



Patrick Bouron

École Nationale des Sciences
Géographiques, Institut Géographique
National

Cartographie

L

ECTURE DE CARTE

Table des matières



Introduction.....	7
--------------------------	----------

Chapitre I. Rappels sur les systèmes d'unité..... 11

Partie A. Les mesures d'angles.....	11
1. Le radian.....	11
2. Le degré.....	12
3. Le grade.....	12
4. Le millièrne.....	12
Partie B. Tableau d'équivalence.....	13
Partie C. La mesure du temps.....	13
Partie D. La mesure métrique.....	14
Partie E. L'équivalence entre les distances et les angles.....	15
Partie F. L'équivalence entre le temps et les angles.....	16
Partie G. L'équivalence entre les distances et les heures (ou les angles)...	17
Partie H. Quelques exemples à retenir.....	17

Chapitre II. Les coordonnées géographiques..... 19

Partie A. Méridiens et parallèles.....	19
Partie B. Coordonnées géographiques.....	20
1. Longitude (λ).....	20
2. Latitude (ϕ).....	21
3. Azimut Az.....	21
4. Altitude Z.....	22
Partie C. Positionnement géographique de la France.....	24

Chapitre III. Découpage et numérotation des cartes topographiques.....25

Partie A. Découpage des cartes topographiques.....	25
Partie B. Largeur et hauteur d'une feuille.....	26
Partie C. Nom et numérotation des cartes.....	27
1. Les cartes à 1: 50 000.....	27
2. Les cartes à 1: 25 000.....	27
3. Les cartes TOP 25.....	27

Chapitre IV. Systèmes et représentations planes..... 31

Partie A. Généralités.....	31
Partie B. Exemples de représentations.....	33
1. Représentation de Mercator.....	33
2. Représentation conforme de Lambert.....	34
3. Représentation stéréographique polaire.....	34
4. Représentation transverse de Mercator.....	35
5. Représentation de Bonne.....	35
6. Représentation sinusoïdale de Sanson.....	35
7. Représentation oblique de Lorgna.....	36
Partie C. Système et ellipsoïde de référence.....	36
1. Le système NTF (Nouvelle Triangulation de la France).....	37
2. Le système ED50 (European Datum 1950).....	37
3. Le système WGS84 (GPS).....	37
4. Le Système RGF93.....	38
Partie D. La projection Lambert.....	38
1. Principe de la représentation Lambert.....	38
2. Le Lambert zone.....	40
3. Les coordonnées Lambert zone.....	41
4. Les coordonnées Lambert carto.....	42
5. Le Lambert 93.....	43
Partie E. La représentation UTM (Mercator Transverse Universel).....	44
1. Les principes de la représentation UTM.....	44
2. Les fuseaux UTM.....	45
3. Les coordonnées UTM.....	46
4. Quadrillages UTM (hecto kilométrique et dérivé).....	47
Partie F. Projection stéréographique.....	48

Chapitre V. Les coordonnées en marge des cartes IGN..... 51

Partie A. Cartes 1 : 25 000 et 1 : 50 000.....	51
Partie B. Cartes TOP 25.....	52
Partie C. Cartes à 1 : 25 000 avec surcharge GPS.....	53
Partie D. Cartes à 1 : 100 000 (série verte ou TOP 100).....	54

Chapitre VI. Mesures sur la carte..... 57

Partie A. Mesure des distances avec une carte.....	57
1. Echelle d'une carte.....	57
2. Mesures d'une distance sur la carte.....	58
3. Distance horizontale.....	61
Partie B. Mesure des coordonnées d'un point.....	61
1. Identification du système de coordonnées.....	62
2. Coordonnées géographiques (longitude, latitude).....	63
3. Coordonnées rectangulaires.....	65
Partie C. Détermination d'une direction.....	68
1. Gisement.....	68
2. Azimut.....	68
3. Convergence des méridiens.....	68
Partie D. Détermination de l'altitude d'un point.....	69
Partie E. Détermination de la pente.....	69
Partie F. Fabrication d'un profil en long.....	70
1. Comment tracer un profil ?.....	70
2. Le niveau apparent.....	72

Chapitre VII. L'orientation de la carte..... 73

Partie A. Orienter la carte en direction du nord.....	73
1. Les différents nords.....	73
2. Calcul de la déclinaison magnétique.....	74
3. S'orienter avec une boussole.....	75
4. S'orienter avec une montre.....	76
5. S'orienter avec l'étoile polaire.....	77
Partie B. S'orienter à l'aide d'une carte.....	77
1. A l'aide d'un alignement.....	78
2. A l'aide d'une visée lointaine.....	78
Partie C. Déterminer sa position sur une carte.....	79

Chapitre VIII. Les éléments représentés sur une carte..... 81

Partie A. Généralités.....	81
Partie B. La carte source d'informations planimétriques.....	82
1. Routes et chemins.....	82
2. Chemins de fer.....	84
3. Lignes électriques.....	85
4. Clôtures et limites.....	85
5. Végétation et cultures.....	85
6. Constructions diverses.....	86
7. Limites et notations administratives.....	87
Partie C. Hydrographie.....	88
1. Mer, lac, étang.....	88
2. Fleuve, rivière, ruisseau.....	89
3. Source, puit, château d'eau.....	90
Partie D. Toponymie.....	91
Partie E. La représentation du relief (orographie).....	93
1. Les courbes de niveau.....	93
2. L'estompage.....	94
3. Les points cotés.....	94
4. Autres signes conventionnels de l'orographie.....	95
Table des illustrations.....	97
Table des schémas.....	99
Table des tableaux.....	101

Introduction

Nombreux sont ceux qui méconnaissent les cartes de l'Institut Géographique National et leur utilité. S'ils omettent de s'en servir, c'est bien souvent parce qu'ils n'ont jamais appris à en exploiter tous les renseignements, se privant ainsi des joies de la découverte au cours de leurs voyages et excursions ou qu'ils négligent encore un instrument de travail moderne, indispensable pour résoudre certains de leurs problèmes.

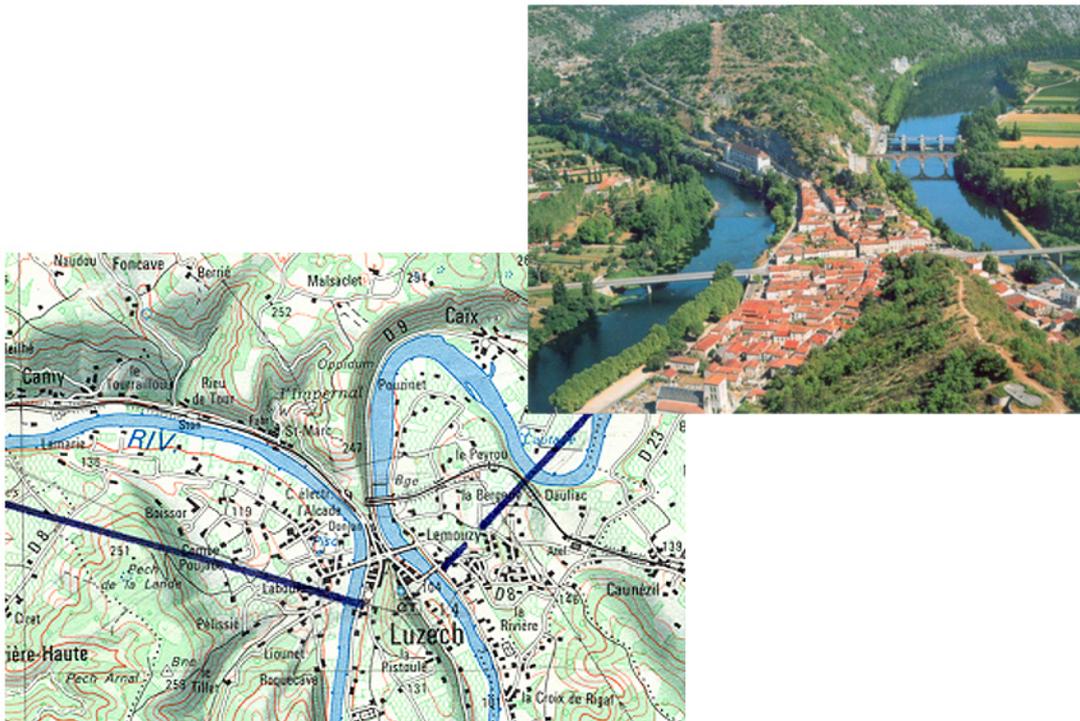
Il faut savoir qu'il est infiniment plus facile d'apprendre à lire une carte que d'apprendre à lire un texte.

Ce document est conçu pour les utilisateurs des cartes de l'IGN afin de leur fournir certains principes et définitions qui leur permettront d'utiliser plus aisément la carte et de tirer le meilleur parti des renseignements qui y figurent. Après avoir lu ce document, l'utilisateur, examinant la carte d'un oeil attentif, s'apercevra que, quoique détaillée, elle est loin d'être confuse ; la figuration du relief, ainsi que la représentation des détails planimétriques par différents symboles lui suggéreront, avant même d'aller sur le terrain, la physionomie et le caractère de la région considérée. De même, lorsqu'il pourra orienter correctement sa carte, situer et identifier sur celle-ci chaque point du terrain et en déterminer l'altitude, l'utiliser pour marcher dans une direction donnée, il la considérera comme l'auxiliaire indispensable de ses promenades ou de ses randonnées.



Une carte est une image réduite, conventionnelle, d'une partie de la surface de la terre, que l'on peut considérer comme géométriquement exacte.

Apprendre à lire et utiliser cette carte, c'est être capable, avant même d'aller sur le terrain, d'imaginer la physionomie et le caractère de la région cartographiée.



▲ IMG. 1

Image réduite



Toutes les cartes sont une réduction d'une partie de la surface de la terre. Le rapport de réduction est l'échelle de la carte.

En France, les cartes de l'Institut Géographique National couvrent l'ensemble du territoire métropolitain à des échelles allant du 1 : 25 000 jusqu'au 1 : 1 000 000.

Quelle carte choisir ?

Il existe un lien entre l'échelle de la carte et son utilisation : le randonneur à pied utilisera la carte au 1 : 25 000 très détaillée alors que l'automobiliste utilisera une carte au 1 : 250 000 ou 1 : 1 000 000.



Echelle	1:1000000	1:500000	1:250000	1:100000	1:50000	1:25000
Nombre de cartes pour couvrir la France métropolitaine	1	7	16	75	1100	2200

▲ IMG. 2

Image conventionnelle

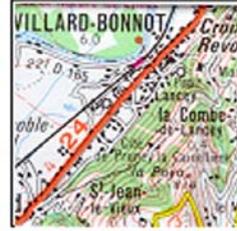
Les éléments à la surface de la terre sont très nombreux, une simple réduction aurait pour effet d'en faire disparaître un certain nombre et de rendre la carte illisible. Les éléments du terrain sont donc généralisés et représentés sur la carte par des signes conventionnels. Cette symbolisation figure auprès de la carte sous forme de légende et varie selon l'échelle de la carte.



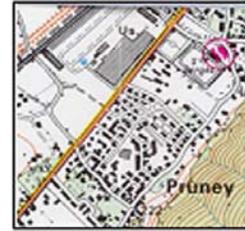
Carte au 1:1000000



Carte au 1:250000



Carte au 1:100000



Carte au 1:25000

▲ IMG. 3

Image géométrique

Les positions respectives des objets à la surface de la terre et leur image sur la carte sont liées par des relations mathématiques. Cette relation conserve les angles et altère les longueurs et les surfaces. Cependant les altérations en cause sont insignifiantes car inférieures au jeu du papier et à la précision des mesures graphiques.

La carte permettra à son utilisateur de définir un point du terrain dans un système de coordonnées, de calculer des distances, des altitudes, des pentes et de définir des directions.

Rappels sur les systèmes d'unité

Selon l'échelle, la date et le pays d'édition de la carte, les unités utilisées peuvent différer.

Avant « d'entrer dans le vif » du sujet, ce chapitre propose quelques rappels concernant les unités angulaires, les unités de distance et quelques ordres de grandeur qui permettront d'utiliser et d'interpréter au mieux la carte topographique.

Partie A. Les mesures d'angles

1. Le radian

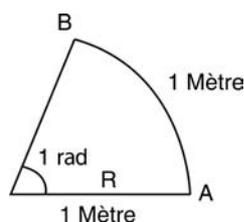


L'unité mathématique de mesure d'angle est le radian.

La notation du radian est « rad ».

Un radian est l'angle formé par un arc de cercle \widehat{AB} égal au rayon R .

Dans une circonférence, il y a 2π radians, avec $\pi = 3.14\dots$



▲ SCH. 1

2. Le degré

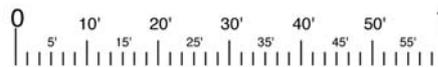


Le degré est l'unité angulaire qui divise une circonférence en 360 degrés. La notation du degré est « ° ».

Les calculs en degré sont « pénibles », car il s'agit comme pour l'heure d'un système sexagésimal. Les sous-multiples du degré sont :

- ◆ la minute sexagésimale, notée « ' » telle que $60' = 1^\circ$.
- ◆ la seconde, notée « " » telle que $60'' = 1'$. Donc $1^\circ = 60' = 3\,600''$.

1° est aussi égal à $60'$ ou $3\,600''$.



▲ IMG. 4



Exemple

$21^\circ 06' 34''$, 1035 (attention, les secondes sont décimales).

On peut convertir cet angle en degré décimal : on trouve $21^\circ,1094732$.

3. Le grade



Le grade ou le gon est l'unité angulaire qui divise une circonférence en 400 grades. Le grade est noté « gr ».

C'est une unité décimale dont les sous-multiples sont :

- ◆ le dixième de grade ou le décigrade (dgr) : $1 \text{ dgr} = 0.1 \text{ gr}$
- ◆ le centième de grade ou le centigrade (cgr) : $1 \text{ cg} = 0.01 \text{ gr}$
- ◆ le milligrade (mgr) : $1 \text{ mgr} = 0.001 \text{ gr}$
- ◆ le décimilligrade (dmgr) ou le centième de centigrade (cc) : $1 \text{ dmgr} = 1 \text{ cc} = 0.0001 \text{ gr}$.

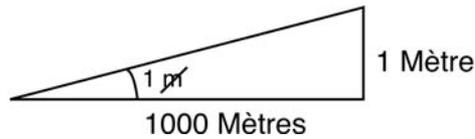
4. Le millième



Le millième est l'unité d'angle telle que dans une circonférence il y ait 6 400 millièmes.

Le millième est peu différent de $1/1\,000$ de radian et peut être considéré comme étant l'angle sous lequel on voit 1 mètre à une distance de 1 000 m.

La notation du millième est : $\text{m}\overline{\text{r}}$



▲ SCH. 2

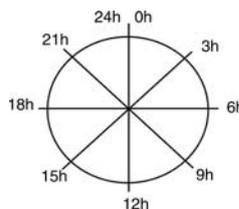
Partie B. Tableau d'équivalence

UNITÉ						
Radian	$\pi/2 \cong 1.57 \text{ rd}$	$\pi \cong 3.14 \text{ rd}$	$3\pi/2 \cong 4.71 \text{ rd}$	$2\pi \cong 6.28 \text{ rd}$	$\pi/3 \cong 1.05 \text{ rd}$	$\pi/4 \cong 0.79 \text{ rd}$
Degré	90°	180°	270°	360°	60°	45°
Grade	100 gr	200 gr	300 gr	400 gr	66,666 gr	50 gr
Millième	1600	3200	4800	6400	1066,66	800

▲ IMG. 5

Partie C. La mesure du temps

La rotation diurne de la Terre autour de son axe a longtemps semblé suffisamment uniforme pour définir la mesure du temps. Actuellement, la notion de temps est basée sur une définition atomique de la « seconde » particulièrement stable reproduite à l'aide d'horloge atomique. C'est à partir de cette « seconde atomique » que sont défini les échelles de temps universelles (TU) ou légales rythmant notre vie.



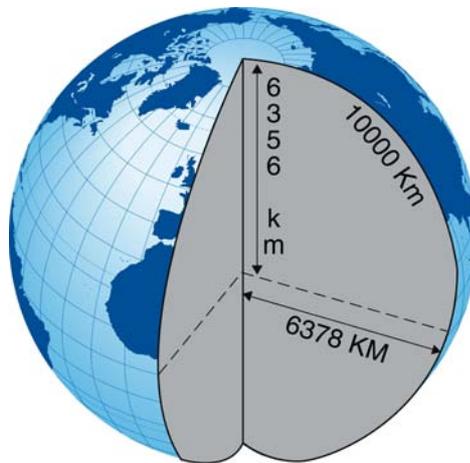
▲ SCH. 3

Partie D. La mesure métrique

Il y a eu de tout temps diverses unités de longueur : le pied, la toise, le pouce.

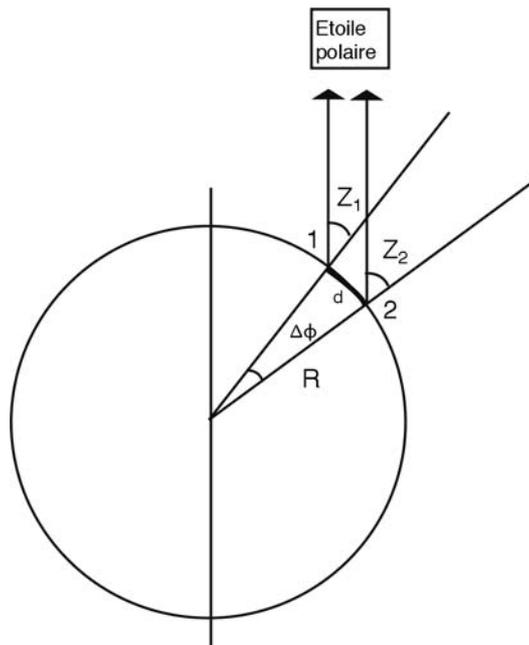
Un certain nombre de ces unités sont encore en usage (Angleterre et États-Unis), mais l'unité internationale légale des longueurs est le mètre.

De nos jours, un mètre correspond à la distance parcourue dans le vide par la lumière pendant $1/299\,792\,458$ de seconde. Le mètre original ou mètre des archives date de la fin du XVIII^e siècle : à cette époque, les scientifiques calculent les dimensions de la Terre et définissent le mètre comme la dix millionième partie du quart du méridien terrestre.



▲ Sch. 4

Des mesures de latitude dans un méridien permettent de déterminer de manière approchée la valeur du rayon terrestre.



R est le rayon de la terre, d la distance observée entre deux points 1 et 2.

Si on observe Z_1 et Z_2 , on en déduit :

$$\varphi_1 = 90^\circ - Z_1$$

$$\varphi_2 = 90^\circ - Z_2$$

on détermine alors

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

Le rayon R de la terre est approximativement égal à :

$$R = d / \Delta\varphi \text{ (rad)}$$

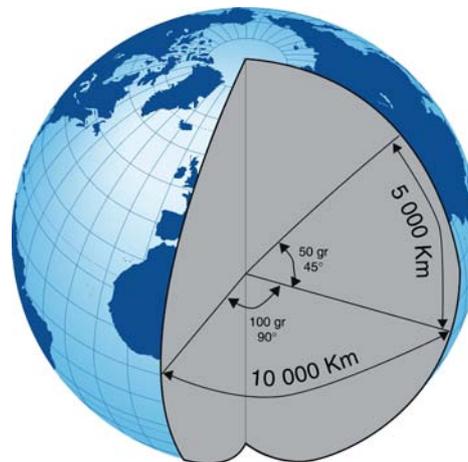
▲ SCH. 5

Partie E. L'équivalence entre les distances et les angles

Rappel

Nous avons vu précédemment que le mètre est défini comme la dix millionième partie du quart du méridien terrestre. La circonférence de la terre étant d'environ 40 000 km, 400 grades représentent donc 40 000 km.

De même, 100 grades ou 90° le long d'un méridien ou le long de l'équateur représentent 10 000 km.



▲ SCH. 6

Il existe également d'autres relations entre les mesures d'angles et de distances.



Exemple

Les artilleurs utilisent comme unité angulaire le millièmètre, qui représente un angle de 1 m à 1 km.

Les marins utilisent l'équivalent d'un angle de 1 minute d'arc ($0^{\circ} 1'$) qui représente à la surface de la terre une distance de 1 852 m. Cette unité est plus communément appelée « Mille marin » ou « Mille nautique ».



Attention

Dans les pays du Commonwealth le Mille marin vaut 1 853,18 m.

Partie F. L'équivalence entre le temps et les angles

On sait que la terre tourne autour de l'axe des pôles vers l'est avec une période de 24 heures. Ainsi, il faut approximativement 6 heures pour qu'un point, à la surface de la terre, tourne d'un angle de 90 degrés (ou 100 grades) autour de l'axe des pôles (parallèlement à l'équateur). Donc, en 1 heure de temps, on parcourt un angle de $90/6 = 15$ degrés ou un angle de $100/6 = 16,667$ grades.



Exemple

Si on calcule la différence de longitude entre Nice et Ouessant, on trouve un angle de 13,8 gr, ce qui correspond à un décalage horaire de 0 h 49 mn 41 s.

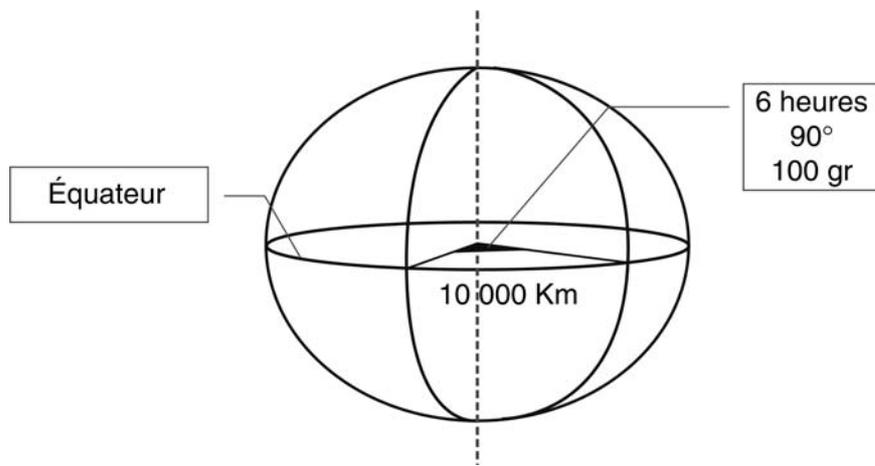


▲ SCH. 7

Partie G. L'équivalence entre les distances et les heures (ou les angles)

On a vu précédemment que la rotation d'un quart de tour terrestre durait 6 heures. Or, à l'équateur on sait que la circonférence de la terre vaut approximativement 40 000 km, donc pour parcourir 10 000 km (un quart de la circonférence) il faut 6 heures de temps (24 h/4).

Donc en 1 heure, on parcourt 1 667 km. Ainsi à l'équateur notre vitesse relative par rapport au centre de la terre est de 1 667 km / heure.



▲ SCH. 8

Partie H. Quelques exemples à retenir

1 grade \Leftrightarrow 100 km	1 cgr \Leftrightarrow 1 km	1 dmgr \Leftrightarrow 10 m
1 degré \Leftrightarrow 111 km	1' \Leftrightarrow 1,85 km (mille marin)	1'' \Leftrightarrow 30 m
1 heure \Leftrightarrow 15° \Leftrightarrow 1 667 km	1 minute \Leftrightarrow 15' \Leftrightarrow 28 km	1 seconde \Leftrightarrow 15'' = 450 m

▲ TAB. 1 : A L'ÉQUATEUR

Les coordonnées géographiques

Partie A. Méridiens et parallèles

Supposons que la terre est un ellipsoïde tournant autour de l'axe des pôles.

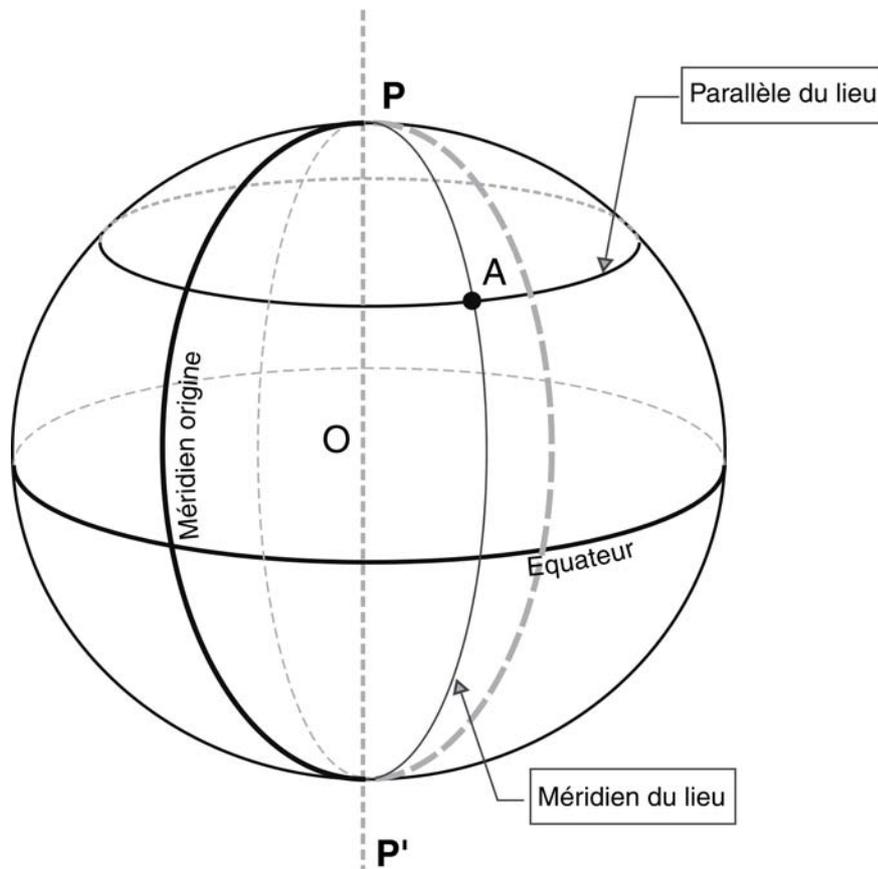
Soit :

- ◆ le centre de l'ellipsoïde
- ◆ PP' l'axe des pôles
- ◆ A , un point situé à la surface de l'ellipsoïde.

Le plan passant par le point A contenant la droite (PP') (axe des pôles) est appelé Plan Méridien du lieu. L'intersection de ce plan avec l'ellipsoïde est une ellipse appelée Méridien du lieu.

Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles passant par le point A coupe l'ellipsoïde suivant un cercle appelé Parallèle du lieu.

Le cercle défini par l'intersection de l'ellipsoïde et d'un plan perpendiculaire à l'axe des pôles passant par le centre O du même ellipsoïde définit l'Équateur.



▲ Sch. 9

Partie B. Coordonnées géographiques

Les coordonnées géographiques d'un point de la surface terrestre sont sa longitude et sa latitude, qui permettent de le définir exactement.

1. Longitude (λ)

 La longitude λ d'un point est l'angle formé par le plan méridien contenant ce point avec un plan méridien pris comme origine.

La longitude se compte de 0 à 180 degrés (ou de 0 à 200 grades) à l'est et à l'ouest du méridien origine.

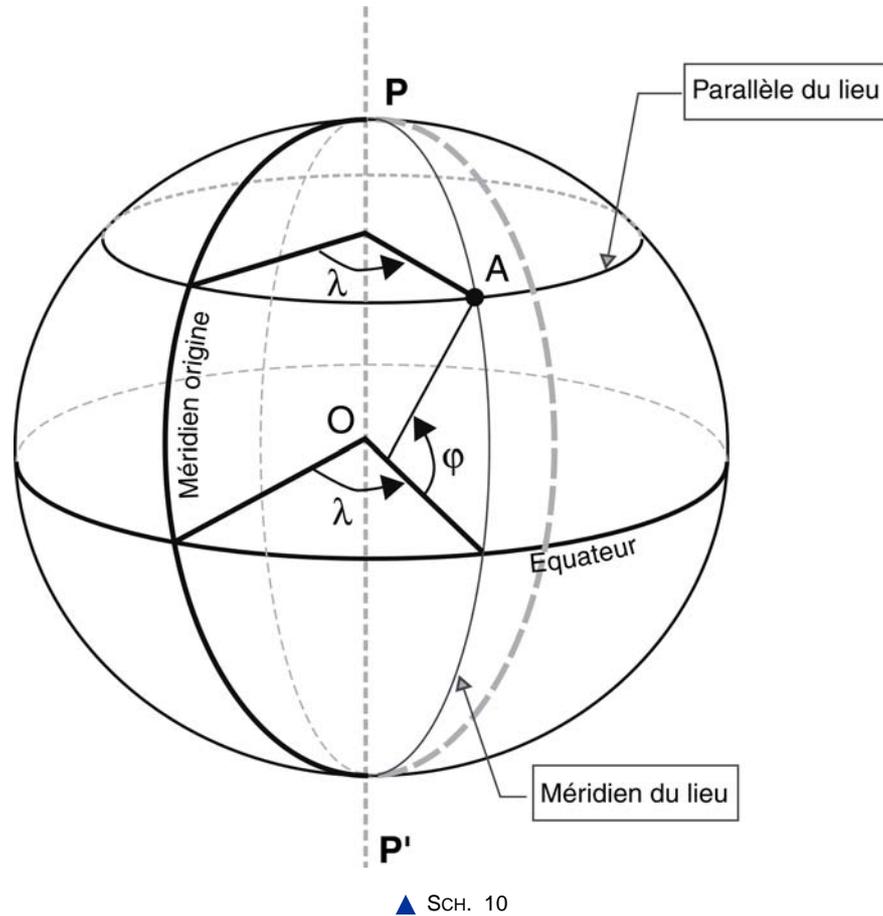
Sur les cartes de France au 1 : 25 000, au 1 : 50 000 et au 1 : 100 000, les longitudes sont exprimées en grades et le méridien origine est le méridien de Paris. Sur les cartes à plus petite échelle, elles sont exprimées en degrés et le méridien origine est le méridien de Greenwich ou méridien international.

Le méridien de Paris est situé à l'est du méridien international à $2^{\circ}20'14''{,}025$ ou $2,596921297$ gr.

2. Latitude (phi)



La latitude ϕ d'un point est l'angle formé par la normale à l'ellipsoïde passant par ce point et le plan de l'équateur.



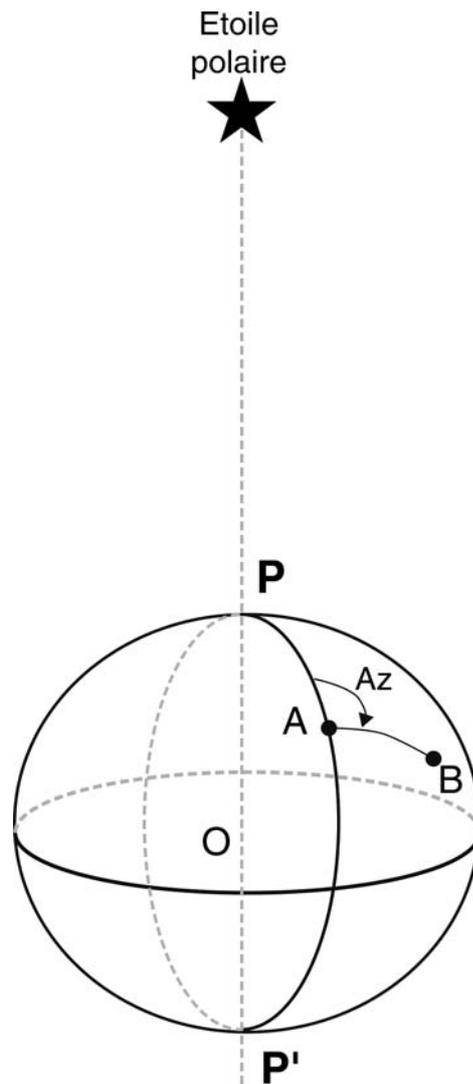
Elle se compte de 0 à 90 degrés (ou de 0 à 100 grades) au nord et au sud de l'équateur.

3. Azimut Az



L'azimut (noté Az) d'une direction AB est l'angle que forme cette direction avec le méridien du lieu, c'est-à-dire le nord géographique.

La direction du nord géographique est caractérisée dans l'hémisphère nord par l'étoile polaire, qui est presque alignée sur l'axe des pôles.



▲ Sch. 11

4. Altitude Z

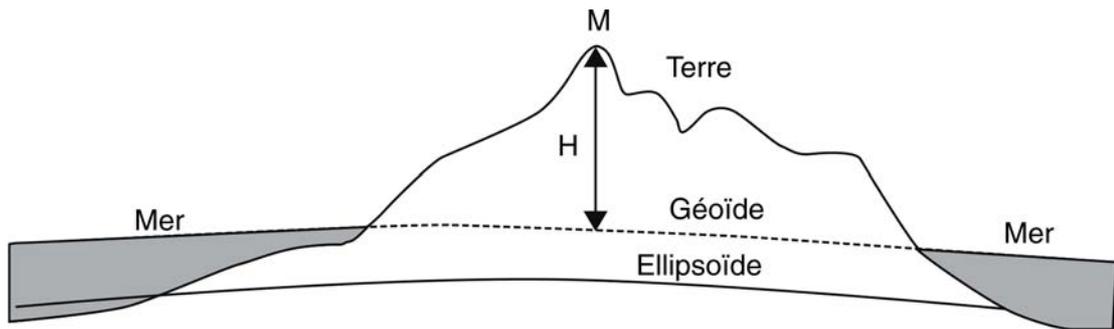
La terre est une surface «tourmentée» avec de gros écarts de relief. Il s'agit de trouver une surface qui puisse être utilisée comme référence. On a naturellement choisi la surface de niveau moyen des mers comme origine des altitudes. En prolongeant cette surface sous les continents, on obtient le géoïde.



L'altitude d'un point est donc la distance verticale qui sépare ce point d'une surface théorique de référence, dite surface de niveau zéro ou géoïde.

L'origine du nivellement français est donnée par le marégraphe du Fort St Jean à Marseille. Ce système d'altitude est nommé IGN69.

En utilisant ensuite un niveau et des mires, on mesure les altitudes de repères de nivellement (300 000 en France). Les altitudes des cartes IGN sont issues de ce réseau.



▲ SCH. 12



Hauteur observée par GPS

La hauteur observée à l'aide d'un GPS n'est pas une altitude dans le système de nivellement français (IGN69), mais une hauteur au-dessus d'un ellipsoïde de référence (GRS80).



Exemple

La hauteur observée avec un GPS, d'un des points de la terrasse d'observation de l'école nationale des sciences géographiques, est de 161 m. Le même point, déterminé par des observations de nivellement et rattaché au système de nivellement français, a une altitude de 117 m. On constate donc une différence de hauteur de 44 m, cet écart correspond au décalage local entre le géoïde et l'ellipsoïde de référence du système GPS (GRS80).

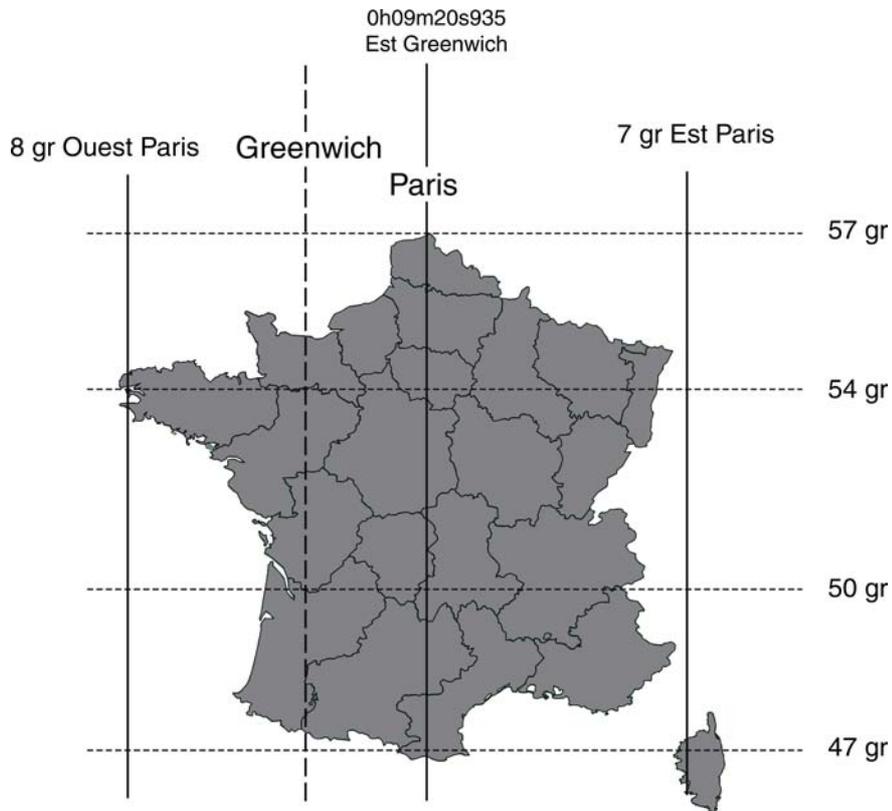
Il est à noter que cette différence n'est pas constante sur l'ensemble du territoire.



Remarque

Les cartes marines n'ont pas la même origine des altitudes (le « zéro » correspond à la laisse de plus basse mer).

Partie C. Positionnement géographique de la France



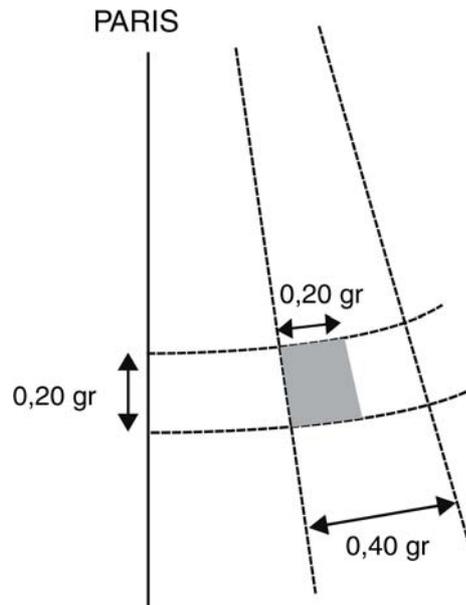
▲ SCH. 13

Découpage et numérotation des cartes topographiques

Partie A. Découpage des cartes topographiques

Le découpage des cartes est un découpage géographique.

Chaque feuille de la carte de France à 1 : 50 000 est limitée par deux méridiens distants de 0,40 gr et par deux parallèles espacés de 0,20 gr.



▲ SCH. 14

On passe facilement du découpage de la carte à 1 : 50 000 à celui de la carte à 1 : 25 000, (série bleue) éditée par demi-feuille (est et ouest). Les cartes à 1 : 25 000 sont donc limitées par deux méridiens distants de 0,20 gr et par deux parallèles espacés de 0,20 gr.

A première vue, la forme d'une carte à 1 : 50 000 ou 1 : 25 000 paraît être un rectangle. On observera en fait une légère convergence des méridiens (forme de trapèze) et une légère courbure des parallèles (cercles), qui peut être mise en évidence au moyen d'une règle.

Partie B. Largeur et hauteur d'une feuille

On sait qu'un angle de 1 gr, sur un arc de grand cercle terrestre, correspond à 100 km. Il en résulte que la « hauteur » d'une feuille à 1 : 50 000 ou d'une feuille à 1 : 25 000 correspond à environ 20 km.

Sur un arc de parallèle un angle de 1 gr de différence de longitude intercepte, à la latitude φ , une longueur de $100 \text{ km} \times \cos \varphi$.

Il en résulte que la largeur d'une feuille à 1 : 50 000 est $40 \text{ km} \times \cos \varphi$. De même la largeur d'une feuille à 1 : 25 000 est $20 \text{ km} \times \cos \varphi$.



Exemple

A la latitude moyenne de la France, on a $\cos \varphi \approx 0,7$, de sorte que la « largeur » d'une feuille à 1 : 50 000 située à cette latitude est d'environ $40 \times 0,7 = 28 \text{ km}$. La surface d'une telle feuille correspond donc à environ 560 km^2 , de sorte qu'il faut près de 1 100 feuilles au 1 : 50 000 pour couvrir l'ensemble du territoire français ($550 000 \text{ km}^2$).

Partie C. Nom et numérotation des cartes

1. Les cartes à 1: 50 000

Chaque feuille à 1 : 50 000 est désignée par le nom de la localité la plus importante qui s'y trouve et porte un numéro à quatre chiffres. Les deux premiers chiffres correspondent à des « colonnes » de 0,40 gr. de largeur, les deux chiffres suivants correspondent à des « lignes » de 0,20 gr. de hauteur.



Exemple

Le nom de la carte à 1 : 50 000 contenant la ville de Nantes est : 1223 NANTES

2. Les cartes à 1: 25 000



Rappel

Nous avons vu précédemment qu'une carte à 1 : 25 000 (série bleue) couvre la moitié d'une feuille à 1 : 50 000 (série orange). La numérotation des cartes à 1 : 25 000 est donc issue de celle des cartes à 1 : 50 000 à laquelle est ajoutée la lettre E pour désigner la partie est ou la lettre O pour désigner la partie ouest de la feuille au 1 : 50 000.

Le nom de la localité, figurant sur la couverture, désigne la localité la plus importante qui s'y trouve.



Exemple

Les deux cartes à 1 : 25 000 couvrant la même zone que la carte à 1 : 50 000 de Nantes (NANTES 12 23) sont :

- ◆ 12 23E NANTES
- ◆ 12 23O SAINT-HERBLAIN.

3. Les cartes TOP 25

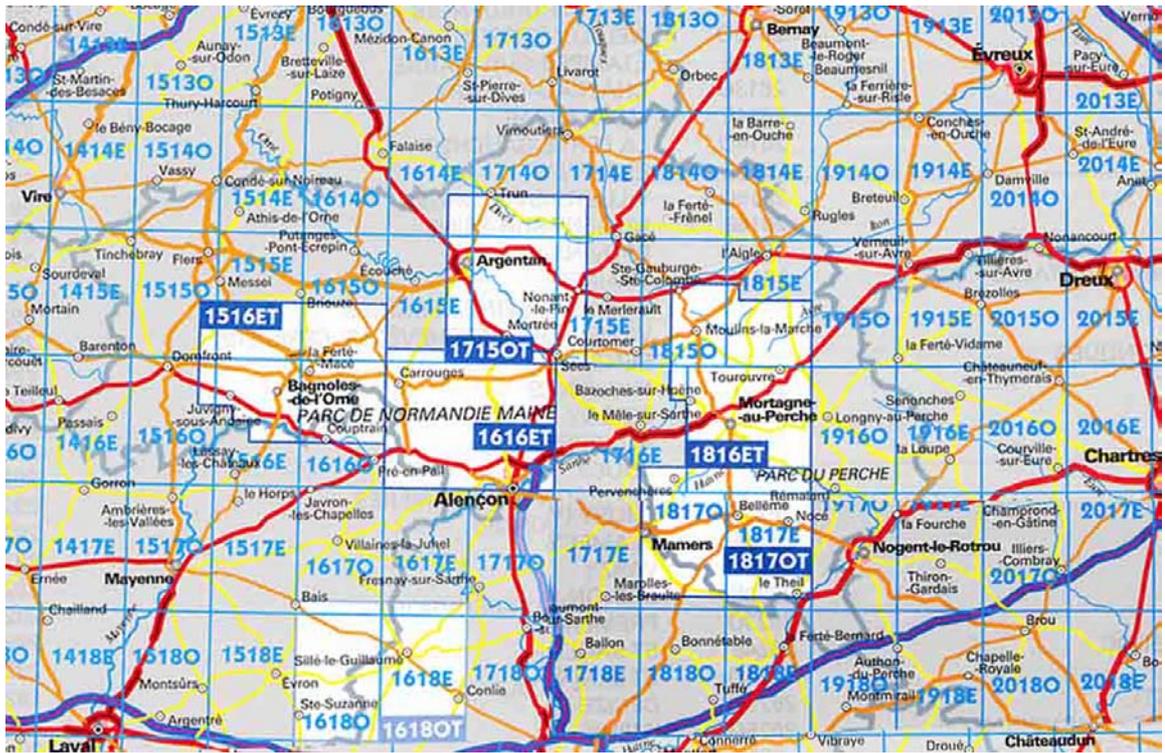
Les cartes de la série TOP 25 sont des cartes à l'échelle du 1 : 25 000 qui remplacent, sur certaines zones, les cartes de la série bleue à 1 : 25 000.

Les zones couvertes par ces cartes correspondent aux régions les plus fréquentées (littoral, forêt, montagne, parc...). Leur découpage n'est pas, comme pour les cartes à 1 : 25 000 de la série bleue, un découpage géographique de 0.2 gr sur 0.2 gr. Ces cartes sont plus grandes que les cartes à 1 : 25 000 classiques (série bleue) et couvrent une zone presque équivalente à celle couverte par les cartes à 1 : 50 000 (série orange).

Le numéro des cartes top 25 est composé de quatre chiffres et suivi de deux lettres OT ou ET.



▲ IMG. 6 : TABLEAU D'ASSEMBLAGE 1 : 100 000

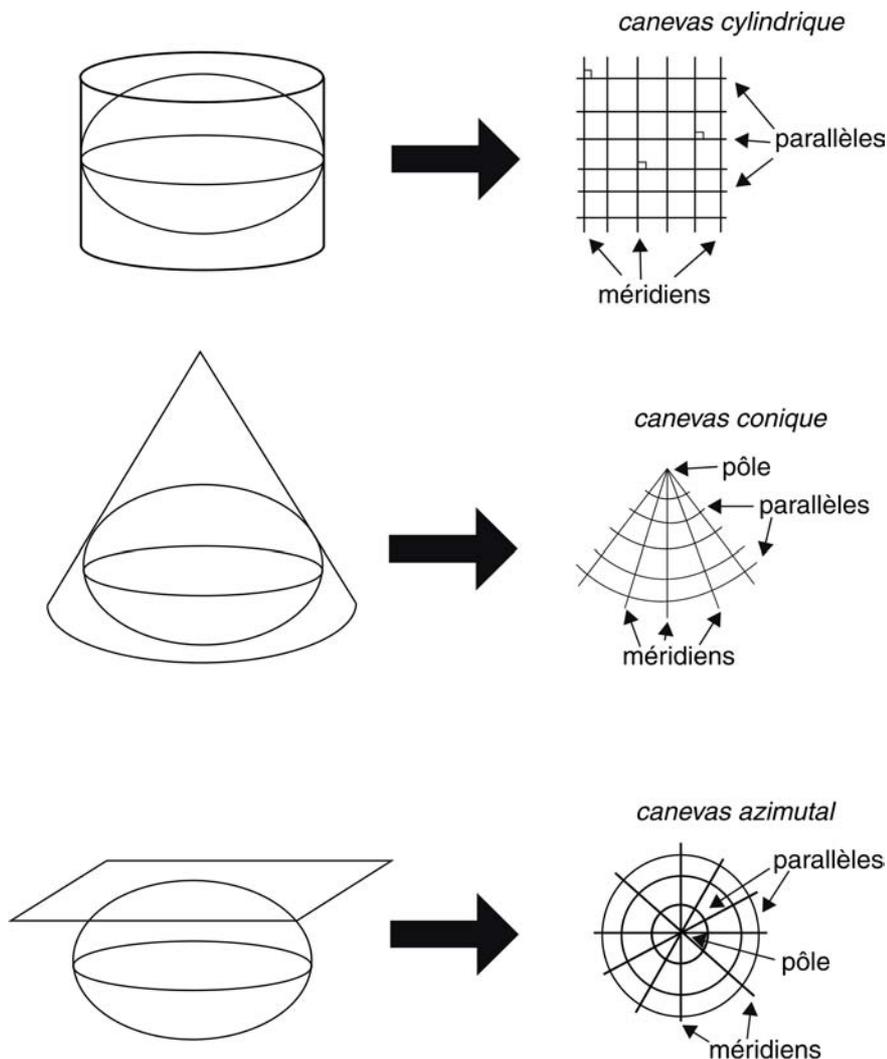


▲ IMG. 7 : EXTRAIT TABLEAU D'ASSEMBLAGE 1 : 25 000 ET TOP 25

Systemes et représentations planes

Partie A. Généralités

Un des problèmes posé par l'établissement d'une carte est la représentation d'une portion d'ellipsoïde sur un plan. A cet effet, on utilise généralement une représentation mathématique de la surface terrestre que l'on projette sur une surface développable (cône ou cylindre) ou plane.



▲ Sch. 15

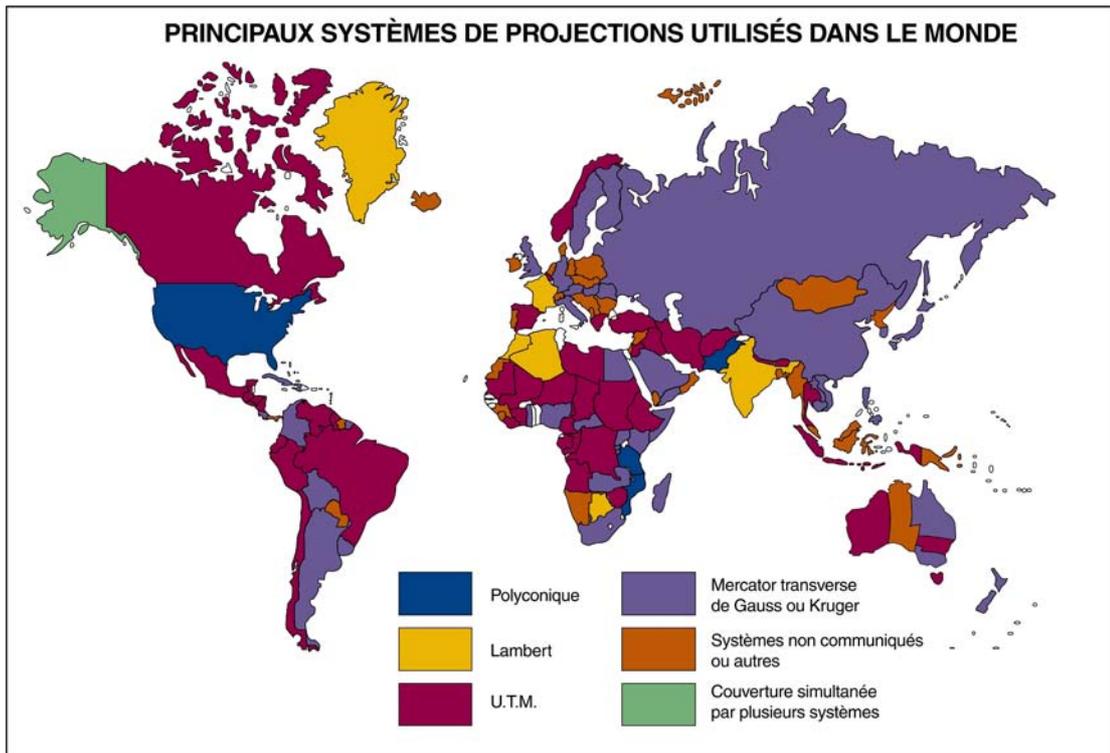
On cherche à représenter un point connu en latitude et longitude par un point défini sur un plan, dans un système de coordonnées (X, Y) , plus facile pour l'utilisateur. On établit donc des fonctions mathématiques telles que $(X, Y) = F(\varphi, \lambda)$, et évidemment des systèmes de représentation qui réduisent au minimum les déformations de longueurs, d'angles ou de surfaces.

Il y a une infinité de systèmes de projection. Aucun d'entre eux ne conserve intégralement les longueurs (sauf en certains lieux privilégiés).

Parmi les plus couramment employés, il y a :

- ◆ ceux qui conservent rigoureusement les angles : ce sont les représentations conformes
- ◆ ceux qui conservent le rapport des surfaces au détriment des angles : ce sont les représentations équivalentes.

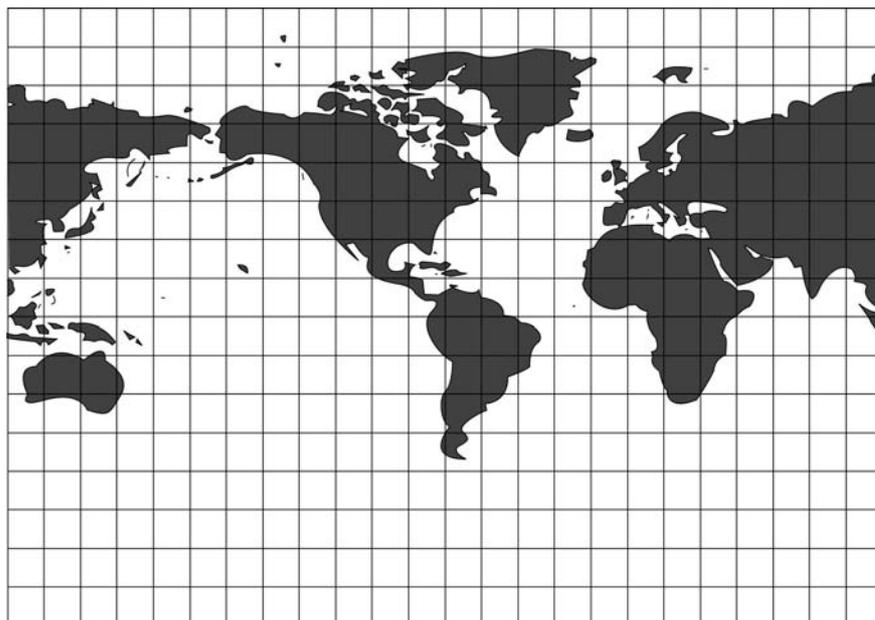
Le choix du système dépend de la surface à représenter sur la carte et de son utilisation.



▲ SCH. 16

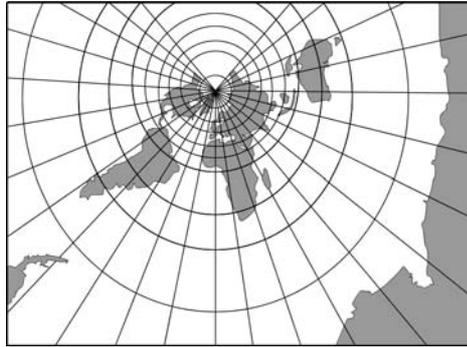
Partie B. Exemples de représentations

1. Représentation de Mercator



▲ SCH. 17 : REPRÉSENTATION CYLINDRIQUE CONFORME

2. Représentation conforme de Lambert



▲ SCH. 18 : REPRÉSENTATION CONIQUE CONFORME

3. Représentation stéréographique polaire



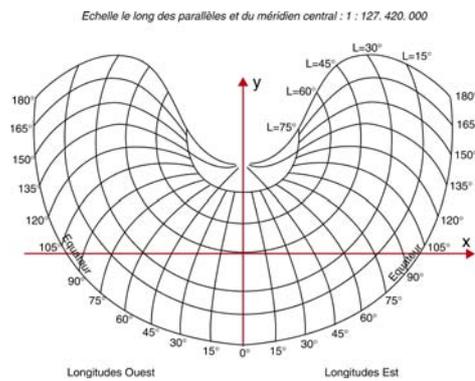
▲ SCH. 19 : REPRÉSENTATION AZIMUTALE CONFORME

4. Représentation transverse de Mercator



▲ SCH. 20 : REPRÉSENTATION CYLINDRIQUE TRANSVERSE

5. Représentation de Bonne



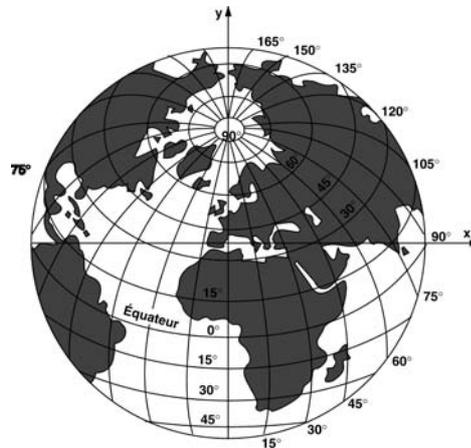
▲ SCH. 21 : REPRÉSENTATION MÉRICONIQUE ÉQUIVALENTE

6. Représentation sinusoidale de Sanson



▲ IMG. 8

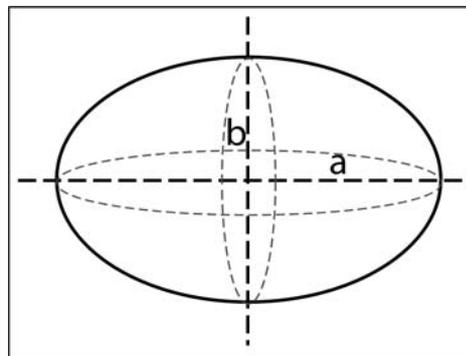
7. Représentation oblique de Lorgna



▲ SCH. 22 : REPRÉSENTATION AZIMUTALE OBLIQUE ÉQUIVALENTE

Partie C. Système et ellipsoïde de référence

Pour représenter la terre on choisit tout d'abord une surface calculable, c'est-à-dire un ellipsoïde. Chaque pays peut choisir cette surface pour qu'elle coïncide au mieux avec la surface à cartographier. On a donc plusieurs systèmes avec plusieurs ellipsoïdes de taille et de centre différents.



▲ SCH. 23

Sur les cartes topographiques, série bleue, TOP 25, série orange, deux systèmes géodésiques sont figurés sous forme de coordonnées dans la marge :

- ◆ le système français NTF
- ◆ le système européen ED50 ou système mondial WGS84.

1. Le système NTF (Nouvelle Triangulation de la France)

Les caractéristiques de ce système sont les suivantes :

- ◆ point fondamental : croix du Panthéon
- ◆ ellipsoïde : Clarke 1880 IGN
 - demi-grand-axe : $a = 6\,378\,249,20$ m
 - demi-petit-axe : $b = 6\,356\,515,00$ m
- ◆ représentation plane associée : Lambert zone I, II, III, IV
- ◆ méridien origine : Paris.

2. Le système ED50 (European Datum 1950)

Les caractéristiques de ce système sont les suivantes :

- ◆ point fondamental : POTSDAM
- ◆ ellipsoïde : HAYFORD 1909
 - aplatissement : $\frac{a-b}{a} = \frac{1}{297}$
 - demi-grand-axe : $a = 6\,378\,388,0$ m
- ◆ représentation plane associée : Universal Transverse Mercator (UTM)
- ◆ méridien origine : Greenwich.

3. Le système WGS84 (GPS)

Le système GPS utilise encore un autre système de coordonnées : ce système est le WGS84 dont l'ellipsoïde est le GRS80. Ce système est utilisé pour les éphémérides radiodiffusées du système GPS.

Les caractéristiques de l'Ellipsoïde IAG-GRS80 sont :

- ◆ aplatissement : $\frac{a-b}{a} = \frac{1}{298,257222101}$
- ◆ demi-grand-axe : $a = 6\,378\,137$ m
- ◆ représentation plane associée : Universal Transverse Mercator (UTM).



Attention

Les coordonnées UTM du système WGS84 sont différentes de celles du système ED50 dans la mesure où l'ellipsoïde est différent.

4. Le Système RGF93

Le Réseau Géodésique Français (RGF) est le successeur de la Nouvelle Triangulation Française (NTF). C'est la réalisation nationale d'un système de référence spatial centimétrique adapté aux technologies modernes. Il repose sur l'observation par GPS (en 1993) de 23 sites constituant le Réseau de Référence Français (RRF)



Attention

L'ellipsoïde associé est IAG-GRS80, avec pour origine des longitudes le méridien de Greenwich.

La représentation plane associée est le Lambert 93.

Partie D. La projection Lambert

1. Principe de la représentation Lambert



La représentation Lambert est une représentation conforme, c'est-à-dire qu'elle conserve les angles au détriment des surfaces. C'est une représentation conique dont le sommet du cône est situé sur l'axe des pôles.

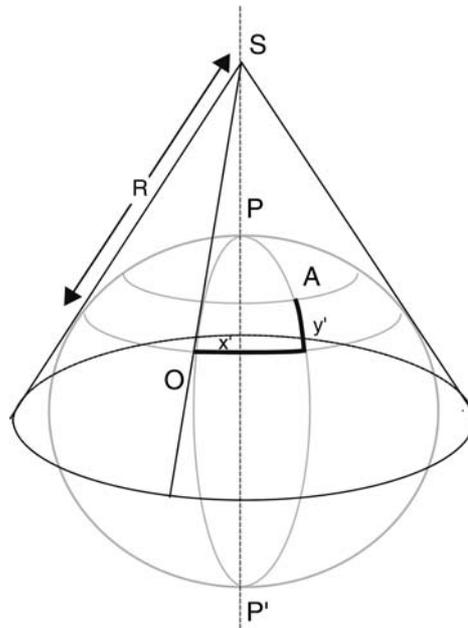
Soit O le centre de projection choisi (centre de la zone à représenter).

On réalise la projection sur un cône circonscrit à la sphère. Ce cône est tangent à la sphère le long du parallèle passant par O (parallèle origine), et le sommet S de ce cône est situé sur l'axe des pôles PP' .

Soit A un point de la sphère, la position de ce point par rapport au point O est définie par les grandeurs x' et y' telles que :

- ◆ x' = longueur d'arc de parallèle entre le méridien origine et le méridien de A , la distance étant comptée sur le parallèle origine φ_0
- ◆ y' = arc de méridien compris entre le parallèle origine φ_0 et le parallèle de A .

On développe ensuite le cône le long de sa génératrice SO .



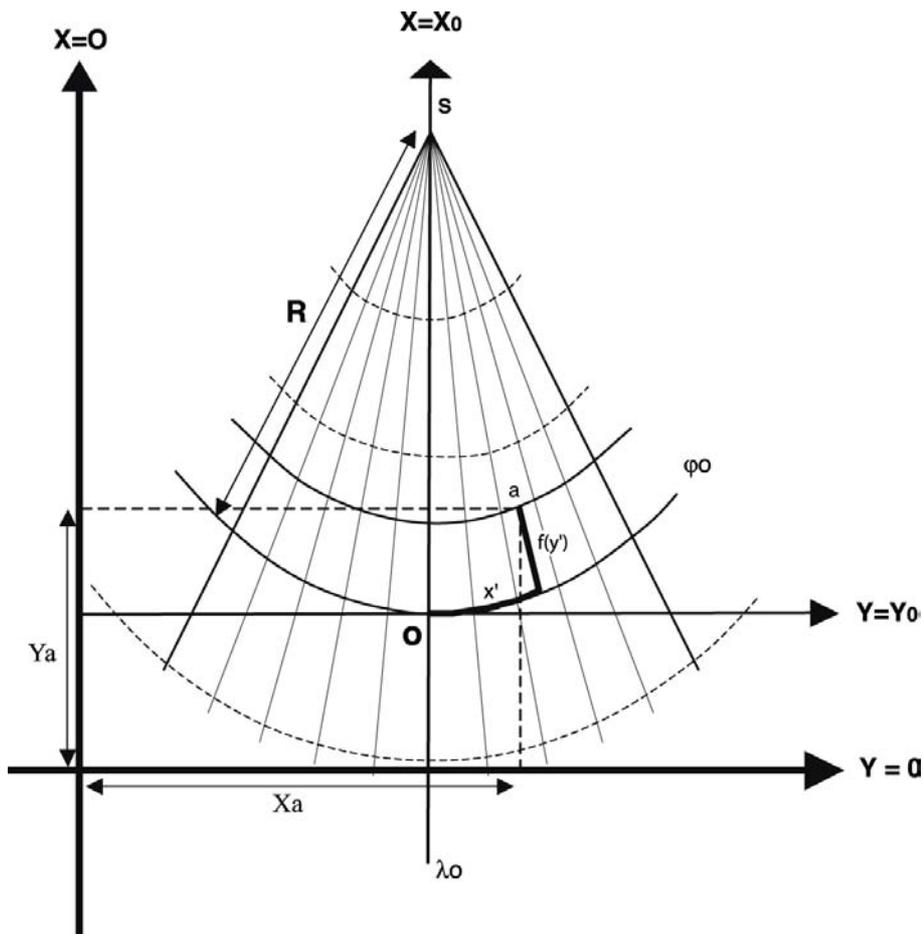
▲ SCH. 24

Le point "A", défini sur la sphère par x' et y' , est représenté sur le plan de projection par le point "a" dont les coordonnées sont X_a et Y_a .

- ◆ Le méridien passant par O est parallèle à l'axe des Y de la projection.
- ◆ Le parallèle passant par O (parallèle de contact) devient un cercle de centre S et de rayon $R=SO$.
- ◆ L'axe des X de la projection est parallèle à la tangente en O à ce cercle.

Les méridiens sont transformés en faisceau de droites concourantes en S et d'écartement angulaire constant.

Les parallèles sont transformés en cercles concentriques en S.



▲ IMG. 9

2. Le Lambert zone



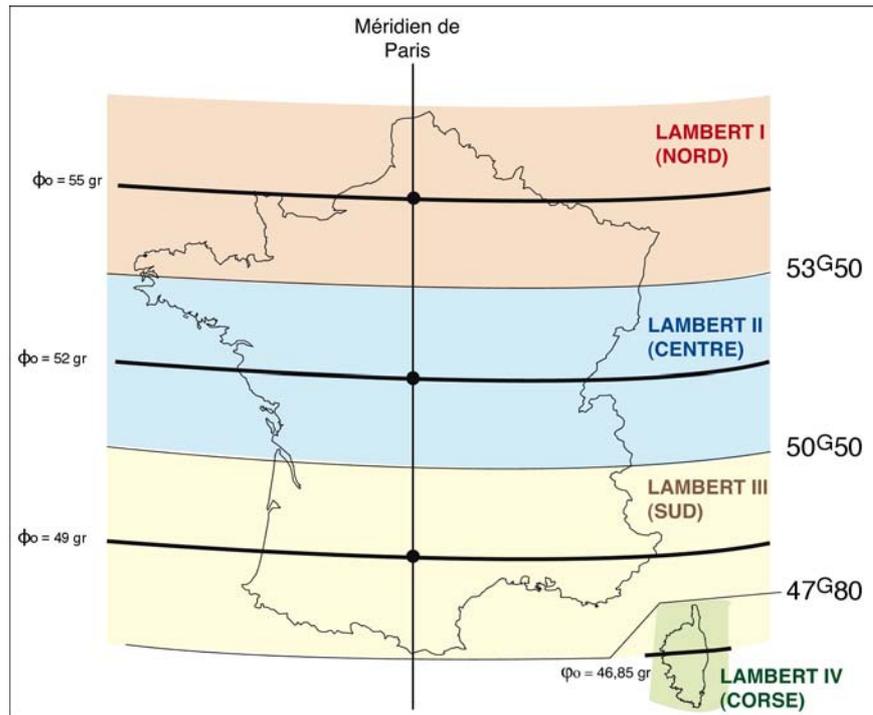
Les cartes de l'Institut Géographique National à l'échelle du 1 : 25 000, du 1 : 50 000 et du 1 : 100 000 sont en représentation conique conforme « de Lambert ».

Afin que l'altération des longueurs reste négligeable, la France a été divisée en 4 zones :

- ◆ la zone Lambert I (ou Nord) a pour parallèle origine 55,00 gr
- ◆ la zone Lambert II (ou Centre) a pour parallèle origine 52,00 gr
- ◆ la zone Lambert III (ou Sud) a pour parallèle origine 49,00 gr
- la zone Lambert IV (ou Corse) a pour parallèle origine 46,85 gr.

Pour les besoins de l'informatique, on a créé un système Lambert II étendu couvrant toute la France.

Le méridien origine de tous ces systèmes de représentation est le méridien de Paris.



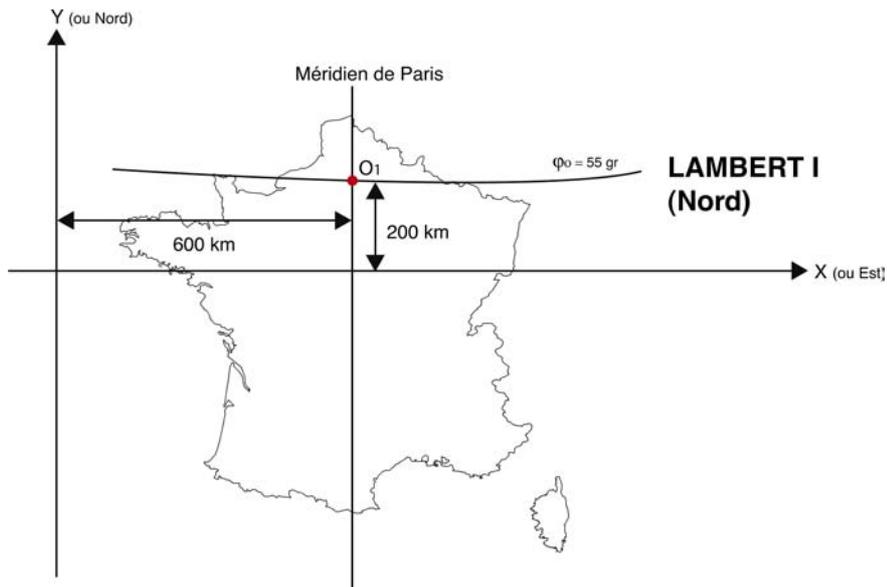
▲ SCH. 25

3. Les coordonnées Lambert zone

Dans une représentation conique conforme du type Lambert, l'emploi des coordonnées géographiques pour la désignation des points de la surface terrestre est peu pratique : en effet, les méridiens sont représentés par des droites concourantes et les parallèles par des arcs de cercles. C'est pourquoi on a superposé au système des méridiens et parallèles un quadrillage kilométrique qui permet de désigner les points par leurs coordonnées rapportées à des axes rectangulaires.

L'axe des Y des coordonnées Lambert est à 600 km à l'ouest du méridien de Paris (méridien origine).

Tout point situé à l'Est du méridien de Paris a une abscisse supérieure à 600 km. Les intersections du méridien origine (méridien de Paris) et des parallèles origines (Parallèles $\varphi 0$), définis précédemment, ont respectivement pour coordonnées 600 km en X (ou Est) et 200 km en Y (ou Nord).



▲ SCH. 26

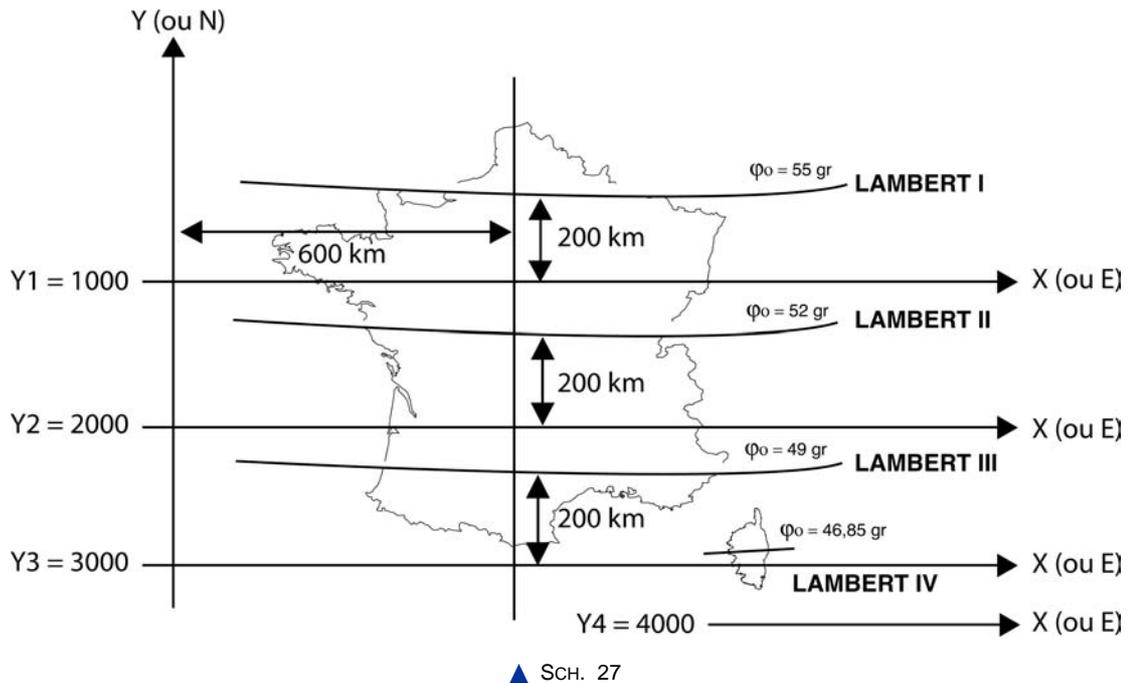
4. Les coordonnées Lambert carto



La valeur des ordonnées peut être précédée par les chiffres 1, 2, 3 ou 4 qui précise la zone dans laquelle se situe la carte. Le système de coordonnées est alors nommé Lambert Carto.

En définitive, suivant les zones Lambert, les intersections du méridien origine et des parallèles origines sont respectivement translattées de :

- ◆ 1 200 km dans le système Lambert Nord
- ◆ 2 200 km dans le système Lambert Centre
- ◆ 3 200 km dans le système Lambert Sud
- ◆ 4 200 km dans le système Lambert Corse



On dispose entre chaque zone Lambert d'une bande de recouvrement de 100 km sachant que les latitudes origines sont espacées de 3 grades soit environ 300 km en différence de latitude.

Le Lambert II dit « zone centre » est aussi utilisé pour couvrir les deux autres zones, c'est ce que l'on appelle le Lambert II étendu. Sur les cartes, il est inscrit en couleur bleue.



Attention

Nous avons vu précédemment que le Lambert II « carto » est normalement caractérisé par un chiffre 2 (chiffre des milliers de Km). Mais lorsque l'on se situe à plus de 200 km en dessous de 52 gr en latitude (parallèle origine) le chiffre des milliers de km du Lambert II est alors 1.



Exemple

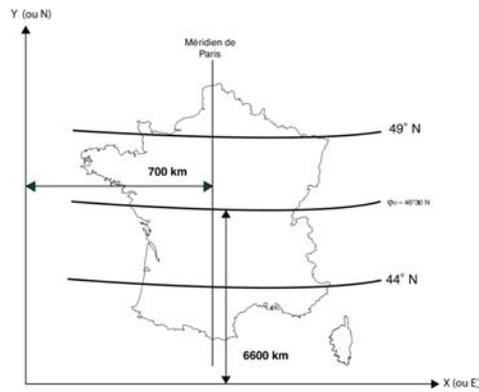
L'amorce 1 950 km ne peut être du Lambert I car celle-ci ne peut être comprise qu'entre 1 000 et 1 400 au maximum : en réalité on se situe, dans ce cas précis, à 250 km au sud du parallèle 52 gr.

5. Le Lambert 93

Depuis 1989, parallèlement au déploiement du système GPS, il avait été noté une inadéquation de plus en plus importante du réseau géodésique en usage (La NTF : Nouvelle Triangulation Française) vis à vis des levés topographiques. Ainsi fut décidé du choix d'un nouveau système géodésique d'exactitude centimétrique appelé RGF93 (Réseau Géodésique Français) dont la mise en place débuta en 1993.



Le Lambert 93 est la projection conique conforme de Lambert associé au système géodésique RGF93.



▲ SCH. 28

L'axe des Y des coordonnées Lambert est à 700 km à l'ouest du méridien 3° Est de Greenwich (méridien d'origine)

- ◆ L'intersection du méridien origine et du parallèle origine pour valeur 600 km en Y (ou Nord)

Les parallèles 49° et 44° sont appelés parallèles automécoïques ou Parallèles d'échelle conservée.

Partie E. La représentation UTM (Mercator Transverse Universel)

Ce système, dont le principe est dû au mathématicien Gauss, s'est généralisé après la Deuxième Guerre mondiale.

1. Les principes de la représentation UTM



Cette projection est obtenue par projection de la sphère ou de l'ellipsoïde sur un cylindre tangent à celle-ci le long du méridien origine, que l'on développe ensuite.

- ◆ Le méridien origine de contact devient sur la carte un axe parallèle à l'axe des Y de la projection.
- ◆ L'équateur, qui se projette suivant une droite, devient l'axe des X.

Soit le point A de la sphère défini par les coordonnées x' et y' telles que :

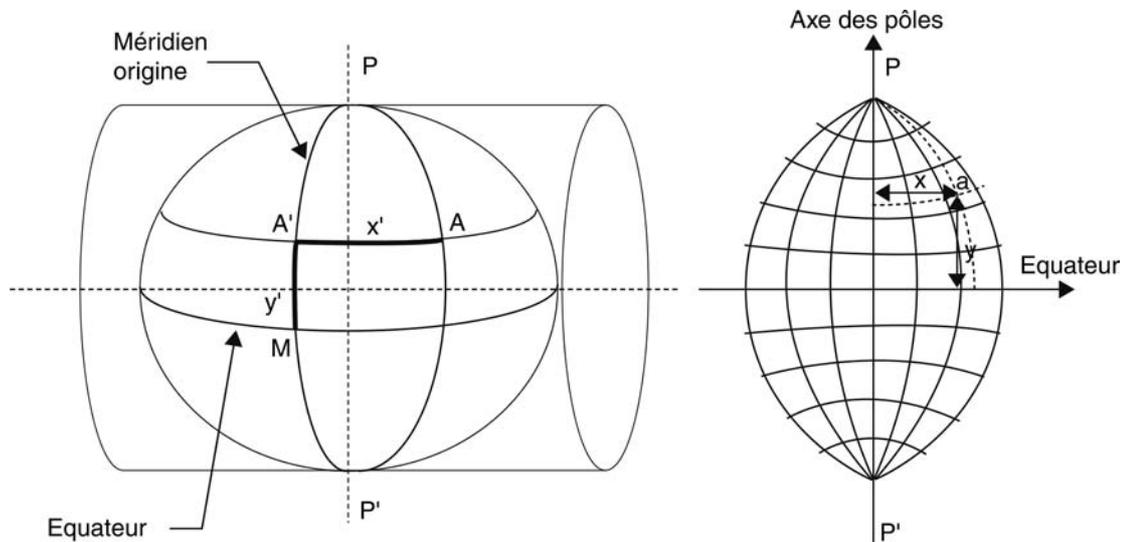
- ◆ $x' = AA'$, distance de A au méridien mesurée orthogonalement à ce méridien
- ◆ $Y' = MA'$, distance comptée sur le méridien origine

A sera représenté sur le plan de projection par un point a de coordonnées x et y telles que :

◆ $x = f(x')$

◆ $y = y' + \epsilon$

y étant calculé analytiquement pour que la projection soit conforme.



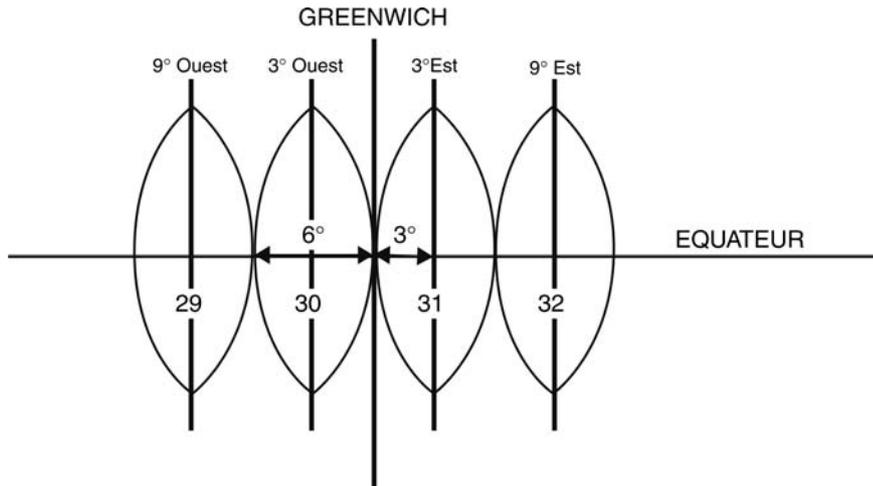
▲ SCH. 29

2. Les fuseaux UTM



Ce système compte 60 fuseaux de 6° de différence de longitude, numérotés à partir du méridien antipode du méridien international. Le méridien de Greenwich est donc entre les fuseaux 30 et 31.

Les fuseaux qui intéressent la France sont les fuseaux 30, 31 et 32 ayant respectivement pour origine les méridiens 3° Ouest, 3° Est, 9° Est du méridien international.



▲ SCH. 30

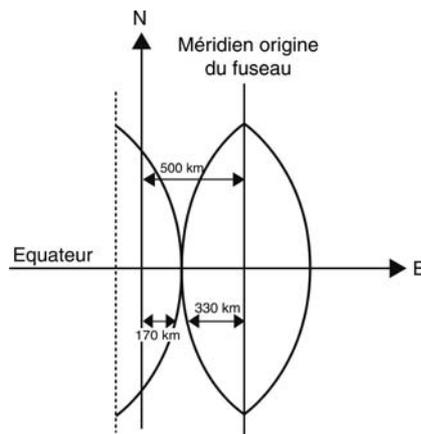
Le système de représentation calculé pour l'un des fuseaux est valable pour tous les autres ; le système est donc bien universel.

3. Les coordonnées UTM

Pour le système UTM, chaque méridien origine a pour transformé l'axe des Y du quadrillage numéro 500 km.

Dans l'hémisphère nord les Y sont comptés à partir de l'équateur.

En France les fuseaux « utilisés » sont les fuseaux 30, 31 et 32 ; les coordonnées seront donc en X ou E (Est) comprises entre 0 et 1 000 km et en Y ou N (Nord) de l'ordre de 5 000 km (distance qui nous sépare de l'équateur).



▲ SCH. 31



Remarque

Sur les cartes IGN, les traits du quadrillage Lambert sont rigoureusement rectilignes. En revanche, on constaterait en assemblant plusieurs cartes qu'il n'en est rien pour le quadrillage UTM. Celui-ci a été ajouté sur le fond de carte établi en représentation Lambert.

On appelle ce type de quadrillage un pseudo quadrillage.

Actuellement pour ne pas surcharger la carte, les quadrillages ne sont pas tracés, mais des amorces en marge et des croisillons à l'intérieur de la carte permettent éventuellement de le reconstituer.

Les amorces du quadrillage sont portées tous les km aussi bien sur les cartes à 1 : 25 000, 1 : 50 000 et à 1 : 100 000. La numérotation est kilométrique à 1 : 25 000 et à 1 : 50 000, myriamétrique (tous les 10 km) au 1 : 100 000.

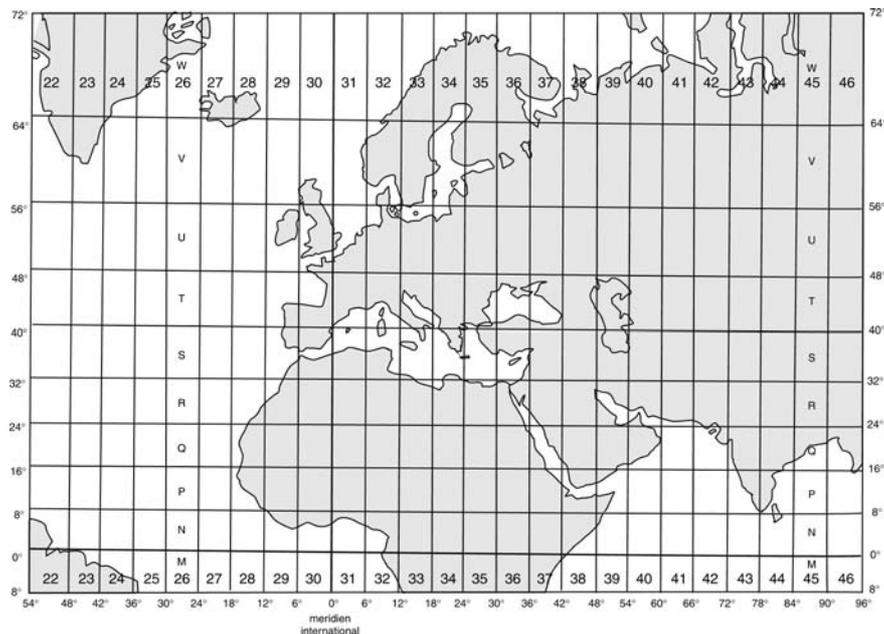
4. Quadrillages UTM (hecto kilométrique et dérivé)

Les fuseaux UTM de 6° de longitude sont subdivisés en bandes égales de 8° de latitude. Ces zones ainsi définies sont désignées par des lettres.



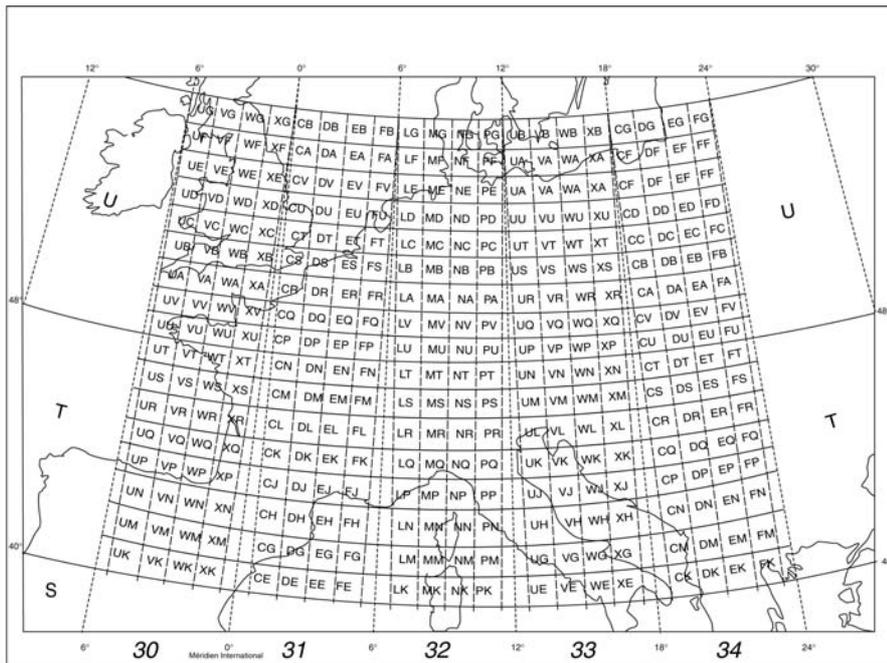
Exemple

Paris est situé dans le fuseau 31 zone U et Monaco dans le fuseau 32 zone T.



▲ SCH. 32

Chacune de ces zones est ensuite divisée en carrés de 100 km de côté. Ces carrés sont identifiés par deux lettres.



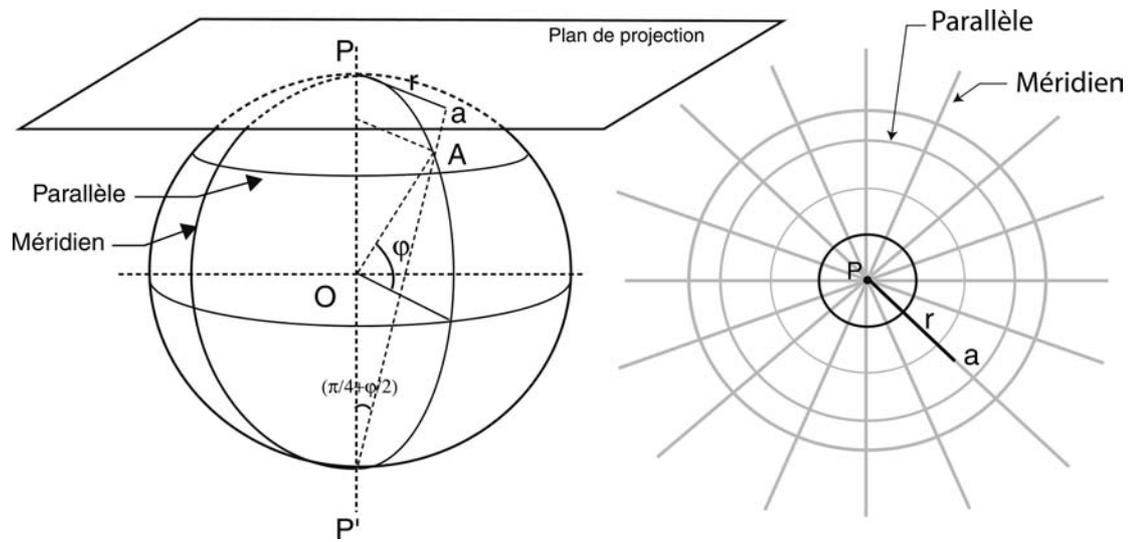
▲ IMG. 10

Partie F. Projection stéréographique

Cette représentation est choisie, en particulier, pour compléter la représentation UTM dans les zones polaires que cette dernière ne permet pas de représenter aisément.

Cette représentation plane est obtenue très facilement par projection de la surface à représenter sur un plan tangent au pôle (centre de la représentation), le point de vue étant le point diamétralement opposé au point de contact (pôle opposé).

- ◆ Les méridiens sont représentés par des droites concourantes au pôle formant entre elles des angles égaux aux différences de longitude.
- ◆ Les parallèles sont représentés par des cercles concentriques au pôle.
- ◆ L'altération des longueurs est très faible aux alentours du pôle mais augmente rapidement en s'éloignant du pôle. Cette altération des longueurs est constante le long d'un même parallèle.



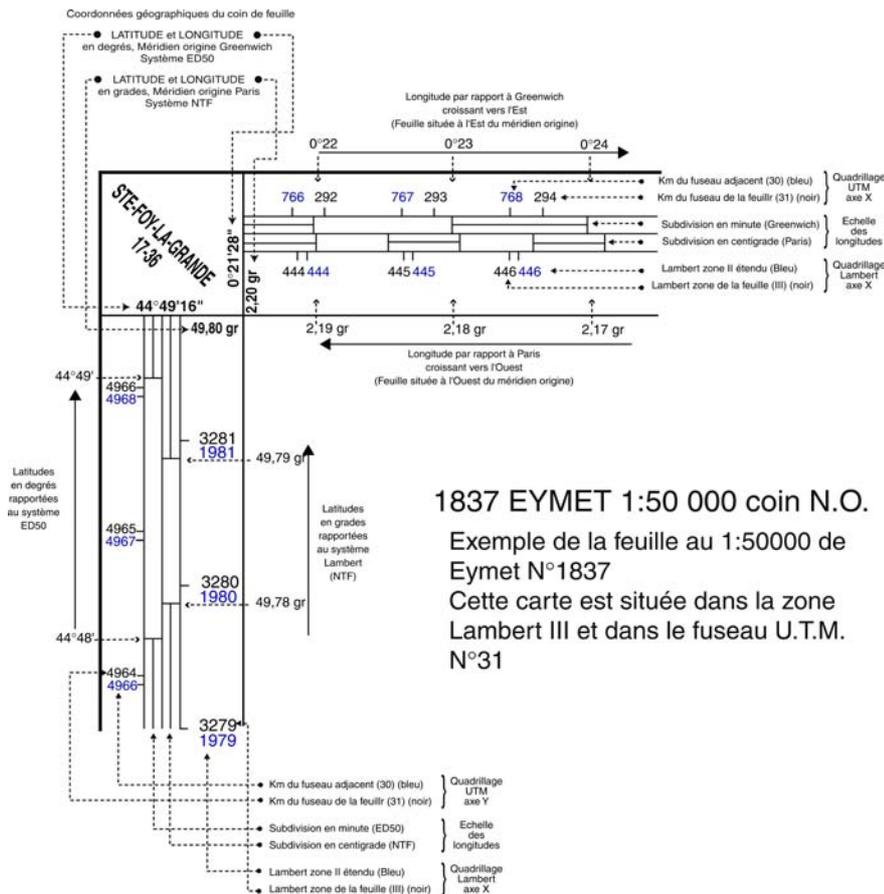
▲ SCH. 33

Les coordonnées en marge des cartes IGN

Partie A. Cartes 1 : 25 000 et 1 : 50 000

Les deux échelles de latitude et longitude du cadre et les deux chiffraisons kilométriques correspondent respectivement :

- ◆ vers l'intérieur aux latitudes et longitudes en grades (longitudes référées au méridien de Paris) rapportées au système géodésique français (NTF). Les amorces sont celles des quadrillages kilométriques Lambert zone de la feuille (chiffré en noir) et Lambert zone II étendu (chiffrés en bleu);
- ◆ vers l'extérieur, aux latitudes et longitudes en degrés (longitudes référées au méridien international de Greenwich) rapportées au système géodésique européen unifié (UTM) ; les amorces sont celles des quadrillages kilométriques UTM fuseau de la feuille (chiffrées en noir) et fuseau adjacent (chiffrées en bleu);



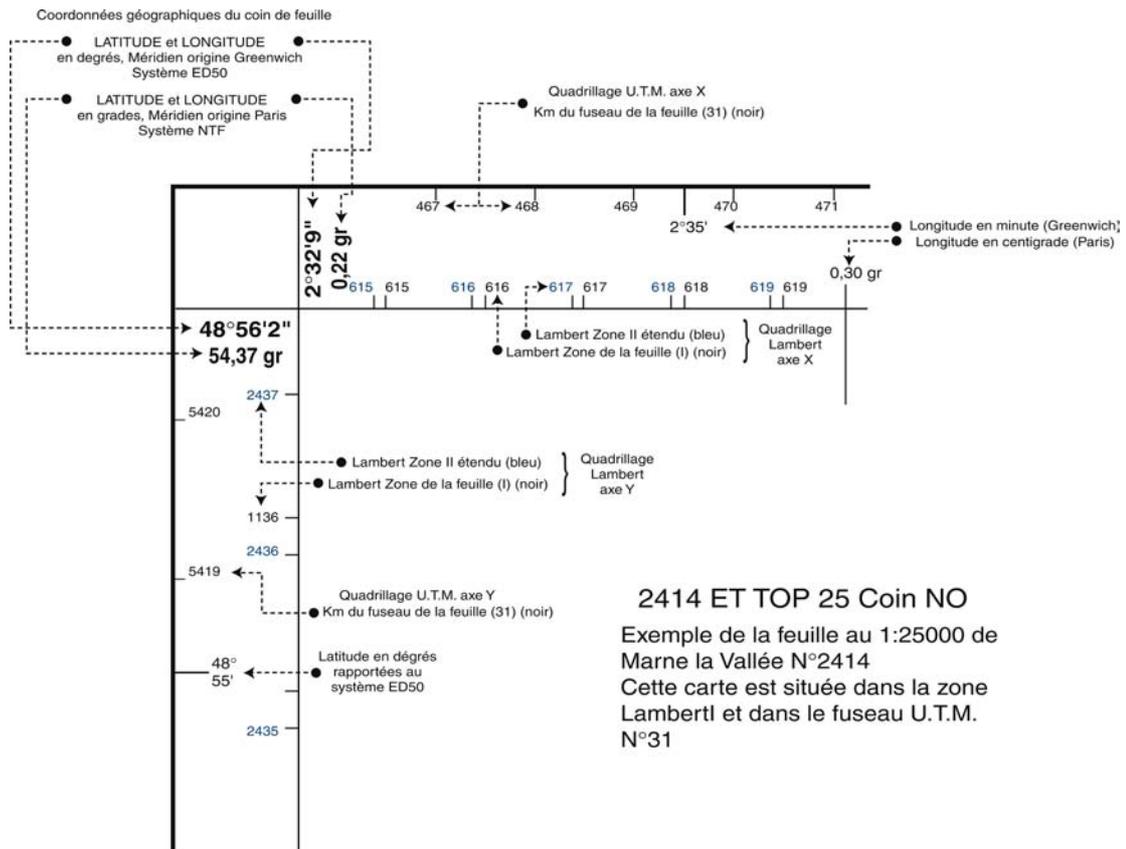
▲ SCH. 34

Partie B. Cartes TOP 25

Les échelles de latitude et de longitude sur les cartes TOP 25 sont un peu différentes de celles des cartes de la série bleue ou la série orange. Mais l'on y trouve, en marge, les mêmes renseignements.

Les deux échelles de latitude et longitude du cadre et les deux chiffrisons kilométriques correspondent respectivement :

- ◆ vers l'intérieur aux latitudes et longitudes en grades (longitudes référées au méridien de Paris) rapportées au système géodésique français. Les amorces sont celles des quadrillages kilométriques Lambert zone de la feuille (chiffré en noir) et Lambert zone II étendu (chiffrées en bleu)
- ◆ vers l'extérieur, aux latitudes et longitudes en degrés (longitudes référées au méridien international) rapportées au système géodésique européen unifié ; les amorces sont celles des quadrillages kilométriques UTM fuseau de la feuille (chiffrées en noir).



▲ SCH. 35

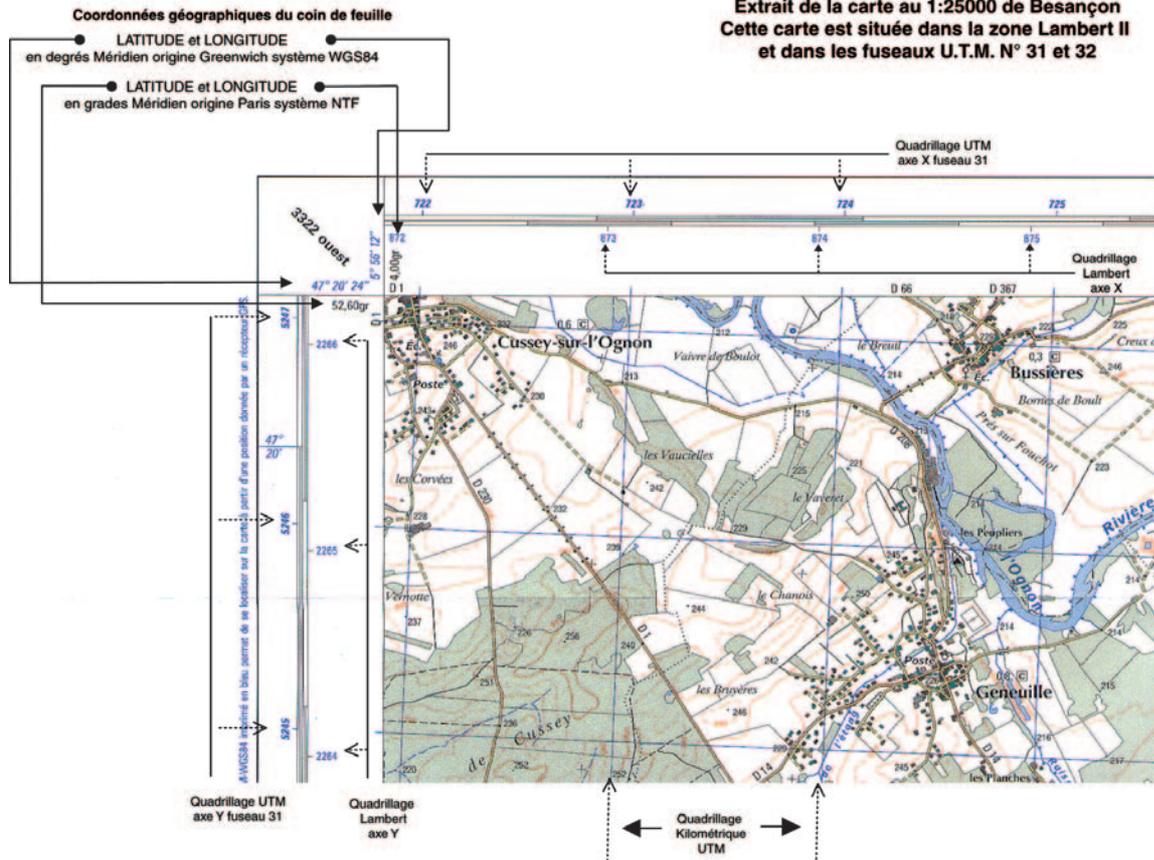
Partie C. Cartes à 1 : 25 000 avec surcharge GPS

Depuis peu, les cartes au 1 : 25 000 et les TOP 25 sont équipées de nouvelles indications de coordonnées. En effet, comme on peut le constater ci-après, les deux échelles de latitude et longitude du cadre et les deux chiffrisons kilométriques correspondent respectivement :

- ◆ vers l'intérieur, aux latitudes et longitudes (longitudes référées au méridien de Paris) rapportés au système géodésique français ; les amorces sont celles du quadrillage Lambert zone II étendu;
- ◆ vers l'extérieur, aux latitudes et longitudes en degrés (longitudes référées au méridien international, c'est-à-dire Greenwich) rapportées au système géodésique mondial WGS84 ou RGF93 ; les chiffrisons bleus en italique en regard du quadrillage kilométrique sont des coordonnées UTM fuseau 31 ou 32 (UTM : Mercator Transverse Universel).

3323E BESANCON 1:25000 N.O.

Extrait de la carte au 1:25000 de Besançon
 Cette carte est située dans la zone Lambert II
 et dans les fuseaux U.T.M. N° 31 et 32



▲ IMG. 11

Partie D. Cartes à 1 : 100 000 (série verte ou TOP 100)

Aucune échelle de latitude et de longitude n'est représentée en marge des cartes à 1 : 100 000, mais il existe tout de même un quadrillage géographique de 0.2 gr en latitude sur 0.4 gr en longitude. Ces coordonnées géographiques sont en grades par rapport à Paris. Ce quadrillage correspond, en fait, au découpage des cartes au 1 : 50 000.



▲ IMG. 12

Mesures sur la carte

Partie A. Mesure des distances avec une carte

Avant de partir en randonnée ou pour une journée de marche, il est intéressant de connaître la distance à parcourir et de définir des étapes adaptées à la vitesse du marcheur.

Une carte permet de connaître la distance réelle à partir d'une mesure sur la carte et de la connaissance de son échelle.

1. Echelle d'une carte

L'échelle d'une carte est le rapport constant qui existe entre les lignes de la carte et les dimensions réelles du terrain représenté.

1.1. Echelle numérique

L'échelle s'exprime par une fraction $1/N$.

$$\text{Echelle} = \frac{\text{distance carte}}{\text{distance réelle}} = \frac{1}{N}$$



Exemple

L'échelle du 1:10 000 signifie qu'il faut multiplier par 10 000 la longueur mesurée sur la carte pour obtenir la longueur réelle.

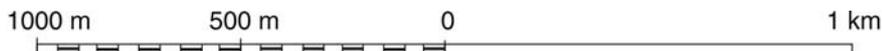
Echelle du plan	1 mm sur la carte représente sur le terrain
1/1 000 000	1 km
1/25 000	25 m
1/20 000	20 m
1/10 000	10 m
1/5 000	5 m
1/ 500	0,5 m

▲ TAB. 2 : ORDRE DE GRANDEUR

1.2. Echelle graphique

La carte ou le plan est accompagné d'une représentation graphique de l'échelle qui permet d'éviter les calculs.

L'échelle graphique est une ligne divisée en parties égales, représentant chacune l'unité choisie.



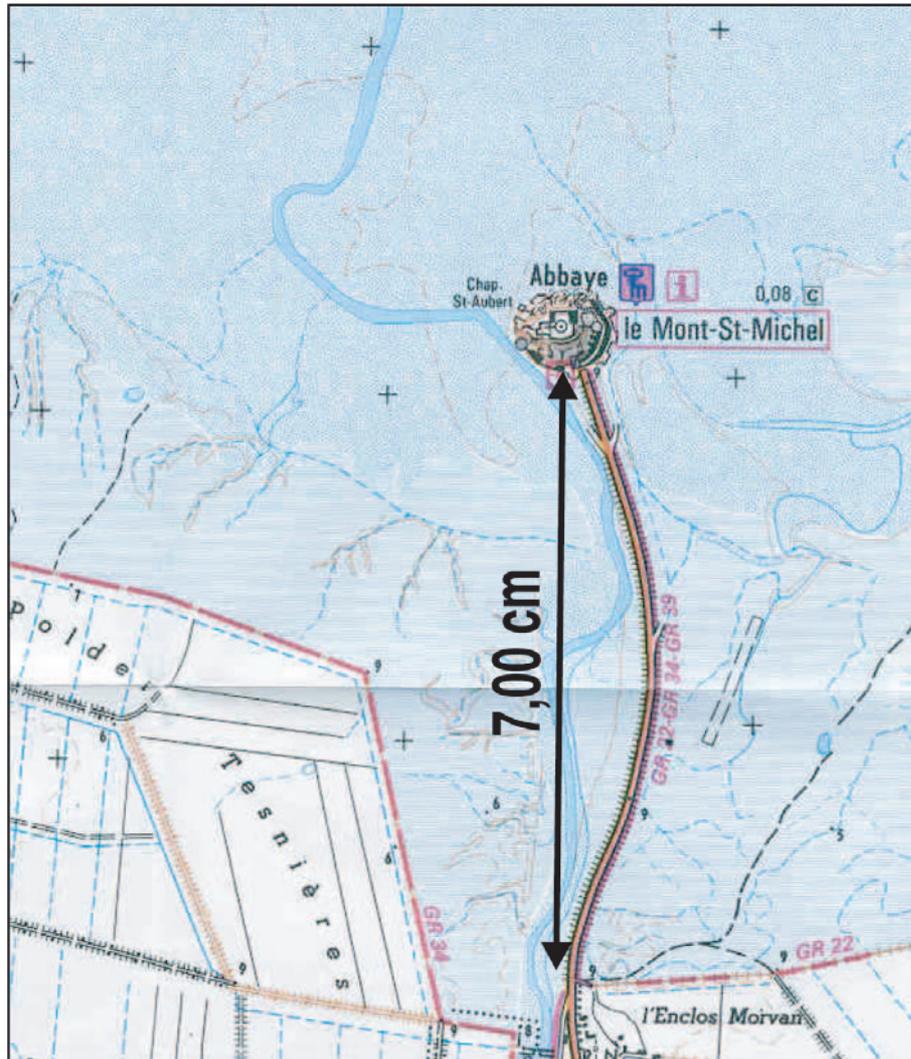
▲ SCH. 36

L'emploi de cette échelle est très simple. On mesure sur la carte la distance cherchée au moyen d'un compas, d'une bande de papier ou d'un double-décimètre. On reporte ensuite cette distance le long de l'échelle graphique pour obtenir la valeur réelle de la distance.

2. Mesures d'une distance sur la carte

2.1. Distance rectiligne

Les distances rectilignes se mesurent sur la carte avec un double-décimètre ordinaire ; en multipliant la lecture faite entre deux points par le chiffre qui exprime l'échelle de la carte, on obtient la distance horizontale entre ces points :



▲ IMG. 13

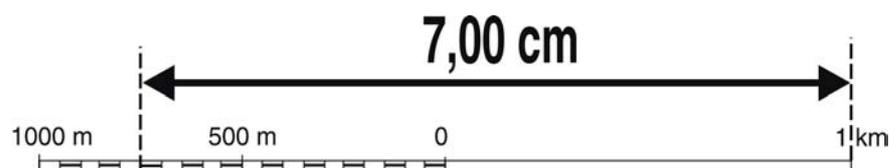


Exemple

Sur une carte à l'échelle du 1 : 25 000, deux points éloignés de 7,00 cm sont distants sur le terrain de :

$$\parallel 7,00 \text{ cm} \times 25\,000 = 175\,000 \text{ cm soit } 1\,750 \text{ m.}$$

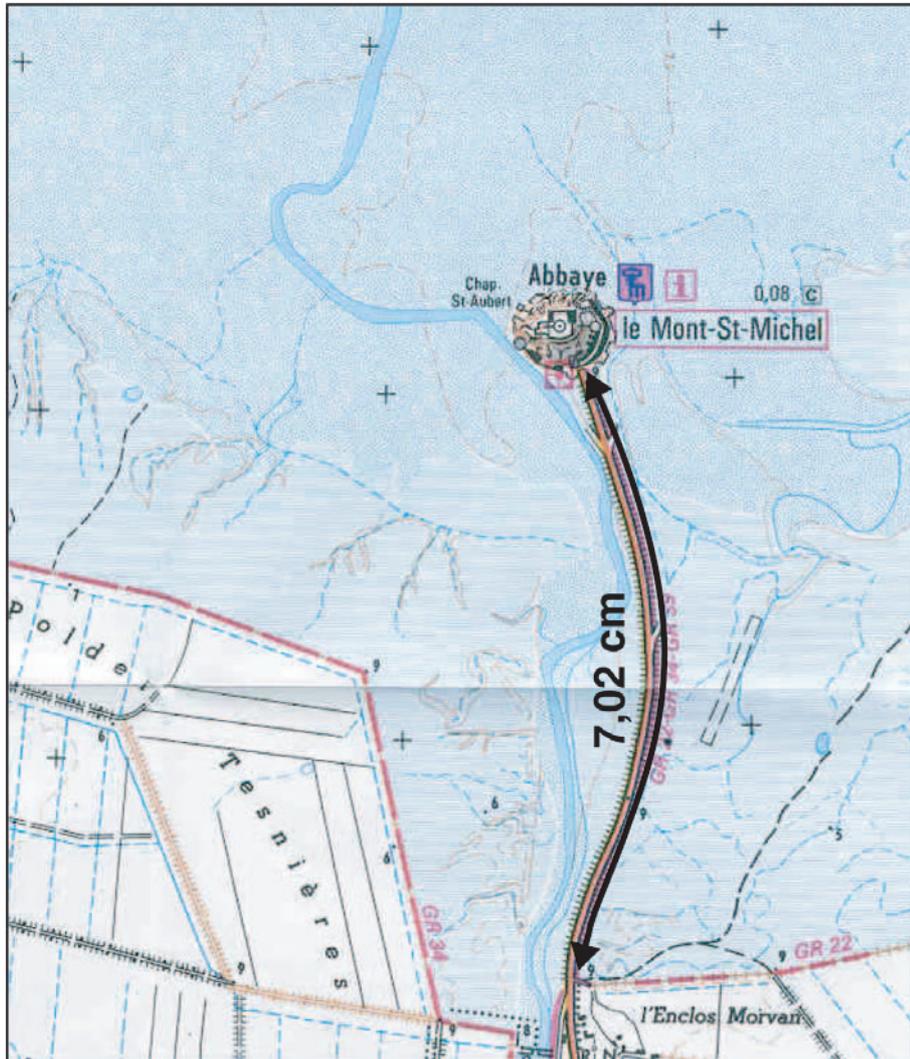
Si l'on ne dispose pas de double décimètre, on marque sur une bande de papier, un crayon, une ficelle, etc., les extrémités de la longueur mesurée sur la carte et on se reporte à l'échelle graphique qui se trouve dans la légende de la carte.



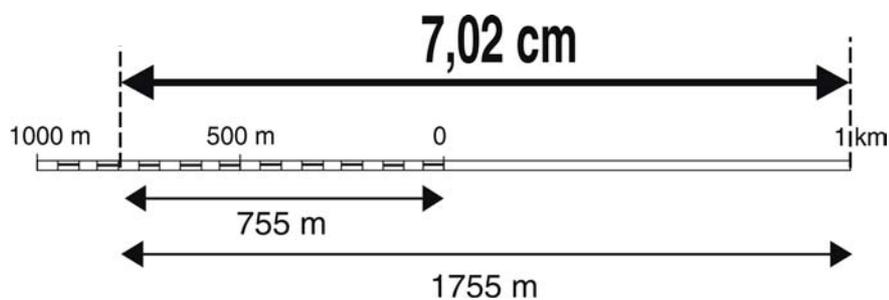
▲ SCH. 37

2.2. Distance non rectiligne

Pour les distances non rectilignes, sur une route ou sur un sentier sinueux, on peut utiliser un curvimètre. Sans instrument, on peut se servir d'une ficelle, d'une bande de papier ou d'un brin d'herbe que l'on adapte (en les pliant) à la ligne brisée dont on souhaite mesurer la longueur.



▲ IMG. 14



▲ SCH. 38

3. Distance horizontale



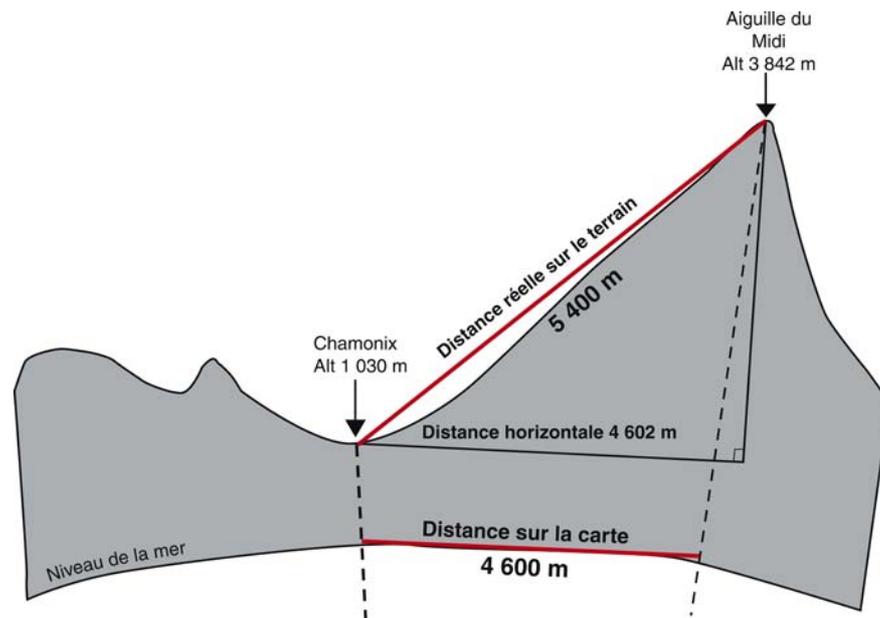
Attention

Les distances mesurées sur une carte sont approximativement (à quelques centimètres près) des distances horizontales projetées au niveau de la mer.



Exemple

La distance mesurée sur une carte à 1 : 25 000 entre Chamonix (gare téléphérique) et le sommet de l'Aiguille du Midi est de 4 600 m. En réalité la distance (suivant la pente) qui sépare ces deux points est de 5 400.



▲ SCH. 39

Partie B. Mesure des coordonnées d'un point

Le procédé le plus précis pour désigner un détail de la carte consiste à le définir par ses coordonnées rectangulaires ou ses coordonnées géographiques.

1. Identification du système de coordonnées

Avant de déterminer les coordonnées d'un point, il est indispensable de bien identifier les systèmes représentés en marge de la carte. Ces systèmes sont généralement définis dans la légende de la carte.



▲ IMG. 15

Sur les cartes de l'Institut Géographique National, on représente simultanément deux systèmes de coordonnées (voir chapitre Systèmes et Représentations).

De plus, chaque système a deux manières d'être exprimées :

- ◆ en coordonnées géographiques sur ellipsoïde (longitude et latitude)
- ◆ en coordonnées planes selon la projection utilisée (kilomètres)

ce qui donne plusieurs types de graduations de coordonnées dans la marge des cartes topographiques.

Ainsi pour :

- ◆ le système français (NTF) : coordonnées géographiques en grades rapportées au méridien de Paris et coordonnées Lambert en kilomètres
- ◆ le système européen (ED50) : coordonnées géographiques en degrés rapportées au méridien de Greenwich et coordonnées UTM en kilomètres.

Compatibilité avec le GPS

Aujourd'hui l'IGN édite des cartes permettant de lire directement les coordonnées dans un système de coordonnées GPS (WGS84). Ces cartes portent la mention « compatible GPS ».

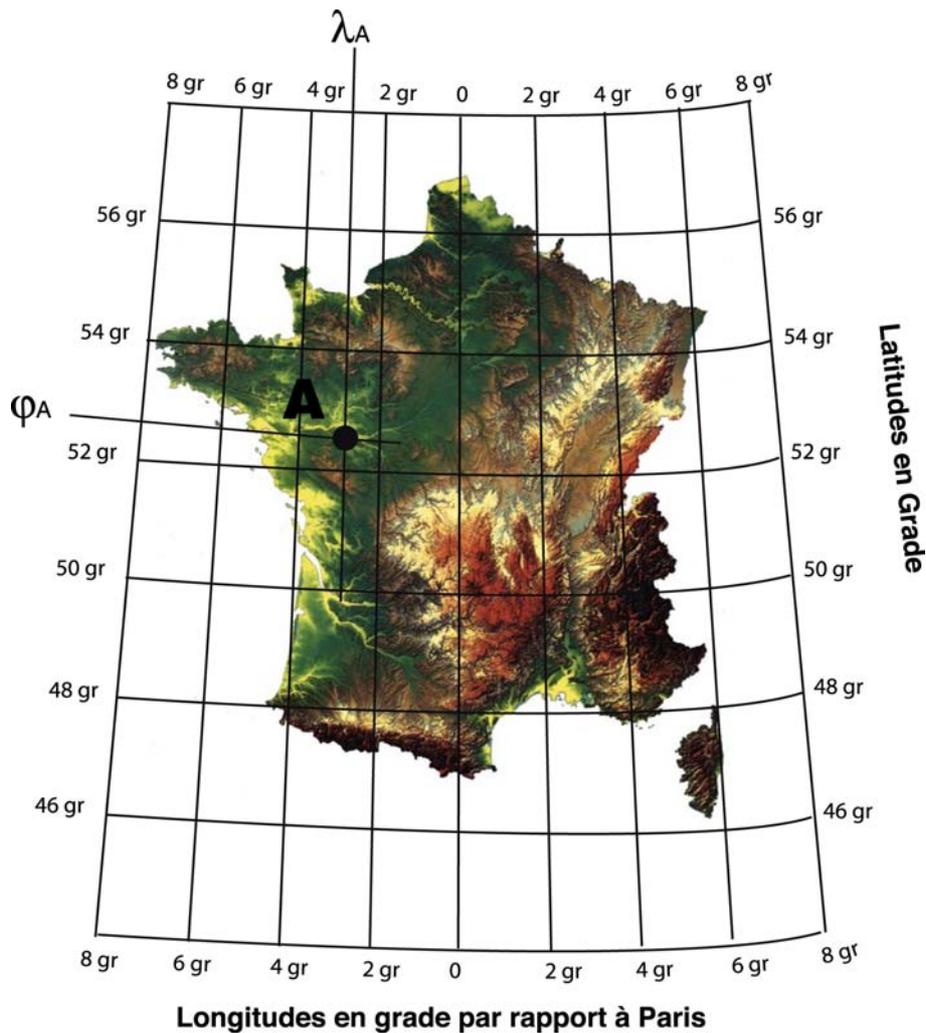
Les coordonnées en kilomètres sont également des coordonnées UTM mais rapportées au système GPS (WGS84).

2. Coordonnées géographiques (longitude, latitude)

La longitude est représentée par λ , la latitude par φ .



L'interpolation des coordonnées géographiques (λ_A, φ_A) est un peu délicate. En effet, nous avons vu précédemment que le quadrillage géographique n'est pas orthonormé.



▲ IMG. 16

A l'aide des amorces figurant en marges des cartes, il est possible de reconstituer le quadrillage géographique (Degrés/Greenwich ou Grades/Paris).

Les coordonnées géographiques d'un point seront donc interpolées localement entre des parallèles et des méridiens en faisant, ce que l'on appelle couramment, « une règle de trois ».

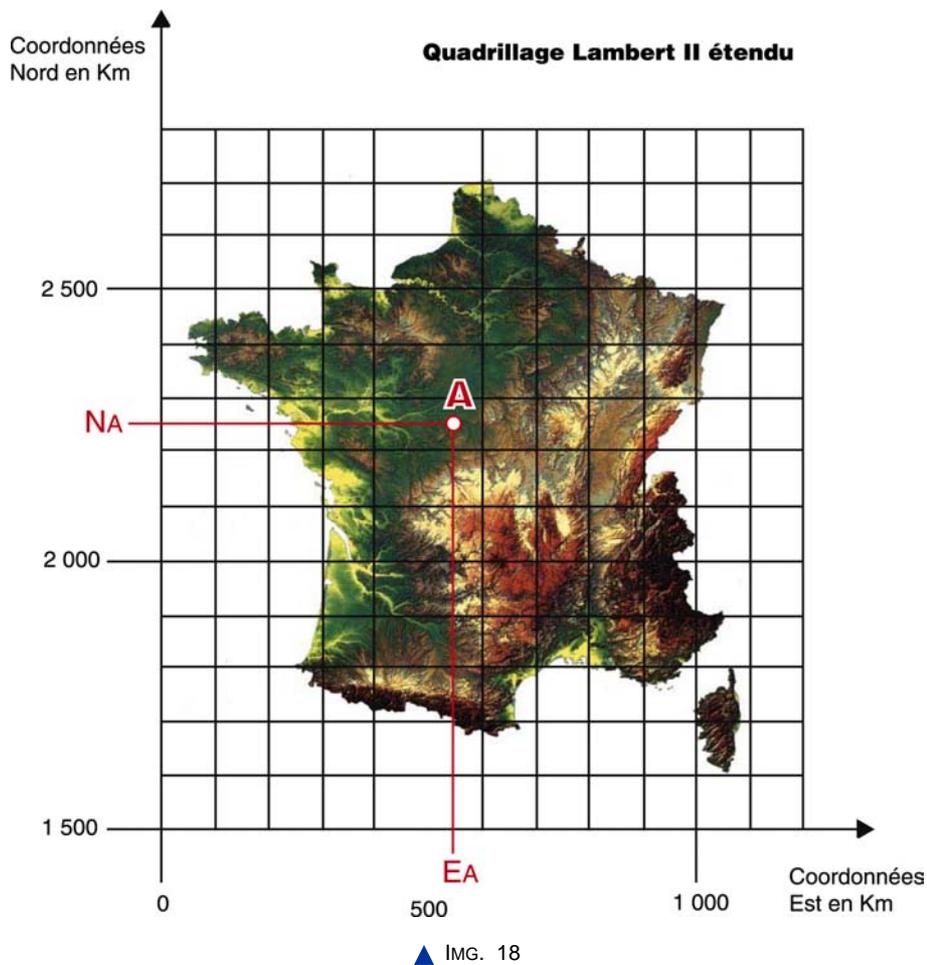


Exemple

Les coordonnées du point A seront donc :

- ◆ longitude = $0.10 \text{ gr} - (0.10 \text{ gr} \times d_1/d_2)$
- ◆ latitude = $54.30 \text{ gr} - (0.10 \text{ gr} \times l_1/l_2)$

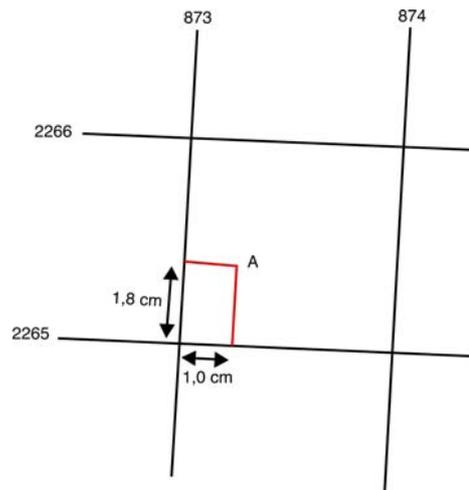
Le découpage des cartes de l'IGN est un découpage géographique. La carte est délimitée sur les côtés par des méridiens et en haut et en bas par des parallèles.



Attention

Dans la plupart des cas, ce quadrillage n'est pas « vertical » car le découpage des cartes topographiques de l'IGN est un découpage géographique.

Les coordonnées rectangulaires E et N sont prises par rapport à l'angle sud-ouest du carré qui contient le point à définir. On énonce d'abord les coordonnées des axes passant par l'angle sud-ouest de ce carré, auxquelles on ajoute l'appoint converti en mètre.



▲ SCH. 41



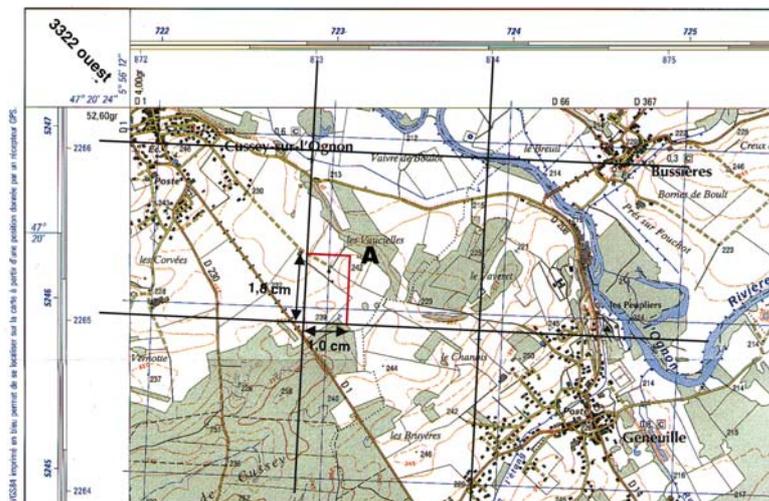
Exemple

Si l'échelle est de 1 : 25 000, alors 1 mm sur la carte représente 25 m sur le terrain.

Les coordonnées de A sont :

◆ $E = 873\,000 + (25\,000 \times 0,010) = 873\,250 \text{ m}$

◆ $N = 2\,265\,000 + (25\,000 \times 0,018) = 2\,265\,450 \text{ m}$



▲ IMG. 19

Partie C. Détermination d'une direction

1. Gisement



On appelle gisement de la direction AB l'angle G^t que fait cette direction avec l'axe des Y du quadrillage, cet angle est compté de 0 à 400 gr dans le sens des aiguilles d'une montre ; il peut aussi être mesuré au rapporteur sur la carte.

2. Azimut

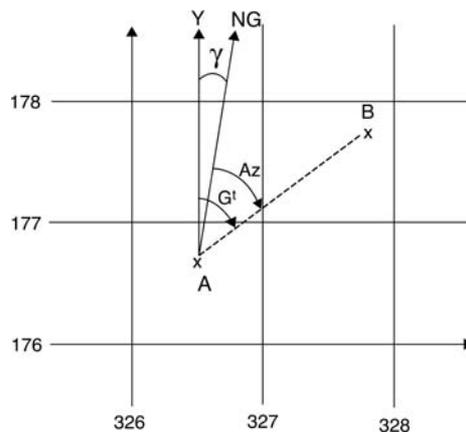


On appelle azimut de la direction AB l'angle que fait cette direction avec la direction du nord géographique ; il est compté aussi de 0 à 400 gr ou de 0 à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre ; il peut être aussi mesuré au rapporteur.

3. Convergence des méridiens



On appelle convergence des méridiens, ou gisement du méridien en A, l'angle γ que fait le méridien avec l'axe des Y du quadrillage. Cet angle varie lorsqu'on se déplace en longitude et change de sens lorsqu'on passe de l'ouest à l'est du méridien origine.



▲ SCH. 42

Le gisement et l'azimut diffèrent évidemment de la convergence des méridiens.

$$A_Z = G^t \pm \gamma$$



Attention

Suivant que l'on se trouve à l'ouest ou à l'est du méridien de Paris, on soustrait ou on ajoute la convergence des méridiens au gisement pour obtenir l'azimut.

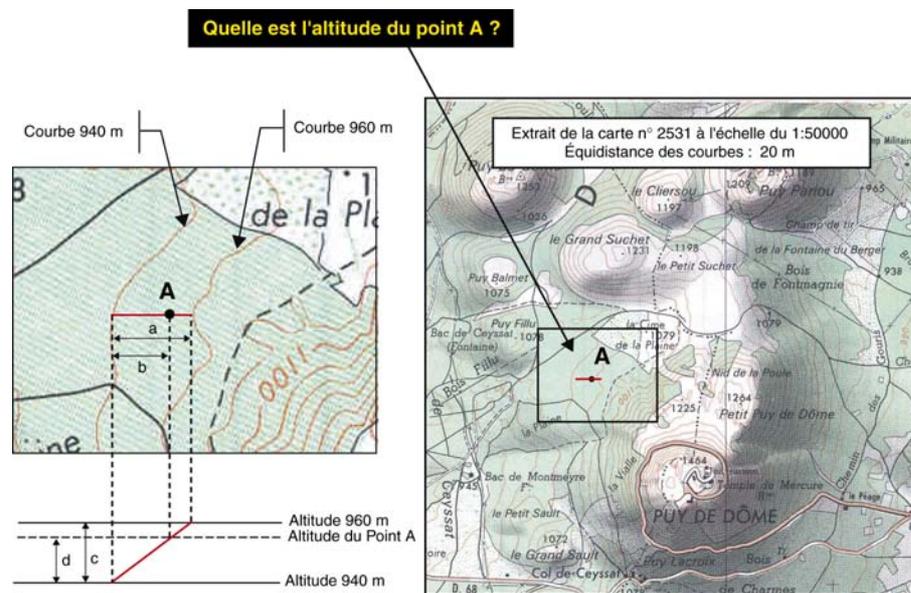
Partie D. Détermination de l'altitude d'un point



Les courbes de niveau et les points cotés, dont les altitudes sont définies par rapport au marégraphe de Marseille (système IGN69), permettent de déterminer l'altitude d'un point par approximation, la pente étant localement supposée uniforme.

Il convient d'abord de déterminer l'altitude des courbes qui encadrent le point A.

La différence d'altitude entre le point A et les courbes de niveau qui l'encadrent est proportionnelle à la distance qui le sépare de ces mêmes courbes ($a/b = c/d$).



▲ IMG. 20

$$\text{Altitude du point A} = 940 + d = 940 + c \times (b/a)$$

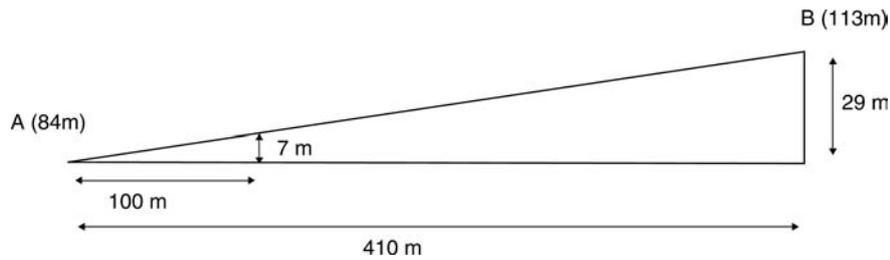
Partie E. Détermination de la pente



La pente entre deux points du terrain est le rapport entre la différence d'altitude et la distance horizontale séparant ces deux points.

Elle s'exprime généralement par un pourcentage, une pente positive de 8% signifiant une dénivellée de 8 mètres pour une distance horizontale de 100 mètres.

On détermine donc les altitudes des deux points, soit 84 et 113 mètres, puis la différence de ces altitudes, soit +29 mètres ; enfin, la distance séparant les deux points, soit 410 mètres : la pente est $29/410 \times 100 = 7\%$. Il s'agit bien entendu d'une pente moyenne entre deux points considérés.



▲ SCH. 43

Partie F. Fabrication d'un profil en long

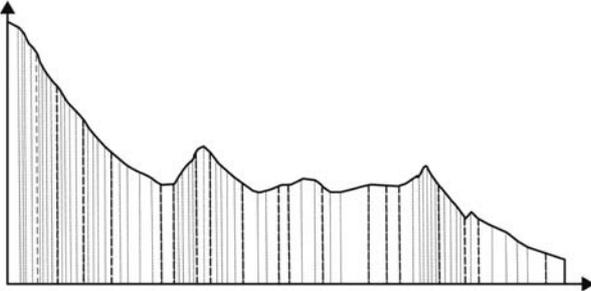
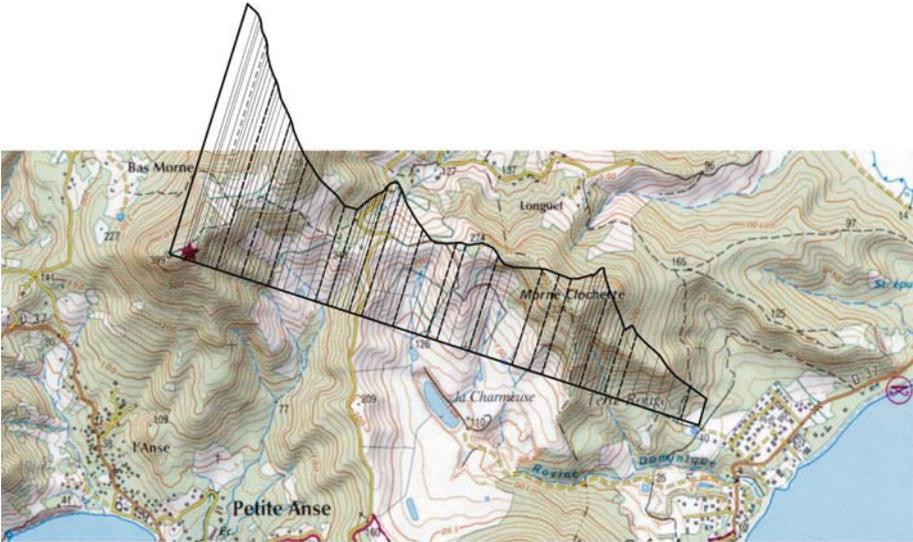
Les cartes topographiques peuvent donner lieu à des coupes de terrain, dans lesquelles on exagère généralement l'échelle des altitudes.

Les notions rappelées ci-après aideront le lecteur de la carte à analyser les différentes formes de terrain ou savoir si deux lieux sont visibles entre eux.

1. Comment tracer un profil ?

Placer le bord inférieur de la feuille sur la ligne de coupe choisie et reporter les points d'intersection avec les courbes de niveau. Élever en ces points les perpendiculaires à la base du profil, et reporter les hauteurs correspondantes en tenant compte de l'échelle des altitudes.

En joignant les points ainsi déterminés, on obtient une coupe du terrain dans la direction choisie.



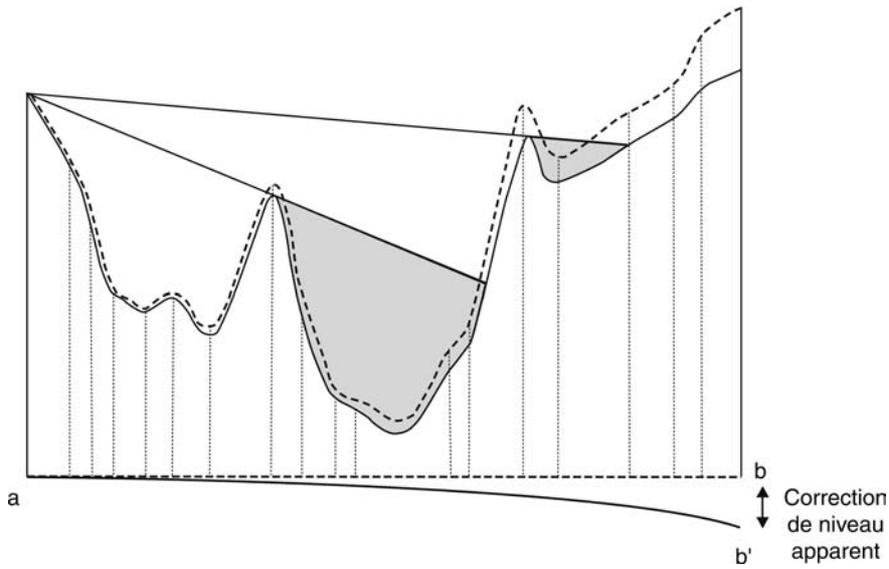
▲ IMG. 21

2. Le niveau apparent



Attention

le procédé ainsi proposé ne tient pas compte de la sphéricité de la terre et des phénomènes de réfraction. La base du profil n'est pas une droite. Pour corriger le profil, il faut soustraire aux altitudes reportées sur la coupe la valeur du niveau apparent approximée par $Na(en\ m) = D^2 / 15$ (D étant la distance en km entre le point de départ du profil et les points reportés sur le profil).



▲ SCH. 44

L'orientation de la carte

Partie A. Orienter la carte en direction du nord

1. Les différents nords

Orienter la carte revient à faire coïncider la direction du nord de la carte avec la direction du nord sur le terrain.

Sur une carte, on distingue deux nords :

◆ **le nord géographique (NG) :**

il correspond à la direction des méridiens. Les cartes topographiques de l'IGN sont délimitées à l'est et à l'ouest par des méridiens ; le bord de la carte indique donc le nord géographique

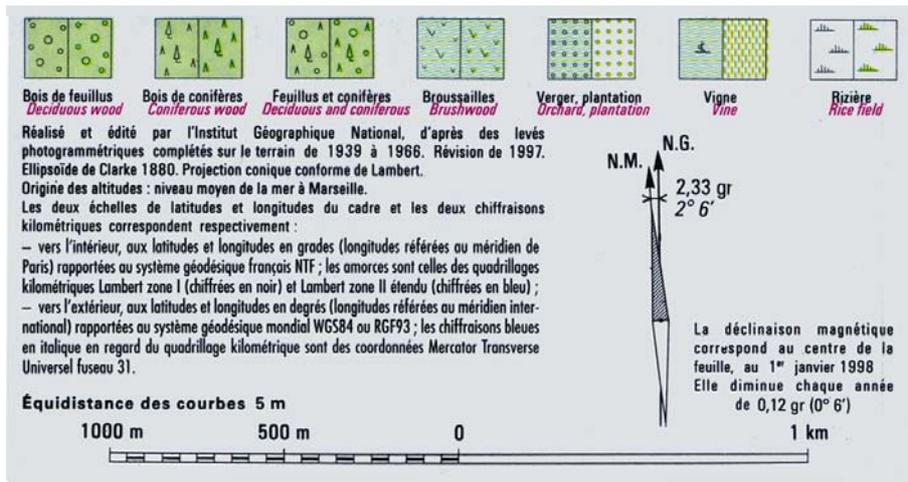
◆ **le Nord magnétique (NM) :**

il correspond à la direction donnée par la boussole. Il est légèrement différent du nord géographique, l'écart entre les deux s'appelle la déclinaison magnétique dont la valeur peut figurer en marge de la carte.



Attention

La valeur de la déclinaison magnétique (notée δ) varie d'une carte à l'autre et évolue dans le temps.



▲ IMG. 22

Dans la légende de la carte est figuré un schéma donnant la valeur de la déclinaison magnétique.

2. Calcul de la déclinaison magnétique

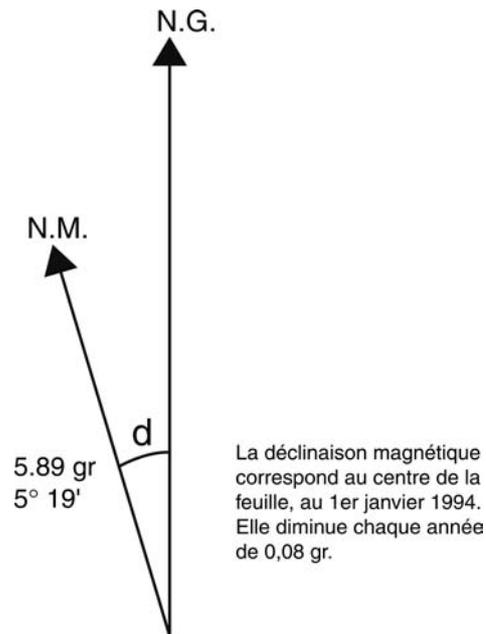
Pour calculer la valeur de la déclinaison magnétique δ ' au 1^{er} juillet 1998, il suffit de prendre la valeur δ donnée au 1^{er} janvier 1994, soit 5,89 gr et de la corriger de :

4,5 x 0,08 gr soit 0.36 gr.

La déclinaison magnétique est donc :

$$\delta = 5,89 - 0,36 = 5,53 \text{ gr.}$$

Il s'est en effet écoulé 4 ans et demi entre le 1^{er} janvier 1994 et le 1^{er} juillet 1998.



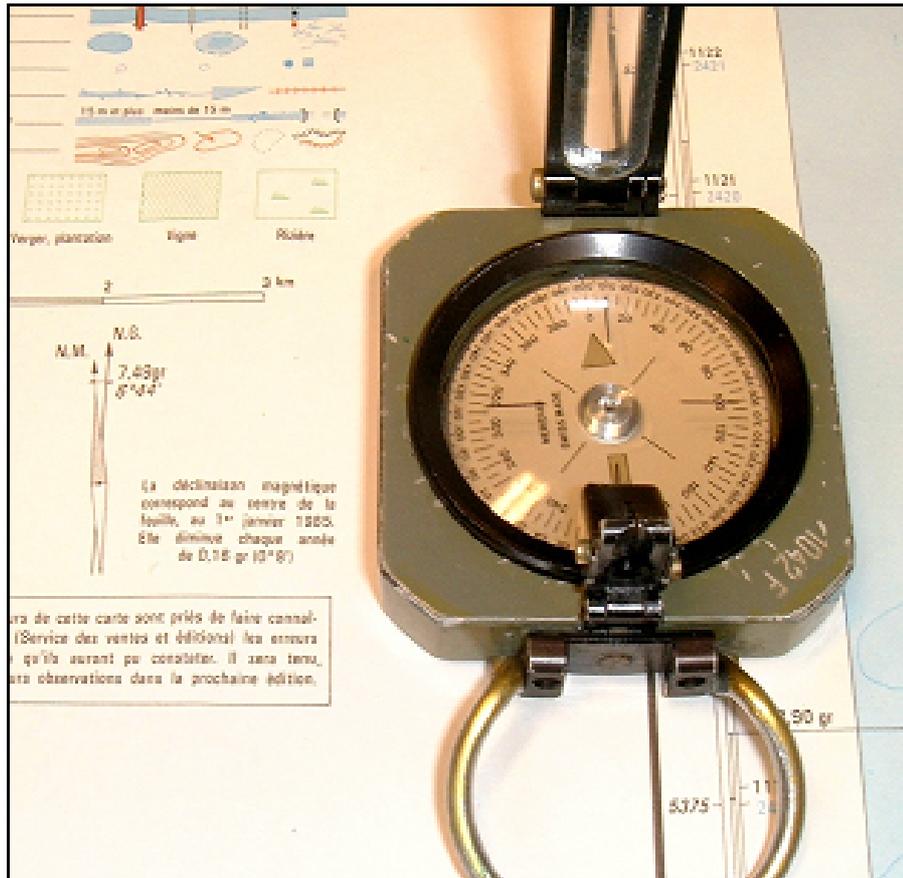
▲ SCH. 45

L'angle de déclinaison reporté actuellement dans la légende est l'angle d . Dans les éditions plus anciennes, on donnait également la valeur de l'angle de déclinaison rapporté au quadrillage ainsi que la convergence des méridiens. (voir différence Gisement / Azimut Chapitre V – « Détermination d'une direction »).

3. S'orienter avec une boussole

Pour orienter approximativement la carte, on peut simplement aligner l'aiguille de la boussole avec le bord de la carte.

Pour une meilleure précision, il faut alors superposer la boussole avec le schéma de déclinaison magnétique et faire pivoter l'ensemble jusqu'à coïncidence de l'aiguille Nord de la boussole avec le Nord magnétique du schéma.



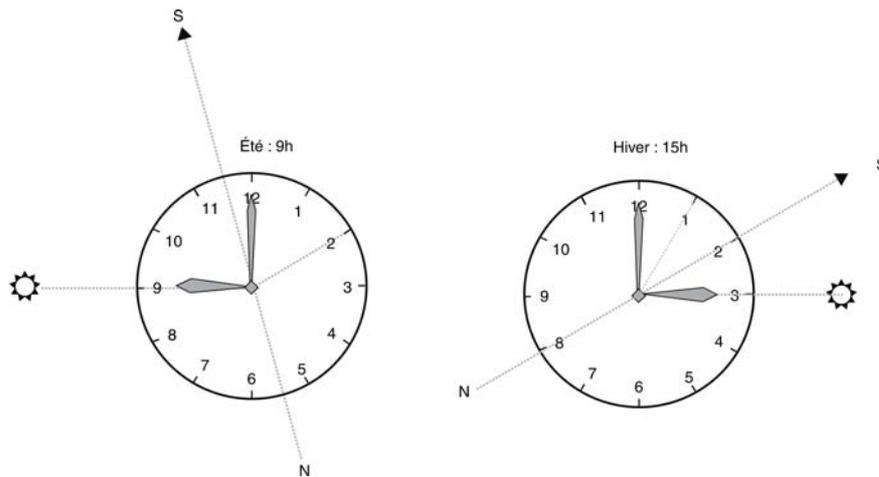
▲ IMG. 23

4. S'orienter avec une montre

Sans boussole, on peut trouver approximativement le nord.

En orientant la petite aiguille de sa montre vers le soleil, le sud sera repéré par la bissectrice de l'angle formé par la petite aiguille et par la direction de 13 h en hiver et de 14 h en été.

Si votre montre ne possède pas d'aiguilles, il vous suffit de dessiner un cadran et des aiguilles sur une feuille de papier.

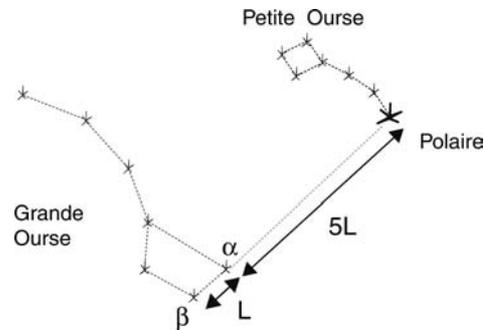


▲ SCH. 46

5. S'orienter avec l'étoile polaire

L'étoile polaire ne s'écarte pas plus de 1 degré de la direction du pôle nord, et sa position par rapport à la constellation de la Grande Ourse est facilement reconnaissable la nuit, lorsque le temps est clair.

En reportant 5 fois la distance entre les deux étoiles α et β de la Grande Ourse, vous trouverez l'Étoile Polaire.



Comment situer l'étoile polaire

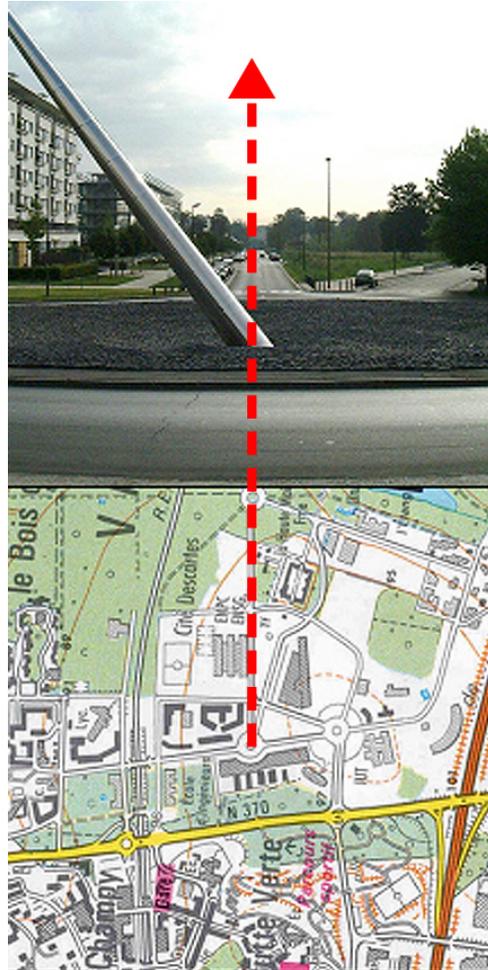
▲ SCH. 47

Partie B. S'orienter à l'aide d'une carte

Il est également possible, quand les alentours le permettent, d'orienter sa carte grâce aux repères naturels visibles à proximité. « Orienter la carte » consiste à placer les lignes de la carte parallèlement aux lignes correspondantes du terrain.

1. A l'aide d'un alignement

Si l'on se situe sur un long alignement (il peut s'agir d'une haie, d'une lisière de bois ou ici d'une portion de route), il suffit de tourner la carte de façon à mettre en coïncidence la carte avec la réalité.

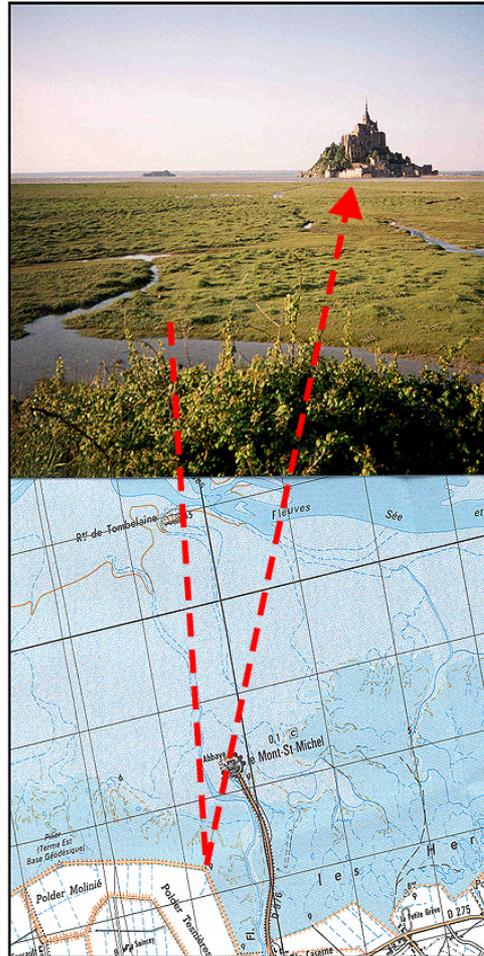


▲ IMG. 24

2. A l'aide d'une visée lointaine

Si l'on connaît sa position, il suffit alors d'identifier sur la carte un point connu visible sur le terrain (clocher, château d'eau, sommet, ...). Il faut ensuite faire pivoter la carte en visant ce point.

Afin d'éviter toute erreur d'identification, il est préférable de contrôler l'orientation en visant un autre point remarquable.



▲ IMG. 25

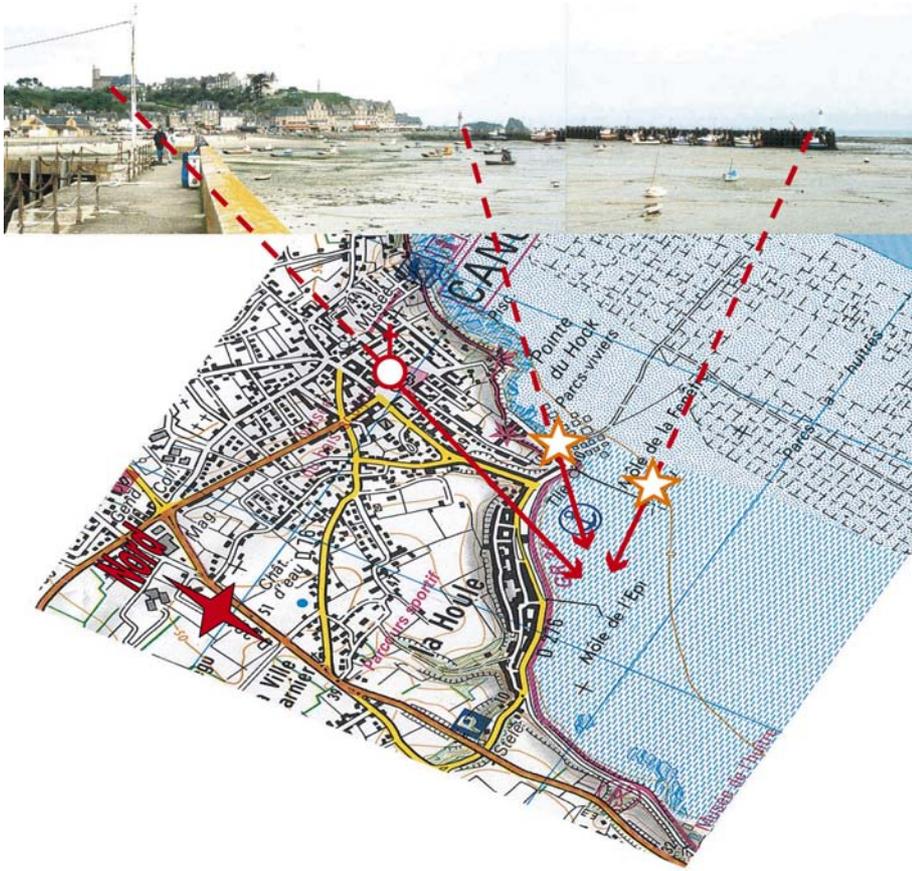
Partie C. Déterminer sa position sur une carte

Une fois la carte orientée en direction du nord, il est possible de déterminer sa position.

Pour cela, il vous faut identifier dans le paysage au moins deux points représentés sur la carte.

Tracer sur la carte à partir de ces points les directions correspondantes, l'intersection de ces droites définit votre position.

Un troisième point vous permettra de vérifier votre position.



▲ IMG. 26

Les éléments représentés sur une carte

Les éléments se trouvant à la surface de la terre sont divers et nombreux. En fonction de l'échelle de la carte, certains objets sont dessinés à leur dimension réduite, d'autres amplifiés ou remplacés par des signes conventionnels.

Les éléments représentés sur la carte peuvent être classés en quatre catégories.

1. la planimétrie, qui correspond à la représentation des détails, en général construits par l'homme : voies de communication, bâtiments, limites et natures des cultures et de la végétation, limites administratives, détails divers;
2. l'hydrographie, qui est relative aux eaux;
3. l'orographie, qui se rapporte au figuré du terrain, représenté en courbes de niveau;
4. la toponymie, qui concerne les noms.

Partie A. Généralités

La planimétrie proprement dite et les noms qui s'y rapportent sont figurés en noir ; la végétation est représentée en vert. L'hydrographie et la toponymie correspondante (hydronomie) apparaissent en bleu. Les courbes de niveau sont représentées en bistre ou en orange ; la même couleur orange et la couleur jaune servent sur le 1 : 25 000 à la surcharge du réseau routier.

La plupart des détails planimétriques peuvent être représentés par la projection horizontale, réduite à l'échelle, de leurs contours. Toutefois, pour pouvoir représenter certains détails linéaires ou ponctuels, on fait appel à des signes conventionnels.

Pour un chemin les deux traits figuratifs présentent un intervalle conventionnel fonction de sa largeur, qui amplifie notablement la largeur réelle, surtout aux petites échelles 1 : 100 000, 1 : 250 000. Pour représenter les détails de faible surface, on utilise des signes conventionnels aussi évocateurs que possible : un cercle pour une tour, une croix pour un calvaire, un cercle surmonté d'une croix pour une église ou une chapelle etc.

Pour différencier les types de végétation, de cultures, de surfaces aquatiques, on utilise soit des trames de densités différentes, de couleur verte pour la végétation, bleue pour les zones aquatiques, soit des structures régulières de cercles ou de traits appelés poncifs.

Chaque carte est accompagnée dans sa marge d'un extrait des signes conventionnels auquel il est fondamental de se reporter le plus souvent possible : c'est la légende de la carte.



Remarque :

Sans entrer dans le détail des signes conventionnels utilisés dans les cartes topographiques à différentes échelles, il nous a paru utile de donner dans le chapitre suivant consacré à la planimétrie (prise au sens large du terme) quelques principes généraux qui faciliteront la lecture de la carte. Les indications fournies sont plus spécialement valables pour les échelles 1 : 25 000, 1 : 50 000 et 1 : 100 000.

Partie B. La carte source d'informations planimétriques

1. Routes et chemins

Sur les nouvelles éditions à 1 : 25 000 les routes principales classées à grande circulation reçoivent une surcharge orangée dense continue, les routes secondaires reçoivent une surcharge jaune. Les autres chemins de bonne ou mauvaise viabilité ne comportent pas de surcharge de couleur.

Sur les nouvelles éditions à 1 : 25 000 les routes principales classées à grande circulation reçoivent une surcharge orangée dense continue, les routes secondaires reçoivent une surcharge jaune. Les autres chemins de bonne ou mauvaise viabilité ne comportent pas de surcharge de couleur.

Sur les cartes à 1 : 100 000 les routes de plus de 7 m de large sont figurées par deux traits écartés de 0,8 mm ; les routes de moins de 7 m de large sont figurées par deux traits écartés de 0,4 mm. Les routes principales classées à grande circulation reçoivent une surcharge rouge ou orangée. Les routes secondaires constituant des itinéraires de liaison reçoivent une surcharge jaune. Le long de ce réseau principal et des itinéraires de liaison, les distances sont indiquées en chiffres rouges de deux gabarits. Les autres chemins de bonne ou mauvaise viabilité ne comportent pas de surcharge de couleur.

On dit qu'un chemin est un remblai lorsque la surface de la chaussée présente une

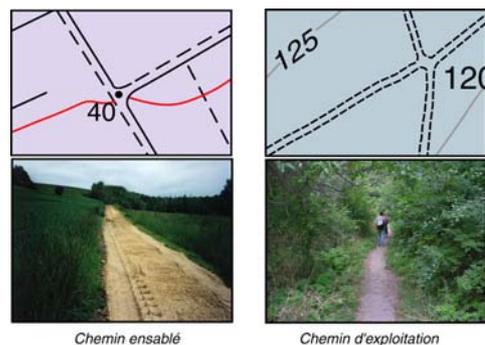
dénivellation brusque par rapport au terrain naturel situé plus bas. On représente les remblais par une série de barbules noires s'appuyant sur le trait du chemin.

On dit qu'un chemin est un déblai lorsque la surface de la chaussée présente une dénivellation brusque par rapport au terrain naturel situé plus haut. On représente les déblais par un signe de talus noir, comportant un trait bordant les chemins, décalé en général par rapport à la position réelle du haut du talus. Le trait du talus est constant, curviligne si la hauteur du talus est variable ; les barbules s'appuyant sur le trait du talus, un léger intervalle étant aménagé entre leur base et le trait du chemin ; la hauteur des barbules est fonction de la hauteur des différentes parties du talus.



▲ IMG. 27

Les chemins d'exploitation et les laies forestières sont représentées aux deux échelles par un trait noir continu. Toutefois l'attention du lecteur de la carte est attirée sur le fait qu'un tel trait ne garantit pas une viabilité continue. Il arrive souvent qu'un chemin d'exploitation ou une laie forestière soit partiellement ou même totalement impraticables au moment de l'utilisation de la carte.



▲ IMG. 28

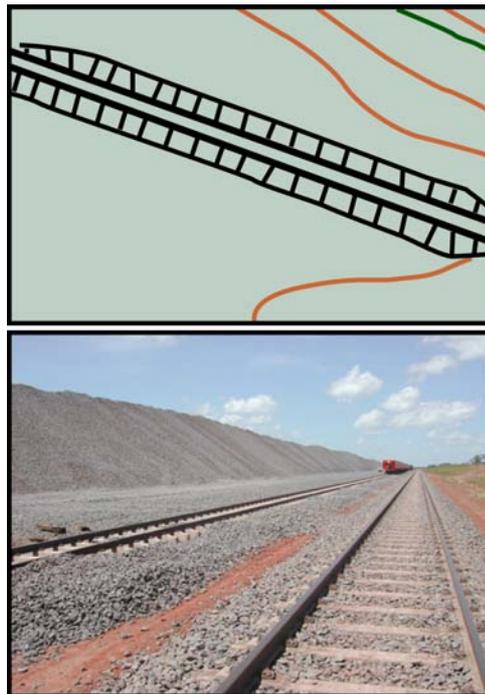
Les lignes de coupe, les layons, ainsi que les sentiers importants (en montagne notamment) sont représentés par un tireté ; ce signe ne garantit pas non plus que le tracé correspondant du terrain soit praticable au moment de l'utilisation de la carte.

Les sentiers de grande randonnée sont représentés sur les éditions à 1 : 100 000 touristiques (série verte) par un tireté rouge, le long duquel est portée l'indication GR suivie de son numéro. Sur les cartes à 1 : 25 000 ces mêmes sentiers sont représentés en trait continu rouge.

2. Chemins de fer

Les chemins de fer à voie normale sont représentés par des traits noirs épais, sur les cartes à 1 : 100 000 le nombre de voies étant indiqué par des petits bâtonnets transversaux. Dans les éditions récentes à 1 : 25 000 ou 1 : 50 000, les lignes électrifiées sont différenciées des autres lignes par l'addition d'une silhouette d'éclair.

La légende précise les autres signes conventionnels relatifs aux voies étroites, les voies abandonnées, les passages à niveau, supérieurs ou inférieurs, les tunnels, les chemins de fer à crémaillère etc.



Voie ferrée double

▲ IMG. 29 : VOIE FERRÉE DOUBLE BORDÉE DE TALUS

On dit qu'un passage est supérieur lorsque la route ou le chemin passe au-dessus de la voie ferrée ; à l'inverse, pour le passage inférieur, la route passe sous la voie ferrée.



Gare et voie ferrée double électrifiée

Passage à niveau

▲ IMG. 30

3. Lignes électriques

Les lignes de transport d'énergie électrique ne sont figurées par un trait fin noir avec une flèche que lorsqu'elles ont un voltage égal ou supérieur à 63 Kv.

4. Clôtures et limites

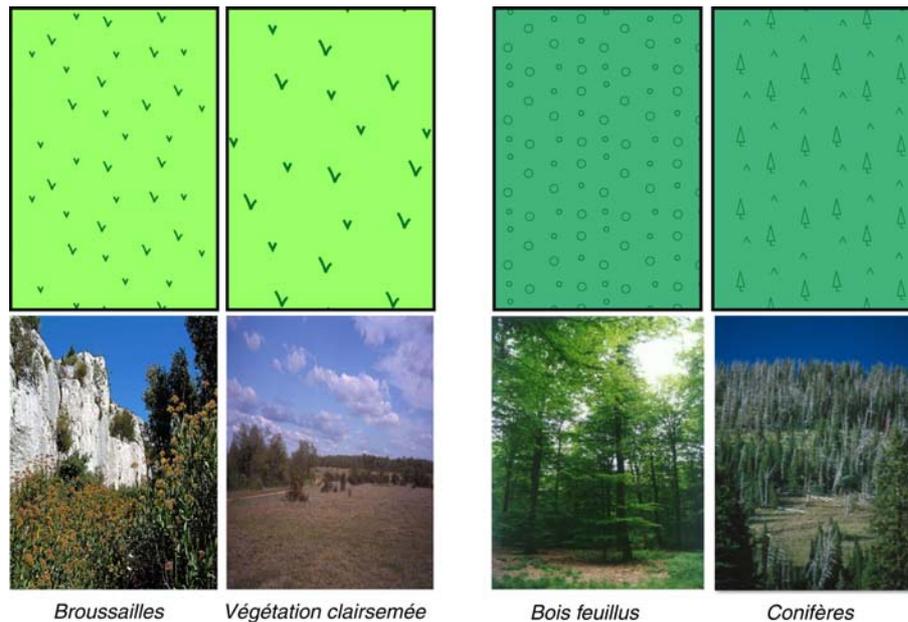
On distingue les murs en noir, les clôtures en traits tiretés noirs, les fossés à sec en tiretés bleus, les haies et rangées d'arbres sont représentées par un trait vert ou trait noir avec points noirs, les levées de terre en bistre. Enfin les limites de végétation sont figurées par un trait vert.

5. Végétation et cultures

En règle générale la végétation est représentée par une symbolique surchargée d'une trame de couleur verte.

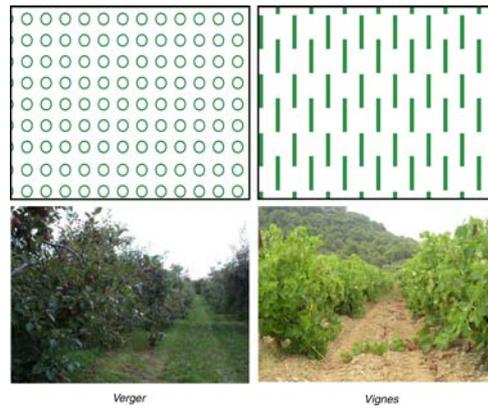
Sur les cartes à grande échelle les bois de conifères sont distingués des feuillus.

Les broussailles sont représentées par une trame verte plus légère que celle des bois.



▲ IMG. 31

Enfin les vergers et les vignes sont figurés par des symboles ou des structures régulières de cercles ou de traits appelés poncifs.

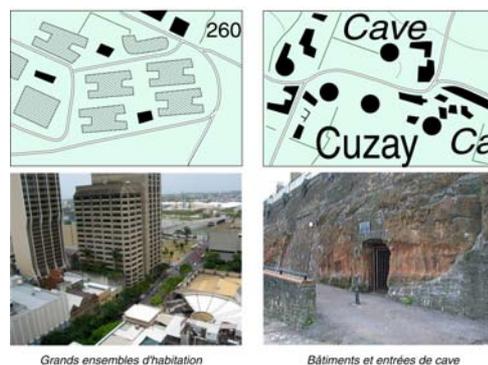


▲ IMG. 32

6. Constructions diverses

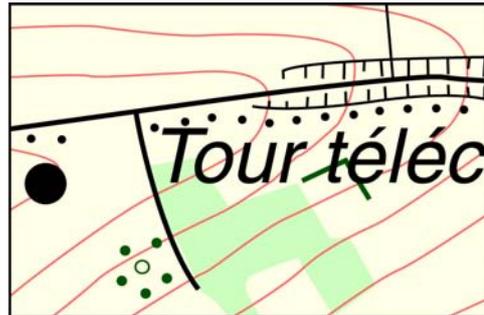
Les constructions sont représentées différemment suivant leur taille et leur nature. Les bâtiments ordinaires sont représentés sur la carte de base à 1 : 25 000 avec, à l'intérieur, un aplat noir pour les bâtiments de petite dimension, un tramé pour les bâtiments de grande dimension et les bâtiments à signaler, des croisillons pour les halles et hangars. Les bâtiments en matériaux légers sont simplement représentés par leur périmètre.

Ces règles restent valables aux échelles 1 : 50 000 et 1 : 100 000, mais il y a lieu de tenir compte de la généralisation qui intervient entre les cartes à 1 : 25 000 et à 1 : 50 000 d'une part, entre les cartes à 1 : 50 000 et à 1 : 100 000 d'autre part. Il en résulte qu'à ces échelles un rectangle peut représenter l'ensemble de deux ou trois bâtiments voisins, alors que ceux-ci sont distincts à l'échelle 1 : 25 000.



▲ IMG. 33

Les édifices remarquables : églises, cimetières, mairies, monuments etc. sont représentés par une série de silhouettes ou de signes conventionnels aussi évocateurs que possible.



Tour de télécommunications

▲ IMG. 34

7. Limites et notations administratives

Toutes les limites administratives : état, départements, arrondissements, communes sont représentées par des traits pointillés de couleur noire définis dans la légende.



Limites administratives



Borne départementale

▲ IMG. 35

Les préfetures, sous-préfetures, cantons, communes sont indiqués par un cartouche rectangulaire placé en général à coté du nom de l'agglomération et contenant l'abréviation correspondante : P - SP - CT - C.

Enfin à côté du nom de chaque agglomération figure sa population en milliers d'habitants :



Exemple

Préfailles une commune de 800 habitants (Saint-Nazaire / Pornic 1:25 000)



▲ IMG. 36

Les cartes portent aussi le classement des autoroutes (A), des routes nationales (N), des chemins départementaux (D) avec leurs numéros.

Partie C. Hydrographie

L'hydrographie est l'ensemble des éléments concernant l'eau et les écoulements. Ces éléments sont généralement représentés avec la couleur bleue.

1. Mer, lac, étang

On différencie par deux tonalités de bleu : d'une part les zones d'eau permanente (bleu soutenu), d'autre part les zones d'eau temporaire ou marécageuse, dans lesquelles plusieurs poncifs introduisent un bleu atténué qui contraste avec le bleu vif des zones d'eau permanente.



Étendue d'eau et zone de végétation aquatique (marécage)

▲ IMG. 37

En bord de mer, la laisse des plus basses mers ou zéro des hydrographes est représentée par un trait bleu continu numéroté (0), elle sépare une zone d'eau permanente, figurée par un bleu soutenu, et la zone de l'estran représenté par un bleu atténué avec différents poncifs selon qu'il s'agit de sable, vase, gravier etc.

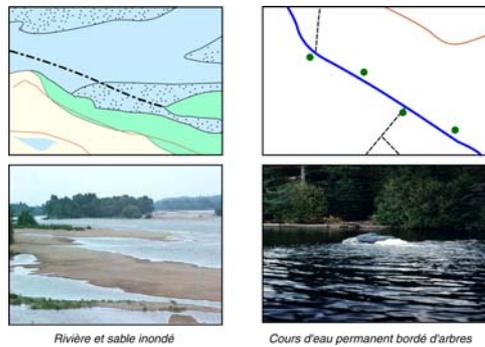
La zone de l'estran est parcourue par la courbe 0 du nivellement général français, qui correspond au niveau moyen de la Méditerranée à Marseille. Comme les autres courbes de niveau, la courbe 0 est figurée en bistre.



▲ IMG. 38

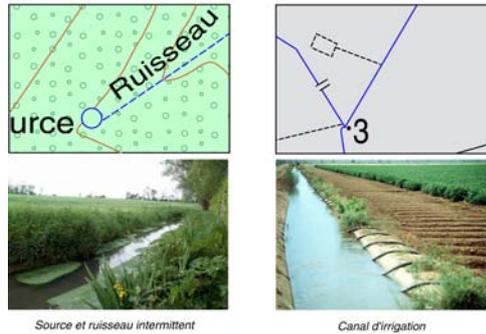
2. Fleuve, rivière, ruisseau

Les fleuves et rivières d'une largeur suffisante sont représentés par un double trait à l'intérieur duquel est imprimé un bleu soutenu lorsqu'ils sont permanents, un poncif sable ou gravier lorsqu'ils sont temporaires.



▲ IMG. 39

Les cours d'eau permanents et les canaux d'irrigation de largeur insuffisante sont représentés par un trait continu, les cours d'eau temporaires par un trait tireté.

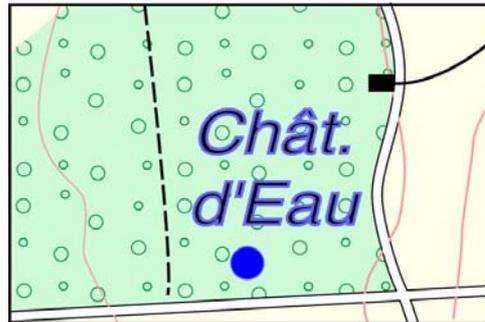


▲ IMG. 40

3. Source, puit, château d'eau

Tous les châteaux d'eau sont représentés par un cercle bleu poché. Les réservoirs visibles sont figurés selon leur forme réelle avec une teinte bleue à l'intérieure.

Seules les sources importantes sont représentées par une circonférence bleue, accompagnée d'un trait marquant le sens d'écoulement. On ne représente à l'échelle 1 : 50 000 et à plus forte raison à l'échelle 1 : 100 000 que les puits, citernes, abreuvoirs, etc. isolés et constituant un point de repère important ; le signe conventionnel correspondant est une simple conférence bleue.



Château d'eau

▲ IMG. 41

Partie D. Toponymie

Le recueil de la toponymie fait l'objet de multiples précautions lors des opérations de complètement. Le compléteur a pour mission de recueillir une véritable toponymie cartographique, qui se perpétue souvent par l'usage, beaucoup de toponymes intéressants (en montagne par exemple) ne figurant pas sur le cadastre.

Les lieux-dits non habités du cadastre figurent rarement sur les cartes à 1 : 25 000 et 1 : 50 000, à plus forte raison sur les cartes à 1 : 100 000. Les noms recueillis sur le terrain avec des graphies souvent divergentes sont examinés par la Commission de toponymie de l'IGN, qui choisit la graphie la plus rationnelle ; celle-ci n'est parfois pas conforme à celle portée sur le cadastre, ce qui entraîne des observations des usagers. Il n'est pas commode en toponymie de satisfaire à la fois les érudits, partisans d'une graphie aussi proche que possible de l'étymologie, et les habitants d'une commune habitués à utiliser une graphie qui a souvent subi des déformations au cours des temps.

Les noms de commune ont une graphie officielle définie par le ministère de l'Intérieur.

Les écritures de la carte sont en caractères droits pour les lieux habités, en caractères

Partie E. La représentation du relief (orographie)

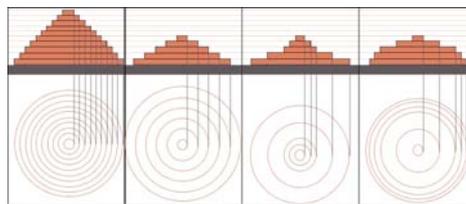
L'orographie est la représentation du relief terrestre. Plusieurs éléments décrivent les formes du terrain : les courbes de niveau, les points cotés et l'estompage.

1. Les courbes de niveau



Une courbe de niveau est un trait représentant l'intersection d'un plan horizontal avec la surface du terrain. C'est le lieu des points d'égale altitude.

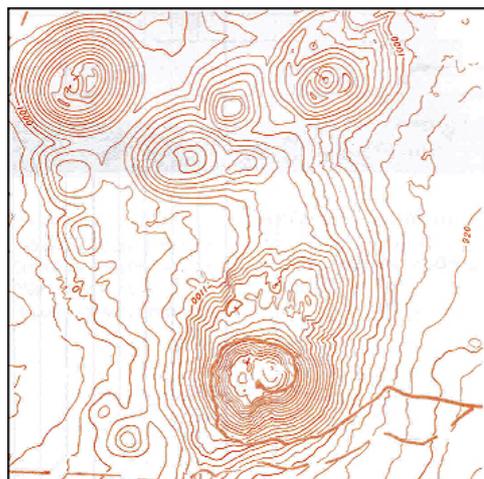
Pour comprendre la représentation du relief par les courbes de niveau, il suffit d'imaginer une montagne découpée en gradins et de la survoler par la pensée.



▲ SCH. 48

Les courbes sont espacées d'une différence d'altitude que l'on nomme l'équidistance. La valeur de l'équidistance est notée dans la légende de la carte, elle peut varier d'une carte à l'autre en fonction de l'échelle et du relief cartographié.

Les courbes de niveau sont représentées par un trait fin de couleur bistre. Toutes les cinq courbes, on représente une courbe « maîtresse », en trait plus fort. Une courbe maîtresse sera généralement associée à une altitude indiquée par des chiffres orientés en fonction de la pente (la base des chiffres correspond au bas du terrain).



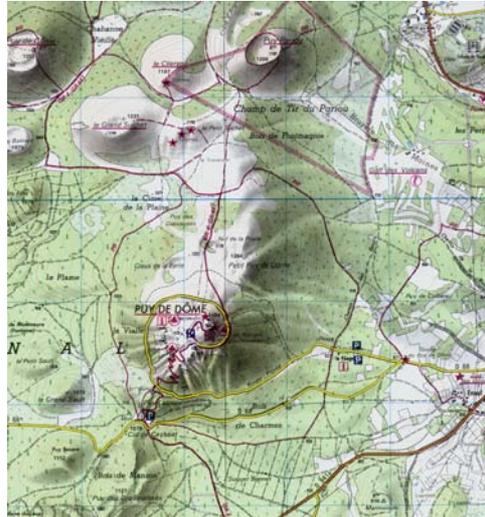
▲ IMG. 43

Pour distinguer les cuvettes des sommets, on accompagne les cuvettes d'une flèche indiquant le fond de la cuvette.

2. L'estompage



Cette technique est surtout destinée à rehausser la valeur plastique de certains procédés de représentation du relief par un effet d'éclairage donnant une impression de volume, d'où une meilleure perception des formes du terrain.



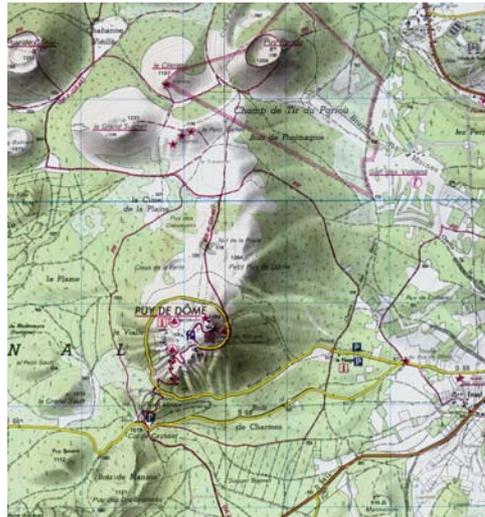
▲ IMG. 44

3. Les points cotés

Les points cotés occupent une grande place dans le figuré du terrain.

Ils doivent répondre à trois impératifs :

- ◆ aider à la lecture des courbes de niveau
- ◆ définir les parties non représentées par les courbes en raison de l'équidistance (sommet, cuvette, changement de pente)
- ◆ servir de point de départ à des opérations altimétriques sur le terrain (exemple : réglage d'un altimètre).



▲ IMG. 45

4. Autres signes conventionnels de l'orographie

Les courbes de niveau sont parfois insuffisantes pour caractériser la nature de certains terrains, surtout en montagne.

On fait appel alors à d'autres artifices :

- ◆ des figurés de rocher à l'effet aussi léger que possible pour ne pas trop masquer les courbes de niveau
- ◆ les terrains très ravinés (bad-lands) sont mis en évidence par des semis de points bistres, comme pour les dunes et les zones de sable
- ◆ les courbes de niveau des glaciers sont représentées en bleu ; on s'efforce de représenter aussi les éboulis et les moraines par des séries de points parallèles.



Rocher et éboulis

▲ IMG. 46

Table des illustrations

- *Img.1* p. 8;
- *Img.2* p. 8;
- *Img.3* p. 9;
- *Img.4* p. 12;
- *Img.5* p. 13;
- *Img.6* Tableau d'assemblage 1 : 100 000 - p. 28;
- *Img.7* Extrait tableau d'assemblage 1 : 25 000 et TOP 25 - p. 29;
- *Img.8* p. 35;
- *Img.9* p. 40;
- *Img.10* p. 48;
- *Img.11* p. 54;
- *Img.12* p. 55;
- *Img.13* p. 59;
- *Img.14* p. 60;
- *Img.15* p. 62;
- *Img.16* p. 64;
- *Img.17* p. 65;
- *Img.18* p. 66;
- *Img.19* p. 67;
- *Img.20* p. 69;
- *Img.21* p. 71;
- *Img.22* p. 74;
- *Img.23* p. 76;
- *Img.24* p. 78;
- *Img.25* p. 79;
- *Img.26* p. 80;
- *Img.27* p. 83;
- *Img.28* p. 83;
- *Img.29* Voie ferrée double bordée de talus - p. 84;
- *Img.30* p. 84;
- *Img.31* p. 85;

- *Img.32* p. 86;
- *Img.33* p. 86;
- *Img.34* p. 87;
- *Img.35* p. 87;
- *Img.36* p. 88;
- *Img.37* p. 88;
- *Img.38* p. 89;
- *Img.39* p. 89;
- *Img.40* p. 90;
- *Img.41* p. 91;
- *Img.42* p. 92;
- *Img.43* p. 93;
- *Img.44* p. 94, 95;
- *Img.45* p. 94, 95;
- *Img.46* p. 95;

Table des schémas

- *Sch.1* p. 11;
- *Sch.2* p. 13;
- *Sch.3* p. 13;
- *Sch.4* p. 14;
- *Sch.5* p. 15;
- *Sch.6* p. 15;
- *Sch.7* p. 16;
- *Sch.8* p. 17;
- *Sch.9* p. 20;
- *Sch.10* p. 21;
- *Sch.11* p. 22;
- *Sch.12* p. 23;
- *Sch.13* p. 24;
- *Sch.14* p. 26;
- *Sch.15* p. 32;
- *Sch.16* p. 33;
- *Sch.17* Représentation cylindrique conforme - p. 33;
- *Sch.18* Représentation conique conforme - p. 34;
- *Sch.19* Représentation azimutale conforme - p. 34;
- *Sch.20* Représentation cylindrique transverse - p. 35;
- *Sch.21* Représentation mériconique équivalente - p. 35;
- *Sch.22* Représentation azimutale oblique équivalente - p. 36;
- *Sch.23* p. 36;
- *Sch.24* p. 39;
- *Sch.25* p. 41;
- *Sch.26* p. 42;
- *Sch.27* p. 43;
- *Sch.28* p. 44;
- *Sch.29* p. 45;
- *Sch.30* p. 46;
- *Sch.31* p. 46;

- *Sch.32* p. 47;
- *Sch.33* p. 49;
- *Sch.34* p. 52;
- *Sch.35* p. 53;
- *Sch.36* p. 58;
- *Sch.37* p. 59;
- *Sch.38* p. 60;
- *Sch.39* p. 61;
- *Sch.40* p. 65;
- *Sch.41* p. 67;
- *Sch.42* p. 68;
- *Sch.43* p. 70;
- *Sch.44* p. 72;
- *Sch.45* p. 75;
- *Sch.46* p. 77;
- *Sch.47* p. 77;
- *Sch.48* p. 93;

Table des tableaux

- *Tab.1* A l'équateur - p. 17;
- *Tab.2* Ordre de grandeur - p. ;