

Chapitre II : Information spatiale et ses propriétés

Introduction

Du latin *spatium*, l'espace est un terme ayant de nombreuses significations. Il s'agit de l'extension que contient la matière existante, de la partie occupée par un objet sensible ou de la capacité d'un terrain ou d'un lieu.

Géographique, d'autre part, vient de *geographicus* et se réfère à ce qui appartient ou qui est lié à la géographie (la science qui s'intéresse à la description de la Terre).

La notion d'espace géographique est donc employée par la géographie pour désigner l'espace organisé par une société. Il s'agit d'un espace dans lequel les groupes humains cohabitent et interagissent avec l'environnement.

L'espace géographique est une construction sociale qui peut être étudiée dans ses diverses manifestations (telles que le paysage naturel, le paysage urbain, le paysage industriel, etc.).

Le géographe français Jean Tricart (1920-2003) a défini la zone géographique comme « l'épiderme de la Terre », qui peut être analysée en fonction de son système spatial (l'emplacement) ou de son système environnementale (l'écologie).

I. Information spatiale

1. Définition

L'information géographique désigne toute information relative à un point ou un ensemble de points spatialement référencés à la surface de la terre. Elle est d'importance primordiale pour tous ceux qui ont à gérer un espace ou des objets dispersés dans un espace donné. On rassemble sous la dénomination d'information spatiale des données aussi diverses que la distribution de ressources naturelles (sols, eaux, végétation) ; la localisation d'infrastructures (routes, édifices, réseaux d'équipements divers), les limites administratives et politiques.

La définition de chacun des composants, système d'information et information spatiale contribue à en préciser le contour :

- **Système d'information** : ensemble de composants inter-reliés qui recueillent de l'information, la traitent, la stockent et la diffusent afin de soutenir la prise de décision et le contrôle au sein de l'organisation.
- **Information géographique** : l'information est dite spatiale (géographique) lorsqu'elle se rapporte à un ou plusieurs lieux de la surface du globe terrestre. Cette information possède la caractéristique d'être localisée, repérée ou géocodée.

Les données géographiques ont deux composantes : les données spatiales et les données attributaires.

Voici quelques exemples illustrant la relation entre l'espace et l'attribut :

- Une parcelle et son numéro
 - La position d'un point et sa largeur
 - La localisation d'une surface naturelle et son type de végétation
-
- **Les données spatiales** : représentent des objets géographiques associés avec leur localisation dans le monde réel (données localisées). Les objets géographiques sont représentés sur les cartes par des points, des lignes, et des polygones.

- **Les données attributaires** : décrivent des propriétés particulières des objets géographiques telles que : le numéro de parcelle, la largeur de pont, un type de végétation.

2. Propriétés de l'information spatiale

L'information spatiale est aux SIG ce que l'atome est à la matière : l'élément constitutif. C'est une information sur la réalité localisée dans l'espace ; elle exprime les propriétés spatiales par le géoréférencement et le voisinage, des propriétés thématiques ou temporelles. Elle caractérise, de ce fait, l'unité d'observation. On catégorise l'information spatiale selon son échelle de mesure (nominale, ordinale et cardinale) et selon son origine (mesurée, dérivée, interprétée).

2.1. Echelle de mesure

L'échelle de mesure exprime la richesse du contenu informatif selon trois niveaux : nominal, ordinal et cardinal.

2.1.1. Informations nominales

Les informations de type nominal expriment des identifications ou des appartenances à des catégories : le nom des êtres et des choses. Elles se formulent par un nom propre ou commun ou par un nombre dont la signification est celui d'un identifiant tel que le numéro de matricule d'un étudiant. Son rôle est celui d'un identifiant désignant un objet en particulier (l'Amazone) ou une classe d'objets (bâtiments administratifs) ou une caractéristique thématique (forêt, blé). Sa traduction numérique est totalement arbitraire, dès l'instant où la diversité des nombres est en accord avec celle des catégories considérées.

2.1.2. Informations ordinales

L'information ordinale exprime un rang dans une classe d'objets, une qualité dans un énoncé hiérarchique tel que petit, moyen, grand. Elle se formule soit par des qualificatifs, soit numériquement. L'expression numérique de ces propriétés qualitatives est relative à l'intérieur d'un intervalle de valeurs défini arbitrairement. Ainsi, le contenu hiérarchique peut s'exprimer entre 0 et 1 ou entre 40 et 70 sans influencer la hiérarchie qui caractérise la relation entre les objets.

2.1.3. Informations cardinales ou d'intervalle-rapport

Par rapport à l'échelle ordinale, celle-ci ajoute une notion de distance entre les propriétés ou valeurs de l'attribut exprimées de manière quantitative. Cette échelle se caractérise par le recours à une unité de mesure constante sur tout son domaine. Cette unité, comme l'origine du système, est arbitraire. Le rapport entre deux intervalles est indépendant de l'unité de mesure et du point zéro. Par exemple, le rapport entre deux températures est identique, qu'il soit exprimé en Celsius ou en Fahrenheit. C'est la catégorie la plus courante de la mesure d'un paramètre physique tel que, notamment, la longueur, la tension électrique, l'intensité lumineuse, la température.

A ce niveau de richesse, l'expression de la propriété est nécessairement numérique, le langage textuel n'offrant pas suffisamment de diversité. Il est à noter que ce niveau cardinal est souvent présenté en deux sous-niveaux.

Le premier, celui d'intervalle, inclut toutes les unités de mesure pour lesquelles la valeur zéro est arbitraire; le second, celui de rapport, prend en compte la réalité physique du zéro absolu s'il existe. Par exemple, pour la température, le zéro absolu définit l'échelle de Kelvin.

2.2. Catégories: mesurée, interprétée, dérivée

Le mode d'acquisition de l'information exploitée dans un SIG prend toute son importance lorsque l'on se préoccupe de la qualité (précision et incertitude) d'une information et de celle du résultat d'un traitement.

- Information mesurée

L'information mesurée, ou mesure de terrain, recouvre notamment les propriétés d'une variable acquises à l'aide d'instruments de mesure, le plus souvent électroniques (par ex. la pluviométrie, l'image numérique aérienne ou satellitaire, la hauteur d'eau à un endroit d'un cours d'eau, la granulométrie d'un échantillon de sol), l'inventaire d'une placette ou les réponses à un questionnaire d'enquête.

- Information interprétée

Une information interprétée est une appréciation synthétique produite par un expert comme par exemple l'identification et la description d'une unité paysagère. Elle est appréhendée directement sur le terrain ou sur des documents de première source, une photographie par exemple. Elle contient l'information issue de la perception et de l'interprétation de l'expert. Elle ne peut être produite de manière automatique sur la base de l'inventaire de critères que l'expert est censé appliquer. Au demeurant, ce type d'information est, en partie, intuitif. Il en est ainsi pour un bon nombre d'informations proposées dans les cartes thématiques : pédologique, géologique, écologique. Les informations acquises par numérisation d'un document cartographique relèvent d'une même logique. La carte résulte en effet de démarches de modélisation qui lui sont propres. Si des informations qu'elle contient sont insérées dans un SIG par numérisation des unités graphiques et par report des informations symboliques, l'opérateur est contraint d'estimer tant la fiabilité que la précision des informations et d'introduire cette métainformation dans la base de données.

- Information dérivée

Une information est dite dérivée lorsqu'elle est produite à partir de paramètres acquis séparément et combinés par des opérations logico-mathématiques : la pente et l'orientation calculées à partir d'un modèle numérique d'altitude (MNA), l'aptitude d'un sol en référence à une espèce végétale, les indices et pourcentages socioéconomiques.

Sa qualité est aisée à apprécier dans la mesure où celles de variables originales ainsi que les opérations appliquées sont explicitées. A cette catégorie se rattache également une classe de variables qui occupe, dans les SIG appliqués aux sciences naturelles Il s'agit de variables définies en tout point de l'espace et supposées présenter une autocorrélation spatiale. Elles sont acquises par échantillonnage et estimées ensuite aux points représentatifs du système d'information par interpolation. La loi décrivant l'évolution spatiale de la variable en référence au point de mesure est examinée à l'aide d'instruments statistiques offerts par l'analyse structurale.

4. Mode de représentation de l'information géographique

4.1. Données RASTER

La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, formant des unités spatiales élémentaires. Cette unité spatiale élémentaire est appelée pixel (Picture element). La taille en unités de distance de ce pixel définit la résolution spatiale de l'image.

Chaque maille de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information.

4.2. Données vectorielles

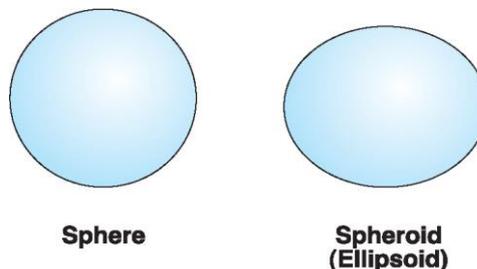
Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs, et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

Les données graphiques décrivent la localisation et la forme des objets géographiques, alors que les données alphanumériques décrivent la nature et les caractéristiques des objets spatiaux.

II. Systèmes géodésiques et projections

1. Ellipsoïdes et sphères

La forme et la taille de la surface d'un système de coordonnées géographiques sont définies par une sphère ou par un ellipsoïde. Bien qu'un ellipsoïde soit une bonne représentation de la terre, celle-ci est parfois reproduite sous forme de sphère afin de faciliter les calculs mathématiques. L'hypothèse d'une terre en forme de sphère est concevable pour les cartes à petite échelle (inférieure à 1:5 000 000). A cette échelle, la différence entre une sphère et un ellipsoïde n'est pas détectable sur une carte. Cependant, par souci de précision sur les cartes à grande échelle (échelles de 1:1 000 000 ou supérieures), un ellipsoïde est indispensable pour représenter la forme de la terre. Entre ces échelles, le choix d'une sphère ou d'un ellipsoïde dépend de l'usage qui sera fait de la carte et de la précision des données.



Une sphère est basée sur un cercle, un ellipsoïde sur une ellipse. La forme d'une ellipse est définie par deux rayons. Le rayon le plus long est appelé demi-grand axe et le plus court, demi-petit axe.

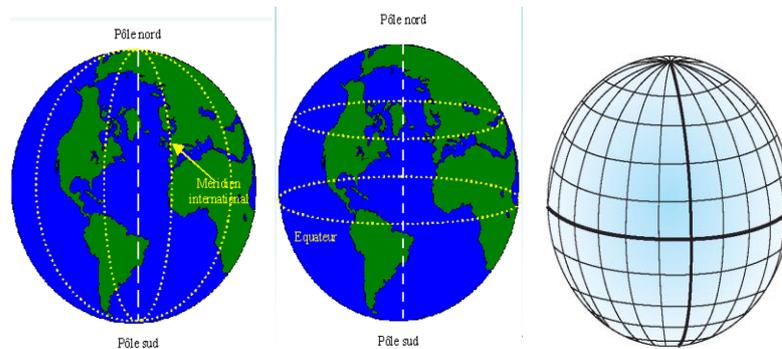
Pour mieux comprendre les caractéristiques de sa surface et ses irrégularités distinctives, la terre a fait l'objet de multiples études. Ces études ont abouti à plusieurs ellipsoïdes qui représentent la terre.

Généralement, un ellipsoïde est sélectionné pour s'adapter à un pays ou à une zone particulière. L'ellipsoïde le mieux adapté à une région n'est pas forcément similaire à l'ellipsoïde adapté à une autre région. En raison des variations des caractéristiques gravitationnelles et superficielles, la terre n'est ni une sphère parfaite ni un ellipsoïde parfait. La technologie des satellites a révélé plusieurs écarts elliptiques ; par exemple, le pôle Sud est plus proche de l'équateur que le pôle Nord. Les ellipsoïdes déterminés par satellite remplacent de plus en plus les anciens ellipsoïdes mesurés au sol.

2. Systèmes de coordonnées géographiques

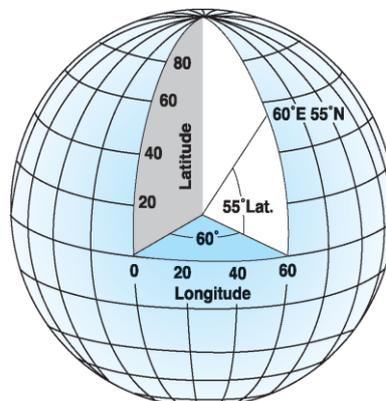
Un système de coordonnées géographiques (SCG) utilise une surface sphérique en trois dimensions pour définir des emplacements sur la terre.

Dans le système sphérique, les " lignes horizontales " ou lignes Est-Ouest, sont des lignes de latitude égale ou des parallèles. Les " lignes verticales " ou lignes Nord-Sud sont des lignes de longitude égale ou des méridiens. Ces lignes ceinturent le globe et constituent un réseau quadrillé appelé un graticule.



La ligne de latitude qui sépare les pôles est appelée l'équateur. Il définit la ligne de latitude zéro. La ligne de longitude zéro est appelée méridien principal. Dans la plupart des systèmes de coordonnées géographiques, le méridien principal correspond à la longitude qui traverse Greenwich, en Angleterre. Dans d'autres pays, les méridiens principaux sont les lignes de longitude qui traversent Berne, Bogota et Paris.

Un point est référencé d'après ses valeurs de longitude et de latitude. La longitude et la latitude représentent des angles mesurés à partir du centre de la terre vers un point de la surface terrestre. Les angles sont souvent mesurés en degrés (ou en grades).



L'origine du graticule (0,0) est définie d'après le point d'intersection de l'équateur et du méridien principal. Le globe est alors divisé en quatre quadrants géographiques calculés d'après les relèvements au compas effectués à partir de l'origine. Le Nord et le Sud se trouvent au-dessus et au-dessous de l'équateur, l'Est et l'Ouest se situant à gauche et à droite du méridien principal.

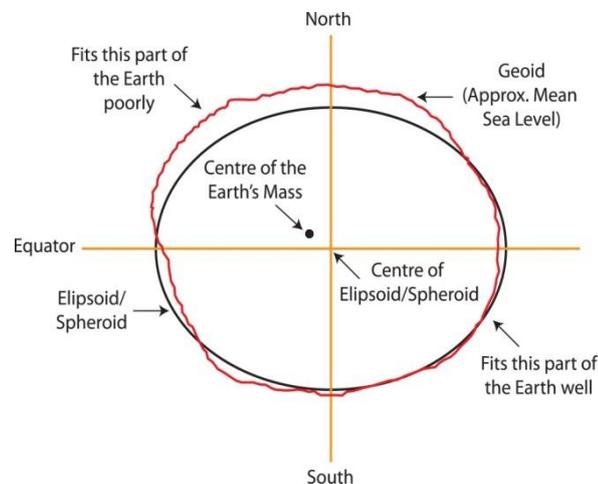
Traditionnellement, les valeurs de latitude et de longitude sont mesurées en degrés décimaux ou en degrés, minutes et secondes (DMS). Les valeurs de latitude sont mesurées par rapport à l'équateur et sont comprises entre -90° au pôle Sud et $+90^\circ$ au pôle Nord. Les valeurs de longitude sont mesurées par rapport au méridien principal. Elles vont de -180° lorsqu'on va vers l'ouest jusqu'à 180° lorsqu'on va vers l'est.

Au-dessus et au-dessous de l'équateur, les cercles définissant les parallèles de latitude rétrécissent progressivement jusqu'à devenir un seul point aux pôles Nord et Sud, à l'endroit où les méridiens convergent. Au fur et à mesure que les méridiens convergent en direction des pôles, la distance représentée par un degré de longitude est réduite à zéro.

3. Datums

Si un ellipsoïde représente approximativement la forme de la terre, un datum définit la position de l'ellipsoïde par rapport au centre de celle-ci. Un datum fournit un cadre de référence permettant de mesurer des emplacements sur la surface de la terre. Il définit l'origine et l'orientation des lignes de latitude et de longitude.

Dès que vous modifiez le datum ou plutôt, le système de coordonnées géographiques, les valeurs des coordonnées de vos données évoluent.



Au cours des 15 dernières années, les données de satellite ont fourni aux géodésiens de nouvelles mesures pour définir l'ellipsoïde le mieux adapté à la terre, qui associe les coordonnées au centre de masse de la terre. Un datum centré sur la terre ou géocentrique utilise comme origine le centre de masse de la terre. Le datum le plus récemment développé et le plus couramment utilisé est le WGS 1984. Il sert de cadre aux mesures des emplacements au niveau international.

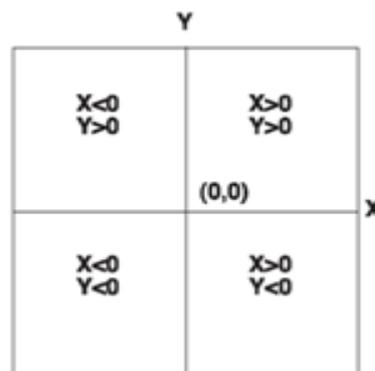
Un datum local aligne son ellipsoïde de façon à l'adapter précisément à la surface de la terre dans une zone particulière. Un point sur la surface de l'ellipsoïde est mis en correspondance avec une position particulière sur la surface de la terre. Ce point est également désigné sous le nom de point d'origine du datum. Les coordonnées du point d'origine sont fixes et tous les autres points sont calculés d'après ce point d'origine. L'origine du système de coordonnées d'un datum local ne se trouve pas au centre de la terre. Le centre de l'ellipsoïde d'un datum local est décalé par rapport au centre de la terre.

Ainsi, le premier élément du datum est les dimensions du sphéroïde, le second est l'orientation du sphéroïde au géoïde. Le troisième élément est l'origine de référence.

4. Système de coordonnées projetées

Un système de coordonnées projetées se définit sur une surface plane, à deux dimensions. Contrairement à un système de coordonnées géographiques, un système de coordonnées projetées possède des longueurs, des angles et des surfaces constantes dans les deux dimensions. Un système de coordonnées projetées est toujours basé sur un système de coordonnées géographiques lui-même basé sur une sphère ou un ellipsoïde.

Dans un système de coordonnées projetées, des emplacements sont identifiés par des coordonnées x , y sur une grille, dont l'origine est située au centre de cette grille. Chaque position possède deux valeurs qui la situent par rapport à cet emplacement central. L'une précise sa position horizontale et l'autre, sa position verticale. Ces deux valeurs sont appelées la coordonnée- x et la coordonnée y . Avec cette notation, les coordonnées à l'origine sont $x = 0$ et $y = 0$.



Les signes des coordonnées x , y dans un système de coordonnées projetées.

Sur une grille composée de lignes horizontales et verticales également espacées, la ligne horizontale au centre est appelée l'axe des x et la ligne verticale au centre est appelée l'axe des y . Les unités sont constantes et également espacées sur toute la plage des x et des y . Les lignes horizontales au-dessus de l'origine et les lignes verticales à droite de l'origine ont des valeurs positives; les lignes situées au-dessous ou à la gauche de l'origine ont des valeurs négatives. Les quatre quadrants représentent les quatre combinaisons possibles de coordonnées des x et des y positives et négatives.

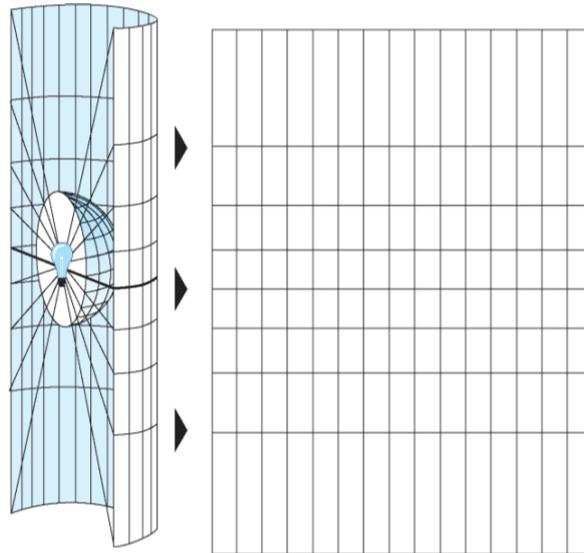
5. Qu'est-ce qu'une projection cartographique ?

La Terre est un volume complexe non sphérique. Il s'agit d'un ellipsoïde de révolution (aplatissement équatorial) qui en outre présente des aspérités dues à l'altitude variable de la surface terrestre.

Pour passer de l'ellipsoïde à une carte dessinée sur un plan, il est important d'établir une correspondance, la plus fidèle possible, entre les points de l'ellipsoïde et ceux du plan. Ce système de correspondance s'appelle le **système de projection**.

Une méthode facile pour comprendre comment les projections cartographiques modifient les propriétés spatiales consiste à imaginer une lumière projetée à travers la terre sur une surface, appelée la surface de projection. Imaginez que la surface de la terre est transparente mais qu'un graticule a été dessiné dessus. Entourez la terre d'une feuille de papier. Une lumière projetée au

centre de la terre reporte les ombres du graticule sur la feuille de papier. A présent, vous pouvez récupérer le papier et le poser à plat. La forme du graticule à plat sur le papier est très différente de celle dessinée sur la terre. La projection cartographique a déformé le graticule.



Un ellipsoïde ne peut être aplati sur un plan, de la même façon qu'une peau d'orange ne peut être aplatie : elle se déchire. La représentation de la surface de la terre en deux dimensions provoque une distorsion de la forme des éléments géographiques, de la surface, de la distance et de la direction des données.

Une projection peut conserver l'une ou l'autre de ces propriétés mais aucune ne peut les préserver toutes simultanément.

La nature des altérations (porte sur les longueurs, les surfaces, les angles)

a. Projection conforme : Une projection est dite conforme lorsque l'échelle de la carte en tout point de la carte est la même dans toutes les directions.

b. Projection équivalente : Une carte est dite équivalente lorsque toutes les surfaces cartographiées ont la même relation de proportionnalité avec celles qu'elles représentent, situées à la surface de la Terre.

c. Projection équidistante : Une carte est dite équidistante lorsqu'elle reproduit fidèlement les distances entre le centre de la projection et tout autre point de la carte.

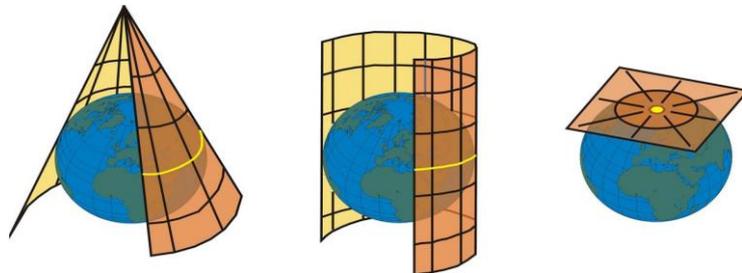
Un système de projection peut être décrit par les caractéristiques suivantes :

- la surface de projection
- la position de la surface développable
- les aspects du système de projection
- les altérations des éléments de la surface à représenter

6. Types de projections

La surface de projection

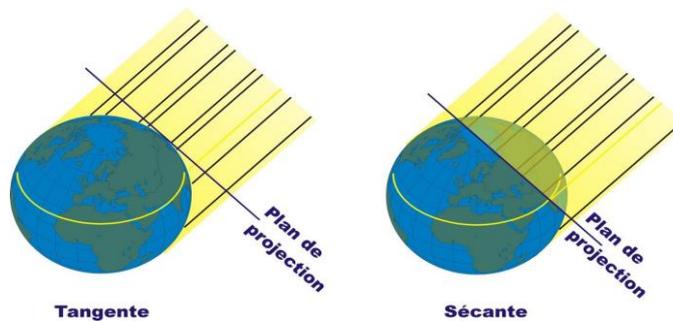
- Le plan
- Le cylindre
- Le cône



Surface Conique Surface Cylindrique Surface Plane

Position de la surface développable (point de contact avec l'ellipsoïde ou la sphère)

- Tangente
- Sécante

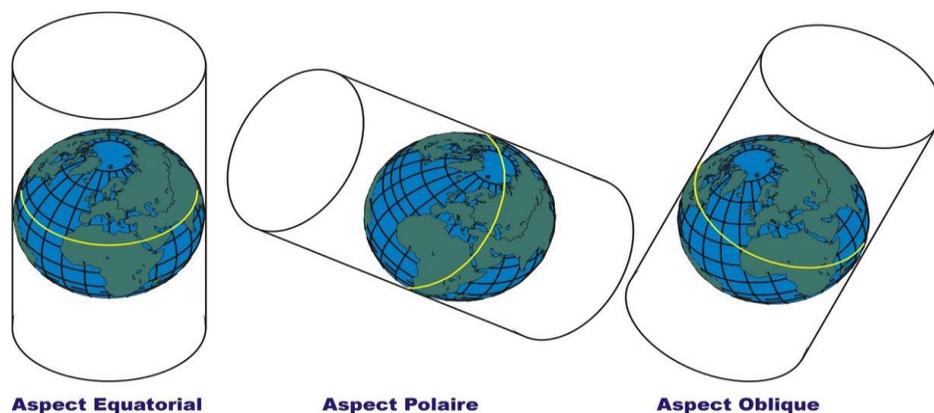


Tangente

Sécante

Aspect du système de projection (position de la surface de projection)

- équatorial ou direct
- transverse
- oblique



Aspect Equatorial

Aspect Polaire

Aspect Oblique