

Technologie de mesure des  
distances par réflexion  
directe pour la topographie  
et le génie civil

*R. Höglund & P. Large*

*Trimble Integrated Surveying Group,  
Westminster, Colorado, USA*



**Trimble**

# Technologie de mesure des distances par réflexion directe pour la topographie et le génie civil

R. Höglund & P. Large, Trimble Integrated Surveying Group, Westminster, Colorado, USA

La toute dernière technologie qui a révolutionné l'industrie de la topographie est la mesure par réflexion directe, la mesure de distance par onde électromagnétique sans cibles ou prismes coopérants. Une réflexion directe (DR) permet à des topographes de mesurer avec précision des points distants, sans localisation préalable d'une cible physique en chaque point. La réflexion directe ouvre donc de nouvelles possibilités pour la topographie par une seule personne, offre une productivité accrue et une sécurité individuelle améliorées. Lorsqu'on associe la réflexion directe à une technologie robotique, on étend encore les possibilités de la topographie par une seule personne.

On réalise la DR en employant l'une des deux technologies EDM (Mesure de Distances Electronique): à Temps de vol (Laser pulsé) ou à Déphasage. Puisque la technologie DR Standard des stations Trimble 3300, 3600 et 5600 exploitent la méthode à déphasage et que le DR200+ et le DR300+ de la Trimble 5600 exploitent la méthode à temps de vol, Trimble peut offrir aux topographes un choix entre ces deux technologies.

Chaque méthode de mesure est conçue en vue de convenir à des types particuliers de besoins et d'applications. Le but de cet article est de définir les deux méthodes et d'esquisser les avantages et les inconvénients de chacune des deux méthodes, permettant ainsi aux topographes de choisir celle - Temps de vol ou à déphasage- qui convient le mieux à leurs besoins

.....

## Technologie DR : Temps de Vol (laser pulsé) et Déphasage

On peut réaliser une mesure EDM sans cible coopérante à l'aide de l'une des deux méthodes : Temps de Vol (Laser pulsé) ou Déphasage. Le temps de vol qui fait appel à un laser pulsé, constitue le principe de mesure à la base de la technologie DR200+ et DR300+. Le déphasage constitue le principe utilisé par la technologie DR Standard.

Tels qu'illustrés par la figure 1, les principes optiques de chaque méthode sont différents, chacune présentant ses propres avantages et inconvénients.

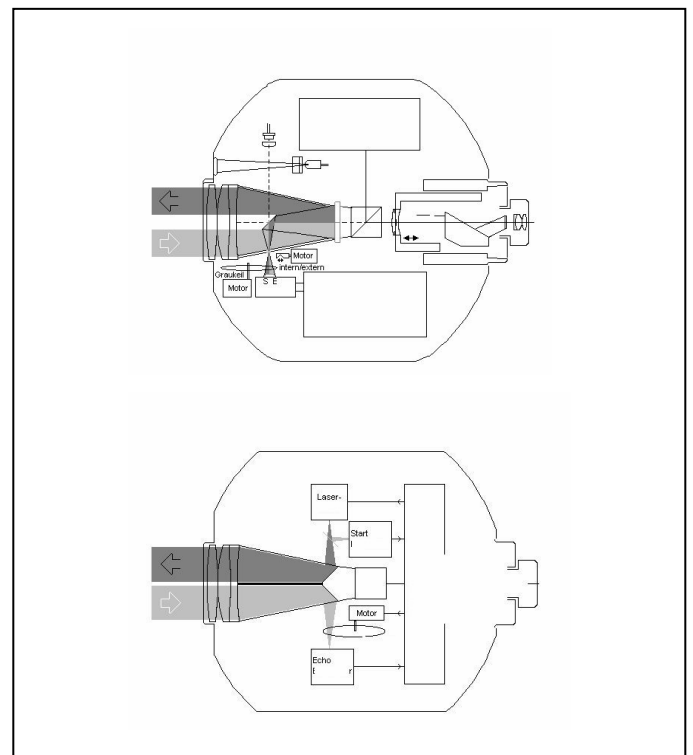


Figure 1: Principes optiques de la mesure (EDM) par déphasage (haut) et avec laser pulsé (bas)

## Mesure avec déphasage

La méthode à déphasage fonctionne en modulant un signal de mesure sur un signal d'onde porteuse continu. Dans son principe, la méthode est similaire à la façon dont on module la musique sur une porteuse pour les transmissions radio, sauf que pour la mesure EDM, la porteuse a une longueur d'onde dans le visible.

L'instrument mesure un déphasage constant malgré les variations inévitables du signal émis et reçu. On n'obtient que le déphasage par la comparaison de phase— initialement, une ambiguïté sur le cycle empêche d'estimer directement la distance totale. On résout cette ambiguïté de cycle en utilisant plusieurs longueurs d'ondes de modulation pour la mesure, ce qui offre un nombre entier unique de cycles. Dès que l'on atteint le nombre entier, on peut déterminer avec précision la distance à la cible  $\pm(1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$  pour DR Standard dans le mode de mesure classique avec prisme;  $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$  sans celui-ci.

## Mesure à temps de vol (TOF) (Laser pulsé)

La méthode à temps de vol (TOF) mesure précisément l'information temporelle afin de calculer une mesure de la distance.

En termes simples, dans la mesure EDM, on engendre plusieurs impulsions de lumière laser ou infrarouge qui sont transmises à travers le télescope vers une cible. Ces impulsions se réfléchissent sur la cible et reviennent vers l'instrument, où l'électronique détermine la durée du parcours aller-retour pour chaque impulsion lumineuse. Comme on peut évaluer avec précision la vitesse de la lumière à travers le milieu, on peut utiliser la durée du parcours pour calculer la distance entre l'instrument et la cible.

Remarquez que, bien que la méthode TOF possède typiquement la portée la plus longue, elle répond encore aux exigences les plus strictes pour ce qui est de la sécurité des yeux, puisque les intervalles séparant les impulsions laser empêchent des accumulations d'énergie qui peuvent être dangereuses.

Chaque impulsion constitue une mesure directe de la distance, de sorte que si des milliers d'impulsions sont émises en une seconde pendant que l'on prend la mesure, on peut obtenir relativement rapidement une bonne valeur moyenne. La figure 2 illustre une distribution des mesures pour le laser pulsé DR du Trimble DR200+.

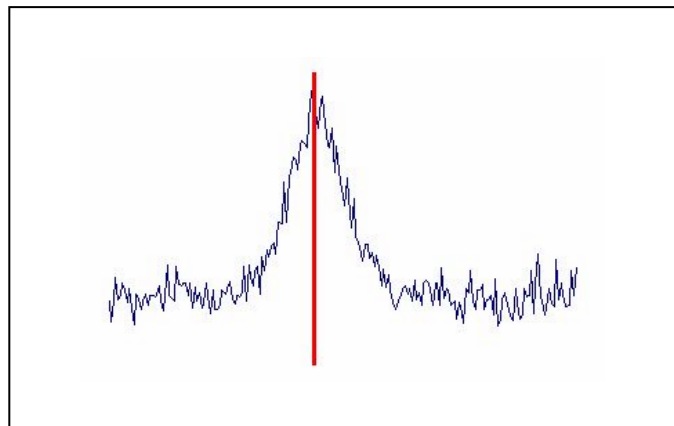


Figure 2: Moyenne des impulsions TOF

Typiquement, on prend 20 000 mesures avec un laser pulsé à chaque seconde. On peut faire la moyenne pour obtenir une valeur mesurée de la distance, très précise.

Les mises en œuvre classiques de lasers pulsés peuvent détériorer la précision (jusqu'à 10 mm) lorsqu'on les compare à la mesure EDM à déphasage. Toutefois, le Trimble DR200+ et le DR300+ emploient des techniques de traitement du signal brevetées afin d'obtenir à la fois une longue portée et une précision élevée  $\pm(3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$  pour le DR200+, avec ou sans prisme. Remarquons aussi que certains instruments EDM classiques à laser pulsé nécessitent une focalisation du télescope avant de mesurer une distance – ceci devient inutile avec le Trimble DR200+.

## Comparaison des deux techniques

En résumé, la méthode TOF utilise des impulsions lumineuses pour mesurer directement les distances, tandis que la méthode à déphasage utilise une lumière modulée pour mesurer un déphasage, ce qui donne les distances dès que l'on résout une ambiguïté de cycle.

Les impulsions utilisées pour la méthode TOF peuvent être beaucoup plus puissantes que l'énergie utilisée pour une méthode EDM à déphasage. La méthode TOF peut donc mesurer des distances beaucoup plus longues (avec ou sans prisme) que la technique à déphasage.

La méthode TOF a été traditionnellement légèrement moins précise que la méthode à déphasage. Toutefois, avec les méthodes modernes de traitement du signal Trimble brevetés, décrits précédemment, cette différence est devenue marginale, n'étant que l'écart entre  $\pm(3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$  et  $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$  pour les deux méthodes lorsqu'on mesure sur des cibles coopérantes. (Ceci représente une différence de seulement 0,1 mm même à 100 m). Pour un grand nombre d'utilisations pratiques, la différence n'est pas significative, et

l'avantage de la portée plus longue obtenue avec la méthode TOF la privilégie auprès de nombreux utilisateurs.

La physique de la lumière détermine que tous les faisceaux lumineux divergent (s'étalent) en fonction de la distance à l'émetteur. Voir la figure 3 ci-dessous. Ceci vaut autant pour la mesure EDM à TOF que pour la mesure EDM à déphasage, bien que la taille et la forme de la divergence du faisceau diffèrent (étalement du faisceau en partant d'une collimation parfaite) conduisant à une différence dans la tache de mesure. Ces effets de divergence différents présentent ses propres avantages et inconvénients et on les décrit en de plus amples détails plus loin dans cet article.

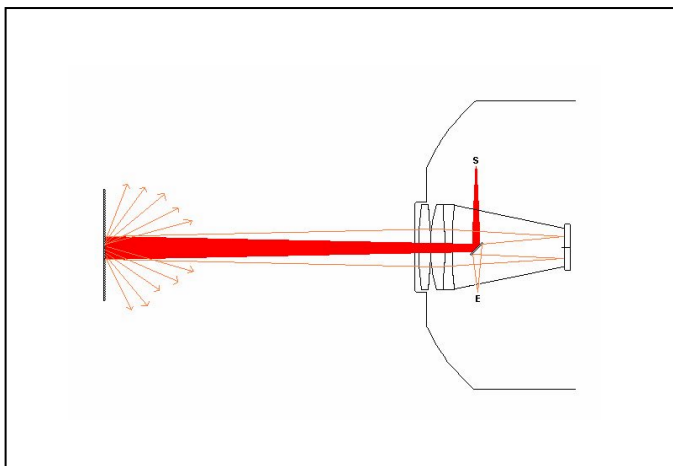


Figure 3: Effet de divergence du faisceau

Les techniques TOF et à déphasage diffèrent également par leur tolérance envers les interruptions de la ligne de visée pendant la mesure, par exemple, des interruptions telles que celles provoquées par la circulation routière coupant un faisceau pendant que les topographes effectuent des mesures à proximité de routes. Du fait que la méthode TOF associe des impulsions directes et des techniques de traitement du signal de Trimble, elle est généralement plus tolérante envers les interruptions de la ligne de visée que la méthode à déphasage. Des interruptions pendant la mesure à déphasage peuvent nécessiter une réinitialisation des ambiguïtés de cycles.

## Performance de la DR en matière de portée

La comparaison de la performance en portée de différentes technologies EDM est très simple lorsqu'on utilise une cible coopérante telle qu'un prisme topographique standard, car la surface de mesure est toujours la même. Lorsqu'on mesure sur un simple prisme en utilisant le mode à longue portée, les portées pour les

options DR200+, DR300+ et DR Standard sont fondamentalement comparables, respectivement de 5 500 m et de 5 000 m. Les instruments EDM à déphasage ne sont pas tous capables de mesurer aussi loin sur un simple prisme que le DR Standard, donc lorsque vous comparez d'autres implémentations de la technique, contrôlez toutes les spécifications.

## Les étalons de gris Kodak et de blanc Kodak

Lorsqu'on compare la performance en portée sans prisme standard, les comparaisons ne sont pas si simples. Du fait que dans la pratique, on effectue des mesures DR sur de nombreux types différents de surfaces, afin d'effectuer une comparaison équitable des portées lorsqu'on n'utilise pas de prisme, on doit effectuer des mesures sur une surface normalisée appropriée telle que, par exemple, la carte de test neutre Kodak (appelée couramment la carte grise Kodak). Voir la figure 4.



Figure 4: La carte de test neutre Kodak (Kodak Catalogue N° E1527795)

La carte grise Kodak est un étalon reconnu en photographie professionnelle depuis de nombreuses années. C'est une carte habituellement de 4" x 5" (101,6 mm x 127 mm) ou 8" x 10" (203,2 mm x 254 mm), et épaisse d'environ 1/8" (3,1 mm), et elle est grise sur une face et blanche sur l'autre. La face grise, connue sous le nom de Gris Kodak, réfléchit *exactement* 18% de la lumière blanche incidente. La face blanche, le Blanc Kodak réfléchit *exactement* 90% de la lumière blanche incidente. Du fait que le Blanc Kodak est plus réfléchissant que le Gris Kodak, il est très important de

comparer les mesures en direction du Gris Kodak *ou* du Blanc Kodak mais non pas l'une à l'autre.

L'industrie de la topographie présente certaines incohérences dans son utilisation des surfaces étalon et donc il est très important de garantir que toutes les comparaisons effectuées entre des produits utilisent des mesures effectuées sur la même surface. Par exemple, certaines spécifications font référence à une "Carte Kodak" sans indiquer, quel côté – 18% ou 90% réfléchissant- à été utilisé dans le test.

Les désignations correctes des deux faces de la carte de Gris Kodak sont "Carte Grise Kodak réfléchissante à 18%" et Carte Grise Kodak réfléchissante à 90%". Le choix initial d'une cible avec une réflectivité de 18% pour l'étalon Kodak destiné aux photographies, se basait sur le fait que la plupart des scènes et objets de tous les jours à photographier présentent une réflectivité moyenne d'environ 18%. C'est également la raison pour laquelle l'on étalonne les pose-mètres pour la photographie afin d'obtenir une exposition précise à une réflectivité de 18%. Habituellement, il en va de même pour les scènes et les objets à relever en topographie—une réflectivité de 18% constitue une bonne valeur moyenne.

En pratique, on réalise une mesure DR sur une diversité d'objets courants, qui habituellement n'ont pas un pouvoir réfléchissant de 90%. Pour cette raison, la portée sur l'étalon Gris Kodak réfléchissante à 18% est l'indicateur le plus fiable de la portée que l'on obtiendra quotidiennement. La portée mesurée sur l'étalon Blanc Kodak réfléchissante à 90% n'indique que la portée maximale de la mesure EDM sur une cible très réfléchissante dans une situation *très* favorable.

### Comparaisons de portée

Le tableau 1 ci-dessous compare les portées maximales publiées du DR Standard, du DR200+ et du DR300+ de Trimble lors de leur utilisation pour mesurer des distances sur différentes surfaces.

Le tableau indique qu'en ce qui concerne la portée, la méthode TOF utilisée dans le DR200+ donne de meilleurs résultats que la mesure à déphasage et ce par un facteur de quatre à huit. Les techniques utilisées dans le DR300+ arrivent à presque 10 fois la portée sur une surface réfléchissante à 90% par rapport à la technique par déphasage.

Table 1: Portée des instruments DR de Trimble sur différentes surfaces cibles

Surface	DR Standard	DR200+	DR300+
Kodak 90%	>70 m	>600 m	>800 m
Kodak 18%	>50 m	>200 m	>300 m
Béton	>50 m	>300 m	>400 m
Bois	>60 m	>300 m	>400 m
Rocher clair	>50 m	>250 m	>300 m
Rocher foncé	>40 m	>150 m	>200 m

### Mesures sur des surfaces mouillées et non réfléchissantes et aux angles obliques

Les niveaux d'énergie plus élevés de la méthode TOF offrent également une portée plus longue lorsqu'on mesure sur des surfaces mouillées. Lorsqu'on mesure sur une surface mouillée, les essais sur le terrain indiquent habituellement une portée au moins deux fois plus grande avec la méthode TOF qu'avec la méthode à déphasage, en particulier aux angles de mesure obliques. Ceci est encore augmenté avec l'option DR300+.

La méthode TOF améliore aussi la probabilité de réussite des mesures sur des surfaces non réfléchissantes et obliques, par exemple sur routes mouillées. Dans ces situations, la faculté de mesure est le critère déterminant. De plus, la vitesse de mesure de la méthode TOF est d'un grand secours pour la mesure de points en conditions de trafic dense.

La méthode TOF mesure aussi avec beaucoup de réussite sur des objets étroits comme les câbles ou les fils électriques suspendus. Encore une fois, dans ces circonstances, la simple faculté de mesure est le critère.

### Normes de sécurité laser

Malgré les niveaux d'énergie plus élevés de la méthode TOF, les instruments EDM, utilisant cette technique, tels que le DR200+ et le DR300+, répondent généralement aux exigences les plus strictes en matière de sécurité laser et sont classés en rapport. Essentiellement parce que les impulsions laser utilisées, bien que suffisamment puissantes pour mesurer à des portées de plusieurs centaines de mètres, sont de courte durée et pour cette raison, le faisceau laser n'accumule pas l'énergie. Les faisceaux laser continus que l'on emploie parfois pour augmenter la portée des instruments EDM à déphasage, peuvent produire une accumulation d'énergie qui peut être dangereuse.

Les trois classes de laser applicables à la plupart des instruments de topographie sont : Classe 1, Classe 2 et Classe 3R.

### Lasers de Classe 1

Les lasers de Classe 1 tels que le DR200+ et le DR300+ de Trimble sont des lasers invisibles qui répondent aux exigences les plus strictes en matière de sécurité : une exposition directe au faisceau de mesure, de la peau ou de l'œil nu ne constitue pas un danger, ni si un autre instrument de topographie est pointé vers la source du faisceau laser de Classe 1. La norme IEC 60825-1 l'énonce ainsi "Lasers qui sont sûrs dans des conditions de fonctionnement raisonnablement prévisibles, y compris l'utilisation d'instruments optiques pour une "observation" intra-faisceau".

### Lasers de Classe 2

Les lasers de Classe 2 émettent un rayonnement laser visible qui peut constituer un danger pour l'œil nu, si on regarde directement dans le faisceau. Les utilisateurs doivent en particulier veiller à éviter de regarder directement dans le faisceau avec des instruments optiques tels que des jumelles ou d'autres instruments de topographie.

Les lasers de Classe 2 sont généralement suffisamment sûrs pour qu'on puisse les utiliser dans les lieux publics (où la plupart des levés topographiques sont effectués) sans précautions particulières, autres que d'éviter de regarder directement dans le faisceau laser. Les réglementations ne demandent pas l'utilisation de signalétique d'avertissement, d'avertissements sonores ou une formation particulière du personnel pour les lasers de cette classe.

Le laser DR Standard de Trimble appartient à la Classe 2, ainsi que l'option de pointeur laser DR Standard à faisceau visible sur la série 5600. Un grand nombre de dispositifs à laser portatifs courants tels que les pointeurs de présentation à laser, de poche, font également partie de la Classe 2.

### Lasers de Classe 3

Il est possible d'accroître la portée d'un instrument EDM à déphasage en augmentant la puissance de la source lumineuse—typiquement de moins de 1 mW à plus de 4 mW. Toutefois, une lumière laser continue de puissance plus élevée augmente les risques en matière de santé et de sécurité du faisceau laser, ce qui classe le laser en Classe 3R.

La norme internationale IEC 60825-1 esquisse les précautions complémentaires nécessaires à l'utilisation d'un matériel de Classe 3R. On en présente un extrait ci-dessous:

#### *PRECAUTIONS A PRENDRE PAR L'UTILISATEUR EN MATIERE DE SECURITE POUR LA CLASSE 3R*

*Les produits à laser de Classe 3R, employés pour la topographie, l'alignement et le nivellement. L'installation, l'ajustement et l'utilisation de l'équipement laser ne doivent être confiés qu'à des personnes qualifiées et formées. La zone dans laquelle on exploite ces lasers doit être signalisée par un panneau d'avertissement laser approprié. Il faut veiller à éviter une réflexion non voulue de rayonnement. On ne doit utiliser que des produits à laser de Classe 1 ou 2 pour des démonstrations, des présentations et des expositions de matériel. Formation : Un tel système ne doit être confié qu'à des personnes ayant reçu une formation de niveau adéquat. La formation doit comprendre : la familiarisation avec le fonctionnement du système, une utilisation correcte des procédures de vérification en matière de sécurité, la signalétique d'avertissement, etc., le besoin d'une protection individuelle, les procédures à adopter en cas d'accident, les effets biologiques du laser sur l'œil et la peau. Des mesures doivent être prises afin d'empêcher que des personnes ne regardent directement dans le faisceau. Des mesures doivent être prises pour garantir que le faisceau laser ne soit pas dirigé par inadvertance sur des surfaces réfléchissantes. Un avertissement audible ou visible est nécessaire lorsque le laser est activé.*

Etant donné ces mesures de précaution, alors que l'utilisation d'un équipement de Classe 3R peut s'avérer pratique dans des domaines tels que les mines et certains environnements de la construction, elle peut être contraignante dans des zones ouvertes et publiques.

Lorsqu'on examine les spécifications du produit, il est important de comparer une classe comparable de lasers (Classe 1 ou 2) et de comprendre intégralement les réglementations et les obligations de l'utilisateur pour d'autres classes de lasers comme 3R.

Aucun instrument de topographie de Trimble n'appartient à la Classe 3R.

## Durée de la mesure

Lorsqu'on compare les portées DR, il importe de comparer les durées de mesure, car la durée de mesure affecte la productivité. A plus longue portée, les méthodes TOF sont généralement beaucoup plus rapides que les méthodes à déphasage, puisque ces dernières ont typiquement une durée de mesure qui augmente en fonction de la distance à mesurer. Les durées de mesure pour les EDMs DR à déphasage sont souvent indiquées sous forme de temps résiduel pour les courtes portées auquel vient s'ajouter une durée additionnelle pour chaque augmentation de cette portée.

Prenant exemple sur le DR Standard (déphasage DR), la durée de mesure en mode Tracking est de 0,8 s pour les 30 premiers mètres plus une seconde supplémentaire par dizaine de mètres supplémentaire. A 100 m, cela correspond à 7,8 s. La durée typique de mesure indiquée pour le DR200+ ou DR300+ TOF est de 3 secondes. Celle-ci varie selon le caractère de la surface à laquelle on effectue la mesure. Après la mesure initiale, en mode Tracking des mises à jour sont effectuées toutes les 0,4 secondes. Pour des mesures plus précises, les deux méthodes nécessitent plus de temps. Cependant, la méthode TOF n'augmente pas en fonction de la portée. Ce point est important, car une durée de mesure plus rapide à chaque distance a un effet très positif sur la productivité sur le terrain.

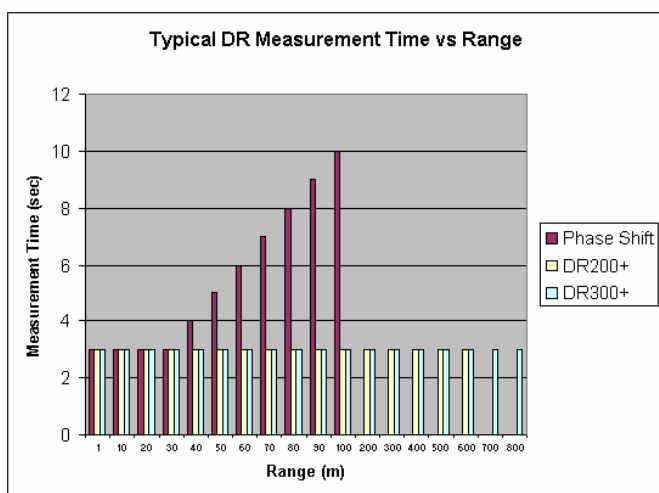


Figure 5: Durée de mesure en fonction de la portée

La figure 5 présente des durées typiques de mesure en fonction de la portée pour les instruments DR200+, DR300+ et déphasage DR de Trimble. La figure montre que la méthode TOF à laser pulsé est généralement quatre fois plus rapide que le laser pulsé à la portée

maximale de l'instrument à déphasage. Des portées plus grandes ne peuvent pas être comparées, car elles se situent au-delà de la portée des instruments EDM

DR à déphasage.

## Divergence du faisceau et précision

Le faisceau lumineux employé pour la mesure diverge à mesure qu'il se propage de la source, tel qu'illustré à la figure 3. La nature de la divergence est différente pour un laser pulsé TOF et pour un instrument à déphasage continu: lorsque la lumière laser quitte l'instrument, le diamètre du faisceau de mesure pour le laser pulsé est légèrement plus grand que celui pour le faisceau à déphasage. Puisque la lumière laser pulsée a typiquement un parcours 2 à 3 fois plus long que celui émanant d'un instrument EDM à déphasage, la tache de mesure peut atteindre environ 4 cm de diamètre à des portées plus longues. Toutefois, ceci ne signifie pas que la précision de mesure de l'une ou l'autre des méthodes se détériore jusqu'à 4cm, la précision reste telle que spécifiée à  $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$  (DR Standard) et  $\pm(3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$  (DR200+/DR300+). Cela caractérise simplement la taille de la zone échantillonnée pour la mesure.

Une tache de mesure plus grande ou plus petite ou "une empreinte" peut présenter à la fois des avantages et des inconvénients. Une empreinte plus grande à portée plus longue est généralement intéressante puisqu'elle permet de détecter et de mesurer des objets plus petits—en particulier des lignes à haute tension et des antennes. Avec une empreinte plus petite, on peut les rater. (Du fait que l'impulsion d'énergie élevée peut s'étaler sur une zone plus large, il est plus probable qu'elle frappe une cible étroite, tout en permettant encore une mesure très précise).

L'empreinte plus petite de l'instrument EDM à déphasage présente des avantages lorsqu'on doit mesurer des coins et des sommets étroits à une distance toute proche, tels que dans les levés à l'intérieur de bâtiments ou lors de mesures à travers des trous de serrure. Bien que l'erreur soit réduite avec un faisceau de taille plus réduite, il faut noter qu'une erreur est toujours présente dans ces circonstances. La solution la plus exacte pour la mesure de coins étroits consiste à éliminer entièrement le problème en utilisant de simples programmes d'application embarqués, par exemple, ceux qui permettent à un utilisateur de réaliser des mesures d'angles et de distances sur deux points d'un mur adjacent, puis à mesurer avec précision l'angle horizontal et vertical en direction du coin ou du sommet. Voir la

figure 6. Cette méthode est appropriée pour le déphasage ainsi que le TOF DR et permet de déterminer une position pour ce point avec une plus grande précision par rapport à ce que l'on peut obtenir par une mesure directe en employant tout type de technologie DR. (Du fait que les instruments EDM TOF et à déphasage présentent tous deux une divergence du faisceau, il existera une erreur dans ces deux cas à chaque fois que l'on prendra une mesure directe sur un coin ou un sommet).

La divergence du faisceau a également un effet lorsque l'on mesure avec toute technologie DR, sur des surfaces à des angles très obliques par rapport à la ligne de visée. Elle affecte les mesures obtenues en utilisant l'une ou l'autre des méthodes, mais elle peut être réduite de manière significative lorsqu'on utilise un autre applicatif simple embarqué, qui permet une mesure dans chacune des positions 1 et 2 de la lunette. L'effet de la pente provoqué par l'angle oblique peut ainsi être éliminé.

## Tests sur le terrain

En évaluant les technologies DR, les topographes peuvent facilement tester le comportement de ces technologies et la validité des affirmations des fabricants.

Pour estimer la portée, choisissez simplement un certain nombre d'objets ou de structures situés jusqu'à une distance de 600 m, et constatez ceux que l'on peut mesurer en employant les différentes options DR.

Pour estimer simplement les effets de la divergence du faisceau et la précision, prenez un objet dont on peut facilement mesurer les dimensions réelles, tel qu'un crayon. Tenez le crayon contre un mur à toute distance et effectuez une mesure sur l'objet. Ensuite, retirez le crayon et effectuez une mesure sur le mur. Comparez la différence entre les deux distances à la valeur connue, qui est la largeur du crayon. Quel que soit le type de technologie DR utilisé, la différence sera visible indépendamment de la taille du faisceau. Un autre test consiste à tenter une mesure sur des lignes à haute tension et des câbles téléphoniques aériens à différentes distances.

Examinez la tolérance aux interruptions de faisceau en effectuant des mesures DR sur des objets situés de l'autre côté d'une route fréquentée, où la circulation coupera le faisceau.

Contrôlez la précision à l'aide de points connus et assurez-vous de comparer les durées de mesure typiques à différentes distances : lorsqu'il s'agit de relever des centaines de points par jour, les durées de mesure ont une influence significative sur la productivité.

Testez aussi les applications embarquées gérées par l'instrument, telles que celles décrites ci-dessous.

## Applications DR

De la même manière que les capacités de mesure de l'instrument EDM sont importantes, les capacités du logiciel sur le terrain seront tout aussi importantes. Les topographes exploiteront au mieux la technologie DR grâce au logiciel embarqué.

Les stations Trimble 3300, 3600, et 5600 gèrent un certain nombre d'applicatifs utiles, en fonction du choix de l'unité de commande. On en décrit quelques unes ci-dessous.

### Portée ou plage de mesure

De temps à autre, les topographes ont besoin de mesurer un objet éloigné en employant le DR alors qu'un autre objet est tellement près de la ligne de visée qu'il sera mesuré à la place du premier. La solution consiste à effectuer une des opérations suivantes : mesurez l'objet situé approximativement à la même distance que l'objet souhaité, ou mesurez l'objet non souhaité. Employez une de ces valeurs pour définir une plage de mesure, par exemple ne mesurez que des distances supérieures à 100 m, ou ne mesurez que des objets situés entre 120 m et 130 m de distance.

Par exemple, si la ligne de visée en direction du sommet d'un château d'eau est traversée par des lignes à haute tension que l'on ne veut pas mesurer, on mesure d'abord sur les lignes à haute tension. Si celles-ci sont distantes de 45 m, réglez l'applicatif pour qu'il ne mesure que des distances supérieures à 50 m – en résultat, on ne mesurera que le sommet du château d'eau.

### Compte à rebours pour l'écart type

On peut fixer un écart-type souhaité pour la mesure, par exemple, 0,010 m ou 0,001 m. Le logiciel effectuera la mesure jusqu'à l'obtention de la précision souhaitée. Si l'on n'atteint pas la précision souhaitée, dans un nombre maximal prédéterminé de mesures, l'écart type obtenu est présenté à l'utilisateur pour qu'il accepte ou non la mesure.

### Mesure en position 2 dans le mode "D-Bar"

On peut effectuer des mesures en mode "D-Bar" (mode d'évaluation de la moyenne) avec à la fois la position 1 et la position 2 de la lunette, à la suite de quoi l'on prend la moyenne des deux distances. Ceci est utile lorsqu'on

mesure avec le laser DR200+ ou DR300+ à des angles de visée très obliques.

### Mesure précise des coins

Tous les types d'instruments DR, TOF et à déphasage présenteront une erreur lors d'une mesure de coins et de sommets, en raison de l'effet de divergence du faisceau, le faisceau s'étalant à mesure qu'il s'éloigne de la source. Lorsqu'on pointe le faisceau directement sur un coin, une partie de l'énergie de mesure est réfléchiée par les murs avant que le faisceau n'atteigne le coin. L'effet de mesure des coins est présenté à la figure 6, le front du faisceau pour l'instrument DR à déphasage se rapprochant plus du coin que dans le cas de l'instrument DR TOF. (La source est située à la même distance d'éloignement). Toutefois, les deux méthodes sont sujettes à des erreurs de distance.

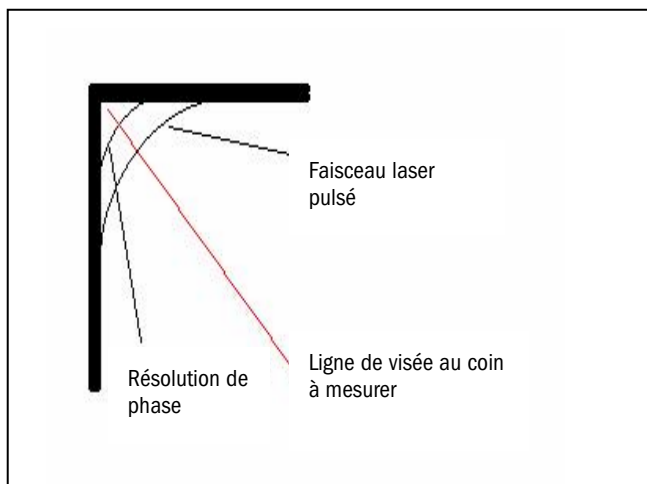


Figure 6: Effet de mesure des coins DR

Du fait de cette erreur, la méthode la plus précise de mesure d'un coin consiste à effectuer une combinaison de mesures d'angle et de distance. Une application consiste à prendre deux mesures DR en 3D sur l'un des murs, ce qui définit une ligne connue ou une surface plane connue. On peut mesurer avec grande précision l'angle en direction du coin réel à mesurer et la mesure n'est pas du tout affectée par l'effet du coin. Cette application permet de mesurer séquentiellement l'angle en direction du coin véritable et d'effectuer les deux mesures sur le mur, à partir desquelles on résout automatiquement la position précise du coin réel. Voir la figure 7.

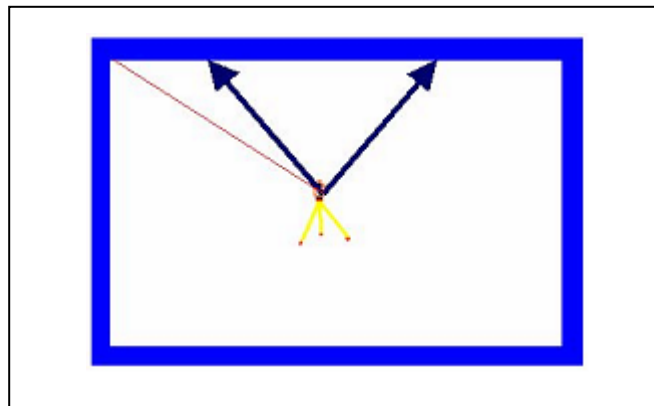


Figure 7: Application de mesure de l'angle en direction du coin véritable

Une mesure à intersection de deux droites est gérée de manière similaire dans une autre application disponible sur le Trimble 5600.

### Mesure d'un point excentré

On illustre cette application à la figure 8, dans ce cas il s'agit d'un château d'eau circulaire dont on cherche à obtenir la position du centre. Il est évident que l'on ne peut pas mesurer directement, mais on peut facilement la résoudre en employant des techniques DR et le logiciel utilitaire sans avoir à placer une cible au sommet de la tour.

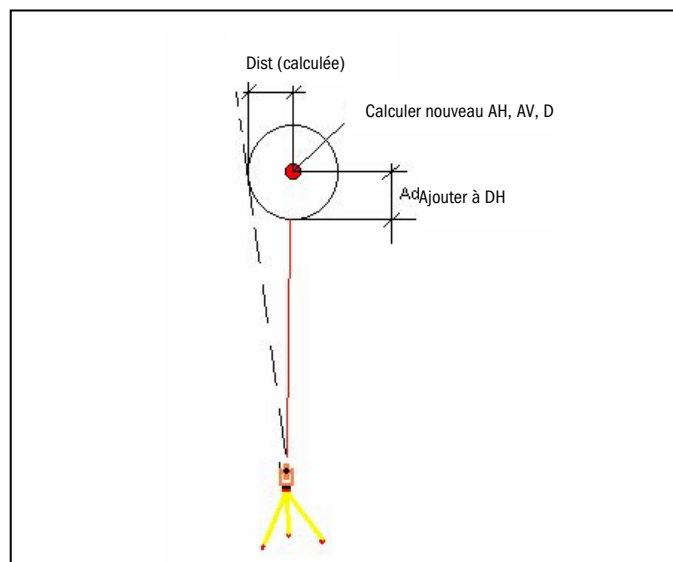


Figure 8: Mesure d'un point excentré

Tout d'abord, on prend une mesure DR en direction du centre de la tour, tel qu'observé à partir de la position de l'instrument, ce qui peut s'effectuer à partir d'une position distante de 800 m au maximum avec le DR300+, 600 m

au maximum avec le DR200+ ou de 80 m au maximum avec le DR Standard, selon le type de surface. Ensuite, on mesure l'angle sur le bord de la tour tel qu'observé à partir de la position de l'instrument. A partir de cela, on calcule automatiquement le rayon de la tour, duquel on déduit automatiquement la position du centroïde.

### Balayage de surfaces

On peut mesurer automatiquement en employant le mode de balayage, des surfaces telles que les parois de mines, les faces de falaises et les amoncellements de déblais, ce mode effectue des mesures automatiques à des intervalles de temps définis par l'utilisateur dans une fenêtre prédéterminée. On peut employer un logiciel de bureautique Trimble tel que le logiciel Terramodel® pour construire et visualiser une telle surface. Voir figure 9.

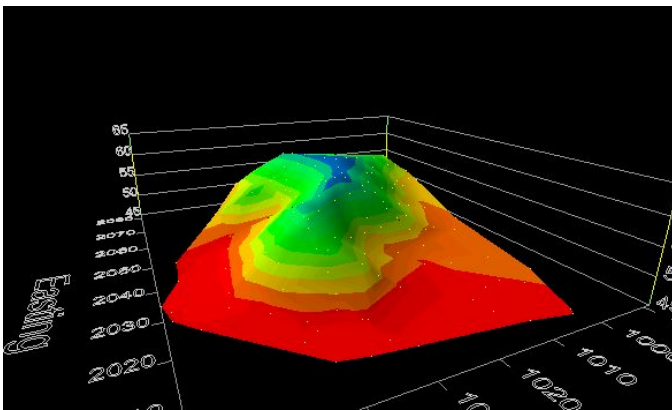


Figure 9: Visualisation de la surface balayée

### Conclusions

La mesure à réflexion directe offre des avantages significatifs en ce qui concerne la sécurité et la productivité. On peut à présent facilement mesurer des points et des zones inaccessibles. On peut mesurer des endroits dangereux tels que les falaises, les barrages, les faces de rochers, les parois de mines et les zones à circulation automobile intense sans qu'il soit nécessaire d'envoyer une personne dans la zone dangereuse. On peut réaliser très rapidement des levés de façades de bâtiments en employant cette technologie et cela avec une équipe d'une seule personne ce qui réduit considérablement les coûts. La faculté de réaliser cette sorte de mesure sans contact lorsqu'on procède à des levés topographiques de routes et de voies ferrées, réduit la gêne envers la circulation routière et améliore la sécurité.

On a expliqué les deux approches permettant la mise en œuvre de cette technologie – le méthodes à déphasage et

a temps de vol - ainsi que les avantages et inconvénients de chacune d'elles. On a décrit également des applications d'assistance typiques à l'aide de logiciels utilitaires.

La technique du déphasage employée dans la technologie DR Standard de Trimble est une solution DR d'entrée de gamme disponible sur les séries de stations totales 3300, 3600 et 5600. Le DR Standard offre une précision légèrement plus grande mais avec une portée réduite de manière significative. Elle offre également un pointeur à laser coaxial qui est particulièrement utile dans la topographie souterraine et le forage de tunnels. Elle convient idéalement aux topographes qui passent la plupart du temps à effectuer des levés topographiques en intérieur, et donc n'ont pas besoin de la capacité de mesure de distances plus longues du DR200+ et du DR300+. Ce sont des applications pour lesquelles on recommande l'option DR Standard.

La méthode à temps de vol, ou à laser pulsé, telle qu'employée dans le DR200+ offre une haute précision en mode DR  $\pm(3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$  et typiquement arrive à une portée deux à trois fois plus longue que celle de la mesure DR à déphasage. Par conséquent, on recommande l'instrument DR200+ comme instrument le plus adapté, aux topographes qui passent le plus de temps à travailler en extérieur, et donc ils bénéficieront de la capacité de mesure de distances plus longues en général et de la possibilité de poursuivre les mesures dans un environnement humide ou aux angles obliques.

Le DR300+ possède les fonctionnalités de portée les plus longues actuellement disponibles pour le topographe, atteignant jusqu'à six fois la portée d'un DR à déphasage sans porter préjudice à la précision ou à la durée de mesure. Cette option supérieure est recommandée pour les applications en extérieur lorsqu'une mesure Direct Reflex longue portée oscillant entre 150 et 800 m est exigée pour réduire les déplacements d'instrument et augmenter la rentabilité.

Avec les fonctionnalités DR Standard des instruments Trimble 3300, 3600 et 5600 les capacités du laser pulsé du DR200+ et du DR300+ dans le Trimble 5600, Trimble propose aux topographes la gamme la plus complète de solutions de mesure sans réflecteur disponible du marché. En comprenant les différences entre la technologie à déphasage utilisée sur le DR Standard et la technologie Temps de vol utilisée sur les DR 200+ et DR300+, les topographes peuvent prendre une décision en toute connaissance de cause quant à l'option convenant le mieux à leurs applications et leurs exigences.

## Appendice technique

Pour plus d'informations, veuillez vous référer aux notices de spécifications suivantes:

Fiche Technique 3300

Fiche Technique 3600

Fiche Technique 5600

Référence: IEC60825-1 / 2 Sécurité des Lasers pour les yeux.

GEOTOPO  
ZAC des Grillons  
208, rue de l'Ancienne distillerie  
69400 GLEIZE  
Tel : 04 74 699 400  
Fax : 04 74 699 401  
Courriel : [info@geotopo.fr](mailto:info@geotopo.fr)



Trimble Geomatics &  
Engineering Division  
5475 Kellenburger Road  
Dayton, Ohio 45424-1099  
ETATS-UNIS  
1-800-538-7800 (N° vert.)  
Tél: +1-937-245-5154  
Fax: +1-937-233-9441  
[www.trimble.com](http://www.trimble.com)