

Comparatif Disto X2, SAP 5 et BRIC 4

marco.corvi@gmail.com Draft - 02/03/2021

Traduction Dominique ROS 30/03/2021 (souterweb@free.fr)

Topographier des cavités

La topographie souterraine comprend plusieurs étapes :

- 1) acquisition des données (appareils de mesure)
- 2) organisation des données préliminaires et croquis (carnet topo)
- 3) traitement des données finales,
- 4) élaboration de la topographie,
- 5) stockage et gestion des données spéléologiques.

Les deux premières étapes sont réalisées dans la cavité, les trois dernières chez soi.

L'acquisition des données se fait avec des appareils du type Suunto, DistoX, SAP, BRIC4, CaveSniper, ou autres. La deuxième étape se fait avec un papier et un crayon, ou "sans papier" avec un programme tel qu'Auriga, PocketTopo, TopoDroid, etc. Pour les autres étapes, les spéléologues utilisent des programmes PC spécifiques (Compass, VisualTopo, Survex, Therion, etc.) ou des programmes qui ne sont pas écrits pour la spéléologie comme Illustrator, Inkscape, AutoCAD et similaires, QGIS etc.).

L'appareil de mesure enregistre les données issues des visées : distance, azimuth, inclinaison. Il serait bon qu'il gère également les stations, mais cette opération n'est pas encore automatique sous terre. Il faudrait connaître la position à partir de laquelle le relevé est effectué et celle du point sur lequel il est effectué. En principe, cela pourrait être fait avec une odométrie "parfaite". En pratique, l'affectation des stations doit être faite par l'utilisateur (SAP, BRIC, CaveSniper) ou est ignorée et laissée à la seconde étape (DistoX, Suunto).

Auparavant, les visées, notes et croquis étaient enregistrés sous terre sur un carnet de notes. De nos jours, l'utilisation de programmes pour les appareils portables est devenue courante.

- Auriga, un notebook électronique, existe depuis presque 20 ans et a évolué à partir de l'organisation des données topo, avec l'ajout de croquis (fonctions d'esquisse) et le couplage aux instruments électroniques.
- Le DistoX a été mis en service avec PocketTopo, un programme Windows qui gère les données et permet d'accéder aux données, de les gérer et de dessiner des croquis. Plusieurs programmes Android sont maintenant disponibles pour travailler avec le DistoX.
- CaveSniper est livré avec son propre programme pour PC.
- SAP a son programme, PonyTrainer, qui permet de télécharger les relevés topos depuis l'appareil. Les données extraites sont au format Survex.
- Le BRIC enregistre les données sur une carte SD interne, dans des fichiers texte au format CSV. Ceux-ci peuvent être transférés vers un PC en reliant le BRIC en tant que dispositif de mémoire externe, comme une clé USB.

Pour la troisième étape, des dizaines de programmes PC ont été créés. Le site développement de la plupart d'entre eux s'est arrêté après un court laps de temps. Certains se sont avérés être un succès et sont actuellement encore utilisés et mis à jour :

- Compass, Survex, VisualTopo, CaveRender... D'autres programmes utilisés aux Etats-Unis sont Walls, et, dans une moindre mesure, WinKarst et OnStation.
- En Europe, TopoRobot est encore très populaire. Le programme original ne semble plus maintenu, mais il a influencé plusieurs autres logiciels.

- Therion est la référence mondiale pour le dessin de topographies de grottes. Cependant la plupart des gens trouvent Illustrator ou Inkscape plus intuitif et moins ardu. D'autres utilisent AutoCAD, généralement en raison de leur bagage technique personnel.

Il existe d'autres programmes de dessin de topos (cSurvey, Tunnel, TopoCalc, r, GHDraw, CaveRender...). Soit les programmes de la deuxième étape exportent directement vers ceux-ci, soit des programmes spécifiques "convertisseurs" ou plugin ont été créés.

Pour la dernière étape, les spéléos utilisaient Cave Kadasters. De nos jours, le stockage se fait plus souvent par des dépôts sur le web, vers des bases de données d'information en ligne sur le karst etc. Ces bases sont de plus en plus intégrées aux serveurs des systèmes d'information géographique.

Le DistoX

Le DistoX2 existe depuis plus de dix ans et il est devenu la référence en matière d'instrument de topographie spéléologie électronique intégré. Il est bien connu, il a été décrit par Beat Heeb, et il existe un grand nombre d'articles qui présentent ses caractéristiques et testent sa précision (dont seulement quelques-uns sont énumérés ci-dessous).

Le DistoX (basé sur le Leica Disto A3) pèse environ 150 g, et a une dimension de 135 x 45 x 31 mm. Le DistoX2 (basé sur le Leica Disto X310) pèse environ 150 g. Sa taille est de 55 x 31 x 122 mm.

Le DistoX s'interface via Bluetooth ou avec une application afin de télécharger les données du relevé topographique. Les applications qui supportent le DistoX sont PocketTopo, TopoDroid, Auriga, CaveSurvey, et SexyTopo.



La calibration (pseudo-étalonnage) du DistoX nécessite de prendre 14 groupes de quatre clichés chacun, répartis dans toutes les directions. Les données de calibration sont ensuite téléchargées et les coefficients de pseudo-étalonnage sont calculés et transférés vers l'appareil.

Les applications qui prennent en charge le pseudo-étalonnage du DistoX sont les suivantes : PocketTopo, TopoDroid, Auriga, et SexyTopo.

À partir de la version 2, le firmware du DistoX peut être mis à jour via Bluetooth. Les applications qui supportent la mise à jour du firmware sont PocketTopo et TopoDroid.

Bibliographie

Site Web : <https://paperless.bheeb.ch/>

[1] B. Heeb, "Paperless caving - An electronic cave surveying system", Proc. Verco ors 2008 - Spelunca Memories 33 (2008) 130-133

[2] B. Heeb, "An all-in-one electronic cave surveying device", CREG Journal 72 (2009) 8-10

[3] B. Heeb, "The next generation of DistoX cave surveying instruments", CREG Journal 88 (2014) . . .

- [4] A.A. Ortiz, J.G. Sanchez, "Realizacion de una poligonal cerrada en el Sistema Cueva del Agua. Karst en Yeso de Sorbas. Almeria. Precision del DistoX" , Comision de Topografia Espeleologica de la F.A.E. 16 de octubre de 2010
- [5] D. Ballesteros et al. , "Tape-compass-clinometer, DistoX or total station, what is the best method to elaborate a cave survey? A case study in El Pindal Cave, Spain», Int Congr. Geomorphology, Paris 2013
- [6] L. Redovnikovic, M. Ivkovic, V. Cetl, I. Sambunjak, "Testing DistoX device for measuring in the unfavourable conditions" , 6th Int. Conf. Engineering Surveying, Prague 2014, p. 269-274
- [7] K. Almeida-Warren, D.R. Braun, S. Carvalho, "The DistoX2: a methodological solution to archeological mapping in poorly accessible environments" , J. Archeological Science, Report 35 (2021) 13 p.
- [8] U. Del Vecchio, T. Santagata, N. Damiano, "Rilievo 3D in grotta, comparazione di diverse metodologie" , III Convegno Campania Speleologica, Napoli 2017 67-76
- [9] M. Perme, "Kako in zakaj umerjati DistoX" , Glas Podzemlja 2020, 61 -65

Le Shetland Attack Pony

Le Shetland Attack Pony (SAP) est un projet précoce de dispositif électronique intégré pour la topographie des cavités, comme le DistoX et le CaveSniper (et le non-développé DUSI). Au départ (en 2007) il ne mesurait que l'azimut et l'inclinaison. Cependant la dernière version SAP5 (apparue en 2020) mesure également la distance et il existe un modèle qui possède le Bluetooth et peut transférer immédiatement les données à un appareil portable connecté (généralement sous Android).

Le boîtier semble un peu léger par rapport à celui du DistoX. Il est scellé au silicone, donc il est difficile de savoir dans quelle mesure il peut résister à l'eau et à la poussière.



Il pèse moins de 100 g, et a une taille de 90 x 65 x 27 mm (sans tenir compte du bouton poussoir qui fait 10 mm de haut). À l'arrière il y a un support pour une dragonne. Au dessous se trouve la prise USB micro-B. Cette prise n'est pas protégée contre l'eau et la poussière, ce qui peut être un problème sous terre.



Le SAP est rechargé par la connexion USB. Si l'appareil est connecté lorsqu'il est éteint, il commence à se recharger. S'il est connecté alors qu'il est allumé, il ne se recharge pas. Mais si on l'allume pendant la charge, il continuera néanmoins à se recharger.

Le SAP possède une interface utilisateur à un seul bouton et un petit écran. Une double pression sur le bouton permet d'allumer ou d'éteindre l'appareil. Il dispose d'un délai d'attente pour s'éteindre et s'éteint de lui-même s'il n'est pas utilisé pendant un certain temps. Lorsque le SAP est allumé, le laser s'allume. L'écran affiche la charge de la batterie, l'heure et les unités de mesure utilisées.

Une longue pression sur le bouton, jusqu'à ce que l'affichage clignote, lance une visée. On peut maintenir le bouton enfoncé jusqu'à ce que la visée soit terminée. S'il y a un appareil connecté via Bluetooth, les données de la visée sont tout de suite transférées vers celui-ci. ATTENTION : les visées qui ne sont pas immédiatement transférées ne le seront pas plus tard.

L'utilisateur peut choisir de stocker ou de supprimer le relevé sur le SAP lui-même. Par défaut, un relevé n'est pas stocké. Par conséquent, si l'utilisateur effectue immédiatement une deuxième lecture, la précédente est perdue (à moins qu'elle n'ait été transmise à un appareil connecté). Les visées stockées dans la mémoire peuvent être éditées avec le programme PC PonyTrainer, qui se connecte au SAP par USB. PonyTrainer est disponible pour Windows et pour Linux. Il accède aux données stockées et les convertit au format Survex.

L'écran affiche l'azimut, l'inclinaison, la distance et l'extension, soit un à un (réglage étendu), soit toutes ensemble (réglage compact). En inclinant l'appareil, on fait défiler les relevés et trois options :

- Store (Enregistrer)
- Discard (Supprimer)
- Main menu (Menu principal)

En appuyant sur le bouton lorsqu'une valeur de visée est affichée, une nouvelle mesure est lancée. Les trois autres options concernent les actions ou les menus.

Le sous-menu « Store » permet le paramétrage des stations et la sauvegarde des données de la visée dans la mémoire du SAP.

- A -> B, par exemple, visée du point 3 vers le point 4
- A ->
- B -> A
- B ->
- CUSTOM permet de choisir les stations AA->BB
- Back (retour au sous-menu Store)

« Discard » supprime la visée et repasse en mode « Mesure ».

Le menu principal comporte plusieurs sous-menus :

- Settings (Paramètres)
- Measure (Mesurer) qui retourne au mode de prise de visée
- Calibrate (Calibrer)
- Visualize (Visualiser)
- Info
- Off, qui éteint l'appareil

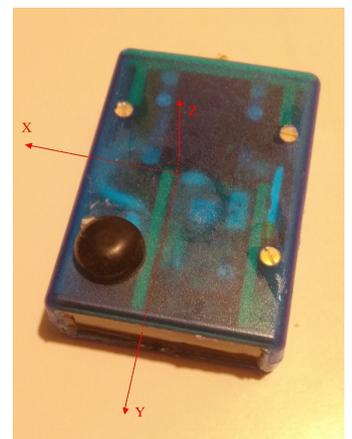
Avec « Settings », l'utilisateur peut définir les unités de mesure (métriques ou impériales), le système de coordonnées (cartésien, polaire, gradient), le mode d'affichage (compact, étendu), le délai d'attente avant arrêt automatique (30 s, 60 s, 2 min, 5 min, 10 min), la date et l'heure.

L'option « Calibrer » est utilisée pour calibrer les capteurs, ainsi que pour régler le zéro de la mesure de distance.

« Visualize » affiche un tracé de la ligne médiane de cheminement, cette fonction est toujours en cours de développement.

« Info » affiche beaucoup de données et d'informations :

- Valeurs brutes de M et G pour X Y Z
- M(agnetic) et G(ravity) (azimut et pente)
- Nom boussole et clinomètre
- Champ magnétique terrestre et dip (à ce stade, le laser s'allume)
- Stddev (Standard deviation) écart-type de l'azimut et de la pente pour X Y Z
- heure, date, batterie, température
- hw fw (extension du format des données)



Les axes du SAP sont placés comme le montre l'image. Y est aligné sur le laser, et Z vers le haut.

- Calibration (pseudo-étalonnage)

L'ancien modèle de SAP nécessitait un parcours de calibration composé de 12 stations (ou plus) autour d'une station maître centrale et les valeurs réelles des directions de ces stations par rapport à la station maître.

Par conséquent, la précision du SAP était limitée par la précision de ces directions. Quatre lectures étaient nécessaires pour chaque direction à quatre orientations de l'écran du SAP : haut, droite, bas et gauche. Après avoir effectué les relevés des visées de pseudo-étalonnage, ceux-ci étaient téléchargés dans un programme PC, également fourni avec l'appareil. En les comparant aux valeurs réelles le programme calculait la calibration et la téléchargeait dans le SAP.

Les modèles 2020 n'ont pas besoin de parcours de calibration prédéfini, et le pseudo-étalonnage est calculé directement par le SAP. Cependant, le processus est quelque peu compliqué.

Pour lancer la calibration, l'utilisateur doit aller dans le menu principal de l'appareil (« Main menu »), puis dans « Calibration », « Sensors » (Capteurs) et confirmer. À ce stade, l'écran du SAP demande de placer l'appareil sur une surface inclinée et de le faire pivoter de 90 degrés à chaque bip. L'affichage devient noir pendant que l'utilisateur place le SAP sur la surface et le fait tourner à chaque bip. Ensuite, l'affichage du SAP indique de placer l'appareil sur une surface horizontale, laser dirigé vers le haut puis écran dirigé vers le bas et laser dirigé vers le bas à chaque bip. L'appareil doit être immobile pendant la demi-seconde qui précède chaque bip. De nouveau, l'écran devient noir pendant que l'utilisateur suit ces instructions.

Enfin, le SAT indique qu'il faut effectuer 8 relevés vers un point éloigné (> 2 mètres), en tournant d'environ 45 degrés à chaque fois. Comme d'habitude, il émet un bip après chaque mesure. Répétez cette opération pour un autre point idéalement situé à 90° du précédent. Enfin, il indique « processing » puis affiche le résultat (qui est un pourcentage), si le pseudo-étalonnage est correct ou non, et s'il a été enregistré.

L'utilisateur doit être vigilant et suivre les instructions du SAP en temps voulu. Il doit avoir repéré les deux surfaces et les deux points cibles à l'avance car le SAP ne laisse pas beaucoup de temps pour les choisir.

En conclusion il semble que, dans l'ensemble, le SAP souffre d'une conception centrée sur l'appareil (similaire à celle du CaveSniper) : une visée se compose de données relevées et de stations. La prise de mesures est aussi simple que d'appuyer sur un bouton, mais l'attribution des stations nécessite de passer par des menus et de faire un choix.

Le DistoX évite cela en laissant cette tâche au programme dans un deuxième temps.

Le protocole de transfert de données est plutôt simpliste. Le fait que les relevés soient perdus lorsque le SAP est hors de portée de l'appareil récepteur sous Android risque d'être un problème dans certaines séances topo.

L'interface à un seul bouton est limitée, et l'inclinaison du SAP pour passer d'une option à une autre est pour le moins maladroite : on peut passer accidentellement à l'option suivante sans le vouloir.

Le choix de faire piloter la procédure de calibration par le SAP n'est pas pratique car l'utilisateur doit suivre le tempo imposé par l'appareil. De plus, l'écran ne fournit aucun retour d'information pendant la plupart de ces étapes. Enfin, le SAP n'offre pas le choix de mémoriser la calibration, de la supprimer ou d'acquérir d'autres données.

Espérons que sa convivialité sera améliorée à l'avenir.

Bibliographie

Site web : <https://www.shetlandattackpony.co.uk/>

Github : <https://github.com/furbrain/SAP5>

[1] Ph. Underwood, Calibrating a combined electronic compass/clinometer, *Compass Point* 37, 2007, 5-7.

[2] Ph. Underwood, A combined electronic compass/clinometer, *CREG Journal* 66, 2007, 12-14

Le BRIC4

Le BRIC4 (Bluetooth Ruggedized Integrated Cartographer, version 4) est contenu dans une valisette Pelican 1015 étanche et antichoc.

Le BRIC4 pèse environ 350 g et ses dimensions sont 150 x 88 x 45 mm, sans compter la charnière, le verrou, les supports de sangle et la « queue » du BRIC4.

Il y a un seul bouton (sur le côté inférieur) pour les opérations normales et quatre boutons internes de réglage pour ajuster les paramètres de l'appareil et pour le calibrer.

À l'intérieur du boîtier transparent se trouve une prise USB mini-B qui sert à recharger la batterie de l'appareil ainsi qu'à le connecter à un PC pour télécharger des fichiers. Un connecteur USB mini-B n'est pas très courant de nos jours : c'est un vieux connecteur que vous pouvez trouver chez vous si vous avez gardé le câble d'un ancien appareil photo numérique. Le BRIC4 peut être rechargé à partir du PC. Pendant la charge, l'écran principal affiche la charge de la batterie avec un symbole de pourcentage clignotant.

Lorsqu'il est connecté au PC, le BRIC4 est considéré comme une carte SD externe.

Le dossier root du système de fichiers contient :

- un dossier de calibration (pseudo-étalonnage)
- data, un dossier contenant les données du relevé topo au format CSV.
- Sn.txt, un fichier texte contenant le numéro de série du BRIC.
- " System Volume Information ".

Il crée un fichier distinct pour chaque jour de relevé topographique. Le dossier " calibration " contient les fichiers de calibration, CSV, report (fichier texte) et raw (fichier binaire). Les fichiers de maintenance (mise à jour) sont téléchargés dans le dossier "root".

Pour allumer le BRIC, appuyez sur le bouton trois fois en séquence rapide. Pour l'éteindre, appuyez sur le bouton et maintenez-le enfoncé pendant 2 secondes. Il s'éteint de lui-même après une minute d'inactivité.

Le laser ne s'allume pas immédiatement lorsque l'appareil est mis en marche. Pour le mettre en marche, appuyez une nouvelle fois sur le bouton. Pour effectuer une lecture : appuyez à nouveau sur le bouton (avec le laser allumé).

Les quatre boutons intérieurs permettent d'accéder au menu et à la navigation.

Lorsque l'écran est en mode normal, les boutons ont les fonctions suivantes : Menu, Light-Up, Light-Down, Menu.

Lorsque l'écran est en mode Menu, les boutons ont les fonctions suivantes : Enter, Up, Down, Back.

Le fait d'appuyer sur n'importe quel bouton interne, lorsque le BRIC est éteint, l'allume.



Menu principal

Options

Unités de distance	m / ft
Unités de température	C / F
Délai de déclenchement	0 s
Courant de charge	500 mA
Erreur de sensibilité	1 deg
Couleur du rétroéclairage	blanc, rouge, bleu, vert, violet, cyan
Niveau de rétroéclairage	0

Infos sur les erreurs

Mesures	48 (index)
Comp2 High	14.6866
Mag delta ax2	51 . 809 %

Calibration

Affichage du rapport du pseudo étalonnage en cours.
Test de bouclage. Test de fermeture de la boucle locale effectué par l'appareil.
Étalonnage rapide de l'azimut
Calibrage complet Azimut + Clino
Télémetre : calibrage de la distance

Réglage de l'horloge (format : aaaa mm dd HH MM SS)

Informations Bluetooth (nom, MAC, état, etc.)

Menu de débogage

Données brutes du capteur
Rétroéclairage manuel
Informations sur la charge
Réétalonnage complet
Réétalonnage azimutal
Mise à jour du firmware

Le mode normal affiche cinq colonnes de données : index (quatre derniers chiffres), distance, azimut, pente et une ligne inférieure avec l'heure, le niveau de la batterie, la température, le Bluetooth (si connecté).

L'affichage en cours (index) commence par un 'E' si le BRIC4 a détecté une erreur. Le BRIC4 est un capteur redondant à la fois pour l'accélération (gravité) et pour le champ magnétique. Il signale une erreur s'il y a une divergence entre les lectures des différents capteurs.

Le protocole de données transfère les données primaires de la visée (date, heure, distance, azimut et pente), les données supplémentaires (index, roll, dip) et les données d'erreur. Si l'utilisateur ne choisit pas les données supplémentaires et d'erreur, seules les données primaires sont transférées. Lorsque le périphérique client n'est pas à portée de connexion (ou n'est pas connecté), les données sont stockées et transférées dès que la connexion est rétablie.

Les données transférées sont automatiquement reconnues par la pile Bluetooth. Aucun accusé de réception n'est attendu de la part du périphérique client. Il est donc possible qu'une donnée ne parvienne pas au client et soit perdue.

- Test de précision

Pour ce test, un DistoX2, un SAP5, et un BRIC4, ont été calibrés au même endroit et au même moment.

Le DistoX a été calibré avec 22 groupes de quatre données chacun (pour un total de 88 visées). La calibration a été calculée avec TopoDroid, en utilisant la politique "TopoDroid" qui compare les visées dans chaque groupe, pour tous les groupes et pas seulement pour les quatre premiers.

La distribution des données montre une couverture complète (100%) des directions. L'erreur moyenne est de 0,13 degrés et le delta original est de 0,356. L'écart type de l'erreur est de 0,10 degré et l'erreur maximale de 0,54 degré.

La calibration du SAP5 a été effectuée en suivant les instructions du SAP : deux groupes de quatre visées chacun, sur une surface inclinée et une surface horizontale, suivis de deux groupes de huit visées chacun pointant deux cibles avec une inclinaison d'environ 45 degrés. Le fichier d'étalonnage peut être récupéré sur le dispositif à l'aide du PonyTrainer. Le fichier (au format .json) contient les visées et les coefficients de calibration suivants :

```
" accel " :          1.0089497, 0.0124098, 0.0008267,
                    -0.0136654, 0.9943023, -0.0028016,

                    0.0007578, 0.0050781, 1.0007210,
                    -0.0140548, -0.0232518, 0.0323913

" mag " :           0.0191062, 0.0000952, 0.0000050,
                    -0.0003655, 0.0191116, -0.0000852,
                    0.0000080, -0.0000473, 0.0194873,
                    -10.7116508, 48.5108490, 30.87334061

" laser_offset " : 0.0900000
```

Le BRIC4 a été calibré avec 18 groupes de quatre visées. L'écart-type d'azimut était de 0.106 degrés, l'écart-type d'inclinaison de 0.079 degrés. Les variations (delta) des accéléromètres sont en pourcentages $x=0.006\%$, $y=0.007\%$, $z=0.007\%$. L'erreur de magnitude est $A1=0.013\%$ $A2=0.015\%$. Les variations (delta) des magnétomètres sont $x=0.043\%$, $y=0.074\%$, $z=0.047\%$, avec des erreurs en pourcentage de magnitude $M1=0.167\%$, et $M2=0.162\%$. Le télémètre a un étalonnage de 0,18 m.

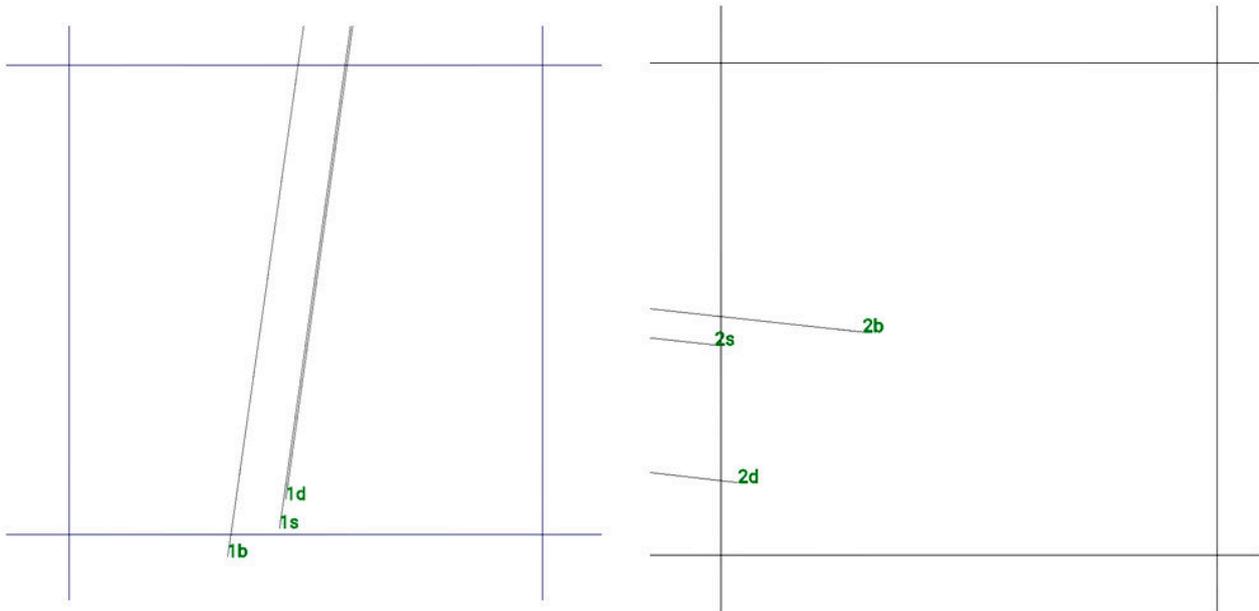
Après avoir calibré les trois appareils, un test simple a été effectué, en mesurant les deux mêmes pointages avec les trois appareils. Les relevés de ces visées sont les suivants :

Distance	Azimut	Inclinaison
6.16 m	188.0	2.9
9.07 m	96.6	-40.9

Pour chaque dispositif, chaque mesure a été effectuée avec quatre visées avec des rotations axiales de 90 degrés. La différence maximale entre les données des visées pour chaque dispositif est la suivante :

Dispositif	visée-1	visée-2	
DistoX	0.4	0.3	azimut
	0.2	0.2	inclinaison
SAP5	0.5	0.5	azimut
	0.2	0.2	inclinaison
BRIC4	0.2	0.3	azimut
	0.2	0.2	inclinaison

Les illustrations suivantes montrent les différences de vue en plan entre les trois appareils. Les appareils sont représentés par les lettres 'd' pour le DistoX2, 's' pour le SAP5, et 'b' pour le BRIC4. Le côté du carré est de 0,1 m.



Les trois points de la visée horizontale ne sont distants que de quelques centimètres l'un de l'autre, ce qui est bien inférieur à la précision du positionnement des instruments sur la station et de la visée de la cible. Les points de la visée inclinée sont distants d'environ 4 cm les uns des autres. Cependant, la cible était plus éloignée (9 m, au lieu de 6 m) et n'était pas aussi clairement marquée, puisqu'il s'agissait du haut d'un baril.

Un deuxième test a été effectué une semaine plus tard. Bien que le test ait eu lieu après le coucher du soleil, j'ai rencontré des difficultés avec le SAP. Il a souvent échoué à obtenir la distance avec le laser. Je ne sais pas si c'était à cause de la lumière excessive du jour ou à cause de la rugosité de la surface visée.

Six visées ont été mesurées avec le DistoX et le BRIC5. Seules les quatre premières ont pu être mesurées avec le SAP5, et dans certains cas, pas selon les quatre orientations axiales.

Distance	Azimut	Inclinaison
3.62 m	208.9	9.4
6.87 m	301.4	26.1
6.20 m	220.8	10.1
7.51 m	234.5	12.8
10.64 m	84.1	-53.3
7.15 m	23.0	-29.1

La variation entre les angles lus par le DistoX est restée comprise autour de 0,4 degrés pour l'azimut et de 0,2 degrés pour les pentes. Avec le BRIC4, les variations d'azimut et d'inclinaison sont restées dans les 0,2 degrés. Pour le SAP5, les variations d'inclinaison étaient de l'ordre de 0,2 degré, mais les variations d'azimut étaient de presque 1 degré.

Une comparaison graphique montre que les points d'extrémité des visées pour le DistoX et le BRIC4 restent à une distance de 2 cm l'un de l'autre. Ce résultat est tout à fait satisfaisant si l'on considère que la cible peut être visée avec une précision ne dépassant pas quelques centimètres. En revanche les points d'extrémité des visées du SAP5 étaient éloignés jusqu'à 15 cm par rapport aux points des DistoX et BRIC4. Il s'agit d'une erreur relative de 0,025 sur une visée de 6 mètres. La précision du SAP5 est donc de 1 degré.

- Calibration (pseudo-étalonnage)

La calibration du BRIC4 est assez similaire à celle du DistoX. Cependant, le calcul est effectué par l'appareil lui-même, et il n'est donc pas nécessaire d'utiliser un programme externe. L'utilisateur doit prendre au moins 14 groupes de quatre visées dans les mêmes directions que pour le DistoX. Dans chaque groupe, l'appareil doit être tourné d'environ 90 degrés à chaque prise de vue. Le BRIC4 affiche le nombre de groupes et le nombre de visées dans le

dernier groupe (avec quatre cercles qui se remplissent au fur et à mesure des visées). Il est possible de prendre plus de 14 groupes.

Après avoir effectué les visées, les coefficients de calibration peuvent être calculés et un rapport est affiché.

Le pseudo-étalonnage du BRIC4 ressemble beaucoup au pseudo-étalonnage du DistoX. Je n'ai pas encore testé ce qui se passe si une visée est mal faite.

- Mise à jour du firmware

Le BRIC4 possède deux firmwares. Le firmware du système est mis à jour depuis un PC sous Windows (et peut-être aussi Linux). Le firmware du Bluetooth est transféré sur la carte SD du BRIC4 et mis à jour depuis le menu de l'appareil.

Site web : <https://www.caveexploration.org/gear/bric4>



Conclusions

De nombreux facteurs doivent être pris en compte pour un dispositif électronique intégré destiné à la topo des cavités. Le relevé topographique d'une grotte présente de nombreux défis différents en fonction de la variété des conditions qui y règnent.

Afin de comparer les trois appareils, j'ai considéré huit points :

- 1 - la maniabilité
- 2 - la robustesse (résistance aux chocs et à l'eau)
- 3 - la transportabilité (poids et taille)
- 4 - la facilité d'utilisation
- 5 - la calibration (pseudo-étalonnage)
- 6 - la précision
- 7 - la compatibilité avec les logiciels de spéléologie
- 8 - le coût

Pour le premier point, le DistoX2 est définitivement le vainqueur. Pour ce point, le principal avantage du DistoX2 réside dans son boîtier professionnel qui est produit par une entreprise réputée. Le BRIC4 est enfermé dans une boîte Pelicase qui est un peu encombrante. Le SAP est petit et se manipule facilement.

Pour le deuxième point, le meilleur choix est le BRIC4. Le DistoX2 est résistant à l'eau mais seulement aux éclaboussures. Le SAP5 est définitivement mauvais car la prise USB est exposée à l'extérieur.

En ce qui concerne le poids et les dimensions, le DistoX2 et le SAP5 sont optimaux. Cependant, un étui de protection doit être prévu dans la plupart des cavités. En considérant cela, ils ne sont pas beaucoup mieux placés que le BRIC4.

En ce qui concerne la facilité d'utilisation, le DistoX2 est optimal (encore une fois à cause de son boîtier industriel). Cependant, la présence de nombreux boutons est parfois déroutante et il peut arriver que l'on appuie sur le mauvais bouton. Le bouton du SAP5 est un peu malaisé, surtout parce qu'il faut le maintenir appuyé une seconde ou deux. Le bouton du BRIC4 n'est pas aussi lisse que ceux du DistoX2, mais il offre l'avantage d'une interface à un seul bouton. Le SAP5 et le BRIC4 peuvent être utilisés avec des gants, contrairement au DistoX. Le BRIC4 est livré avec un embout d'extension recouvert de caoutchouc qui est très pratique pour le placer précisément sur la station. Des rallonges similaires ont été conçues pour le DistoX2. Le SAP5 et le BRIC4 n'ont pas de filetage pour fixer l'appareil sur un trépied.

Pour la calibration, le BRIC4 est le meilleur car tout est fait sur l'appareil et il n'y a pas besoin d'un logiciel externe. La calibration du SAP5 se fait également sur l'appareil, mais la procédure, pilotée par l'appareil au lieu de l'utilisateur, est pénible.

Le DistoX a une précision adaptée au grade 6 de l'ISU (Ph. Hauselmann, UIS mapping grades, Int. J. Speleol. ?), lorsqu'il est correctement calibré. Le test montre que le SAP5 et le BRIC4 sont tous deux adaptés à la topographie précise des cavités. Cependant, le SAP5 peut réaliser un relevé de grade 5 de l'ISU (erreurs de 1 degré). Le BRIC4 atteint une qualité de relevé comparable à celle du DistoX, voire légèrement supérieure.

Ces trois appareils sont bien adaptés aux applications de spéléologie. Le DistoX2 a son propre programme, PocketTopo pour Windows et est supporté par toutes les applications Android et par Auriga. Le SAP5 est supporté par TopoDroid et SexyTopo. Le BRIC4 est pris en charge par TopoDroid et CaveSurvey. Le SAP5 et le BRIC4 stockent les données du relevé sur l'appareil dans des formats qui peuvent être facilement transférés vers un PC. Pour le SAP5, on a besoin de son programme propriétaire « PonyTrainer », qui récupère les données topo au format Survex. Pour le BRIC4 la mémoire de l'appareil est visible comme une carte SD externe, et les relevés sont des fichiers CSV.

Le SAP5, avec un prix inférieur à 200 euros, est une option intéressante pour les relevés de petites grottes, surtout pour les personnes qui font des relevés avec un carnet papier. Le coût du DistoX2 varie, car il faut acheter la carte DistoX, la batterie non magnétique, le Leica Disto X310 et assembler l'appareil. Il peut être estimé à environ 400 euros. Enfin, le BRIC4 coûte 850 \$ US.

Le tableau ci-dessous résume ces considérations en utilisant une échelle de 0 à 5 pour chaque item. DistoX : rouge, SAP5 : bleu clair, BRIC4 : bleu foncé. Il ne reflète que mon opinion personnelle, et il pourrait changer avec le temps, au fur et à mesure que les appareils s'améliorent.

