

> L'ESSENTIEL DE LA TOPOGRAPHIE SOUTERRAINE



Généré par Copilot © Microsoft

Auteur-e-s : Florence Guillot (coord.), David Pujol, Denis Langlois, Frédéric Bonacossa, Dominique Ros-Souterweb, avec des travaux de Christophe Bès, Laurent Blum, Jean Bottazzi, Michel Demierre, Christophe Duverneuil, Charles Ghommidh(†), Éric Sibert, Arne Bahr, Jens Lassé.



බ



Sommaire

La Topo qu'es aquò ?	3
Le matos qu'il me faut	5
Comment je bosse sous terre ?	11
Les logiciels	17
La déclinaison magnétique, mais c'est quoi ?	19
Comment puis-je mettre au propre, dessiner et publier ma topo?	20
Les sigles de l'Union Internationale de Spéléo	22
Le droit d'auteur et la publication	22
Banque(s) de données de dessins vectoriels pour la topographie spéléo	23
Indiquer la précision	23
Le géoréférencement des topos	23
Exemples de déroulés avec deux méthodes	25
Pour aller plus loin	27

La Topo qu'es aquò ?

La topographie d'une cavité est incontournable pour rendre compte d'une exploration :

- Elle permet de cartographier une cavité ou un système.
- Elle permet de comprendre cette cavité ou ce système.
- Elle permet d'aider à trouver des jonctions et des suites.
- Elle peut renseigner et aider les opérations de recherche et de secours, aider à faire des forages, etc.
- Elle permet de publier, une découverte n'existant que si elle est publiée.

En expé, sur une période courte et intense, des spéléos d'expériences et d'habitudes très diverses vont œuvrer ensemble. Ça ne s'improvise pas ; il faut s'accorder par avance sur les méthodes de travail, les logiciels utilisés, les méthodes d'archivage, etc.



LES ÉTAPES DE LA TOPOGRAPHIE

Fig. D'après http://souterweb.free.fr/topographie/genese/genesetopoaccueil.htm



Reports, DAO : Florence Guillot Dév. topo : 230 m (et 50 m estimés)

Fig. Topographies d'expéditions en Guizhou (Chinexplos19)

Le matos qu'il me faut

- un GPS (GNSS, dit GPS) : pour pouvoir pointer les entrées, enregistrer les accès,
- un carnet topo (format A5) + au moins 2 crayons à papier,
- un système de marquage des points,
- un système de mesure :

*le DistoX, constitué d'un lasermètre Leica Disto X310, équipé d'une carte additionnelle DistoX2 ou DistoX-BLE,

*ou un BRIC5 (plus cher que le DistoX2, mais plus précis)

*ou encore un Shetland Attack Pony6,

*ou à venir le nouveau système tout intégré de Siwei Tian, le CavWay X1



La vidéo de présentation.

Le comparatif des trois de Marco Corvi sur Souterweb.

- en option : un Palm, PDA, tablette ou smartphone sous Android, si je veux voir les données en direct ou dessiner dessus.

Le plus couramment utilisé en France actuellement est le DistoX2 :

→ Manuels d'utilisation complets du DistoX

→ Acheter le lasermètre Leica X310

Le lasermètre est un instrument de mesure des longueurs très précis. Il faut choisir le bon modèle pour monter le DistoX2.

Le Leica X310 n'étant plus commercialisé, il est possible d'en trouver d'occasion.

On peut aussi se procurer la version américaine (E7400x) qui n'est qu'une dénomination commerciale pour les

USA, c'est le même modèle, aussi capable d'afficher les mesures en unités métriques.

→ Acheter la carte du DistoX2

C'est maintenant Siwei Tian qui fabrique et vend ces cartes. Vous pouvez le contacter par <u>Facebook</u>. Attention cette carte utilise la norme BLE (BlueTooth Low Energy), qui ne permet PLUS aux logiciels sur PC de communiquer avec !

→ Acheter la batterie du DistoX (LiPo amagnétique « nm053040 »)

Contacter la liste spéléo française, les frais d'expédition étant prohibitifs pour une unique batterie (achats groupés) <u>mailto:speleos-fr@speleo.com</u>

Siwei Tian peut aussi les fournir avec la carte.

→ Monter le DistoX

Le montage (vous aurez besoin d'un copain spéléo qui manie bien le fer à souder pour l'électronique et a les doigts fins) :

Manuel de montage et en anglais

Des conseils pour le montage

La boîte à outils du DistoX2

Astuce : La prise de chargement usuelle des batteries de DistoX (PCB) s'arrache souvent. Vous pouvez en mettre une autre, souple (prise femelle reliée par un câble comme le connecteur 22 AWG JST 2 PIN).

→ Étalonner le DistoX

La procédure

Un exemple d'étalonnage

Avant chaque sortie, pensez à vérifier l'étalonnage du DistoX :

- en comparant les valeurs azimuts avec un autre appareil (un compas lui-même vérifié...),
- ou en visant entre deux points aller-retour : cette vérification n'est correcte que si on pratique 4 visées avec une rotation axiale de 90° à chaque fois (on tourne le DistoX sur lui-même comme lors de l'étalonnage on tourne le DistoX sur lui-même et les valeurs obtenues d'azimuts doivent être très proches). Ce qui fait donc 8 visées : 4 allers et 4 retours. Certains préconisent 5 visées seulement : 4 à l'aller et une seule au retour.

→ Comment protéger le DistoX?

*<u>Un préservatif</u>? Ou un Ziplock?

*Une boîte clip close ?





*Plus grand, lourd et cher, mais vraiment étanche et solide : Pelicase 1030.

*Mettre du film alimentaire autour du DistoX (mais pas de la lentille) permet de le protéger lors des manipulations en environnement très argileux. Certains utilisent aussi du film thermorétractable fin qu'on trouve sur les sites chinois.

*Les manips sur le DistoX2

Attention : en mode silencieux, le DistoX n'enregistre pas ;-(

→ Utiliser le DistoX

Le DistoX prend simultanément trois mesures : distance, angle par rapport au nord magnétique (dit azimut) et pente par rapport à l'horizontale (zéro = horizontale).

<u>Attention</u>, notamment dans les passages étroits, à tenir le DistoX loin de perturbateurs magnétiques (déviation azimut, décalibration) : éclairages électroniques, mousquetons acier, certains cordons à ressort de clef de 13, les mines de fer, etc. Les lampes Armytek posent des problèmes (bouchon magnétique). Seuls certains modèles proposent un bouchon amagnétique et, même avec, les batteries de la lampe perturbent le DistoX. Les batteries de rechange ne peuvent pas être rangées dans votre poche de poitrine. Attention, si vous mettez dans un sac un DistoX près d'un perturbateur magnétique, cela peut en outre affecter la calibration. (Une solution à tester ? Entourer le boîtier de <u>Mumétal</u>? Ça à l'air cher...).

Attention, la mémoire du DistoX est limitée à 1000 visées. Si vous en faites plus et que vous ne les avez pas exportées, vous perdrez les premières.

Même s'il est plus facile de faire des longues, les visées courtes, plus contraignantes permettent de :

- mieux décrire la cavité,

- réduire les erreurs.

Il est préférable de créer des points à chaque changement de morphologie, afin de mieux représenter les morphologies informatiquement.

Le format numérique permet de réaliser des calculs statistiques.

On réalise les mesures dans cet ordre :

 Au minimum, une mesure à gauche du point, une à droite, une en haut, une en dessous « gauche, droite, haut, bas » (pensez à respecter cet ordre : GDHB). Mais dans quelle direction latérale? Le mieux est de viser la bissectrice, c'est-à-dire pile entre la précédente visée et la prochaine (où ce qu'on pense être la prochaine). Pour dessiner et avoir un rendu 3D plus fin, des mesures de largeurs et hauteurs en plus peuvent être effectuées (sans en abuser, sinon le polygone risque de devenir mal lisible).

Ces mesures peuvent être visées de biais, si on veut rendre compte du profil au plus large de la galerie alors que le point topo est dans un coin de la galerie. En effet, si le point topo est dans une partie réduite de la galerie, il ne faut pas prendre les largeurs/hauteurs exactement depuis le point, mais se décaler pour mesurer la galerie les dimensions représentatives de la galerie. Par exemple, si votre point est dans un coin où le plafond n'est pas haut alors que dans le reste de la galerie il l'est, il faut viser là où c'est haut.

- 2. Ensuite, on réalise la visée de cheminement : on vise trois fois d'affilée le point suivant avec le plus de précision possible (le nombre de visées est paramétrable suivant le logiciel utilisé).
- 3. On va à la station suivante et on recommence.
- 4. Quand on arrive à la fin, on mesure les largeurs (gauche/droite) et hauteurs (haut/bas) du dernier point.



\rightarrow Les LIDAR

On entend maintenant souvent parler de LIDAR (*Light Detection And Ranging*). Comme un DistoX, un LIDAR utilise un faisceau Laser pour déterminer l'emplacement d'un point visé, mais réalise un grand nombre de points automatiquement ce qui permet d'obtenir un nuage de points. On le dit « texturé » quand s'y ajoutent des informations de couleur et

d'aspect des points. Les nuages de points sont en trois dimensions, mais on peut les projeter en plan, en coupe, ou réaliser des sections de galerie. On peut aussi obtenir des nuages de points à partir de photographies (photogrammétrie).

La topographie par LIDAR est donc bien plus descriptive que nos levés au DistoX, puisque le nombre de points est beaucoup plus important. Mais actuellement, elle reste très peu utilisée, car peu pratique.

Rappelons qu'en l'absence de données de positionnement satellite sous terre, il faudra tout de même recaler les nuages de points LIDAR pour qu'ils soient géoréférencés et vérifier qu'il n'y a pas de décalages des angles.





Fig. Exemple d'un levé Lidar texturé par iPhone d'une galerie de mine d'une centaine de mètres de long (vue en plan et d'une partie de l'intérieur). F. Guillot et D. Langlois

*Leica propose un LIDAR mobile (blk2go), dont la portée est de 25 m. Mais son prix est prohibitif et l'appareil reste fragile et malaisé pour nos usages. Néanmoins, si on veut documenter une cavité ou une partie de cavité exceptionnelle, les résultats obtenus avec cet appareil sont très précis et il peut être loué.

* Depuis le modèle 12, les iPhone pro et promax comportent un LIDAR multi-faisceaux. Au lieu d'un balayage automatique de toute la scène comme dans les appareils professionnels, l'iPhone envoie d'un coup un grand nombre de faisceaux infrarouges devant lui (au moins

48) pour capturer les volumes, tout en prenant la photo. La portée n'est que de 5 m



Fig. iPhone avec un ring lumineux. Photo Suzanne Jiquel.

(dépendant aussi de la clarté des parois). Pour avoir un bon rendu photo (texture) il faut aussi un éclairage large, puissant et uniforme. Son usage est très gourmand en énergie et il faut souvent prévoir une batterie annexe puissante. Il n'est pas simple à utiliser dans les puits et c'est encore difficile de lever en plusieurs étapes, car l'association de plusieurs nuages de points est souvent délicate. Il peut néanmoins servir à documenter une galerie ou une portion de galerie particulièrement intéressante. L'application *Scaniverse - 3D Scanner*, gratuite, permet de

bons résultats et de nombreuses possibilités d'exports dont directement des plans qu'on peut importer dans QGis. Tout est envoyé sur le Cloud et on récupère ensuite les résultats. Cette solution existe depuis maintenant des années, mais les progrès ne cessent de se faire. On peut même récupérer <u>une vidéo de progression virtuelle</u>.

*Un appareil convient à la spéléo, le <u>Caveatron</u>. Il est moins précis que les LIDAR des topographes, mais suffisant pour nos topographies. Il s'agit d'un projet open source et <u>il faut</u> <u>construire son appareil</u> soi-même. On peut obtenir informations et logiciels sur <u>github</u> et se renseigner sur le <u>forum</u> (en anglais).



Fig. Le Caveatron. Crédit Caveatrom.com

Comment je bosse sous terre ?

Plus d'infos : La Taupographie pour les nuls de Charles Ghommidh.

→ Qu'est-ce que je note sous terre ?

On progresse de point (station) en point (station) et les visées sont des droites entre deux points. En même temps, on mesure et on dessine autour des points. Chaque visée mesure une longueur entre les deux points, un azimut (angle de la droite-visée p/r au nord magnétique) et une inclinaison (pente de la droite-visée p/r à l'horizontale).

Les mesures : si on ne vérifie pas l'acquisition des données en même temps que l'on prend les mesures, il est vraiment conseillé de les noter sur le carnet. Certains diront qu'il faut toujours les noter, car même en acquérant les données on peut casser l'appareil... à vous de voir.

Il faut dessiner sur place : le plan et les sections ainsi que la coupe pour les cavités verticales.

Les dessins : on dessine les parois des galeries et les éléments qui semblent d'intérêt. Ce sont ceux qui peuvent servir à un.e spéléo à se repérer dans la cavité et ceux qui apportent des informations sur la formation de la cavité ou les éventuelles traces



Fig. Le trou du blaireau. Vue en plan (de dessus) d'une cavité imaginaire : cheminement de la topographie et stations. Les visées se font : de 1.0 à 1.1, de 1.1 à 1.2, de 1.2 à 1.3, etc. En 1.13 à 1.2, on boucle et on peut vérifier la précision du levé. On peut associer une photo à chaque point ou quand on veut. Ch. Ghommidh et F. Guillot

archéologiques et les sites biospéléos d'intérêt. Il ne faut surtout pas oublier de noter les carrefours de galeries sur les dessins (y compris les arrivées en hauteur).

Le plan est une vue de dessus. Les coupes sont des vues de côté. On peut choisir d'étirer la coupe (développée) ou de la projeter selon un seul angle de vue. Les sections sont des tranches de galerie. La coupe développée valorise tous les segments et notamment les puits

et peut servir à la fiche d'équipement. Elle rend généralement mieux compte de tous les volumes de la cavité.

Le plan servira aux topographies géoréférencées (sur carte, sur photos satellites, sur cadastre, etc.).

Dans les puits ou les galeries dont la pente est supérieure à 70°, la notion de « gauche, droite, haut, bas » ne fonctionne pas bien. Pour noter les « gauche, droite, haut, bas », il est préférable de mesurer sur la bissectrice comme expliqué ci-dessus : la largeur reste identique, la hauteur doit se faire sur la bissectrice - attention à orienter le puits avec un azimut, en général c'est l'azimut de la suite après le puits.

Dans les grandes salles, beaucoup de mesures permettront de mieux rendre compte du volume, tout en prenant soin de faire des stations aux points haut et bas de la salle.



Fig. Exemples en plan de la topographie de la salle imaginaire de l'estomac. Si le relief le permet, la solution de droite est la plus descriptive, mais ne rend pas forcément bien compte des hauteurs. On peut aussi coupler les deux premières solutions, mais ça prendra plus de temps. Il faut adapter selon la morphologie de la salle. F. Guillot



→ Dessiner et noter sur carnet



Avec	une page	nour le	es dessins	et une	autre	pour	les	données	SOUS	forme	de t	tableau	•
/ 1000	une page	pourid	50 00000000	or unit	Juulio	pour	100	001110000	3003		uc i	abicaa	

Provide des index in the second secon	fout de la iondre (fin dominis more) début ontre toute found du anit de controler	0:3 1 1 121	0 1.5	Л. Сб.	1.5		-		-
A cher l'unité	début auts Taille (and du anit di contrater	1 121	1.5	06					10
der lindig ist ander	débil puti Buille fand du putil à controller	21	1.00	A. 4.	0	-24	NO	535	A.A.
normality of the second	taile and du and a controler		2	0,3	0,2	+24	300	3.6	1.2
A Constant of the second secon		1.5	35	100		-47	0	21	13
And		0,2	0.6	1	05	+3	350	385	14
A Contract of the second secon		3	03	07	0	-6	75	1,75	15
ere and a second		0.2	04	0.4	0,4	+6	MO	35	1.6
111	suite bould por glass	0,2	02	03	26	+29	100	6.85	17
19:53		3	03	0,7	0	1	-	-	0.5
20 KB 2 K 4 K 1 K 1		0,5	0,5	6,0	0	0	340	2.6	21
		075	0.75	97	0	+24	70	15	2.2
4403		075	025	0	05	+27	MO	3.6	23
2 03	hube about (2, 03	04	0	0.5	04	+6	60	3	2.4
	63		1		1				
and the second s				0	1	1			
9:0									
양 집 않 위해할									

Fig. Exemple notes de carnet avec tableau. M. Demierre)

* Sans tableau :

Fig. Exemple de notes de carnet sans tableau. F. Guillot.



→ Dessiner et noter sur carnet électronique

Il faut connecter la tablette, le PDA, le Palm ou le smartphone que vous utilisez par Bluetooth avec votre DistoX.

Plusieurs solutions logicielles existent suivant le matériel que vous possédez :

- Pocket topo pour PC et PDA sous Win Mobile 6. À configurer en mode intelligent pour qu'il distingue les mesures d'habillage de celles du cheminement.
 <u>Aide pour l'installation des prérequis</u>
- Auriga pour les Palms
- **Topodroid** pour les smartphones et tablettes sous Android ou les tablettes. C'est la plus utilisée, mais il n'y a plus de mis à jour. Exporte et importe de très nombreux formats. <u>Une traduction française de la doc.</u>
- <u>SexyTopo</u> pour les smartphones et tablettes sous Android. Très rapide pour récupérer les données.
- <u>Qave</u> qui est la nouvelle application montante pour les smartphones et tablettes sous Android.

→ Éviter les erreurs

Avec les outils modernes de topographie, l'incertitude de mesure sur les distances est d'environ ± 2 mm - Disto laser Leica), en azimut elle dépend de la qualité de l'étalonnage du DistoX, mais est sensiblement la même que le Tandem Suunto $\pm 0,5^{\circ}$. Les pentes offrent une précision $\pm 0,5^{\circ}$. Attention, il s'agit là de l'incertitude de mesure intrinsèque aux appareils utilisés, mais pas de l'incertitude de leur mise en œuvre ! Pour en savoir plus, voilà une <u>étude</u> de précision détaillée de la première version du DistoX.

En principe, les erreurs sont aléatoires et ne s'ajoutent pas systématiquement d'une visée à l'autre. Statistiquement, elles se compensent partiellement. Cette compensation partielle permet d'atteindre des précisions globales de l'ordre de 0,1 à 0,2 % lorsque les mesures ont été réalisées soigneusement. Dans une cavité d'un kilomètre, le point le plus



Fig. DistoX2 avec point marqué pour se positionner plus précisément sur la station.

extrême pourra ainsi être décalé d'environ 2 m.

Les erreurs systématiques sont graves. Un compas perturbé par la présence d'une masse magnétique à proximité (branche de lunettes, frontale...) ou d'un choc, un DistoX mal étalonné, peuvent induire des décalages significatifs.

L'erreur la plus courante est généralement l'erreur de centrage : lors du changement de station, le topographe ne se place pas exactement au point-station qu'il vient de viser. Il est préférable d'utiliser une cible positionnée avec rigueur. L'incertitude de mesure de distance est généralement négligeable par rapport à l'incertitude de centrage.

Il est utile de tracer un croquis aussi précis que possible pendant l'exploration, qui permet ensuite de repérer les erreurs grossières. Il faut aussi choisir des points précis : pointe d'une concrétion, angle du rocher, etc., et les matérialiser (une petite griffure par exemple).

→ Nommer et matérialiser les points sous terre

Attention : sur un même massif, donner des noms différents à chaque point.

Il faut laisser une indication des numéros de point obligatoirement à chaque carrefour et de temps en temps dans les grandes galeries.

Plusieurs systèmes de plaquettes topos à laisser sont possibles : métal et lettres à frapper avec fixation Dbz, plexiglas¹ avec marqueur permanent et fixation collier plastique ou ficelle, etc.



Fig. Un exemple de système de numérotation de point à laisser sous terre pour marquer une station. D'après Charles Ghommidh.

→ Localiser les entrées

On utilise un récepteur GPS (par exemple un smartphone ou une montre qui intègre un récepteur) pour localiser les entrées et le premier point de la topographie.

Suivant les constellations de satellites reçues et la topographie du terrain, la précision est plus ou moins bonne. Près d'une falaise, elle sera mauvaise. Suivant les perturbations géomagnétiques du moment, la précision varie aussi (vérifier l'indice dit « KP », par ex avec une App comme « UAV Forecast » ; attention au-delà de 4).

Il y a une première amélioration possible de la précision, en activant les réseaux de satellites européens (Galileo), chinois (Beidou) ou russes (Glonass). Cela dépend de votre récepteur.

Une seconde amélioration est possible, si on a une bonne visibilité vers les sud, en activant le SBAS (Satellite Base Augmentation System), WAAS aux USA, EGNOS en Europe. Le principe est que des corrections de précisions par zones sont envoyées en temps réel aux

¹ Mais il n'est pas recommandable de laisser des plastiques sous terre, car ils vont se détériorer et se dégrader en petites particules polluantes.

récepteurs GPS par des satellites géostationnaires.

Si on veut obtenir des coordonnées très précises, il existe un système de correction des erreurs, open source, qui fonctionne en France et en Hongrie : <u>le réseau Centipède</u>. C'est ce qu'on appelle le DGPS (Differential GPS). Mais il faut fabriquer un récepteur et la précision des bons smartphones est aujourd'hui généralement satisfaisante pour nos travaux (autour de 1 m en X et Y si on prend le temps de laisser le smartphone une quinzaine de minutes sur le point).

Plus on reçoit de satellites, et de constellations différentes (GPS, Galileo, Beidou, Glonass), plus c'est précis (à vérifier quand on achète un smartphone). En laissant le récepteur sur place durant 12 h, on obtient aussi une plus grande précision, mais on risque de se faire voler l'appareil. ;-(Mettre le GPS en hauteur permet de capter plus de satellites.

Attention à l'altitude (Z) qui est moins précise et qui peut être exprimée par votre récepteur en hauteur par rapport à un ellipsoïde (approximation de la forme de la terre) et non pas en altitude. Il faut la vérifier sur une carte à partir des coordonnées X, Y obtenues.

<u>L'IGN met en ligne des levés LIDAR</u> de tout le territoire français qui permettent aussi de mieux localiser certains points, notamment si votre entrée est visible. <u>Il existe une visionneuse en ligne</u>. On peut exploiter ces données avec un logiciel SIG², par exemple QGIS, ou avec un logiciel permettant de traiter les nuages de points, par exemple Cloud Compare. On peut aussi apercevoir certaines entrées depuis les images satellites sur Géoportail (France) ou Google Earth³ (monde entier).

Enfin, rappelons aux expéditions à l'étranger que les images Google Earth peuvent être géoréférencées avec des erreurs aléatoires jusqu'à 200 m de décalage à la demande de certains gouvernements. Dans ces conditions, mieux vaut ne pas pointer une cavité depuis l'image Google Earth.

Il existe une foultitude de formats de coordonnées. Même si l'utilisation des coordonnées locales peut s'avérer nécessaire dans les pays dotés uniquement d'anciennes cartes, il est mieux de noter les coordonnées sous forme UTM (n° de la zone)/WGS84, car ce format constitue un pivot vers tous les autres systèmes.

Pour mémoire tous les formats sont constitués de deux parties :

- 1. une approximation de la forme de la terre, le « *datum* ». Par exemple le WGS84 du GPS, ou l'ancien français comme le « *Clarke 1880 IGN* » de l'ED50.
- 2. d'un système de « projection » (conique, cylindrique) et de coordonnées comme UTM, degré/minutes/secondes,

² Système d'Information Géographique. C'est un logiciel qui permet de superposer diverses couches géoréférencées : cartes, images, topos, modèles numériques de terrains, points et nuages de points, etc.

³ Pensez à visionner les images à différentes dates, car les ombres et couleurs changent et certaines expositions sont plus propices que d'autres.

etc.

Parfois les deux sont ensuite confondus dans le « système » d'un pays, ainsi le RGF93 en France actuellement.

Il est **impératif** sur la topographie de bien préciser ces références des mesures des coordonnées.

Convertir les coordonnées obtenues dans un ou l'autre des systèmes de coordonnées :

- http://eric.sibert.fr/article80.html
- http://vtopo.free.fr/convers3.htm
- <u>http://geofree.fr/gf/coordinateconv.asp</u> Convertisseur en ligne (il faut être connecté)

→ Convertir des données entre récepteurs GPS (les traces par exemple)

→ Archivage des données prises sous terre

Il est **impératif** de conserver de manière pérenne toutes les données prises sous terre (notes, mesures), c'est-à-dire les pages des carnets topos, car il est courant de reprendre des travaux des années après leur abandon. Seules les données prises sous terre peuvent permettre de lever les doutes ou de redémarrer proprement.

Il faut aussi archiver les données issues des différentes phases : calcul, dessin, etc.

En expé, on peut photographier les pages des carnets pour éviter la catastrophe que représenterait leur perte.

Comment mettre mes données au propre ? Les logiciels



Fig. Plan d'une cavité après calcul et avant dessin (cavités P 7-6-6bis-20 – réseau de la Pique, -624 – dév. topo 1524 m, Ariège, F. Guillot).

Des logiciels permettent d'exploiter les levés pour calculer la topographie et former des polygones (= topo avant dessin : en 3D, en plan, en coupe). Ces vues en 3D permettent de bien comprendre la cavité et sur ces logiciels on peut associer plusieurs cavités ou tout un massif pour observer les distances entre les cavités, les morphologies identiques, etc.

- Souvent, on importe les données depuis Auriga, Pocket Topo, Sexytopo, Qave ou Topodroid sur ces logiciels.
- On peut aussi s'en passer et passer directement d'Auriga, Pocket Topo, Sexytopo, Qave ou Topodroid au dessin.
- On peut aussi entrer les données manuellement (à partir du carnet de mesure) dans un logiciel de calcul, mais c'est source d'erreurs de saisie.

Astuces : Il est préférable d'avoir plusieurs logiciels sur le même ordinateur en expé. Car certains logiciels ne font pas ce que d'autres font. La plupart du temps les logiciels cités peuvent échanger les fichiers à l'aide d'une fonction import/export. Le format d'échange le plus courant étant celui de Visual Topo pour les logiciels français.

Pensez à choisir des logiciels en plusieurs langues pour les expés internationales.

\rightarrow Les logiciels pour Windows

- <u>Visual topo</u>: Logiciel de calcul. Simple d'utilisation dans la mesure où la saisie des données se fait exactement de la même manière qu'avec un carnet topo. Traduit en plusieurs langues. Divers outils SIG : Dessin de surface, exports pour Google Earth ou en .gpx, .shp, exports .dxf pour le dessin, etc. Importation des fichiers Pocket Topo avec prise en compte des visées radiales. Très utilisé en France et en Espagne.
- <u>DPTopo</u>: Logiciel de calcul. Exports vers Google Earth. Outil de numérisation de topo papier, outil de mise en fond de n'importe quels types de documents (carte, photos) sous les topos 2 D. Outil de dessin de surface. Divers outils de calculs statistiques, de conversion de coordonnées, de déclinaison magnétique, etc.
- <u>Therion</u> : Logiciel de calcul et de dessin. Plutôt difficile d'utilisation, mais adapté aux cavités complexes, il permet de dessiner et de réaliser des exports .shp pour les systèmes d'informations géographiques. Il est disponible dans de nombreuses langues.
- <u>Topo Calc'R</u>: Logiciel de calcul et de dessin. Permet de dessiner, importe les polygones calculés depuis Visual Topo, Auriga et Pocket Topo et permet de mettre des cartes topographiques en fond.
- <u>Cyber Topo</u>: Logiciel de calcul plutôt orienté grands réseaux composés de nombreux bouclages. Des outils sont prévus pour aider à trouver les erreurs de bouclage. Peut importer les données de squelette depuis le DistoX/PocketTopo. Surtout utilisé en Savoie.
- <u>Caverender Pro</u>: Logiciel convivial pour les ordinateurs de bureau et les tablettes Windows (compatible avec les écrans tactiles) et prend en charge l'allemand, l'anglais et le français. Il propose des représentations variées de grottes (plans, vues 3D), de nombreux outils de

dessin ainsi que des options d'exportation en SVG, PDF et KMZ. Les données de mesure provenant de différents programmes peuvent être importées et modifiées dans l'éditeur intégré. L'utilisateur est assisté par un manuel, des infobulles et un forum.

- <u>D'autres logiciels</u> sont disponibles dans d'autres langues : Compass (Américain), cSurvey (Italien et Anglais), etc.

→ Les logiciels pour Mac

- Plus mis à jour depuis 2007, <u>Toporobot</u> (limelight) ne fonctionne que sur d'anciennes versions d'OS X (antérieures à Lion 10.7) qui disposaient de Rosetta pour émuler du code PowerPC sur des architectures x86. Les exports depuis Auriga et Pocket topo se font bien, mais les exports depuis Topodroid sont problématiques.
- Therion
- Survex
- L'ensemble des logiciels pour Windows cités précédemment en utilisant un logiciel de virtualisation comme Oracle VM VirtualBox et une machine virtuelle sous Windows installée
- soit à partir d'une distribution officielle Microsoft,
- soit à partir d'une machine de test valable 90 jours sur le site de Microsoft,
- soit en téléchargeant un fichier au format iso sur le site de Microsoft (<u>Windows 10</u> ou <u>11</u>), puis en activant la version de Windows (cf. Microsoft Toolkit v2.6.2).

Une fois la machine virtuelle opérationnelle, on installe le logiciel de calcul de son choix.

Remarque : pour télécharger les données d'un DistoX sur la machine virtuelle installée, il est nécessaire de s'équiper d'un dongle Bluetooth qui sera affecté à cette machine virtuelle, car l'ordinateur Mac ne peut pas partager sa connexion Bluetooth entre ses besoins propres (souris, clavier, etc.) et ceux de la machine virtuelle. Ce dongle Bluetooth devra être appairé avec le DistoX.

La déclinaison magnétique, mais c'est quoi ?

Le nord magnétique n'est pas le nord géographique. Les azimuts donnés par le DistoX sont des angles par rapport au nord magnétique (comme les compas et boussoles). Étant donné que le nord magnétique évolue dans le temps et dans l'espace, il vaut mieux dessiner les topographies par rapport au nord géographique qui lui est fixe. La différence entre nord géographique et nord magnétique est appelée déclinaison magnétique.

Puisque le nord magnétique évolue dans le temps, sur le carnet des levés, il faut noter la date de chaque séance topo.

Si certains logiciels de calcul la définissent grâce à la date et à la localisation de votre topographie, lors de la saisie informatique, pour d'autres vous devrez parfois indiquer la déclinaison magnétique.

Pour calculer la déclinaison :

- Declimag
- En ligne (il faut être connecté)

Si on veut être parfaitement précis pour un report sur carte de la topographie, il faut aussi tenir compte de l'angle de convergence des méridiens (c'est l'angle entre le quadrillage du système de coordonnées que vous utilisez — par exemple UTM — et le nord géographique; jusqu'à plus de 1°, décale toute la topographie). Les logiciels de calcul proposent généralement une boîte de dialogue où on peut l'indiquer pour en tenir compte. <u>Convers</u> permet de le calculer.

Comment puis-je mettre au propre, dessiner et publier ma topo ?

On dessine au minimum un plan (illustré de sections) et, dans le cas des cavités verticales, on ajoute une coupe. Il faut parfois décaler les dessins en plan si les galeries sont longuement superposées.

Certains logiciels de calcul (Therion, Topo Calc'R, Caverender Pro) permettent de dessiner une topographie en plus de réaliser les calculs.

D'autres logiciels ne permettent pas le dessin. Il est alors réalisé le plus souvent sur Illustrator (payant), commercialisé par Adobe ou sur Autocad (payant) commercialisé par Autodesk ou encore avec <u>Inkscape</u> qui est libre et gratuit, mais pas très adapté ni simple pour nos usages. Pour passer du logiciel de calcul à celui de dessin, il faut exporter les données (le plan et si besoin la coupe). En général, on demande l'export au format .dxf ou au format .ps.



Fig. Topographie dessinée avec Illustrator

Les sigles de l'Union Internationale de Spéléo

Le dessin utilise des légendes pour matérialiser et schématiser des paysages, des spéléothèmes, des formes, etc.

<u>Existent des conventions</u> de l'Union Internationale de Spéléo. On peut utiliser d'autres sigles, mais il vaut mieux alors faire un cartouche de légende sur la topographie pour les expliciter.

Une topographie doit aussi comporter au moins l'indication du nord géographique, une échelle graphique, les coordonnées au moins d'un point (généralement une entrée), les auteurs, le développement topographié, etc.

Le droit d'auteur et la publication

Le droit d'auteur appartient à celui qui signe la topographie et la dessine (c'est le dessin qui est une œuvre). Mais on peut tout de même ajouter le nom des participants (aux levés et à l'exploration) sur le cartouche : c'est plus sympa s'il y a tout le monde 🙂

Les possibilités qu'ont les autres d'utiliser ou pas la topographie peuvent être indiquées sur la topographie en choisissant <u>une licence CC</u>.

On peut publier la topographie (associée à un descriptif qui complète le dessin) dans un rapport d'expédition, une monographie de massif, mais aussi des revues ou sur des sites en ligne, par exemple :

- Grottocenter
- <u>Karsteau</u>
- Spelunca, revue de la FFS
- Spéléo Mag

Non diffusée, une topographie n'a aucune existence et l'exploration non plus.

Banque(s) de données de dessins vectoriels pour la topographie spéléo

*Pour illustrator

- Des légendes d'Éric Sibert,
- Des planches libres de droit sous CS6.

*Pour AutoCAD

- http://clan.des.tritons.free.fr/blog/?p=1933

Indiquer la précision

Une échelle pour indiquer sur une topographie la précision du levé

Le géoréférencement des topos



Il est intéressant de positionner les topographies obtenues sur une carte ou une photo aérienne.

Les SIG permettent de le faire sur un grand nombre de couches, cartes, photos

satellites, cadastre, etc.

La plupart des logiciels de calcul topographique proposent d'exporter les polygones ou les dessins géoréférencés. Existent de nombreux formats de géoréférencement, et il faut en premier savoir ce dont vous avez besoin, par exemple :

Pour Google Earth, Google Maps (et Géoportail en France) : un format .kml ou .kmz

Pour vos récepteurs GPS et logiciels associés : le plus souvent un format .gpx

Pour QGIS : .shp ou .kml/.kmz (et .geotif), etc. Un format vectoriel produit depuis le logiciel dessin illustrator peut aussi être géoréférencé à partir de coordonnées connues sur le dessin. Il existe aussi un petit logiciel développé par des spéléos : <u>Karto</u>.

On peut aussi géoréférencer une image grâce à des logiciels de SIG. On peut mettre la topographie sur des cartes, des MNT (modèle numérique de terrain), le LIDAR HD de l'IGN, etc. Le logiciel libre <u>QGIS</u> pour PC, MAC et Linux est largement utilisé.

Il est aussi possible d'utiliser le logiciel de son récepteur GPS, mais l'opération est plus longue et difficile à partager (formats).

Exemples de déroulés avec deux méthodes



Je rédige un descriptif et je publie.

J'AI UN DISTOX, UN APPAREIL ÉLECTRONIQUE, UN CARNET ET UN ORDINATEUR



Pour aller plus loin

<u>Les erreurs</u> <u>Les logiciels</u> <u>La boîte à outils de Souterweb</u> <u>Des légendes pour les cavités artificielles</u> <u>Des légendes pour la surface karstique</u> <u>Un site sympa</u>

Des livres :

George R. Dasher, *On station. A complete handbook for surveying and mapping caves,* éd. National Speleological Society, 1997.

Anthony J. Day, « Cave surveying », Bulletin de BCRA Cave studies, novembre 2000.

John Ganter, A guide cave mapping, éd. National Speleological Society, 2000.

Yvan Grossenbacher, *Cours SSS n° 4. Manuel technique de topographie souterraine, y compris Toporobot*, éd. Société Suisse de Spéléologie, 1991, reprint 2011.

Vous en trouverez d'autres 😉