SICK AG WHITEPAPER

HDDM+ – LA TECHNOLOGIE INNOVANTE DE SICK POUR LA MESURE DE DISTANCE

2017-11

AUTEUR

Dr Thorsten Theilig
Head of Product Unit Long Range Distance Sensors
chez SICK AG à Waldkirch/Allemagne

RÉSUMÉ

Ce livre blanc décrit les divers avantages de la technologie de mesure de distance HDDM+ dans différentes applications. HDDM+ (High Definition Distance Measurement Plus) est une mesure du temps de vol de la lumière pour la mesure de distance sans contact qui est utilisée dans les capteurs de distance autant que dans les capteurs 3D-LiDAR 2D et 3D.
La technologie convient pour l'intérieur et pour l'extérieur, pour la mesure de distance avec des objets à réflexion diffuse et des réflecteurs rétroréfléchissants. La portée des capteurs de distance avec HDDM+ est jusqu'à 1,5 km sur film rétroréfléchissant. Chez HDDM+, contrairement aux technologies telles que « single pulse » ou la corrélation de phases, il s'agit d'un procédé de mesure statistique. C'est-à-dire pour le calcul d'une valeur de distance, le capteur analyse les échos de plusieurs impulsions laser de manière statistique. Avec HDDM+, il possible de réaliser des capteurs avec une capacité multi-échos. Lors de la présence de plusieurs échos, il est possible d'identifier l'écho utile et de le sélectionner pour l'analyse. Ceci permet des mesures de distance avec une précision de mesure élevée, mais aussi dans des conditions ambiantes difficiles.

SICK
Sensor Intelligence.

Sommaire

Bases technologiques **2**
Capteurs de distance et capteurs LiDAR optiques 2
Mesure du temps de propagation de la lumière 2
Procédé de mesure corrélation de phases 3
Mesure du temps de propagation de l'impulsion optique 3
Procédé de mesure HDDM⁺ **4**

Bases technologiques

Capteurs de distance et capteurs LiDAR optiques
Les capteurs de distance et capteurs 2D- et 3D-LiDAR (angl. LiDAR = abréviation pour light detection and ranging) sont utilisés dans les industries et applications les plus diverses. Ainsi, la gamme des applications va de la mesure de distance au micromètre prés, par ex. pour le contrôle de la qualité dans le domaine de la fabrication de composants électroniques, à la détection d'objets et la détermination de position multidimensionnelle avec capteurs 2D- et 3D-LiDAR dans le domaine de la construction de machines et d'installations et la détermination de position de ponts roulants ou de véhicules sur rail. Selon l'étendue de la distance, les exigences envers la précision de mesure et de répétition et les conditions ambiantes, on utilise des principes de mesure différents, particulièrement adaptés à la situation d'application respective.

Mesure du temps de propagation de la lumière
La mesure du temps de vol de la lumière (angl. time-of-flight measurement ; ToF, angl.: time-of-flight) est un procédé indirect pour déterminer la distance d'un objet mesuré. Le capteur envoie alors un faisceau en direction de l'objet mesuré. Ce faisceau est généralement un rayon laser avec longueurs d'onde dans une plage visible ou proche infrarouge. Le capteur reçoit la lumière réfléchie par l'objet à mesurer. À partir du temps de propagation de la lumière et de la vitesse de la lumière, on calcule la distance entre le capteur et l'objet mesuré.

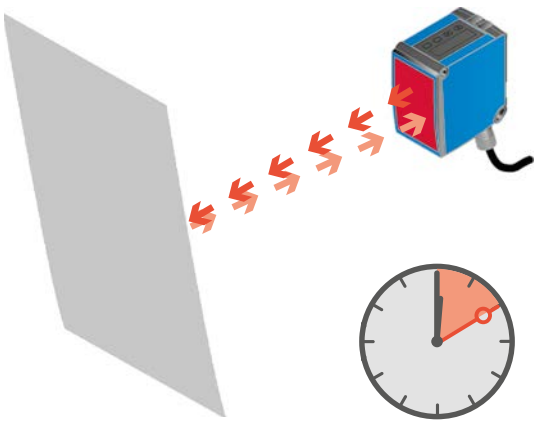


Fig. 1 : Représentation de principe de la mesure du temps de vol de la lumière.

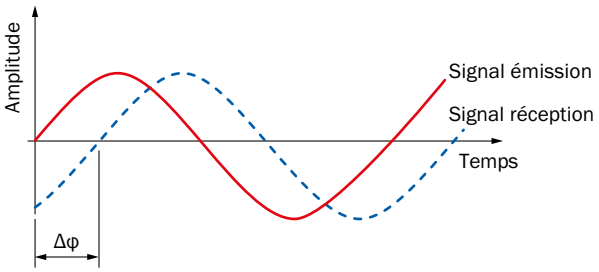
La mesure de distance est quasiment indépendante des qualités de surface de l'objet mesuré. La mesure du temps de vol de la lumière convient ainsi pour la mesure de distance unidimensionnelle autant que pour la mesure multidimensionnelle avec capteurs LiDAR qui détectent des surfaces ou des angles dans l'espace.

Presque tous les capteurs LiDAR utilisés dans des applications industrielles dans le monde entier fonctionnent selon le même principe : le faisceau laser du capteur détecte les objets présents dans sa zone de balayage, le récepteur du capteur mesure la lumière réfléchie. Avec l'angle dans lequel le capteur émet et reçoit le faisceau laser et le temps de propagation de la lumière, une copie de la zone de détection est réalisée.

La lumière infrarouge des longueurs d'onde 850 nm et 905 nm fréquemment utilisées lors de la mesure du temps de vol de la lumière est invisible pour l'Homme. Ceci constitue un grand avantage dans de nombreuses applications. Ainsi, les capteurs 2D-LiDAR qui fonctionnent sur une base infrarouge sont par exemple utilisés pour la protection d'œuvres d'art dans les musées. La lumière laser invisible ne gêne pas non plus dans les environnements de travail. Pour l'alignement d'un capteur de distance infrarouge sur l'objet mesuré, on ajoute souvent un laser d'alignement visible. Les plages de balayage des capteurs LiDAR basés infrarouge sont souvent visualisées à l'aide de systèmes de vision infrarouges. Lors de la mesure de la distance avec lumière visible, le laser de mesure peut être utilisé directement pour l'alignement mécanique du capteur.

Procédé de mesure corrélation de phases

Lors du procédé de mesure corrélation de phases, le capteur envoie un faisceau continu et modulé en amplitude. La distance entre le capteur et l'objet mesuré est calculée avec le décalage de phase de la modulation entre la lumière émise et la lumière reçue.



$$s = \frac{a * \lambda + R * \lambda}{2}$$

a = Nombre de périodes de longueur d'onde
λ = Longueur d'onde: $\lambda = c_0/f$
(c_0 = Vitesse de la lumière sous vide, f = fréquence)
R = Fraction d'une seule longueur d'onde: $R = \Delta\varphi/2\pi$
(Δφ = Décalage de phases)
s = Mesure de distance

Fig. 2 : Principe de fonctionnement du procédé de mesure corrélation de phases.

Le procédé de mesure corrélation de phases convient particulièrement pour la mesure de distance ultra précise et rapide avec des objets qui se déplacent continuellement et le long de l'axe laser. Ce type de suivi d'objets est par exemple utilisé lors de la détermination de position de transtockeurs dans des rayonnages très hauts entièrement automatisés. Le capteur de distance se déplace la plupart du temps avec le transtockeur et mesure la distance par rapport au réflecteur fixe au bout de la travée.

Mesure du temps de propagation de l'impulsion optique

Lors de la mesure du temps de propagation de l'impulsion, le capteur émet un bref rayon pulsé qui est réfléchi en partie par l'objet mesuré. Le capteur détermine la différence temporelle entre l'émission et la réception de l'impulsion et calcule la distance entre le capteur et l'objet. Chez la mesure du temps de propagation de l'impulsion, on fait la différence entre un procédé déterministe et un procédé statistique. Chez les systèmes de mesure du temps de propagation de l'impulsion déterministes (« single pulse »), le capteur envoie des impulsions laser isolées et détermine une valeur de distance à partir du temps de propagation de chaque impulsion. Les systèmes de mesure du temps de propagation de l'impulsion statistiques par contre envoient une série d'impulsions en un court laps de temps. Sur la base des échos reçus de cette série, la valeur de distance est calculée à l'aide de méthodes statistiques. Ainsi, il est possible de déterminer une valeur de distance valide avec une précision de mesure élevée même lors de la perte d'un ou de plusieurs échos d'une série en raison des perturbations sur le chemin de mesure.

Contrairement au procédé de mesure de la corrélation de phases au cours duquel un faisceau continu est utilisé, les impulsions isolées des systèmes de mesure du temps de propagation de l'impulsion contiennent une puissance de pointe nettement plus importante. Ainsi, de par le principe, il est possible de concevoir les systèmes de mesure du temps de propagation de l'impulsion de manière plus résistants aux lumières parasites - comme elles peuvent se produire typiquement dans les applications extérieures.

Procédé de mesure HDDM+

HDDM+ (High Definition Distance Measurement Plus) est une mesure du temps de vol de la lumière pour la mesure de distance sans contact qui est utilisée dans les capteurs de distance autant que dans les capteurs 2D- et 3D-LiDAR En tant que développement de la technologie HDDM éprouvée, HDDM+ convient pour l'intérieur et pour l'extérieur, pour la mesure de distance avec des objets à réflexion diffuse et des réflecteurs rétroréfléchissants. La portée des capteurs de distance avec HDDM+ est jusqu'à 1,5 km sur film rétroréfléchissant. Chez HDDM+, contrairement aux technologies telles que « single pulse » ou la corrélation de phases, il s'agit d'un procédé de mesure statistique. C'est-à-dire que pour le calcul d'une valeur de distance, le capteur analyse les échos de plusieurs impulsions laser de manière statistique.

Avec HDDM+, il possible de réaliser des capteurs avec une capacité multi-échos. Dans certaines applications, le capteur reçoit plusieurs échos en raison des réflexions multiples du faisceau. Des causes possibles pour de tels échos (perturbateurs) sont par ex. les vitres de protection à travers lesquelles la mesure est réalisée, la pluie, la neige, le brouillard ou la poussière.

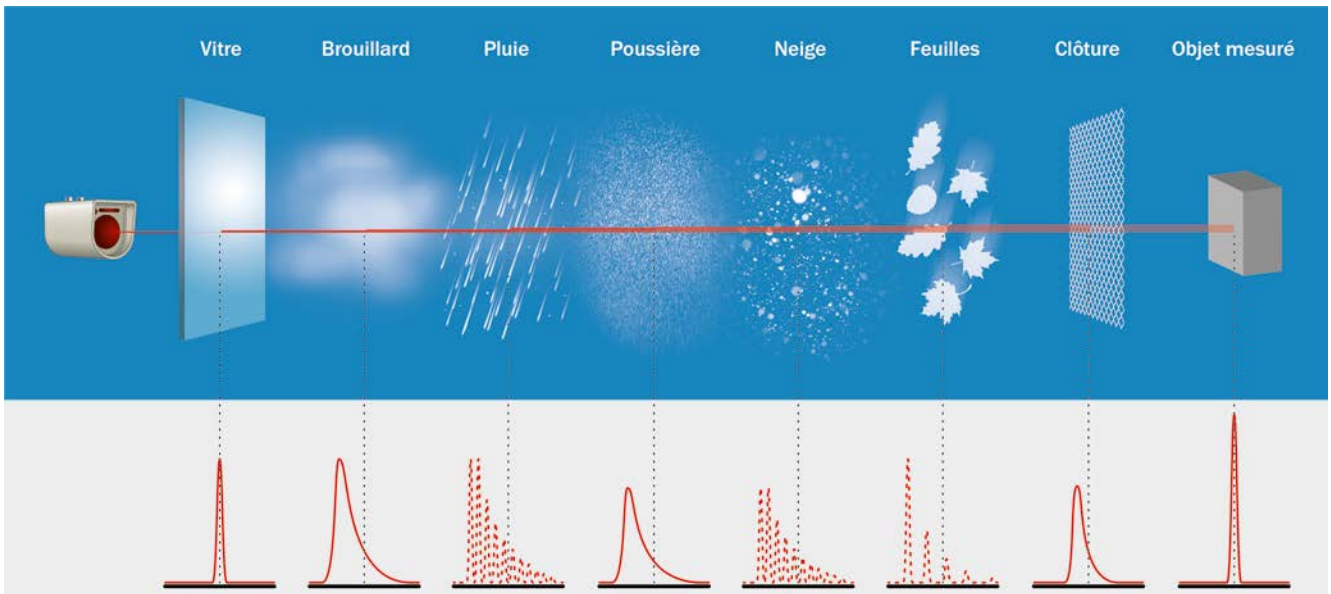


Fig. 3 : Le graphique montre la capacité multi-échos des capteurs de distance de SICK Dx1000 qui sont capables de distinguer jusqu'à 8 échos avec chaque mesure en raison de réflexions le long de la plage de mesure.

En général, un seul des échos reçus représente la distance réelle entre le capteur et l'objet mesuré. Les autres échos peuvent causer des mesures erronées. Dans le capteur de distance Dx1000 et 3D-LiDAR MRS1000, la capacité multi-écho de la technologie HDDM+ permet d'identifier l'écho utile concerné en cas de présence de plusieurs échos et de n'analyser et de transmettre que ce dernier à la commande raccordée. Les échos indésirables peuvent être masqués.

Dans l'exemple du capteur de distance Dx1000, l'interface utilisateur SOPAS ET permet de représenter les échos saisis sous forme de fonction de la distance de l'objet sur le PC dans un graphique et de sélectionner l'écho utile. Pour ce faire, il est possible de définir une « Region of Interest » (ROI). Les échos qui se trouvent au sein de cette ROI sont analysés ; les échos qui se trouvent en-dehors sont rejetés. Ainsi, il est possible de réaliser des mesures de distance pour des objets éloignés à travers une clôture ajourée en réglant la ROI de manière que l'écho utile de l'objet mesuré se trouve à l'intérieur et l'écho de la clôture à l'extérieur de la ROI. De plus, il est possible de sélectionner le premier ou le dernier des échos présents au sein de la ROI sélectionnée pour l'analyse.

Fig. 4 : Affichage graphique et réglage de la Region of Interest du capteur de distance de SICK Dx1000

Ainsi, il est possible de réaliser des mesures de distance même sur des surfaces réfléchissantes. La mesure de niveau de l'aluminium liquide en constitue une exemple. Lors de l'absence d'un film d'oxyde sur l'aluminium liquide, le laser du capteur de distance est réfléchi par la surface réfléchissante. En général, une réflexion directe du faisceau sur l'optique de réception cause des mesures erronées et des perturbations chez des capteurs de distance laser conventionnels. Pour éviter cela, le capteur de distance est généralement aligné avec quelques degrés d'angles en moins par rapport à la normale de la surface. Le capteur reçoit tout de même un écho de l'objet mesuré. Mais comme une partie considérable du faisceau est réfléchie à travers la surface réfléchissante au niveau de l'optique de réception du capteur vers l'arrière-plan, le capteur reçoit en général un second écho qui provient d'une réflexion d'arrière-plan, par ex. sur le plafond d'un hall. Chez un capteur de distance conventionnel avec technologie de temps de propagation de la lumière, la détection simultanée de deux échos cause, dans la plupart des cas, des mesures erronées ou même des perturbations. Chez la technologie multi-échos de HDDM⁺ par contre, il est possible d'identifier l'écho perturbateur, de le masquer grâce au réglage adapté des ROI et donc de réaliser une mesure de distance d'une précision de mesure élevée sur des surfaces réfléchissantes.

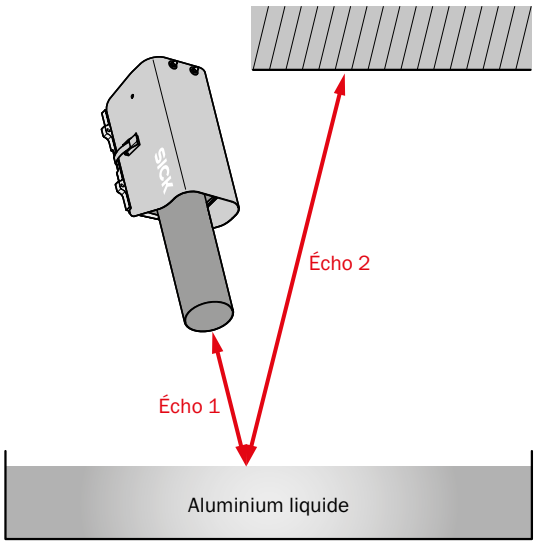


Fig. 5 : Situation multi-écho lors de la mesure de distance sur une surface d'aluminium liquide.

Dans les capteurs 2D- et 3D-LiDAR LMS1000, MRS1000 et TiM100, la capacité multi-échos de la technologie HDDM⁺ permet une détection particulièrement précise des bords d'objets. Lorsque le laser de mesure balaye le bord de l'objet avec son spot lumineux

de grandeur limitée, un objet se trouvant derrière génère généralement un second écho. La capacité multi-échos de HDDM⁺ empêche de manière fiable le mélange des deux échos et fournit une copie précise du bord de l'objet.

Les capteurs de distance et LiDAR équipés de HDDM⁺ conviennent parfaitement à une utilisation à l'extérieur. Ils sont d'une grande robustesse par rapport aux lumières parasites, aux perturbations, au brouillard ou à la poussière sur le chemin de mesure. La résistance contre les lumières parasites résulte de l'analyse statistique des échos. Des échos erronés suite à un flux élevé de la diode photo induit par des lumières parasites qui peuvent causer des mesures erronées chez les procédés de mesure Single Pulse sont éliminés de manière efficace. Pour assurer une mesure sans perturbations en cas de pluie ou de neige, il est possible de filtrer des réflexions de courte durée du laser de mesure de manière efficace. De plus, la technologie HDDM⁺ permet la suppression efficace de réflexions indésirables dues au brouillard ou à la poussière dans la plage de mesure.

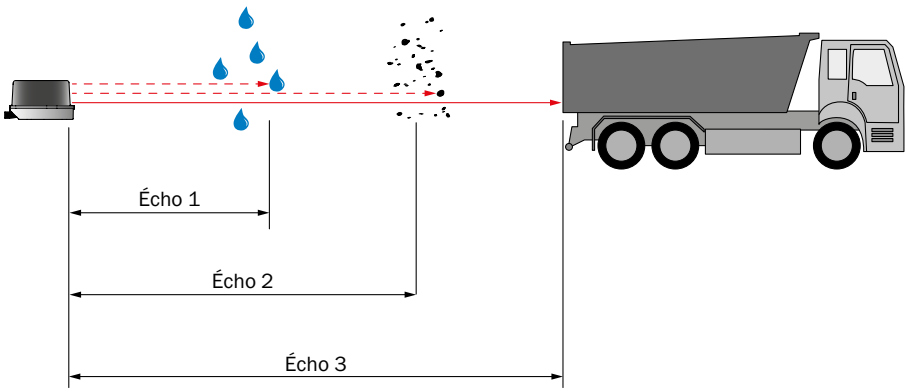


Fig. 6 : Représentation de principe de la capacité multi-échos des capteurs LiDAR de SICK LMS1000 et MRS1000 avec la poussière, la pluie, la neige ou le brouillard le long de la plage de mesure.

Dans un port, il est par ex. possible d'éviter des collisions de grues type portique sur pneus (rubber tired gantry, RTG) grâce à la surveillance continue de la zone de déplacement avec un capteur 3D-LiDAR MRS1000. La technologie multi-échos permet la distinction fiable entre les échos perturbateurs dus à la pluie ou au brouillard et les échos de conteneurs et d'autres obstacles dans la zone de déplacement. Ainsi, il est possible d'éviter des collisions de façon fiable et d'atteindre en même temps une disponibilité élevée.

De plus, HDDM⁺ permet d'adapter la portée d'un capteur de distance à l'application individuelle en choisissant la durée du cycle de mesure adapté. L'état actuel de la technique est une durée de cycle de mesure minimale de 1 ms pour des applications ultra dynamiques. Si la mesure est axée sur une grande portée et la meilleure précision de répétition possible, il est possible d'obtenir une prolongation de la durée du cycle de mesure. Ainsi, selon la rémission de l'objet mesuré, il est possible de réaliser des portées de plusieurs centaines de mètres lors de la mesure de la distance avec des objets mesurés naturels. Les réflecteurs tels que la bande réflecteur « Diamond Grade » sont détectés de manière fiable par le capteur de distance DL1000 même à une distance d'un kilomètre et demi. Le même capteur permet une mesure de distance jusqu'à une distance minimale de 20 cm. Avec la technologie HDDM⁺, il est possible de déterminer un signal de distance à faible bruit malgré des niveaux de signal extrêmement différents.

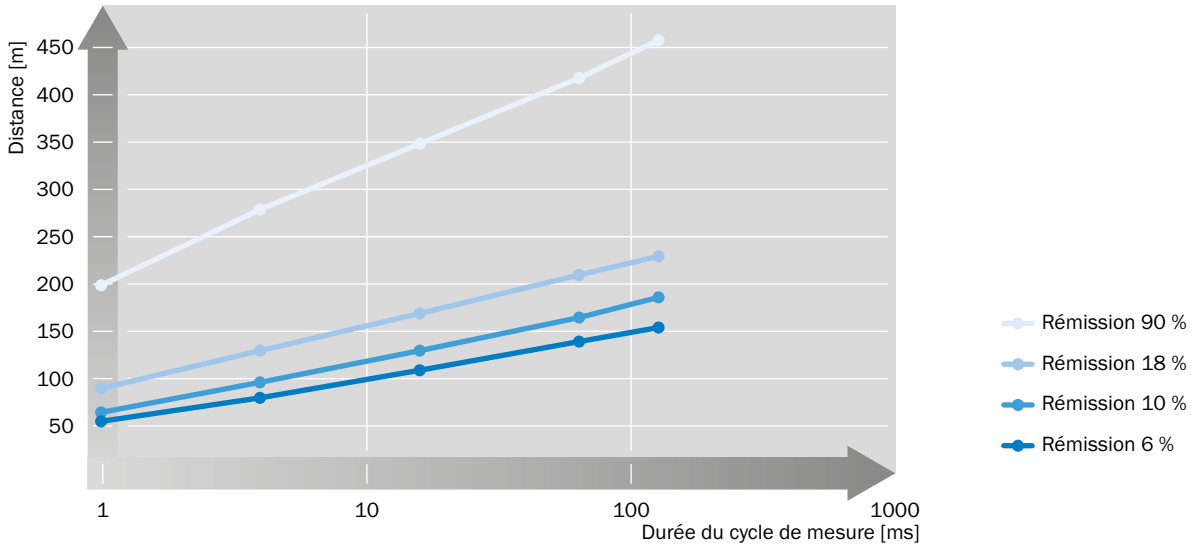


Fig. 7 : Grâce au réglage de la durée du cycle de mesure, il est possible d'adapter la portée à l'application respective lors de la mesure d'objets mesurés naturels chez le capteur de distance de SICK DT1000. La rémission est une mesure (dépendante de l'objet) pour la réflexion du laser de mesure sur l'objet mesuré.

HDDM⁺ convient particulièrement pour la mesure sur des surfaces brûlantes comme elles se présentent par exemple lors de la mesure de niveau d'acier liquide ou lors de la détermination de position de brames d'acier lors de la coulée continue. Selon le degré d'émission, les objets avec des températures supérieures à environ 700° °C envoient une part considérable de leur rayonnement thermique vers l'infrarouge proche. Chez les procédés de temps de propagation de la lumière basés sur infrarouge conventionnels, cela peut engendrer des mesures erronées, voire causer la défaillance du capteur.

Tandis que le procédé de mesure corrélation de phases convient en première ligne pour le suivi d'objets axial, avec HDDM⁺, il est possible de détecter des distances qui changent en permanence autant que des modifications soudaines de la distance. Des modifications soudaines de la distance surviennent par ex. lorsque les objets entrent latéralement dans le laser de mesure d'un capteur de distance ou lors de la détection d'objets avec un capteur LiDAR où le laser de mesure balaye les objets présents dans la zone de détection. Chez un capteur LiDAR basé sur un procédé de mesure du temps de propagation de l'impulsion, une valeur de distance est affectée à chaque impulsion laser. Contrairement à cela, les capteurs LiDAR avec la technologie HDDM⁺, une multitude d'impulsions laser par segment d'angle causent un chevauchement des spots lumineux laser et donc un balayage sans faille de la zone de balayage.

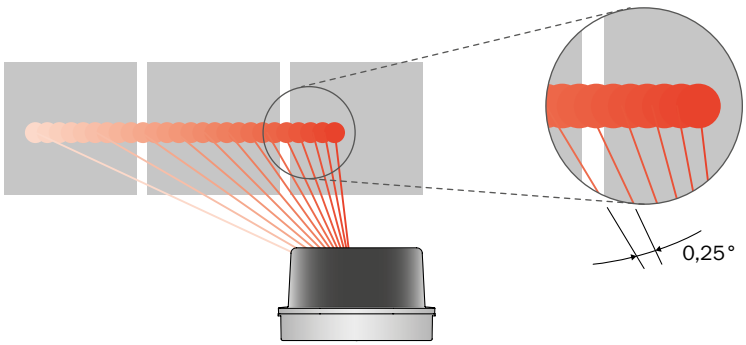


Fig. 8 : Balayage sans faille de la zone de balayage sur l'exemple du capteur LiDAR de SICK MRS1000.

8022386/2017-11 · SKOM · Pre USmod 47

RÉFÉRENCES

➜ www.sick.com/micron-to-mile

SICK
Sensor Intelligence.