

Disto X vs théodolite

Petite histoire d'une tentative de test comparatif.

1. Prémises et interrogations

C'est en février 2017 qu'a débuté, sur la liste de diffusion de spéléologie, un fil de discussion sur le Leica Disto X310 et sa précision. Lancée par François Marchand la discussion portait sur une tentative d'évaluation de la précision de ce type d'appareil pour apprécier l'opportunité d'en modifier un (avec le module X2 de Beat Heeb) et l'adapter à la topographie spéléologique. Une première expérience est relatée et elle porte sur les mesures de longueurs effectuées avec un distancemètre Leica d'origine (non modifié), en voici les résultats tels qu'ils ont été alors publiés sur la liste par François :

« J'ai essayé d'évaluer les mesures faites par le Disto X310 (non modifié) en extérieur, en journée avec un ciel bien nuageux. La cible est un gilet de signalisation modifié pour concentrer la surface de rétro-réfléchissant, placé à environ 56 m. Le Disto est fixé sur un pied photo (qui est maintenant équipé d'un viseur mais ça n'influe pas sur la mesure). Les 24 mesures successives ont été faites en retardé (5s). Voici les résultats

- Valeur moyenne : 56.308 m
- Valeur médiane : 56.305
- Valeur max : 56.381 (soit + 55 mm au dessus de la moyenne)
- Valeur min : 56.286 (soit - 22 mm sous la moyenne)
- Centre : 56.333
- Ecart type : 21 mm
- Ecart moyen : 11 mm

Si on élimine les deux premières mesures (restent les 22 mesures suivantes), c'est bien meilleur :

- Valeur moyenne : 56.302 m
- Valeur médiane : 56.305
- Valeur max : 56.316 (soit + 14 mm au dessus de la moyenne)
- Valeur min : 56.286 (soit - 16 mm sous la moyenne)
- Centre : 56.333
- Ecart type : 8 mm
- Ecart moyen : 6 mm

C'est très curieux que ce soit les deux premières mesures qui grèvent la qualité (faut que ça chauffe ?). Lors d'une topo, il semble prudent de faire au moins 3 mesures pour évaluer la pertinence. Pour la mesure de distance, ça semble largement meilleur qu'un décamètre avec sa flèche et son élasticité, et plus pratique, surtout dans la boue. »

C'est tout à la fin de ce message que germe l'idée de vérifier aussi la précision de la mesure du gisement de ce type d'appareil :

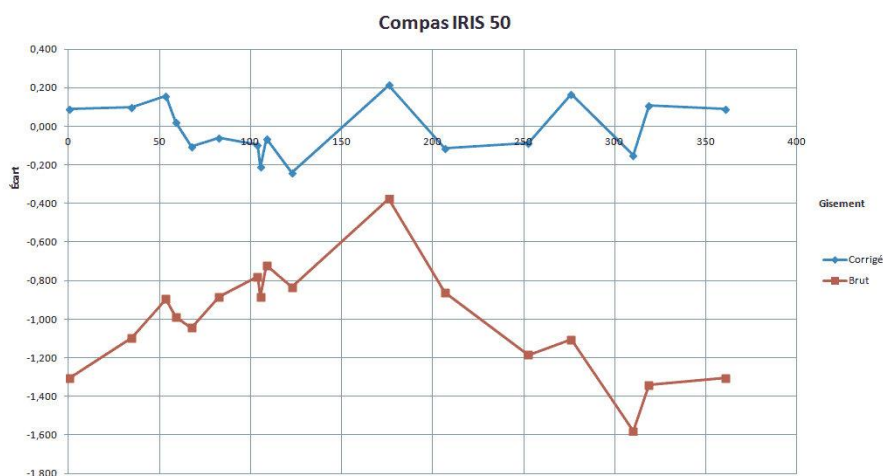
« J'ai adapté un compas sur le système viseur. Ça a l'avantage de permettre une mesure plus facile (précise) quand la cible est au dessus, et surtout au dessous, de l'horizontale. Ça vaudrait le coup d'évaluer la dispersion du Disto X2 quand à la mesure du gisement magnétique, en comparant avec un théodolite placé au dessus. C'est cette mesure d'angle qui reste pénalisante dans nos topos. »

François Marchand n'est pas novice en la matière, il a déjà effectué et publié le travail d'étalonnage de deux modèles de compas : un SILVA 80 et un IRIS 50 (Plastimo), afin d'évaluer et d'améliorer leur précision. Le compte-rendu de cette expérience, ainsi qu'un fichier Excel permettant de l'appliquer à d'autres compas, est accessible à cette adresse : http://hobbys.free.fr/ftp/Compas_magnetique.zip

Il s'agit alors d'évaluer plusieurs types d'erreurs afin de les corriger grâce à une petite application de tableur pour obtenir au final un relevé plus précis présentant un écart moindre entre l'azimut relevé sur le compas et le gisement magnétique réel. Mis à part les erreurs de lecture liées à l'opérateur, d'autres erreurs liées à la conception de l'appareil ou à son usure peuvent être étudiées. Tout d'abord une erreur

constante liée à un mauvais calage du nord magnétique ; ensuite une erreur plus complexe car variable suivant l'azimut des visées et occasionnée par un léger décentrage de l'axe de la rosace entraînant une excentricité de la rotation de celle-ci.

Pour plus de détails se reporter au document cité ci-dessus ; en conclusion voici par exemple le graphique d'erreur du compas Iris 50 :

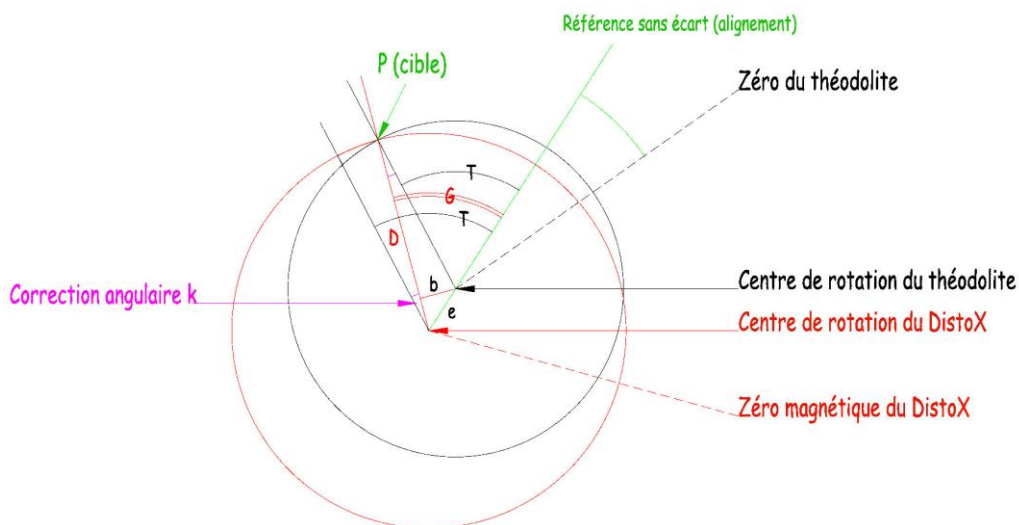


Les écarts bruts (courbe rouge) sont assez importants puisqu'on atteint 2° de crête à crête, mais si on applique des corrections on obtient la courbe bleue beaucoup plus linéaire puisqu'elle ne varie plus que de $\pm 0,2^\circ$.

2. Un peu de géométrie

Transposer la méthode d'analyse des compas (voir 1.) à l'évaluation d'un Disto à l'air libre n'est pas aussi simple qu'on pourrait le penser car les visées d'une cible avec le pointeur laser peuvent s'avérer difficiles à cause de la luminosité. Il faut de plus éviter toute perturbation magnétique et donc disposer d'un matériel adapté (support, pied). À cela s'ajoute un problème de géométrie assez ardu qui va nous occuper quelques jours : en effet, malgré toutes les adaptations nécessaires, il y a fort à parier que l'axe de rotation du Disto ne sera pas exactement le même que celui du théodolite.

Pour mieux comprendre ce problème de parallaxe un schéma sera plus parlant qu'un long discours :



L'idée de base était de disposer les deux appareils à quelques mètres l'un de l'autre, chacun sur son pied et, après avoir effectué les visées, de corriger ce problème de parallaxe grâce à une formule mathématique incorporée à un petit fichier tableur de type Excel. Finalement nous trouvons plus simple

de placer les deux appareils à tour de rôle sur la même platine en haut du trépied puisque celle-ci est en aluminium plutôt que d'effectuer de grosses corrections. D'ailleurs nous ne disposons que d'un seul pied amagnétique et cela nous évitera de devoir nous en procurer un second. En fabriquant une plaque support en bois destinée au Disto et en la disposant correctement sur la platine du trépied, la distance entre les axes de rotation des deux appareils ne sera ainsi que d'environ trois centimètres.



Une fois ce souci de correction mathématique résolu, il fallait penser à définir le nord du théodolite. En effet, ce type d'appareil effectue des mesures d'angles en dixièmes de grades mais sans référence au nord magnétique. Il faut donc qu'on calibre le nord du Disto, c'est à dire son éventuelle erreur systématique, en visant avec le théodolite dans une direction connue pour référencer les mesures d'angle. Autrement dit, il nous faut pouvoir distinguer et viser de l'endroit où nous nous trouverons un point dont on connaîtra précisément les coordonnées : pylône, relais télécom, antenne radio...

À ce moment de notre réflexion préliminaire, il nous restait donc encore tout un tas de petits problèmes à régler :

- Se procurer tout le matériel nécessaire (théodolite, trépied, Disto, tablette ou smartphone, PDA ou ordinateur, niveau à bulle...).
- Vérifier que tout objet qui pourrait se trouver près du Disto est bien amagnétique.
- Définir précisément où se situe le centre de rotation réel de la mesure d'azimut d'un Disto sur sa carte électronique (merci à Eric Sibert et à Beat Heeb).
- Savoir à quel moment sont effectuées les corrections d'étalonnage du Disto X : directement sur le distancemètre avant le transfert des données ou bien sur le PDA avec le logiciel PocketTopo (info de Beat Heeb : l'étalonnage corrige les mesures sur la carte du DistoX avant leur affichage sur l'écran LCD).
- Dénicher un lieu dégagé avec des cibles réparties tout autour dans un plan horizontal et pas trop éloignées (entre 10 et 30 mètres).
- Distinguer nettement au loin au moins un point servant de référence absolue au Nord pour le théodolite (voir point 7).
- Trouver une date de rendez-vous commune, un des opérateurs habitant dans l'Hérault et l'autre en Seine-et-Marne.

3. Mais où et quand c'est-y donc ?

Tout d'abord nous nous répartissons la fourniture du matériel nécessaire à l'expérimentation : Dominique amènera le Disto, une platine en bois pour l'adapter au pied, le PDA et un niveau à bulle ; François apportera son théodolite, un compas, un enregistreur et des cibles réfléchissantes. Ensuite la date sera vite choisie, elle doit se situer forcément entre le 14 et le 27 mai 2017 car François sera de passage dans le Sud (près de Brusque en Aveyron) et Dominique en congés. Nous arrêtons donc la journée du samedi 20 mai dans l'après-midi (pour les visées lointaines de référence) et en soirée (pour les cibles proches) en espérant qu'il fera beau et qu'il n'y aura pas trop de vent. La suite montrera hélas que bien souvent les ennuis ne viennent pas d'où on les attend, même avec une bonne préparation.

Le lieu adéquat est plus compliqué à trouver car les contraintes géographiques sont nombreuses comme on l'a vu ci-dessus. Une première implantation sur le Guilhaumard (partie sud-ouest du causse du Larzac) sera abandonnée car relativement difficile d'accès (terrain boueux, clôture) et assez loin d'un point de référence ce qui nous obligerait à dé-corréler les mesures et à aller faire le calage du nord ailleurs avant de revenir là pour le visées au Disto. Notre recherche s'oriente ensuite plus au sud, sur les hauteurs à l'ouest de Lodève où de nombreux points IGN, radômes et pylônes, sont bien visibles.

Après une première inspection du secteur par Dominique au printemps, c'est François qui va dénicher le lieu idéal dans les jours qui précèdent l'expérimentation en faisant une ronde en voiture de tous les sites possibles. Le meilleur emplacement se situe au « col de Thalys » (altitude 913 mètres, commune de Mélagues) dans le sud de l'Aveyron au-dessus de Graissessac, coordonnées Long. 3,02540° et Lat. 43,71158°. On peut s'y garer facilement sur un dégagement plat entouré d'une clôture munie de piquets de bois permettant de fixer les cibles dans un plan horizontal. De plus, depuis ce site on distingue un pylône d'antenne proche à 5°, une sorte de « tour » lointaine à 64° et, à l'horizon, une montagne bien nette à 69°.

Pour effectuer la mesure de calage du nord magnétique on pointera, au théodolite, les pylônes identifiés et une des cibles sur un des pieux en bois de la clôture ; pour cela on aura besoin de luminosité pour distinguer correctement le pylône à 6 km. Par contre il faudra peut-être attendre le crépuscule pour faire les mesures laser avec le DistoX : nous décidons donc d'emporter le repas du soir.

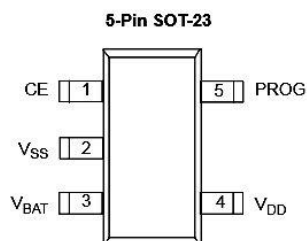


4. Lithium en surchauffe et changement de programme

Afin que tout soit fin prêt et qu'aucun imprévu ne vienne parasiter notre expérience, on décide de tout vérifier et en particulier la charge des différents appareils électriques : PDA, distancemètres, enregistreur. Mon DistoX2 quasiment neuf a été étalonné et vérifié depuis moins de 48 heures et sa charge est d'environ 75%, mais comme on ne sait pas trop combien de mesures il faudra faire et leur durée je décide de compléter la charge de la batterie. Hélas, le vieil adage « Le mieux est l'ennemi du bien » que citait souvent mon père, va cette fois encore s'avérer exact.

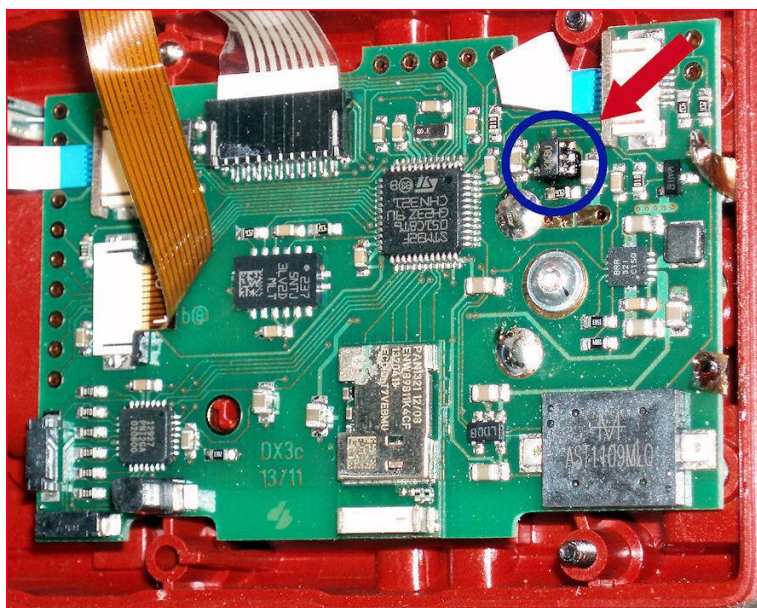
Connecté depuis quelques minutes au Disto, celui-ci émet un bip sans s'éclairer. Le chargeur m'indique que la charge de l'appareil est terminée alors que, quand je l'allume, la jauge affichée sur le LCD n'est pas pleine. J'attrape le Disto pour faire une nouvelle tentative et je sens dans ma main qu'il est bien plus

chaud que la normale. Une batterie au Lithium qui commence à chauffer c'est un incendie imminent ! Pour éviter de voir mon appareil réduit en cendres sous mes yeux, je me précipite sur mon mini tournevis Torx et ouvre le Disto le plus vite possible : la batterie est bouillante. Heureusement ce jour-là le fer à souder électronique était resté branché sur l'atelier après un autre bricolage : je m'empresse de dessouder les deux languettes et d'extraire la batterie du boîtier.



Finalement elle ne s'enflammera pas, mais une fois refroidie je la teste et constate qu'elle est complètement morte. Comme je gardais en stock une autre de ces batteries en cas de besoin (elles sont chères et assez difficiles à trouver) et que tout est prêt (outillage et Disto) je décide de le réparer immédiatement et ressoude la nouvelle dans la foulée. Mais cette fois méfiant, je la surveille pour voir si tout est OK : heureusement, car elle commence à monter en température aussitôt.

Je comprends alors qu'il doit y avoir un court-circuit sur la carte additionnelle et dessoude la batterie de secours à toute vitesse. Au moins j'aurai sauvé celle-là : le court-circuit n'ayant duré que quelques secondes elle me donne encore 4V et accepte la charge (isolée du Disto). J'inspecte alors avec une loupe la carte électronique et constate qu'un composant est gonflé : il a visiblement chauffé. Il s'agit en fait du contrôleur de charge (KKBU ou MCP73832, SOT-23 5 pattes) qui a grillé, probablement à cause d'une incompatibilité avec mon chargeur un peu trop perfectionné...



Nous voilà dans une belle panade : le rendez-vous est pour ce week-end et mon Disto est HS ! Première mesure à prendre, retarder le rendez-vous de quelques jours pour me laisser le temps de trouver une solution. On décide donc de repousser l'expérience au mercredi 24 mai suivant. Quoi qu'il en soit, il est trop tard pour pouvoir réparer le Disto dans les temps, même si un spéléo sympa se propose de me replacer le composant (merci à Gaëtan Perrier) ; il faut en trouver un autre en passant des mails et des coups de fil à la cantonade.

Heureusement que la communauté spéléo se serre les coudes. Après avoir lancé un SOS sur plusieurs listes de diffusion, j'arrive très vite à avoir une première proposition venant de Samuel Azémard du SCAL. Il possède un DistoX qui lui cause des problèmes car il semble bloqué et ne prend plus aucune mesure ; de plus la connexion avec l'informatique est perdue. Comme je pense savoir d'où vient le souci, je me propose d'aller le lui dépanner et ensuite de l'étalonner pour pouvoir l'utiliser avec François au col de Thalys. Je passe donc chez lui, débloque le Disto, règle les problèmes de connexion Bluetooth avec son ordinateur et repars avec l'appareil : c'est ce qu'on peut appeler une affaire gagnant - gagnant !

Un peu plus tard, Jean-Michel Salmon du SCM me propose de me prêter son DistoX2 que je passerai un soir récupérer chez lui. Mais comme le jour J approche à grands pas et que je travaille, je n'aurai malheureusement pas le temps d'aller étalonner celui-ci. Nous verrons par la suite ce qui en découlera.

5. Le matériel finalement mis en œuvre

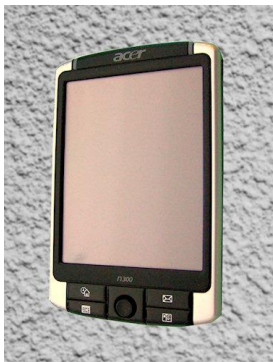
- Deux distancemètres Leica : un Disto A3 modifié (Disto X), un Disto X310 modifié (Disto X2).



- Un théodolite Wild Heerbrugg T05 monté sur tripode et équipé de l'option plomb optique.



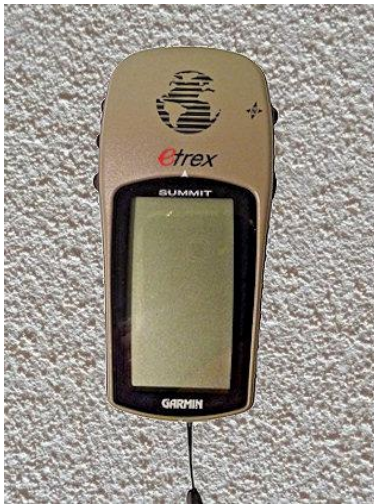
- Un PDA Acer n300 plus programme PocketTopo et un enregistreur numérique Olympus DS-40.



- Un niveau à bulle aimantique et un compas Silva 80 étalonné.



- Deux GPS de randonnée Garmin : un Etrex Summit et un Etrex 30x



6. Au col de Thalys

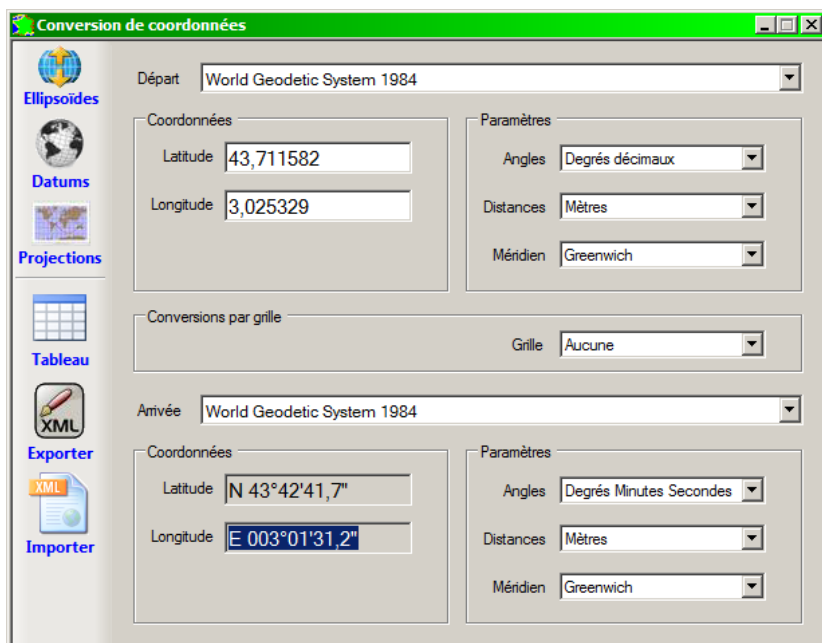


Notre séance est fixée à 15 heures au col. La journée s'annonce belle, le vent qui soufflait les jours précédents est tombé et ne nous gênera pas. En général je suis ponctuel mais, alors que j'ai un poil d'avance sur l'horaire, premier petit souci : arrivé à Graissessac impossible de prendre la route du col à cause de travaux qui n'étaient indiqués nulle part. Il va me falloir trouver un autre accès puis faire un grand détour vers le nord pour redescendre sur l'autre versant du col : j'arrive en trombe avec un bon quart d'heure de retard et François qui venait par l'autre côté est déjà garé, prêt à attaquer.

Après avoir installé le trépied, vérifié son horizontalité et monté le théodolite sur sa platine nous commençons les visées lointaines à 16 heures : une antenne, un pylône éloigné surmonté d'un dôme, le Mont Ventoux, le pylône sur la colline toute porche, l'éolienne que l'on aperçoit la plus au nord et enfin le sommet du petit triangle jaune « danger » cloué sur le poteau téléphonique qui nous fait face. Toutes ces mesures (relatives et en grades) nous permettront plus tard de caler le nord magnétique du théodolite. Tout ce qui sera mesuré à partir de maintenant sera enregistré sur le dictaphone numérique afin d'avoir un mémoire pratique et précis pour l'exploitation des données.

Vingt minutes plus tard, deuxième étape : définir les coordonnées GPS de l'emplacement du pied. Nous aurions pu nous référer à la cartographie mais nous allons le faire à l'aide des deux appareils qui sont allumés depuis un bon moment.

Le GPS de François étant plus récent nous retiendront la mesure effectuée par le sien (Garmin Etrex 30x). Si on prend la précaution de laisser le GPS travailler pendant une vingtaine de minutes, il va acquérir des données de correction d'un satellite géostationnaire WAAS/EGNOS. Pour plus d'infos voir : <http://www.sxbluegps.com/fr/technologie/le-sbas-explique/>. Avec ce système, on peut espérer obtenir un positionnement précis à 2 mètres si on prend la précaution de demander une moyenne des mesures au GPS et d'enregistrer le waypoint. On peut aussi faire un enregistrement de trace, en laissant le GPS immobile, et calculer la moyenne soi-même.



Le GPS étant placé sur la platine du trépied nous avons obtenu : Latitude : 43,711582°, Longitude : 3,025329°, Altitude : 916,5 m (cette donnée n'est pas nécessaire).

Mais comme le calculateur de route que nous utiliserons au moment de l'exploitation des données (voir point 7) nécessite des coordonnées sous un format non décimal, nous allons devoir les transformer en utilisant le logiciel « Convers3 » d'Éric DAVID (<http://vtopo.free.fr/convers.htm>) et les convertir au format correct en degrés minutes secondes. On obtient alors : N 43°42'41,7" & E 003°01'31,2"

Nota : en général François utilise le convertisseur d'Éric SIBERT qui permet de calculer la convergence des méridiens du lieu, mais ici ce n'est pas indispensable (<http://eric.sibert.fr/article80.html>).



Maintenant nous allons disposer successivement des cibles réfléchissantes sur les poteaux de clôture qui nous entourent et les nommer « A, B, C » etc. Un oubli momentané de nommer la seconde cible nous fera finalement opter pour la série : / A / B1 / B2 / C / D / E / F /. Ensuite nous allons les pointer alternativement avec les deux Disto et parfois le compas (pour vérification). Dès les premières visées plusieurs petits soucis vont apparaître :

- Problème pour apercevoir le point rouge du laser sur la cible à cause de la distance, de la petite taille de la cible et du soleil qui gêne la visibilité.
- Certaines visées reviennent plusieurs fois en mode « erreur » avec le Disto1.
- Difficulté de positionnement de la cale en bois sous le Disto pour régler la hauteur de visée.
- Mise en veille fréquente du pointeur laser.
- Écart de plusieurs unités entre les mesures d'azimut faites avec les deux Disto, mais aussi entre un Disto, le compas, le GPS, la boussole manuelle ou celle électronique de la montre.
- Mais où sont donc passées nos lunettes ?

Après un temps plus ou moins long de lamentations et de méditation transcendante nous comprendrons que :

- Le Disto1 (Leica Disto A3) n'apprécie pas les visées sur les cibles réfléchissantes mais préfère les cibles mates. Après « enquête » il semblerait que ce soit un phénomène connu de certains utilisateurs. Comme je suis passé directement du compas / clino / décamètre au distancemètre laser Disto X2, je n'en savais rien.

- L'écart constaté entre les deux Disto provient du fait que le Disto2 (Leica Disto X310) n'est pas correctement étalonné car je n'ai pas eu le temps de le faire avant de venir : conséquence indirecte de ma panne de batterie au lithium (voir point 4.)
- L'écart entre les compas ou boussoles et les mesures relevées au Disto est simplement lié au fait que les uns sont en degrés et les autres en grades. Ce souci qui nous a occupés pendant un temps déraisonnable est la conséquence de plusieurs choses : d'abord le Disto n'étant pas à moi je n'ai pas pensé à vérifier s'il affichait des grades ou des degrés (le mien est configuré en degrés), le symbole « degré / grade » est tout petit sur l'écran LCD et notre vue médiocre au soleil, malgré nos lunettes, ne nous l'a fait remarquer que plus tard dans la soirée au moment de rallumer un des appareils qui avait été éteint pendant une pause. Il s'agit là encore d'une conséquence indirecte de ma panne de batterie au lithium (voir point 4.)
- Pour améliorer le temps de repérage du point rouge il est bien pratique de positionner une grosse cible (carton, planchette de bois) dans la zone de visée et de la déplacer lentement pour « intercepter » le laser.



Vers 18h30 après la fin de la première série de visées nous attaquons une seconde série de mesures au théodolite pour, cette fois, avoir les données précises d'azimuts issues de cet appareil pour chacune des cibles. On range définitivement le théodolite pour la pause repas bien méritée après ces 4 heures passées à griller au soleil. Et comme pendant que nous cassions la croûte l'ombre portée de la colline s'est enfin étendue sur notre zone de travail, nous allons enfin pouvoir procéder à une seconde série de mesures dans la pénombre.



Il est 20h15 quand nous reprenons les mesures avec les deux Disto ; celles-ci seront plus faciles car les cibles sont dans l'ombre et que nous allons enfin enlever le ruban réfléchissant pour le Disto1. Au cours de cette série un autre petit couac va nous faire perdre du temps. Le Disto1 qui est le seul à fonctionner correctement ne semble plus vouloir enregistrer de nouvelles mesures : l'incrémentation des numéros en mémoire qui nous sert de fil rouge est bloquée ! En

feuilletant le mode d'emploi de ce modèle que j'ai eu la riche idée de prendre avec moi, on découvre que c'est l'affichage des mesures en mémoire qui s'arrête au nombre 19 puis affiche « in ». Je n'ai jamais remarqué ce phénomène avec le Disto X2 que j'utilise habituellement, donc je n'en savais rien. Nous décidons donc de transférer les premières visées sur le PDA pour réinitialiser l'affichage de

mémoire avant de continuer. Une évidence se fait jour : autant que possible ne jamais utiliser un matériel qu'on ne connaît pas bien dans ce genre d'expérimentation. Ce conseil semble simpliste mais parfois, hélas, les contraintes font qu'on ne peut pas le suivre...

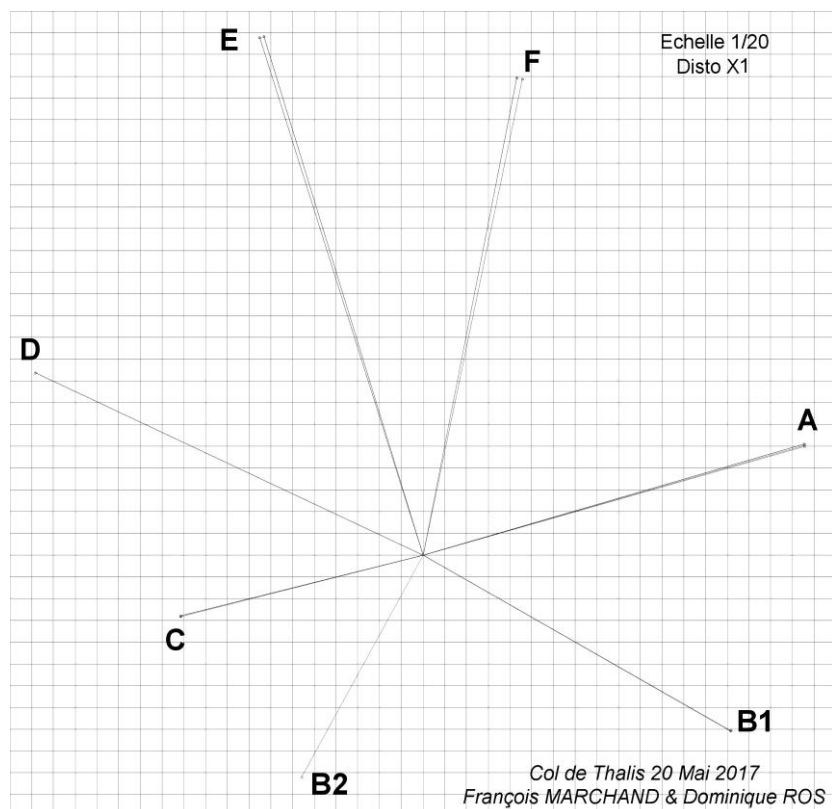
Fin des visées peu avant 21 heures, rangement de tout le matériel et retour dans nos foyers respectifs dans l'attente de l'analyse et de l'exploitation de ces mesures.

7. Essai d'interprétation des données



Juste avant de partir, j'ai transféré au moins partiellement, les données des Disto sur le PDA et je les ai enregistrées sur la carte SD. En cas de perte nous avons de toute façon tout en double sur le dictaphone, ce qui fait que je pars de mon côté avec les visées dans PocketTopo et que François, lui, s'en va avec la copie audio sur son Olympus : deux sécurités valent mieux qu'une seule.

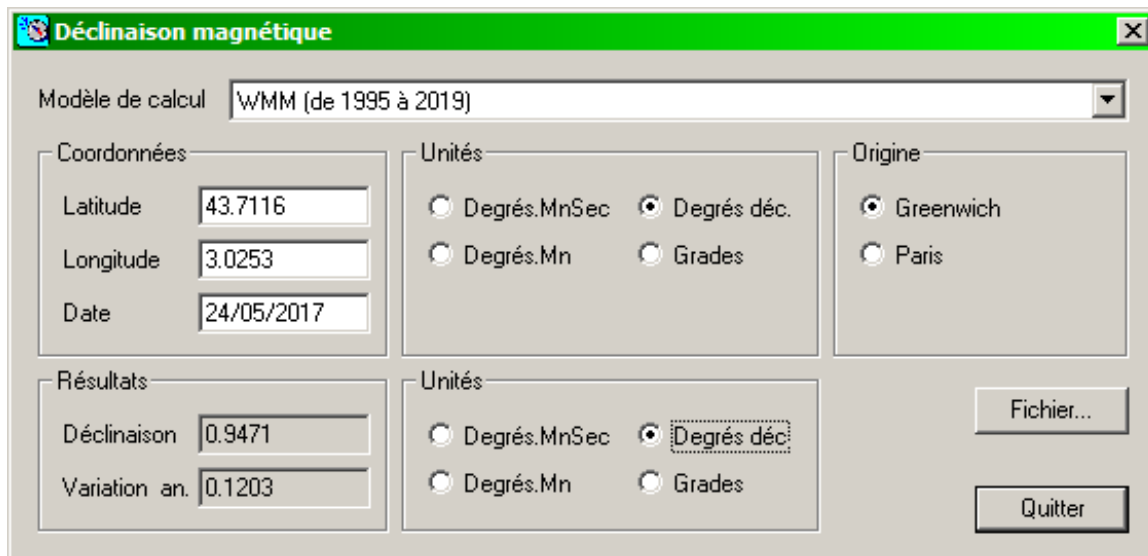
Dans les jours qui suivent François m'envoie les fichiers audio qu'il a extraits de la mémoire du dictaphone et moi je lui expédie les visées des Disto sous forme de fichier .txt générées par la fonction « Exporter » de PocketTopo, ainsi que les premiers dessins qui sont en fait la topographie en plan de notre journée de pointage.



L'écoute de chaque fichier audio (que je renomme de façon explicite en les convertissant en mp3) me permet de vérifier les visées et d'éliminer quelques doublons ou visées de test ; cela me sera aussi utile pour respecter la chronologie au moment de rédiger le présent compte-rendu.

En examinant les graphes on s'aperçoit tout de suite qu'il y a une énorme différence entre les deux appareils ; cela confirme ce que l'on soupçonnait : le Disto X2 n'étant pas étalonné les visées qu'il a faites sont inexploitable. Ci-contre la « topographie » générée par PocketTopo à partir des visées du Disto1 (ancien modèle Leica Disto A3 modifié).

François, de son côté, va devoir tout d'abord déterminer le nord magnétique local indispensable pour pouvoir utiliser les données des mesures de gisement du théodolite et ainsi vérifier la fidélité du Disto.



Problème n°1 : passer du Nord géographique au Nord magnétique en utilisant le logiciel Declimag (<http://vtopo.free.fr/declimag.htm>). Sur celui-ci si on coche « Origine / Greenwich » cela sous entend qu'on utilise des coordonnées longitude latitude par rapport au système géodésique WGS84. Attention à un piège redoutable : ce logiciel se ferme si on frappe la touche « Enter » du clavier !!!

Le col de Thalys avait été retenu (voir point 3) car on observait sur la ligne d'horizon une tour de télécommunication qui présente une silhouette peu commune. Lors de la prospection François avait relevé, au compas, le gisement de cette tour. Comme sa tablette Android n'est pas très compatible avec Geoportail, c'est un ami, contacté par e-mail qui avait identifié cette « tour ». Lors de l'expérimentation, au travers de la lunette du théodolite il a été facile de confirmer qu'on parlait bien de la même. Celle-ci avait dans Geoportail les coordonnées suivantes : N 43°47'12.264" & E 003°14'44.452"

Calculer le gisement entre deux points dont on connaît précisément les coordonnées n'est pas trivial. Geoportail permet bien de mesurer les gisements mais, entre 2 points perdus dans la nature c'est quasi impossible à faire correctement. Nous avons donc utilisé pour cela une feuille de calcul Excel trouvée sur le site Web « lion1906.com » (Localisation Interactive, Orthodromie et Navigation) de Lionel Delvarre : http://www.lion1906.com/Pages/francais/utile/conversion_-_cap.html

	A	B	C	D	E	F
1	Renseigner les cellules des lignes : 5, 6 et 7, dans les colonnes B, C, D et E, ainsi que la cellule F5					
2	Point de départ		Point d'arrivée			
3	57,29577951	N1	E1	N2	E2	SENS : Aller (A) ou Retour (R) :
4	1,570796327	d m s	d m s	d m s	d m s	a
5	Degrés	43	3	43	3	
6	minutes	42	1	47	14	
7	secondes	41,695	31,184	12,264	44,452	
8	Degrés Décimaux	43,7116	3,0253	43,7867	3,2457	
9	radians :	0,762911	0,052802	0,764223	0,056648	
10						"Résultat : "
11						
12		cap = 64,6486908 degrés				Distance (km) :
13						19,559
14		64	Degrés			
15		Soit :	38	minutes		
16			55,29	secondes	Distance (miles) :	
17	cellule F5 : renseigner le sens : a ou A pour l'aller, r ou R pour le retour					
18	N1 = Latitude du point de départ		E1 = longitude du point de départ			
19	N2 = Latitude du point d'arrivée		E2 = longitude du point d'arrivée			
20						
21						
22	Calcul intermédiaire					
23	19,559					

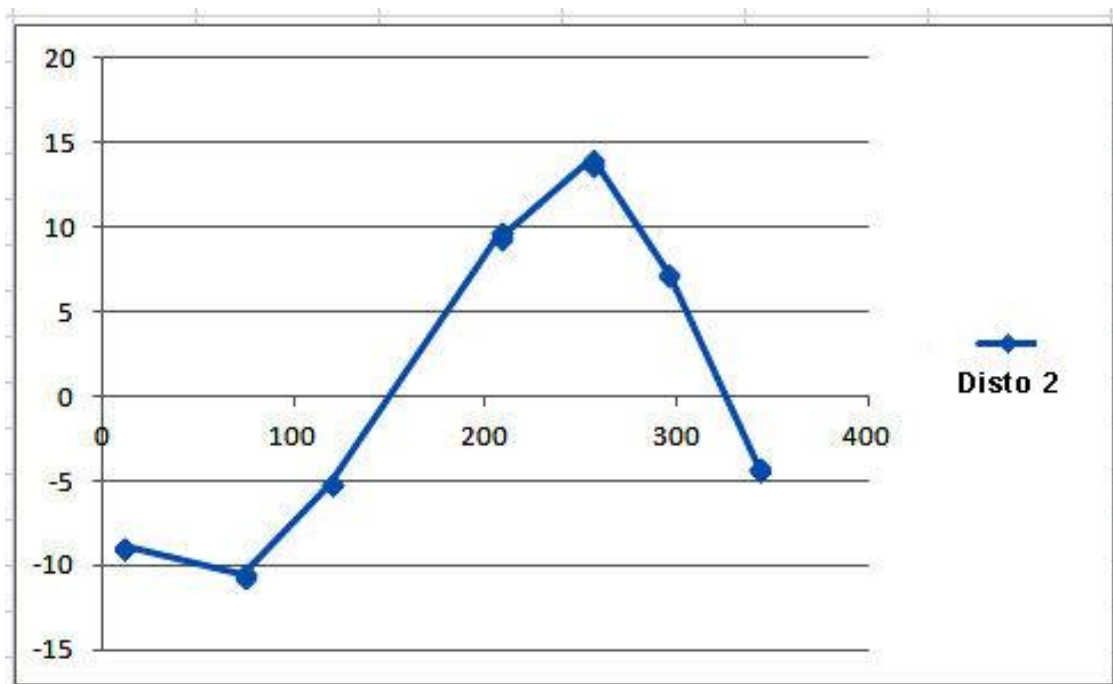
Cette feuille nous indique le relèvement depuis le col de Thalys : 64,6486908° soit 71,832 grades. Comme on se situe à 19,56 km de cette tour, même une erreur de positionnement d'une dizaine de mètres n'entraînerait qu'une incertitude négligeable de 0,037°.



En pointant le théodolite sur la tour, ce dernier indique 188,3 grades (il est gradué en grades ce qui ne simplifie rien). Contrairement à un compas qui donne directement l'azimut visé, un théodolite est utilisé simplement pour mesurer, par différence, l'angle entre 2 directions. L'orientation du 0° de l'instrument ne dépend que de sa position sur la table du trépied au moment de la mise en station. Des éléments précédents, on peut donc déduire que le nord magnétique WGS84 est dans la direction de la lunette du théodolite quand celui-ci indique $188,3 - 71,832 = 116,468$ grades.

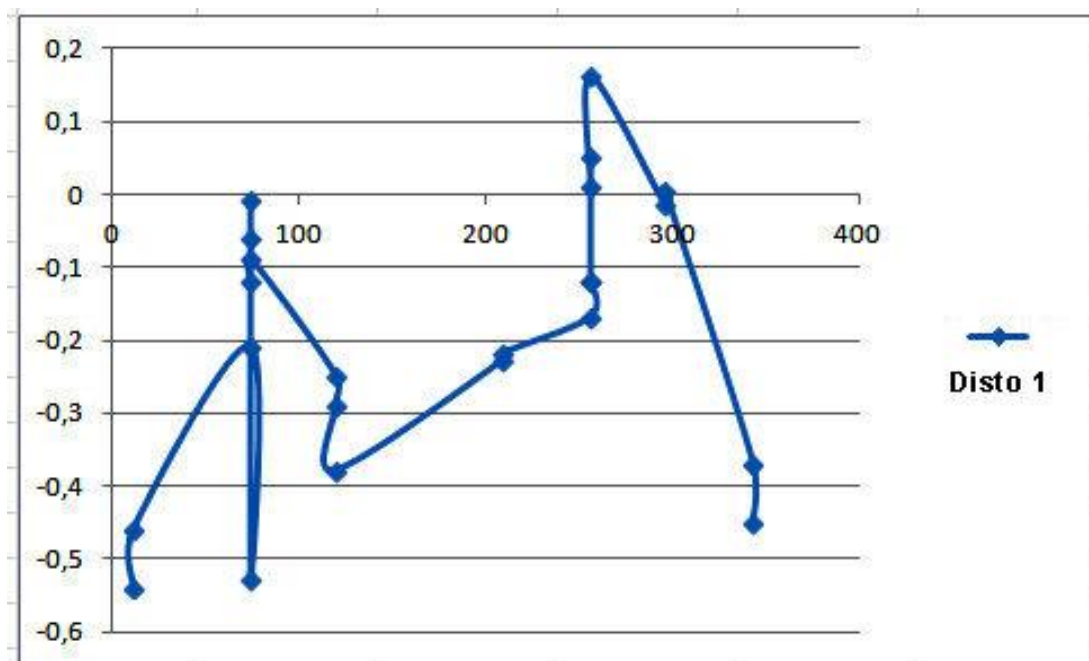
Le relèvement des différentes cibles a été fait en grades avec le théodolite (voir point 6 à 18h30). Le tableau de synthèse montre les différentes corrections car il reste encore à intégrer la déclinaison magnétique du lieu le 24 mai 2017 soit $+0.9471^\circ$ **NB** : attention au signe de la déclinaison ; il faut savoir qu'actuellement en France le nord magnétique est à l'est du nord WGS84 et dans ce cas la déclinaison a une valeur positive, si le nord magnétique était à l'ouest du nord géographique elle serait négative.

Maintenant que c'est fait, et s'il n'y a eu aucune erreur de conversion, François va pouvoir incorporer les données à un tableur Excel et appliquer les corrections de géométrie nécessaires (voir point 2). Ensuite il présentera en graphique la fluctuation des valeurs mesurées autour des données précises du relevé au théodolite qu'il m'enverra par messagerie. Il apparaît bien entendu que les mesures d'azimuts du Disto2 (modèle récent Leica Disto A310 modifié en Disto X2) varient énormément de -11° à $+14^\circ$ autour de la valeur réelle puisqu'il n'a pas été correctement étalonné avant la séance (voir ci-dessous).



Par contre, le graphique suivant qui concerne le Disto1 (ancien modèle de Leica Disto A3 modifié en Disto X) est bien plus parlant. Les valeurs d'azimuts mesurées ne varient cette fois que de -0.55° à $+0.15^\circ$

autour de la valeur réelle. Une forte majorité de ces valeurs (15/22) restant même dans la fourchette plus restreinte de - 0.3 / + 0.1 c'est-à-dire avec une précision inférieure à un demi degré. On constate également que les erreurs sont plus souvent négatives que positives (14/22). Enfin, on peut noter que répéter une mesure plusieurs fois sur la même cible semble améliorer la précision avec une succession d'écart qui vont en se réduisant nettement : -0.5 / -0.2 / -0.1 / 0 (voir ci-dessous).



Evidemment on peut regretter que le faible nombre de mesures et d'appareils testés (un seul au final) ne donne qu'un aperçu relativement limité des résultats. Mais les contraintes étaient telles qu'il n'était pas possible de faire mieux dans cette première expérimentation.

8. Conclusions, si tant est que...

- La conclusion de Dominique :

Tout d'abord cette expérimentation a bien confirmé, pour autant que ce soit nécessaire, qu'un étalonnage rigoureux ainsi que sa vérification attentive sont indispensables à l'utilisation du distancemètre laser pour la topographie spéléologique. À ce sujet il serait particulièrement intéressant de tenter d'évaluer par l'expérience pourquoi cet appareil perd son étalonnage : dans quelles conditions, à cause de quels facteurs et dans quel délai.

Ensuite, et même si rien d'autre ne peut être ajouté spécifiquement en ce qui concerne le Disto X2, on peut raisonnablement supposer par extrapolation d'un modèle à l'autre que la précision des visées horizontales est d'environ $\frac{3}{4}$ de degré, ce qui est finalement très correct pour l'utilisation en topographie spéléologique. Bien entendu pour être exhaustif, il faudrait vérifier aussi par l'expérimentation la précision des mesures de pentes et voir si l'inclinaison influence ou pas sur la qualité des mesures d'azimuts, mais ça c'est une autre histoire...

Pour moi qui utilisais auparavant un décamètre ruban, un compas non étalonné et un clinomètre de fabrication artisanale, le passage au DistoX est une révolution malgré ses contraintes (sensibilité de l'électronique à l'humidité, gestion de la batterie, caprices de Bluetooth, étalonnage).

- La conclusion de François :

Actuellement pour mes topographies de cavités anthropiques j'utilise :

- Un compas IRIS 50 étalonné par mes soins (voir point 1).
- Un Disto X310 non modifié.
- Un enregistreur de son OLYMPUS DS-40 (voir point 5) monté sur un pied photo léger.
- Une cible rétro-réfléchissante de 10 x 5 cm montée sur un pied photo léger.

Je ne dépasse pas 60 m pour une visée, mais dès 40 m c'est une vraie galère pour accrocher la cible malgré les deux pieds photo qui, pour rester légers, sont de piètre qualité. Je lis les mesures à haute voix et tout est enregistré dans le DS-40, y compris les descriptions, annulations et de nombreux jurons vis-à-vis du matériel ! Un gros problème se pose pour le relèvement des visées inclinées. Avec le pied photo qui dispose d'une articulation, j'imagine une « verticale » passant par la cible que je vois bien. C'est évidemment une source d'erreur. Faire la mesure avec le compas intégré au Disto serait sur ce point un plus indéniable, mais il faudrait que le Disto soit sur un pied amagnétique ce qui n'est pas facile à trouver. À main levée, bien que j'ai été un bon tireur à la cible, je suis incapable de pointer correctement ma cible rétro-réfléchissante sans tremblote. Il faudrait monter le DistoX sur une crosse en bois mais, alors, on n'aurait plus accès aux boutons...

Si je devais investir dans une carte topographique pour le DistoX :

- je fixerais le Disto sur un pied amagnétique
- je conserverais mon enregistrement sono

Enfin il y a le souci récurrent d'étalonnage qui jette toujours un doute sur la rigueur de cet instrument de mesure... Ajouté à l'effort physique que nécessite la topographie, moi, ça ne me va pas. Comme, de plus, la précision de la carte additionnelle n'est pas meilleure que celle de mon compas magnétique IRIS50 je pense que cette modification est une fausse bonne idée. Et je ne parle pas du PDA qui doit encore compliquer tout ça. Avec mon système topographique, je suis en mesure de calculer ma position in situ et de l'afficher sur une tablette Android, par-dessus un fond de plan, et ça c'est déjà un plus. Je ne me vois pas compliquer encore la manip.

Par contre, si on voulait renouveler l'expérience en l'améliorant, on pourrait envisager un site souterrain avec une grande salle pas trop éloignée de l'entrée car il faut transporter le théodolite. On repartirait sur mon idée de départ :

- Le DistoX2 étalonné monté sur un trépied amagnétique, (à trouver).
- Le théodolite sur son trépied à quelques mètres du Disto (suffisamment loin pour ne pas le perturber magnétiquement).
- Pointage d'une cible avec le laser.
- Relevé des azimuts, distance et inclinaison avec le Disto.
- Visée du point laser avec le théodolite puis enregistrement des relèvement et angle de site.

On peut faire confiance à la distance mesurée par le Disto (sur pied je n'ai pas d'inquiétude). Mais il y a un problème avec le théodolite : on ne peut pas effectuer de mesure trop inclinée, le maximum étant de $+39^\circ$ à -44° (si 0° est l'horizontale). Autre souci : le théodolite est uniquement en grades et son 0° est au zénith, alors que le Disto peut être en degrés et son 0° est l'horizontale ; la seule chose qui reste constante c'est que les deux axes de z sont parallèles.

Il serait donc nécessaire de démêler tous les calculs de parallaxe ou de changement de repère (voir point 2). Pour ça il nous faudrait demander à un matheux de nous trouver une formule de calcul relativement simple (pas du genre de celles ésotériques de Geoportail) ou la faire nous-mêmes puis l'intégrer dans un fichier Excel. On obtiendrait alors un nuage de points qui permettrait une évaluation. On n'aurait pas la référence du Nord (sous terre pas de pylône à pointer à l'horizon), mais l'expérimentation du col de Thalys a montré que les visées à l'horizontale étaient correctes et on pourrait ensuite comparer avec un compas classique pour se référencer.

Dominique ROS & François MARCHAND,
mai 2017 – janvier 2018