l'oscilloscope. Ce modèle électrique de la sonde et de l'oscilloscope est à nouveau présenté ici (voir [Illustration 20](#)).

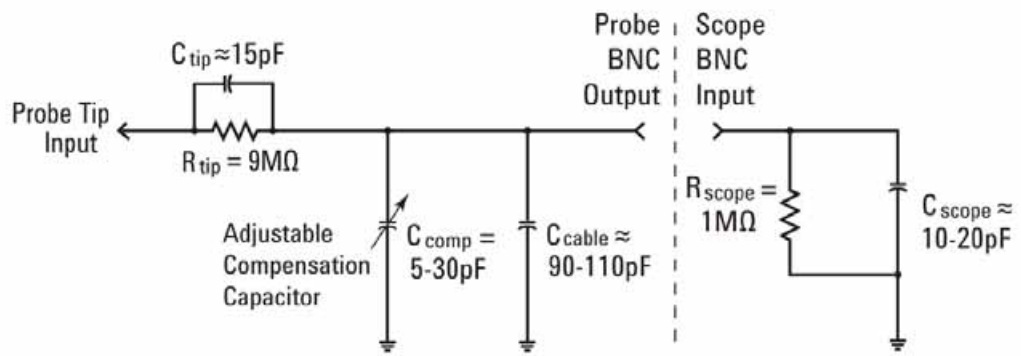


Illustration 20 Schéma de principe simplifié d'une sonde passive 10:1 connectée à l'impédance d'entrée $1\text{M}\Omega$ de l'instrument

Si vous vous souvenez, nous avons appris à ignorer les composants capacitifs de ce modèle électrique et à prendre uniquement en compte les éléments résistifs. Lorsque nous avons analysé uniquement les composants résistifs, nous avons déterminé que l'association de la résistance $9\text{M}\Omega$ de la pointe de la sonde et l'impédance d'entrée $1\text{M}\Omega$ de l'oscilloscope a formé un ratio tension/diviseur de 10 sur 1. En ce qui concerne les applications basses fréquences ou CC, il convient d'ignorer les éléments capacitifs. Cependant, si vous devez effectuer une mesure des signaux dynamiques, la principale application de mesure des oscilloscopes, les éléments capacitifs de ce modèle électrique ne peuvent pas être ignorés.

Les capacités parasites sont inhérentes à toutes les sondes et toutes les entrées des oscilloscopes. Elles incluent la capacité du câble de la sonde (C_{cable}) ainsi que la capacité de l'entrée de l'oscilloscope ($C_{oscilloscope}$). Les termes « inhérent/parasite » signifient simplement que ces éléments du modèle électrique ne sont pas intégrés de manière intentionnelle et représentent simplement des faits malencontreux d'une situation réelle de l'électronique. La quantité de capacité inhérent/parasite variera d'un oscilloscope à l'autre et d'une sonde à l'autre. Sans les éléments capacitifs intégrés supplémentaires destinés à compenser les éléments capacitifs

inhérents du système, la réactance du système dans des conditions de signaux dynamiques (non cc) peut modifier l'atténuation dynamique globale du système des sondes en une chose différente du taux 10:1 souhaité. Le but du condensateur supplémentaire/intégré de la pointe de la sonde (C_{pointe}) et du condensateur ajustable de compensation (C_{comp}) est d'établir une atténuation de la réactance capacitive qui correspond à l'atténuation résistive de 10:1. Lorsque le condensateur de compensation est correctement ajusté, il garantit que la constante de temps de la capacité de la pointe de la sonde en parallèle avec la résistance $9\text{ M}\Omega$ correspond à la constante de temps des capacités inhérentes et de compensation en parallèle avec la résistance d'entrée $1\text{ M}\Omega$ de l'oscilloscope.

Plutôt que d'exposer longuement la théorie, connectons un signal et observons les conséquences d'un sous-compensation, d'une surcompensation et d'une compensation correcte. Soyez néanmoins averti que nous connecterons notre sonde voie 1 à une borne différente de celle des laboratoires précédents.

- 1 Connectez **les deux** sondes de votre oscilloscope à la borne dénommée **Comp sonde**. Veuillez noter qu'il s'agit de la borne également dénommée **Demo2**.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Réglez la voie 1 sur **1,0 V/div**.
- 4 Réglez la position/le décalage de la voie 1 sur **0,0 V** (paramètre par défaut).
- 5 Appuyez sur le bouton rotatif du niveau de déclenchement pour régler le niveau de déclenchement à environ **50%** sur la voie 1.
- 6 Appuyez sur la touche [**2**] du panneau avant pour activer la voie 2.
- 7 Réglez la voie 2 sur **1,0 V/div**.
- 8 Réglez la position/le décalage de la voie 2 sur **+3,5 V**.
- 9 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **200,0 $\mu\text{s}/\text{div}$** .

2 Oscilloscope de base et laboratoires de mesure WaveGen

Si vos sondes sont correctement compensées, deux ondes carrées 1 kHz avec une réponse très uniforme devraient apparaître sur l'écran de votre oscilloscope (voir [Illustration 21](#)). Ajustons maintenant la compensation sur chaque sonde.

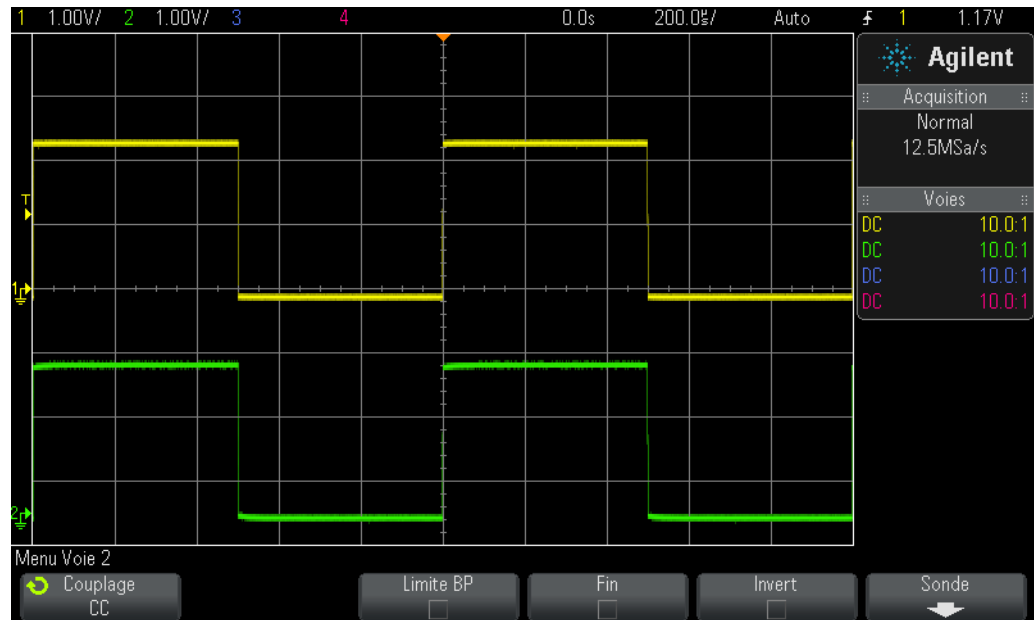


Illustration 21 Utilisation du signal de compensation des sondes 1 kHz de l'oscilloscope pour compenser les sondes passives 10:1

- 10 À l'aide d'un petit tournevis pour écrous à fente, ajustez le condensateur variable situé sur chaque sonde. Veuillez remarquer que cet ajustement est parfois réalisé à l'extrémité de connexion BNC de certaines sondes.

Illustration 22 présente un exemple de surcompensation de la sonde de la voie 1 (signal jaune) et un exemple de sous-compensation de la sonde de la voie 2 (signal vert). Si aucune onde carrée quasi parfaite ne s'affiche, vous devez alors ajuster à nouveau la compensation de vos sondes jusqu'à ce que les signaux de votre oscilloscope soient semblables à **Illustration 21**.

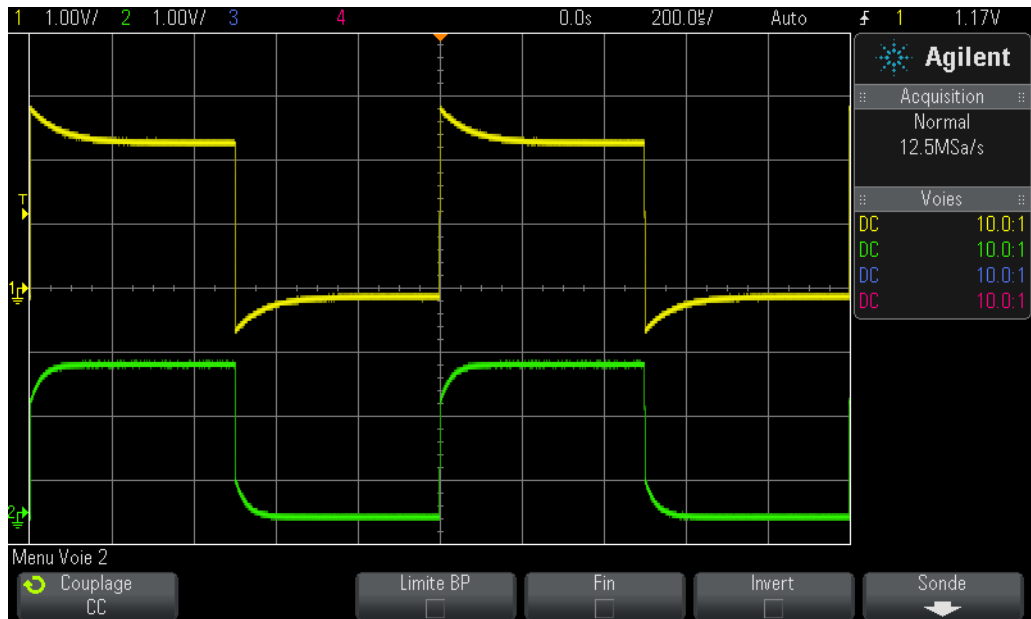


Illustration 22 Compensation incorrect des sondes

Après avoir ajusté correctement les sondes et aussi longtemps que vous continuez à les utiliser sur cet oscilloscope, vous ne devriez pas les réajuster lors de la prochaine utilisation de l'instrument.

À ce stade, vous avez terminé la partie pratique de ce laboratoire. Si vous manquez de temps et que vous devez terminer le dernier laboratoire de ce chapitre, passez alors au laboratoire 6 et lisez ensuite plus tard le contenu du reste de ce laboratoire.

Calcul de la quantité correcte de compensation capacitive

Si vous êtes prêt pour relever un défi, calculez à l'aide des hypothèses suivantes la quantité de capacité de compensation (C_{comp}) nécessaire pour une compensation correcte :

$$R_{\text{pointe}} = 9 \text{ M}\Omega$$

$$R_{\text{oscilloscope}} = 1 \text{ M}\Omega$$

$$C_{\text{oscilloscope}} = 15 \text{ pF}$$

$$C_{\text{câble}} = 100 \text{ pF}$$

$$C_{\text{pointe}} = 15 \text{ pF}$$

$$C_{\text{parallèle}} = C_{\text{oscilloscope}} + C_{\text{câble}} + C_{\text{comp}}$$

$$C_{\text{comp}} = ?$$

Afin de calculer la quantité nécessaire de capacité de compensation (C_{comp}), la méthode la plus simple est de mettre en équation la constante de temps ($1/RC$) de la combinaison parallèle de R_{pointe} et C_{pointe} avec la constante de temps de la combinaison parallèle de $R_{\text{oscilloscope}}$ et $C_{\text{parallèle}}$:

$$\frac{1}{R_{\text{pointe}} \times C_{\text{pointe}}} = \frac{1}{R_{\text{oscilloscope}} \times C_{\text{parallèle}}}$$

Rappelez-vous que $C_{\text{parallèle}}$ est la combinaison de trois éléments capacitifs du modèle sonde/oscilloscope.

Une autre méthode de calcul reviendrait à mettre en équation 9X la réactance capacitive de $C_{\text{parallèle}}$ avec 1X la réactance capacitive de C_{pointe} . Cette méthode déterminera le même facteur d'atténuation créé par les réactances capacitives que le facteur d'atténuation créé par le réseau uniquement résistif (10:1) :

$$\frac{1}{2\pi f C_{\text{pointe}}} = 9 \times \frac{1}{2\pi f C_{\text{parallèle}}}$$

$$C_{\text{comp}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Charge de sonde

Outre la compensation correcte de vos sondes passives 10:1 en vue d'obtenir les mesures les plus précises possibles, il convient de tenir compte du phénomène de charge de sonde. En d'autres termes, la connexion de la sonde et de l'oscilloscope au dispositif sous mesures modifie-t-elle le comportement de votre circuit ? Lorsque vous connectez un instrument quelconque à votre circuit, l'instrument proprement dit s'intègre au dispositif et peut, dans une certaine mesure, « charger » ou modifier le comportement de vos signaux. Si nous utilisons les valeurs données de résistance et de capacité reprises ci-dessous (avec la valeur de C_{comp} que vous avez calculée), nous pouvons modéliser les conséquences de la charge sur la sonde et l'oscilloscope en tant que combinaison parallèle d'une résistance et d'un condensateur (voir [Illustration 23](#)).

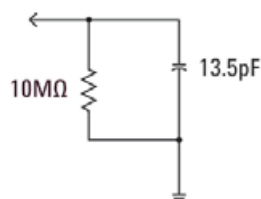


Illustration 23 modèle de charge de la sonde passive 10:1 et de l'oscilloscope

En ce qui concerne les applications de basses fréquences ou cc, la charge est dominée par la résistance 10 MΩ, ce qui ne devrait pas constituer un problème dans la plupart des cas. Et si vous utilisez les sondes sur un signal d'horloge numérique 100 MHz ? La 5e harmonique de cette horloge numérique, qui est un composant important dans la création de la forme de ce signal, serait 500 MHz. Calculez maintenant la réactance créée par la capacité 13,5 pF du modèle de charge présenté à la [Illustration 23](#) :

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 500 \times 10^6 \times 13,5 \times 10^{-12}} = 23,6\Omega$$

Même si 13,5 pF ne semblent pas beaucoup, cette quantité de capacité de charge peut être importante à des fréquences plus élevées. En ce qui concerne les applications à des fréquences plus élevées telles que celle-ci, la plupart des vendeurs d'oscilloscope fournissent des sondes actives en option qui ont des capacités d'entrée considérablement plus petites (sous pF). Cependant, ces types de sondes spéciales sont considérablement plus chers que la sonde passive 10:1 classique.

Enfin, soyez conscient du fait que les modèles sonde + oscilloscope présentés dans ce laboratoire sont très simplifiés. Des modèles plus précis incluraient également des éléments inductifs. Le câble, notamment votre fil de masse, devrait être considéré comme un élément inductif, en particulier pour des applications de hautes fréquences.

Lab 6 : Utilisation du générateur de fonction intégré WaveGen

Outre les oscilloscopes, vous utiliserez un large éventail d'équipements de test lors de vos différents laboratoires, notamment des alimentations, des multimètres numériques et des générateurs de fonction. Les générateurs de fonction peuvent produire une large gamme de types/formes différentes de signaux que vous utiliserez comme entrées dynamiques sur vos conceptions de circuit et lors de vos expériences. Les oscilloscopes InfiniiVision 2000 et 3000 X-Series d'Agilent ont un générateur de fonction intégré dénommé WaveGen. Afin de réaliser ce court laboratoire, il faut que votre université ait acheté cette option sur l'oscilloscope que vous utilisez. Si vous ne savez pas si la licence du générateur de fonction a été octroyée et activée, appuyez sur la touche **[Wave Gen]** du panneau avant. Si cette option est active, le menu du WaveGen apparaîtra. Cette option n'est pas active, vous verrez alors un message sur l'écran indiquant que la licence de cette option n'a pas encore été octroyée. Dans l'hypothèse où votre oscilloscope possède l'option WaveGen, débutons ce court laboratoire par l'apprentissage de l'utilisation d'un générateur de fonction universel.

- 1 Déconnectez toutes les sondes de l'oscilloscope.
- 2 Connectez à un câble BNC coaxial 50 Ω entre la sortie du générateur (à côté de l'interrupteur d'alimentation) et le BNC d'entrée voie 1.
- 3 Appuyez sur **[Default Setup]** (Configuration par défaut).
- 4 Si vous utilisez un oscilloscope Agilent 2000 X-Series, vous devrez régler manuellement le facteur d'atténuation de la sonde de la voie 1 sur 1:1. Appuyez sur la touche **[1]** du panneau avant et ensuite sur la touche de fonction **Sonde**. Appuyez sur la nouvelle touche de fonction **Sonde** et tournez le bouton rotatif **Entrée** pour régler le facteur d'atténuation sur **1.00:1**.
- 5 Appuyez sur la touche **[WaveGen]** du panneau avant (juste au-dessus du bouton rotatif V/div de la voie 1).
- 6 Appuyez sur la touche de fonction **Param.** et ensuite sur la touche **Wave Gen par défaut**.

Veillez remarquer que **[Default Setup]** (Configuration par défaut) de l'oscilloscope NE modifie PAS les paramètres du WaveGen. Pour nous assurer que nous commençons tous au même point de départ, nous devons également prendre les paramètres par défaut du générateur.

- 7 Appuyez sur la touche **[WaveGen]** du panneau avant.
- 8 Réglez le paramètre V/div de la voie 1 sur **100 mV/div**.
- 9 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **100.0 μ s/div** (paramètre par défaut).

Un cycle d'une onde sinusoïdale devrait maintenant apparaître sur l'oscilloscope (voir [Illustration 24](#)). Une onde sinusoïdale 1,000 kHz avec une amplitude crête à crête de 500 mV constitue le signal par défaut du WaveGen. Procédons maintenant à quelques modifications sur le signal.

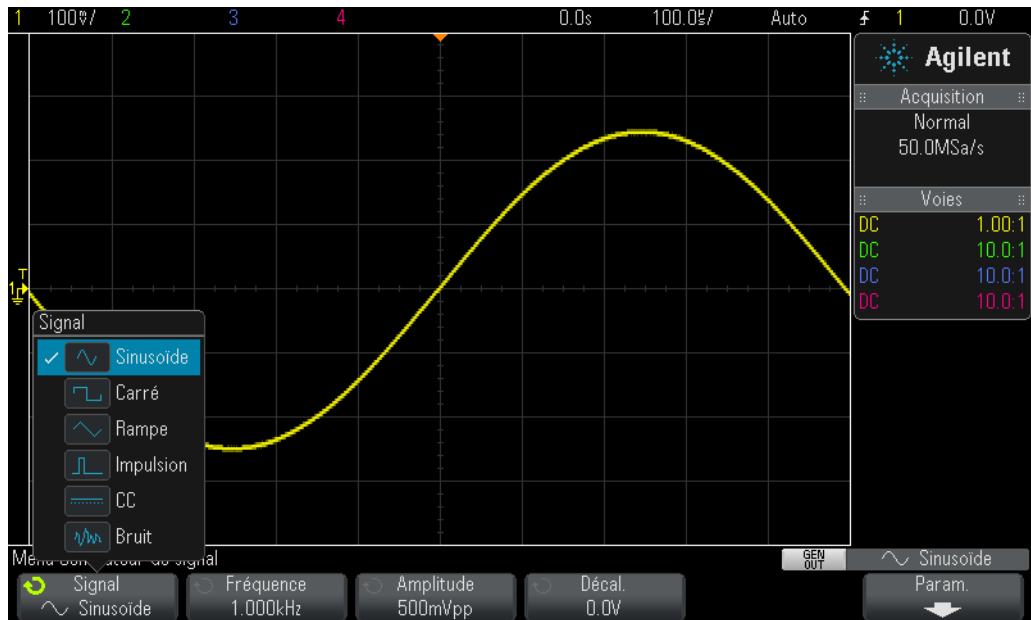
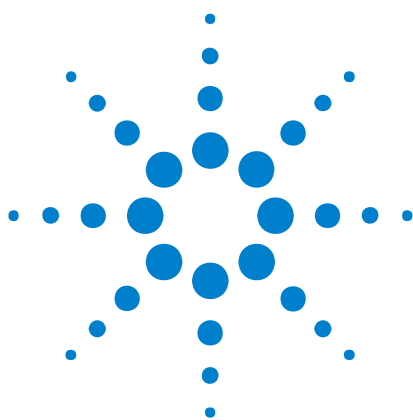


Illustration 24 Utilisation du générateur de fonction intégré WaveGen de l'oscilloscope

- 10 Appuyez sur la touche de fonction **Fréquence** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour augmenter ou diminuer la fréquence. Veuillez noter que le paramètre de fréquence maximum est 20,00 MHz.
- 11 Appuyez sur la touche de fonction **Amplitude** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour modifier l'amplitude de ce signal.
- 12 Appuyez sur la touche de fonction **Décal.** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour modifier le décalage de ce signal.
- 13 Appuyez sur la touche de fonction **Signal** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour sélectionner les différents signaux.

Veuillez remarquer que **Carré** a été sélectionné, vous pouvez également régler le **Rapport cyclique**. Lorsque **Impulsion** a été sélectionné, vous pouvez régler la largeur d'impulsion. À partir de ce moment, vous ne connecterez probablement pas la sortie du générateur directement à l'oscilloscope. Vous connecterez probablement la sortie du générateur à l'entrée de vos circuits. Vous utiliserez ensuite l'oscilloscope avec les sondes pour contrôler l'entrée et les sorties de vos circuits. Rien de plus !

2 Oscilloscope de base et laboratoires de mesure WaveGen



3

Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

Lab 7 : Déclenchement sur une rafale numérique au moyen d'un retard du déclenchement 48

Lab 8 : Déclenchement, capture et analyse d'un événement occasionnel 52

Lab 9 : Capture d'un événement mono-coup 56

Lab 10 : Mesures paramétriques automatiques sur des signaux numériques 59

Lab 11 : Utilisation du zoom de la base de temps de l'oscilloscope pour réaliser des mesures à déclenchement périodique 65

Lab 12 : Mesures Phase Retard et signaux Lissajous 69

Lab 13 : Utilisation des fonctions mathématiques de l'oscilloscope sur les signaux 73

Lab 14 : Utilisation de la Détection de crête pour surmonter le sous-échantillonnage 77

Lab 15 : Utilisation de la mémoire segmentée pour capturer plus de signaux 81



Lab 7 : Déclenchement sur une rafale numérique au moyen d'un retard du déclenchement

Les signaux de l'électronique en situation réelle sont rarement aussi simples que les ondes sinusoïdales répétitives et les ondes carrées. Établir des points de déclenchement uniques (photographies synchronisées) sur des signaux plus complexes nécessite parfois l'utilisation d'une « durée d'inhibition » du déclenchement. Au cours de ce laboratoire, vous apprendrez la manière d'utiliser la fonction de durée d'inhibition du déclenchement de l'oscilloscope afin de réaliser un déclenchement sur une rafale d'impulsions numériques.

- 1 Connectez une sonde de l'oscilloscope entre le BNC d'entrée voie 1 et la borne de sortie dénommée « Demo 1 ». Connectez l'attache de mise à la masse de la sonde à la borne centrale (masse).
- 2 Connectez une deuxième sonde de l'oscilloscope entre le BNC d'entrée voie 2 et la borne de sortie dénommée « Demo 2 ». Connectez l'attache de mise à la masse de la sonde à la borne centrale.
- 3 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 4 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 5 Sélectionnez le signal « **Rafale num.** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 6 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **1,00 V/div.**
- 7 Réglez le décalage/la position de la voie 1 sur environ **+1,7 V** afin de centrer ce signal sur l'écran de l'oscilloscope.
- 8 Appuyez sur le bouton rotatif du niveau de déclenchement pour le régler automatiquement sur **50 %** environ.
- 9 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **20,00 µs/div.**

Vous devriez observer sur l'écran de l'oscilloscope ce qui peut ressembler à l'affichage non déclenché d'une série d'impulsions numériques (voir [Illustration 25](#)). L'oscilloscope se déclenche en fait sur des croisements de fronts montants aléatoires de ce flux de données numériques complexes, qui est en réalité une « rafale » d'impulsions. Malheureusement, nous ne pouvons pas « observer » l'activité de la rafale parce que nous n'avons pas encore configuré l'instrument pour établir un point de déclenchement unique sur ce signal complexe. Nous allons maintenant « arrêter » les acquisitions répétitives afin de pouvoir observer une acquisition mono-coup des rafales et réaliser ensuite quelques mesures. Nous utiliserons ensuite ces mesures pour entrer un retard de déclenchement spécifique afin de synchroniser le déclenchement sur la première impulsion de chaque rafale.

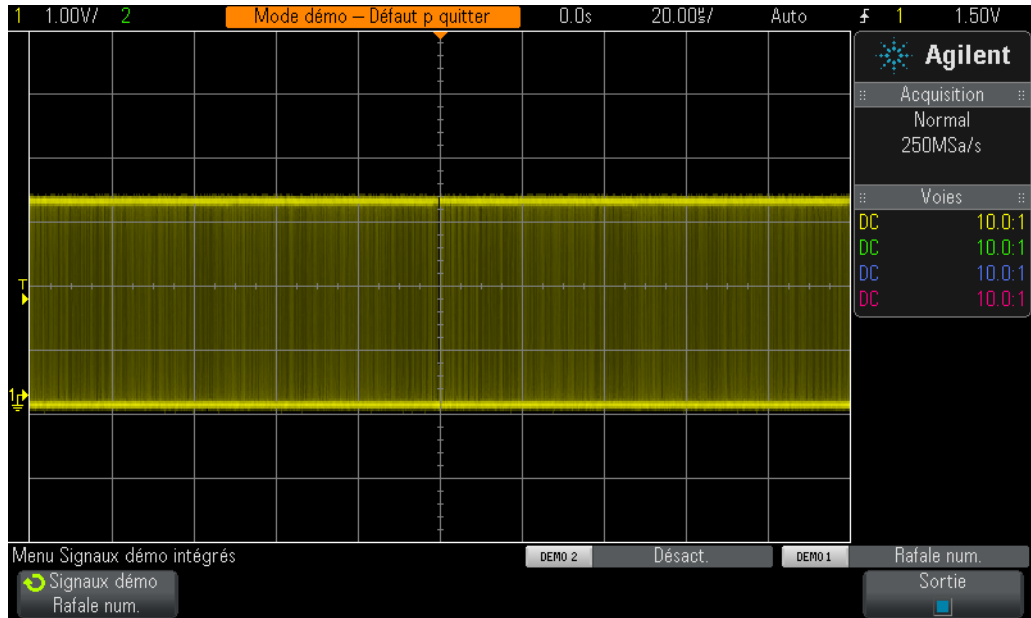


Illustration 25 Tentative d'affichage d'une rafale d'impulsions tout en utilisant les conditions de configuration de déclenchement par défaut de l'oscilloscope

- 10 Appuyez sur la touche **[Run/Stop]** du panneau avant pour arrêter les acquisitions répétitives.

Une fois les acquisitions répétitives arrêtées, vous devriez être désormais en mesure d'observer l'activité de la rafale numérique telle qu'illustrée à la [Illustration 26](#). En d'autres termes, il y a une série d'impulsions négatives suivies d'un court temps mort du signal (niveau élevé) et elle se répète ensuite. Si vous appuyez plusieurs fois sur **[Single]**, vous devriez découvrir que l'événement de déclenchement (le front montant le plus proche de centre de l'écran) de chaque acquisition est presque toujours une impulsion différente dans la rafale.

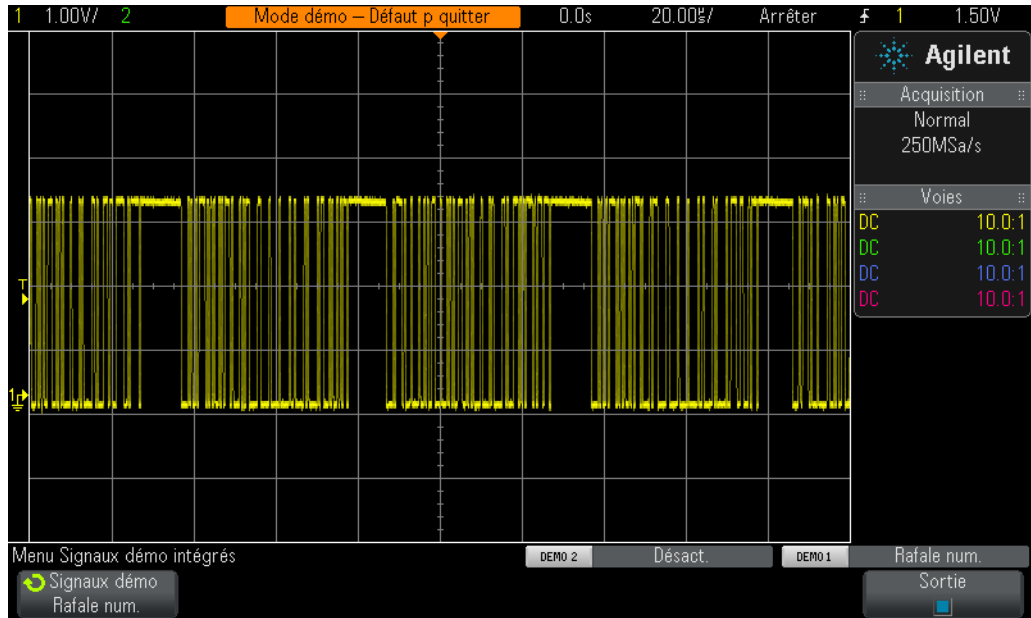


Illustration 26 Déclenchement sur front aléatoire sur le signal d'entrée d'une rafale numérique

À l'aide de ce que vous avez appris au cours du laboratoire 1, estimez ou utilisez les curseurs de temps d'oscilloscope (X1 et X2) pour mesurer la largeur d'une des rafales d'impulsion et également le temps du début d'une rafale d'impulsion au début de la rafale suivante. Vous devriez trouver que la largeur de chaque rafale est environ $40 \mu\text{s}$ et que le temps d'une rafale à une autre est d'environ $50 \mu\text{s}$.

Lorsque nous utilisons la condition de déclenchement par défaut de l'oscilloscope, l'instrument se déclenche sur « n'importe quel » front aléatoire de ce signal. En d'autres termes, l'instrument se déclenche parfois sur le 1er front de la rafale, parfois sur le 11e front de la rafale, parfois sur le 5e front, etc. Un point de synchronisation idéal serait de configurer l'oscilloscope de façon à ce qu'il se déclenche toujours sur le 1e front de chaque rafale et non sur un front aléatoire. Nous pouvons y parvenir au moyen de la fonction de « retard de déclenchement » de l'oscilloscope.

À l'aide de cette fonction, nous pouvons demander à l'instrument de toujours armer le déclenchement lors du temps mort du signal entre chaque rafale d'impulsions. De cette façon, l'oscilloscope, après s'être armé, se déclenchera toujours sur le front montant suivant, qui correspondra toujours au 1e front de chaque rafale. Le retard idéal pour obtenir ce résultat serait un retard de déclenchement qui se situerait entre $40 \mu\text{s}$ (largeur de la rafale) et $50 \mu\text{s}$ (temps d'une rafale à l'autre). Cela peut sembler déroutant. Nous allons donc le réaliser et observer ce qu'il se passe.

- 11 Appuyez sur la touche **[Run/Stop]** du panneau avant pour recommencer les acquisitions répétitives.
- 12 Appuyez sur la touche **[Mode/Coupling]** (Mode/Couplage) dans la section Trigger (Déclenchement) du panneau avant.
- 13 Appuyer sur la touche de fonction **Holdoff** (Retard) et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que la valeur de retard soit réglée sur environ **45.000 μ s**.

Vous devriez maintenant voir un affichage synchronisé comme illustré à la [Illustration 27](#). L'oscilloscope se déclenche sur le 1^e front montant d'une rafale d'impulsions (au centre de l'écran) et désactive ensuite le déclenchement pendant 45,00 μ s (temps de retard). Durant ce temps de retard, l'instrument ignore le 2^e, 3^e, 4^e, etc., croisement et arme à nouveau ensuite le déclenchement après la fin de la rafale, mais avant le début de la rafale suivante, c'est-à-dire durant le « temps mort » du signal. Le déclenchement valide suivant se produira à nouveau sur le 1^e croisement de front montant de la rafale suivante.

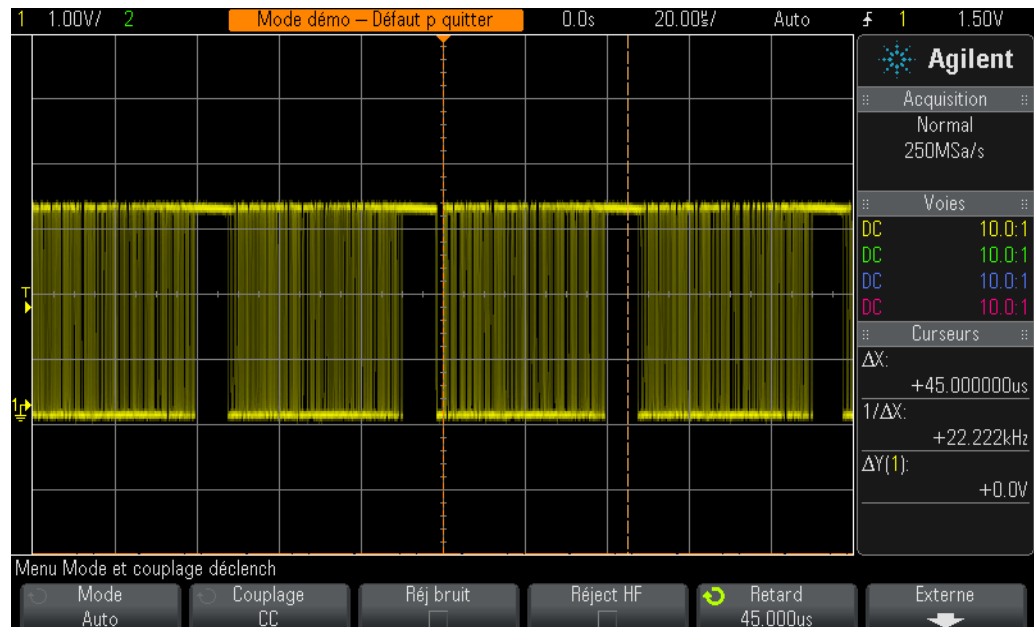


Illustration 27 Utilisation de la fonction de retard de déclenchement de l'oscilloscope pour synchroniser sur une rafale d'impulsions

Lab 8 : Déclenchement, capture et analyse d'un événement occasionnel

Au cours de ce laboratoire, vous apprendrez comment utiliser certains des différents modes de rémanence de l'oscilloscope afin d'améliorer l'affichage d'une impulsion transitoire occasionnelle. En outre, vous apprendrez comment utiliser le mode de déclenchement sur la largeur d'impulsion pour réaliser un déclenchement sur l'impulsion transitoire.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 4 Sélectionnez le signal « **Hge Imp trans** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 5 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **500 mV/div.**
- 6 Réglez la position/le décalage de la voie 1 sur **1.00 V** afin de centrer le signal sur l'écran.
- 7 Appuyez sur le bouton rotatif du niveau de déclenchement afin de régler automatiquement le niveau de déclenchement sur environ **50 %** (~ 1.0 V).
- 8 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **20.00 ns/div.**

À ce stade, vous remarquez au centre de l'écran un « scintillement » occasionnel et faible. Il s'agit d'une impulsion transitoire occasionnelle (ou impulsion étroite) que l'instrument vient de capturer. Bien que l'oscilloscope se déclenche habituellement sur le front montant d'un signal d'horloge, il se déclenche parfois sur le front montant de cette impulsion transitoire occasionnelle. Si cette impulsion transitoire paraît faible, c'est parce que l'oscilloscope affiche de manière brillante des signaux fréquents tandis qu'il affiche des signaux occasionnels de manière faible. Ceci nous indique que cette impulsion transitoire ne survient pas très souvent.

- 9 Appuyez sur le petit bouton [**Intensity**] (Intensité) (situé en dessous du bouton rotatif **Entrée**) et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que l'intensité soit réglée sur **100 %**.

Lorsque l'intensité du signal est réglée sur 100 %, l'oscilloscope affiche tous les signaux capturés avec la même intensité et nous pouvons alors clairement observer cette impulsion transitoire occasionnelle (voir [Illustration 28](#)).

La capture d'un événement occasionnel tel que celui-ci tout en réalisant un déclenchement sur un croisement de front (type de déclenchement par défaut) nécessite l'utilisation d'un oscilloscope dont le taux d'actualisation du signal est très rapide (photographie rapide). Découvrons maintenant quelques-uns des modes d'affichage spéciaux de l'oscilloscope capables d'améliorer davantage notre capacité à observer cette impulsion transitoire.

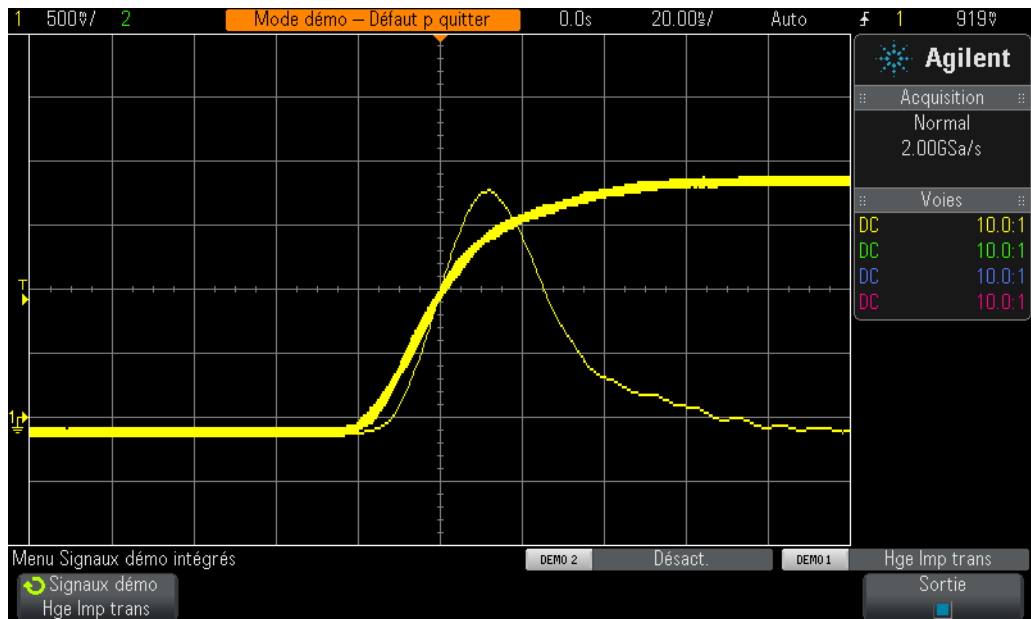


Illustration 28 Un taux d'actualisation élevé du signal permet de capturer une impulsion transitoire occasionnelle

- 10 Appuyez sur la touche **[Display]** (Affichage) du panneau avant (en dessous du bouton rotatif Cursors).
- 11 Appuyez sur la touche de fonction **Rémanence** et sélectionnez ensuite le mode d'affichage **Rémanence infinie** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.

Lorsque le rémanence infinie est activée, l'oscilloscope affichera une image permanente de tous les signaux capturés (il ne les effacera jamais). Lorsque ce mode n'est pas activé, l'instrument effacera tous les signaux capturés à un taux de 60 Hz. L'utilisation de la rémanence infinie peut être extrêmement utile lorsque l'on essaye de capturer un événement extrêmement occasionnel tel que une impulsion transitoire survenant uniquement toutes les deux heures. Par exemple, vous pouvez configurer un test au cours de la nuit destiné à observer l'apparition d'impulsions transitoires et ensuite découvrir si elles sont survenues lorsque vous revenez au laboratoire le matin suivant. Le mode d'affichage Rémanence infinie est également utile pour capturer et d'afficher le scintillement et le bruit dans le plus mauvais cas. Veuillez remarquer qu'outre le mode d'affichage Rémanence infinie, cet oscilloscope a également un mode d'affichage Rémanence variable dans lequel vous pouvez définir le taux d'effacement de l'affichage du signal.

Configurons maintenant l'oscilloscope pour qu'il se déclenche uniquement sur cet impulsion transitoire occasionnelle à l'aide du type de déclenchement **Larg. Impuls.** D'abord, estimons de manière visuelle la largeur approximative de cette impulsion par rapport au paramètre du niveau de déclenchement, qui devrait être réglé sur environ +1.0 V. La largeur devrait être d'environ 30 ns.

- 12 Appuyer sur la touche de fonction **Rémanence** et sélectionnez **Off** pour désactiver le mode d'affichage Rémanence.
- 13 Appuyez sur la touche de fonction **Effac. Rémanence**.
- 14 Appuyez sur la touche [**Trigger**] (Déclenchement) du panneau avant.
- 15 Appuyez la touche de fonction **Décl. – Front** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour modifier le type de déclenchement par défaut **Front** et le remplacer par le type **Larg. Impuls.**.
- 16 Appuyez sur la touche de fonction **< 30 ns** et ensuite tournez le bouton rotatif **Entrée** pour modifier le temps de la largeur d'impulsion de **< 30 ns** à **< 50 ns**.

Si vous utilisez un des oscilloscopes 2000 X-Series d'Agilent, vous devriez désormais voir un écran stable affichant uniquement l'impulsion transitoire. Si vous utilisez un des oscilloscopes hautes performances 3000 X-Series d'Agilent, l'instrument effectuera un déclenchement automatique au lieu d'un déclenchement sur l'impulsion transitoire. La raison est que l'impulsion transitoire occasionnelle générée par ces oscilloscopes est trop occasionnelle pour le mode de déclenchement automatique par défaut de l'instrument. Il s'agit là d'un cas classique pour lequel l'utilisation du mode de déclenchement Normal est nécessaire (l'oscilloscope attend des événements de déclenchement pour s'activer et ne génère aucun déclenchement automatique et asynchrone). Que vous utilisiez ou non l'oscilloscope Agilent InfiniiVision 2000 ou 3000 X-Series, sélectionnons le mode de déclenchement Normal.

- 17 Appuyez sur la touche [**Mode/Coupling**] (Mode/Couplage) dans la section Trigger (Déclenchement) du panneau avant.
- 18 Appuyez sur la touche de fonction **Mode-Auto** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour sélectionner le mode de déclenchement **Normal**.

Vous devriez maintenant voir un écran stable présentant uniquement l'impulsion transitoire étroite semblable à [Illustration 29](#). Avec le type de déclenchement Largeur d'impulsion, vous pouvez définir la largeur unique d'une impulsion négative ou positive sur laquelle le déclenchement a lieu. Les variables de temps incluent « < », « > », ainsi qu'une fourchette de temps « >< ». Le point de déclenchement réel survient à la fin de l'impulsion correspondant au temps. Dans cet exemple, étant donné que nous avons configuré l'oscilloscope pour qu'il se déclenche sur une impulsion positive avec une largeur inférieure à 50 ns, l'instrument se déclenche sur front d'impulsion (front descendant) de l'impulsion d'une largeur de ~30 ns. Si vous souhaitez vérifier qu'il n'y a pas d'impulsion transitoire plus étroite que cette impulsion de 30 ns, sélectionnez le menu [**Trigger**] (Déclenchement) et ajustez à nouveau la valeur de temps de la largeur d'impulsion à son paramètre minimum et contrôlez si votre oscilloscope se déclenche encore.

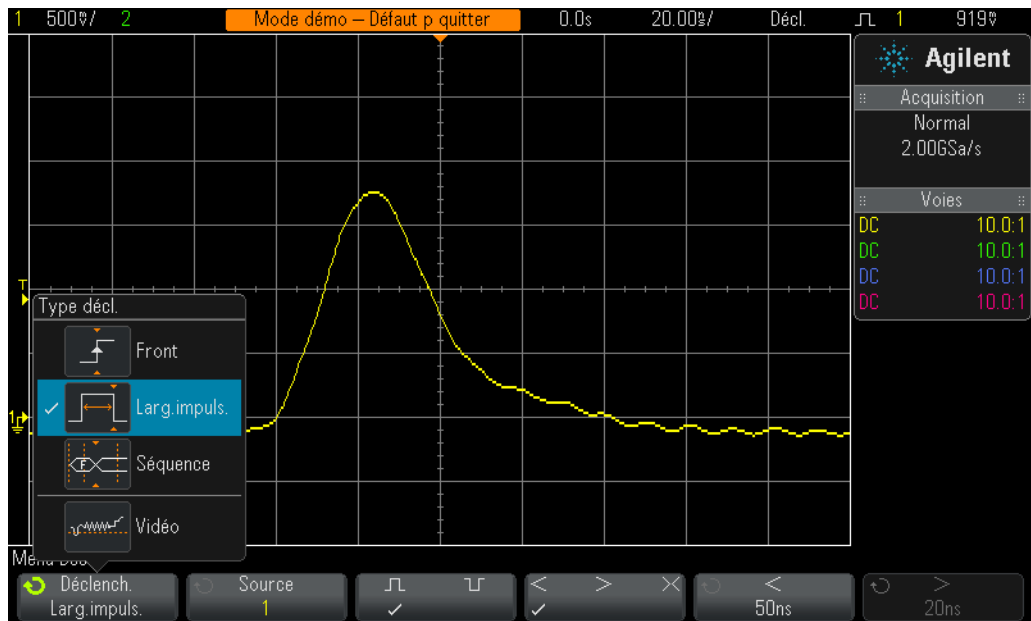


Illustration 29 Utilisation du déclenchement sur la largeur d'impulsion pour correspondre à une impulsion étroite

Le déclenchement sur la largeur d'impulsion n'est pas uniquement utile pour un déclenchement sur des impulsions transitoires non souhaitées, mais est aussi utile pour établir un point de déclenchement unique dans un train d'impulsions numériques valides.

Lab 9 : Capture d'un événement mono-coup

Si l'événement que vous souhaitez capturer est réellement « mono-coup », c'est-à-dire qu'il ne survient qu'une seule fois, vous devez disposer de quelques connaissances sur les caractéristiques du signal afin de configurer l'instrument pour le capturer. Lorsque vous capturez des signaux répétitifs, vous êtes habituellement en mesure d'afficher le signal capturé à l'écran à l'aide des différentes conditions de configuration et ensuite de commencer à « régler » l'échelle de l'instrument jusqu'à ce qu'elle soit optimisée pour le signal. Nous n'avons cependant pas ce luxe avec les événements mono-coup.

Émettons l'hypothèse que nous savons que l'événement mono-coup que nous souhaitons capturer est une impulsion numérique dont l'amplitude est d'environ 2,5 Vp-p avec un décalage de +1,25 V. En d'autres termes, le signal devrait osciller de la masse (0,0 V) à environ +2,5 V. Il s'agit peut-être d'une impulsion de réinitialisation du système qui survient uniquement durant la mise en route.

Un paramètre vertical approprié pour capturer ce signal serait alors de 500 mV/div, qui nous permettrait de capturer jusqu'à une oscillation de 4 Vp-p. Un paramètre de décalage/position appropriée serait de +1.25 V afin de centrer le signal sur l'écran et un niveau de déclenchement approprié serait également de +1.25 V au moyen d'une condition de déclenchement sur front montant standard.

Supposons que nous connaissons également la largeur de notre événement mono-coup, à savoir 500 ns. Un paramètre de base de temps approprié serait de 200 ns/div. Il nous offrirait un temps de capture de 2,0 μ s sur l'écran qui serait plus que suffisant pour capturer une impulsion de 500 ns de large. Configurons maintenant l'oscilloscope pour capturer cette impulsion mono-coup.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **500 mV/div.**
- 4 Réglez la position/le décalage vertical de la voie à 1 sur **+1,25 V**.
- 5 Réglez le niveau de déclenchement sur **+1,25 V**.
- 6 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **200,0 ns/div.**
- 7 Appuyez sur la touche [**Mode/Coupling**] (Mode/Couplage) du panneau avant (à côté du bouton rotatif du niveau de déclenchement).
- 8 Appuyez sur la touche de fonction **Mode-Auto** et modifiez le mode **Auto** en **Normal**.

Veillez remarquer que le mode de déclenchement **Normal** doit être utilisé pour capturer un événement mono-coup. Si l'oscilloscope conserve son mode de déclenchement **Auto** par défaut, il continuera à générer ses propres déclenchements asynchrones automatiques et ne se déclenchera pas sur un événement mono-coup. Le mode de déclenchement **Normal** attend qu'un événement de déclenchement valide apparaisse (croisement d'un front montant à +1,25 V dans ce cas) avant de capturer et d'afficher quelque chose. À ce stade, l'oscilloscope devrait être correctement configuré et devrait attendre l'apparition d'un événement mono-coup. Générons un événement mono-coup.

- 9 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 10 Sélectionnez le signal « **Impul unique avec oscill trans** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer. Veuillez remarquer que cette opération NE génère PAS d'événement mono-coup. Elle permet juste cette sortie.
- 11 Ensuite, n'appuyez **PAS** sur la touche de fonction **Config auto**. En choisissant **Config auto**, vous supprimerez les configurations que vous venez de réaliser. Cette fonction est uniquement utile pour configurer l'oscilloscope afin qu'il capture ce signal démo mono-coup particulier. Il n'est pas disponible lorsque l'oscilloscope est configuré pour capturer un signal mono-coup arbitraire, ce que nous essayons de simuler.
- 12 Appuyez sur la touche de fonction **Transmet Monocoup** pour générer un événement mono-coup.

Votre oscilloscope devrait avoir capturé cet événement mono-coup et son écran devrait ressembler à la [Illustration 30](#). Chaque fois que vous appuierez sur la touche de fonction **Transmet Monocoup**, l'oscilloscope le capturera à nouveau. Afin de capturer cet événement, nous avons utilisé le mode de déclenchement **Normal** de l'instrument avec le mode d'acquisition **Run**. Utilisons maintenant le mode d'acquisition **Unique** de l'oscilloscope.

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

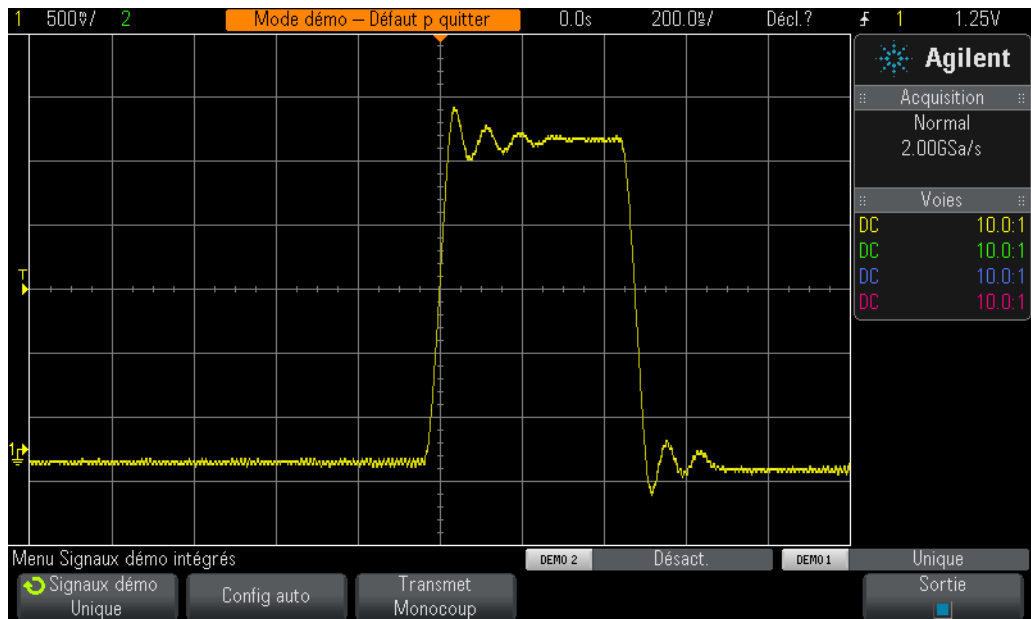


Illustration 30 Configuration de l'oscilloscope pour capturer un événement mono-coup

13 Appuyez sur la touche **[Single]** (Unique) de l'oscilloscope dans le coin supérieur droit du panneau avant.

14 Appuyez maintenant sur la touche de fonction **Transmet Monocoup**.

Avec le mode d'acquisition **Unique**, l'oscilloscope capturera un événement mono-coup *une et une seule fois*. Pour armer à nouveau l'oscilloscope afin qu'il capture un autre événement mono-coup, vous devez appuyer à nouveau sur **[Single]** (Unique) (avant l'apparition du mono-coup). Veuillez remarquer que le mode d'acquisition **Unique** sélectionne automatiquement le mode de déclenchement **Normal**.

Lab 10 : Mesures paramétriques automatiques sur des signaux numériques

Au cours du laboratoire 1 de ce guide de formation sur l'oscilloscope, vous avez appris la façon de réaliser des mesures simples de tension et de temps soit en comptant les divisions et en les multipliant par les facteurs d'échelle de l'instrument soit en utilisant les fonctions des curseurs de l'oscilloscope. Vous allez maintenant apprendre à utiliser la fonction de mesure paramétrique automatique de l'oscilloscope afin de réaliser plus rapidement et de façon plus précise ces mesures (ainsi que de nombreuses autres mesures).

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 4 Sélectionnez le signal « **Impul répétitive av oscill trans** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 5 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **500 mV/div.**
- 6 Réglez la position/le décalage de la voie à 1 sur **1,40 V**.
- 7 Appuyez sur le bouton rotatif du niveau de déclenchement afin de régler automatiquement le niveau de déclenchement sur environ **50 %** (~ 1.3 V).
- 8 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **500.0 ns/div.**

À ce stade, vous devriez observer une impulsion numérique répétitive avec suroscillation et oscillation transitoire semblable à la [Illustration 31](#).

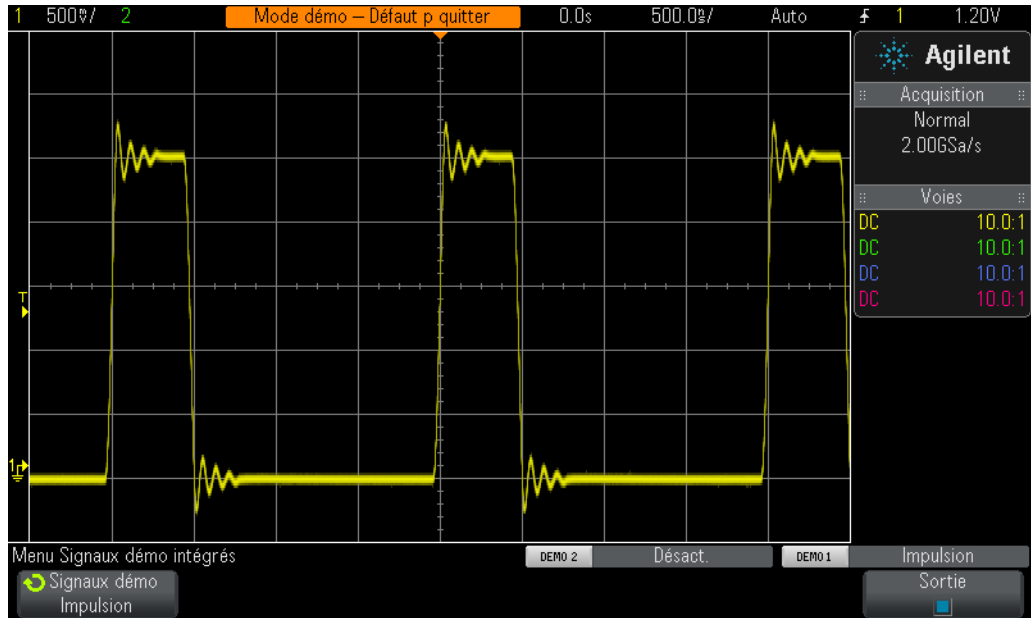


Illustration 31 Configuration de l'oscilloscope pour capturer et afficher une impulsion numérique répétitive avec oscillation transitoire et suroscillation

- 9 Appuyez sur la touche **[Meas]** du panneau avant (à côté du bouton rotatif Cursors).

Si nous commençons par une configuration par défaut (comme c'est le cas ici), l'oscilloscope activera une fréquence automatique et une mesure Vp-p lorsque nous appuyons sur la touche **[Meas]**. Étant donné que cet oscilloscope est capable de représenter quatre mesures continuellement mises à jour, ajoutons deux mesures supplémentaires à cet ensemble.

- 10 Appuyez sur la touche de fonction **Type** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** jusqu'à ce que la flèche arrive sur **Maximum**.
- 11 Appuyez maintenant sur le bouton rotatif **Entrée** pour sélectionner cette mesure ou sur la touche de fonction **Ajouter Mesure**. Vous remarquerez l'indicateur de niveau qui affiche l'emplacement où cette mesure est réalisée.
- 12 Tournez à nouveau le bouton rotatif **Entrée** jusqu'à ce que la flèche arrive sur **Minimum** et appuyez ensuite sur le bouton **Entrée**.

L'écran de votre oscilloscope devrait maintenant être semblable à la [Illustration 32](#) et représenter quatre mesures continuellement mises à jour : Fréquence, Vp-p, Vmax et Vmin. Veuillez noter que si vous utilisez un oscilloscope Agilent 3000 X-Series, il affichera également les statistiques mises à jour en permanence de chaque mesure. Configurons maintenant l'instrument pour qu'il réalise quatre mesures différentes de paramètres d'impulsion.

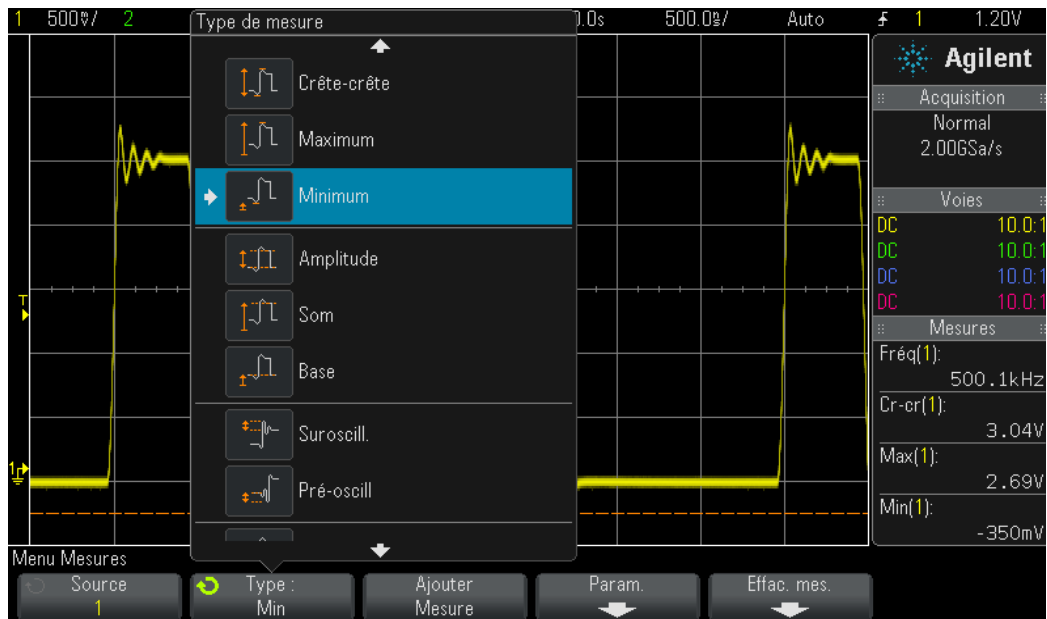


Illustration 32 L'oscilloscope réalise automatiquement jusqu'à quatre mesures paramétriques

13 Appuyez sur la touche de fonction **Effac. mes.** et appuyez ensuite sur la touche **Effac. tout.**

14 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **200,0 ns/div.** Élargir l'impulsion nous permettra d'obtenir une résolution améliorée des mesures.

15 Effectuez maintenant une sélection pour mesurer **Som**, **Base**, **Montée** et **Des.**

L'écran de votre oscilloscope devrait maintenant correspondre à [Illustration 33](#). Si **Des** était la dernière mesure sélectionnée, les curseurs afficheront ensuite l'emplacement où cette mesure a été réalisée.

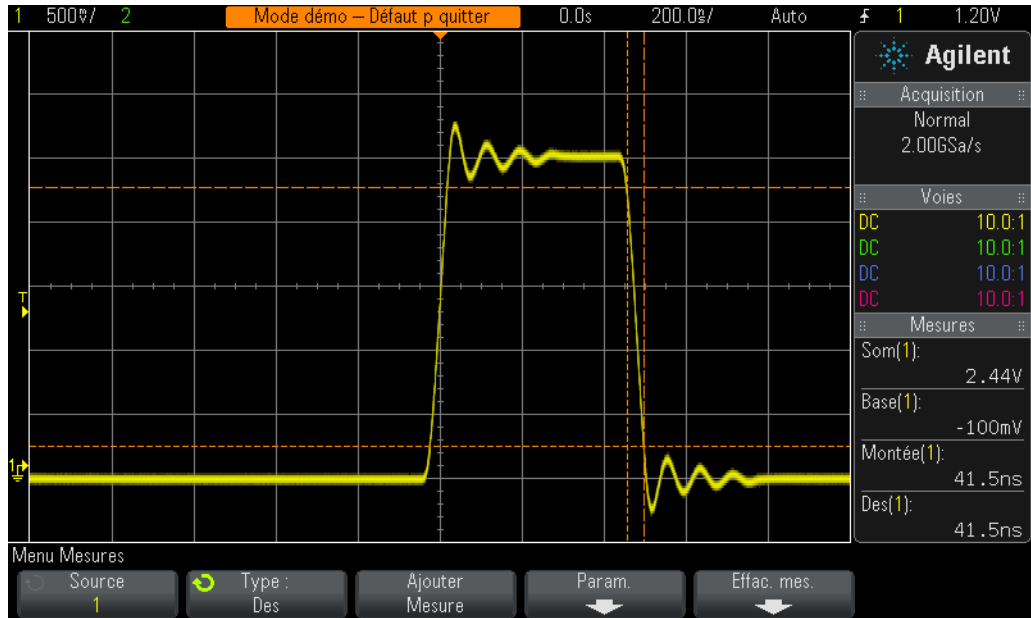


Illustration 33 Mesures supplémentaires de paramètres d'impulsion sur une impulsion numérique



À ce stade, vous pouvez peut-être vous demander quelle est la différence entre le « sommet » d'un signal (V_{top}) et son « maximum » (V_{max}) ainsi qu'entre sa « base » (V_{base}) et son « minimum » (V_{min}).

V_{top} est le niveau supérieur en régime permanent du signal. Il s'agit du niveau de tension du signal après la suroscillation et l'oscillation. De même, V_{base} est le niveau inférieur en régime permanent du signal. Lors des mesures des paramètres de l'impulsion numérique, V_{top} et V_{base} représentent souvent des paramètres plus importants que les tensions absolues maximum et minimum du signal, qui sont les valeurs de crête de la suroscillation.

Les mesures Montée et Des sont des temps de transition relatifs. Elles ont été réalisées par rapport aux niveaux des seuils de tension. Les niveaux des seuils par défaut de l'oscilloscope pour ces mesures sont les niveaux 10 % et 90 % par rapport à V_{base} et V_{top} . En d'autres termes, V_{base} est considéré comme le niveau 0 % et V_{top} est considéré comme le niveau 100 %. Cependant, la plupart des dispositifs haute vitesse actuels ont des temps de montée et de descente spécifiés par rapport aux niveaux des seuils de 20 % et de 80 % ou peut-être par rapport à des niveaux de tension absolus, tels que de $\pm 1,0$ V. Configurons maintenant notre instrument pour mesurer uniquement le temps de montée de cette impulsion par rapport aux niveaux des seuils de 20 % et de 80 %.

16 Appuyez sur la touche de fonction **Effac. mes.** et appuyez ensuite sur la touche **Effac. tout.**

17 Appuyez sur la touche de fonction **Param.** et ensuite sur la touche **Seuils.**

- 18 Appuyez sur la touche de fonction **Supérieur** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** jusqu'à ce que **20 %** s'affiche.
- 19 Appuyez sur la touche de fonction **Inférieur** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** jusqu'à ce que **80 %** s'affiche.
- 20 Pour retourner au menu précédent, appuyez sur la touche  (Back) du panneau avant (juste au-dessus de l'interrupteur d'alimentation).
- 21 Appuyez à nouveau sur la touche  (Back) étant donné que nous avons descendu de deux niveaux dans ce menu.
- 22 Appuyez sur la touche de fonction **Type** et tournez ensuite le bouton d'entrée générale jusqu'à ce que la flèche arrive sur **Montée**.
- 23 Appuyez maintenant sur la touche de fonction **Ajouter Mesure** ou appuyez sur le bouton rotatif **Entrée** pour ajouter cette mesure.

Avec ces niveaux de seuils de mesure (20 % et 80 %) définis par l'utilisateur, notre mesure du temps de montée devrait être plus rapide, car nous mesurons maintenant sur un segment plus court du signal comme illustré à la [Illustration 34](#). Le mesure devrait maintenant être d'environ 30 ns. Lorsque nous avons utilisé les niveaux des seuils 10 %/90 % par défaut de l'instrument, la mesure aurait été d'environ 40 ns.

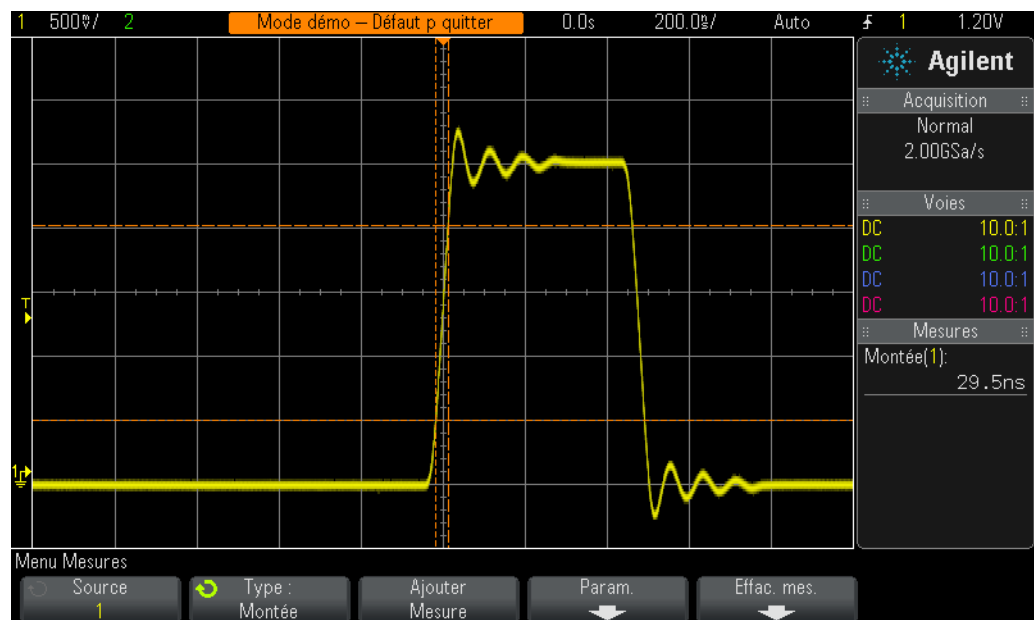


Illustration 34 Mesure du temps de montée par rapport aux niveaux des seuils de 20 % et 80 %

Au cours de l'étape 14 de ce laboratoire, nous avons indiqué que le fait d'élargir le signal nous offrirait une amélioration de la résolution et de la précision des mesures. Essayez de configurer la base de temps sur 50,0 μ s/div et remarquez la diminution de résolution des mesures.

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

Réalisons maintenant une mesure supplémentaire avant de terminer ce laboratoire. Mais cette fois-ci, effectuons un ensemble plus complet de mesures sur ce signal.

24 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **500.0 ns/div.**

25 Appuyez sur la touche de fonction **Type** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** jusqu'à ce que la flèche arrive sur **Instantané Tout** (au sommet de la liste).

26 Appuyez maintenant sur la touche de fonction **Ajouter Mesure** ou appuyez sur le bouton rotatif **Entrée** pour ajouter cet ensemble de mesures.

La mesure « Instantané Tout » nous fournit une mesure unique (instantané) des plusieurs paramètres afin de caractériser entièrement notre signal d'entrée comme illustré à la [Illustration 35](#). Veuillez noter que cet ensemble de mesures n'est pas continuellement mis à jour et, si vous appuyez sur une touche du panneau avant ou une touche de fonction, l'affichage de ces mesures apparaîtra.

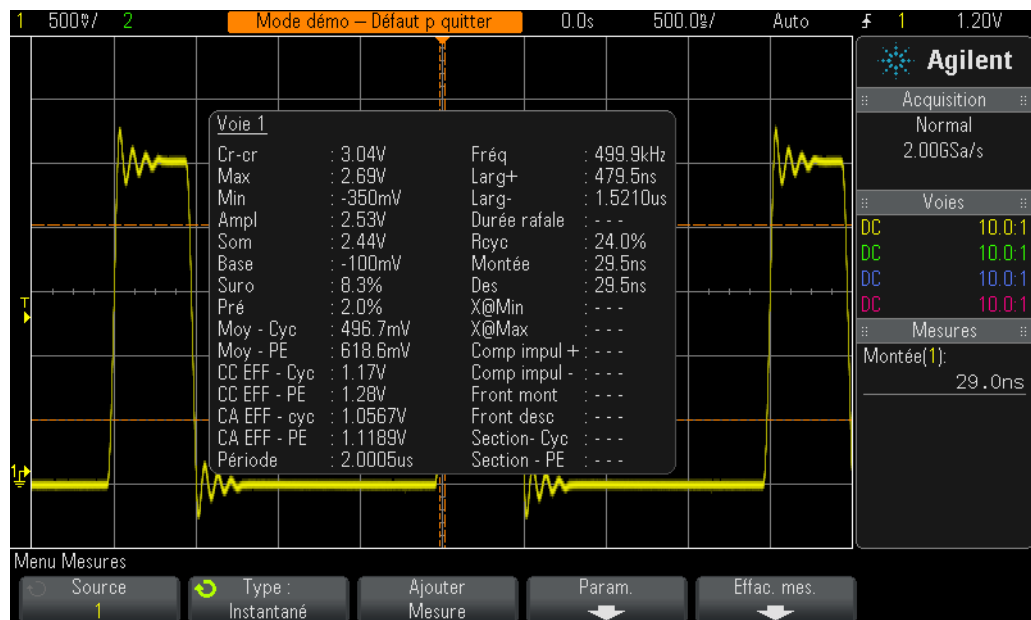


Illustration 35 Réaliser un ensemble complet de mesures paramétriques automatiques au moyen de la fonction « Instantané Tout »

Lab 11 : Utilisation du zoom de la base de temps de l'oscilloscope pour réaliser des mesures à déclenchement périodique

Lorsque des mesures paramétriques automatiques, telles que des mesures de la largeur d'impulsion positive, sont réalisées sur un signal d'entrée répétitif, tel qu'une onde sinusoïdale simple ou une onde carrée, l'impulsion choisie par l'oscilloscope pour réaliser la mesure n'importe pas vraiment... chaque impulsion est la même. Cependant, que se passe-t-il si le signal d'entrée analysé est plus complexe, où chaque impulsion a des caractéristiques paramétriques uniques ? Dans ce cas, vous devriez d'abord configurer l'oscilloscope pour qu'il se déclenche à un instant unique sur le signal complexe et ensuite configurer les mesures de l'instrument de telle sorte qu'il soit plus sélectif au niveau de l'impulsion à choisir pour réaliser les mesures. Au cours de ce laboratoire, vous apprendrez à réaliser des mesures sélectives ou «à déclenchement périodique » sur des impulsions spécifiques à l'aide du mode zoom de la base de temps de l'instrument.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 4 Sélectionnez le signal « **Rafale num. av imp trans p fréquente** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 5 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1.0 sur **1,00 V/div.**
- 6 Réglez le paramètre de position/décalage de la voie 1 sur **2.0 V** environ afin de centrer le signal sur l'écran.
- 7 Appuyez sur le bouton rotatif du niveau de déclenchement afin de régler automatiquement le niveau de déclenchement sur environ **50 %** (~1.7 V).
- 8 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **1.000 µs/div.**

Veillez noter qu'en utilisant ce paramètre, un certain « scintillement » du signal peut apparaître. Ce scintillement peut se présenter sous la forme de « fantômes » du signal survenant avant la rafale d'impulsions. Si vous réglez l'intensité du signal sur 100 %, il deviendra plus clair. Ce « scintillement » est dû au fait que l'oscilloscope, qui se déclenche habituellement sur le 1^e front montant de cette rafale numérique, se déclenche parfois sur les fronts ultérieures. Nous devons utiliser la fonction de retard de déclenchement de l'oscilloscope afin de le forcer à se déclencher uniquement sur le 1^e front montant de la rafale.

- 9 Appuyez sur la touche [**Mode/Coupling**] (Mode/Couplage) du panneau avant à proximité du bouton rotatif du niveau de déclenchement.

- 10 Appuyez sur la touche de fonction **Retard** et tournez ensuite le bouton rotatif d'entrée générale dans le sens des aiguilles d'une montre afin de régler la valeur de retard de déclenchement sur **4.000 μ s**.

Lorsque la fonction de retard de déclenchement de l'instrument est activée et réglée sur 4.0 μ s, l'oscilloscope se déclenche alors sur le 1er front montant de la rafale, désactive le déclenchement pendant 4.0 μ s, et le réarme ensuite après la dernière impulsion de la rafale afin de se déclencher à nouveau sur la 1ère impulsion lors de la répétition suivante de la rafale. Nous avons maintenant établi un point de déclenchement stable et unique sur ce signal numérique complexe à l'aide du retard de déclenchement.

Vous devriez maintenant observer 6 impulsions positives avec différentes largeurs ainsi qu'une impulsion transitoire occasionnelle après la 6e impulsion comme illustré à la [Illustration 36](#). Activons maintenant une mesure « Largeur + ».

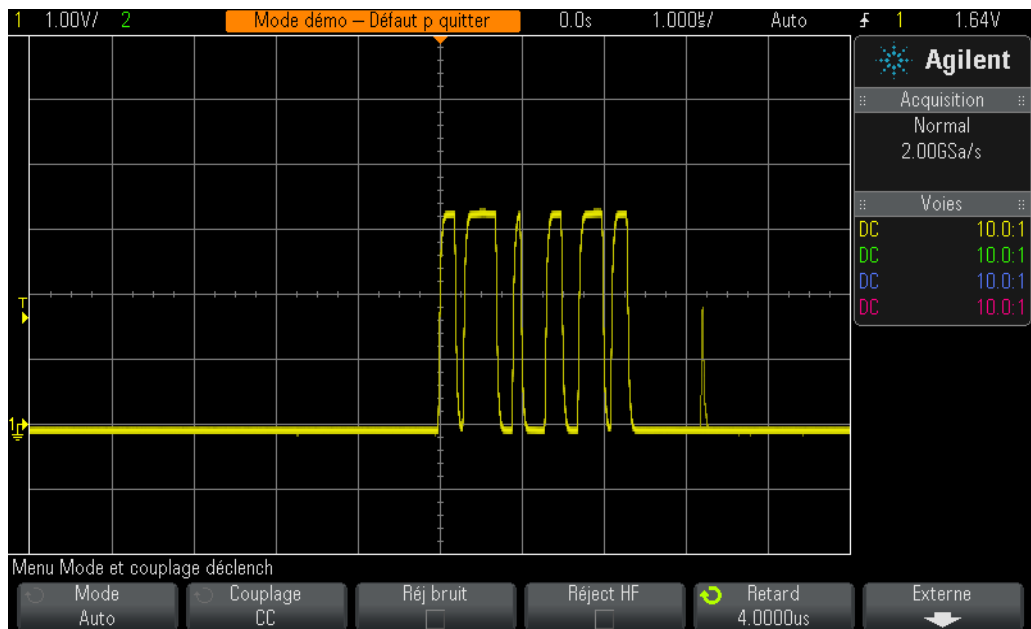


Illustration 36 Configuration de l'oscilloscope pour capturer une rafale d'impulsions numériques à l'aide de différentes largeurs d'impulsion

- 11 Appuyez sur la touche **[Meas]** du panneau avant (à côté du bouton rotatif Cursors).
- 12 Appuyez sur la touche de fonction **Effac. mes.** et appuyez ensuite sur la touche **Effac. tout**.
- 13 Appuyez sur la touche de fonction **Type** et sélectionnez ensuite la mesure **Larg+** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.
- 14 Appuyez sur le bouton rotatif **Entrée** ou sur la touche de fonction **Ajouter Mesure** pour sélectionner cette mesure.

L'instrument réalise toujours des mesures sur l'impulsion la plus proche du centre de l'écran. Dans ce cas, l'oscilloscope mesure la largeur d'impulsion positive de la 1ère impulsion de cette rafale numérique comme illustré à la [Illustration 37](#). Que se passe-t-il si nous souhaitons connaître la largeur de la 2e, 3e, 4e, etc. impulsion ?

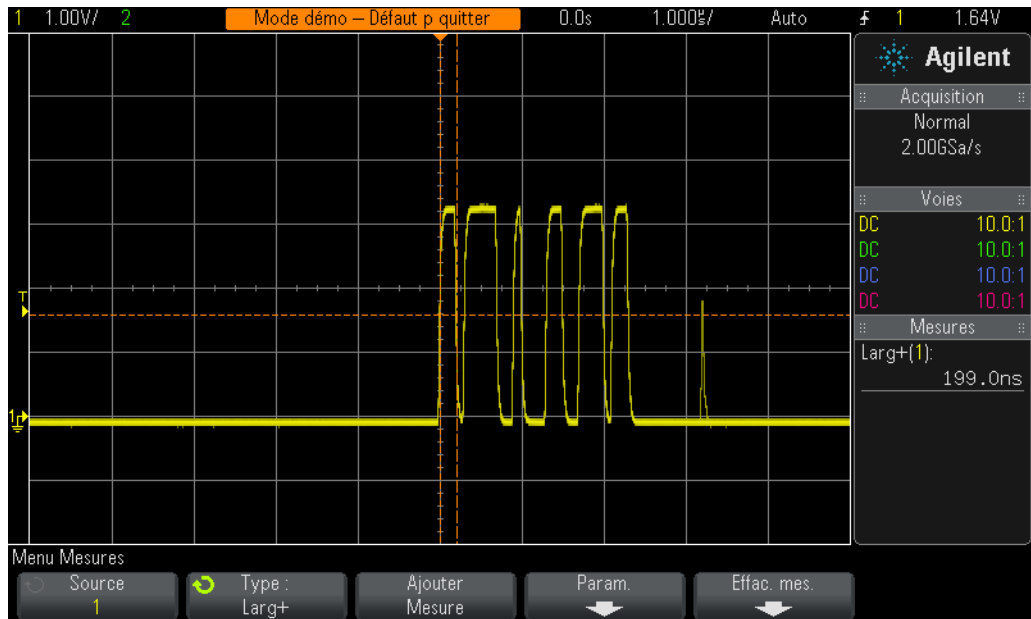



Illustration 37 Mesure de la largeur d'impulsion positive de la 1ère impulsion de la rafale

- 15 Appuyez sur le bouton  de la section Horizontale du panneau avant pour activer le mode « zoom » de la base de temps de l'instrument.
- 16 Réglez le zoom de la base de temps sur **50.00 ns/div** en tournant le grand bouton rotatif de la base de temps.
- 17 Réglez la position horizontale sur **100.0 ns** en tournant le bouton rotatif de la position horizontale.

Lorsque le « zoom » de la base de temps a été activé, les commandes horizontales (s/div et position) contrôlent les paramètres agrandis (ou élargis) de la base de temps. Si votre professeur(e) est habitué(e) à utiliser un ancien oscilloscope analogique, il/elle peut faire référence au mode de fonctionnement « Balayage dilaté » pour désigner le mode de base de temps.

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

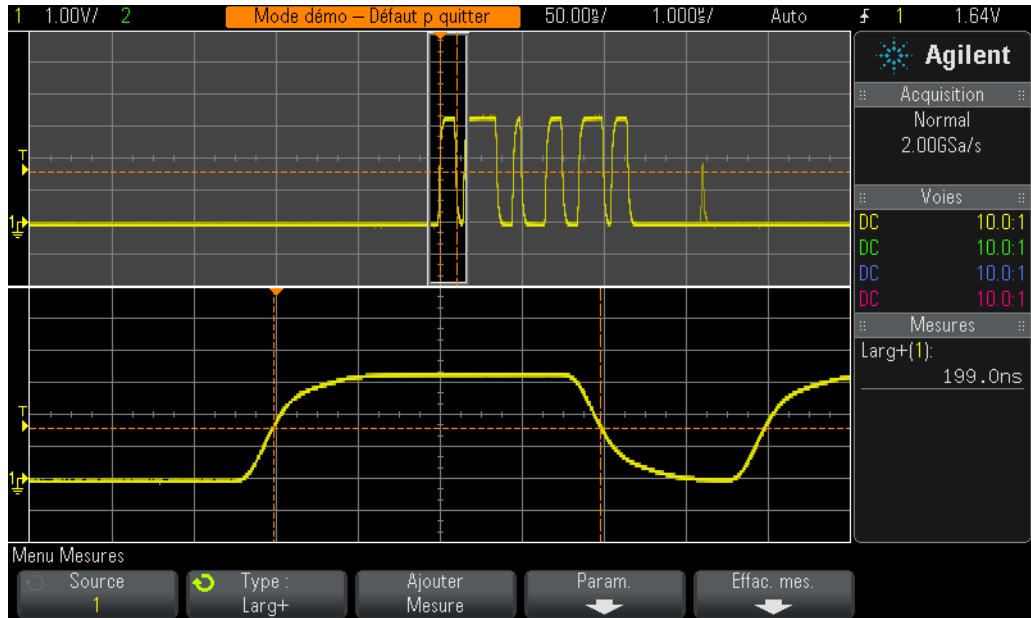


Illustration 38 Utilisation du mode zoom de la base de temps pour réaliser des mesures « à déclenchement périodique »

L'écran de votre oscilloscope devrait maintenant afficher dans sa partie inférieure un agrandissement de la 1ère impulsion de cette rafale comme illustré à la **Illustration 38**. La mesure Largeur + devrait mesurer la largeur d'impulsion positive de la 1ère impulsion uniquement. Quelle est la largeur de cette impulsion ?

$$\text{Largeur + (1ère impulsion)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Mesurons maintenant la largeur de la 2e impulsion.

18 Réglez la position/le retard horizontal sur **500.00 ns** afin d'encadrer la 2e impulsion.

Quelle est la largeur de la 2e impulsion ?

$$\text{Largeur + (2e impulsion)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

19 Mesurez la largeur des 4 impulsions restantes (à l'exception de l'impulsion transitoire occasionnelle) en encadrant chaque impulsion.

$$\text{Largeur + (3e impulsion)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{Largeur + (4e impulsion)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{Largeur + (5e impulsion)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{Largeur + (6e impulsion)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Lab 12 : Mesures Phase Retard et signaux Lissajous

Au cours de ce laboratoire, vous apprendrez à réaliser des mesures à deux voies sur des ondes sinusoïdales déphasées. La réalisation de ce type de mesure peut être important si vous souhaitez examiner la réponse en phase d'un inverseur. Lors de ce laboratoire, vous découvrirez comment mesurer la réponse en phase entre une entrée et une sortie. En outre, vous apprendrez également à afficher ces signaux sous la forme d'une courbe de Lissajous.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur la touche [**2**] du panneau avant pour activer la voie 2.
- 4 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 5 Sélectionnez le signal « **Sinus. déphasée** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 6 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **500 mV/div.**
- 7 Réglez le paramètre V/div. de la voie 2 sur **500 mV/div.**
- 8 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **200.0 µs/div.**

À ce stade, deux ondes sinusoïdales devraient apparaître, l'une capturée par la voie 2 et déphasée de 90° environ par rapport à l'autre capturée par la voie 1 comme illustré à la [Illustration 39](#). Mesurons maintenant le temps de retard et le déphasage au moyen des mesures automatiques à deux voies de l'oscilloscope.

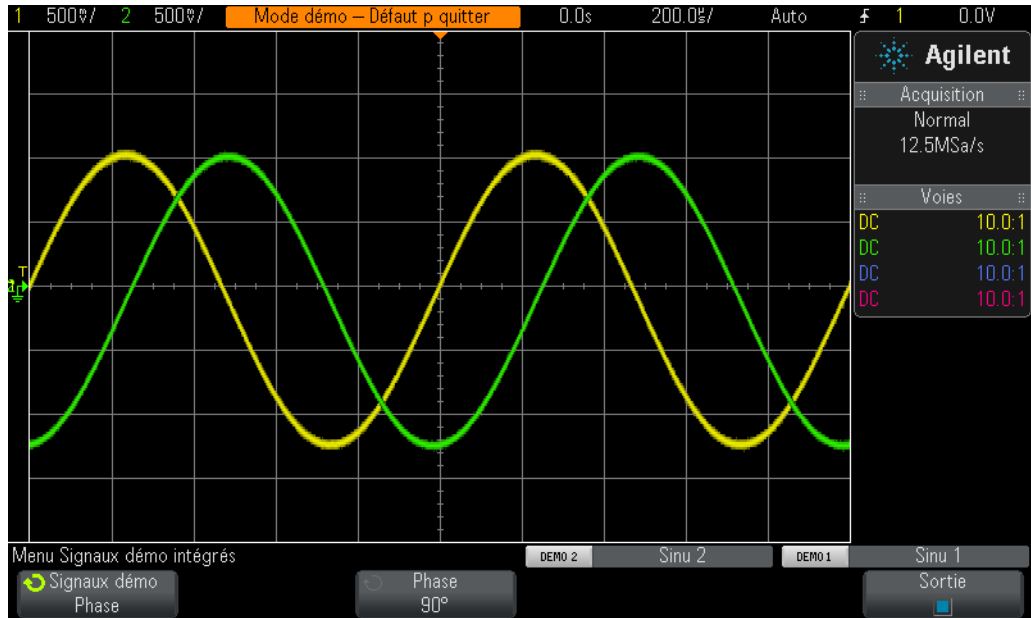


Illustration 39 Mesures sur des signaux déphasés

- 9 Appuyez sur la touche **[Meas]** du panneau avant (à côté du bouton rotatif Cursors).
- 10 Appuyez sur la touche de fonction **Type** et sélectionnez ensuite la mesure **Retard** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.
- 11 Appuyez sur la touche de fonction **Ajouter Mesure** ou sur le bouton rotatif **Entrée** pour ajouter cette mesure.
- 12 Sélectionnez la mesure **Phase** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.
- 13 Appuyez sur la touche de fonction **Ajouter Mesure** ou sur le bouton rotatif **Entrée** pour ajouter cette mesure.

Votre oscilloscope devrait maintenant afficher quatre mesures : deux mesures par défaut (fréquence et Vp-p) et les mesures de temps de retard et de déphasage. Modifiez maintenant le déphasage entre ces deux signaux.

- 14 Appuyez sur **[Help]** (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo** (cette opération restaure notre menu Signaux démo).
- 15 Appuyez sur la touche de fonction **Phase** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour modifier le déphasage de 0 à 360°.

Examinons maintenant ces signaux dans un format différent, sans doute un des formats d'affichage favoris de votre professeur(e) ! Nous examinerons ces signaux sous la forme d'une courbe de Lissajous du mathématicien français, Jules Antoine Lissajous (1822-1880).

- 16 Appuyez sur la touche **[Horiz]** du panneau avant (à proximité des commandes de base de temps de l'instrument).

- 17 Appuyez sur la touche de fonction **Mode temps** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour sélectionner **XY**.
- 18 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 19 Appuyez sur la touche de fonction **Phase** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour modifier le déphasage.

L'oscilloscope ne représente nos signaux au format Volts sur Temps. Il représente désormais nos signaux au format Volts (voie1) sur Volts (voie2). Lorsque le déphasage est de 90° ou de 270° , nous devrions observer un cercle parfait. Lorsque le déphasage est de 0° , nous devrions voir une ligne montante à 45° . Lorsque le déphasage est de 180° , nous devrions voir une ligne descendante à 45° . Pour tous les autres paramètres de phase, nous devrions voir une courbe ovale comme illustré à la [Illustration 40](#). Les courbes de Lissajous des ondes sinusoïdales de même fréquence produisent les formes de courbe les plus simples.



Illustration 40 Modèle de Lissajous au moyen du mode XY des deux ondes sinusoïdales de même fréquence, mais avec un déphasage de 48° l'une par rapport à l'autre

Les concepteurs d'amplificateurs analogiques utilisent parfois les courbes de Lissajous sur l'oscilloscope pour régler avec précision leur circuit. Les modèles de Lissajous peuvent parfois être très complexes, mais le concepteur connaît habituellement le modèle qu'il ou elle recherche. [Illustration 41](#) présente un modèle de Lissajous plus complexe avec deux signaux de différentes fréquences.

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

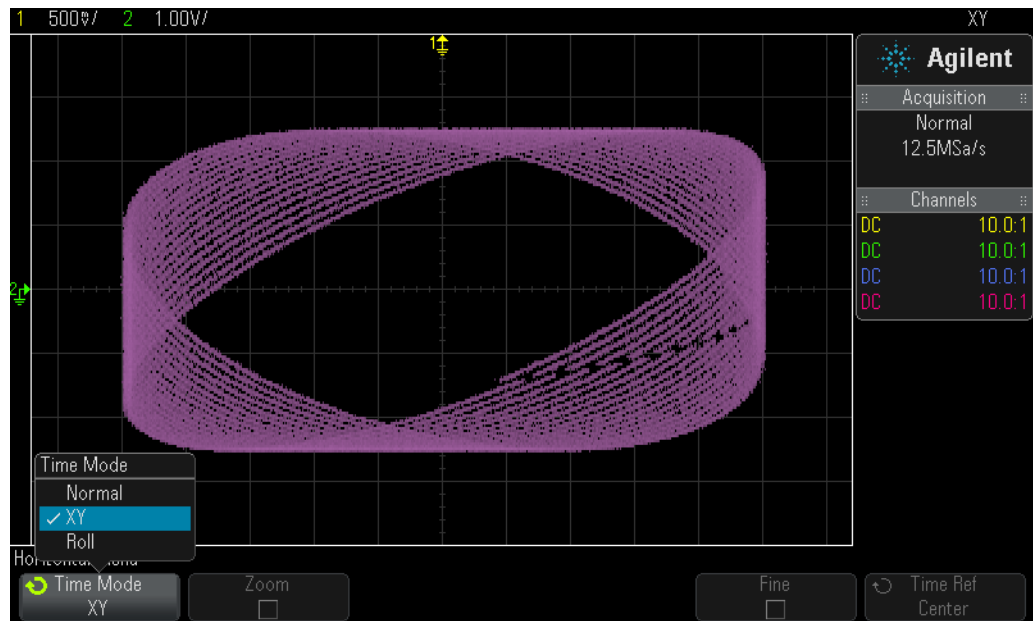


Illustration 41 Modèle de Lissajous plus complexe dérivé de deux signaux de fréquences différentes

Lab 13 : Utilisation des fonctions mathématiques de l'oscilloscope sur les signaux

En plus de réaliser des mesures paramétriques automatiques sur les données d'un signal, l'oscilloscope peut également réaliser des opérations mathématiques sur un signal entier ou deux signaux. Soustraire un signal d'un autre est une fonction mathématique très fréquente que l'oscilloscope peut réaliser. Par exemple, si vous utilisiez des sondes passifs 10:1 standard pour capturer des signaux sur votre circuit, vous ne pourriez que capturer ces signaux uniquement par rapport à la masse. Et si vous souhaitiez voir à quoi ressemble un signal sur un composant spécifique dont aucune de ses extrémités n'est reliée à la masse ? Dans ce scénario, vous pourriez capturer des signaux à chaque extrémité du composant par rapport à la masse et ensuite soustraire un signal de l'autre. Faisons une tentative.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur **[Default Setup]** (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur la touche **[2]** du panneau avant pour activer la voie 2.
- 4 Appuyez sur **[Help]** (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 5 Sélectionnez le signal « **Sinus. déphasée** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 6 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **500 mV/div.**
- 7 Réglez le paramètre V/div. de la voie 2 sur **500 mV/div.**
- 8 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **200.0 µs/div.**
- 9 Appuyez sur la touche **[Math]** du panneau avant (sur le côté droit).
- 10 Appuyez sur la touche de fonction **Opérateur** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour sélectionner « - ».

Trois signaux devraient maintenant s'afficher sur l'écran de votre oscilloscope comme illustré à la [Illustration 42](#). Le signal mauve est le résultat de la fonction mathématique de soustraction du signal de la voie 2 du signal de la voie 1. Modifions maintenant le déphasage des deux ondes sinusoïdales et observons les résultats.

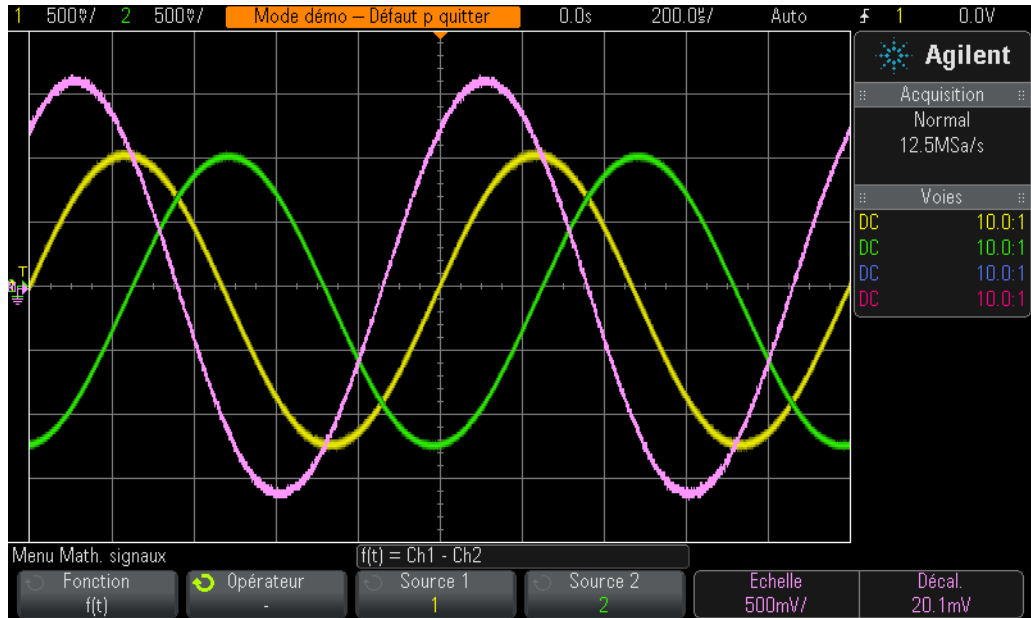


Illustration 42 Utilisation d'une fonction mathématique sur le signal pour soustraire la voie 2 de la voie 1.

- 11 Appuyez sur la touche **[Help]** (Aide) du panneau avant, puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 12 Appuyez sur la touche de fonction **Phase** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour modifier le déphasage.

Lorsque que le déphasage est de 180°, le signal mathématique résultant se trouvera sans surprise à son amplitude la plus élevée. Lorsque le décalage est de 0° ou de 360°, le signal mathématique résultant est un signal plat (0,0 V). Veuillez noter que vous pouvez modifier l'échelle du signal mathématique à l'aide des boutons rotatifs situés à droite du panneau avant de l'instrument à proximité de la touche **[Math]**. Réalisons maintenant une fonction mathématique complexe : FFT (Transformée de Fourier Rapide).

- 13 Appuyez sur **[Default Setup]** (Configuration par défaut).
- 14 Appuyez sur **[Help]** (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 15 Sélectionnez le signal « **Hge Imp trans** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 16 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **500 mV/div.**
- 17 Réglez le décalage de la voie 1 sur **1.00 V** environ afin de centrer le signal sur l'écran.
- 18 Appuyez sur le bouton rotatif du niveau de déclenchement pour régler le niveau de déclenchement à environ **50%**.

- 19 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **100.0 μ s/div.** Avec ce paramètre de base de temps, plusieurs cycles de signal d'horloge apparaîtront à l'écran. C'est une condition habituelle lors de la réalisation d'une fonction mathématique FFT de précision.
- 20 Appuyez sur la touche **[Math]** du panneau avant, puis sur la touche de fonction **Opérateur**.
- 21 Sélectionnez la fonction mathématique **FFT** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.

L'écran devrait maintenant être semblable à la [Illustration 43](#). L'oscilloscope affiche maintenant un signal du domaine du temps (Tension sur Temps) ainsi qu'un signal du domaine de la fréquence (Puissance en unités de dB sur Fréquence). Une fonction mathématique FFT divise les signaux en composants de fréquence de l'onde sinusoïdale individuelle. Si vous vous souvenez de certains de vos cours d'électronique et de physique, tous les signaux électriques, notamment les signaux numériques, sont composés de plusieurs ondes sinusoïdales de fréquences différentes. Un signal d'horloge idéale avec un rapport cyclique de 50 % devrait se composer d'un composant de fréquence de l'onde sinusoïdale fondamentale (fréquence répétitive du signal) et de ses harmoniques impaires (3e, 5e, 7e, etc.). Veuillez noter que les ondes carrées non idéales incluront également des harmoniques paires de niveau inférieur. Vérifions maintenant les fréquences des harmoniques fondamentales et paires.



Illustration 43 Fonction mathématique FFT sur une horloge numérique répétitive

- 22 Appuyez sur la touche **[Cursors]** (Courseurs) du panneau avant (à proximité du bouton rotatif Cursors).

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

- 23 Appuyez sur la touche de fonction **Source** est tourné ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour modifier la **Source** et la faire passer de voie **1** à **Math : f(t)**
- 24 Appuyez sur le bouton rotatif Cursors et sélectionnez le curseur **X1**.
- 25 Après avoir fermé le menu Cursors, tournez le bouton rotatif **Entrée** jusqu'à ce que le curseur X1 se trouve au sommet de la crête de fréquence la plus haute (du côté gauche de l'écran).
- 26 Appuyez à nouveau sur le bouton rotatif Cursors et sélectionnez le curseur **X2**.
- 27 Après avoir fermé le menu Cursors, tournez le bouton rotatif **Entrée** jusqu'à ce que le curseur X2 se trouve au sommet de la 2e crête de fréquence la plus élevée.
- 28 Quelle est la fréquence X1 et quel est le composant fondamental (lecture en bas de l'écran) ?

F1 = _____

- 29 Quelle est la fréquence X2 et quelle serait la 3e harmonique ?

F3 = _____

Veillez remarquer que la fréquence fondamentale de ce signal sur les oscilloscopes InfiniiVision 2000 X-Series n'est pas la même que celle des modèles 3000 X-Series.

Lab 14 : Utilisation de la Détection de crête pour surmonter le sous-échantillonnage

Tous les DSO et MSO ont une quantité fixe de mémoire d'acquisition. Il s'agit du nombre d'échantillons que l'oscilloscope peut numériser pour chaque cycle d'acquisition. Si la base de temps de l'instrument est réglée sur un paramètre s/div relativement rapide, tel que 20 ns/div, il disposera alors toujours d'une quantité suffisante de mémoire pour capturer un signal avec ce paramètre au moyen de sa fréquence d'échantillonnage maximale. Par exemple, si sa fréquence d'échantillonnage maximale est de 2 GSa/s (500 ps entre les échantillons), et si sa base de temps est réglée sur 20 ns/div, une mémoire d'acquisition de 400 points est tout ce dont il a besoin pour capturer et afficher un signal complet. À 20 ns/div, un signal complet sur l'écran de l'oscilloscope représenterait 200 ns (20 ns/div x 10 divisions horizontales). La mémoire requise pour remplir ce temps tout en réalisant toujours des échantillons à 2 GSa/s est donc uniquement de 400 points ($200\text{ns}/500\text{ps} = 400$).

Si vous réglez la base de temps de l'oscilloscope sur un paramètre s/div bien plus petit afin de capturer des signaux plus petits et un temps plus long, l'instrument doit alors réduire automatiquement sa fréquence d'échantillonnage afin de remplir le temps requis du signal. Tous les DSO et tous les MSO le font. Par exemple, supposons que vous souhaitez capturer un signal relativement lent et que vous devez régler la base de temps de l'instrument sur 10 ms/div (100 ms d'un bout à l'autre de l'écran). Si la mémoire maximale de l'oscilloscope est de 100 000 points, il devra alors réduire sa fréquence d'échantillonnage à 1 MSa/s ($100\text{ms}/100\text{k} = 1\ \mu\text{s}$ pour une période d'échantillonnage).

Même si dans la plupart des cas, cela ne pose pas problème, étant donné que le fait de capturer des signaux plus lents ne nécessite pas des fréquences d'échantillonnage rapides, que se passe-t-il si le signal d'entrée se compose d'une combinaison de caractéristiques de faible vitesse et de vitesse élevée ? Par exemple, que se passe-t-il si le signal d'entrée que vous souhaitez capturer est une onde sinusoïdale de 30 Hz avec des impulsions transitoires très étroites ? La capture d'une onde sinusoïdale de 30 Hz n'exige pas une fréquence d'échantillonnage rapide, mais la capture des impulsions transitoires étroites peut demander une fréquence très rapide. Configurons un test pour capturer un signal comme celui-ci.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 4 Sélectionnez le signal « **Sinu av imp trans** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

- 5 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **500.0 mV/div.**
- 6 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **10.00 ns/div.**
- 7 Appuyez sur le bouton **[Intensity]** (Intensité) (en dessous du bouton rotatif **Entrée**) et réglez l'intensité de la trace du signal sur **100 %** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.

À ce stade, une onde sinusoïdale semblable à la [Illustration 44](#) devrait apparaître. Mais si vous l'examinez de plus près, vous devriez également observer quelques impulsions transitoires (impulsions étroites) à proximité des crêtes de cette onde sinusoïdale. L'amplitude de ces impulsions transitoires semble varier (bondir vers le haut et vers le bas). L'amplitude de ces impulsions est en fait très stable. Le problème est que l'oscilloscope a réduit sa fréquence d'échantillonnage (la fréquence d'échantillonnage affichée sous le logo Agilent sur l'écran de l'oscilloscope) et l'instrument capture maintenant les impulsions transitoires étroites par intermittence. Il réalise un sous-échantillonnage des impulsions transitoires étroites. Il peut parfois capturer un point unique sur la crête d'une impulsion transitoire. Et parfois un point sur une transition de l'impulsion. Et parfois, il ne capture rien du tout sur l'impulsion transitoire (sa largeur est plus étroite que l'intervalle de l'échantillon). Cet oscilloscope possède un mode d'acquisition spécial dénommé « Détection de crête » qui résoudra ce problème. Activons-le.

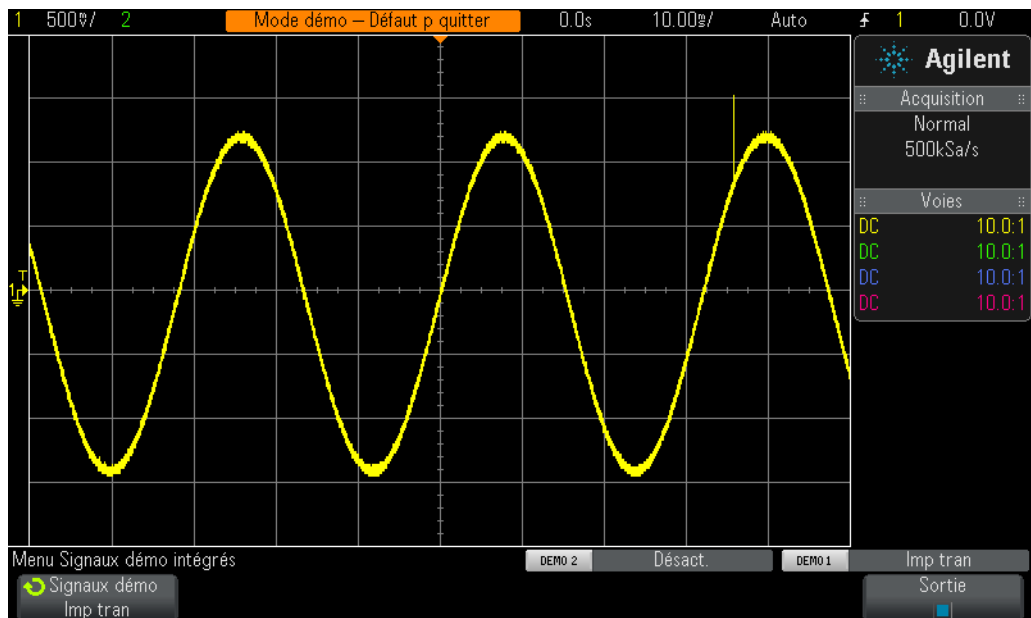


Illustration 44 La fréquence d'échantillonnage réduite automatiquement réalise un sous-échantillonnage de l'impulsion transitoire répétitive

- 8 Appuyez sur la touche **[Acquire]** du panneau avant (en dessous du bouton rotatif Cursors).

- 9 Appuyez sur la touche de fonction **Mode acq** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour sélectionner **Délect. crête**.

La hauteur des impulsions transitoires devrait maintenant sembler bien plus stable comme illustré à la [Illustration 45](#). Lorsque le mode d'acquisition **Détection de crête** a été sélectionné, l'oscilloscope décime intelligemment les données acquises à une fréquence d'échantillonnage plus élevée au lieu de réaliser des échantillons des signaux à une fréquence réduite. Par exemple, supposons que l'instrument doit fonctionner avec une fréquence d'échantillonnage représentant 1/100e de sa fréquence maximale. Cela reviendrait à le faire fonctionner avec sa fréquence d'échantillonnage maximale, mais en stockant uniquement tous les 1/100e de point. Ce n'est pas une façon intelligente de décimer. Avec le mode de détection de crête, l'instrument analysera en temps réel un groupe de 200 échantillons consécutifs (échantillons récoltés à une fréquence élevée) et stockera ensuite uniquement les valeurs maximum et minimum numérisées de ce groupe de 200 point, ce qui représente 2 points uniquement. Il s'agirait d'un facteur de décimation de 100.

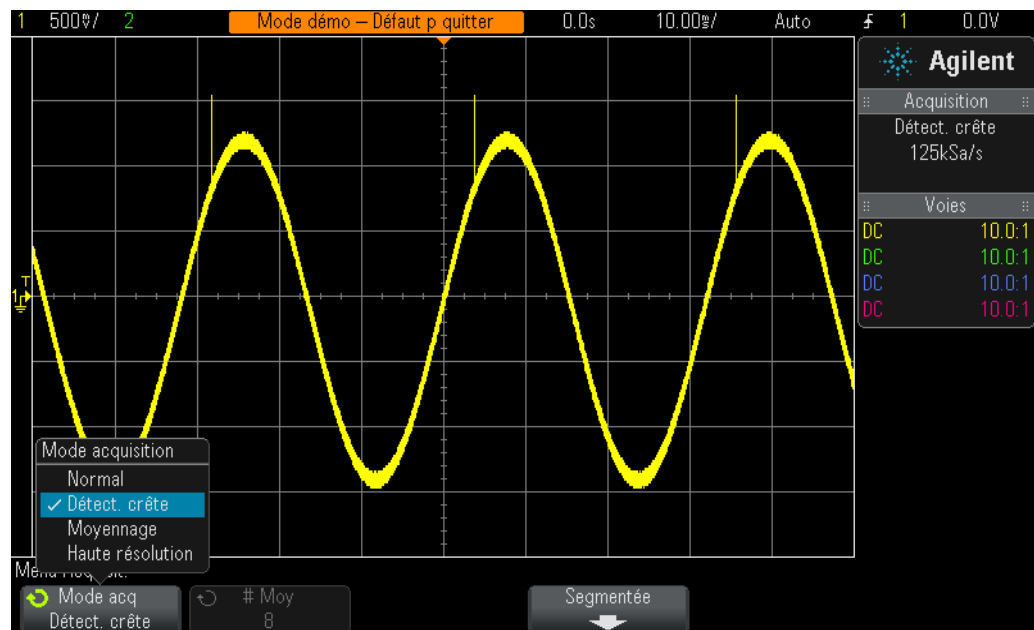


Illustration 45 Le mode d'acquisition Détection de crête capture de manière fiable les impulsions transitoires étroites sur l'onde sinusoïdale lente

Pourquoi ne pas toujours utiliser le mode **Détection de crête** ? Quelques compromis existent avec ce mode d'acquisition. Premièrement, la fréquence d'échantillonnage maximale absolue de l'oscilloscope est limitée. Deuxièmement, les points stockés ne sont PAS espacés de manière égale. Il s'agit là d'un critère important du théorème d'échantillonnage de Nyquist.

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

Pour cette application de mesure spécifique, l'utilisation du mode **Détection de crête** constitue un bon choix. Cependant, pour les autres applications de mesure, **Détection de crête** peut ne pas être le mode d'acquisition approprié.

Pour en savoir plus sur l'échantillonnage en temps réel de l'oscilloscope, reportez-vous au document d'Agilent intitulé : « *Evaluating Oscilloscope Sample Rates vs Sampling Fidelity* ». Cette note d'application est reprise à la fin de ce document avec les instructions de téléchargement.

Lab 15 : Utilisation de la mémoire segmentée pour capturer plus de signaux

L'acquisition de la mémoire segmentée est une option sous licence des oscilloscopes InfiniiVision 2000 et 3000 X-Series d'Agilent. Afin de réaliser ce laboratoire, votre instrument doit posséder cette option. Comme vous l'avez appris au cours du précédent laboratoire, tous les oscilloscopes ont une quantité limitée de mémoire d'acquisition. La quantité de mémoire d'acquisition de votre oscilloscope déterminera la longueur de temps qu'il peut capturer tout en utilisant une fréquence d'échantillonnage rapide. Vous pouvez toujours capturer une longue période de temps en configurant simplement la base de temps sur un paramètre s/div long. Cependant, l'instrument peut réduire automatiquement sa fréquence d'échantillonnage afin de capturer une période longue, ce qui réduira le détail d'acquisition du signal et la résolution des mesures. L'utilisation de ce mode d'acquisition Mémoire segmentée constitue une autre solution pour optimiser la mémoire et la fréquence d'échantillonnage, notamment lors d'une tentative de capture de plusieurs signaux avec un rapport cyclique faible. Essayons maintenant de capturer et d'afficher une rafale de radar simulé avec un rapport cyclique faible.

- 1 Assurez-vous que les deux sondes de votre oscilloscope sont toujours connectées entre les bornes dénommées Demo 1 et Demo 2 et les BNC d'entrée Voie 1 et Voie 2 respectivement.
- 2 Appuyez sur [**Default Setup**] (Configuration par défaut) sur le panneau avant de l'instrument.
- 3 Appuyez sur [**Help**] (Aide), puis sur la touche de fonction **Signaux démo**.
- 4 Sélectionnez le signal « **Rafale RF** » au moyen du bouton rotatif **Entrée**. Appuyez ensuite sur la touche de fonction **Sortie** pour l'activer.
- 5 Réglez le paramètre V/div. de la voie 1 sur **500.0 mV/div.**
- 6 Réglez la base de temps de l'oscilloscope sur **200.00 ns/div.**
- 7 Réglez le niveau de déclenchement de l'instrument sur **+700 mV** environ (~ 1,5 division au-dessus du centre de l'écran).
- 8 Appuyez sur le bouton [**Intensity**] (Intensité) (en dessous du bouton rotatif **Entrée**) et réglez l'intensité de la trace du signal sur **100 %** au moyen du bouton rotatif **Entrée**.

Une seule rafale d'ondes sinusoïdales semblable à la [Illustration 46](#) devrait apparaître. Établissons à nouveau l'échelle de la base de temps afin d'essayer de capturer quelques rafales.

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope

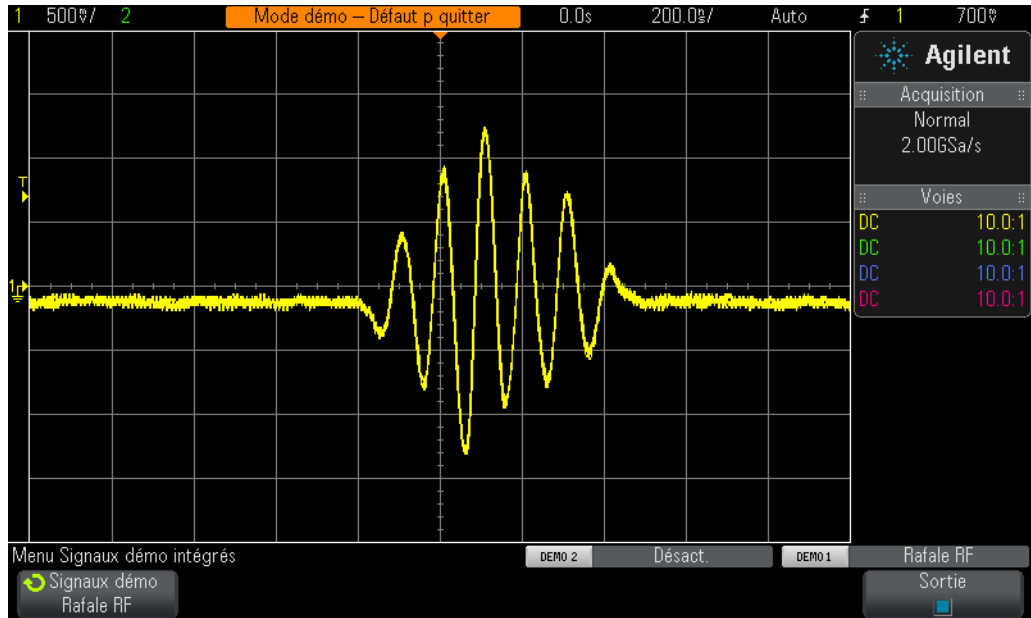


Illustration 46 Capture et affichage d'une rafale RF à 200.0 ns/div

- 9 Si vous utilisez l'oscilloscope Agilent 2000 X-Series (référence du modèle est indiqué sur l'écran), réglez sa base de temps de l'instrument sur **1.000 ms/div**.
- 10 Si vous utilisez un oscilloscope Agilent 3000 X-series, régler sa base de temps sur **10.000 ms/div**.

Lorsque nous essayons de capturer plusieurs rafales RF séparées de 4.0 ms, l'oscilloscope réalise des sous-échantillons et affiche des amplitudes variables du signal comme illustré à la [Illustration 47](#). À nouveau, cela s'explique par le fait que l'instrument a automatiquement réduit sa fréquence d'échantillonnage afin de capturer une période de temps plus longue avec sa quantité limitée de mémoire d'acquisition (les modèles 3000 X-Series ont une mémoire supérieure à celle des modèles 2000 X-Series). Réalisons un zoom et examinons de plus près ces données sous-échantillonnées.

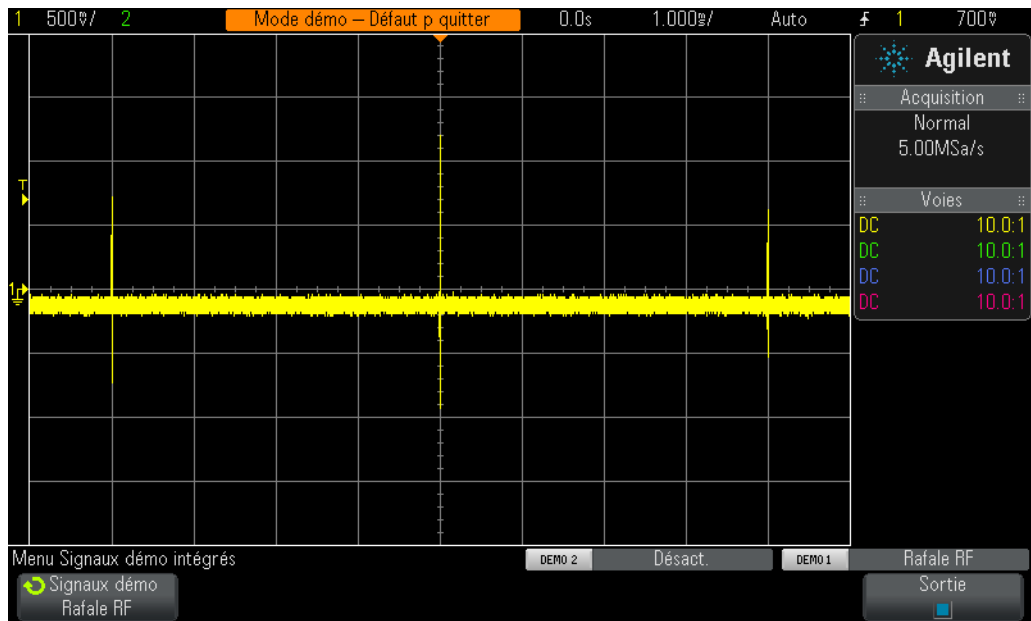


Illustration 47 Capture de plusieurs signaux de rafale RF au moyen d'un paramètre de base de temps plus lent

11 Appuyez sur [**Run/Stop**] pour arrêter les acquisitions répétitives (la touche [**Run/Stop**] deviendra rouge).

12 Réglez maintenant la base de temps de l'oscilloscope sur **200,0 ns/div.**

Après avoir acquis le signal avec un paramètre de base de temps plus lent et après avoir réalisé un zoom, nous pouvons clairement voir que notre signal a été sous-échantillonné. Les signaux en forme de triangle en sont la preuve, comme illustré à la [Illustration 48](#). Rappelez-vous qu'il s'agit d'une rafale d'ondes sinusoïdales.

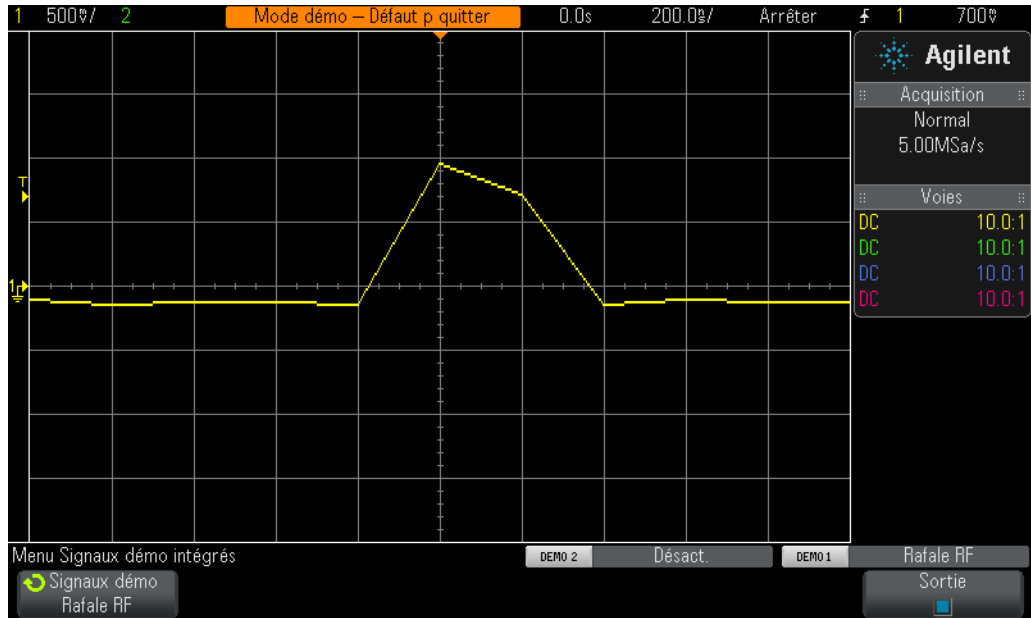


Illustration 48 Le zoom révèle un signal sous-échantillonné

Même si l'utilisation du mode Détection de crête nous a offert une mesure plus précise de l'amplitude des crêtes de chaque rafale au moment de leur capture avec un paramètre de base de temps plus long (Illustration 47), nous constatons que le signal est toujours sous-échantillonné après un zoom sur une trace stockée. Une autre solution serait d'acheter un oscilloscope avec une mémoire beaucoup plus grande. Mais le département de physique de votre université ne peut peut-être pas se permettre cette solution. Utilisons maintenant le mode d'acquisition Mémoire segmentée de l'instrument afin de capturer plusieurs rafales avec une résolution élevée.

- 13 Appuyez sur [**Run/Stop**] pour recommencer des acquisitions répétitives avec la base de temps toujours réglée sur 200.0 ns/div (la touche [**Run/Stop**] devrait être verte).
- 14 Appuyez sur la touche [**Acquire**] du panneau avant (à proximité du bouton rotatif Cursors) et appuyez ensuite sur la touche de fonction **Segmentée** (uniquement disponible si elle est sous licence avec l'option SGM).
- 15 Tournez le bouton rotatif **Entrée** jusqu'à **n° de segs = 25**.
- 16 Appuyez maintenant sur la touche de fonction **Segmentée** pour activer ce mode d'acquisition.

L'oscilloscope devrait avoir capturé 25 occurrences consécutives de cette rafale. Analysons-les.

- 17 Appuyez sur la touche de fonction **Ség actif** et tournez ensuite le bouton rotatif **Entrée** pour analyser les 25 signaux.

18 Réglez maintenant **Ség actif = 25** au moyen du bouton rotatif **Entrée** (segment/signal capturé en dernier).

En capturant des rafales consécutives de signaux avec un rapport cyclique faible, l'oscilloscope a également posé « des étiquettes de temps » sur chaque segment/signal afin de connaître le temps de capture du segment/signal par rapport au premier segment/signal capturé. Les étiquettes de temps sont affichées dans le coin inférieur gauche de l'écran. Le segment n° 25 devrait avoir une étiquette de temps d'environ 96 ms avec une indication de l'heure du jour comme illustré à la [Illustration 49](#). Le signal capturé devrait également avoir une résolution très élevée étant donné que l'instrument a utilisé sa fréquence d'échantillonnage maximale pour capturer chaque signal. Si vous essayez de capturer une période de temps de ~ 100 ms (10 ms/div) au moyen du mode d'acquisition Normal de l'oscilloscope, ce dernier aura diminué de manière considérable sa fréquence d'échantillonnage et aura donc fourni une résolution d'échantillonnage extrêmement mauvaise sur chaque rafale.

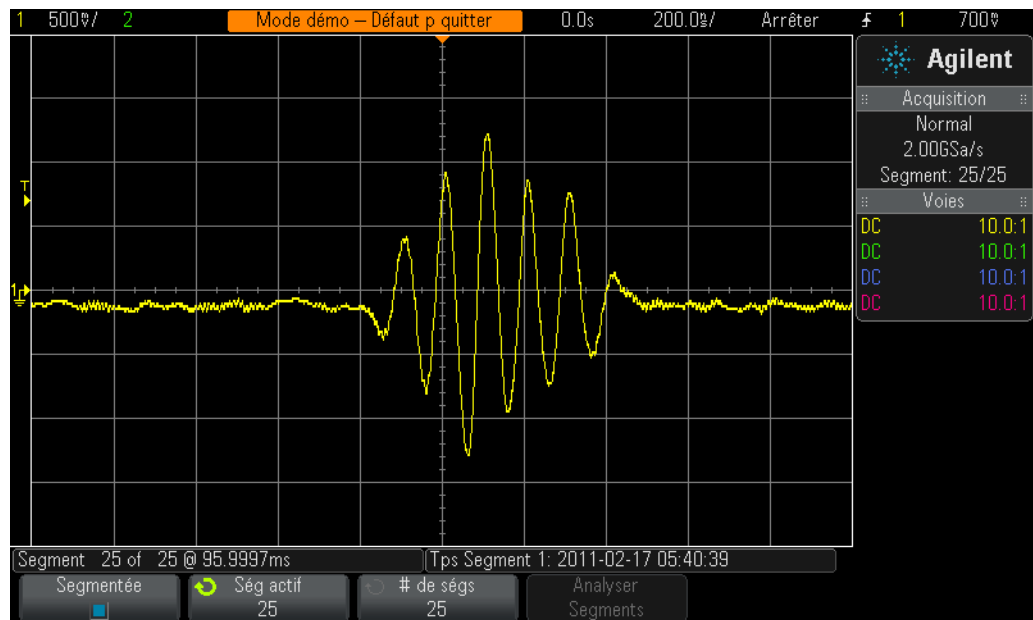
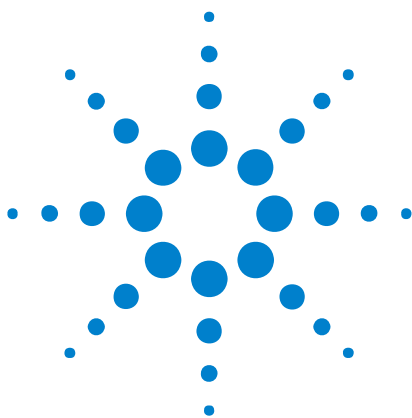


Illustration 49 Utilisation de l'acquisition Mémoire segmentée pour capturer plus de signaux avec une résolution élevée

L'acquisition Mémoire segmentée optimise la mémoire d'acquisition de l'oscilloscope en capturant uniquement les données des signaux autour de petites parties (ou segments) d'un signal (une courte rafale d'ondes sinusoïdales). L'oscilloscope ne capture pas le temps mort du signal sans importance entre chaque rafale. L'acquisition Mémoire segmentée peut également être un outil très utile pour capturer plusieurs séries de paquets de données numériques.

3 Laboratoires sur les mesures avancées de l'oscilloscope



4 Résumé

Littérature d'Agilent sur ce sujet 88

SI vous avez été en mesure d'achever tous les laboratoires de ce guide et de ce tutoriel de laboratoire sur l'oscilloscope, vous devriez maintenant disposer d'une très bonne compréhension de l'instrument et de son fonctionnement. Ils vous aideront non seulement à réaliser plus efficacement vos expériences sur circuit et avoir une compréhension plus étendue des concepts théoriques, mais vous serez également capable de déboguer vos conceptions plus rapidement et de mettre vos produits plus rapidement sur le marché lorsque vous serez diplômé et que vous commencerez à utiliser des oscilloscopes pour vérifier et tester vos conceptions dans l'industrie. Si vous souhaitez en savoir plus sur les oscilloscopes et ses mesures, Agilent fournit un large éventail de notes d'application sur ce sujet reprises à la page suivante.

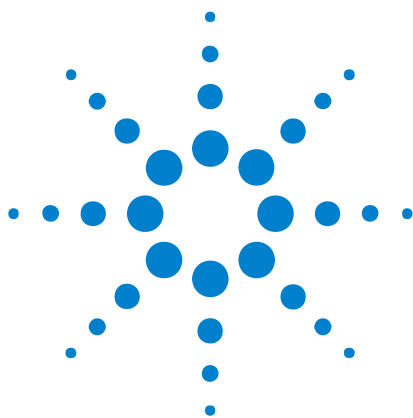


Littérature d'Agilent sur ce sujet

Tableau 1 Littérature d'Agilent sur ce sujet

Titre de la publication	Type de publication	Référence de publication
Evaluating Oscilloscope Fundamentals	Note d'application	5989-8064EN
Evaluating Oscilloscope Bandwidths for your Applications	Note d'application	5989-5733EN
Evaluating Oscilloscope Sample Rates vs. Sampling Fidelity	Note d'application	5989-5732EN
Evaluating Oscilloscopes for Best Waveform Update Rates	Note d'application	5989-7885EN
Evaluating Oscilloscope Vertical Noise Characteristics	Note d'application	5989-3020EN
Evaluating Oscilloscopes for Best Display Quality	Note d'application	5989-2003EN
Evaluating Oscilloscopes to Debug Mixed-signal Designs	Note d'application	5989-3702EN
Evaluating Oscilloscope Segmented Memory for Serial Bus Applications	Note d'application	5990-5817EN

Pour télécharger ces documents, insérez la référence de publication dans l'URL : <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/xxxx-xxxxEN.pdf>



A

Schéma de principe et théorie de fonctionnement de l'oscilloscope

Schéma de principe du DSO 90

Bloc ADC 90

Bloc de l'atténuateur 91

Bloc de tension continue de décalage 91

Bloc amplificateur 91

Comparateur de déclenchement et blocs de logique de déclenchement 92

Blocs de base de temps et de mémoire d'acquisition 93

Bloc DSP de l'écran 94



Schéma de principe du DSO

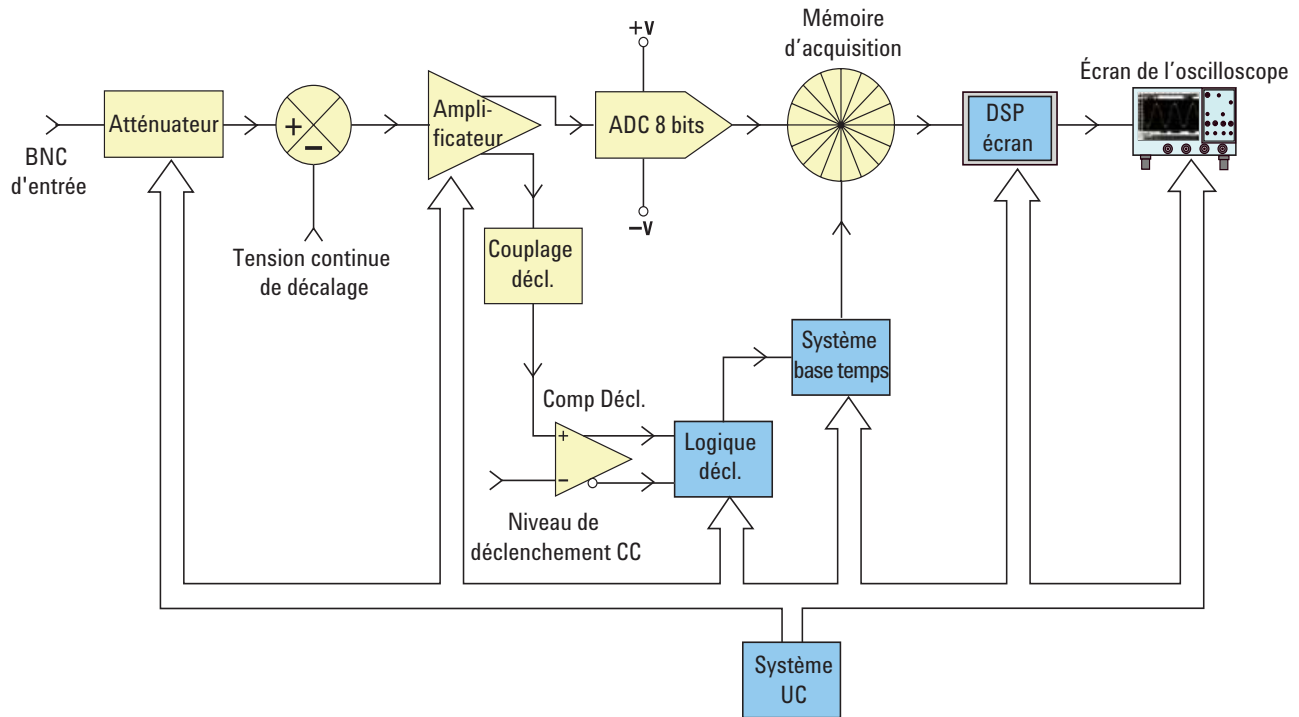


Illustration 50 Schéma de principe du DSO

Illustration 50 présente le schéma de principe d'une voie d'acquisition d'un oscilloscope de stockage numérique classique (DSO). Les blocs jaunes représentent les composants du système propres à une seule voie d'acquisition, telle que la voie 1 ou la voie 2. Les blocs bleus représentent les composants du système communs à toutes les voies d'acquisition, telles que la base de temps commune de l'oscilloscope et le système UC.

Bloc ADC

À proximité du centre de ce schéma de principe se trouve le convertisseur analogique-numérique (ADC). Le bloc et le noyau/le composant central de tous les DSO. La fonction de ce bloc est de convertir l'entrée analogique en une série de mots numériques. La plupart des DSO actuels utilisent des ADC de 8 bits qui fourniront 256 niveaux/codes uniques de sortie numérique. Ces codes binaires numériques sont stockés dans la mémoire d'acquisition de l'oscilloscope. Nous aborderons ce sujet plus tard. Si le niveau d'entrée analogique sur l'ADC est égal ou inférieur à $-V$, la sortie de l'ADC sera alors 00000000 (0 décimale). Si le niveau d'entrée analogique sur l'ADC est égal ou

supérieur à $-V$, la sortie de l'ADC sera alors 11111111 (255 décimales). Si le niveau d'entrée analogique sur l'ADC est égal à 0,0 V, la sortie de l'ADC sera alors 10000000 (128 décimales).

Afin d'obtenir des mesures avec la résolution et la précision la plus élevée, l'entrée sur l'ADC doit être proportionnée à sa gamme dynamique, c'est-à-dire $\pm V$. Même si l'ADC a une gamme dynamique d'entrée limitée et fixe basée sur ses tensions de référence ($\pm V$), les oscilloscopes doivent être en mesure de capturer une large gamme dynamique des signaux incluant des signaux d'entrée de niveau élevé et faible. La mise à l'échelle de l'entrée analogique de l'ADC pour correspondre à sa gamme dynamique est réalisée par la fonction combinée de l'atténuateur, de la tension continue de décalage et des blocs amplificateurs dont nous parlerons plus tard.

Bloc de l'atténuateur

Le bloc de l'atténuateur est en réalité un réseau de diviseurs de résistance utilisé pour mettre le signal d'entrée à l'échelle afin qu'il corresponde à l'ADC et à l'amplificateur analogique à gain variable de l'oscilloscope. Lors de l'entrée d'un signal d'entrée de niveau élevé tel que 40 Vpp, le niveau de signal doit être réduit (atténué). Si un signal d'entrée de niveau faible tel que 10 mVpp entre, il passe alors par l'amplificateur sans atténuation (1:1). Lorsque vous modifiez le paramètre V/div de l'oscilloscope, vous pouvez entendre des clics. Ce clic correspond à des relais mécaniques qui commutent différents réseaux de diviseurs de résistances. Veuillez remarquer que le bloc de l'atténuateur inclut également la commutation de l'impédance d'entrée sélectionnable par l'utilisateur (1 M Ω ou 50 Ω) ainsi que le couplage d'entrée CA ou CC.

Bloc de tension continue de décalage

Lors de l'entrée d'un signal avec une tension continue de décalage tel qu'un signal numérique oscillant entre 0 V et 5 V, si nous souhaitons afficher ce signal au centre de l'écran de l'oscilloscope, une tension continue de décalage interne de la polarité opposée doit être ajoutée au signal afin de le décaler pour qu'il corresponde à la gamme dynamique de l'ADC. L'autre solution est de sélectionner le couplage CA pour éliminer le composant CC du signal d'entrée.

Bloc amplificateur

La dernière étape du traitement analogique pour mettre le signal d'entrée à l'échelle afin qu'il corresponde à la gamme dynamique du système ADC se trouve au niveau de l'amplificateur à gain variable. Si un signal d'entrée de niveau très faible entre, vous devriez normalement régler le paramètre V/div sur un paramètre relativement faible. Avec un paramètre V/div faible, le signal passerait alors l'étape de l'atténuateur pour aller directement à l'amplificateur

sans atténuation (gain=1) et l'amplificateur décuplerait (gain >1) l'amplitude du signal afin de tirer profit de la gamme dynamique complète de l'ADC. Si un signal d'entrée de niveau très élevé entre, vous devriez normalement régler le paramètre V/div sur un paramètre relativement élevé. Avec un paramètre V/div élevé, l'atténuateur atténuerait d'abord le signal d'entrée (gain < 1) pour qu'ils correspondent à la gamme dynamique de l'amplificateur et l'amplificateur atténuerait davantage le signal (gain <1) pour qu'il corresponde à la gamme dynamique de l'ADC.

Veillez remarquer que lorsque vous sélectionnez un paramètre V/div spécifique, l'oscilloscope détermine automatiquement la quantité nécessaire d'atténuation dans le bloc de l'atténuateur et la quantité nécessaire de gain (ou éventuellement d'atténuation supplémentaire) dans le bloc amplificateur. Vous pouvez considérer le bloc de l'atténuateur, le bloc de tension continue de décalage et le bloc amplificateur comme un bloc de traitement du signal d'entrée analogique qui conditionne de manière linéaire un signal représentant le signal d'entrée pour qu'il corresponde à la gamme dynamique du bloc ADC basé sur le paramètre V/div et de décalage de cette voie spécifique de l'oscilloscope.

Comparateur de déclenchement et blocs de logique de déclenchement

Le but du comparateur de déclenchement et des blocs de logique de déclenchement est d'établir un instant unique sur le signal d'entrée (ou une combinaison de plusieurs signaux d'entrée) sur lequel une acquisition synchronisée est établie. Après avoir terminé le laboratoire 2 de ce document (Découverte des principes de base du déclenchement de l'oscilloscope), vous devriez mieux comprendre le principe du déclenchement.

Supposons que votre signal d'entrée est une onde sinusoïdale et que vous souhaitez déclencher des acquisitions sur le front montant de l'onde à un niveau de 50 %. Dans ce cas, la sortie non inversée du comparateur de déclenchement serait une onde carrée avec un rapport cyclique de 50 %. Si vous réglez le niveau de déclenchement au-dessus de 50 %, la sortie non inversée du comparateur de déclenchement serait inférieure à 50 %. Inversement, si vous régler le niveau de déclenchement en dessous de 50 %, la sortie non inversée serait alors supérieure à 50 %. Si le déclenchement se base sur un croisement de front positif d'une voie unique, le bloc de logique de déclenchement passe la sortie non inversée du comparateur de déclenchement pour aller au bloc de base de temps. Si vous avez sélectionné un déclenchement sur un croisement de front négatif d'une voie unique, le bloc de logique de déclenchement passerait la sortie inversée du comparateur de déclenchement pour aller au bloc de base de temps. Le bloc de base de temps utilise ensuite le front montant du signal de déclenchement comme instant de synchronisation unique. Veillez également remarquer que le déclenchement peut se baser sur de nombreuses autres variables incluant la qualification par rapport au temps et une combinaison de signaux d'entrée provenant de plusieurs voies d'entrée.

Blocs de base de temps et de mémoire d'acquisition

Le bloc de base de temps contrôle le moment où l'échantillonnage de l'ADC commence et s'arrête par rapport à l'événement de déclenchement. En outre, le bloc de base de temps contrôle la fréquence d'échantillonnage de l'ADC basée sur la quantité de mémoire d'acquisition disponible et le paramètre de base de temps de l'oscilloscope. Par exemple, supposons que l'oscilloscope a été configuré pour déclencher exactement au centre de l'écran (paramètre par défaut) au moyen d'un paramètre de base de temps de 1 ms/div. Supposons également pour plus de simplicité que la quantité de mémoire d'acquisition de l'oscilloscope est de 1000 points. Avec ces hypothèses, l'oscilloscope devrait acquérir 500 points avant l'événement de déclenchement et 500 points après l'évènement. Avec ce paramètre de base de temps, l'oscilloscope va acquérir 1000 points sur un intervalle de temps de 10 ms (1 ms/div x 10 divisions). Même si la fréquence d'échantillonnage maximale de l'oscilloscope peut être de 2 GSa/s, avec ce paramètre de base de temps, le bloc de base de temps réduira la fréquence d'échantillonnage continu à 100 000 échantillons/s (Fréquence d'échantillonnage = Mémoire/Intervalle de temps = 1000 échantillons/10ms = 100 000 Sa/s).

Lorsque l'on appuie sur la touche Run, le bloc de base de temps permet le stockage continu de données numérisées dans la mémoire d'acquisition « circulaire » de l'oscilloscope à la fréquence d'échantillonnage appropriée (100 000 Sa/s). Alors que le bloc de base de temps incrémente l'adressage du tampon de la mémoire d'acquisition circulaire après chaque échantillon, il compte également le nombre d'échantillons pris jusqu'à 500 (si la capacité de la mémoire est de 1000 et si le déclenchements s'effectue au centre de l'écran). Après avoir déterminé que 500 échantillons au minimum ont été stockés (c'est-à-dire qu'au moins la moitié de la mémoire d'acquisition est remplie), le bloc de base de temps permet ensuite le déclenchement et commence à rechercher le premier front montant du comparateur de déclenchement de sortie (si le mode de déclenchement sur front unique est activé). Lors de la recherche de l'évènement de déclenchement, les acquisitions continuent à être stockées dans le tampon de la mémoire d'acquisition circulaire de l'oscilloscope. Si l'évènement de déclenchement est très peu fréquent, les échantillons stockés peuvent en fait être supprimés en attendant cet événement. Ce procédé est acceptable. Une fois que l'évènement de déclenchement est détecté, le bloc de base de temps commence alors à compter à nouveau jusqu'à 500. Lorsque 500 échantillons supplémentaires ont été stockés, le bloc de base de temps désactive (arrête) l'échantillonnage. Les 500 derniers échantillons stockés représentent donc les points séquentiels sur le signal apparu *après* l'évènement de déclenchement, alors que les 500 points précédents représentent les points séquentiels sur le signal apparu *avant* cet évènement. À ce stade, l'opération retourne au bloc DSP de l'écran.

Même si nous utilisons un exemple de déclenchement au centre de l'écran, vous pouvez positionner le point de déclenchement à n'importe quel emplacement à l'aide de la commande de retard/position horizontale.

Par exemple, si vous ajustez le retard de telle sorte que le point de déclenchement survient au point 75 % le long de l'axe horizontal (par rapport au côté gauche de l'écran), le bloc de base de temps règle alors le compteur pour stocker d'abord 750 points (dans l'hypothèse où la capacité de la mémoire est de 1000 points) avant d'activer le déclenchement et capture ensuite 250 points supplémentaires après la détection de l'événement de déclenchement.

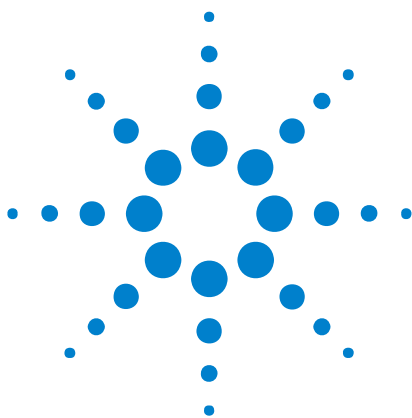
Bloc DSP de l'écran

Une fois qu'une acquisition est terminée, le bloc DSP de l'écran revient alors sur les données stockées dans le bloc de mémoire d'acquisition dans une séquence dernier entré, premier sorti. Le bloc DSP de l'écran peut non seulement réaliser rapidement un traitement du signal numérique sur les données stockées tel qu'un filtre de reconstruction numérique $\text{Sin}(x)/x$, mais peut également « mener » les données stockées et/ou traitées dans la mémoire d'affichage des pixels de l'oscilloscope. Après que les données ont été « sorties » de la mémoire d'acquisition, le bloc DSP signale ensuite au bloc de base de temps qu'il peut commencer une autre acquisition.

Veillez noter que les générations précédentes de DSO n'incluaient pas un bloc DSP de l'écran explicite. Cette fonction était habituellement gérée par le système UC de l'oscilloscope, mais avec une efficacité bien moindre qui produisait des taux d'actualisation du signal beaucoup plus faible. Avec le traitement DSP de l'écran personnalisé, certains DSO actuels peuvent actualiser les signaux un taux de 1 000 000 signaux/s.

TIP

Pour en savoir plus sur les principaux fondamentaux des oscilloscopes, téléchargez la note d'Agilent sur l'application intitulée *Evaluating Oscilloscope Fundamentals* (évaluation des principes fondamentaux des oscilloscopes). Cette publication est reprise de la section « [Littérature d'Agilent sur ce sujet](#) » de ce document avec les instructions de téléchargement.



B Tutoriel sur la bande passante de l'oscilloscope

Définition de la bande passante de l'oscilloscope	95
Bande passante nécessaire pour les applications analogiques	97
Bande passante nécessaire pour les applications numériques	98
Comparaisons des mesures d'horloges numériques	100

Les oscilloscopes ont de nombreuses spécifications différentes qui déterminent la précision avec laquelle les signaux peuvent être capturés et mesurés. La première spécification d'un oscilloscope est sa bande passante. Les oscilloscopes que vous utilisez lors des laboratoires en tant qu'élève-ingénieur ont probablement une bande passante suffisante pour la plupart, voire la totalité, des expériences que votre professeur(e) vous demande de réaliser. Lorsque vous obtenez finalement votre diplôme d'ingénieur et que vous entrez dans l'industrie de l'électronique, vous devrez plus que probablement sélectionner un oscilloscope à partir d'un groupe d'instruments de votre société afin de réaliser des tests sur vos conceptions ou l'on vous demandera peut-être d'évaluer différents oscilloscopes en vue d'un achat. Ce tutoriel sur la bande passante de l'oscilloscope vous fournira quelques conseils utiles sur la façon de sélectionner un instrument avec la bande passante appropriée pour vos applications numériques et analogiques. Établissons d'abord une définition de la bande passante de l'oscilloscope.

Définition de la bande passante de l'oscilloscope

Tous les oscilloscopes affichent une réponse en fréquence passe-bas qui circule à des fréquences plus élevées comme illustré à la [Illustration 51](#). La plupart des oscilloscopes avec des spécifications de bande passante de 1 GHz ou inférieures ont habituellement ce que l'on appelle une réponse en fréquence gaussienne. La réponse en fréquence gaussienne de l'oscilloscope se rapproche d'un filtre passe-bas unipolaire que vous avez peut-être déjà étudié sur certains circuits et peut-être représenté graphiquement en tant que relation de Bode.



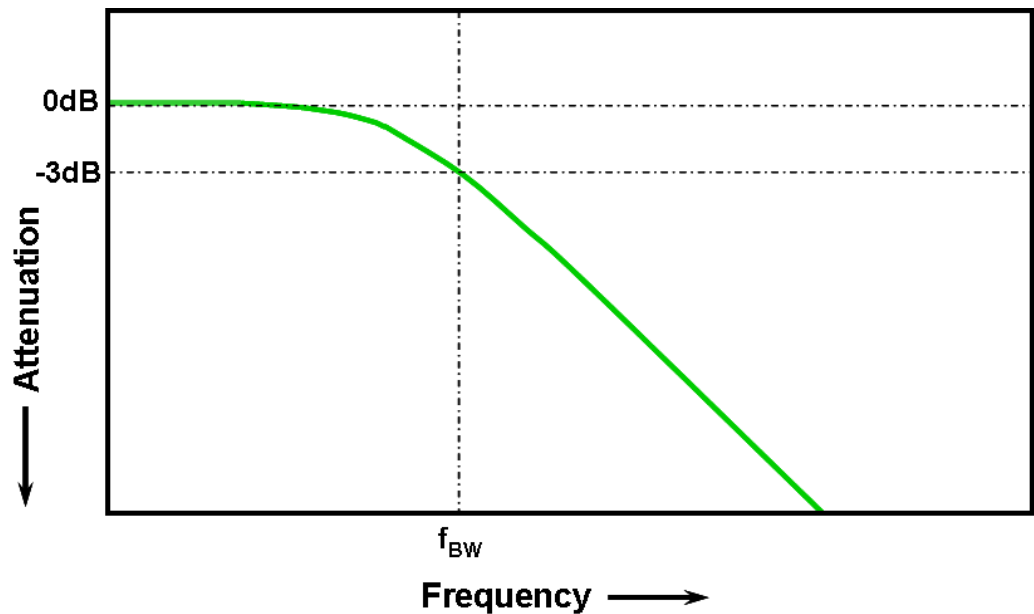


Illustration 51 Réponse en fréquence gaussienne de l'oscilloscope

La fréquence la plus faible à laquelle le signal d'entrée est atténué de 3 dB est considérée comme la bande passante de l'oscilloscope (f_{BP}). L'atténuation du signal à la fréquence -3 dB se traduit en une erreur d'amplitude d'environ -30%. En d'autres termes, si vous entrez une onde sinusoïdale 1 Vp-p, 100 MHz dans un oscilloscope avec une bande passante de 100 MHz, la tension crête à crête mesurée à l'aide de cet instrument se situerait dans une fourchette d'environ 700 mVp-p (-3 dB = 20 Log [0.707/1.0]). Vous ne devez donc pas vous attendre à effectuer des mesures précises sur des signaux dont les fréquences importantes sont proches de la bande passante de votre oscilloscope.

Les caractéristiques du temps de montée de l'oscilloscope sont étroitement liées à celles de sa bande passante. Les oscilloscopes ayant une réponse en fréquence de type gaussien présenteront un temps de montée approximatif de $0,35/f_{BP}$ sur la base d'un critère compris entre 10 % et 90 %. Vous devez cependant vous rappeler que le temps de montée d'un oscilloscope n'est pas la vitesse de front la plus rapide qu'il peut mesurer avec précision. Il s'agit de la vitesse de front la plus rapide qu'il peut éventuellement produire si le signal d'entrée a un temps de montée théorique d'une rapidité infinie (0 ps). Même si cette spécification théorique est impossible à tester d'un point de vue pratique (étant donné que les générateurs d'impulsion n'ont pas de fronts avec une rapidité infinie), vous pouvez tester le temps de montée de votre oscilloscope en entrant une impulsion dont la vitesse des fronts est 5 à 10 fois plus rapide que la spécification de temps de montée de l'instrument.

Bande passante nécessaire pour les applications analogiques

Il y a des années, les vendeurs d'oscilloscope conseillaient que la bande passante de l'instrument soit au moins trois fois plus élevée que la fréquence maximale du signal d'entrée. Cette recommandation empirique peut être celle dont votre professeur(e) se souvient. Même si ce facteur de multiplication « 3X » ne s'applique pas aux applications numériques basées sur des fréquences d'horloge ou des vitesses de front, elle s'applique aux applications analogiques telles que RF modulé. Pour comprendre ce facteur de multiplication, examinons une réponse en fréquence réelle d'un oscilloscope avec une bande passante de 1 GHz.

Illustration 52 représente un test de réponse en fréquence (1 MHz à 2 GHz) mesuré sur un oscilloscope Agilent avec une bande passante de 1 GHz. Comme vous pouvez le constater, à 1 GHz exactement, la sortie mesurée (signal sur l'écran de l'oscilloscope) est atténuée d'un peu moins de 3 dB ($V_o/V_i > 0.7$). Afin de réaliser des mesures précises sur les signaux analogiques, vous devez utiliser l'oscilloscope dans la partie de la bande de fréquences où elle est relativement plate avec une atténuation minimale. À environ un tiers de la bande passante de 1 GHz de l'oscilloscope, l'instrument affiche une atténuation très petite (-0.2 dB).

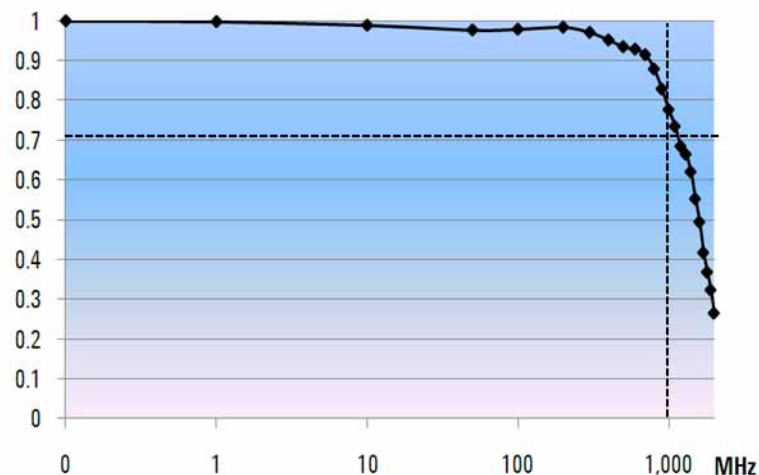


Illustration 52 Réponse en fréquence réelle sur un oscilloscope Agilent avec une bande passante de 1 GHz

Bande passante nécessaire pour les applications numériques

La grande majorité des ingénieurs diplômés d'aujourd'hui se concentreront sur des applications numériques lorsqu'ils entreront dans l'industrie de l'électronique. Les fréquences d'horloge numérique et les liaisons de données en série dans des fourchettes de plusieurs Giga bits/s sont très fréquentes à l'heure actuelle.

Méthode empirique

Selon la méthode empirique, la bande passante de votre oscilloscope devrait être au moins cinq fois plus élevée que la fréquence d'horloge numérique la plus rapide du système sous mesures. Si votre oscilloscope répond à ce critère, il sera alors en mesure de capturer jusqu'à la cinquième harmonique avec une atténuation minimale du signal. Ce composant du signal est très important pour déterminer la forme globale de vos signaux numériques.

$$f_{BP} \geq 5 \times f_{clk}$$

Si vous devez réaliser des mesures précises sur les front à vitesse élevée, cette formule simple ne prend pas en compte les composants de fréquence plus élevée intégrés dans les fronts montants et descendants rapides.

Etape 1 : Déterminer les vitesses de front les plus rapides

Une méthode plus précise pour déterminer la bande passante requise est de vérifier la fréquence maximale présente sur vos signaux numériques qui n'est pas la fréquence d'horloge maximale. La fréquence maximale se basera sur les vitesses de front les plus rapides de vos conceptions. La première chose à faire est de déterminer les temps de montée et de descente de signaux les plus rapides. Ces informations sont généralement disponibles dans les spécifications publiées pour les appareils utilisés dans vos conceptions.

Etape 2 : Calculer f_{coude}

Vous pouvez ensuite utiliser une simple formule pour calculer le composant de fréquence « pratique » maximum. Dr. Howard W. Johnson a rédigé un livre sur ce sujet : « *High-speed Digital Design - A Handbook of Black Magic* ». ¹ Il se réfère à ce composant de fréquence en tant que fréquence « inflexion » ($f_{inflexion}$). Tous les fronts rapides ont un spectre infini de composants de fréquence. Toutefois, il existe une inflexion (une « inflexion ») dans le spectre de fréquences des fronts rapides pour laquelle les composantes fréquentielles supérieures à $f_{inflexion}$ sont négligeables dans la détermination de la forme du signal.

$$f_{\text{inflexion}} = 0,5/RT \text{ (10\% 90\%)}$$

$$f_{\text{inflexion}} = 0,4/RT \text{ (20\% 80\%)}$$

Pour les signaux avec des caractéristiques de temps de montée basées sur les seuils 10 % à 90 %, f_{coude} est égal à 0,5 divisé par le temps de montée du signal. Pour les signaux avec des caractéristiques de temps de montée basées sur les seuils 20% à 80%, très fréquents dans la plupart des spécifications des appareils actuels, $f_{\text{inflexion}}$ est égal à 0,4 divisé par le temps de montée du signal. Ne confondez pas ces temps de montée avec le temps de montée spécifique de l'oscilloscope. Nous parlons des vitesses de front du signal réel.

Etape 3 : Calculer la bande passante de l'oscilloscope

La troisième étape sert à déterminer la bande passante de l'oscilloscope nécessaire pour mesurer ce signal, basée sur votre degré de précision souhaitée au moment de mesurer le temps de montée et de descente. [Tableau 2](#) illustre le facteur de multiplication des différents degrés de précision des oscilloscopes avec une réponse en fréquence gaussienne.

Tableau 2 Facteurs de multiplication pour calculer la bande passante requise sur base de la précision souhaitée

Précision requise	Bande passante requise
20%	$f_{\text{BP}} = 1,0 \times f_{\text{inflexion}}$
10%	$f_{\text{BP}} = 1,3 \times f_{\text{inflexion}}$
3%	$f_{\text{BP}} = 1,9 \times f_{\text{inflexion}}$

Exemple

Présentons maintenant cet exemple simple :

Déterminez la bande passante minimale requise d'un oscilloscope avec une fréquence en réponse gaussienne pour mesurer un temps de montée de 1 ns (10-90%)

Si le signal a un temps de montée/descente d'environ 1 ns (basé sur un critère de 10% à 90%), le composant de fréquence pratique maximum ($f_{\text{inflexion}}$) du signal serait environ 500 MHz.

$$f_{\text{inflexion}} = 0,5/1 \text{ ns} = 500 \text{ MHz}$$

Si vous êtes capable de tolérer des erreurs de temps de 20 % max. lors de la réalisation des mesures paramétriques du temps de montée et de descente sur vos signaux, vous pourrez utiliser un oscilloscope avec une largeur de bande de 500 MHz pour vos applications de mesure numérique. Si vous avez besoin d'une précision de temps dans une fourchette de 3 %, un oscilloscope avec une bande passante de 1 GHz constituera un choix plus approprié.

Précision de temps de 20% :

Bande passante de l'oscilloscope = $1,0 \times 500 \text{ MHz} = 500 \text{ MHz}$

Précision de temps de 3% :

Bande passante de l'oscilloscope = $1,9 \times 500 \text{ MHz} = 950 \text{ MHz}$

Réalisons maintenant quelques mesures sur un signal d'horloge numérique avec des caractéristiques semblables à cet exemple, au moyen d'oscilloscopes avec des bandes passantes différentes...

Comparaisons des mesures d'horloges numériques

Illustration 53 présente les résultats du signal lorsque l'on mesure un signal d'horloge numérique de 100 MHz avec des vitesses de front élevées au moyen d'un oscilloscope avec une bande passante de 100 MHz. Comme vous pouvez le constater, cet oscilloscope traverse la fréquence fondamentale de 100 MHz de ce signal d'horloge et le représente comme une onde sinusoïdale approximative. Un oscilloscope de 100 MHz peut être une solution appropriée pour la plupart des conceptions 8 bits basées sur des microcontrôleurs avec des fréquences d'horloge allant de 10 MHz à 20 MHz. Une bande passante de 100 MHz est clairement insuffisante pour ce signal d'horloge numérique de 100 MHz.

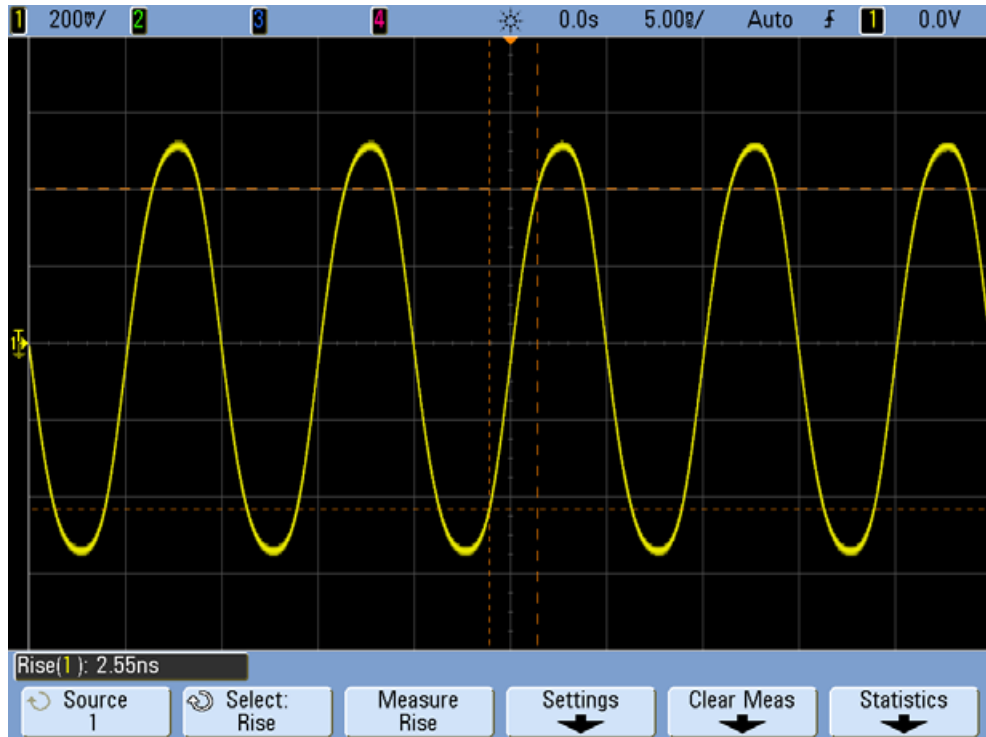


Illustration 53 Signal d'horloge numérique de 100 MHz capturé sur un oscilloscope avec une bande passante de 100 MHz

Avec un oscilloscope avec une bande passante de 500 MHz, [Illustration 54](#) montre qu'il est capable de capturer jusqu'à la cinquième harmonique, qui constituait notre première recommandation empirique. Mais lorsque nous mesurons le temps de montée, nous constatons que l'oscilloscope mesure environ 750 ps. Dans ce cas, l'oscilloscope ne réalise pas une mesure très précise du temps de montée de ce signal. Il mesure en fait quelque chose qui se rapproche de son propre temps de montée (700 ps) et non du temps de montée du signal d'entrée, qui est proche de 500 ps. Nous avons besoin d'un oscilloscope avec une bande passante plus élevée pour cette application de mesure numérique si les mesures de temps sont importantes.

B Tutoriel sur la bande passante de l'oscilloscope

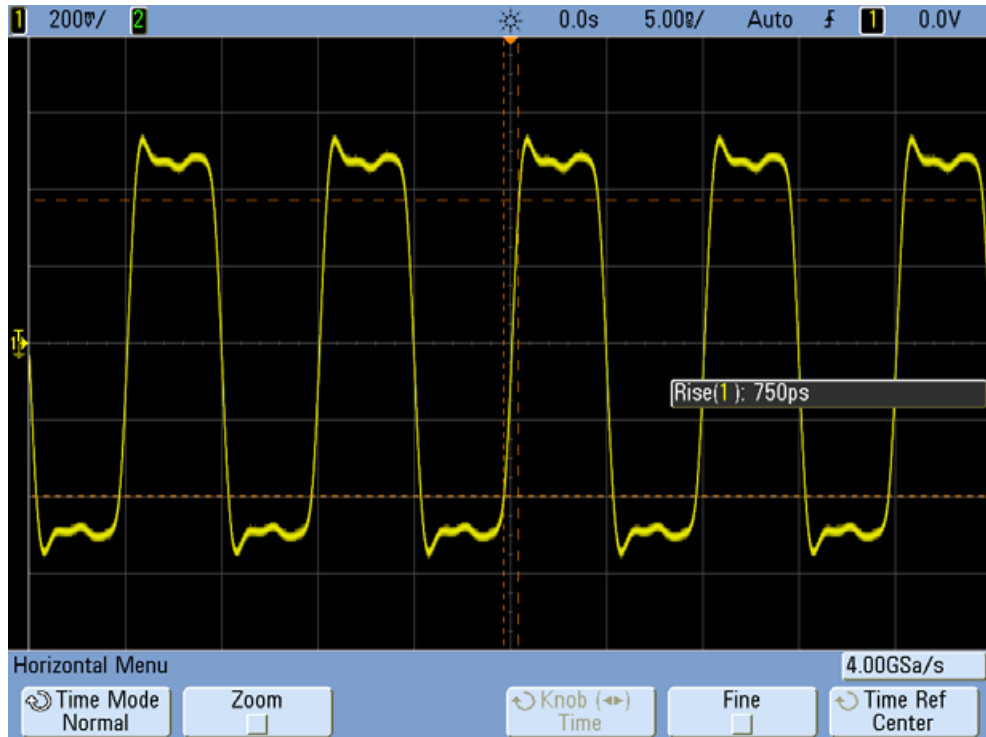


Illustration 54 Signal d'horloge numérique de 100 MHz capturé sur un oscilloscope avec une bande passante de 500 MHz

Lorsque nous utilisons un oscilloscope avec une bande passante de 1 GHz pour capturer cette horloge numérique de 100 MHz, nous obtenons une image bien plus précise de ce signal (voir [Illustration 55](#)). Nous pouvons mesurer des temps de montée et de descente plus rapides, observer moins de suroscillation et nous pouvons observer des réflexions subtiles que la bande passante plus faible a caché.

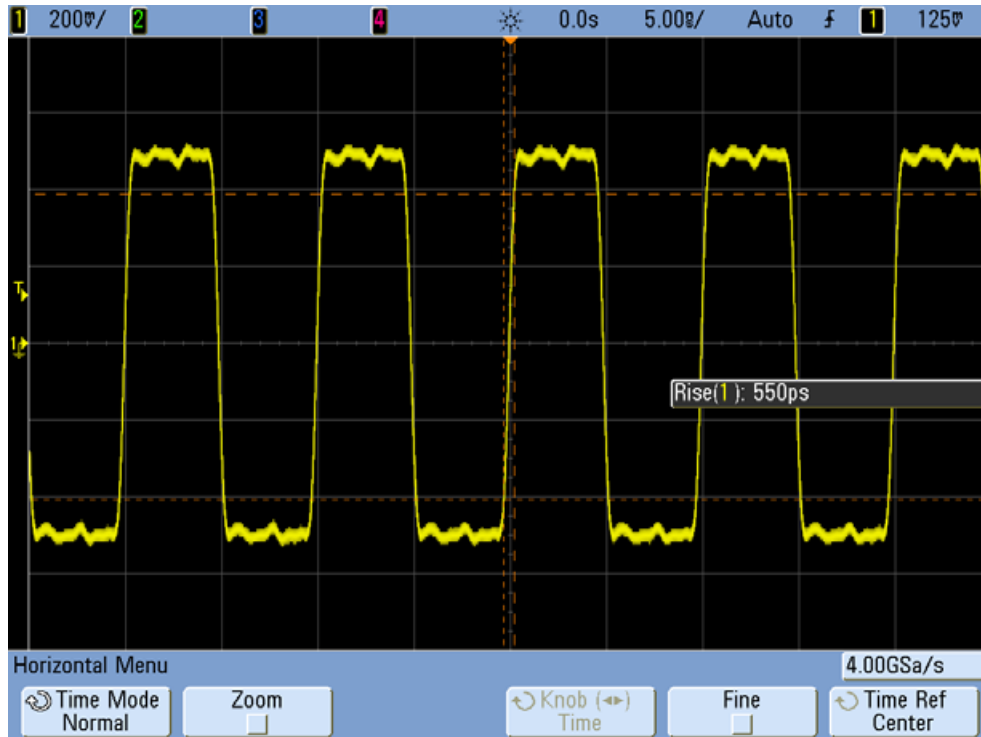


Illustration 55 Signal d'horloge numérique de 100 MHz capturé sur un oscilloscope avec une bande passante de 1 GHz

Ce tutoriel sur la bande passante de l'oscilloscope s'est concentré sur des instruments présentant une réponse en fréquence gaussienne. C'est une caractéristique habituelle des oscilloscopes avec une bande passante de 1 GHz ou inférieure. De nombreux oscilloscopes avec une bande passante plus élevée présentent une réponse en fréquence avec une caractéristique plus précise. Avec ce type de réponse en fréquence, les fréquences intrabandes (fréquences inférieures à la fréquence de -3 dB) sont atténuées, alors que les fréquences hors bande (fréquences supérieures à la fréquence de -3 dB) sont supprimées à un degré plus élevé. Ce type de réponse en fréquence, qui commence à se rapprocher d'un filtre « coupe-tout » idéal, est parfois dénommé une réponse en fréquence « totalement plate ». Les formules pour calculer la bande passante nécessaire sur ces oscilloscopes à bande passante élevée (> 1 GHz) sont différentes de celles présentées dans ce tutoriel. Si vous souhaitez en savoir plus sur la bande passante de l'oscilloscope, vous pouvez télécharger la note d'application d'Agilent intitulée : « *Evaluating Oscilloscope Bandwidths for your Application* ». Cette publication est reprise de la section « Littérature en rapport avec le sujet » de ce document avec les instructions de téléchargement.

¹ High-Speed Digital Design, A Handbook of Black Magic, Howard Johnson, Martin Graham, 1993, Prentice Hall PTD, Prentice-Hall, Inc, Upper Saddle River, New Jersey 07458

B Tutoriel sur la bande passante de l'oscilloscope

Index

A

Acquisition Mémoire segmentée, 81
ajustement, compensation des sondes, 40

B

Bouton rotatif de commande Entrée, 13

C

capacité de charge, 43
capacité de compensation, 41
capacité inhérente/parasite, 38
capacités parasites, 38
charge de sonde, 42
commande/bouton rotatif du niveau de déclenchement, 12
Commandes horizontales, 11
Commandes verticales, 12
compensation des sondes, 40
compensation, sonde, 39
comptage des divisions, 21
configuration, sauvegarde, 34
Courbe de Lissajous, 70
 curseurs, 19

D

déclenchement, 22
déclenchement auto, 25
déclenchement sur l'impulsion transitoire, 52
déphasage, 71, 73
DSO, 7
DSOXEDK, 3
duré d'inhibition du déclenchement, 48
duré d'inhibition, déclenchement, 48

E

événement mono-coup, 56

F

facteur d'atténuation des sondes, 11
facteur d'atténuation, sonde, 11
Fichier de données du signal de référence, 36
fonction mathématique FFT, 75
fonctions mathématiques sur les signaux, 73
fourchette dynamique, 10
fréquence, 19

fréquence fondamentale, 76

G

générateurs de fonction, 44

H

hystérésis de déclenchement, 31

I

image, sauvegarde, 34
incrément automatique, 35
instant du déclenchement, 23
introduction, 3

K

Kit de formation de l'enseignant (DSOXEDK), 3

L

littérature d'Agilent, sur ce sujet, 88

M

marques de commerce, 2
maximum du signal, 62
mémoire d'acquisition, 77
mesure du Fall Time (Temps de descente), 62
mesure du Rise Time (Temps de montée), 62
mesure Instantané Tout, 64
mesure paramétrique automatique, 59
mesure paramétrique, automatique, 59
mesure, paramétrique automatique, 59
mesures à déclenchement périodique, 65
mesures des paramètres de l'impulsion numérique, 62
mesures phase retard, 69
Mode d'acquisition Mémoire segmentée, 84
Mode d'acquisition Moyennage, 32
mode de base de temps Balayage dilaté, 67
Mode de déclenchement Auto, 26
Mode de déclenchement Normal, 26
Mode de déclenchement normal pour mono-coup, 57
Mode de déclenchement sur la largeur d'impulsion, 52
Mode Détection de crête, 78

modèle électrique d'une sonde passive 10:1, 10
MSO, 7

N

niveau d'intensité du signal, 13
niveau de tension crête à crête, 19
niveaux de seuils de mesure, 63
niveaux des seuils de tension, 62
niveaux des seuils pour les mesures, 62
Note adressée au professeur des élèves-ingénieurs et des étudiants en physique, 4
notices, 2

O

opérations mathématiques sur les signaux, 73
oscilloscope, 7
oscilloscope à signaux mixtes, 7
oscilloscope de stockage numérique, 7
oscilloscopes analogiques, 7

P

période, 18

R

rafale, 48
réjection des hautes fréquences, 29
réjection du bruit, 30
rémanence infinie, 53
rémanence, infinie, 53
retard/position, 23

S

sauvegarder un signal, 34
sauvegarder une configuration, 34
sauvegarder une image, 34
sensibilité de déclenchement, 31
signal de domaine de la fréquence, 75
signal de domaine du temps, 75
signal, sauvegarde, 34
sommet du signal, 62
sonde différentielle active, 9
sondes de l'oscilloscope, 9
sondes passives de tension 10:1, 9
sondes, oscilloscope, 9

Index

T

Théorème d'échantillonnage de Nyquist, [79](#)
touches de fonction, [13](#)

Z

zoom de la base de temps, [67](#)