

# TRIMBLE XFILL, SERVICE D'EXTENSION DU RTK

## LIVRE BLANC

DIVISION TOPOGRAPHIE DE TRIMBLE

WESTMINSTER, COLORADO, ETATS-UNIS

Septembre 2012

### RESUME

Trimble xFill™ est un nouveau service qui étend le positionnement en RTK durant plusieurs minutes en cas d'indisponibilité du flux de corrections RTK. Les corrections Trimble xFill sont diffusées par satellite, si bien qu'elles sont normalement disponibles dans toute la zone couverte par le système et utilisables partout où les constellations GNSS sont visibles. Les géomètres bénéficiant d'un accès au service Trimble xFill verront leur productivité croître sur le terrain. Le présent document décrit Trimble xFill et ses applications pratiques.

Division Topographie, 10355 Westmoor Drive Suite #100 Westminster, CO80021 Etats-Unis

© 2012, Trimble Navigation Limited. Tous droits réservés. Trimble et le logo du Globe et Triangle sont des marques déposées de Trimble Navigation Limited enregistrées aux Etats-Unis et dans d'autres pays. Toutes les autres marques appartiennent à leurs propriétaires respectifs. PN 022543-551-FRA (10/12)

## **INTRODUCTION**

Ce document présente Trimble xFill, le nouveau service d'extension du RTK, et explore les différents aspects de cette avancée majeure en matière de topographie RTK qui va significativement accroître la productivité sur le terrain. Durant les périodes de perte du signal radio, lorsque le flux des corrections primaires est indisponible et qu'il est donc impossible de travailler en RTK (en version classique, avec base unique, et en VRS - Virtual Reference Station – avec une station de référence virtuelle), le service Trimble xFill propose une nouvelle technologie permettant de poursuivre la mesure de points avec une précision de niveau topographique pendant un bref laps de temps. Cette possibilité élimine non seulement les coupures dans le positionnement, mais elle autorise également une courte incursion dans une zone non couverte par le signal radio émis depuis la référence, alors qu'elle est bien visible pour la constellation GNSS.

Pour obtenir une précision de niveau centimétrique avec des signaux GNSS, Trimble xFill fournit un flux de corrections spécialisé, diffusé par satellite sur la bande L, et généré en recourant à la technologie Trimble RTX (Real-time eXtended – temps réel étendu). C'est la raison pour laquelle le présent document propose un bref aperçu de la technologie Trimble RTX avant de se concentrer pleinement sur Trimble xFill.

## **TECHNOLOGIE TRIMBLE RTX**

La technologie de positionnement RTX, récemment développée par Trimble, combine diverses techniques innovantes pour fournir un positionnement en temps réel de précision centimétrique aux utilisateurs, en tout point de la surface terrestre ou à proximité de celle-ci.

Cette nouvelle technique de positionnement est basée sur la génération et la fourniture de corrections précises pour les satellites (orbites, décalages d'horloges et biais du système) à l'échelle planétaire, diffusées soit par satellite sur la bande L, soit via Internet. La figure 1 présente schématiquement l'infrastructure générale du système.

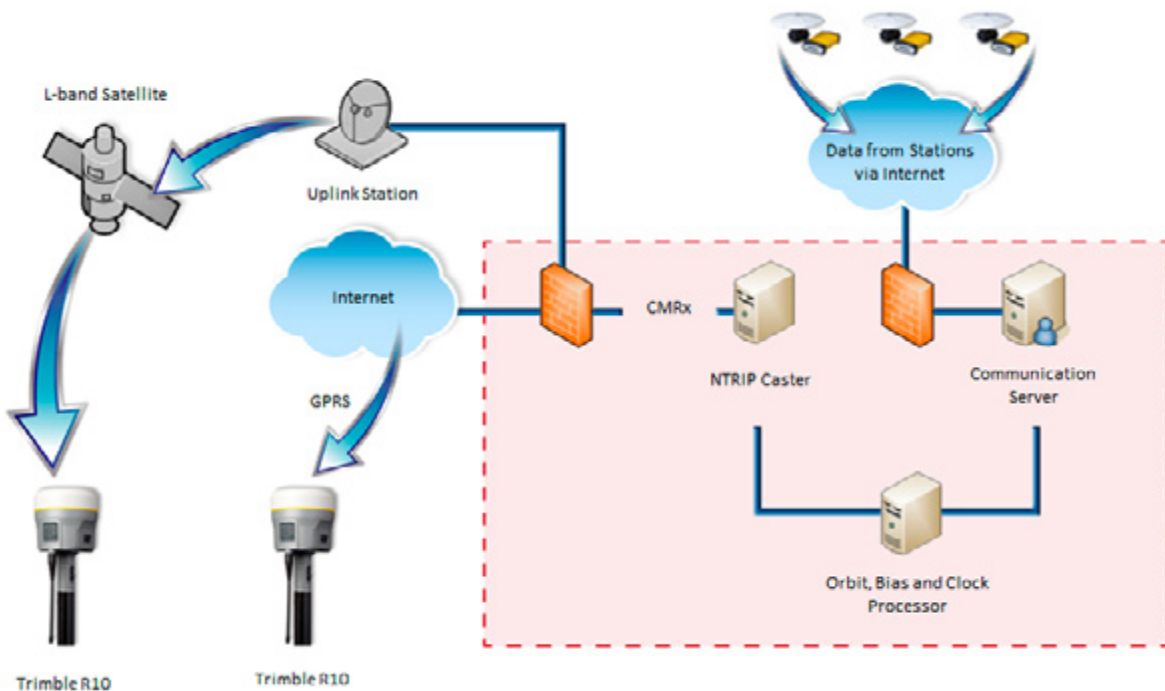


Figure 1. Infrastructure requise pour la technologie de positionnement Trimble RTX

Les données des stations de surveillance réparties à la surface du globe sont recueillies et transmises via Internet aux centres opérationnels. Ces derniers (représentés par le rectangle délimité en trait rouge pointillé sur la figure 1) sont volontairement redondants, de façon à assurer une très haute disponibilité (proche de 100%) au système. Si les circonstances l'exigent, la source du flux des corrections peut être permutée automatiquement entre centres opérationnels redondants et/ou serveurs assurant le traitement dans ces centres. Au sein des centres opérationnels, des serveurs de communication redondants servent à retransmettre les données d'observation du réseau aux serveurs de traitement. Ces derniers abritent les processeurs du réseau qui produisent des données précises (orbites, horloges des satellites et modèles pour les biais d'observation) dont la validité s'étend au monde entier.

Les données précises sur les satellites, générées par les processeurs du réseau, sont alors compressées au sein de messages se conformant au format CMRx, lequel a été développé spécialement pour transmettre de façon compacte des informations sur les satellites permettant d'assurer le positionnement en RTK (technologies Trimble RTX et Trimble xFill). Ces messages sont alors dirigés vers une station émettrice (liaison montante vers les satellites) ou rendus disponibles aux utilisateurs via Internet (qui peuvent par exemple y accéder via des mobiles GPRS).

Actuellement, le réseau de poursuite Trimble RTX comprend environ 100 stations réparties à travers le monde entier, comme l'indique la figure 2.

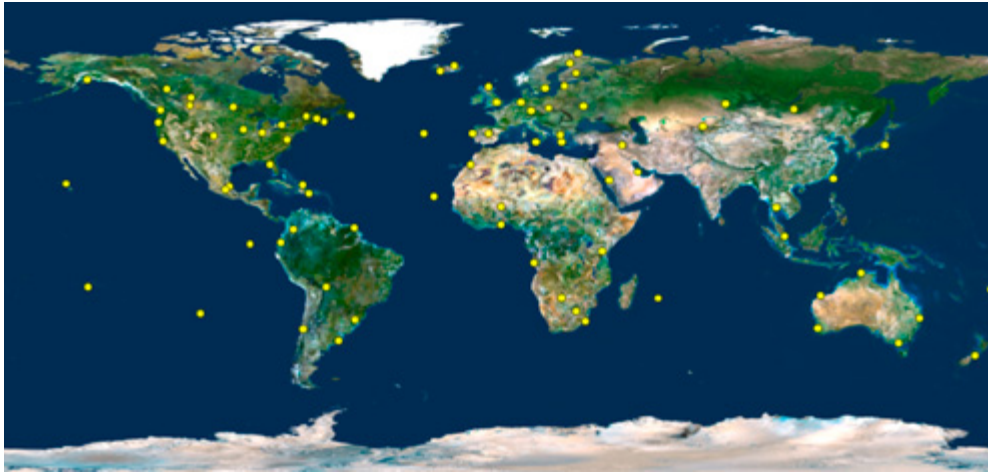


Figure 2. Répartition des stations du réseau de poursuite Trimble RTX

### LE CONCEPT DE TRIMBLE XFILL

L'introduction du service Trimble xFill permet aux récepteurs Trimble R10 utilisés pour réaliser des levés RTK à base unique ou en VRS de bénéficier des avantages de base de la technologie Trimble RTX.

La plupart des systèmes RTK se fondent actuellement sur des connexions par radio ou téléphone portable (en utilisant Internet) pour recevoir les corrections diffusées par une station de référence. Il peut s'agir d'une station physique unique, cas de figure familier pour les géomètres travaillant en GNSS RTK classique à ligne de base unique, ou d'une station de référence virtuelle (VRS), générant des données déduites d'un réseau de récepteurs. Bien que l'espacement entre les noeuds du réseau soit généralement de l'ordre de 40 à 70 kilomètres, les données VRS « semblent » provenir d'une position virtuelle établie à proximité du récepteur itinérant lorsque le levé est démarré. La figure 3 illustre ces deux types de flux de corrections RTK.

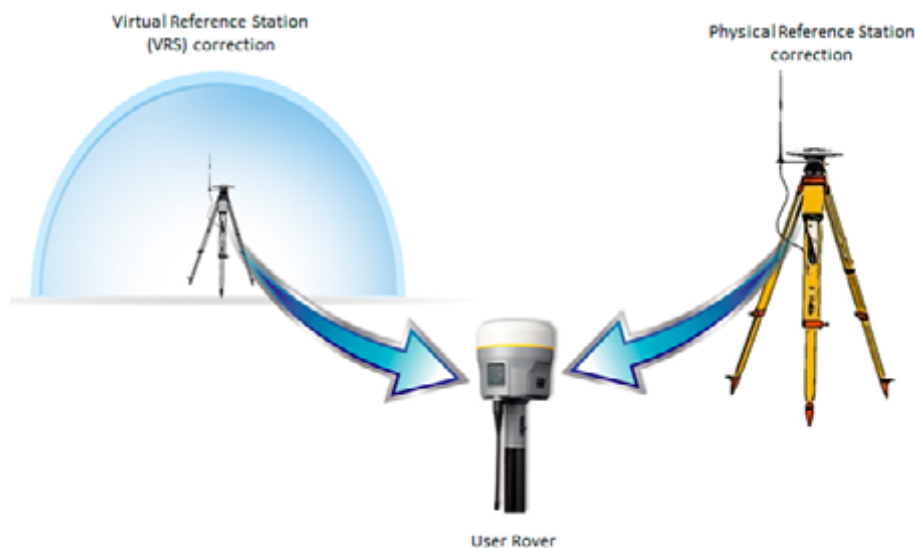


Figure 3. Les sources de corrections possibles pour la plupart des systèmes RTK : station de référence physique unique ou VRS

La technologie Trimble xFill vient en aide aux systèmes RTK standard lorsqu'ils perdent la connexion avec leur source de corrections primaire, une station de référence ou un flux VRS. La figure 4 présente un cas de figure type de perte de signal radio. Des bâtiments empêchent la réception du signal par les mobiles dans les zones où ils font écran entre l'émetteur radio de la station de référence et les utilisateurs. L'obstacle qu'ils constituent provoque une interruption dans le positionnement RTK. Le même scénario peut survenir lorsqu'un utilisateur VRS pénètre dans un secteur où l'antenne relais de téléphonie mobile active est masquée par un bâtiment de grande taille ou un obstacle naturel tel qu'une colline.

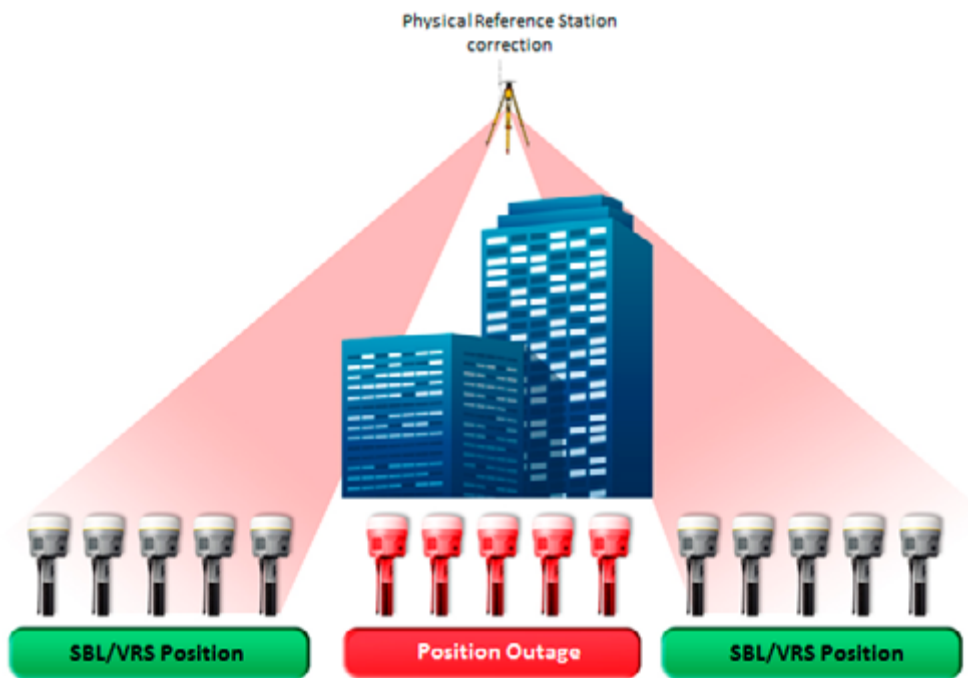


Figure 4. Perte de la solution RTK provoquée par un bâtiment empêchant la réception du signal radio RTK

Des services de positionnement indépendants recourent actuellement à la technologie Trimble RTX dans le cadre de plusieurs applications non topographiques. Trimble xFill, dont le Trimble R10 est équipé en standard, n'est pas un service de positionnement indépendant, mais utilise l'infrastructure RTX pour venir en soutien des méthodes topographiques standard RTK et VRS. La gamme des flux de corrections GNSS désormais disponibles pour les utilisateurs de solutions Trimble en RTK depuis la mise en service de Trimble xFill est présentée sur la figure 5.

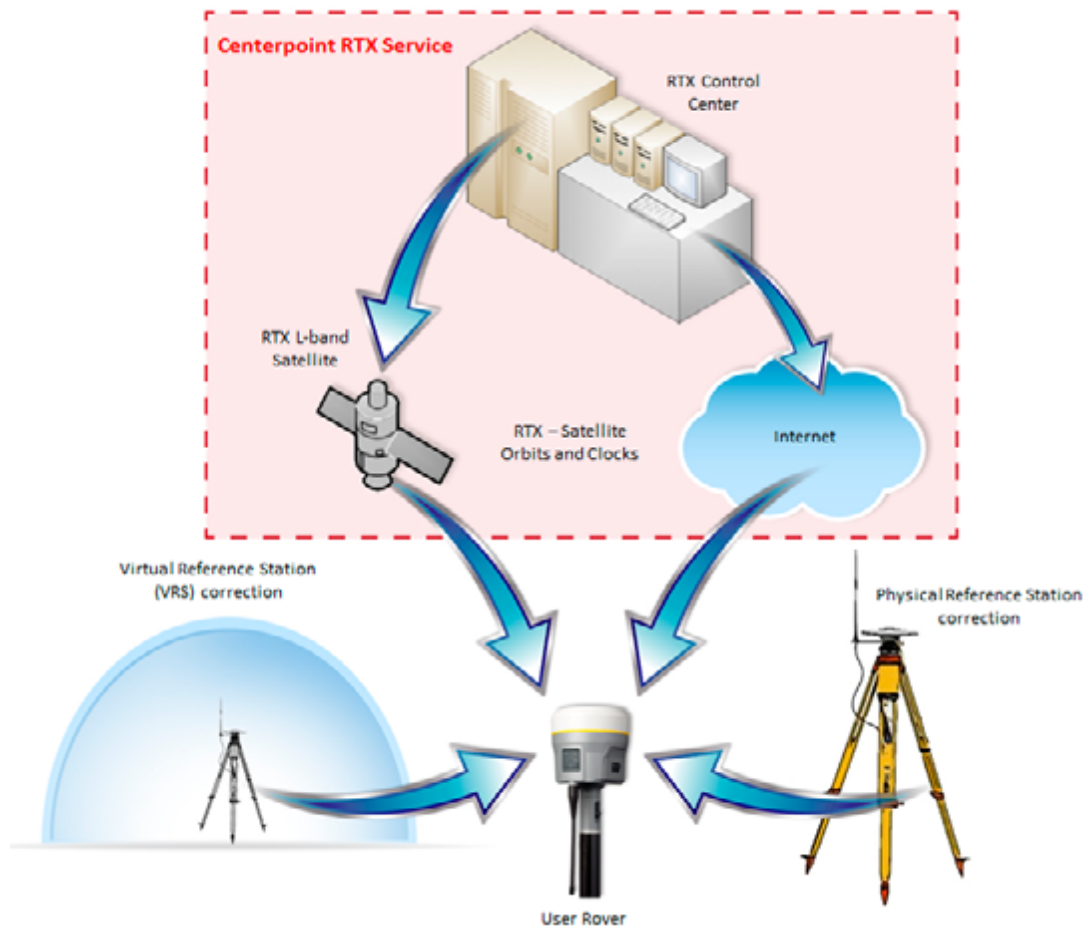


Figure 5. Flux de corrections GNSS disponibles pour les utilisateurs de solutions RTK Trimble (avec Trimble xFill)

Dans les zones couvertes par un satellite Trimble RTX, un récepteur Trimble R10 équipé de Trimble xFill capte simultanément les flux de corrections transmis (base unique ou VRS) et le flux RTX. Si un cas de figure tel que celui dépeint sur la figure 4 vient à survenir, les corrections Trimble RTX fournissent le moyen requis pour conserver un positionnement en RTK de haute précision, uniquement fondé sur les données reçues par le mobile GNSS. Cela comble les lacunes (« fills the gap » en anglais, d'où le nom de xFill) nées de la perte du flux des corrections primaires. La figure 6 illustre le comportement que l'on attend d'un récepteur Trimble R10 si le scénario redouté se produit.

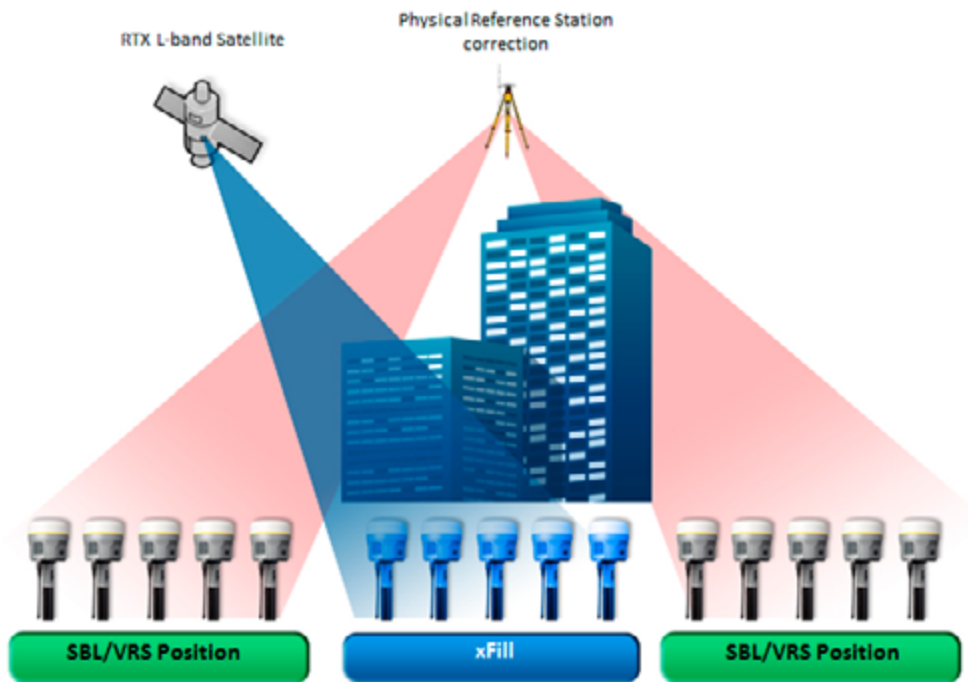


Figure 6. Comportement attendu d'un récepteur R10 utilisant Trimble xFill

Les corrections Trimble RTX étant transmises via un lien indépendant (un faisceau émis par un satellite sur la bande L et non la radio de la station de base), elles sont normalement disponibles lorsque les corrections de la station de référence font défaut. Les signaux radio terrestres sont souvent bloqués, tandis que ceux des satellites GNSS sont largement captés, tout comme le faisceau Trimble xFill sur la bande L. Et grâce aux possibilités GNSS étendues du Trimble R10, le nombre de satellites poursuivis est généralement suffisant pour utiliser Trimble xFill en présence d'obstacles. Le récepteur peut ainsi continuer à fournir des positions RTK lorsqu'il traverse une zone où les signaux radio ne sont pas captés.

Le signal Trimble RTX est continuellement reçu par le mobile tant que le satellite émettant sur la bande L reste visible, de sorte qu'il permet de garantir la continuité du traitement des données RTK.

En résumé, l'option Trimble xFill permet un gain de productivité considérable aux géomètres utilisant le Trimble R10, dans les zones où les corrections primaires sont inutilisables. Elle parvient à un tel résultat en maximisant la disponibilité du système grâce au signal Trimble RTX, toujours prêt à être utilisé.

## COMMENT FONCTIONNE TRIMBLE XFILL ?

Un petit retour en arrière s'impose pour le comprendre. Revenons-en donc aux principes qui régissent les deux options possibles pour le RTK différentiel : les systèmes classiques, à base unique, et les systèmes VRS.

Lorsque les données GNSS enregistrées par la station de référence et le mobile sont combinées durant le traitement, on part du principe que les erreurs affectant les deux sites sont très proches les unes des autres. En règle générale, ces erreurs communes se composent des décalages entre les horloges des satellites, des erreurs affectant leurs orbites respectives, des effets atmosphériques et

des biais de mesure. Les valeurs enregistrées présentant un niveau de cohérence raisonnablement élevé entre le mobile et la référence, elles s'annulent quasiment lorsque les deux jeux de mesures sont combinés. Les erreurs résiduelles sont suffisamment faibles pour permettre un positionnement avec une précision relative de niveau centimétrique, comme l'indique la figure 7.

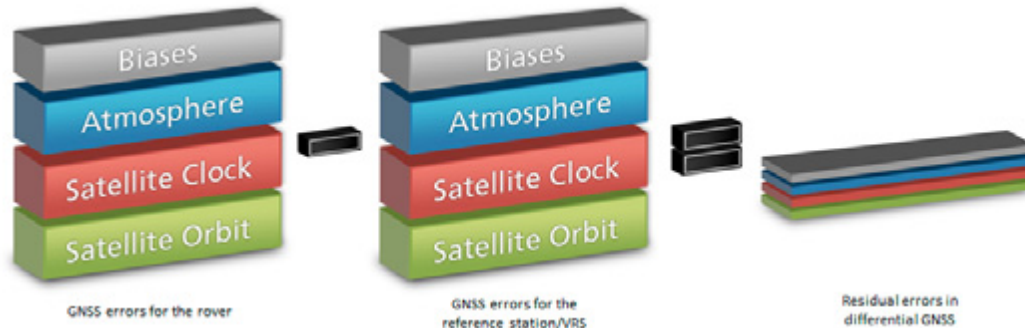


Figure 7. Modélisation des erreurs en RTK différentiel avec une base unique ou en VRS

La technologie Trimble xFill est capable de fournir des positions RTK dont les niveaux de précision sont semblables à ceux du RTK différentiel classique parce qu'elle vise à éliminer les mêmes erreurs, en recourant toutefois à une approche assez différente. La raison en est simple : seules les données du mobile restent disponibles après la perte de la liaison radio. Les erreurs annulées par différence dans le traitement RTK standard (décalages d'horloges, erreurs orbitales, biais de mesure) sont donc modélisées ici et intégrées au flux des corrections Trimble RTX transmises. Il s'agit alors de quantités connues qui peuvent être prises en compte comme telles lors du traitement des mesures du mobile. Des algorithmes spécialement développés pour le système Trimble RTX servent par ailleurs à déterminer les erreurs atmosphériques, si bien que les erreurs résiduelles sont finalement réduites à un niveau acceptable pour des applications de positionnement GNSS de haute précision. Le traitement global proposé par Trimble RTX fournit par conséquent une modélisation des erreurs affectant les observations des satellites qui conduit à un résultat comparable à celui obtenu en RTK différentiel, comme l'indique la figure 8. Bien que les différentes sources d'erreur soient modélisées plutôt qu'annulées par différence avec des erreurs similaires enregistrées par le récepteur de la référence, les algorithmes du processeur de Trimble RTX (présenté à la figure 1) fournissent des résultats d'une telle qualité que la précision finale des positions xFill est parfaitement cohérente avec celle des traitements réalisés en RTK différentiel classique.



Figure 8. Modélisation des erreurs par Trimble RTX

Le flux Trimble RTX émis sur la bande L fournit des corrections d'une telle qualité que l'approche par une modélisation des erreurs est d'un niveau équivalent au RTK différentiel classique. C'est pourquoi



il est possible d'utiliser Trimble xFill pour pallier les interruptions de service (perte de signal, aucune donnée reçue de la référence) lors de travaux en RTK sans transiger sur le niveau de précision que requièrent les applications topographiques, comme le résume la figure 9.



Figure 9. Interruption dans la réception des données de référence palliée par Trimble xFill

Les erreurs résiduelles finales sont principalement dues à des effets locaux au mobile, tels que des multitrajets. Ces effets sont les mêmes pour les différentes sources de corrections.

## CONSIDERATIONS DE PERFORMANCE

L'un des principaux avantages de Trimble xFill réside dans sa disponibilité instantanée, dès la perte du signal radio RTK. Il n'y a aucun délai dû, par exemple, à la phase de convergence similaire à l'initialisation à effectuer en RTK. Trimble xFill peut prendre le relais pour assurer la continuité des travaux RTK à l'instant même où le flux des corrections primaires est perdu – comblant parfaitement les interruptions qui se seraient produites autrement. Trimble xFill est disponible dès l'obtention de la première position RTK en fonctionnement normal après le démarrage du levé.

Les utilisateurs du RTK travaillent souvent dans des cadres de référence (systèmes de coordonnées) différents. Bien que l'ensemble des calculs et des flux de corrections Trimble RTX générés se fondent sur le cadre de référence terrestre international de 2008 (ITRF - International Terrestrial Reference Frame), le traitement par Trimble xFill fournit des coordonnées exprimées dans le même cadre de référence que la solution RTK à laquelle il se substitue, qu'elle s'appuie sur une base unique ou sur le VRS. Le cadre de référence choisi pour le RTK devrait toutefois être proche d'ITRF08 (ou de WGS84) pour assurer une performance optimale. Des indications supplémentaires figurent sur la fiche technique du Trimble R10.

En termes de précision, Trimble xFill peut fournir des résultats de positionnement présentant une précision horizontale attendue de RTK + 10 mm/minute (DEMQ). (cf. *Tableau 1. Caractéristiques techniques de Trimble xFill* plus loin dans ce document.)

Les performances effectives dépendront de la visibilité des satellites, de leur géométrie et des risques de trajets multiples autour du mobile. Une fois Trimble xFill actif, les erreurs croissent lentement et de façon largement linéaire ; les précisions indiquées traduisent cette hausse. Aucune procédure particulière n'est requise sur le terrain pour y remédier. Toutefois, si la source des corrections primaires ne peut pas être rétablie, l'enregistrement des points levés sera automatiquement bloqué lorsque la précision excédera la tolérance fixée par l'utilisateur pour le mode de levé considéré (exemples : cinématique en continu, topo, point d'appui). Dès que des corrections primaires sont à nouveau reçues, même durant une seconde, les précisions sont « réinitialisées » pour retrouver le niveau qui était le leur avant le basculement vers Trimble xFill (sous réserve d'éventuels changements intervenus dans la visibilité des satellites). Ainsi, une réception radio très épisodique aura un impact assez faible sur les précisions RTK communiquées. Les difficultés ne surviendront qu'en présence de pertes prolongées. Actuellement, le Trimble R10 continue à fournir des positions Trimble xFill durant 5 minutes après la perte du signal radio.

La poursuite en continu des signaux GNSS est elle aussi indispensable pour obtenir des performances optimales. Cette poursuite peut se révéler impossible si des obstacles empêchent la réception des signaux diffusés et des corrections primaires. Un tel cas de figure peut se présenter lors de travaux réalisés à très faible distance de bâtiments. Toutefois, la constellation des satellites évolue rapidement, si bien que la solution de positionnement Trimble xFill s'enrichit en permanence de nouveaux satellites et peut réintégrer ceux pour lesquels la poursuite a été interrompue ou des sauts de cycles enregistrés. La perte temporaire de signaux GNSS peut cependant provoquer une dégradation de la précision si la géométrie des satellites est affaiblie. Le coefficient d'affaiblissement de la précision du positionnement (PDOP - Position Dilution of Precision) croît alors et toutes les méthodes de positionnement GNSS (Trimble xFill comprise) s'en trouvent affectées. Lorsque le nombre de satellites poursuivis est inférieur à quatre, aucune solution Trimble xFill n'est disponible. Elle le redevient lorsque la liaison radio est rétablie ou que cinq satellites sont à nouveau visibles. (Ce nombre peut dépendre de la combinaison des satellites GNSS poursuivis lorsque moins de cinq satellites GPS sont disponibles.) Cette exigence est donc identique à celle du RTK en fonctionnement normal qui requiert un minimum de quatre satellites. Le moteur de traitement Trimble HD-GNSS intégré au Trimble R10 assure cependant une convergence rapide à des précisions de niveau topographique dès lors que cinq satellites sont visibles.

Les graphiques des erreurs de positionnement présentés sur les figures 10 et 11 indiquent les performances effectives obtenues lors d'un test Trimble xFill conduit durant la phase de développement. Chacun des graphiques présente 5 minutes de positionnement VRS suivies de 5 minutes de méthode xFill durant lesquelles le flux des corrections primaires était déconnecté. Ces exemples montrent bien la dérive progressive de la position, caractéristique de xFill, s'accompagnant du reste d'un affaiblissement de la précision. Notez que la version actuelle du firmware du R10 limite la durée d'intervention de xFill à 5 minutes pour se conformer aux seuils de précision habituellement utilisés en topographie avec Trimble Access sur un grand nombre de types de terrains différents.

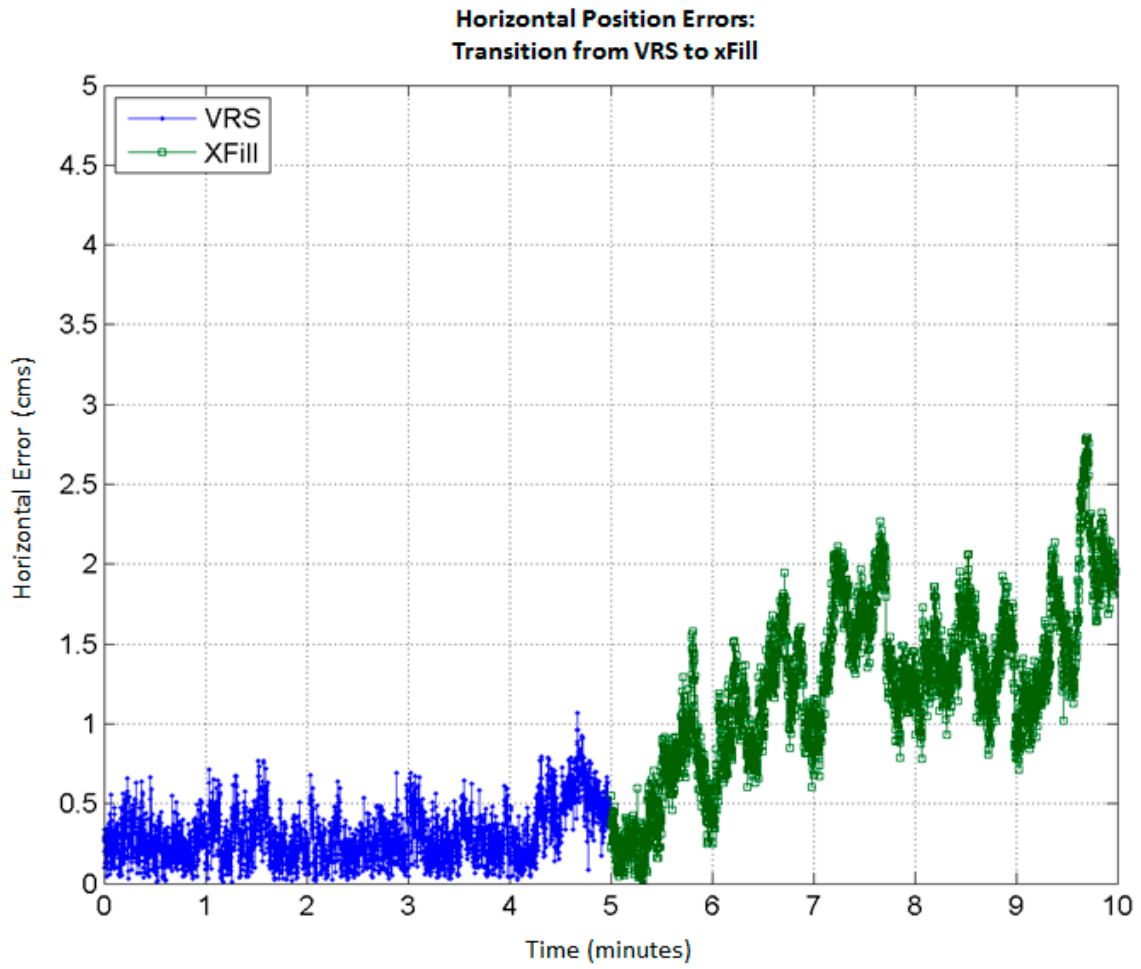


Figure 10. Exemple d'erreurs de positionnement horizontal durant une session Trimble xFill étendue

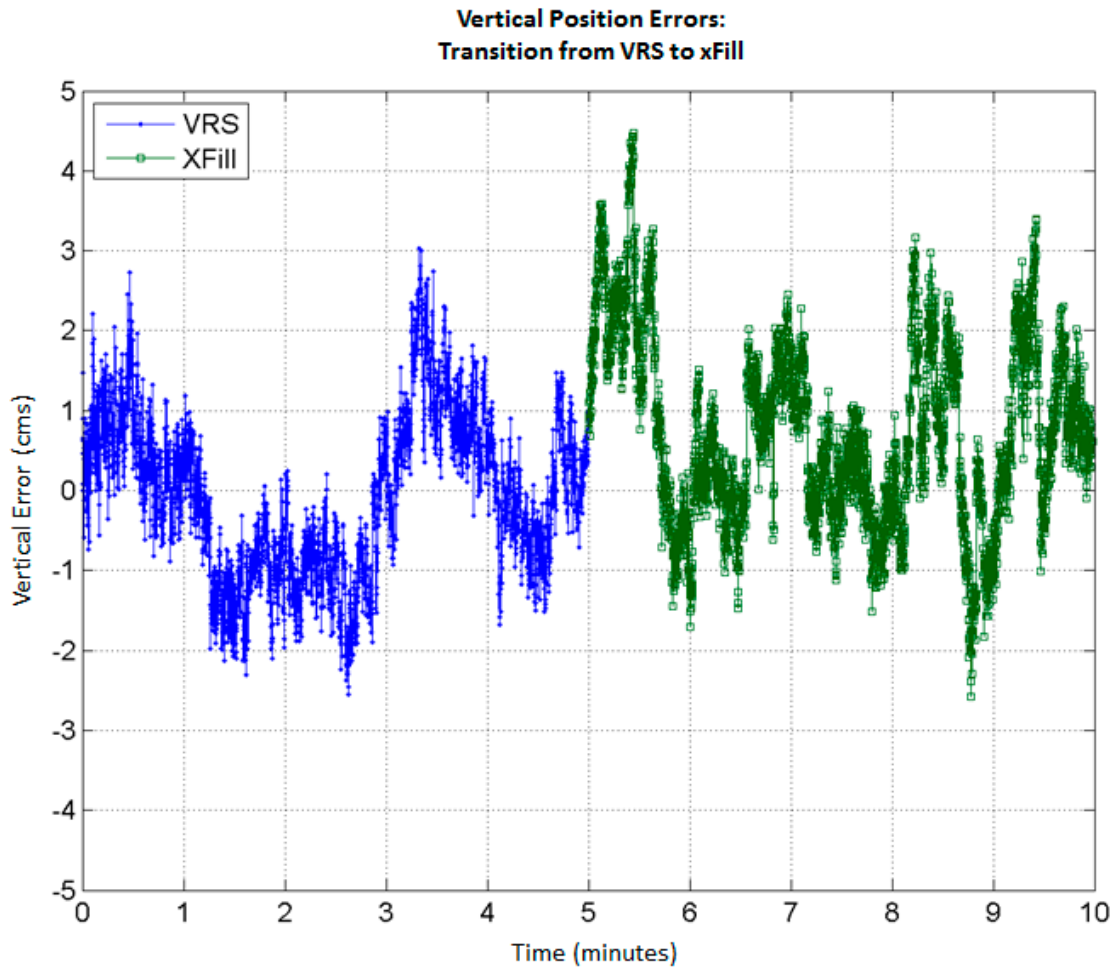


Figure 11. Exemple d'erreurs de positionnement vertical durant une session Trimble xFill étendue

## UTILISATION DE TRIMBLE XFill AVEC TRIMBLE ACCESS ET TRIMBLE BUSINESS CENTER

Trimble xFill est appliqué aux levés RTK effectués avec un récepteur Trimble R10 et le logiciel de terrain Trimble Access. Lorsque le flux des corrections RTK est perdu, Trimble Access bascule automatiquement du RTK à Trimble xFill. Le passage de l'un à l'autre est immédiat et parfaitement transparent pour l'utilisateur. Lorsque Trimble xFill est actif, Trimble Access affiche « xFill » dans la barre d'état, au même titre que les précisions estimées, comme l'indique la figure 12.

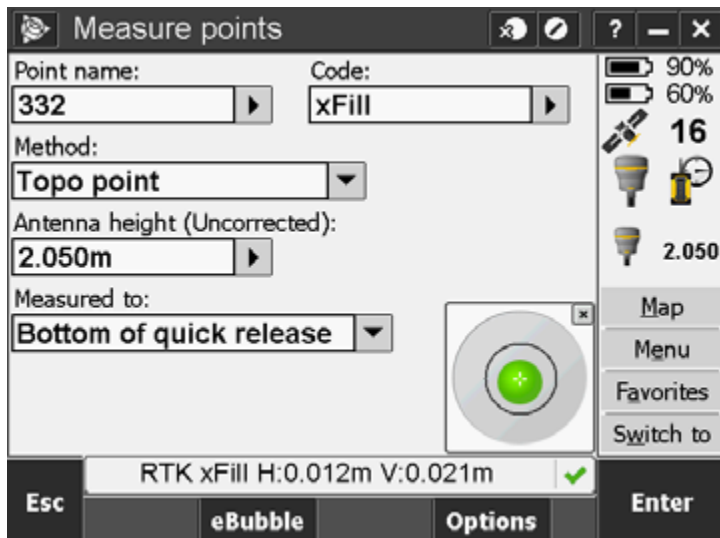


Figure 12. Trimble Access indique « xFill » lorsque Trimble xFill est actif

La mesure de point est disponible jusqu'à ce que les valeurs de précision dépassent les tolérances fixées par l'utilisateur. Lorsque ces tolérances sont dépassées, Trimble Access passe de l'affichage d'un symbole « coché » vert à celui d'un symbole « x » rouge, indiquant ainsi que la mesure de point n'est plus disponible. L'utilisateur doit alors rétablir le flux des corrections RTK pour pouvoir continuer le levé.

Trimble Access enregistre les observations Trimble xFill comme des vecteurs RTK. Les utilisateurs peuvent ainsi importer ces observations dans le logiciel de bureau Trimble Business Center tel qu'indiqué sur la figure 13. Les points Trimble xFill peuvent alors être intégrés à un ajustement (par rapport à la station de base RTK ou de réseau, avec l'ensemble des autres points RTK).

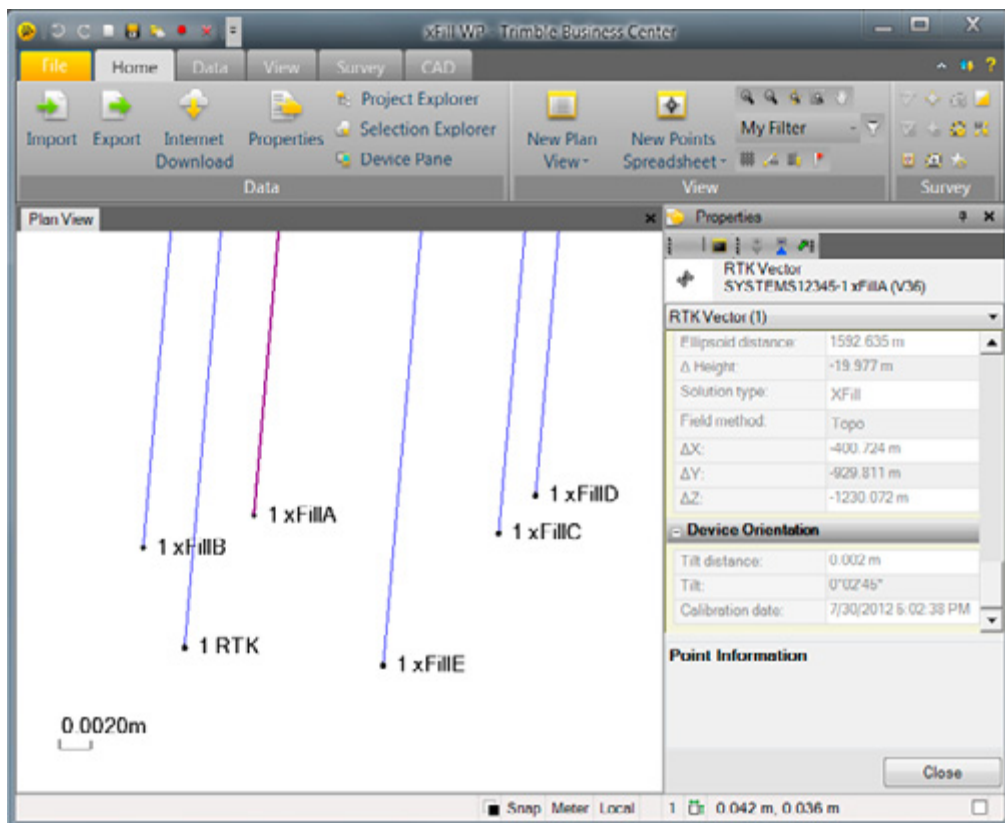


Figure 13. Observations Trimble xFill dans le logiciel de bureau Trimble Business Center

## CONCLUSION

Trimble xFill est une nouvelle technologie développée par Trimble pour permettre aux utilisateurs du RTK de bénéficier du service par satellite Trimble RTX émis sur la bande L. Les méthodes classiquement utilisées pour le traitement RTK différentiel sont complétées par une modélisation avancée et une estimation des principales erreurs GNSS (orbites des satellites, décalages d'horloges, biais des systèmes).

Disponible pour la toute première fois sur le récepteur Trimble R10, Trimble xFill est capable de suppléer de façon robuste la perte de la connexion radio ou Internet, cause première d'interruption pour la réception des corrections RTK. La continuité du positionnement est assurée tout en maintenant une précision de niveau topographique durant plusieurs minutes. Il n'y a aucun délai lorsque Trimble xFill est activé automatiquement. Des périodes d'intervention plus étendues de Trimble xFill sont par ailleurs possibles pour des applications moins exigeantes. Une réception radio sporadique, possible dans bon nombre d'environnements sur le terrain, restera désormais sans influence sur les procédures de travail employées, réduisant de ce fait les durées d'indisponibilité et accroissant grandement la productivité.

Les caractéristiques de xFill sont récapitulées sur le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques de Trimble xFill

Caractéristiques de Trimble xFill	
Durée d'utilisation de la source de correction primaire RTK (base unique, VRS) requise avant l'activation de Trimble xFill	Une seule mesure à la précision requise
Durée de convergence une fois Trimble xFill déployé	Aucune
Durée maximale de perte (de la correction primaire)	5 minutes
Précision horizontale usuelle <sup>1</sup>	RTK <sup>2</sup> + 10 mm/minute (EMQ)
Précision verticale usuelle <sup>1</sup>	RTK <sup>2</sup> + 20 mm/minute (EMQ)
Cadre de référence	Le même que pour la correction primaire RTK
<p>Notes :</p> <p>1. Les précisions dépendent de la disponibilité des satellites GNSS. Le positionnement xFill cesse au bout de 5 minutes d'interruption de la réception du signal radio.</p> <p>2. RTK se réfère à la dernière précision indiquée avant la perte de la source de correction et l'activation de xFill.</p>	