

# L'Ultra Wideband, un système de positionnement topographique sans satellite

■ Joël Van CRANENBROECK

Depuis l'avènement des mesureurs de distance utilisant les ondes radioélectriques, qui furent détrônées d'ailleurs rapidement par la mesure de phase sur l'infrarouge et depuis le laser, les topographes avec l'arrivée du GPS puis du GNSS se sont habitués à des instruments de mesure basés sur le temps de propagation d'une onde électromagnétique. Les navigateurs, eux, ont une longue expérience de ces systèmes et avant le GPS, des systèmes comme le Syledis de la société française Sercel ont apporté des solutions basées sur des balises fixes (transpondeurs) organisées en réseau ou chaîne. Mais le GNSS connaît des limitations qui empêchent son usage à l'intérieur des habitations au sens large. Les parkings, les tunnels, les rues étroites dans les villes, le couvert forestier dense sont autant d'espaces où l'on ne peut obtenir sa position de manière précise. Que dire alors des ateliers, des halls d'assemblage et de stockage ? En 2005, la société australienne Locata débuta le développement d'un système de positionnement, similaire dans son architecture aux pseudolites. Ces pseudolites sont des balises qui émettent sur la bande de fréquences L1 du GPS un message similaire à ceux des satellites. Ils furent conçus au départ pour valider le système GPS. Mais l'utilisation de la fréquence L1 du GPS étant réservée, cette société entreprit d'utiliser la bande de fréquences libre ISM (milieu industriel, scientifique et médical). Depuis, d'autres sociétés ont entrepris des développements similaires en exploitant l'Ultra Wideband (ou bande ultra large) en répondant aux besoins des sociétés désireuses de positionner des machines et des opérateurs dans des endroits où le GNSS n'est pas fonctionnel.

## ■ MOTS-CLÉS

Topographie, GNSS, UWB, positionnement, localisation, navigation, latération, radio-fréquence, balises, ancrs, tags, Indoor, Outdoor, localisation continue, optimisation

Figure 1.  
Un "Active UWB Control Point"



Nous avons été nous-mêmes intéressés par ces développements en suivant ceux des sociétés Locata et Essensium en Belgique. En 2019, nous avons participé étroitement à un programme de recherche financé par la région bruxelloise pour le développement d'un système de localisation utilisant le *Narrow Band*.

Si ces applications semblent bien décalées par rapport à la topographie, nous trouvons que celles-ci vont se rejoindre rapidement. En effet, la future 5G devrait proposer la localisation des mobiles avec une précision de 1 mètre, voire mieux puisque les ondes utilisées sont millimétriques. On voit clairement que l'hybridation GNSS et UWB permettrait le développement de solution de localisation continue.

Cet article passe rapidement en revue les principes utilisés par l'UWB pour présenter les résultats que nous avons obtenus sur un périmètre d'essais en les comparant aux positions déterminées par une station totale.

L'UWB serait-il donc un solide candidat pour s'intégrer dans l'arsenal des moyens de mesure du topographe ? L'UWB est généralement engagée dans des espaces intérieurs pour pallier à l'insuffisance du GNSS, mais cette technologie peut bien sûr être déployée en extérieur également (figure 1).

## L'Ultra Wideband

L'histoire de la technologie UWB remonte à l'époque de la première radio artificielle, lorsque Marconi utilisait des émetteurs à éclateur (impulsions électriques courtes) pour la communication sans fil.

En 1920, les signaux UWB ont été interdits d'utilisation commerciale.



La technologie UWB était limitée aux applications de défense dans le cadre de programmes hautement classifiés pour une communication sécurisée. Ce n'est qu'en 1992 que l'UWB a commencé à recevoir une attention notable de la communauté scientifique.

Les développements des microprocesseurs à grande vitesse et des techniques de commutation rapide ont rendu l'UWB commercialement viable pour les communications à courte portée et à faible coût. Les premières applications comprennent les systèmes radar, la communication, l'électronique grand public, les réseaux personnels sans fil, la localisation et l'électronique médicale. Depuis lors, des connaissances détaillées de l'électromagnétique UWB, des composants et de l'ingénierie des systèmes ont été développées.

En 2002, la *Federal Communication Commission* (FCC) des États-Unis a été la première organisation au monde à publier des réglementations UWB autorisant l'utilisation sans licence du spectre alloué. Cependant, la limite de puissance autorisée a été fixée très bas pour éviter les interférences avec d'autres technologies qui fonctionnent dans cette bande de fréquences telles que *WiFi*, *Bluetooth*, etc.

Une fois "légalisée" l'UWB a passé les frontières et nous avons vu un développement sans cesse croissant, notamment pour les applications de localisation.

Le principe est simple : des balises UWB situées sur les mobiles émettent des données pulsées qui sont reçues par des récepteurs fixes (appelés ancres par la suite) répartis dans la zone à couvrir et dont les coordonnées X, Y et Z sont déterminées.

Ces derniers évaluent la distance des balises par mesure du temps de propagation des signaux, ce qui permet au système de calculer la position des mobiles par multilatération.

On voit que le système s'apparente au GNSS où les satellites sont remplacés par des ancres. On comprend également que la géométrie entre les ancres et les mobiles jouera le même rôle que celui du GDOP avec le GNSS. Les algorithmes de calcul sont similaires à ceux du positionnement par les signaux

codés en utilisant la méthode des moindres carrés. Nous nous trouvons donc dans un domaine bien connu des topographes.

L'UWB est moins sensible aux trajets multiples qu'un mode de modulation classique, car les émissions sont de très courtes durées (impulsion). Ceci permet de réduire les erreurs lors de la détermination des durées de propagation.

Cette caractéristique favorise donc cette technologie très performante en termes de géolocalisation de haute précision dans les infrastructures intérieures.

Il est à noter qu'une paire de balises peut donc être utilisée pour mesurer la distance qui les sépare et c'est justement cette propriété qui est exploitée maintenant pour la création de bracelets et badges de distanciation physique dans le cadre de l'épidémie du coronavirus.

### Les observations de distances en Ultra Wideband

Chaque technologie possède son jargon et l'UWB ne déroge pas à cette règle. Les balises de référence sont appelées "ancres" et les balises mobiles sont dénommées "tags" ou étiquettes en français, bien que ce terme soit peu usité.

On construit facilement des équivalences de langage en se souvenant que les ancres sont les satellites du GNSS et les tags sont les récepteurs GNSS.

Les solutions UWB en matière de localisation sont basées sur la méthode du temps de vol (*Time of Flight* ou ToF) d'une impulsion radioélectrique pour mesurer la distance entre deux émetteurs/récepteurs radio en multipliant le ToF du signal par la vitesse de la lumière. C'est le même principe que l'on retrouve avec le GNSS utilisant les mesures de code.

À partir de ce principe de base, la technologie UWB peut être mise en œuvre de différentes manières en fonction des fonctionnalités des applications cibles :

- télémétrie bidirectionnelle (*two-way ranging* – TWR) ou télémétrie doublée (*double-sided TWR* – DSTWR) ;
- différence dans le temps d'arrivée (*Time difference of arrival* – TDoA).

### Two-way ranging (TWR / DSTWR)

La méthode TWR repose sur une communication bidirectionnelle entre deux appareils. Pendant leur communication, les appareils mesurent également le ToF du signal radio fréquence (RF) UWB entre eux (*figure 2*). En multipliant le temps aller et retour du signal par la vitesse de la lumière, puis en le divisant par 2, on obtient avec le TWR la distance réelle entre les deux appareils. Sur cette base, on peut donc implémenter une localisation 2D ou même 3D en mesurant la distance entre les appareils mobiles et les appareils fixes.

#### Points positifs :

- la synchronisation du système n'est pas nécessaire ;
- le déploiement est facile ;
- le TWR permet le contrôle et le transfert descendant (les coordonnées sont disponibles aux mobiles comme les récepteurs GNSS).

#### Points à améliorer :

- la consommation d'énergie est supérieure ;
- le nombre d'appareils mobiles est limité (par centaines).

### Time difference of arrival (TDoA)

La méthode TDoA est très similaire au GNSS. Plusieurs points de référence, appelés ancres, sont déployés dans un lieu et sont synchronisés par rapport au temps d'une ancre *Master Time*.

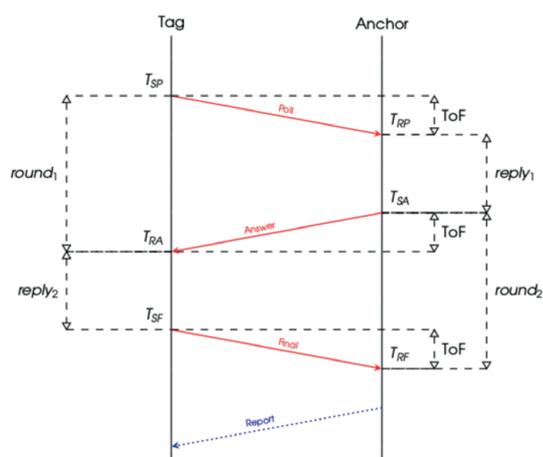
Les appareils mobiles vont émettre un signal (*blink*) et, à la réception du signal, l'ancre l'horodate. Les horodatages de plusieurs ancres sont ensuite renvoyés à un moteur de localisation central qui exécutera des algorithmes de multilatération basés sur les signaux des appareils pour calculer les X, Y, Z des appareils mobiles.

#### Points positifs :

- meilleure autonomie pour la batterie du mobile ;
- bonne densité possible d'appareils (par milliers).

#### Points à améliorer :

- le déploiement est plus complexe ;
- les ancres fixes doivent être synchronisées entre elles.



$$(T_{sp} - T_{ra}) - (T_{rp} - T_{sa}) = 2 \cdot \text{ToF (time of Fly)}$$

$$(T_{sa} - T_{rf}) - (T_{ra} - T_{sf}) = 2 \cdot \text{ToF (time of Fly)}$$

By adding these 2 equations, we can retrieve the **ToF**

$$\text{ToF} = \{(T_{rr} - T_{sp}) - (T_{sr} - T_{rp}) + (T_{rf} - T_{sa}) - (T_{sf} - T_{ra})\} / 4$$

### SDS TWR (Symmetrical Double Side Two Ways Ranging)

The **Tag** sends an interrogation packet and records time stamps, which are saved as **Tsp** (Time Start Pulse interrogation).

The **Anchor** receives the interrogation packet and records the **Trp** (Time Receive Pulse). The Anchor spends some time (reply 1) receiving the signal and generating a response packet, named **Tsa**.

The **Anchor** sends a response message and records **Tsa** (Time Start Answer).

The **Tag** receives the response message (round 1) and records the **Tra** (Time Receive Answer). The **Tag** spends time receiving the signal and generating the final message (reply 2), named **Tsf**.

The **Tag** sends a final message and records **Tsf** (Time start final).

The **Anchor** receives the final message and records **Trf** (final reception time).

© JVC

Figure 2. Two-way ranging (TWR / DSTWR).

## Le calcul des coordonnées en mode TWR et DSTWR

Nous nous trouvons devant un problème bien connu des topographes, à savoir comment déterminer les coordonnées d'un point à l'aide des distances mesurées de ce point vers des points connus en coordonnées. Cette méthode est appelée multilatération. Il s'agit de considérer l'intersection des cercles centrés sur les points connus en coordonnées et dont les rayons sont les mesures de distance vers le point dont on souhaite déterminer les coordonnées.

Il faut au minimum 3 points connus en coordonnées pour déterminer sans ambiguïté la position du nouveau point. Si l'on dispose de davantage de points connus ou ancres - ce qui est toujours souhaitable -, on utilisera la méthode des moindres carrés pour calculer cette position. De cette façon, on disposera également des informations statistiques usuelles (écart-type sur les coordonnées, erreur marginale détectable, ellipse de dispersion, etc.) qui permettent de caractériser la qualité des coordonnées.

Comme l'UWB permet de produire des résultats à haute fréquence (le

recording rate du GNSS), les solutions seront avantagement lissées à l'aide d'un filtre de Kalman unidimensionnel qui correspond également à un filtre à réponse impulsionnelle finie.

Nous voyons qu'en fait tout l'attrait des moyens de calcul et d'estimation bien connus des topographes peut se déployer dans le calcul des positions délivrées par l'UWB. Il y a une belle créativité d'ailleurs si l'on en juge les publications académiques.

Un des paramètres que renvoie une solution UWB est le LOS (*Loss of Sight*) qui illustre l'affadissement ou l'interruption d'une mesure de distance entre le tag et une ancre dû aux obstructions. Il n'y a pas de miracle, il s'agit d'ondes électromagnétiques et le corps humain avec son contenu en eau est un obstacle naturel.

## Mise en œuvre d'un système UWB de la société IIDRE France

Notre société a acquis un système d'évaluation UWB de la société IIDRE de France au mois de février 2020 (figures 3 et 4). Les raisons qui ont décidé pour cette société sont les suivantes :

- IIDRE a une expertise considérable en UWB et est partenaire privilégié avec le fabricant de puces UWB DECAWAVE et donc accès aux chercheurs et ingénieurs ;
- IIDRE supporte une distance de 200 mètres environ entre les balises UWB (ancres et tags) et donc bien supérieure à ce que les autres fournisseurs délivrent habituellement, cela permet de réduire significativement le nombre d'ancres dans un réseau ;
- IIDRE commercialise un système ouvert, aisément configurable en utilisant des commandes basées sur celles des modems (commandes AT) ;
- les tags peuvent produire les coordonnées via leur port USB au format texte (ASCII) et donc un simple terminal est suffisant ;
- les coordonnées de tous les tags engagés dans un réseau UWB IIDRE peuvent être également acquises via une ancre particulière dénommée Gateway ou passerelle et connectée à un PC.

Une fois que les ancres dont les coordonnées X,Y et Z ont été établies à l'aide d'une station totale avec mesureur de distance sans contact (laser) ou plus simplement à l'aide d'un mesureur de distance laser en reportant ces mesures





Typical ANCHOR designed and produced by IIDRE, France. Ruggedized enclosure

Tripod for camera with 1/4 inch screw

Duracell Power bank 10050 mAh, Quick-charge external battery for smartphones and devices powered by USB



ANCHOR id "1565042F" allowing to identify a specific anchor and assigned its 3D coordinates.

Typical TAG designed and produced by IIDRE, France. Ruggedized enclosure with USB connector.

Duracell Powerbank 10050 mAh, Quick-charge external battery for smartphones and devices powered by USB

Figure 3. Exemple d'une ancre UWB conçue et développée par la société française IIDRE.

Figure 4. Exemple d'un tag UWB conçu et développé par la société française IIDRE.

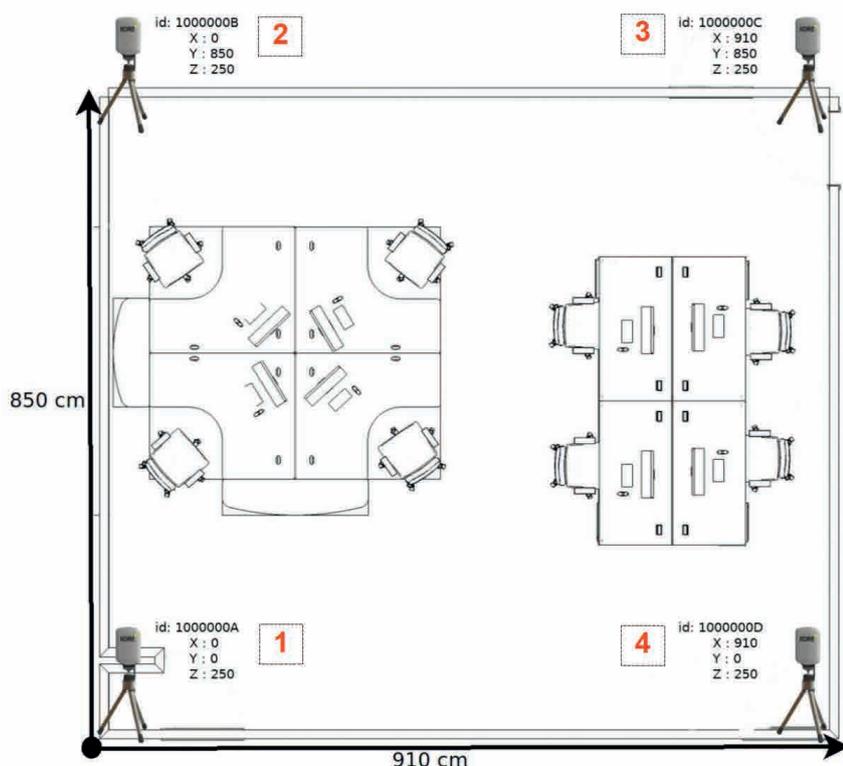


Figure 5. Expérimentation en intérieur, positions des ancres.

sous forme de coordonnées, sont alimentées, il faut introduire les coordonnées de ce réseau dans chaque tag. Cela se fait simplement en injectant un fichier de coordonnées X, Y et Z (en centimètre) via une session en mode terminal ou bien via le logiciel que IIDRE développe et met à disposition dans les tags. L'interface avec les appareils est du type USB donc RS-232 (interface série).

Quand les tags sont prêts, les coordonnées de ceux-ci sont immédiatement disponibles en temps réel.

Elles sont disponibles via l'USB des tags (comme pour un récepteur GNSS RTK qui permet de sortir les données au format NMEA) ou via une ancre qui joue le rôle de passerelle (Gateway) connectée à un PC ou via n'importe quel lien de communication vers un PC (figure 6).

Nous disposons du temps de l'observation, de l'identification des tags, de la distance vers les ancres et de quelques paramètres dont le LOS (Loss of Sight)

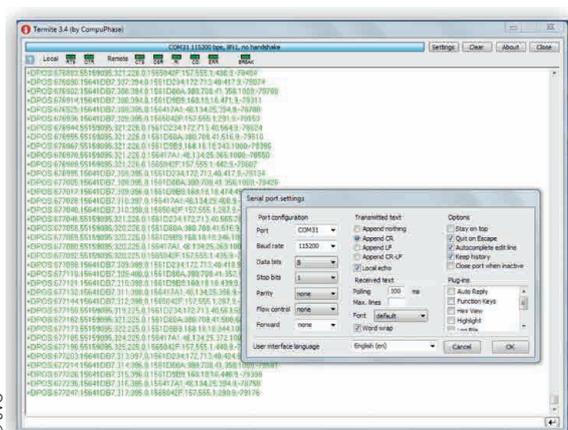


Figure 6. Exemple des données de deux tags provenant de l'ancre passerelle (Gateway).

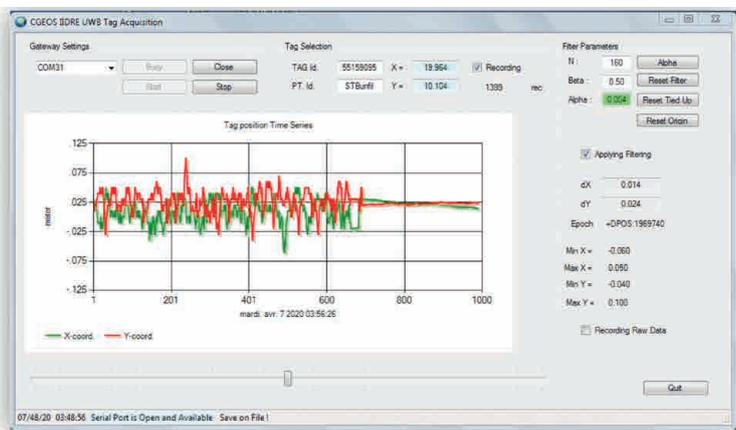


Figure 7. Application développée par CGEOS pour l'enregistrement et le filtrage des données de tags UWB. On voit l'effet du filtrage vers l'époque 700.

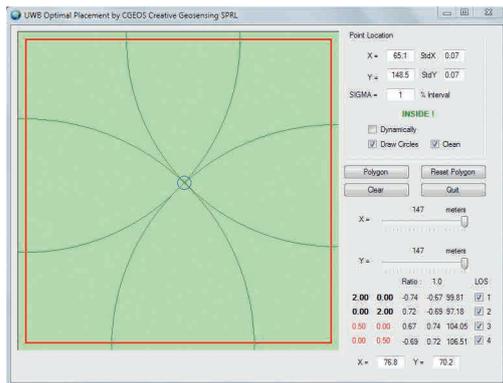


Figure 8. Exemple de l'influence de la géométrie des ancrs sur la position d'un tag.

Sur base des données transmises en temps réel, nous avons développé une application de reprise des données et de filtrage de celles-ci, comme montré sur la figure 7.

La formation d'un réseau UWB demande une réelle attention pour optimiser la précision sur les positions des tags. Outre le fait que les coordonnées des ancrs doivent être très précisément déterminées, la position géométrique de celles-ci est de la plus grande importance.

Au lieu d'avoir des règles empiriques souvent rapportées par les fournisseurs UWB telles que :

- placez les ancrs en hauteur et en ligne de mire du ou des tags ;
- écartez les ancrs autour de la zone, jamais sur une ligne droite ;
- gardez la distance entre deux ancrs dans une plage d'environ 150 mètres ;
- gardez les ancrs à au moins 20 cm d'un plan métallique ;
- placez les ancrs verticalement avec l'antenne en haut.

Nous préconisons l'utilisation d'une approche rigoureuse basée sur la simulation d'ajustement des moindres carrés pour examiner l'écart-type estimé des balises donnant la géométrie du réseau des ancrs par rapport aux balises.

C'est la même approche utilisée par les applications de planification GNSS pour prédire le GDOP en fonction de la distribution géométrique des satellites.

Nous avons à cet effet développé une application qui permet de placer les ancrs et de déplacer le curseur

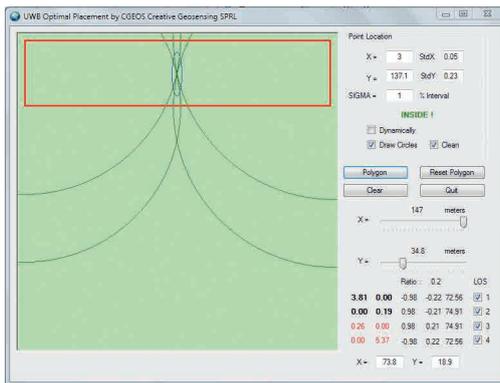


Figure 9. Exemple de l'influence de la géométrie des ancrs sur la position d'un tag dans une situation où les ancrs sont disposées en "corridor".

représentant la position d'un tag pour obtenir les ellipses de dispersion (figures 8 et 9).

À l'aide de cette application, nous avons réalisé que l'on pouvait également opérer hors du cadre formé par les ancrs et conserver de bonnes performances (figure 10).

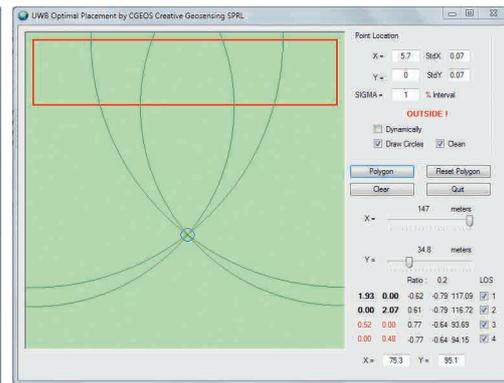


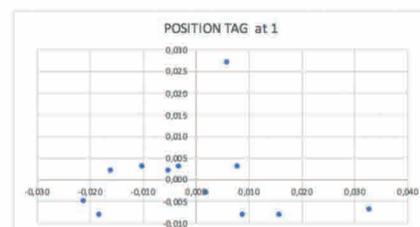
Figure 10. Exemple de l'influence de la géométrie des ancrs sur la position d'un tag hors du cadre. Résultat surprenant si l'on considère que la littérature recommande de rester dans le cadre !

## Essais sur périmètre

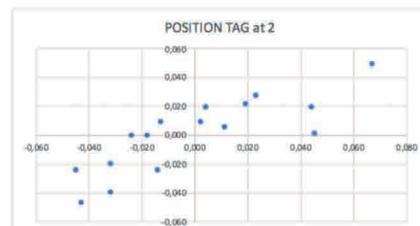
Nous avons réalisé plusieurs essais pour apprécier la précision délivrée au niveau des tags, car souvent les fournisseurs/producteurs sont vagues dans leurs spécifications techniques. On parle généralement d'une précision 2D de 10 cm à 30 cm.

### PRELIMINARY FIELD RESULTS OBTAINED WITH THE UWB in TWR mode IIDRE France and CGEOS Creative Geosensing Belgium are partners

Time	Tag Id	Point Id.	X	Y	dX	dY
+DPOS:10292415	55159095	1	98.497	100.986	-0,021	-0,005
+DPOS:10606370	55159095	1	98.500	100.983	-0,018	-0,008
+DPOS:11010303	55159095	1	98.527	100.983	0,009	-0,008
+DPOS:12002745	55159095	1	98.526	100.994	0,008	0,003
+DPOS:17959605	55159095	1	98.524	101,018	0,006	0,027
+DPOS:18362454	55159095	1	98.502	100,993	-0,016	0,002
+DPOS:52741121	55159095	1	98.534	100,983	0,016	-0,008
+DPOS:56380544	55159095	1	98.551	100,984	0,033	-0,007
+DPOS:56762811	55159095	1	98.508	100,994	-0,010	0,003
+DPOS:57760597	55159095	1	98.513	100,993	-0,005	0,002
+DPOS:57767326	55159095	1	98.515	100,994	-0,003	0,003
+DPOS:66987167	55159095	1	98.520	100,988	0,002	-0,003
MEAN			98.518	100.991		
STDEV			0.015	0.009		
MEDIAN			98.518	100.991		



Time	Tag Id	Point Id.	X	Y	dX	dY
+DPOS:10372074	55159095	2	98.565	100.523	-0,043	-0,047
+DPOS:10540081	55159095	2	98.576	100.530	-0,032	-0,040
+DPOS:10765806	55159095	2	98.594	100.545	-0,014	-0,025
+DPOS:10922384	55159095	2	98.563	100.545	-0,045	-0,025
+DPOS:11096756	55159095	2	98.576	100.550	-0,032	-0,020
+DPOS:11533239	55159095	2	98.627	100.591	0,019	0,021
+DPOS:12070351	55159095	2	98.612	100.589	0,004	0,019
+DPOS:17895290	55159095	2	98.672	100.589	0,044	0,019
+DPOS:18069873	55159095	2	98.675	100.619	0,067	0,049
+DPOS:18233328	55159095	2	98.595	100.579	-0,013	0,009
+DPOS:52813678	55159095	2	98.653	100.571	0,045	0,001
+DPOS:56282100	55159095	2	98.610	100.579	0,002	0,009
+DPOS:56453574	55159095	2	98.619	100.575	0,011	0,005
+DPOS:57916683	55159095	2	98.590	100.569	-0,018	-0,001
+DPOS:66901927	55159095	2	98.631	100.597	0,023	0,027
+DPOS:67088939	55159095	2	98.584	100.569	-0,024	-0,001
MEAN			98.608	100.570		
STDEV			0.033	0.026		
MEDIAN			98.603	100.573		



Time	Tag Id	Point Id.	X	Y	dX	dY
+DPOS:10474969	55159095	3	98.446	100.296	-0,088	0,033
+DPOS:10836755	55159095	3	98.512	100.274	-0,022	0,011
+DPOS:11434265	55159095	3	98.530	100.275	-0,004	0,012
+DPOS:18159327	55159095	3	98.582	100.235	0,048	-0,028
+DPOS:52919217	55159095	3	98.512	100.229	-0,022	-0,034
+DPOS:56163468	55159095	3	98.520	100.239	-0,014	-0,024
+DPOS:56568719	55159095	3	98.575	100.269	0,041	0,006
+DPOS:58041999	55159095	3	98.556	100.264	0,022	0,001
+DPOS:66787073	55159095	3	98.539	100.277	0,005	0,014
+DPOS:67260123	55159095	3	98.565	100.274	0,031	0,011
MEAN			98.534	100.263		
STDEV			0.040	0.022		
MEDIAN			98.535	100.272		

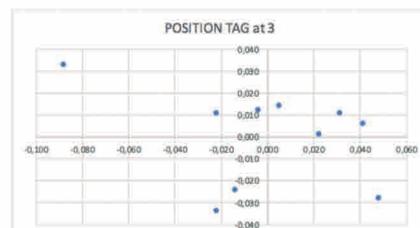


Figure 11. Essais de reproductibilité à l'intérieur d'un bureau.

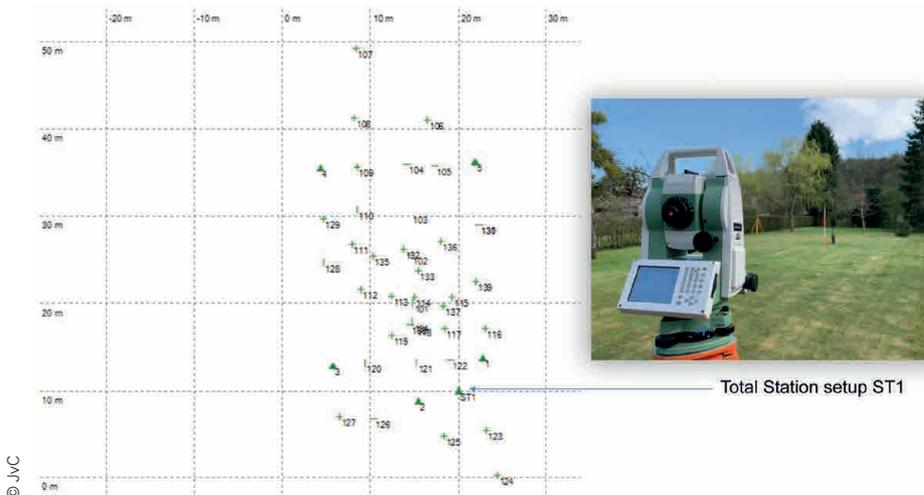


Figure 12. Configuration et tests en extérieur.

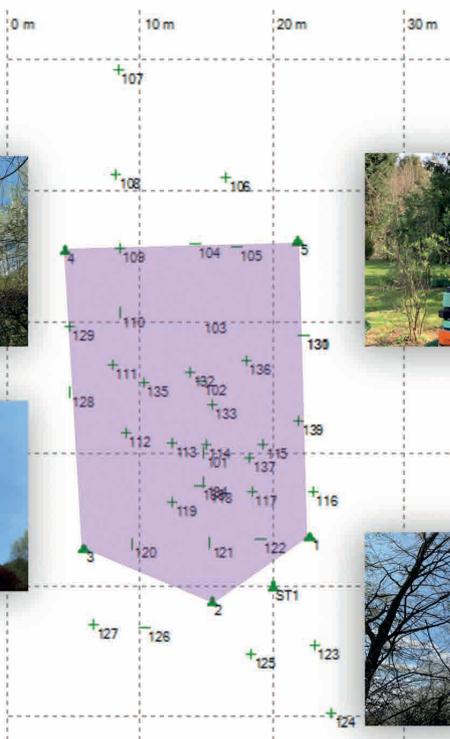
Les premiers essais furent conduits à l'intérieur d'un bureau et visaient à valider la reproduction des résultats en déplaçant un tag sur les mêmes positions sur une période de 24 heures (figure 11). Nous voyons qu'en termes d'écart-standard, la précision est de 5 cm et est reproductible. La configuration géométrique n'était probablement pas optimale non plus car on constate une dispersion selon l'axe des X. Nous avons ensuite déployé le réseau UWB en extérieur dans notre propriété puisque ces essais ont été réalisés pendant la période de confinement en Belgique.

La position des ancres est représentée par des triangles et fut déterminée en X, Y et Z à l'aide d'une station totale pourvue d'un distance mètre laser permettant de mesurer directement sur les ancres. On estime la précision de positionnement à 5 mm. Nous avons utilisé des accessoires topographiques classiques pour s'affranchir de toute erreur provenant d'un montage empirique (figure 13). Un adaptateur 1/4 pouce sur 5/8 pouce s'est révélé idéal pour combiner les ancres UWB avec les accessoires topographiques traditionnels.

## ANCHORS IIDRE AS DEPLOYED



Standard surveying accessories are easily used using a standard interface between the 1/4" screw of the anchor and the 5/8" screw of surveying equipment.



The anchors are powered by USB Power Bank with an autonomy of 48 hours. The whole setup took 30'

Pt. Id.	DX	DY
101	-0,012	-0,039
102	-0,040	-0,021
103	-0,036	-0,034
104	0,021	0,029
105	-0,066	0,049
110	-0,031	-0,002
111	0,052	-0,002
112	-0,036	-0,020
113	-0,016	-0,023
114	0,059	0,007
115	0,048	-0,002
117	0,052	0,003
118	0,002	-0,035
119	-0,055	-0,026
132	0,019	-0,008
133	0,023	0,033
134	-0,004	-0,024
135	0,004	0,043
136	0,047	0,046
137	0,071	-0,004
138	0,002	-0,028
139	0,063	-0,045
ST1	0,058	-0,011
ST1	0,061	-0,012
ST1	0,057	-0,017
	DX	DY
MEAN	0,014	-0,006
STDEV	0,042	0,027
MEDIAN	0,019	-0,011
MAX	0,071	0,049
MIN	-0,066	-0,045
MIN - MAX	0,137	0,094

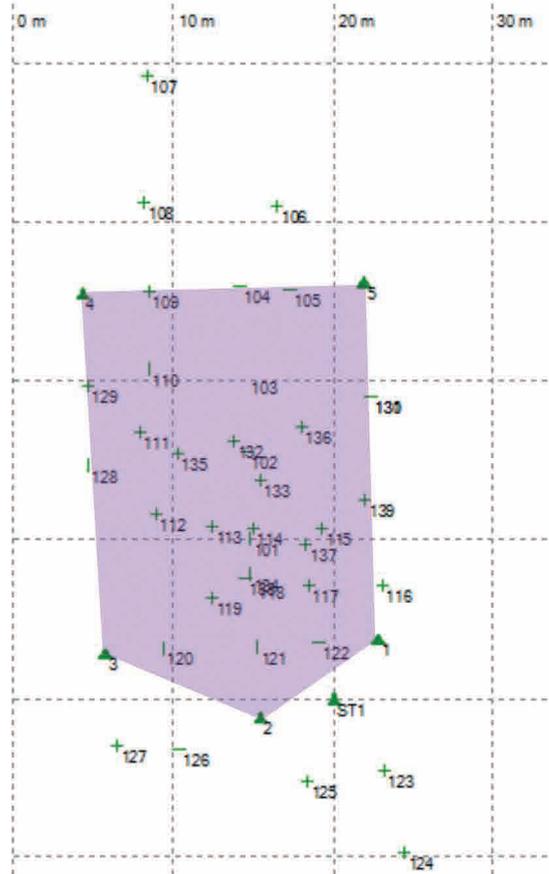
Figure 14. Résultats statistiques UWB / station totale.

Figure 13. Vue des ancres montées sur matériel topographique.



Pt. Id.	DX	DY
101	-0,012	-0,039
102	-0,040	-0,021
103	-0,036	-0,034
104	0,021	0,029
105	-0,066	0,049
106	-0,022	-0,122
108	-0,110	-0,037
109	-0,024	-0,009
110	-0,031	-0,002
111	0,052	-0,002
112	-0,036	-0,020
113	-0,016	-0,023
114	0,059	0,007
115	0,048	-0,002
117	0,052	0,003
118	0,002	-0,035
119	-0,055	-0,026
120	-0,074	0,021
121	0,103	0,026
122	0,087	-0,018
123	0,031	0,028
124	-0,011	0,124
126	-0,042	-0,085
127	-0,103	0,016
128	-0,061	-0,034
129	-0,134	-0,007
130	0,050	0,071
131	0,095	0,087
132	0,019	-0,008
133	0,023	0,033
134	-0,004	-0,024
135	0,004	0,043
136	0,047	0,046
137	0,071	-0,004
138	0,002	-0,028
139	0,063	-0,045
ST1	0,058	-0,011
ST1	0,061	-0,012
ST1	0,057	-0,017

	DX	DY'
MEAN	-0,001	0,000
STDEV	0,059	0,046
MEDIAN	-0,001	-0,006
MAX	0,103	0,124
MIN	-0,134	-0,122
MIN - MAX	0,237	0,246



© JVC

Figure 15. Résultats statistiques UWB / station totale, avec points hors du cadre.

Une fois le réseau déterminé, nous avons déplacé un tag sur un jalon en diverses positions en mesurant ses coordonnées à l'aide de la station totale afin d'avoir une comparaison absolue.

Les résultats en figure 14 montrent que l'on peut espérer une précision de 5 cm en 2D sur la position des tags UWB. Il est clair que la méthode de filtrage utilisée permet d'éliminer le bruit des résultats et nous avons systématiquement enregistré une centaine de positions par point pour en déduire ses coordonnées.

Nous sommes également sortis hors du cadre pour évaluer la qualité des résultats dégradés par la géométrie du réseau (figure 15).

Il s'agit des points marqués en rouge. On ne voit pas de notables différences en termes d'écart-type sur l'ensemble des coordonnées.

## Conclusions

Nous avons essayé de présenter l'UWB comme étant par nature un système topographique. Les méthodes de détermination du point, le principe des mesures de distances, l'optimisation d'un réseau d'ancres sont toutes des notions familières aux topographes.

Aujourd'hui, reconnaissons-le, les topographes font souvent la promotion de performances centimétriques, voire millimétriques, dans leurs travaux plutôt que d'accepter une adéquation entre les exigences des clients et les instruments à mettre en œuvre.

C'est évident que les stations totales et le GNSS RTK délivrent des positions dont les précisions sont souvent exagérées pour les buts poursuivis. Du temps des mires stadimétriques, on faisait aussi des levés corrects en appréciant la précision en termes de report graphique à une échelle

donnée. La digitalisation a effacé ce rapport et nous nous rappelons un colloque de l'AFT où les orateurs des deux premières journées ont rivalisé en présentant des projets avec des performances centimétriques et millimétriques. Quand Marc Van Den Herrewegen, directeur de la Géodésie à l'IGN Belge a introduit les résultats obtenus avec la plateforme inertielle FILS2 en Belgique, il a souligné que 10 cm de précision relative pour un réseau géodésique c'était acceptable et il fut applaudi.

Loin de dénigrer les performances actuelles (qui ont un prix que le client final n'a pas toujours le souhait de payer), considérons que l'UWB avec sa précision actuelle de 5 cm 2D peut très bien être utilisée pour des projets en topographie. Nous voyons déjà des drones positionnés à l'aide de l'UWB (*Politecnico di Torino, Nanyang Technological University, University of Padova, University of Calgary, UCL Belgique, etc.*).

Les méthodes de filtrage, l'optimisation d'un réseau UWB et son hybridation avec le GNSS sont autant de pistes à explorer par des étudiants et des chercheurs ainsi que des professionnels.

L'avenir proche est demandeur de solution, de localisation continue et ce n'est pas en ajoutant davantage de satellites et de nouvelles constellations GNSS que l'on règlera le problème des corridors urbains et des dessous de ponts et tunnels qui sont des obstructions radicales à la navigation GNSS RTK. Certes, l'ajout d'un IMU dans un récepteur GNSS permet de conserver la précision (et donc de résoudre à nouveau les ambiguïtés de phase quasi instantanément), mais il y aura de plus en plus de situations où l'UWB pourrait faire partie de la solution.

La combinaison de l'UWB avec le GNSS se fera par le biais d'un nouveau type d'antenne GNSS et UWB combinée. La société HAXON PR China a déjà développé un prototype de ce type d'antenne.

À l'inverse du GNSS, l'UWB permet à ses utilisateurs d'optimiser le réseau et donc la configuration géométrique (GDOP) et la précision sur les tags,





d'être propriétaire de l'infrastructure de positionnement et donc, d'avoir la maîtrise sur les méthodes. Il est intéressant de voir qu'avec les perturbations volontaires des signaux GNSS (*jamming* et *spoofing*), les utilisateurs de ce système vont devoir redoubler d'attention et probablement reprendre conscience que le GNSS n'a jamais été développé initialement pour les applications civiles.

Il n'est d'ailleurs pas anodin de voir l'*US Army* se pencher sur l'UWB pour des opérations où le GNSS serait inopérant.

La société Apple aux USA a intégré une puce UWB dans son modèle iPhone X11. Même si la justification est la mesure de distance entre les équipements connectés, on peut facilement imaginer que la localisation sera également implémentée.

Nous sommes pour notre part ravis de partager nos premiers résultats et notre enthousiasme d'aborder une nouvelle technologie de positionnement à vocation topographique. C'est l'ADN de notre société, CGEOS Creative Geosensing SPRL que d'investiguer les nouvelles technologies susceptibles d'introduire un changement de paradigme.

Enfin, nous sommes convaincus que pédagogiquement, une solution UWB devrait être présentée aux étudiants pour introduire le GNSS. Il est très facile dans un auditorium d'installer un réseau UWB et pour les étudiants de réaliser ce qu'est le positionnement radioélectrique. ●

## Le glossaire ou le jargon UWB

**Balise** : tout équipement pourvu d'un *chipset* UWB.

**Ancre** : une balise configurée pour faire partie d'un réseau. Les coordonnées du centre de phase de l'antenne sont connues en coordonnées X, Y et Z.

**Tag** : une balise configurée comme mobile et recevant les distances des ancres visibles dans son entourage.

**Passerelle** : une balise configurée pour recevoir les informations des *tags*.

## Bibliographie et liens

[1] La société IIDRE : <https://www.iidre.com>

[2] La société DECAWAVE : <https://www.decawave.com>

[3] S. Tadic, L. Vurdelja, M. Vukajlovic, C. Rossi, 2017. *Localization of Emergency First Responders Using UWB/GNSS with Cloud-Based Augmentation*. In Proceedings of I-TENDER'17, Incheon, Republic of Korea, December 12, 2017, 2 pages.

[4] <http://www.nfpa.org/~media/files/news-and-research/fire-statistics/fire-th-service/osfatalitiesinstructures.pdf?la=en>, accessed on July 7, 2017.

[5] R. Zetik and G. Del-Galdo. 2017. UWB-M-Sequence Based Radar Technology for Localization of First Responders. Conference IRS 2017, Prague. Czech. [3]

Y. Gao, M. Xiaolin, C.M. Hancock, S. Stephenson, and Z. Qiuzhao. 2014.

UWB/GNSS-Based Cooperative Positioning Method for V2X Applications. In Proc. of the 27th Int. Technical Meeting of The Satellite

Division of the Inst. of Navigation (ION GNSS+ 2014), Tampa, Florida, Sep. 2014, pp. 3212-3221.

[6] C. Cristodaro, F. Dovis, F. Falco, and M. Pini. 2017. *GNSS Receiver Performance in Urban Environment: Challenges and Test Approaches for Automotive Applications*. 2017 International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive, Torino, 2017, pp. 1-6.

[7] C. Rossi, W. Stemberger, C. Bielski, G. Zeug, N. Costa, D. Poletto, E. Spaltro, and F. Dominici, 2015. *Coupling Crowdsourcing, Earth Observations, and E-GNSS in a Novel Flood Emergency Service in the Cloud*, IEEE IGARSS, Milan.

[8] ECCReport170 SPECIFIC UWB APPLICATIONS. 2011. Tallinn, Estonia

## Contact

Prof. Joël van Cranenbroeck  
[creativegeosensing@gmail.com](mailto:creativegeosensing@gmail.com)  
 Managing Director - CGEOS – Creative Geosensing SPRL – Belgique

## ABSTRACT

*Since the advent of distance meters (EDM) using radio waves which were quickly dethroned by phase measurement on infrared and from the laser, surveyors with the arrival of GPS and then GNSS have become accustomed to measuring instruments based on the propagation time of an electromagnetic wave. Navigators have long experience with these systems and before GPS, systems such as Syledis from the French company Sercel have provided solutions based on fixed beacons (transponders) organized in a network or chain.*

*But GNSS has limitations that prevent its use inside buildings (indoor) in the broad sense. Parking lots, tunnels, narrow streets in cities, dense forest cover, are all spaces where you cannot get your position precisely. What then of the workshops, assembly and storage halls? In 2005, the Australian company Locata, began the development of a positioning system similar in its architecture to the pseudolites. These pseudolites are beacons that emit a message similar to those of satellites on the L1 frequency band of the GPS. They were originally designed to validate the GPS system. But the use of the L1 frequency of the GPS being reserved, this company undertook to use the free ISM frequency band. We ourselves were interested in these developments by following those of the companies Locata and Essensium in Belgium. In 2019, we participated closely in a research program of the UCLouvain funded by the Brussels region for the development of a tracking system using the Narrow Band. If these applications seem well offset from the topography, we find that they will reach us quickly. Indeed, the future 5G should offer mobile location with an accuracy of 1 meter or even better since the waves used are millimetric. We can clearly see that the GNSS and UWB hybridization would allow the development of continuous localization solutions.*

*This article quickly reviews the principles used by the UWB to present the results we obtained on a test perimeter by comparing them to the positions determined by a total station.*

*Would the UWB therefore be a solid candidate to become part of the surveyor's arsenal of measurement resources?*