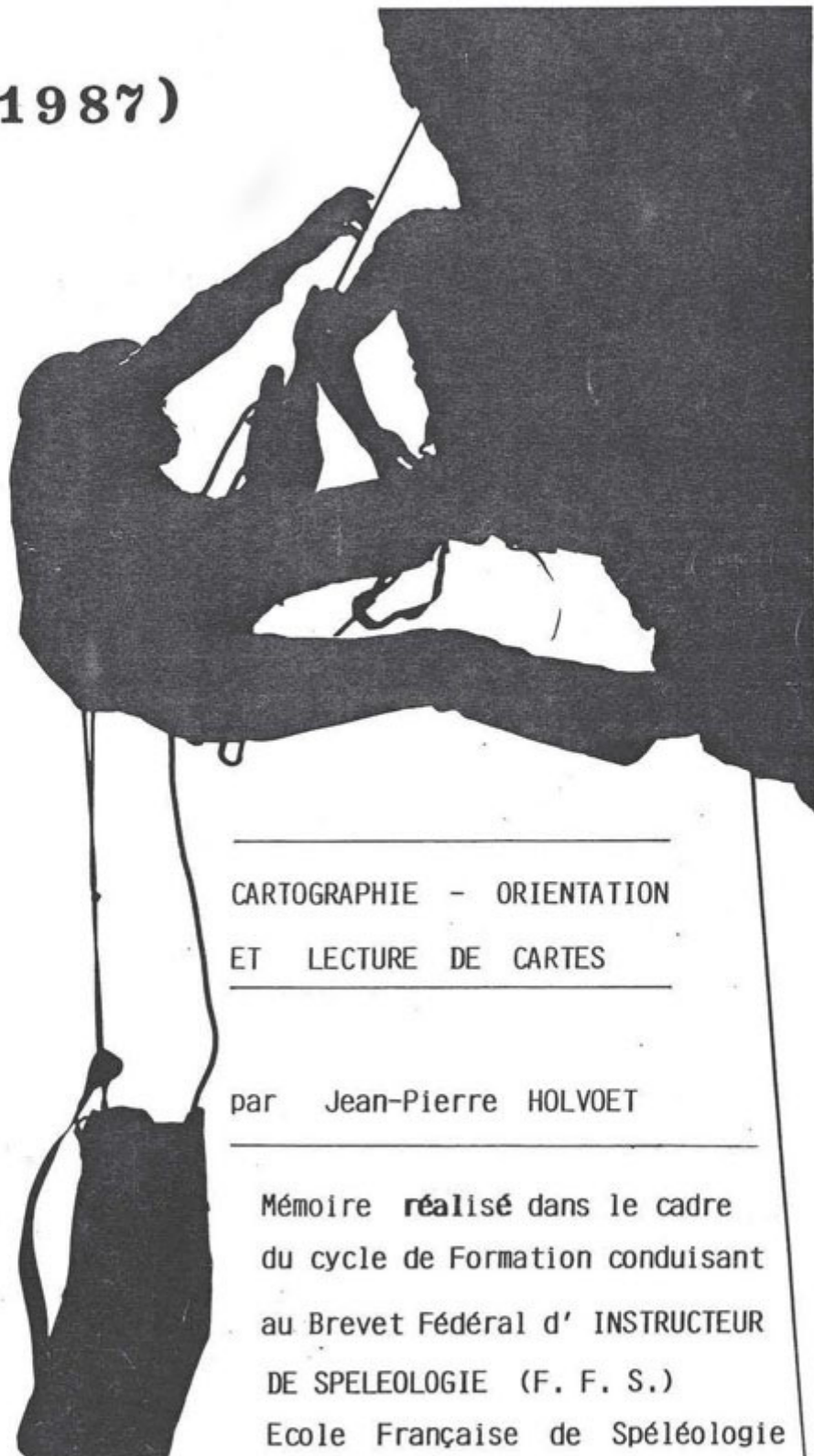


LES CAHIERS DE L'E.F.S.

N° 2 (1987)



CARTOGRAPHIE - ORIENTATION
ET LECTURE DE CARTES

par Jean-Pierre HOLVOET

Mémoire réalisé dans le cadre
du cycle de Formation conduisant
au Brevet Fédéral d' INSTRUCTEUR
DE SPELEOLOGIE (F. F. S.)
Ecole Française de Spéléologie





Ecole Française de Spéléologie

COMMISSION D'ENSEIGNEMENT
DE LA FÉDÉRATION FRANÇAISE DE SPÉLÉOLOGIE

cartographie orientation étude de cartes



mémoire d'instructeur février 1986

J-P HOLVOET

INTRODUCTION

Le travail qui va suivre n'a pas pour objectif de donner une formation complète en cartographie, ce dont je serais bien incapable, mais d'apporter aux spéléologues dont l'objectif premier est l'EXPLORATION, les éléments essentiels pour savoir utiliser au mieux une documentation cartographique.

Pour un spéléologue, l'étude de cartes qu'elles soient géographiques, topographiques, géomorphologiques et géologiques doit lui fournir de précieux renseignements tant pour la connaissance d'un massif ou d'une zone karstique donnée, que pour le repérage des cavités et son orientation sur le terrain.

Ceci implique évidemment de connaître les principes de base qui sous-tendent l'utilisation de la carte, c'est-à-dire les mécanismes qui président à son élaboration, le risque étant moins de rechercher des informations qu'une carte ne peut fournir que de passer à côté d'une quantité d'autres qu'on ne saurait décoder.

Enfin pour le spéléologue, des connaissances en cartographie lui permettront d'aborder dans les meilleures conditions la TOPOGRAPHIE des cavités qu'il explorera et qui reste jusqu'à nouvel ordre le meilleur compte-rendu d'exploration qui soit.

Ce travail étant également destiné à s'insérer dans le manuel initiateur, il convient de rappeler ici ce que doivent être les connaissances essentielles d'un initiateur en matière de lecture de cartes et d'orientation, étant bien entendu que mon propos ira parfois au delà de ces connaissances.

NIVEAU REQUIS POUR L'INITIATEUR :

En cartographie, l'initiateur doit normalement connaître les différents types de carte :

- carte topographiques
- cartes thématiques : routières, géologiques, morphologiques, hydro-géologiques etc...

Il doit savoir lire et utiliser la carte topographique, savoir utiliser la légende en cartouche pour lecture, connaître la définition des trois nord : géographique, magnétique et Lambert.

Il doit également savoir définir les coordonnées Lambert d'un point, inversement savoir reporter ces coordonnées pour situer un point. Enfin il doit savoir orienter une carte, se servir d'une boussole et d'un altimètre.

PLAN DE L'OUVRAGE

1 DEFINITIONS D'UNE CARTE

- Représentation réduite. Notion d'échelle
- Simplification et symbolisation
- Image géométriquement exacte
- Image plane du terrain.

2 FABRICATION DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE

- Les opérations géodésiques
- La photogrammétrie et la topographie
- La rédaction cartographique

3 LES DIFFERENTS TYPES DE CARTE

- | | |
|--------------------------|---|
| - La carte topographique | carte d'état-major
de type 1922
de type 1972 |
| - Les cartes thématiques | cartes géologiques
cartes géomorphologiques
cartes hydrogéologiques |

4 UTILISATION DE LA CARTE - CONSEILS PRATIQUES

- Mesures des distances
- Courbe de niveau - Usage de l'altimètre
- Les directions
- La marche à la boussole
- Pointage d'une cavité
- Réaliser un profil et une coupe géologique

5 LA PHOTO AERIENNE ET SON UTILISATION

6 ENSEIGNER L'ORIENTATION ET L'ETUDE DES CARTES

7 BIBLIOGRAPHIE

DEFINITION D'UNE CARTE

QU'EST-CE QU'UNE CARTE ?

La carte est une représentation réduite, simplifiée, conventionnelle ou symbolique, géométriquement exacte et plane de la surface terrestre.

REPRESENTATION REDUITE - NOTIONS D'ECHELLE

Toutes les cartes sont des réductions plus ou moins importantes d'une portion de la surface terrestre.

Le rapport de réduction est l'ECHELLE de la carte.

En d'autres termes, l'échelle est le rapport de la distance mesurée sur la carte à la distance mesurée sur le terrain. Elle est toujours exprimée avec un numérateur 1. Exemples ; 1/25 000 ou 1/1 000 000.

Lorsque la réduction est importante, c'est à dire lorsque une surface donnée du terrain est représentée par une grande surface de la carte, on dit que l'on a une PETITE échelle. Dans ce cas les détails disparaissent.

Lorsque la réduction est faible, c'est à dire lorsqu'une surface donnée du terrain est représentée par une grande surface de la carte, on dit que l'on a une GRANDE échelle. Les détails sont ici nombreux.

L'I.G.N. (Institut Géographique National) propose la classification suivante : Cartes à grande échelle : 1/5 000 , 1/10 000 , 1/20 000.

Elles sont définies par la représentation en "vraie grandeur" des objets en fonction de la réduction de ceux-ci par rapport au terrain.

Ces cartes sont loin de couvrir tout le territoire national.

Cartes à moyenne échelle : 1/ 25 000 et 1/ 50 000 .

Ce sont des cartes de base, c'est à dire celles qui s'appuient directement sur les levés géodésiques et topographiques et qui couvrent toute la France.

La représentation en vraie grandeur cède largement le pas aux symboles et signes conventionnels.

Cartes à petite échelle : 1/100 000, 1/250 000, 1/500 000, 1/1 000 000

Le degré de généralisation y devient très important et les symboles y sont prépondérants.

Echelle	1/ 1000000	1/ 500000	1/ 250000	1/ 100000	1/ 50000	1/ 25000
Nombre de feuilles	1	7	16	75	1100	2200

Nombre de feuilles pour représenter la France en fonction de l'échelle.

SIMPLIFICATION ET SYMBOLISATION

Le simple fait de la réduction pose des problèmes techniques pour la représentation de tous les éléments, et contraint le cartographe à sélectionner les informations à partir des photos aériennes.

En effet, les éléments naturels et artificiels du terrain sont si divers et parfois si petits qu'une simple réduction aurait pour effet d'en faire disparaître certains et rendrait difficile l'identification des autres.

En fonction de l'échelle de la carte, certains éléments sont dessinés à leur dimension réduite, d'autres par contre sont amplifiés. Cette mise en évidence par grossissement fait appel à des SYMBOLES qui ne respectent ni l'échelle ni la forme. Exemples : les routes, les points caractéristiques de repère dans le paysage.

La nécessité de rendre les détails lisibles implique donc que, plus l'échelle est petite, plus il faut éliminer de détails secondaires pour ne faire figurer que les éléments essentiels.

IMAGE GEOMETRIQUEMENT EXACTE

Les cartes topographiques modernes utilisent une relation mathématique pour lier les positions respectives des éléments sur le terrain et leurs images sur le papier. Cette relation mathématique a pour propriété essentielle de conserver les angles et d'altérer les longueurs et les surfaces.

On considérera ces altérations comme insignifiantes pour ce qui nous concerne car elles sont inférieures au jeu du papier et à la précision des mesures graphiques. On peut donc dans la pratique considérer la carte comme géométriquement exacte.

IMAGE PLANE DU TERRAIN

Comme nous l'avons vu précédemment, la représentation en plan d'une sphère ou portion de sphère provoque des altérations, même si localement celles-ci restent minimales.

Or la terre n'est ni sphérique ni ellipsoïdale puisque sa surface est bosselée par les reliefs plus ou moins importants.

Ces reliefs, par rapport aux dimensions de la planète, sont très faibles ; que sont en effet les quelques 8 000 m de l'Himalaya comparés aux 6 400 Km du rayon polaire. Par contre, ils sont très importants par rapport aux détails du paysage et à nous-mêmes. Ils doivent donc être représentés.

Pour ce faire, le cartographe utilise des lignes fictives que sont les courbes de niveau ou lignes d'égale altitude.

Ces lignes définissent géométriquement le relief et permettent à l'utilisateur de repérer sur la carte la troisième coordonnées géodésique fondamentale que constitue l'ALTITUDE (ou coordonnées en Z).

FABRICATION DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE

Chronologiquement, nous distinguerons trois phases successives pour l'élaboration de la carte topographique :

- Les opérations géodésiques
- La photogrammétrie couplée à la topographie
- La rédaction cartographique finale.

LES OPERATIONS GEODESIQUES

Pour représenter en plan la surface terrestre, il est nécessaire d'une part de construire un canevas de base permettant de situer avec précision chaque point du globe et, d'autre part, de choisir un système de projection qui fera correspondre, grâce à une relation mathématique, aux coordonnées d'un point des coordonnées cartésiennes X et Y.

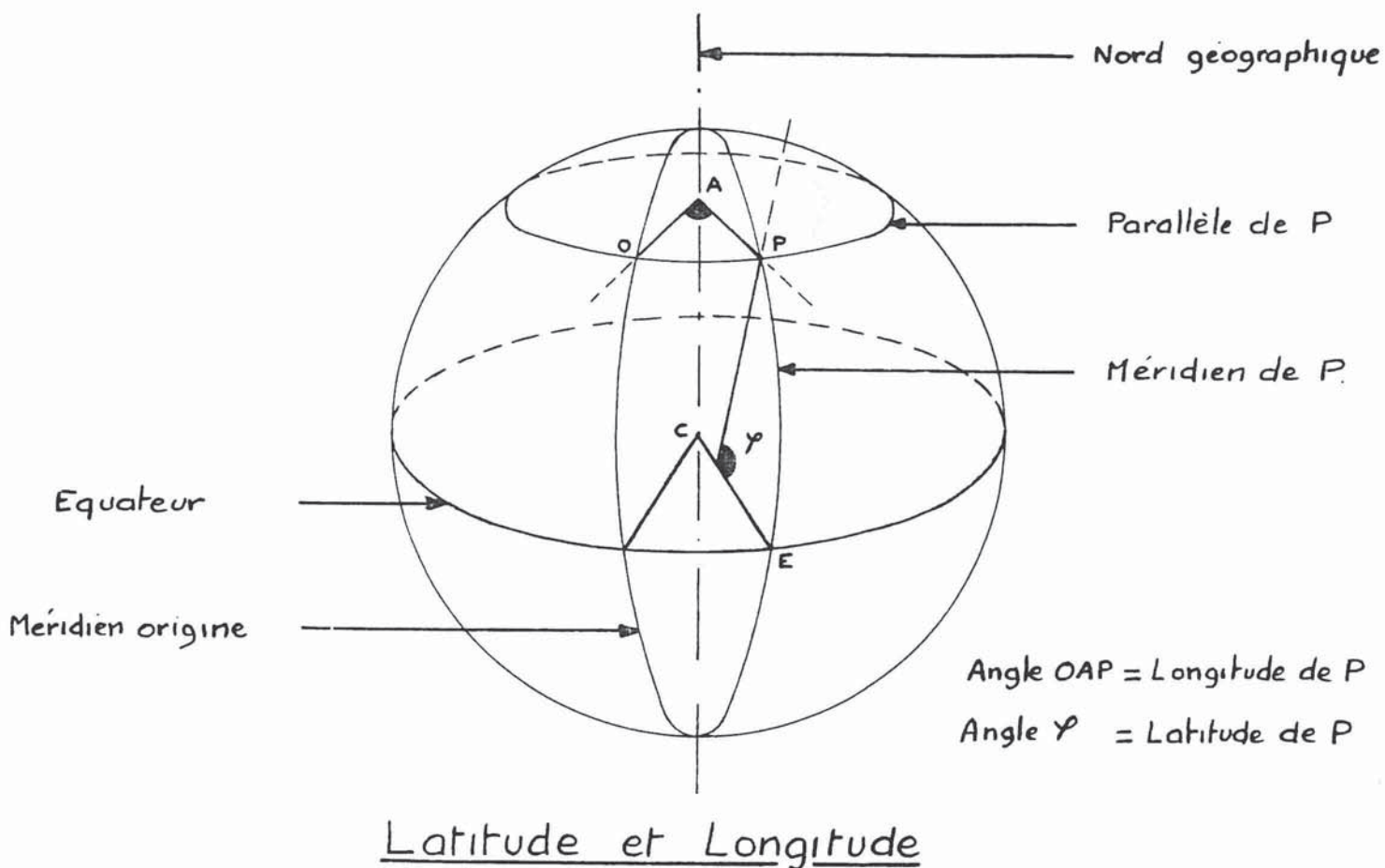
- Construction du canevas de base et choix de la projection

La surface terrestre de référence a sensiblement la forme d'un ellipsoïde de révolution tournant sur lui-même autour d'un axe passant par son centre et coupant sa surface en deux points appelés pôles.

Les plans contenant cet axe coupent la surface terrestre suivant des ellipses appelées MERIDIENS. Les plans perpendiculaires à cet axe la coupent suivant des circonférences appelées PARALLELES.

L'EQUATEUR est le parallèle dont le plan passe par le centre de la terre.

Le réseau des méridiens et des parallèles constitue le canevas de base auquel on se référera pour mettre en place les différents éléments de la représentation cartographique.

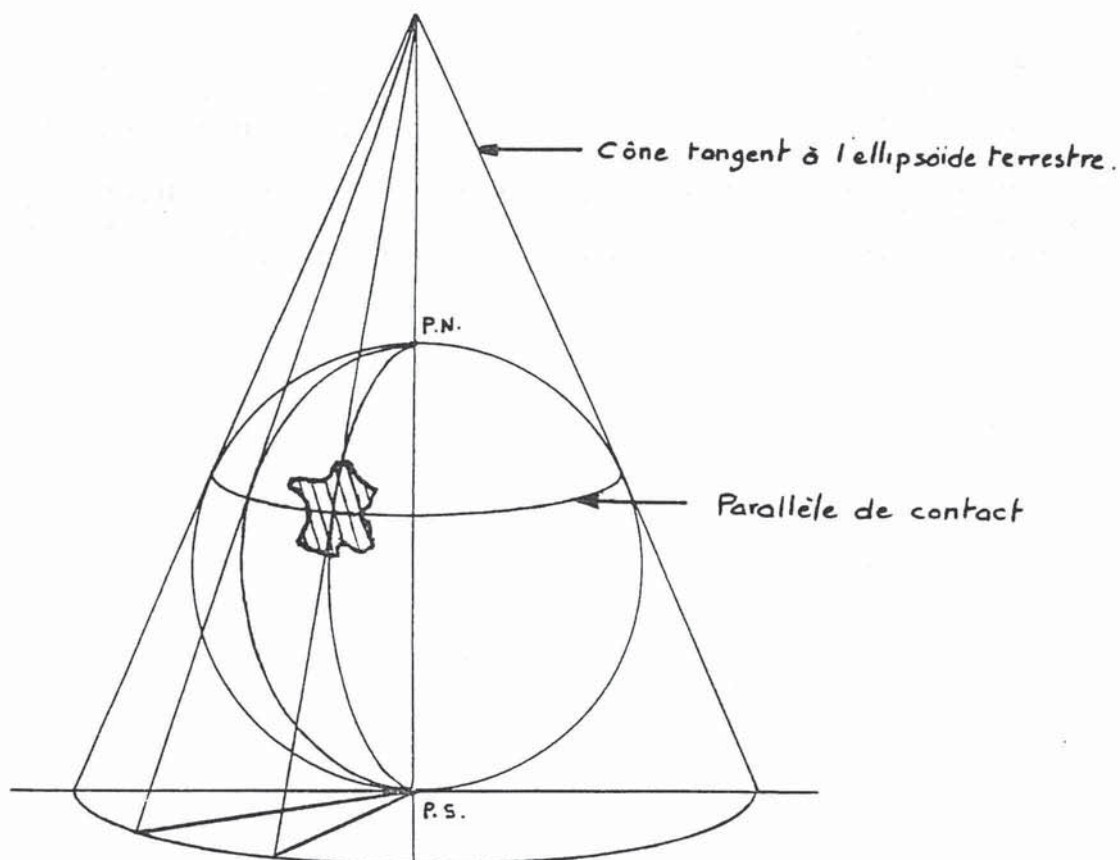


Notons encore que chaque parallèle se définit par une LATITUDE : c'est la valeur de l'angle formé par le plan de l'équateur et par la normale à l'ellipsoïde passant par ce parallèle. Elle est exprimée en Degrés ou en Grades et va en augmentant vers les pôles jusqu'à 90° ou 100 grades.

Quant aux méridiens, ils se définissent par leur LONGITUDE : valeur de l'angle formé par le plan d'un méridien considéré et par le plan d'un méridien pris pour origine. Elle se compte de 0 à 180° ou de 0 à 200 grades vers l'Est ou vers l'Ouest à partir du méridien origine, (Méridien de Greenwich).

Tout point de la surface terrestre est ainsi situé à l'intersection d'un méridien et d'un parallèle et défini par la longitude de l'un et la latitude de l'autre. Ce sont ses coordonnées géographiques.

La transformation du réseau géographique des méridiens et des parallèles en canevas géographique sur un plan se réalise grâce à un système de représentation plane appelé système de projection qui n'est autre qu'une relation mathématique faisant correspondre pour chaque point de la terre à ses coordonnées géographiques des coordonnées cartésiennes X et Y.



L'I.G.N. a adopté LA PROJECTION LAMBERT.

C'est un système de coordonnées sans unité obtenu par projection sur un cône tangent à la sphère terrestre selon un parallèle appelé parallèle de contact. Le cône est ensuite fendu et déroulé à plat. Sur le plan obtenu, les méridiens constituent un éventail de droites rayonnantes et les parallèles des arcs de cercles concentriques qui coupent à angle droit les méridiens.

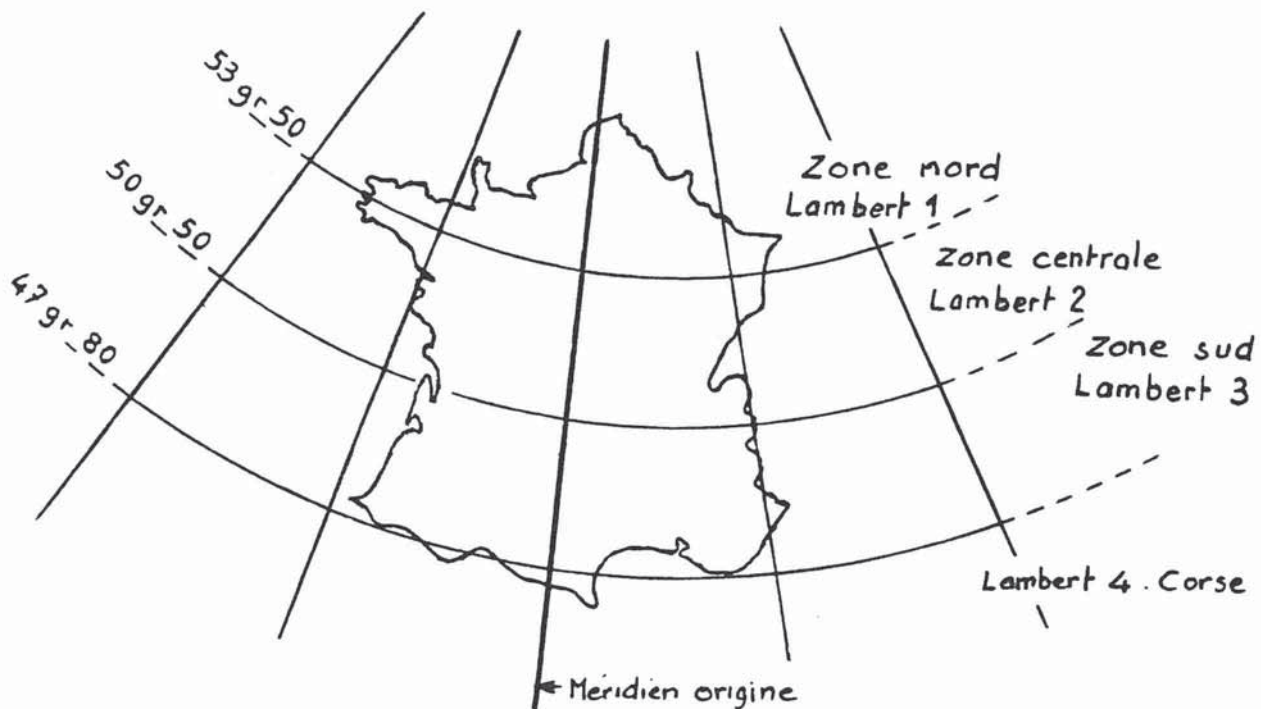
C'est une projection CONFORME, c'est à dire que tous les rapports d'angle existant sur le globe sont conservés sur le canevas. Les formes des objets sont généralement conservées, par contre les rapports de surface ne le sont pas.

Pour pallier les déformations et les réduire, la France a été découpée en trois zones Lambert (Nord, Central et Sud) correspondant à trois cônes de projection légèrement différents. La Corse pour sa part s'est vue attribuer une zone spéciale, la zone Lambert IV, au sud du parallèle 47° 80'.

L'origine du quadrillage Lambert est située au Sud-Ouest de la France et au niveau de la mer.

Les coordonnées Y croissent donc du Sud au Nord, et les coordonnées X d'Ouest en Est.

Projection conique conforme de Lambert



Le canevas de la projection Lambert

- Les opérations géodésiques proprement dites.

Une fois réalisé le canevas de projection, il faut mettre en place une série de points géodésiques sur lesquels s'appuiera la future carte. C'est le réseau géodésique de base.

La mise en place des points consiste en la détermination planimétrique de leurs coordonnées en X et Y . Celle-ci s'effectue par deux méthodes combinées : la triangulation et la polygonation.

La triangulation consiste à couvrir le territoire d'un réseau hiérarchisé de triangles, accolés les uns aux autres, dont les sommets sont référencés par rapport à l'ellipsoïde et dont les coordonnées sont déterminées par des observations astronomiques de haute précision. On distingue ainsi trois réseaux de triangles représentant quelques 100 000 points dont la précision relative est de quelques centimètres.

Dans l'intervalle de la triangulation et notamment dans certaines zones comme les fonds de vallée par exemple, on détermine les points par polygona-tion, c'est-à-dire que l'on mesure sur chaque polygone l'angle entre deux côtés consécutifs et la longueur de ces côtés. Ensuite c'est l'ordinateur qui se charge du calcul des coordonnées des points en se référant au canevas de la projection Lambert.

Le nivellement

Le réseau géodésique de base réalisé, il faut ensuite déterminer l'altitude de chacun d'eux ou coordonnées en Z.

Le nivellement est l'ensemble des techniques permettant cette détermination. Les altitudes se définissent par rapport à un niveau zéro correspondant au niveau moyen de la mer supposée au repos. En France, le zéro est donné par un marégraphe à enregistrement continu implanté de façon permanente à Marseille. C'est la référence fondamentale du nivellement général de la France (N.G.F.).

L'ensemble de ces opérations a permis de bâtir le squelette de la carte topographique, on peut donc passer à la phase suivante qui est :

LA PHOTOGRAMMETRIE ET LA TOPOGRAPHIE

Cette phase se compose de trois périodes successives distinctes

- La prise de vues aériennes.

Grâce à l'essor de la topographie aérienne, c'est maintenant à partir des photos aériennes que se réalise l'essentiel des levés topographiques.

L'avion effectue des va et vient au-dessus de la zone à topographier, de manière à obtenir des bandes de vues parallèles se recoupant l'une l'autre de 15% environ. Quant aux photos successives d'une même bande, elles se recouvrent d'environ 60%, ce qui est la condition nécessaire à la vision en relief.

- La restitution photogrammétrique.

A cause du phénomène de parallaxe, la photo aérienne subit des déformations qui dépassent de beaucoup les altérations dues à la projection cartographique. Pour réduire ces distorsions, on utilise la stéréo photogrammétrique qui repose sur le principe que deux photos prises de points de vue différents suffisent à déterminer la forme et les dimensions de l'objet photographié.

Cela permet de déterminer avec précision les dimensions et la position dans l'espace des objets figurant sur les photos aériennes. La perspective conique de la photo est ensuite transformée en une représentation plane se référant au canevas de la projection Lambert et s'appuyant sur un réseau de points géodésiques connus en X, Y et Z, identifiés sur les clichés.

Deux sortes de documents résultent des opérations de restitution :

L'ORTHOPHOTOPLAN qui est une photo aérienne transformée géométriquement point par point, pour résorber les principales déformations perspectives, et qui comporte une légende et une toponymie.

La STEREO-MINUTE qui est une sorte de pré-minute cartographique sur laquelle on trouve des points cotés et des courbes de niveau ainsi que la planimétrie tirées des photos aériennes par la restitution photogrammétrique.

- Le complément topographique

La stéréominute n'est qu'une ébauche imparfaite de la future carte topographique. Les levés topographiques en atelier et sur le terrain sont donc nécessaires pour corriger et mettre en forme ce document. et notamment :

- identifier les données restituées en supprimant les tracés inutiles.
- Recueillir les informations éventuellement manquantes.
- Contrôler celles qui sont douteuses.

Ce travail se fait en deux phases :

- Un travail en atelier qui consiste en une photo identification des détails restitués que l'on reporte sur calque.
- Des travaux sur le terrain.

Toutes ces opérations aboutissent à la mise au point de la minute cartographique. Il reste à passer à la rédaction et à l'impression.

LA REDACTION CARTOGRAPHIQUE

Les contraintes de l'impression finale nécessitent d'établir autant de planches qu'il y a de couleurs d'impression.

Pour la carte au 1/ 25 000 on distingue quatre planches :

- Une planche de noir qui comporte l'habillage de la carte (cadre, coordonnées, les écritures (titres, légende, toponymie interne), les voies de communication, l'habitat, les signes ponctuels divers, l'estompage du relief et les figurés de rochers.

- Une planche de bistre (maintenant orangé) pour les courbes de niveau et dans la nouvelle édition les routes à grandes circulation

Une planche de bleu pour les éléments hydrographiques.

- Une planche de vert pour la végétation.

Il ne reste plus qu'à passer à la reproduction par Offset, puisque tel est le procédé d'impression retenu par l'I.G.N.

LES DIFFERENTS TYPES DE CARTE

LA CARTE TOPOGRAPHIQUE

Il a existé, et existe encore plusieurs types de cartes topographiques qui se distinguent par leur mode de réalisation.

1 - Les cartes d'Etat-Major

Elles sont réalisées au moyen d'un système dit en "hachures". Elles disparaissent petit à petit, et nous ne les citons que parce que certaines couvrent encore des régions peu urbanisées tels que certains karsts. Elles sont dérivées des cartes napoléoniennes et essentiellement à usage militaire. Echelle 1/ 80 000.

Le système dit en "hachures" consiste à représenter le relief en courbes de niveau, puis à graver des hachures entre les courbes pour enfin les gommer.

Trois règles principales président au hachurage :

- Elles sont toujours perpendiculaires à la courbe supérieure dans le relief.
- Leur épaisseur est inversement proportionnelle à leur longueur.
- Elles sont espacées du quart de leur longueur.

Ce système crée un estompage, mais ses inconvénients sont nombreux .

- Difficultés de lecture,
- Imprécisions dues aux difficultés de traçage, voire à des impossibilités.

2 - Les cartes topographiques de type 1922

Elles sont réalisées au moyen d'un système en courbes de niveau. C'est une carte en quatre couleurs, plus le gris pour l'estompage. Nous avons vu au chapitre précédent comment elle était fabriquée. Nous nous attacherons donc ici à décrire les principaux éléments que l'on y trouve.

Chaque carte a un TITRE. C'est le nom d'une ville située sur la carte, sans que ce soit forcément la plus importante. Ex . NOIRETABLE.

Elle porte en plus un NUMERO de feuille dans le cadre du tableau d'assemblage avec une colonne (Ex. XXVII ou 27) et une ligne (Ex. 31) On y trouve également les noms et numéros des cartes voisines.

Ces informations facilitent grandement le repérage et le choix des cartes qui nous intéressent.

Tout autour de la carte et dans la marge on trouve des indications sur :

- Les coordonnées géographiques.

Méridiens et parallèles sont identiques et numérotés en grades et en degrés.

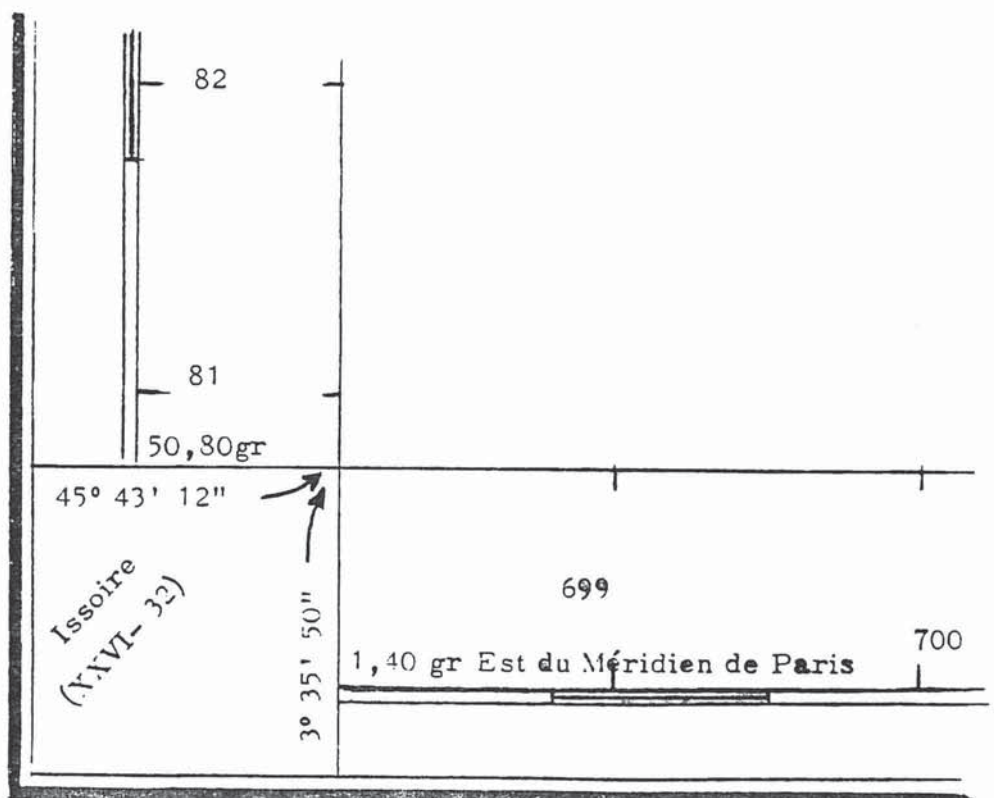
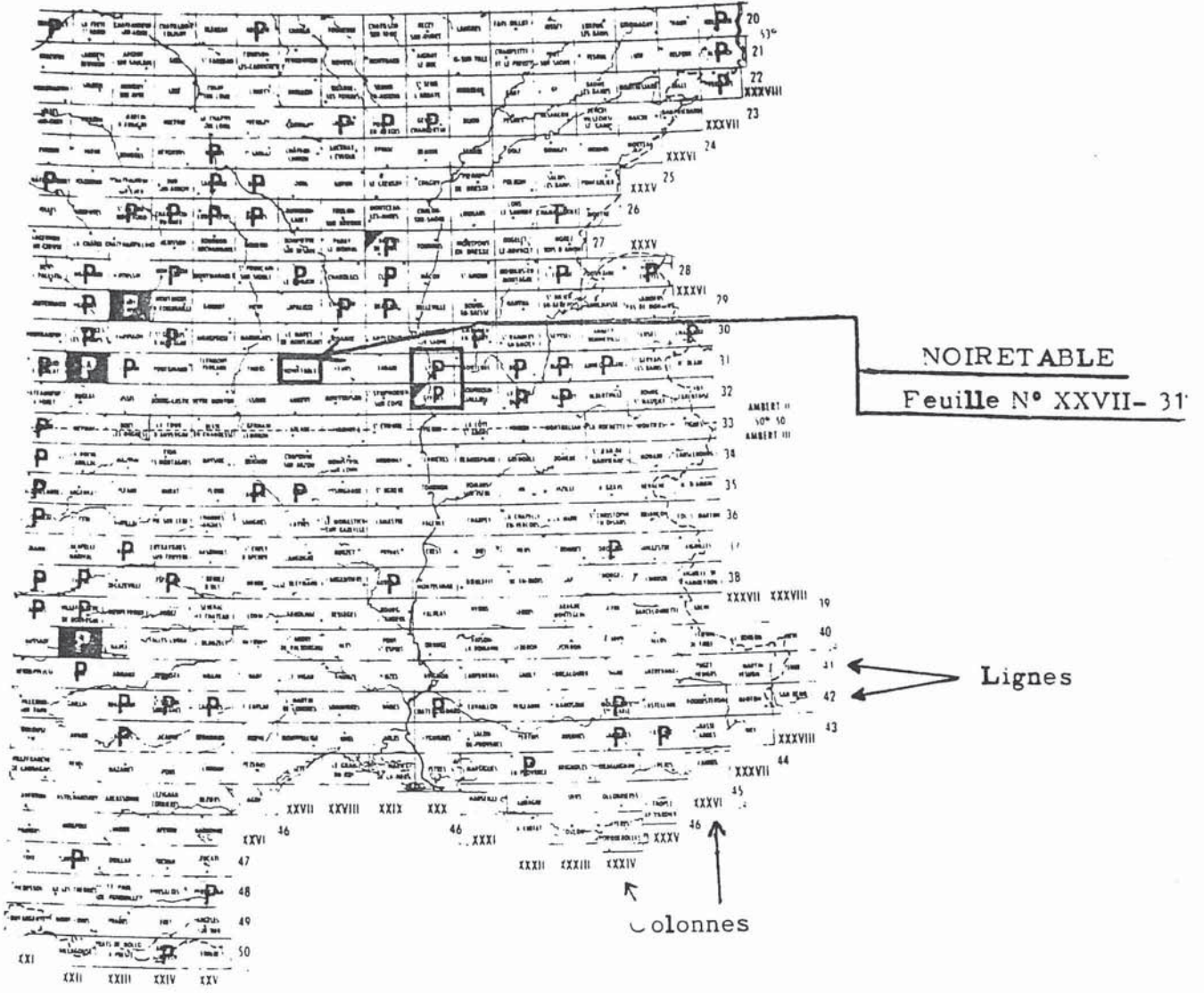
Les méridiens sont référencés par rapport au méridien international de Greenwich en degrés et par rapport au méridien de Paris en grades.

- Les coordonnées Lambert.

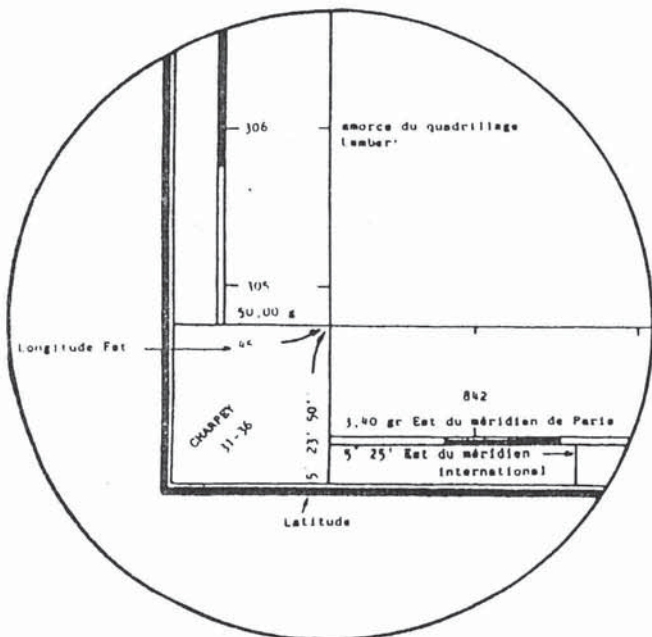
Le quadrillage n'est pas tracé sur la carte, mais des amorces dans la marge et des croisillons à l'intérieur de la carte permettent de le reconstituer. Sur les cartes au 1/ 50 000, on ne représente les intersections que tous les cinq kilomètres.

Sur les cartes au 1/ 25 000 elles sont représentées tous les kilomètres.

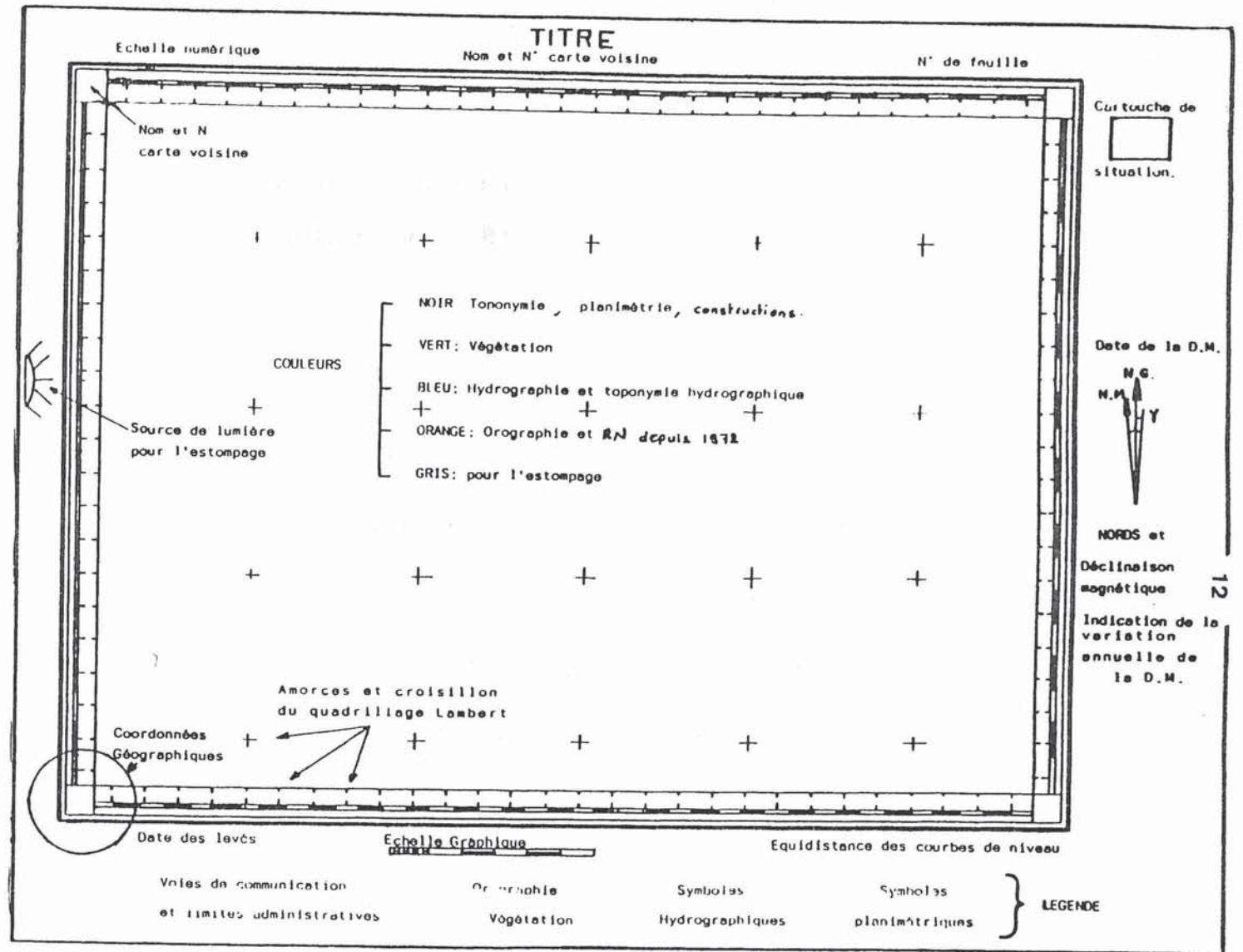
- Dans la marge on trouve également les amorces du quadrillage de la zone jointive, ainsi que les amorces d'un quadrillage correspondant au système de projection international : le système



Les coordonnées géographiques



LES COORDONNEES GEOGRAPHIQUES



"Mercator Transverse Universel" (UTM) qui divise la surface terrestre en fuseaux limités par des méridiens.

- Des renseignements de limites administratives (Cantons) à droite de la carte.

L'orientation de la carte avec l'indication des trois nords :

LE NORD GEOGRAPHIQUE (N.G.).

Il est déterminé en fonction d'une projection sphérique (axe fixe de rotation de la terre). Il est parallèle au bord de la carte, orienté vers le haut de celle-ci. Les bords EST et OUEST de la carte sont des méridiens et ils indiquent la direction du nord géographique.

LE NORD MAGNETIQUE (N.M.)

Il est déterminé en fonction de l'orientation d'une boussole ou d'un compas. Il forme un angle avec le nord géographique appelé DECLINAISON MAGNETIQUE; C'est angle n'est pas fixe et varie en fonction du temps et du lieu. C'est ce qu'on appelle LA VARIATION DE LA DECLINAISON MAGNETIQUE.

Sa valeur n'est pas négligeable, elle peut atteindre 1/2' en 10 ans.

En France, le nord magnétique est négatif par rapport au nord géographique.

Par conséquent, il faut additionner la déclinaison magnétique au N.M. lu sur la boussole ou le compas pour reporter le N.G.

LE NORD LAMBERT (Y ou N.L.)

Il est déterminé comme nous l'avons vu précédemment en fonction d'une projection conique.

En des points situés hors du méridien d'origine, les méridiens font avec l'axe des Y un angle dit ANGLE DE CONVERGENCE DES MERIDIENS;

Cet angle est d'autant plus grand qu'on s'éloigne du méridien de Paris ; et change de sens lorsqu'on franchit le méridien origine.

- Des indications sur la publication de la carte

Et en particulier la DATE, qui permet, lors de reports, de tenir compte de la variation de la déclinaison magnétique.

- Des notions géodésiques

Le nivellement général de la France pour l'altitude, l'équidistance moyenne entre les courbes de niveau, l'échelle numérique et graphique.

- Enfin une légende technique en cartouche avec :

L'OROGRAPHIE pour le relief, en bistre.

L'HYDROGRAPHIE pour les eaux de surface, en bleu.

LA PLANIMETRIE pour les activités humaines, en noir.

LA TOPONYMIE pour les noms de lieux, en noir.

LA VEGETATION toujours schématisée, en vert.

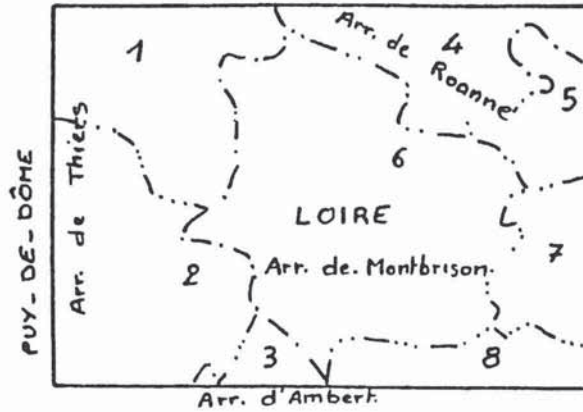
Mais attardons nous quelques instants sur l'Orographie.

On a vu précédemment que la carte topographique est une représentation plane de la surface terrestre. L'orographie n'est rien d'autre que ce principe de représentation plane du relief et utilise les courbes de niveau, les points cotés et les figurés spéciaux (figurés de falaise et de rocher).

On coupe le relief par les plans horizontaux, équidistants et cotés, ce qui détermine des lignes appelées COURBES DE NIVEAU, que l'on projette perpendiculairement à la surface horizontale de la feuille de papier.

L'équidistance a une valeur fixe ; mais il en existe deux types selon qu'il s'agit d'une région en pays accidenté ou en pays de plaine.

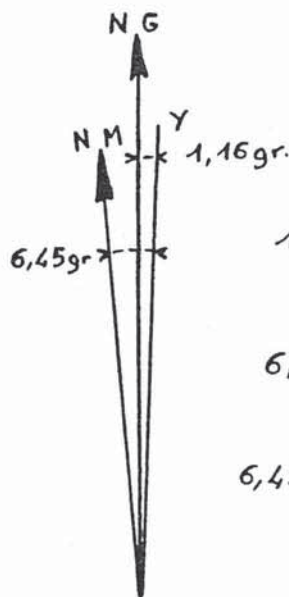
Dans certaines zones on introduit des courbes déterminées à partir d'une équidistance de 5 m, et parfois on fait appel à des courbes intercalaires.



Cantons :

- 1 - St Rémy sur Durolle
- 2 - Courpière
- 3 - Olliergues
- 4 - St Just en Chevalet
- 5 - St Germain Laval
- 6 - Noirétable
- 7 - Boën
- 8 - St Georges en Couzan

Renseignements de Limites administratives



1,16 gr : angle de convergence
des méridiens

6,45 gr : angle entre le N.M. et le Y

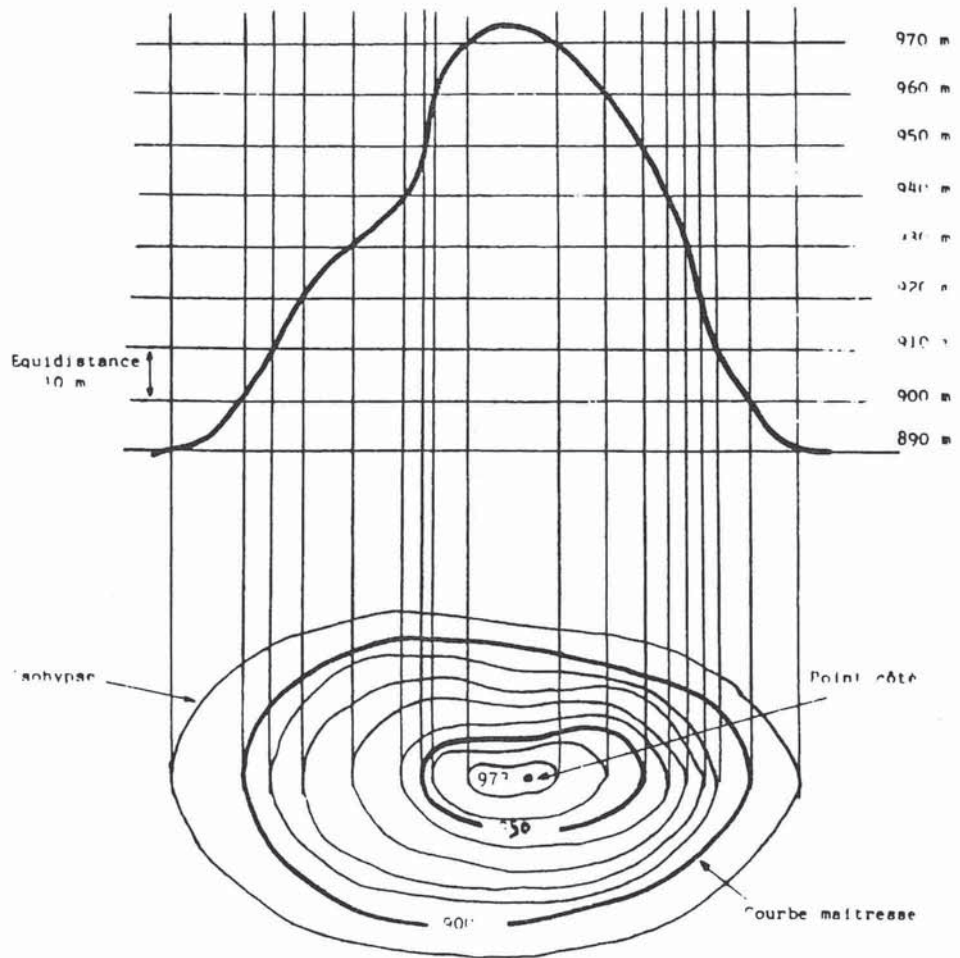
$6,45 - 1,16 =$ déclinaison magnétique

La déclinaison magnétique diminue chaque année de 11 minutes centésimales.

La déclinaison magnétique correspond au centre de la feuille au 1^{er} Janvier 1967.

Les trois sortes de Nord

LES COURBES DE NIVEAU



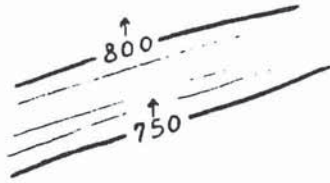
Pour lire les courbes de niveau

Par convention, une courbe sur cinq est dessinée en traits plus épais, et cotée c'est une courbe maîtresse.

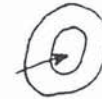
Le chiffre de la cote est toujours dirigé vers le haut de la pente.

Pour les courbes fermées, la courbe enveloppée est toujours plus haute que la courbe enveloppante. Ceci parce qu'il existe plus de dômes que de cuvettes.

Donc pour préciser une cuvette, une petite flèche symbolise la notion de creux.



Courbes maîtresses.



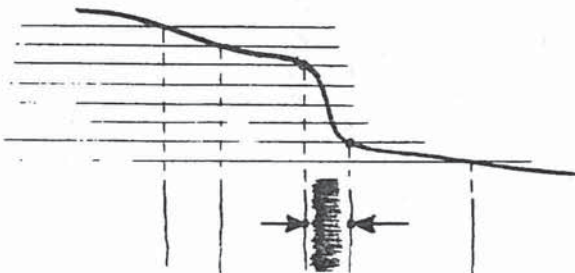
La flèche est dirigée vers le fond de la cuvette.

Les POINTS COTES indiquent une altitude connue sur le terrain et indiquée au mètre près.

Les points géodésiques sont des points de visée (voir au précédent chapitre la triangulation). Ils sont représentés par le symbole suivant : \triangle

Les FIGURES SPECIAUX

Il est difficile de représenter des versants abrupts ou des falaises en courbes de niveau. On les remplace donc, dans ce cas, par un figuré en hachure. Il occupe, à l'échelle, la place de la falaise.



On obtient la hauteur de la falaise par déduction entre deux points de cote connue.

Enfin pour donner une impression de relief, on utilise l'ESTOMPAGE. On figure une ombre sur le versant qui est effectivement à l'ombre du soleil couchant. La source de lumière étant située à gauche de la carte.

Cette technique permet de repérer plus aisément les crêtes.

3 - Les cartes topographiques de type 1972

De profondes modifications sont intervenues avec cette nouvelle édition, nous nous bornerons ici à citer les principales.

Cette nouvelle édition a :

- uniformisé la légende entre le 1/25 000 et le 1/ 50 000 et, dans la mesure où cette légende ne devrait pas subir de modifications notables avant de nombreuses années, introduit une uniformisation dans le temps.

- amélioré la lisibilité de la carte

- par le choix de l'orangé pour représenter le relief et les routes.

- par la simplification de la représentation de la végétation naturelle ou cultivée.

- par la toponymie plus claire, en raison de l'adoption d'une lettre italique élégante pour les lieux dits et l'impression en bleu de l'ensemble de la toponymie à caractère hydrographique.

- simplifié certaines représentations :

Les points d'eau ne comportent plus que deux symboles au lieu de sept

Un pour les sources et fontaines



Un pour les puits et les citernes.



Les voies ferrées ont été remises au goût du jour. Les deux catégories de voies étroites sont fusionnées en une seule, alors qu'apparaissent des symboles concernant les lignes électrifiées et les aérotrains.

- introduit une plus grande richesse dans les indications toponymiques.

LES CARTES THEMATIQUES

Ce sont des cartes spécialisées, traitant de phénomènes particuliers tels que géologiques, climatiques, démographiques etc ...

Toutes ces cartes sont constituées à partir d'un fond topographique, d'où l'importance de la carte topographique.

Les cartes géomorphologiques

Fondées sur des levés de terrains nombreux et l'exploitation de photos aériennes, elles sont l'expression graphique et l'inventaire des formes de relief et des dépôts corrélatifs de leur façonnement.

Descriptives et explicatives, elles fournissent une représentation plus ou moins détaillée selon l'échelle, dans leurs rapports avec la structure géologique (géomorphologie structurale) et les milieux bioclimatiques actuels (géomorphologie dynamique et climatique) et passés (paléogéomorphologie).

Ces cartes restituent aussi l'agencement des formes dans l'espace et leur succession dans le temps (chronogéomorphologie).

Leur précision suppose des mesures diverses et variées (géomorphométrie) et l'apurement d'un vocabulaire abusivement alourdi par l'usage des termes locaux.

Notons encore qu'il existe deux types de cartes géomorphologiques : celles qui illustrent la thèse de l'auteur, et celles qui constatent seulement ce qu'on peut affirmer.

Les cartes hydrogéologiques.

L'hydrogéologie est la science des eaux souterraines.

Elle a pour objet l'étude du rôle des matériaux constituant le sol et le sous-sol et des structures géologiques dans l'origine, la distribution et le mode de gisement, les modalités de l'écoulement et les propriétés physio-chimiques de l'eau.

Les cartes hydrogéologiques sont la représentation graphique de ces données et permettent de situer les différentes structures hydrogéologiques en fonction du relief, de la géologie, du climat etc...

Les cartes géologiques.

Elles ont pour but de représenter, sur un fond topographique, la distribution des formations géologiques et des substances minérales. Une carte géologique est toujours une sorte d'écorché, car elle ne fait pas figurer la végétation, la terre végétale et la plupart des limons, objets de cartes spécialisées : végétation, pédologique.

Les couches sont dégagées de la couverture superficielle, sauf quand cette dernière présente un intérêt sur le plan géologique tel que dépôts glaciaires, certains limons etc ...

Il existe différents types de cartes et différentes échelles. On distinguera deux types principaux :

- Certaines cartes existantes depuis près d'un siècle ont pour support les cartes topographiques type Etat-Major. Elles furent publiées au 1/80 000 et au 1/320 000.

Bien qu'encore utilisées, elles ne sont plus publiées et tendent à disparaître.

- Cartes surchargées du fond topographique type 1922, Echelle 1/50 000 elles sont revues tous les 25 ans.

En France, il n'y a pas d'autre échelle utilisée (peut-être y aura-t-il une carte au 1/250 000).

- Il existe également une carte au 1/1 000 000 sans topographie.

Lecture de la carte géologique.

Le fond topographique de base a été modifié :

- suppression des indications concernant la végétation.
- toute la planimétrie et la toponymie sont figurées en bistre.
- on a réalisé un adoucissement du bleu de l'hydrologie.
- des placages et plages indiquent les étendues d'eau.

Une carte géologique est la représentation sur fond topographique des affleurements des couches et des accidents structuraux majeurs.

Les grandes failles sont systématiquement indiquées, par contre l'indication des axes structuraux ne figure pas toujours.

L'affleurement d'une couche c'est l'intersection de la couche avec la surface topographique.

En projetant l'affleurement sur la carte topographique, on obtient la carte géologique.

L'affleurement est également la surface couverte par la couche sur la surface topographique.

Les contacts géologiques sont indiqués au moyen de fins traits noirs. Ils sont l'intersection des plans limites de couches avec la surface topographique.

Sur la carte on peut observer une échelle stratigraphique schématique de la région concernée, respectant le principe de superposition.

L'indice de la couche est indiqué dans les marges et sur la carte. Il comporte :

- Une lettre indiquant le système Ex : J pour Jurassique
- Un chiffre indiquant l'étage Ex : j1 pour Bajocien, j2 pour Bathonien

Quand il faut préciser le sous-étage on introduit une lettre après l'indice chiffré; Ex : j2a pour Bathonien inférieur, j2b pour Bathonien moyen.

Les indices précisent le stratotype de l'étage.

Certaines cartes de régions complexes comportent des renseignements très complets, on y trouve des coupes types.

Sur la carte sont également indiqués les failles et les pendages (direction + valeur).

Chaque carte est livrée avec une notice ou un livret indiquant les renseignements géologiques sur la région représentée et en particulier les facies.

On appelle FACIES l'ensemble des caractères lithologiques et paléontologiques qui permettent de préciser les conditions du milieu ou s'est effectuée la sédimentation.

UTILISATION DE LA CARTE - CONSEILS PRATIQUES

MESURE DES DISTANCES.

Lorsqu'on veut évaluer le temps nécessaire pour rejoindre une cavité, ou pour atteindre un lapiaz que l'on souhaite prospecter, il est souvent utile de connaître la distance à parcourir.

De même lorsque par temps de brouillard ou de nuit, on progresse à la boussole suivant une ligne brisée, il est indispensable de connaître les distances à parcourir.

Si l'on ne dispose pas d'un double-décimètre; ni d'un curvimètre, on se sert pour mesurer les distances sur la carte d'une bande de papier, d'une ficelle ou d'un brin d'herbe dont on mesurera ensuite la longueur en se reportant à l'échelle graphique qui se trouve dans la légende de la carte.

Sur le terrain, en prospection, lorsqu'on veut par exemple évaluer la distance séparant une cavité d'un point caractéristique pointé sur la carte, il est utile de connaître la longueur moyenne de son pas en l'étalonnant. Cette connaissance est également utile lorsqu'on effectue un croquis d'exploration.

Pour étalonner son pas, il suffit de compter le nombre de double-pas sur une distance de 100, 200 ou 500 mètres, ou utiliser un podomètre. Certes ces méthodes ne donnent qu'une précision approximative, mais elles sont souvent suffisantes pour se situer correctement ou pour éviter de prendre des risques inconsidérés lorsqu'on est dans le brouillard et en terrain accidenté (bordure de falaise, etc ...).

COURBES DE NIVEAU - USAGE DE L'ALTIMETRE.

Les courbes de niveau, pour suggestives qu'elles soient du relief, imposent à l'utilisateur de se familiariser avec elles avant de bien sentir ce dernier.

Ceci est encore aggravé par l'estompage qui a l'inconvénient de simuler un relief dissymétrique, puisqu'il donne l'apparence de pentes fortes seulement à celles qui sont placées à l'ombre par rapport à l'éclairage oblique. Si l'on veut lire correctement le relief, il faut d'abord chercher à connaître la direction de la ligne de plus grande pente. Dans une vallée, la ligne de plus grande pente est celle qui joint les points les plus bas en altitude : le talweg.

Sur une crête, c'est la ligne qui joint les points les plus hauts.

Pour acquérir la vision en relief, un exercice simple consiste à dessiner sur la carte les talwegs et les lignes de crête.

On a rarement besoin de connaître avec une haute précision l'altitude d'un point. Cependant sur une carte les points caractéristiques : sommets, cols, carrefours etc ... sont cotés en altitude au mètre près, et les courbes de niveau permettent d'évaluer tout autre point avec une précision très supérieure à celle que peut donner un altimètre.

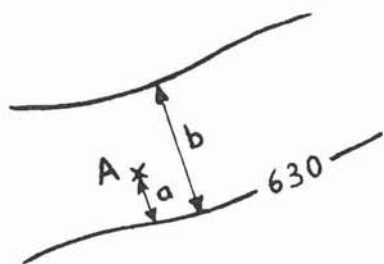
En d'autres termes, par beau temps, l'usage de l'altimètre n'est pas nécessaire. Par contre, en cas de très mauvaises conditions atmosphériques il peut être d'un précieux secours.

L'altimètre n'est en fait qu'un simple baromètre gradué en altitudes et basé sur le fait que la pression atmosphérique diminue à mesure qu'on s'élève. La pression étant également dépendante de la situation météorologique, l'altimètre placé en un point fixe indiquera des altitudes différentes selon le temps, et ne donnera qu'une précision très aléatoire des variations d'altitude lors des déplacements, si le temps est variable.

Pour cette raison, il est nécessaire d'étalonner l'altimètre le plus fréquemment possible au cours de la marche (au départ, et à chaque passage en un point caractéristique, d'altitude connue).

En raison de l'inertie de l'instrument, il serait nécessaire de faire des stations d'1/2 heure minimum en chaque point, ce qui est rarement le cas. De plus l'altimètre ne donne l'altitude qu'à une ou plusieurs dizaines de mètres près lorsqu'il est bien contrôlé et par temps stable. Donc sa fiabilité n'est réelle par temps de brouillard, qu'en terrain pentu puisqu'avec des courbes rapprochées, une erreur sur l'altitude a moins d'influence sur la position approchée.

Si l'on veut connaître l'altitude d'un point situé entre deux courbes de niveau, et en considérant que la pente est uniforme il faut opérer de façon suivante :



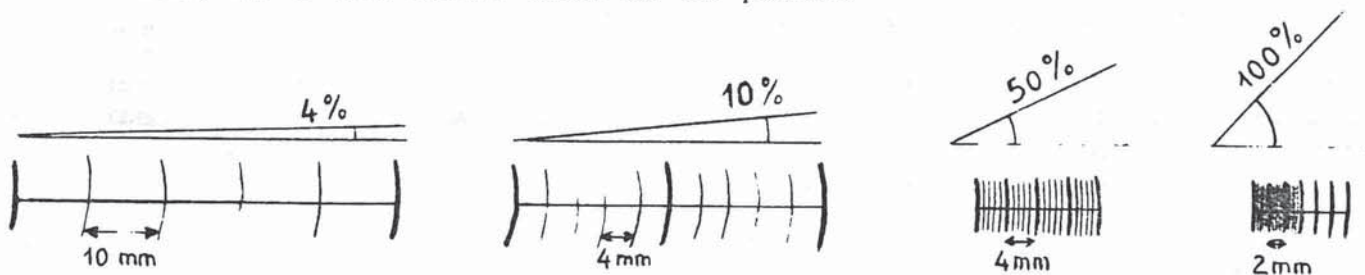
Altitude de A = $630\text{m} + (a/b \times \text{équidistance})$

a : distance de A à la courbe inférieure

b : distance entre les deux courbes encadrant A

Pour déterminer la pente entre deux points donnés, il suffit d'établir le rapport entre la différence d'altitude de ces deux points et leur distance horizontale. Ce rapport définit une pente moyenne, et peut être positif ou négatif.

En se référant à quelques valeurs types de l'écartement des courbes de niveau, on a une bonne idée de la pente.



1 : 25 000 Equidistance 10 m

LES DIRECTIONS

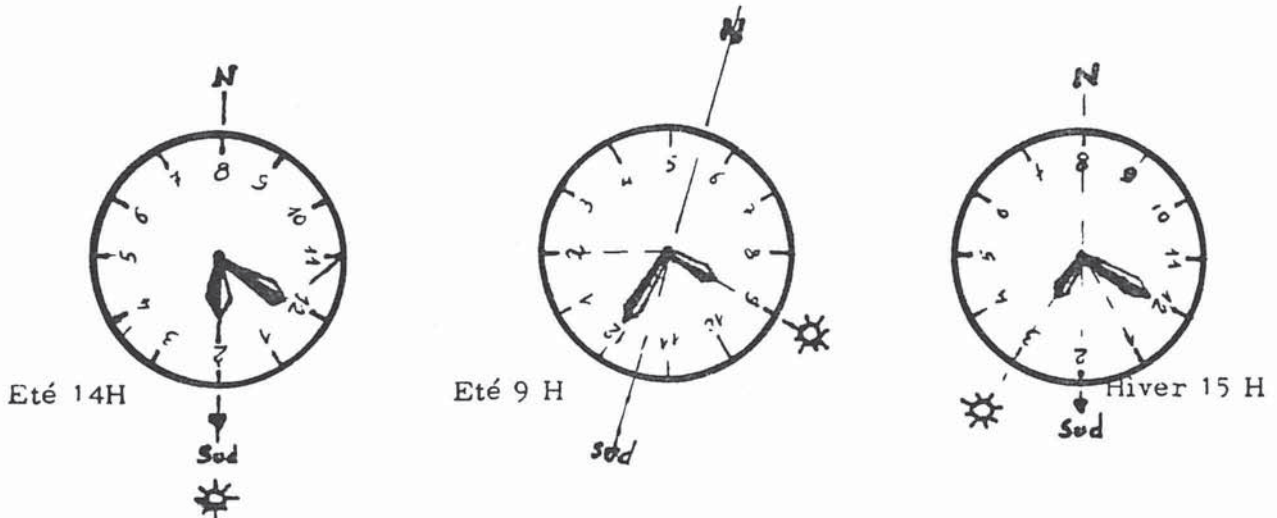
Muni d'une carte, il est aisé d'orienter celle-ci grâce aux repères naturels visibles sur le terrain, à condition que ceux-ci existent, ce qui n'est pas toujours le cas.

Orienter une carte consiste à placer les lignes de la carte grâce au soleil, en se servant de l'étoile polaire, ou en utilisant une boussole ou un compas.

Méthode de la montre et du soleil

Cette méthode repose sur le principe suivant. A 13 heures en hiver et à 14 heures en été, le soleil passe approximativement au sud. Il effectue une rotation autour de la terre et dans le même temps, la petite aiguille de la montre effectue deux rotations. Si l'on dispose sa montre de telle sorte que la petite aiguille soit dirigée vers le soleil, le sud sera indiqué par la bissectrice de l'angle formé par la petite aiguille et la direction de 13 H. en hiver ou de 14 H. en été.

Cette méthode nécessite simplement que ...Le soleil soit visible ... et que la montre ait des aiguilles.



Cette méthode implique soleil visible et montre avec des aiguilles.

- Orienter sa carte sur l'Etoile polaire.

Il faut savoir que l'étoile polaire ne s'écarte pas de plus de un degré de la direction du pôle nord. De plus elle est facilement identifiable par sa position par rapport à la grande ourse, lorsque le ciel est dégagé et le temps clair.

- Orienter la carte avec une boussole.

Rappelons qu'une boussole est un appareil constitué d'une aiguille aimantée tournant autour d'un pivot sur un cadran gradué en degrés ou en grades. L'aiguille aimantée indique toujours la direction du Nord Magnétique.

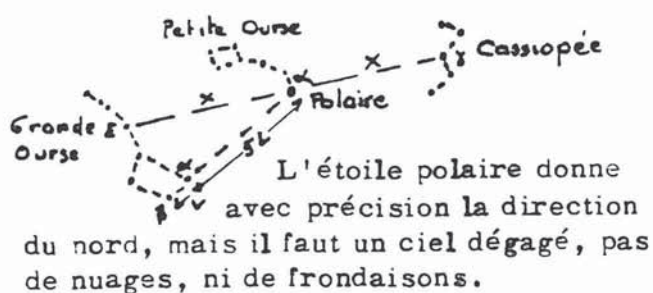
Quant aux compas, ils ne diffèrent des boussoles que par le fait que c'est le cadran qui est mobile et solidaire de l'aiguille.

Pour orienter la carte, il suffit de faire coïncider le Nord indiqué par la boussole avec un des méridiens de la carte (bord droit ou gauche).

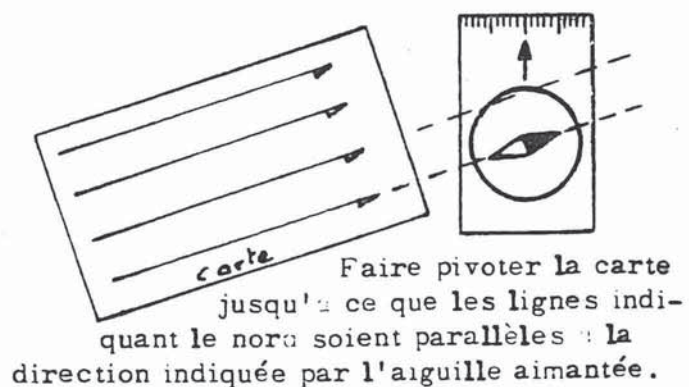
Ce procédé ne tient pas compte de la déclinaison magnétique. Si l'on veut en tenir compte, il suffit de faire pivoter l'ensemble carte-boussole jusqu'à ce que la pointe colorée de l'aiguille fasse avec la direction Nord-Sud du cadran ou un des méridiens de la carte, un angle égal à la déclinaison.

Rappelons que la déclinaison magnétique varie selon le lieu et dans le temps, et que, pour connaître sa valeur à une date donnée, il faut se référer aux indications de la carte (date d'édition et valeur de la variation annuelle).

- De nuit avec l'étoile polaire



- Orientation à la boussole



MARCHE A LA BOUSSOLE

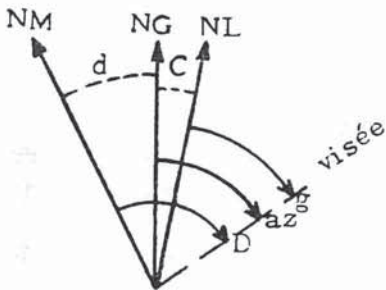
Bien que les conditions qui rendent obligatoire la marche à la boussole soient rares, il est cependant nécessaire de connaître cette technique qui ne présente d'ailleurs pas de difficultés majeures.

Marcher à la boussole, c'est suivre un trajet déterminé sans utiliser les repères naturels d'orientation, mais en s'aidant des indications fournies par la boussole.

Pour, marcher à la boussole dans une direction donnée, il faut après avoir tracé cette direction sur la carte, mesurer à l'aide d'un rapporteur ou avec le cadran de la boussole le GISEMENT de cette direction.

Le gisement se définit comme étant l'angle entre une direction donnée et celle du Nord Lambert.

Précisons que l'on appelle DIRECTION l'angle formé entre une direction donnée et le Nord Magnétique ; et AZIMUT celui formé entre une direction donnée et le Nord Géographique.



- d = déclinaison
- C = convergence des méridiens
- g = gisement
- az = azimut
- D = direction

Ces précisions mettent en évidence l'emploi abusif du terme azimut que nous utilisons en topographie pour désigner une direction par rapport au N.M.

Le gisement ayant été déterminé, il ne nous reste plus qu'à faire tourner la boussole dans son logement jusqu'à ce que l'aiguille aimantée vienne sur le repère tenant compte des valeurs de la déclinaison et la convergence des méridiens.

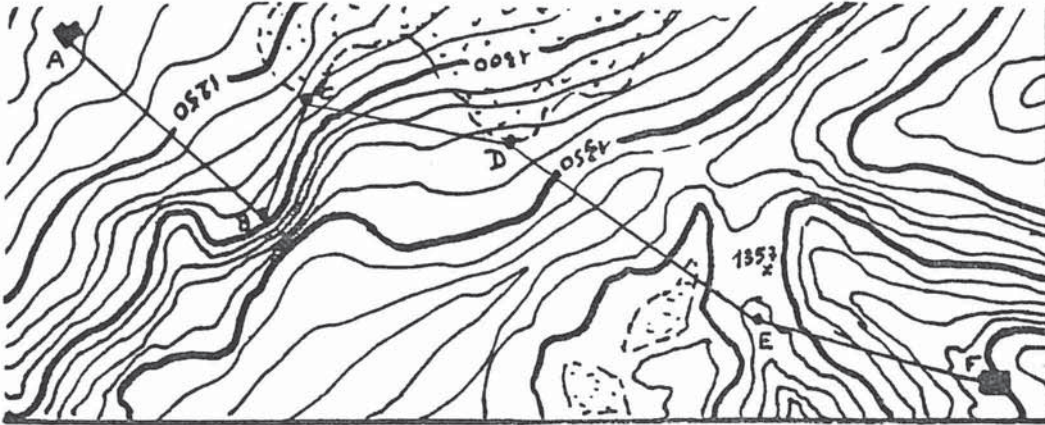
Le cheminement, en raison des accidents de terrain, sera le plus souvent une ligne brisée formée de segments rectilignes reliant des points placés au lieux où, compte tenu de la configuration du terrain, un changement de direction s'impose.

Pour pallier les imprécisions de lecture de direction, il convient de choisir des tronçons rectilignes aussi courts que possible et des points situés sur des détails linéaires identifiables (barre rocheuse, lisière de bois, crête, talweg etc...) que l'on recoupera même si l'on a dévié de la direction prévue. Si les segments rectilignes sont longs, il faut alors prévoir des contrôles intermédiaires tels que estimation de l'altitude avec altimètre, comparaison de la direction des horizontales du terrain et des courbes de la carte.

Je ne peux que conseiller à tous ceux qui font des explorations en montagne ou qui pensent sortir de nuit d'une cavité perdue dans la forêt ou la garrigue, de réaliser avant de partir un tableau de marche sur la carte. Cela leur évitera peut-être des fatigues inutiles ou une nuit à la belle étoile dans le froid.

De plus c'est un excellent exercice pour se familiariser avec la carte.

Il ne faut pas oublier non plus qu'en hiver, le relief peut-être notablement modifiée par la neige.



- A Chalet
- B Falaise
- C Lisière de bois
- D Corne de bois
- E Crête
- F Refuge

POINTAGE D'UNE CAVITE

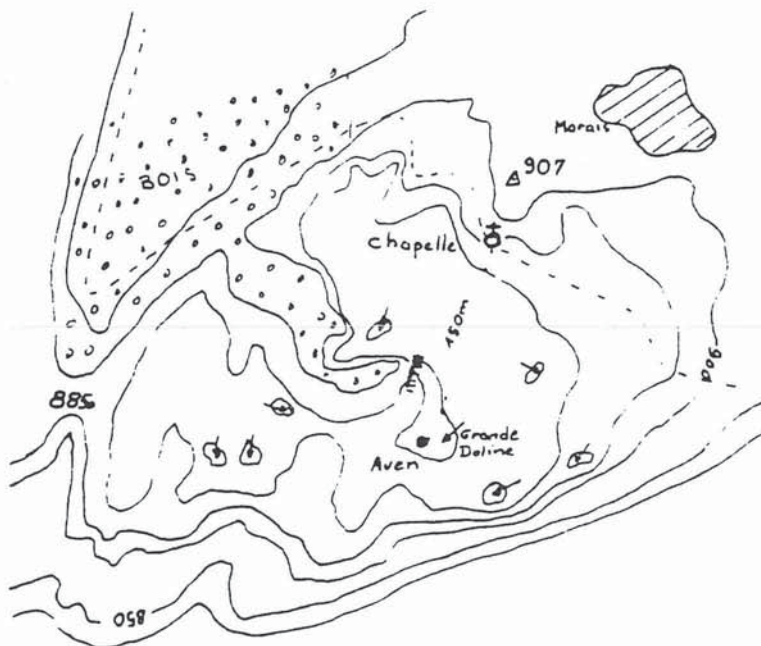
- Estimation par rapport aux détails environnants

On peut localiser l'entrée d'une cavité en procédant à son alignement par rapport à des points caractéristiques figurant sur la carte. Il faut systématiquement procéder à plusieurs déterminations, même si l'emplacement est évident, et surtout si l'on utilise des repères susceptibles de se modifier dans le temps (lisière de bois, coin de maison etc...).

Si le terrain est dégagé on peut évaluer les distances au double-pas. Dans les endroits où les détails planimétriques font défaut, il ne faut pas hésiter à se servir des courbes de niveau pour restituer le relief, et évaluer la dénivellation par rapport à un col, une crête ou un talweg.

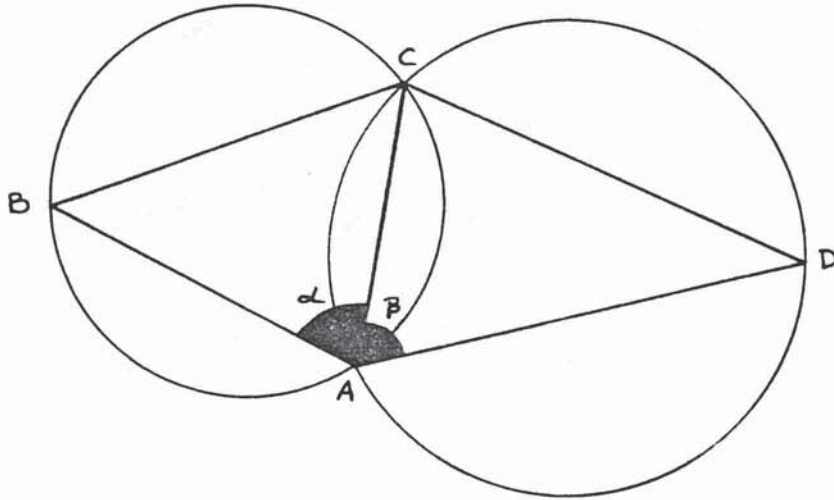
Dans ce cas, ne pas hésiter à procéder à des alignements par rapport à des sommets ou des cols, apprécier si l'on est plus haut qu'un sommet en recherchant en arrière des détails de même altitude.

On peut également, comme nous le verrons plus loin, utiliser les photos aériennes, pointer directement l'orifice de la cavité sur la photo puis sur la carte.



- Par relevements.

On sait en géométrie que si l'on a 4 points non alignés A,B,C,D, le point A par exemple se trouve obligatoirement à l'intersection de deux cercles circonscrits aux triangles BAC et CAD.



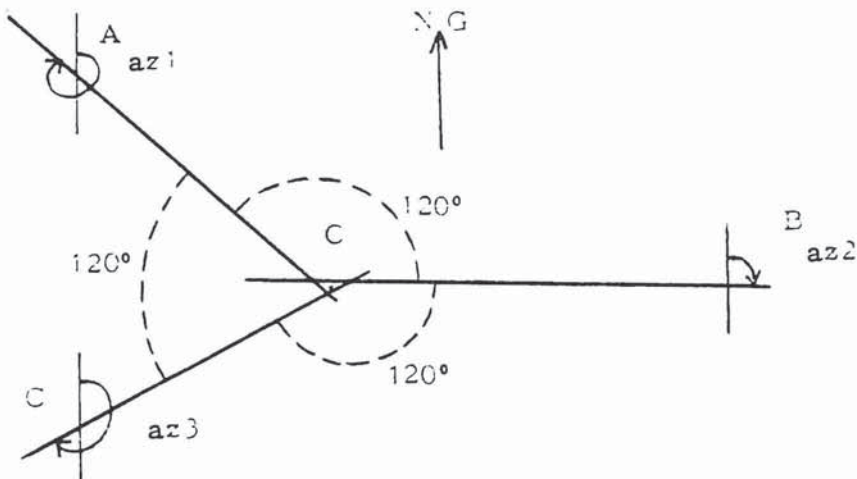
Le pointage d'une entrée de cavité par relevement va donc consister à choisir trois points caractéristiques visibles de l'entrée, les mieux répartis possible sur les 360° et les plus proches de celle-ci.

On relève à la boussole les directions des trois points A,B,C, et on reporte sur la carte les directions relevées corrigées de la déclinaison magnétique.

En pratique, il est rare que les trois droites soient concourantes, leurs intersections déterminent un triangle au centre duquel on pointera l'orifice cherché.

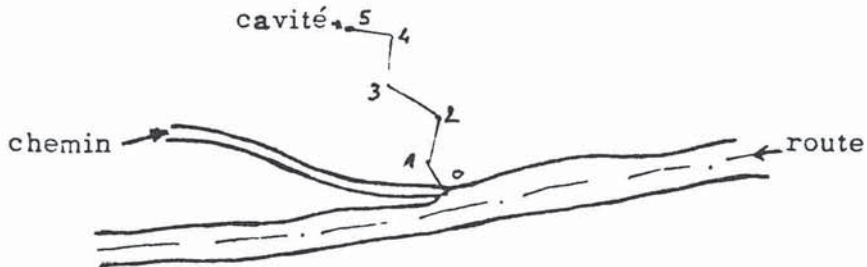
Pour éviter d'avoir à tenir compte de la déclinaison magnétique, on reporte à partir d'un point quelconque les trois directions relevées sur une feuille de papier calque. En posant celle-ci sur la carte, on la déplace jusqu'à ce que les trois demi-droites passent par les points A,B,C.

Cette méthode n'est valable que si la vue à partir de l'orifice est totalement dégagée, ce qui est rarement le cas, et si l'on a pris soin de ne pas choisir des points situés sur le même cercle que le point de relevement.



- Par cheminement

Il s'agit en fait d'une simple topographie de surface. On choisit un point caractéristique porté sur la carte et le plus proche possible de la cavité, et, on effectue une série de visées du point à l'orifice de la cavité. Lors du report, ne pas oublier de tenir compte de la déclinaison magnétique.



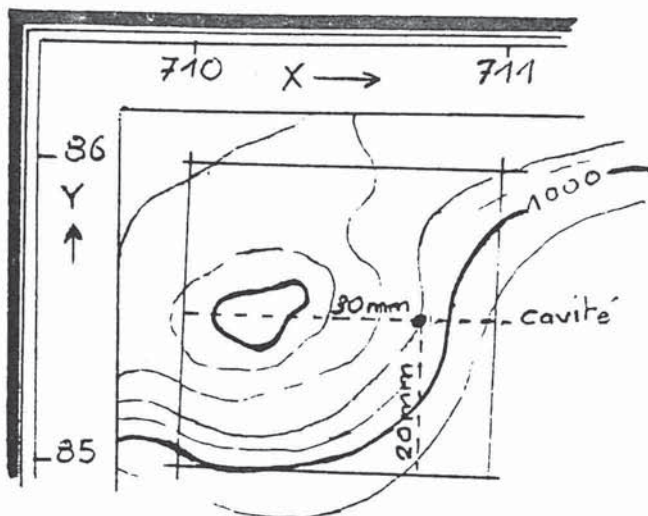
- Détermination des coordonnées Lambert d'une cavité.

On a vu précédemment que sur les cartes au 1/25 000, le quadrillage kilométrique Lambert n'était représenté que par des petites croix tous les kilomètres.

L'entrée de la cavité ayant été pointée sur la carte, on procédera de la façon suivante pour en déterminer ses coordonnées Lambert :

- 1 - Tracer le carré kilométrique Lambert englobant la cavité.
- 2 - Mesurer la distance en mm depuis le côté gauche du carré jusqu'à l'entrée. Sachant qu'un millimètre sur la carte correspond à 25 mètres sur le terrain et que le côté gauche du carré est une coordonnée ronde, on détermine la valeur exacte de la coordonnée X de la cavité.
- 3 - On procède de la même façon pour Y, en prenant soin de mesurer la distance séparant l'entrée du côté inférieur du carré et non l'inverse.
- 4 - L'altitude Z se lit directement sur la carte en utilisant les courbes de niveau.

Exemple : Echelle 1/25 000

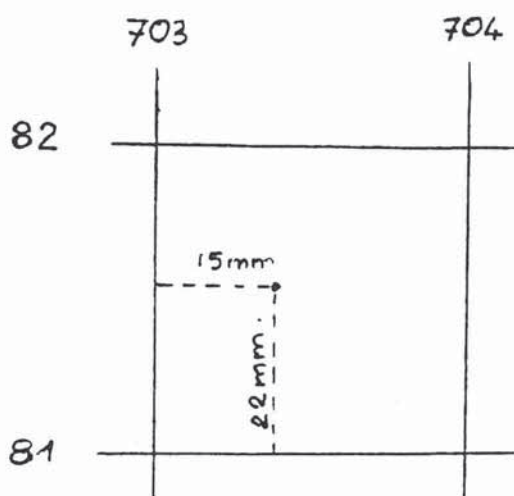


30 mm correspondant donc à :
 $30 \times 25 = 750$ m d'où
 $X = 710,750$

Même calcul pour Y
 $20 \text{ mm} \times 25 = 500$ d'où
 $Y = 85,500$

L'altitude Z se lit directement sur les courbes de niveau
 $Z = 1020$ m.

- Pointage d'une cavité à partir de ses coordonnées Lambert
 C'est l'opération inverse de la précédente, comme le montre l'exemple suivant. Soit $X = 703,375$ - $Y = 81,550$ - $Z = 840$ m.
 Sur la carte au 1/25 000 tracer le carré délimité par les axes 81 et



82 d'une part et les axes 703 et 704 d'autre part.

Il suffit alors de mesurer horizontalement de gauche à droite à partir de l'axe 703 :
 $375 : 25 = 15$ mm

et verticalement de bas en haut à partir de l'axe 81 :
 $550 : 25 = 22$ mm

Vérifier que $Z = 840$ m correspond bien à l'indication de la carte.

REALISER UN PROFIL ET UNE COUPE GEOLOGIQUE

Une coupe géologique est une représentation de la section des terrains dans un plan vertical.

Pour réaliser une telle coupe, il est nécessaire de procéder avec soin et méthode et en respectant la succession suivante :

- Choisir le plan de coupe.

D'une manière générale, le plan de coupe doit être choisi de façon à couper à peu près normalement les principaux accidents géologiques. L'orientation des coupes sera donc perpendiculaire à la direction des couches chaque fois que ce sera possible, ou si rien n'impose une autre position.

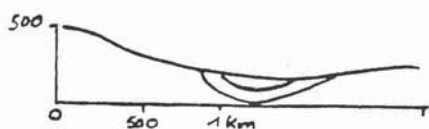
Pour nous spéléos, le plan de coupe sera choisi en fonction de l'axe privilégié des galeries principales d'une cavité ou de manière à obtenir le maximum d'informations sur la structure géologique du massif que l'on envisage de prospecter.

- Choisir l'échelle des longueurs et celle des hauteurs.

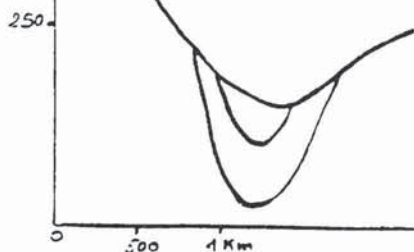
Là encore, retenons essentiellement le principe général. Il faut utiliser la MEME ECHELLE pour les hauteurs et les longueurs, pour ne pas déformer la réalité du terrain.

Si pour des raisons d'épaisseur de couches ou de complexité tectonique, on doit agrandir le profil, on le fera dans les mêmes proportions pour les longueurs et les hauteurs.

même échelle pour H et L.



échelle de H 5 fois plus grande que celle de L.

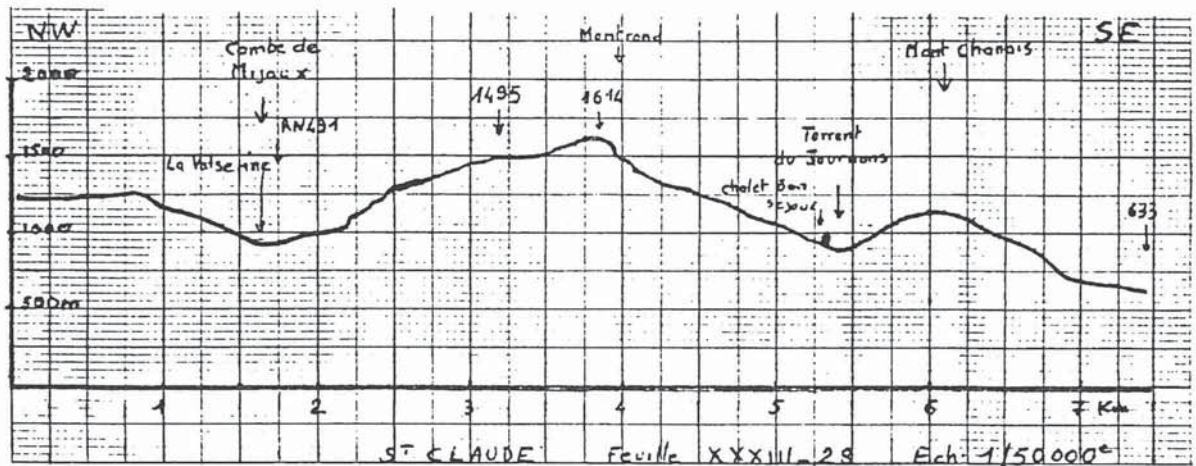


-Exécuter le profil topographique, l'orienter, indiquer l'échelle.

Le plan de coupe et l'échelle ayant été déterminés, on applique une feuille de papier millimétré le long du trait de coupe, et l'on abaisse, à leur altitude à l'échelle, les points d'intersection des courbes de niveau avec le trait de coupe. On dessine ensuite le profil en les réunissant par des courbes qui tiennent compte au maximum de l'allure du terrain.

Une bonne connaissance des différentes formes de relief dispense de repérer toutes les intersections des courbes de niveau. Il suffit simplement de pointer les sommets, les fonds de vallée et les points correspondant à des ruptures de pentes entre lesquelles les versants conservent une inclinaison à peu près constante.

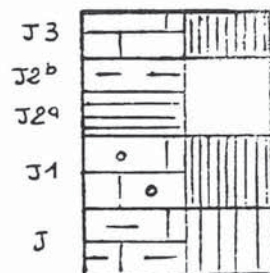
Ne pas oublier d'orienter la coupe, d'indiquer la carte topographique sur laquelle elle a été exécutée, ainsi que la trace du plan de coupe et noter quelques noms de lieux et quelques cotes permettant de retrouver l'endroit exact où la coupe a été faite.



- Examiner avec attention la carte géologique, repérer les principaux accidents et s'il y a lieu, les discordances et les plis.

- Dessiner les échelles stratigraphique et de résistance des roches.

Il est bon que la largeur de l'échelle de résistance soit la même que celle de l'échelle stratigraphique, et que les deux échelles soient accolées. On peut ainsi lire immédiatement et sans risques d'erreurs la dureté de chaque couche de terrain.



lignes très serrées = grande résistance

lignes espacées = faible résistance

pas de lignes = absence de résistance

Exemple d'échelle stratigraphique accolée à une échelle de résistance.

- Faire un schéma rapide, mais néanmoins précis au brouillon de la coupe géologique.

- Reporter les affleurements traversés par le trait de coupe sur le profil topographique en indiquant sur le bord supérieur du papier les notations de ces affleurements.

- Entreprendre alors la coupe proprement dite.

Il faut toujours commencer par dessiner les couches les plus récentes, mais si des contacts anormaux les affectent, il faut au préalable les représenter.

En effet, chaque ensemble limité par les contacts anormaux doit être traité comme une structure indépendante dont on débutera la construction par les couches les plus récentes.

Pour les failles de chevauchement, on commence par le compartiment chevauchant.

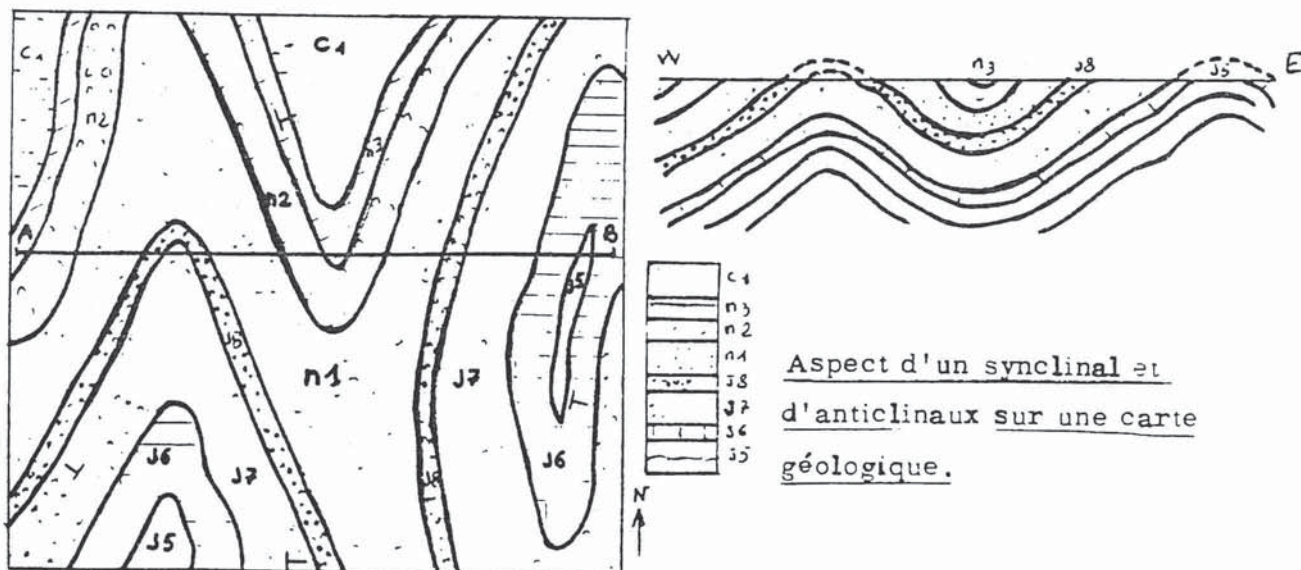
Dans une série concordante plissée, les couches les plus anciennes encadrées de part et d'autre par des terrains plus récents représentent le noyau d'un ANTICLINAL. Inversement, des terrains récents encadrés de part et d'autre par des terrains plus anciens occupent la région axiale d'un SYNCLINAL. Notons encore que l'épaisseur d'une couche est par principe présumée constante. Si l'on observe une variation notable d'épaisseurs d'une ou plusieurs couches dans une même coupe, il pourra s'agir :

- d'un étirement d'ordre stratigraphique (couches se terminant en biseau, lentilles etc ...).

- d'une faille ou d'un renflement d'origine tectonique (plis).

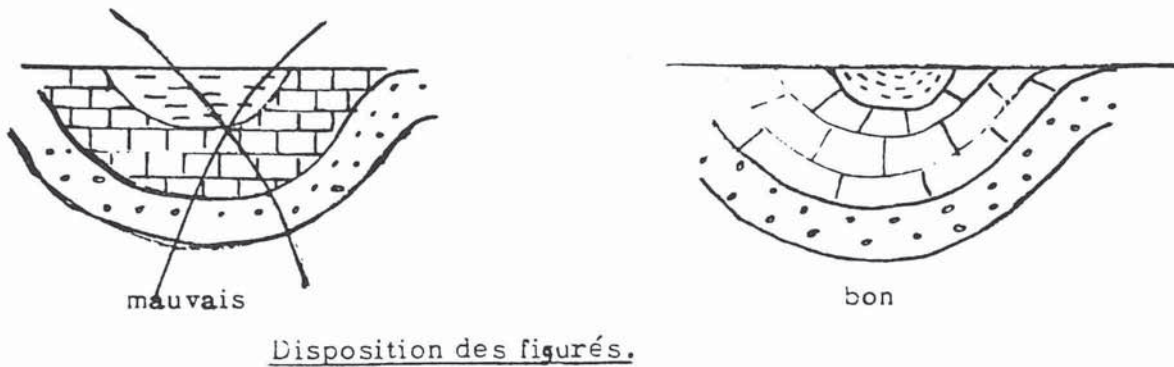
- d'une faille non observée qui a fait disparaître plus ou moins complètement la couche, ou produit une augmentation apparente de l'épaisseur.

Pour interpréter correctement une coupe, il ne faut pas hésiter à la comparer à des coupes voisines, en tenant compte du principe fondamental de continuité qui veut qu'une couche possède en général le même âge sur toute son étendue.

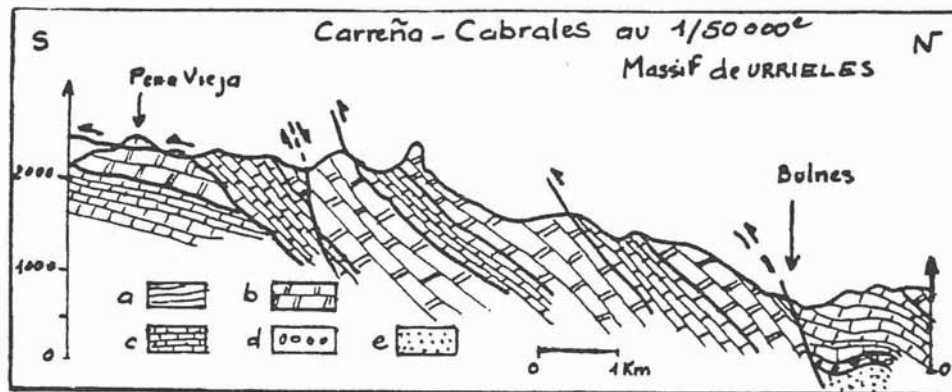


- Donner à chaque couche un figuré correspondant à sa lithologie.

Notons qu'un figuré doit se dessiner en rapport avec les limites des couches et non avec l'horizontale. Les traits des figurés doivent donc être parallèles ou perpendiculaires aux limites des couches.



- Enfin on achèvera la coupe en indiquant en légende la signification des figurés et des notations, l'échelle graphique des hauteurs et des longueurs, l'orientation et la toponymie.



- a) Westphalien D - Stéphanien, formation Lebena
- b) Westphalien B-C, formation Picos
- c) Namurien-Westphalien A, formation Barcaliente et Valdeteja
- d) Tournaisien, formation Barrios
- e) Crdovicien, formation Barrios.

Le profil topographique et la coupe géologique, outre le fait qu'ils permettent une meilleure compréhension des cartes topographique et géologique, donc du terrain, sont un moyen essentiel pour étudier et comprendre un massif ou une cavité.

Il est en effet très intéressant parfois, de projeter la coupe d'une cavité sur un profil topographique ou sur une coupe géologique en ayant soin de faire concorder les plans de coupe. La topographie devient alors parlante et les hypothèses émises peuvent en partie être vérifiées.

LA PHOTOGRAPHIE AERIENNE ET SON UTILISATION.

L'utilisation de la photographie aérienne à des fins cartographiques date de 1920.

Depuis, son utilisation a très largement dépassé le domaine de la cartographie, puisqu'elle touche aussi bien les sciences humaines, l'archéologie, la stratégie militaire, la géologie, l'hydrographie marine, les Eaux et forêts, et bien sûr, la spéléologie.

Il existe actuellement plus de trois millions de photographies verticales en noir et blanc conservées à la photothèque nationale et permettant la vision stéréoscopique.

Prises à la verticale de l'avion, ces photographies, de format 24 x 24 cm sont une image du terrain à une échelle approximative allant de 1/14 500 au 1/30 000. Le 1/14 500 couvre 2 000 hectares environ contre 5 000 pour le 1/30 000.

La prise de vue est faite systématiquement en émulsion panchromatique noir et blanc.

Enfin chaque photo recouvre de 60% la photographie voisine permettant ainsi la vision en relief de leur zone commune.

Chaque photo comporte les indications suivantes .

- les numéros de feuilles topographiques couvertes par la mission aérienne.

- le numéro de la photo
- le lieu et l'année de la mission
- le type d'objectif utilisé et la numérotation de la chambre
- les reperes latéraux qui permettent de déterminer le centre du cliché.

Parce que les photos sont prises selon des bandes parallèles, il est nécessaire lorsqu'on veut examiner des photos aériennes, de se reporter aux tableaux d'assemblage de la ou des missions couvrant la zone intéressée. Si l'on veut faire un examen stéréoscopique, il est nécessaire de prendre toutes les photos consécutives, par contre une sur deux suffit en cas d'examen à l'oeil nu.

Pour se renseigner ou passer commande à l'I.G.N., il convient .

- 1 - de délimiter sur un extrait de carte ou sur un calque les limites de la zone demandée.
- 2 - d'indiquer quelle mission on désire (la dernière ou la plus ancienne, ou celle exécutée à une période précise de l'année).
- 3 - de préciser si l'on veut observer les photos normalement ou sous stéréoscope.
- 4 - enfin de définir les caractéristiques du tirage souhaité mat. brillant, glacé, contraste ou non.

Observation au stéréoscope des photos aériennes.

L'observation stéréoscopique repose sur le principe suivant :
La vision binoculaire d'un objet est remplacée par l'observation de deux clichés de celui-ci pris sous les angles différents. Si ces deux photos sont disposées d'une certaine façon, l'observateur voit alors un seul objet en RELIEF.

Le stéréoscope est un appareil qui permet d'observer dans les meilleures conditions physiologiques possibles le couple de photos, puisqu'en principe le couple est placé dans le plan focal de l'appareil. De ce fait, les yeux de l'observateur ne voient plus directement les points des photographies mais les images de ces points placés à l'infini ; la vision se faisant sans accommodation.

Le stéréoscope étant en plus un système légèrement grossissant, il permet également de bien observer les détails.

Un stéréoscope simple se compose d'un bâti plus ou moins rigide et de deux oculaires identiques dont on peut régler l'écartement.

Pour pouvoir observer correctement à travers le stéréoscope, il convient de procéder comme suit :

- Placer les points correspondants des deux photos sur des lignes parallèles à la ligne joignant les centres des lentilles du stéréoscope.

- Placer ces points correspondants à une distance égale à l'écartement des yeux.

- Régler l'écartement des oculaires du stéréoscope.

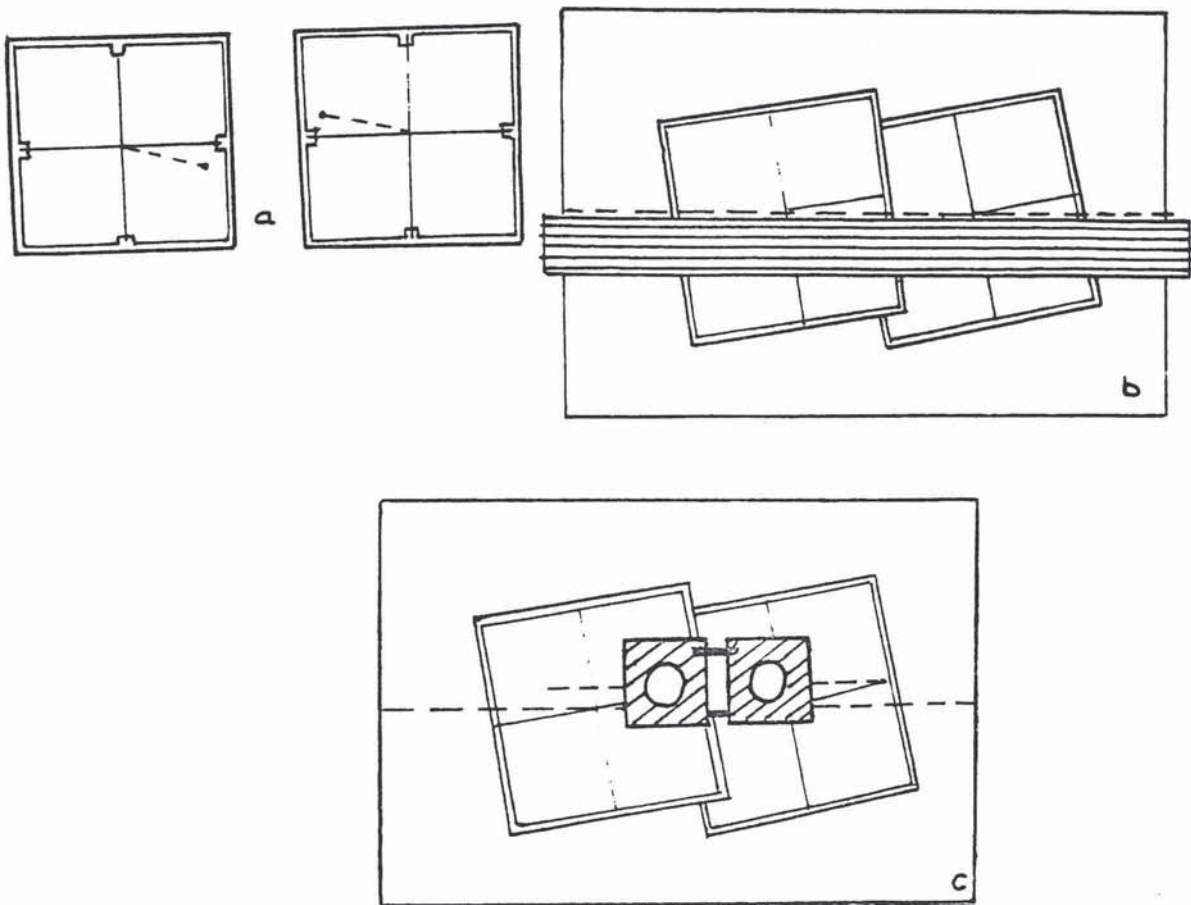
Pour associer convenablement les deux photos, il faut théoriquement pratiquer de la même manière suivante :

- Pointer à l'aide des repères latéraux les centres O1 et O2 de chaque photo.

- Repérer les points correspondants O'1 et O'2

- Joindre O1-O'2 et O2-O'1 en marquant les droites correspondantes sur les bords des clichés

- Aligner les segments O1-O'2 et O2-O'1 de telle sorte que la distance O1-O'1 et O2-O'2 soit voisine de l'écart interpupillaire, sans dépasser sa valeur.



a) détermination des centres et de leurs points homologues.

b) Mise en place du couple de photographies

c) Position du stéréoscope.

Pour les observations rapides, on repère sur chaque photo un même détail et on place le couple de manière que les deux points correspondants soient à environ 6 à 7 cm l'un de l'autre. Après mise en place du stéréoscope, on déplace légèrement l'une des photos jusqu'à l'obtention d'une fusion des deux images du point considéré.

Si l'on ne connaît pas son écart interpupillaire, on peut soit le faire mesurer par un ophtalmologiste, soit le mesurer soi-même. Devant une glace, on tient parallèlement à la ligne des yeux et légèrement en dessous un double décimètre. On ferme l'œil droit et on place le 0 du double décimètre à la verticale du centre de la pupille gauche. Avec l'œil droit on lit la valeur de l'écart interpupillaire à la verticale du centre de la pupille droite.

Utilisation des photos aériennes en spéléologie.

La photographie aérienne peut-être utilisée directement comme carte lorsque cette dernière n'existe pas ou lorsqu'on recherche des détails précis comme des entrées de cavités par exemple.

On comprendra l'intérêt de cette technique pour la prospection d'une zone karstique vierge de toutes explorations, puisque l'on peut observer l'ensemble de la zone de la même façon qu'on le ferait d'avion.

Ainsi vont apparaître les failles, la couleur et la structure des roches, la végétation, l'hydrographie, les dolines et avens.

Le pointage des cavités s'en trouve simplifié, puisqu'il suffit alors de pointer l'entrée sur la carte après l'avoir repéré sur la photo.

Les photos aériennes peuvent également être d'un grand secours pour la détermination de sites archéologiques, invisibles au niveau du sol mais qui apparaissent à une certaine altitude.

ENSEIGNER L'ETUDE DE CARTES ET L'ORIENTATION.

La cartologie est pour le spéléologue un moyen irremplaçable et une source fondamentale pour la connaissance d'une zone karstique, pour sa prospection, pour la découverte de nouvelles cavités.

Pour ceux qui aiment à explorer des "classiques", une bonne lecture de la carte est un gain de temps important et une économie d'effort dans l'approche de la cavité. Une bonne lecture de cartes, qu'elles soient topographiques ou géologiques etc ... est un des meilleurs moyens de réaliser des topographies parlantes où l'environnement, les accidents tectoniques et structuraux viendront aider à la compréhension de la cavité.

Enfin une bonne utilisation des cartes évitera les trop nombreuses erreurs, ou les trop grandes approximations dans le repérage des cavités.

ENSEIGNER la cartologie, c'est avant tout familiariser le spéléologue avec la carte, ses symboles, son échelle sa légende, ses courbes de niveau etc ..., en rapport constant avec le terrain.

Pour cela, la carte topographique DOIT ETRE UTILISEE DE FACON SYSTEMATIQUE DANS TOUS LES STAGES.

De la même manière qu'il faut éveiller le spéléologue à observer sous terre pour essayer de mieux comprendre le milieu souterrain, il faut aussi lui apprendre à observer sur le terrain, à repérer des points caractéristiques et les reporter sur la carte.

En d'autres termes, la carte doit devenir le compagnon inséparable du spéléologue. Durant les stages, des méthodes très simples existent pour inciter le stagiaire à se référer constamment à la carte et au terrain. Je n'en donnerai ici que deux exemples :

L'approche de la cavité doit être systématiquement laissée à l'initiative des stagiaires, l'entrée ayant été pointée sur la carte avant le départ. Au cours de la marche le rôle du cadre consistera à renvoyer constamment le stagiaire du terrain à la carte, pour qu'il se familiarise avec les symboles et éventuellement, à le replacer dans la bonne voie s'il venait à trop s'en écarter, tout en lui expliquant les raisons de son erreur.

Au début d'un stage, il devrait être impératif, avant même d'aller sous terre ou d'aborder la technique de progression, de faire découvrir la zone karstique sur laquelle évoluera le stage. Cette découverte peut revêtir plusieurs aspects, et rien n'empêche de lui donner la forme d'une MARCHE-ORIENTATION où les points à découvrir seront une résurgence, un escarpement rocheux, une doline où s'ouvre une cavité, un porche etc..., cela, évidemment, en fonction des caractéristiques du massif et du niveau du stage.

Pour conclure sur ce point fondamental, je veux insister sur le fait qu'il est bien plus important de savoir lire une carte que de savoir se servir d'une boussole ou d'un altimètre.

En effet, en terrain facile, de jour et par beau temps, la carte seule suffit à s'orienter. Tant que l'on est incapable de le faire, c'est qu'on ne sait pas lire une carte

En matière de cartologie, le premier enseignement consiste à familiariser le stagiaire avec la carte et à lui apprendre à l'utiliser sur le terrain.

Pour cela de nombreux exercices peuvent être réalisés durant les stages :

- Faire mesurer la distance pour se rendre à une cavité sur la carte et en calculer la distance sur le terrain (Utilisation de l'échelle).
- Comparer des cartes d'échelles différentes, noter les différences.

- Dessiner sur la carte les talwegs et les lignes de crêtes pour mieux se familiariser avec les courbes de niveau et la représentation du relief.
- Evaluer la pente entre deux points donnés.
- Calculer l'altitude d'un point.
- Réaliser des profils rayonnants à partir d'un point, pour déterminer les zones visibles et les zones cachées.
- Rechercher un itinéraire pour aller d'un point à un autre.
- Et, surtout, se déplacer constamment avec la carte et dans tous les lieux.

Cette liste n'est pas exhaustive, chacun en trouvera pour aider le stagiaire à se familiariser avec la carte, tout en les adaptant aux objectifs du stage.

Il serait en effet très néfaste que cette activité, essentielle pour la pratique de la spéléologie d'exploration, paraisse plaquée sur le reste, sans que le stagiaire n'en ressente l'intérêt.

USAGE DES INSTRUMENTS.

La lecture de la carte étant acquise, l'étape suivante va consister à placer le stagiaire dans des situations telles que la seule lecture de la carte ne lui permettra pas de s'orienter.

Ces situations nous sont bien connues : sortie de nuit d'une cavité, progression dans le brouillard ou dans une forêt dense, ou dans une région enneigée.

Dans de telles situations, les repères de la carte ne sont pas ou plus visibles sur le terrain et l'orientation devient problématique si l'on ne fait pas appel aux instruments.

En agissant de cette façon, on replacera l'usage de la boussole et de l'altimètre dans leur contexte vrai et l'on pourra en même temps insister sur les précautions à prendre lorsqu'on sait que l'on risque de rencontrer de telles situations.

Là encore, les exercices ne manquent pas pour habituer le stagiaire à utiliser carte et instruments :

- orienter la carte avec la boussole.
- marche à la boussole dans une direction donnée.
- réaliser un cheminement à la boussole, d'abord sur la carte, puis sur le terrain.
- réaliser une topographie de surface.
- réalisation d'alignements pour situer une cavité.
- utilisation de l'altimètre en terrain pentu, en l'étalonnant à chaque point caractéristique d'altitude connue.
- Etc ... etc ...

CARTES THEMATIQUES.

La lecture des cartes thématiques nécessite des connaissances préalables. Ainsi, il est difficile d'utiliser totalement une carte géologique si l'on n'a pas un minimum de connaissances en géologie, telles que les principes fondamentaux de superposition et de continuité qui constituent les fondements de la stratigraphie, et des notions de tectonique.

Ceci étant, l'étude de la carte thématique, comme celle de la carte topographique, passe par une familiarisation avec la légende, par l'étude du livret explicatif, par une comparaison avec les observations faites sur le terrain.

Il ne s'agit pas dans mon propos de transformer tous les spéléologues en scientifiques, mais essentiellement de les éveiller à une démarche "scientifique" d'étude des réseaux et massifs karstiques, afin que les observations qu'ils réalisent soient exploitables par les

scientifiques et, qu'à l'inverse, les travaux de ces derniers leur deviennent plus accessibles.

Quitte à me répéter, j'insiste sur le fait que notre enseignement doit être un ENSEIGNEMENT DE TERRAIN, où les apports que nous serons amenés à faire seront illustrés par les observations réalisées sur le terrain.

Ainsi, lors de relevés topographiques, on pourra éveiller les stagiaires à l'intérêt de noter l'orientation des failles et des diaclases, à relever le pendage des couches, etc La confrontation de ces relevés et des cartes thématiques pourra alors nous apporter des indications précieuses sur la cavité et son environnement.

PROGRESSION DANS L'ENSEIGNEMENT.

Selon le niveau du stage, on ne traitera pas de la même manière l'orientation et l'étude des cartes. Une progression est nécessaire, c'est l'objet de la proposition suivante.

Je n'aborde ici que les stages "découverte", "formation" et "perfectionnement", considérant que pour les stages pédagogiques, ces connaissances doivent être acquises ; sinon comment pourrait-on les enseigner...

STAGE DE DECOUVERTE.

Information sur la carte (échelle, symboles, légende etc ...).

Initiation à sa lecture, utilisation sur le terrain lors de l'approche des cavités.

STAGE DE FORMATION.

Information sur la carte topographique (courbes de niveau, orientation etc ...).

Marche orientation avec la seule carte.

Repérage des cavités à explorer, calcul des distances, choix de l'itinéraire.

Usage de la boussole, réalisation d'une topo de surface.

Réalisation d'un cheminement sur la carte en prévision d'une sortie nocturne ou dans le brouillard, vérification sur le terrain.

Présentation de la carte géologique du massif et explication de cette carte.

STAGE PERFECTIONNEMENT.

Mise à niveau des connaissances acquises durant les stages précédents.

Etude d'un massif à partir des différentes cartes topographiques, géologiques, géomorphologiques et hydrogéologiques dont on dispose.

Etude des photos aériennes au binoculaire pour le repérage des cavités et l'étude du massif.

Réalisation d'une coupe géologique partielle, dont le trait de coupe passera par l'axe principal des galeries d'une cavité explorée.

Report sur cette coupe de la coupe topographique de la cavité.

Evidemment, cette progression est à adapter en fonction du niveau des stagiaires et des objectifs poursuivis durant le stage.

Cependant, elle devrait servir de point de repère aux équipes d'encadrement lors de la réalisation de leur grille de stage.

BIBLIOGRAPHIE

- La carte topographique Jean STEINBERG Edt SEDES
- La France à l'échelle Jean-Luc MARGOT-DUCLOS Edt SOLAR
- La carte - Lecture et Utilisation I.G.N.
- Note sur l'examen stéréoscopique des photos aériennes I.G.N.
- Emploi de la photographie aérienne pour se diriger en terrain inconnu I.G.N.
- Technique de la spéléologie alpine - Chapitre 8 G. M%ARBACH et J L ROCOURT Edt Techniques Sportives Appliquées.
- Topographie in Spelunca 1972 N 2 épuisé
- Notes sur les coordonnées des activités GIRODAS P. in Spelunca 1977 N°2 p.64
- Echelles et report de points G. JAUZION in Spelunca 1979 N°2 p.91.
- Une grille pour mesurer les coordonnées Lambert C.MUGNIER in Spelunca 1978 N°4.
- Pour une cartographie morphologique du karst de profondeur J.-J. DELANNOY in Spelunca 1981 N°4 p.16 à 20.
- Documents et méthode pour le commentaire des cartes (géographie et géologie) ARCHAMBAUBAULT - R. LHENAFF - J.R. VANNEY.
2 fascicules : Principes de cartographie J. AUBOUIN, DELCOURT, LABESSE Edt DUNOD.
- Introduction à la lecture des cartes géologiques A. BONTE Edt MASSON.
- Coupes et cartes géologiques FOUCAULT et RAOULT , S.E.D.E.S. Edt DOUIN.
- Guide pratique du géologue de terrain pour l'étude des formations sédimentaires M. DREYFUSS Edt DUBOIS et POULAIN Montpellier.
- Méthodes de la stratigraphie et géologie historique J. BOULIN Edt MASSON.

LES CAHIERS DE L'E.F.S. / n° 2 - 1987 /

Publication de : ECOLE FRANCAISE DE SPELEOLOGIE (23 rue de Nuits F - 69004 - LYON)

TIRAGE OFFSET : COMITE REGIONAL DE SPELEOLOGIE RHONE-ALPES (28 quai St-Vincent 69001 - LYON)

Adresses à connaître...

AGENCES DE L'INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL

- Ile-de-France
107, rue La Boétie - 75008 PARIS
tél. : (1) 225 87 90
- Bourgogne, Auvergne, Rhône-Alpes
15, rue de la Poulaille - 69002 LYON
tél. : (78) 37 06 05
- Champagne, Ardenne, Lorraine, Alsace, Franche-Comté
30, place de la Carrière - 54000 NANCY
tél. : (8) 335 06 31 et 335 10 50
- Basse et Haute Normandie
1, rue Pierre Première -
27100 LE VAUDREUIL VILLE NOUVELLE
- Nord, Pas-de-Calais, Picardie
2, rue de Bruxelles - BP 3409 59019 LILLE Cedex
tél. : (20) 56 92 88
- Centre
D.A.E.E. 107, rue La Boétie - 75008 PARIS
tél. : (1) 225 87 90

PHOTOTHEQUE NATIONALE

Institut Géographique National
2, Avenue Pasteur - 94160 SAINT-MANDE
tél. : (1) 374 12 15 poste 2538
(1) 328 68 59

Heures d'ouverture :

du lundi au jeudi	8 h 30 - 11 h 30 13 h 30 - 17 h
le vendredi	8 h 30 - 11 h 30
le samedi	13 h 30 - 16 h 30 8 h 30 - 11 h 30

CENTRES D'ETUDES TECHNIQUES GEOGRAPHIQUES

- Languedoc, Roussillon, Provence, Alpes, Côte d'Azur, Corse
Aix-en-Provence - Z.I. les Milles - 13290 LES MILLES
tél. : (42) 59 99 10
- Aquitaine, Midi Pyrénées, Poitou, Charentes, Limousin
Rue Pierre Ramond Caupian - SAINT-MEDARD-EN-JALLES
BP 57 - 33019 BORDEAUX Cedex (Adresse postale)
tél. : (56) 05 84 66
- Bretagne, Pays de Loire
Antenne IGN dans l'Ouest MAN, rue René Viviani - 44062 NANTES Cedex
tél. : (40) 47 10 47 - 47 43 62

CONSEILLERS GEOGRAPHIQUES REGIONAUX

auprès des Directeurs Régionaux de l'Équipement

- AJACCIO - DRE - 19, cours Napoléon - 20000 AJACCIO
tél. : (95) 21 35 35
- CLERMONT-FERRAND - DRE - 31, rue Pélissier - BP 145
62033 CLERMONT-FERRAND
tél. : (73) 91 41 41
- LYON - Agence IGN de Lyon - 15, rue de la Poulaille
69002 LYON
tél. : (78) 37 06 05
- MARSEILLE - DRE - 37, boulevard Périer
13295 MARSEILLE Cedex 2
tél. : (91) 53 31 00
- MONTPELLIER - DRE - 520, allée Henri II de Montmorency
34064 MONTPELLIER Cedex
tél. : (67) 58 63 33

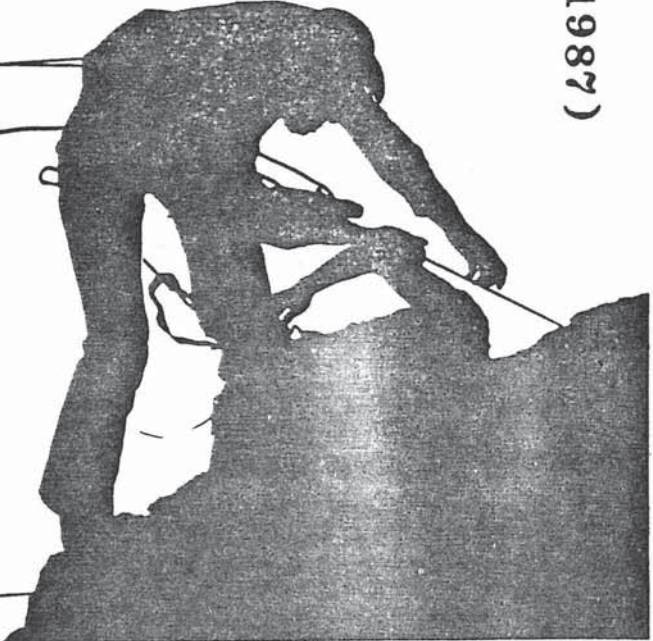
GEOMETRES DEPARTEMENTAUX

auprès des Directeurs Départementaux de l'Équipement

- NICE - DDE-GAM - 40, rue Clément Roassal - 06000 NICE Cedex
tél. : (93) 87 11 88
- QUIMPER - DDE - Cité administrative Kerfeunten - BP 506
29107 QUIMPER Cedex
tél. : (98) 95 70 32
- TOULON -DDE - 224, avenue de l'Infanterie de Marine - BP 329
83070 TOULON Cedex
tél. : (94) 42 90 00

LES GAUJERS DES I.E.F.S.

N° 1 (1987)

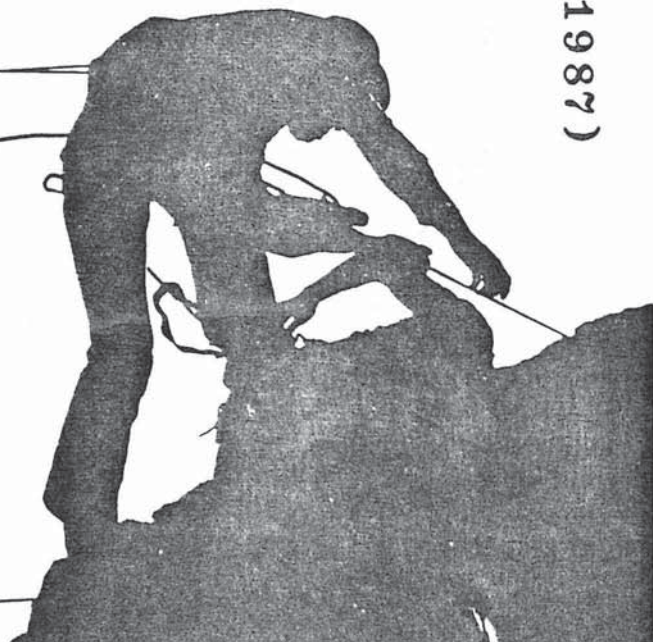


COMPTE RENDU DU STAGE
NATIONAL SCIENTIFIQUE DE
FORMATION DE CADRES E.F.S.
(FEVRIER 1987 - VALLON-PONT D'ARC)

Coordination: PHILIPPE VALLET
Ecole Française de Spéléologie
Commission Scientifique F.F.S.

LES GAUJERS DES I.E.F.S.

N° 2 (1987)



CARTOGRAPHIE - ORIENTATION
ET LECTURE DE CARTES

par Jean-Pierre HOLVOET

Mémoire réalisé dans le cadre
du cycle de Formation conduisant
au Brevet Fédéral d' INSTRUCTEUR
DE SPELEOLOGIE (F. F. S.)
Ecole Française de Spéléologie