



**Commission Relations et
Expéditions Internationales**

> L'ESSENTIEL DE LA TOPOGRAPHIE SOUTERRAINE

Auteur·e·s : Frédéric Bonacossa, Charles Ghommidh, Florence Guillot (coord.), Denis Langlois, David Pujol, Dominique Ros-Souterweb, en collaboration avec Christophe Bès, Laurent Blum, Jean Bottazzi, Michel Demierre, Christophe Duverneuil, Éric Sibert.



Fédération Française
de Spéléologie

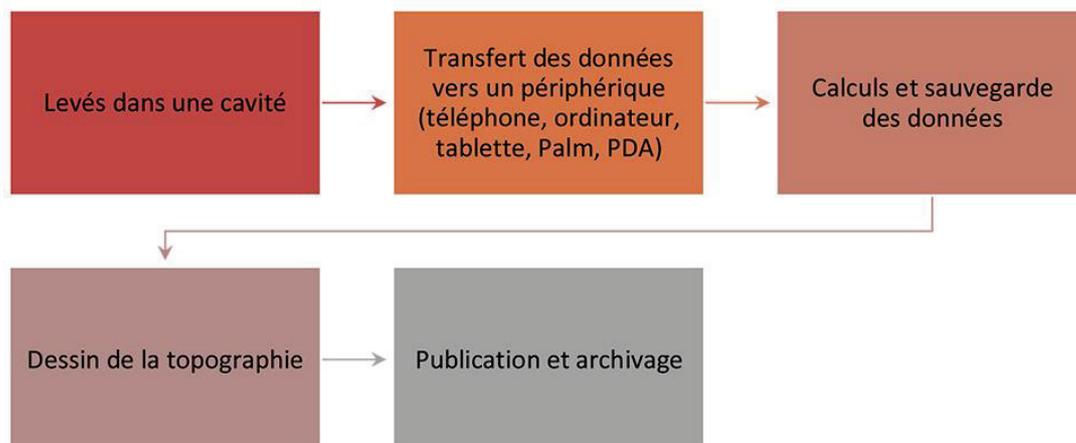
La Topo Kesako ?

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 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



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

Le matos qu'il me faut

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

→ **Manuels d'utilisation complets du DistoX :**

<http://paperless.bheeb.ch/download.html>

→ **Acheter le lasermètre Leica X310**

Le lasermètre étant un instrument de mesure très précis. Il est recommandé de l'acheter neuf, pour ne pas avoir de soucis.

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 DistoX** <http://paperless.bheeb.ch/>

Lien de commande direct: https://www.paypal.com/cgi-bin/webscr?cmd=_s-xclick&hosted_button_id=327951, si le lien fonctionne c'est que les cartes sont disponibles.

→ **Acheter la batterie du DistoX** (LiPo a-magnétique "nm053040")

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

→ **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) :

<http://doczz.fr/doc/1877176/disto-x2---manuel-de-montage-v5.docx>

Des conseils pour le montage : <https://www.youtube.com/watch?v=Px9LX-h9tPg>

<http://souterweb.free.fr/boitaoutils/topographie/pages/disto.htm>

Astuces :

*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).

*Il arrive que le responsable de la librairie Suisse spéléo vende des DistoX tous montés (ils sont souvent présents aux congrès français). Le contacter directement: <mailto:patrick@ssslib.ch>

→ **Étalonner le DistoX**

https://paperless.bheeb.ch/download/DistoX2_ProtocoleDEtalonnage.pdf

Un exemple d'étalonnage : <https://www.youtube.com/watch?v=A7fQdz4pPtE>

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). 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 ?**

*Un préservatif ? <https://www.youtube.com/watch?v=nlbfZOuRhPk>

*Une boîte clip close ?

*Projet avec imprimante 3D: <https://www.facebook.com/DistoX2Case/>

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



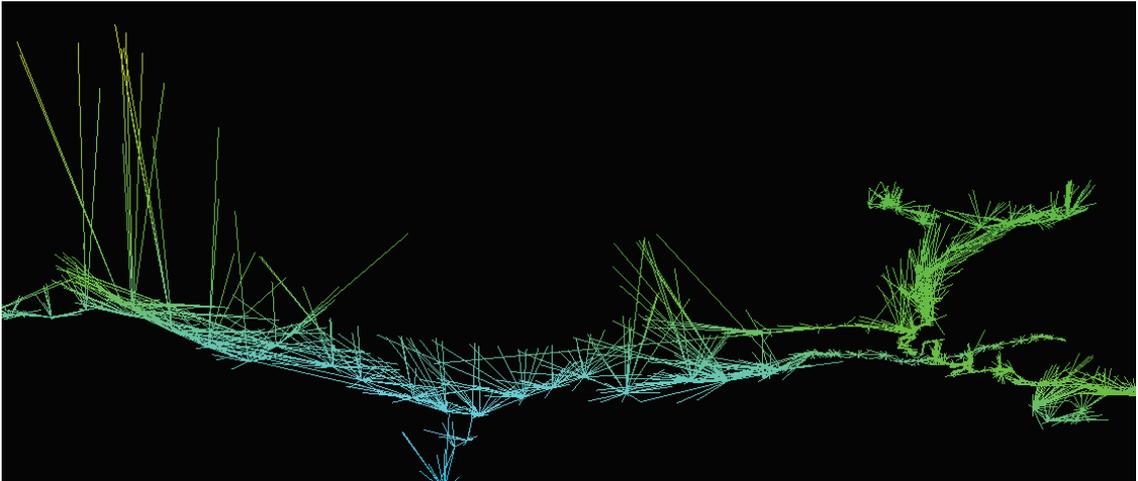
→ **Utiliser le DistoX**

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

Attention, notamment dans les passages étroits, à tenir le DistoX loin de perturbateurs magnétiques: éclairages électroniques, mousquetons acier, etc. Les visées courtes décrivent mieux la cavité.

On réalise les mesures dans cet ordre :

1. Au minimum, une mesure à gauche du point, une à droite, une en haut, une en dessous. Pour dessiner et avoir un rendu 3D plus fin, des mesures de largeurs et hauteurs en plus peuvent être effectuées. 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. Dans les puits, pour donner du volume à la 3D, il est faut prendre des largeurs supplémentaires, sinon votre puits sera écrasé (bissectrices par rapport à la pente). Idem pour les grandes salles: beaucoup de mesures permettront de mieux rendre compte du volume.



Exemple de mesures vues en coupe. Laurent Blum

2. Ensuite, comme expliqué plus haut, 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.

***La précision des levés**

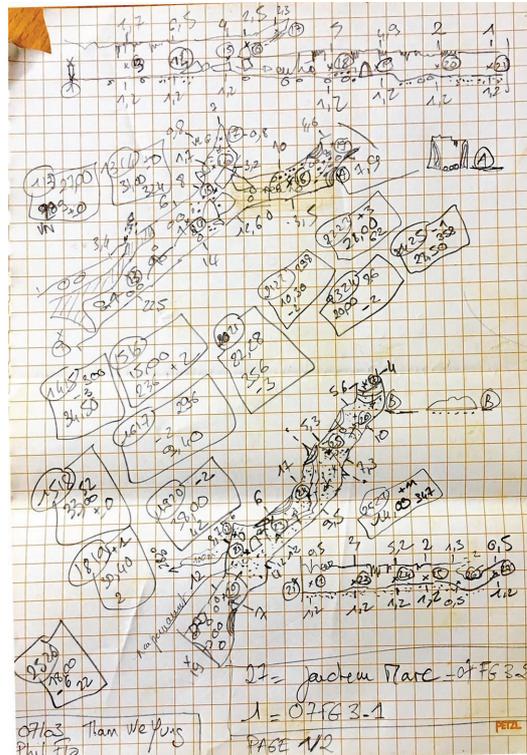
https://crei.ffspeleo.fr/Telechargement/precision_topo.pdf

***Les manip sur le Disto**

https://crei.ffspeleo.fr/Telechargement/memo_disto_x2.pdf

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

* Sans tableau :



Exemple de notes de carnet sans tableau. Flo Guillot.

→ Dessiner et noter sur carnet électronique

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

3 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 reconnaisse les mesures d'habillage de celles du cheminement.

<http://paperless.bheeb.ch/PocketTopo13.html>

Des conseils sur Pocket Topo :

https://crei.ffspeleo.fr/Telechargement/pockettopo_avec_distox.pdf

Guide en anglais :

https://bec-cave.org.uk/index.php?option=com_content&view=article&id=1209:pocket-topo-installation-instructions&catid=69&Itemid=591&lang=en

Aide pour l'installation des pré-requis:

http://cdo06.free.fr/Textes/Technique/DistoX2_WindowsMobileCEet.NETCompactFramework2.0prerequisInstallationActiveSync.pdf

- **Auriga** pour les Palm : <http://auriga.top/>

- **Topodroid** pour les téléphones Android ou les tablettes. Exporte et importe de très nombreux formats.

<https://sites.google.com/site/speleoapps/home/topodroid>

Une traduction française de la doc est disponible ici :

<http://souterweb.free.fr/boitaoutils/topographie/pages/topodroid.htm>

Des conseils pour Topodroid : *Mettre en téléchargement*

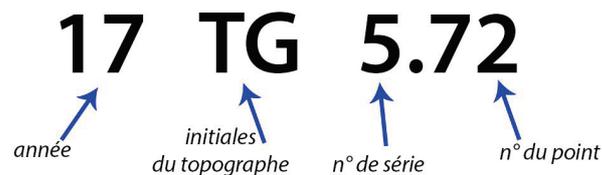
<http://souterweb.free.fr/topographie/genese/Topographie-Speleo-TopoDroid-2016.pdf>

→ **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, plexiglas avec marqueur permanent et fixation collier plastique, etc.



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 GPS (appareil ou sur smartphone) pour localiser les entrées.

Il existe une multitude de formats de coordonnées. Même si l'utilisation des coordonnées locales peut s'avérer nécessaire dans les pays dotés d'anciennes cartes, il faut noter les coordonnées sous forme UTM/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, etc.

Souvent 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 les références des mesures GPS.

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

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

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

<https://www.gpsbabel.org/download.html>

→ 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 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

Des logiciels permettent d'exploiter les levés pour calculer la topographie et former des polygones (= topo avant dessin : en 3D, en plan, en coupe).

- Souvent, on importe les données depuis Auriga, Pocket Topo ou Topodroid sur ces logiciels.
- On peut aussi s'en passer et passer directement d'Auriga, Pocket Topo 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.



Plan d'une cavité après calcul et avant dessin (P 7, -624, Ariège, Flo Guillot)

→ Les logiciels pour Windows

- **Visual topo** : <http://vtopo.free.fr> 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. Importation des fichiers Pocket Topo avec prise en compte des visées radiales. Très utilisé en France et en Espagne.

- **DPTopo** : <http://www.speleologie.free.fr/DPTopo/dptopo.htm> Logiciel de calcul. Exports vers Google Earth. Outil de numérisation de topo papier, outil de mise en fond de n'importe quels types de document (carte, photos) sous les topos 2D. Outil de dessin de surface. Divers outils de calculs statistiques, de conversion de coordonnées, de déclinaison magnétique, etc.
- **Therion** : <https://therion.speleo.sk/index.php> : Logiciel de calcul et de dessin. Plutôt difficile d'utilisation, mais adaptée 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.
- **Topo Calc'R** : <http://topocalcaire.free.fr/> Permet de dessiner, importe les polygones calculés depuis Visual Topo, Auriga et Pocket Topo et permet de mettre des cartes topographiques en fond.
- **Cyber Topo** : <http://eric.sibert.fr/article19.html> 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.
- D'autres logiciels sont disponibles dans d'autres langues : Compass (Américain), cSurvey (Italien et Anglais), Caverender (Allemand), etc. <http://souterweb.free.fr/logiciels.htm>

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.

→ Les logiciels pour Mac

- Plus mis à jour depuis 2007, **Toporobot** (limelight) ne fonctionne que sur d'anciennes versions d'OS X (antérieures à Lion - 10.7) qui disposait 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.
<http://www.ogh.ch/news/toporobot-limelight-x-download>
- **Therion** <https://therion.speleo.sk/index.php>
- **Survex** <https://survex.com/>
- L'ensemble des logiciels pour Windows cités précédemment en utilisant un logiciel de virtualisation comme **Oracle VM VirtualBox** (<https://www.virtualbox.org/>) et une machine virtuelle sous Windows installée
 - soit à partir d'une distribution officielle Microsoft (CD-rom, ...)
 - soit à partir d'une machine de test valable 90 jours sur le site de Microsoft (<https://developer.microsoft.com/en-us/microsoft-edge/tools/vms/>)
 - soit en téléchargeant une iso sur le site de Microsoft (<https://www.microsoft.com/fr-fr/software-download/windows10ISO>) 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 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 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.

Lors de la saisie informatique, vous devez indiquer la déclinaison magnétique à votre logiciel de calcul (sauf pour Thérion et GH Topo qui la calculent automatiquement à partir des coordonnées et de la date).

Pour calculer la déclinaison :

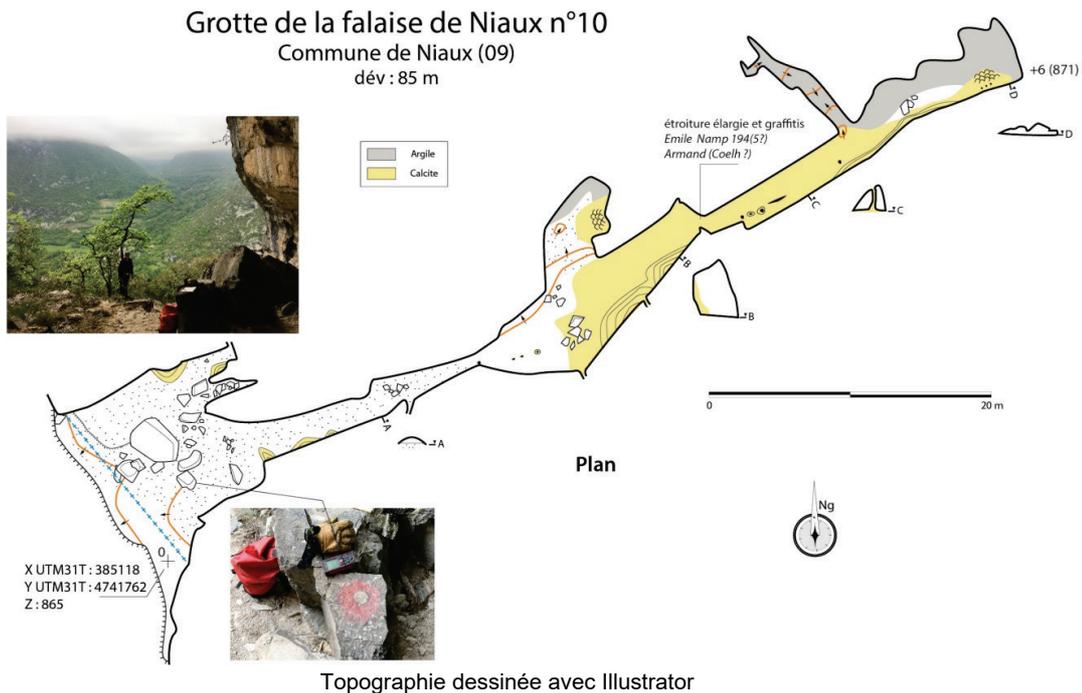
- **Declimag** <http://vtopo.free.fr/declimag.htm>
- **En ligne**, il faut donc être connecté : <http://www.geomag.nrcan.gc.ca/calc/mdcal-fr.php>

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

On dessine au minimum un plan (agrémenté de sections) et, dans le cas des cavités verticales, on ajoute une coupe.

Certains logiciels de calcul (Therion, Topo Calc'R, Caverender) 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 Inkscape qui est libre et gratuit <https://inkscape.org/fr/>. 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.



→ Les sigles de l'Union Internationale de Spéléo

Le dessin utilise des [légendes](#) pour matérialiser des paysages, spéléothèmes, formes, etc.

http://www.carto.net/neumann/caving/cave-symbols/cave_symbol.php?languageSelection=french

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, une échelle graphique, les coordonnées au moins d'un point (généralement une entrée), les auteurs, 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) : https://fr.wikipedia.org/wiki/Droit_d%27auteur_en_France

Les possibilités qu'ont les autres d'utiliser ou pas la topographie peuvent être indiquées sur la topographie en choisissant [une licence CC](#).

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

- **GrottoCenter** <https://www.grottocenter.org/>
- **Spelunca**, revue de la FFS : <https://ffspeleo.fr/spelunca-59.html>
- **Spéléo Mag** : <http://www.speleomag.com/>

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

- <http://eric.sibert.fr/article29.html>
- http://www.ssslib.ch/new_site/main.php?acc=./page/topo_de.htm&

*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 :

<http://bcra.org.uk/surveying/>

→ Le géoréférencement des topos

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

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

Pour Google Earth : un format .kml ou .kmz

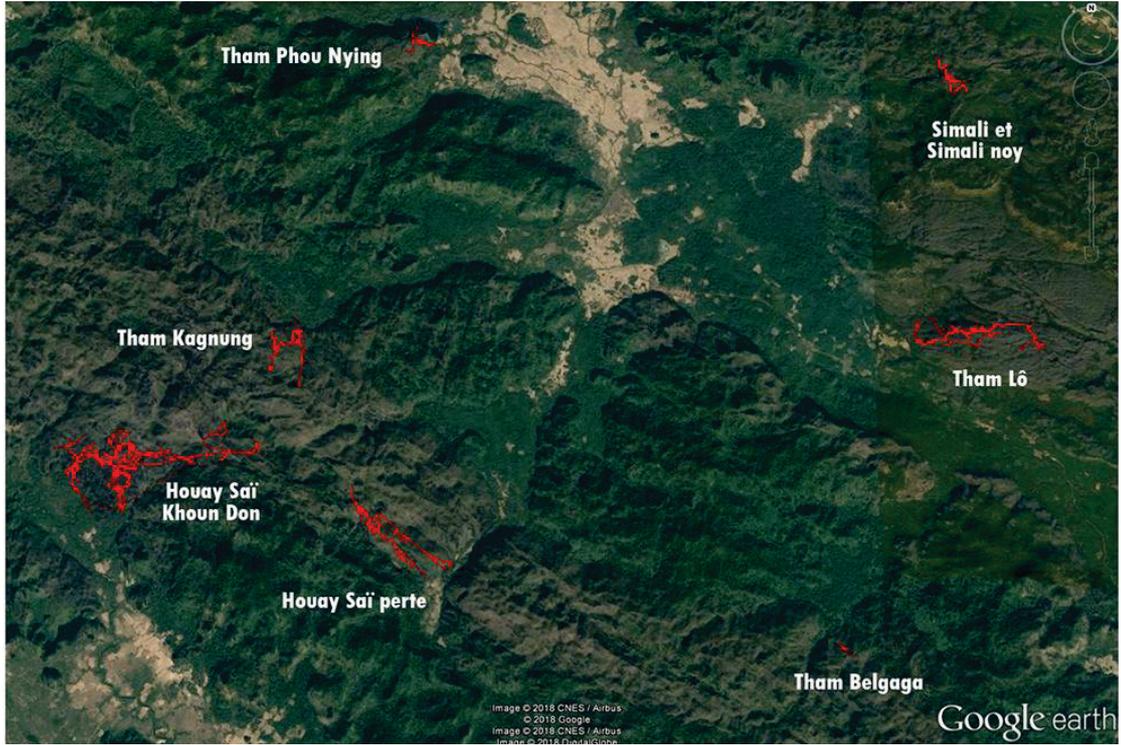
Pour vos GPS et logiciel GPS : le plus souvent un format .gpx

Il existe un petit logiciel développé par des spéléos : <http://karto.free.fr/>

On peut aussi géoréférencer une image grâce à des logiciels de SIG (Système d'Information Géographique). On peut mettre la topographie sur des cartes, des MNT, etc. Ainsi, le logiciel libre QGIS (<https://www.qgis.org/fr/site/>) pour PC, MAC et Linux est largement utilisé.

Astuce: Un module qui permet d'importer directement une topo au format TopoRobot dans QGIS : <https://plugins.qgis.org/plugins/ToporobotImporter/>

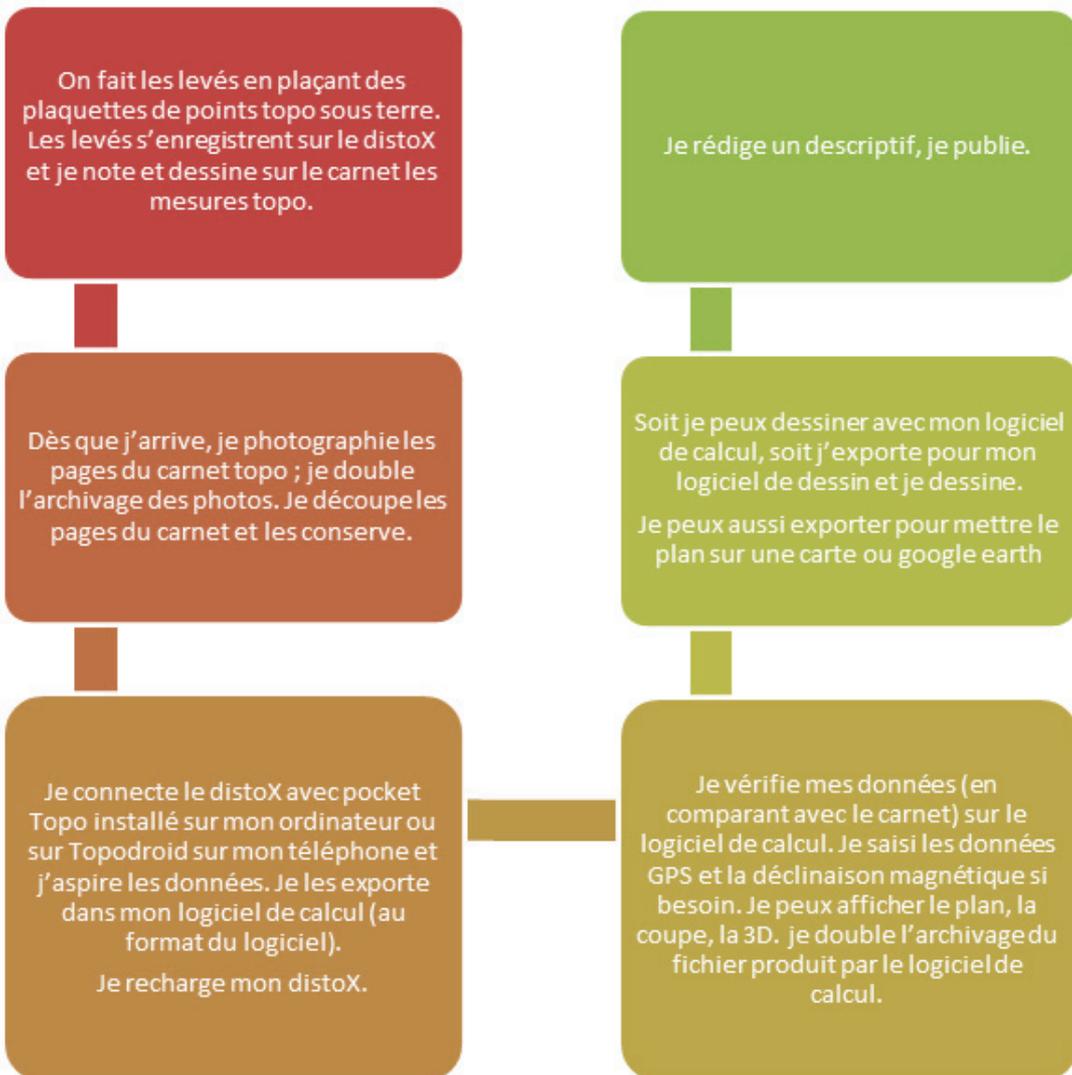
Il est aussi possible d'utiliser le logiciel de son GPS, mais l'opération est plus longue et difficile à partager (formats).



Polygones de cavités sur Google Earth

Exemples de déroulés avec deux méthodes

J'AI UN DISTOX, UN CARNET ET UN ORDINATEUR



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

