

Éclairage documentaire

Cet éclairage est consacré à la vie et à l'œuvre de Marco Polo, à l'histoire de la cartographie et de la boussole et au repérage sur terre. Les enseignants pourront se référer à ces documents pour prolonger certaines séances du module d'activités. Ils offrent aussi l'occasion d'en apprendre davantage sur l'épopée de Marco Polo.



Carte du monde sur une tablette babylonienne datant d'environ 600 av. J.-C.

- 1 - Marco Polo et le *Livre des merveilles*
- 2 - Histoire de la cartographie
- 3 - Histoire de la boussole
- 4 - Le repérage sur terre

Marco Polo et Le livre des merveilles

► La vie de Marco Polo



Portrait de Marco Polo (1254-1324) en costume tartare, gravure de Grevenbroeck, XVIII^e siècle.

L'enfance de Marco Polo

Marco Polo naît à Venise en 1254 et meurt en 1324 dans cette même ville. Il est issu d'une famille de riches marchands italiens. Il bénéficie d'une éducation soignée qui lui permet d'apprendre des langues étrangères et de se familiariser avec différentes cultures. Son amour de ces dernières, ainsi que celui du commerce et de la nature le rend très attentif aux découvertes qu'il fait lors de ses voyages, qu'elles concernent les hommes, les animaux ou les plantes.

Alors qu'il était encore très jeune, son père et son oncle, Nicolo et Mateo Polo, tous deux marchands, quittent Venise en 1260. Ils traversent Constantinople et se rendent dans le royaume de l'empereur mongol, le grand Kubilay Khan.

Petit-fils de Gengis Khan (1155-1227), ce dernier organise de nombreuses campagnes militaires pour étendre les territoires déjà conquis par son grand-père : il occupe l'Asie centrale, le Proche-Orient, la Russie

méridionale, la Mandchourie, la Corée (du Nord et du Sud). Il ne réussit cependant pas à conquérir certains pays comme le Japon, le Vietnam ou l'Indonésie.

Nicolo et Mateo ont la chance de rencontrer l'empereur lui-même, qui les invite à lui parler de leur pays d'origine. Très intéressé par leur culture, il les renvoie chez eux avec un message de paix pour le Pape. Mais, à leur arrivée, ce dernier est mort, et ils doivent attendre deux ans qu'un nouveau pape soit nommé pour pouvoir tenir leur promesse et retourner auprès du Grand Khan avec une réponse du pape. Cette fois, ils emmènent avec eux le jeune Marco Polo, âgé de dix-sept ans, qui vient de perdre sa mère.

Le voyage de Marco Polo en Asie

Les trois voyageurs traversent de nombreuses contrées. Les frères Polo n'empruntent pas exactement le même chemin que dix ans auparavant : ils font un détour par le Caucase, puis longent la mer Caspienne pour rejoindre le détroit d'Hormuz, en bordure du golfe Persique. Le voyage continue jusqu'à Pékin où ils sont tous trois reçus avec les honneurs par le Grand Khan. Marco Polo, qui a une facilité pour les langues étrangères, devient un familier de l'empereur, qui lui confie de nombreuses tâches administratives. Marco obtient même le gouvernement d'une ville. Il est également envoyé en mission dans différentes contrées d'Asie (Chine, Tibet, Mongolie). Marco Polo découvre les pâtes de blé dur, qui seront très appréciées par ses compatriotes de l'époque.

Malgré le souhait des Polo de rentrer chez eux, l'empereur ne veut pas s'en séparer. Mais il se trouve alors qu'une princesse de la lignée de Kubilay Khan, promise au khan de Perse, doit se rendre dans le royaume de son mari. En raison de leur grande expérience des voyages, l'empereur se résout à demander aux Polo d'accompagner la princesse par voie fluviale. Il leur donne alors des privilèges de grands seigneurs, qui leur permettent de satisfaire tous leurs désirs durant le voyage. Une fois leur tâche accomplie, Nicolo, Mateo et Marco obtiennent l'autorisation de rentrer chez eux, à



Venise. Ils y parviennent en 1295, après vingt-quatre ans d'absence.

La mort de Marco Polo

De retour à Venise, Marco Polo arme une galère à ses frais, qu'il commande en 1298, pendant la bataille navale de la baie de Curzola, qui oppose les Génois et les Vénitiens. Suite à la défaite de Venise, il est fait prisonnier et enfermé dans la prison de Malpaga. C'est alors qu'il dicte ses aventures à son compagnon de cellule, un écrivain, Rustichello de Pise. Il est libéré trois ans après son emprisonnement grâce à l'intervention du pape. Marco Polo retourne alors à Venise où il se marie et a trois filles. Il reprend son métier de marchand et meurt dans sa ville en 1324.

Exemple d'une page du *Livre des merveilles*, enluminé par le Maître de la Mazarine (xv^e siècle).



► Le Livre des merveilles du monde

Description du Livre des merveilles

Le *Livre des merveilles du monde* est le récit du voyage de Marco Polo en Asie, selon la dictée qu'il en a faite à Rustichello, voyage qui a duré vingt-quatre ans. Ce livre, écrit sur parchemin dans sa version initiale (l'imprimerie n'avait pas encore été découverte en Europe) compte deux cent trente-quatre chapitres. La langue dans laquelle il a été originellement rédigé n'est pas déterminée avec certitude, mais il semblerait que ce soit le français, langue parlée par Rustichello de Pise. Marco Polo est mort avant que ses aventures ne soient publiées. Le *Livre des merveilles du monde*, appelé aussi *Devisement du monde*, a ensuite été traduit en latin pour la première fois en 1484, puis en Italien en 1496. Une version datant du xv^e siècle est conservée à la Bibliothèque nationale de France.

Avant Marco Polo, en 1245, le franciscain Jean Du Plan Carpin avait été envoyé par le Pape Innocent IV auprès du Khan à Qaraqorum (en Mongolie) pour « examiner toutes choses avec soin » ; puis un autre franciscain, Guillaume de Rubroek, rapporta un *Voyage dans l'Empire mongol* (1253-1255), lu avec passion par

Marco Polo. Rubroek y souligne l'immensité du territoire et s'interroge constamment sur la mesure des distances : « Nous allions donc vers l'Orient, n'ayant autre chose à voir que le ciel et la terre... ». Ces missionnaires avaient ouvert une voie dans laquelle les marchands se sont engouffrés. Marco Polo est cependant le premier Occidental à avoir fait une description des pays asiatiques – la Chine de l'époque étant alors très méconnue. Il ne fait pas que rendre compte de son voyage, mais décrit aussi précisément toutes les villes par lesquelles il est passé, les populations qui y vivaient, leurs coutumes et leurs traditions, la faune et la flore de l'époque, ainsi que les inventions qu'il a pu observer comme la boussole, la poudre à canon, les pâtes de blé dur. Cependant, lorsqu'il rentre à Venise et qu'il raconte ses aventures à ses contemporains, beaucoup ne le croient pas. Ce récit paraît trop extraordinaire tant il évoque de richesses, d'animaux inconnus ou d'inventions extraordinaires. Certains de ses contemporains surnomment même Marco Polo « Monsieur Million » (*Messer Millione*) en raison de ce qu'ils considèrent comme étant des exagérations.



Nicolo et Matteo Polo rencontrent le Grand Khan. Intéressé par ces voyageurs, celui-ci leur demande de parler de leur culture et de leur pays d'origine. Le *livre des merveilles*, enluminé par le Maître de la Mazarine (xv^e siècle).

Aujourd'hui encore, certains auteurs continuent de polémiquer autour du *Livre des merveilles*, se demandant si Marco Polo est vraiment allé en Chine. Il serait resté en Perse ou au bord de la mer Noire, et aurait construit son épopée à partir de récits de commerçants perses ou arabes ayant suivi la route de la soie. Marco Polo ne mentionne en effet ni l'imposante muraille de Chine, ni l'utilisation des baguettes, ni l'écriture idéographique, ni les femmes aux pieds bandés. En ce qui concerne la muraille de Chine, on sait qu'elle

n'a finalement atteint la taille imposante qu'on lui connaît aujourd'hui qu'entre 1368 et 1644, ce qui pourrait expliquer qu'elle n'ait pas impressionné Marco Polo. Quant aux femmes aux pieds bandés, elles restaient cloîtrées, aussi ne les a-t-il peut-être jamais vues.

Nous ne savons donc toujours pas si Marco Polo a vraiment effectué ces voyages, mais une chose est sûre : il est le premier Européen à donner une description aussi précise de la géographie, des coutumes et des habitants de la Chine.

Liens Internet décrivant le *Livre des merveilles*

<http://marcopolo.mooldoo.com/?f=TheBook> : site présentant la langue d'origine, les illustrations... du *Livre des merveilles*.

<http://www.herodote.net/histoire01081.htm> : biographie de Marco Polo réalisée à partir du *Livre des merveilles*.

http://www.plumart.com/vf6204/html/body_3362_livre_des_merveilles.html : présentation du *Livre des merveilles*.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Marco_Polo : article encyclopédique autour de la véracité du récit de Marco Polo.

<http://www.cosmovisions.com/Polo.htm> : biographie de Marco Polo.

<http://gallica.bnf.fr/> : la bibliothèque numérique de la Bibliothèque nationale de France qui donne accès à des illustrations de l'exemplaire du *Livre des merveilles* conservé en ce lieu.

Description du palais du Grand Khan (correspond à la séance 9)

Sachez que le Grand Khan réside dans la capitale de la Chine, Pékin, trois mois par an, c'est-à-dire en décembre, en janvier et en février. En cette cité se trouve son grand palais, dont je vais vous décrire l'architecture. Il y a tout d'abord un grand mur carré d'un mille de côté, et qui fait donc au total quatre

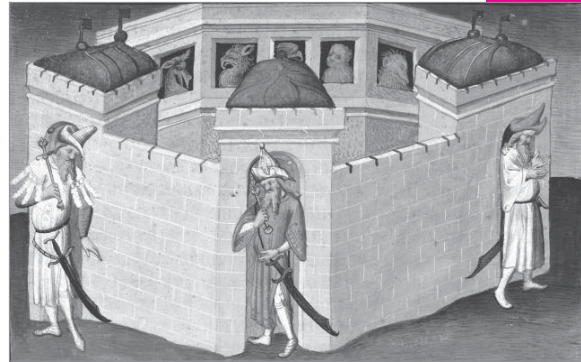
milles. Il est très épais, haut de dix pas, tout blanc et pourvu de créneaux sur son pourtour. À chaque coin de ce mur se trouve un grand et riche palais, lieu de l'arsenal du seigneur : arcs, carquois, selles, freins, cordes d'arc, et tout ce qui est nécessaire à une armée. Entre deux palais se trouve un autre, semblable à ceux des



coins : par conséquent, sur tout le pourtour se trouvent huit très beaux palais remplis des armes du seigneur. Mais en réalité, chacun n'est plein que d'un objet seulement : l'un est rempli d'arcs, l'autre de selles, le suivant de freins, et ainsi de suite, si bien que chacun est rempli d'une sorte d'armement. La façade sud de ce mur comporte cinq portes. Au milieu, la grande porte n'ouvre jamais, sinon quand toute l'armée part pour la guerre et revient. De chaque côté de cette porte, il y en a deux autres, ce qui en fait cinq. La grande est au milieu, et c'est par les quatre autres portes plus petites que passent les gens. Mais les quatre autres portes par où passent les gens ne sont pas côte à côte. Deux sont au coin de cette même façade, et les deux autres sont à côté de la grande, qui est bien au milieu de la façade. Derrière cette façade méridionale du mur, un mille à l'intérieur, se trouve un autre mur, plus long que large. Le pourtour comporte aussi huit palais, tout comme les huit autres, où se trouvent aussi les armes du seigneur. Là aussi, il y a cinq portes côté sud, comme sur l'autre

mur extérieur. Et sur chaque autre côté, il y a aussi une porte. Au milieu de ces deux murs se trouve le palais du seigneur, que je vais vous décrire.

Extrait adapté du *Livre des merveilles*.



Palais du Grand Khan à Beijing (Pékin). *Le Livre des merveilles*, enluminé par le Maître de la Mazarine (xv^e siècle).



2

Histoire de la cartographie

De nos jours, la carte est devenue un objet courant, indispensable pour nous repérer et voyager. Cette invention, qui remonte à l'Antiquité, a énormément évolué depuis. Par l'étude des cartes, on perçoit la connaissance que les anciennes civilisations avaient du monde.

► L'Antiquité : l'origine de la cartographie

La cartographie serait née d'un besoin de conserver une trace de la route parcourue et de la communiquer à d'autres personnes. L'idée de représenter graphiquement la forme des territoires semble très ancienne. Les premiers essais tiennent plutôt du dessin informatif que de la carte : on inscrit une forme générale, une direction, on donne des repères pratiques, tout au plus indique-t-on une route ou un cours d'eau.

Dès la préhistoire, on décèle les prémices de la cartographie sur des peintures rupestres

représentant vraisemblablement des territoires. Cependant, ces dessins ne prendront l'aspect de cartes que dans l'Antiquité. Des tablettes d'argile babyloniennes datant d'environ 600 av. J.-C. et représentant une région ont été retrouvées en Mésopotamie (cf p. 71).

Dans l'Antiquité, la cartographie chinoise est très en avance sur celle des civilisations de son époque et les cartes chinoises commencent à rendre compte de la réalité. Une autre civilisation a beaucoup fait avancer la cartographie : celle de la Grèce antique. Au vi^e siècle av. J.-C., Hécateé de Milet dessine la première carte de la Terre, qu'il représente ronde, plate et entourée de mers. Elle ne comprend que l'Europe, l'Asie jusqu'à l'Inde et l'Afrique jusqu'au Sahara.

Il a fallu attendre Pythagore (570-480 av. J.-C.) pour voir émerger l'hypothèse que la Terre puisse être sphérique, et c'est Aristote (384-322 av. J.-C.) qui en apporte la première preuve grâce à son observation des bateaux disparaissant à l'horizon. Puis, en





Projection du monde selon Ptolémée, dans Claudius Ptolemäus, *Geographia*, Ulm, 1486.

205 av. J.-C., Ératosthène (v.284-v.192 av. J.-C.) réussit à calculer la circonférence de la Terre en observant et comparant l'ombre d'objets verticaux (des obélisques) à Syène et à Alexandrie (un module pédagogique inspiré de l'histoire d'Ératosthène est proposé par Emmanuel di Folco et al. dans *Mesurer la Terre est un jeu d'enfant*, Le Pommier, 2002). Il apporte de plus une contribution décisive à la géographie (dont il invente le nom) en réunissant les connaissances de son époque pour créer une carte qui s'étend de l'île de Lerne (actuelle Irlande) jusqu'à la Somalie ; c'est la première carte comportant des coordonnées de latitude et de longitude

Ces découvertes ont été primordiales pour l'établissement des planisphères que l'on connaît aujourd'hui.

Puis, au II^e siècle apr. J.-C., le Grec Ptolémée (v. 100-v. 170) propose une projection de la Terre (voir l'éclairage scientifique site

www.editions-hatier.fr/marcopolo). Il calcule même les longitudes et les latitudes de nombreux points, mais ses calculs sont erronés. Des cartes inspirées de la projection de Ptolémée et datant de la Renaissance sont conservées dans plusieurs bibliothèques, notamment à la Bibliothèque nationale de France.

Cependant, les découvertes des Grecs ne se propagent pas dans le monde occidental. Les civilisations qui leur succèdent n'ont pas leur rigueur scientifique et n'hésitent pas à inventer les données qui leur manquent.

Les Romains, pour leur part, sont un peu en retard sur les Grecs. Ils font cependant progresser la cartographie en indiquant les distances séparant les villes et les gîtes étapes, ce qui constitue un premier pas vers la notion d'échelle, mais ils ne représentent pas le relief et ne se soucient pas de la position géographique des lieux.

► Le haut Moyen Âge

Au Moyen Âge, les cartes occidentales ne sont pas précises : inspirées du modèle TO (pour *terrarum orbis*, « disque de la Terre ») des Romains, elles sont plus conformes à la représentation biblique qu'à la réalité. Le O y symbolise l'océan qui entoure la Terre et le T est formé par la méditerranée et le Nil qui marque la limite entre l'Asie et l'Afrique, comme on le voit bien sur la carte p. 77 (haut). Sur ces cartes médiévales, Jérusalem est le

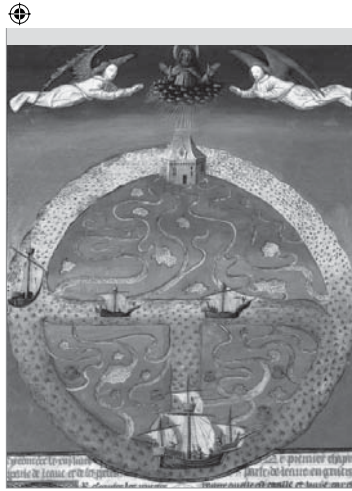
centre du monde, le paradis figure en haut, près du Seigneur, et l'enfer en bas.

En parallèle, la géographie arabe se développe vers le VIII^e siècle apr. J.-C. En effet, avec le développement du commerce en Asie et en Europe orientale, les connaissances indiennes, perses et grecques sont rassemblées et traduites dans les pays arabes. C'est en étudiant la géographie grecque que les savants arabes trouvent un véritable fondement



scientifique à la cartographie, comme la mesure de la circonférence de la Terre. La *Géographie* de Ptolémée est traduite plusieurs fois en arabe. L'assimilation de ces apports étrangers et les progrès réalisés dans le domaine de l'astronomie conduisent à une véritable révolution géographique. Entre 813 et 833, la première grande carte du monde est dressée à Bagdad par les savants du *Bayt al-hikma* (« Maison de la Sagesse »).

Une représentation de l'Orbis terrarum, dans Barthélemy l'Anglais, *Le livre de la propriété des choses*, xv^e siècle.



► L'époque des grands explorateurs, xii^e - xvi^e siècles

À partir du xii^e siècle, les Arabes font énormément évoluer la cartographie, notamment grâce à l'explorateur al-Idrisi (v. 1100-entre 1165 et 1186), qui établit une carte du monde en rassemblant toutes les connaissances géographiques de l'époque, issues de récits d'explorateurs, des marchands persans et des découvertes grecques de l'Antiquité.

Parallèlement, au $xiii^e$ siècle, l'emploi de la boussole par les explorateurs se généralise et permet d'établir de nombreuses cartes appelées « portulans », servant à la navigation et qui, de ce fait, représentent surtout les côtes et les ports, l'intérieur des terres figurant, lui, de manière assez imprécise.

Avec l'arrivée des grands navigateurs Christophe Colomb (1450 ou 1451-1506), Vasco de Gama (1469-1524) et Magellan (1480-1521), les connaissances géographiques

sur le monde s'élargissent considérablement. Parallèlement, l'imprimerie découverte en Chine puis développée en Europe à partir de 1450 permet de diffuser plus facilement les cartes existantes. En 1507, l'Allemand Waldseemüller imprima, sur douze pages, la première carte du monde sur laquelle figurent, séparées de l'Asie et sous le nom d'« América », les terres récemment découvertes par Christophe Colomb.

À partir de cette époque, les cartographes essaient de « remplir » les terres laissées vides dans les portulans. À la fin du xvi^e siècle, la Terre est représentée sous ses proportions réelles. Cependant, jusqu'au $xviii^e$ siècle, même si la science est souvent l'affaire d'hommes d'Église, cette dernière tend à s'opposer aux découvertes scientifiques et à ralentir la connaissance du Monde ainsi que le développement de la cartographie.

Carte du monde : première carte signalant le continent américain sous le terme « America », 1507.





► XVII^e-XIX^e siècles : les cartographes, employés de l'État

À partir du XVII^e siècle, les cartographes ne sont plus des explorateurs, mais des astronomes et des mathématiciens (principalement allemands). C'est à cette époque que sont inventées les projections en deux dimensions de la Terre que l'on connaît actuellement (projections Mercator et Lambert, voir l'éclairage scientifique). En même temps, l'imprimerie se développe en Europe de l'Ouest, ce qui permet de faire de

grands progrès dans la reproduction des cartes. C'est aussi à cette période que les cartographes entrent au service de l'État et de l'armée, et que débute la création de cartes nationales d'envergure. Si elles n'ont pas encore la précision de celles que l'on connaît aujourd'hui, ces cartes, réalisées avec toute la rigueur dont les commanditaires avaient besoin, rendent bien compte de la réalité.

► XX^e siècle : l'explosion de la cartographie

Les progrès techniques tels que la photographie aérienne et la télédétection satellite permettent aujourd'hui d'établir une cartographie précise de la Terre (voir le texte sur les images satellites dans L'éclairage scientifique www.editions-hatier.fr/marcopolo). En outre, le travail des cartographes est facilité par l'utilisation d'ordinateurs qui permettent un traitement plus rapide des données.

En France, en 1940, le service cartographique des armées est remplacé par

l'IGN (Institut géographique national) pour la production de cartes d'une grande précision.

Pourtant, malgré les progrès scientifiques, les cartes de certaines régions du monde restent incomplètes. Il s'agit souvent des régions peu peuplées, dont la cartographie n'a pas été considérée comme prioritaire. Pour palier à ces lacunes, plusieurs pays s'unissent pour dresser ces cartes. Cela a pour conséquence majeure l'unification des méthodes et des codes de la cartographie, ce qui n'était pas le cas avant le XX^e siècle.

Liens Internet et sources

<http://vialupo.jcldb.com/cartographie/cartographie.html> :

une histoire de la cartographie bien illustrée.

http://academic.emporia.edu/aberjame/map/h_map/h_map.htm : site anglais sur la cartographie.

<http://www.artsci.wustl.edu/~landc/images/maps/first.html> : anciennes cartes aztèques.

<http://www.henry-davis.com/MAPS/> : cartes anciennes.

<http://www.geocities.com/andreclaude/Carto2FR.html> : évolution de la cartographie.

<http://www.legendes-cartographie.com/histoire.htm> : histoire de la cartographie, avec illustrations.

<http://coll-ferry-montlucon.pays-allier.com/gdsient.htm> : découvertes d'Ératosthène.

<http://www.IGN.fr> : site de l'Institut géographique national.

<http://www.mapmonde.org/eratos/> : sur les pas d'Ératosthène, un projet *La main à la pâte* qui permet chaque année à des milliers d'élèves de mesurer la circonférence de la Terre en reproduisant les observations du savant grec dans leurs classes.

3 Histoire de la boussole

La boussole est aujourd'hui un objet couramment utilisé, par exemple lors de courses d'orientation ou par les installateurs d'antennes, pour orienter les paraboles sur le toit des maisons. Si son invention remonte au ^{II}^e siècle av. J.-C., elle a mis cependant plus de quatorze siècles pour arriver jusqu'en Occident. Elle contribue alors au développement de la cartographie qui, à cette époque, est encore très archaïque.

► L'Antiquité

La pierre d'aimant est déjà connue des Grecs. Selon Aristote (dans son *De Anima*), Thalès aurait prétendu que « la pierre d'aimant a une âme, parce qu'elle attire le fer ». Cette pierre doit d'ailleurs son nom de « magnétite » à la ville de Magnésie, en Ionie, région riche en minerais dont la magnétite. On trouve de nombreuses évocations de la pierre d'aimant chez d'autres auteurs grecs, en particulier Platon qui note qu'elle transmet aux anneaux de fer qu'elle attire le pouvoir d'en attirer d'autres. Mais aucun de ces auteurs n'envisage de l'utiliser à des fins pratiques. C'est à la civilisation chinoise que nous devons l'invention de la boussole. Les Chinois découvrent eux aussi très tôt les propriétés des magnétites, en particulier celle d'attirer certains objets à distance. Dans un ouvrage de Lu Pou-wei (mort en 235 av. J.-C.), les propriétés magnétiques de la pierre apparaissent clairement : « La pierre d'aimant appelle le fer ou elle l'attire. »

Les Chinois remarquent également que les morceaux de magnétite s'orientent toujours dans la même direction. Ils commencent alors à utiliser des cuillères taillées dans la

magnétite, le manche de la cuillère indiquant le sud. L'emploi de ces cuillères est mentionné dans un ouvrage de Wang Tch'ong, du ^I^e siècle de notre ère : « La cuillère qui contrôle le sud, lorsqu'on la jette au sol, sa racine indique le sud. »

Dans un premier temps, cette cuillère de magnétite n'est pas utilisée pour aider les voyageurs à s'orienter, mais plutôt dans le cadre de cérémonies au cours desquelles on fait appel à son pouvoir magique pour deviner quelle est la direction du sud. On la pose alors sur une table divinatoire faite de bois très lisse, (voir la photo ci-contre), composée d'une plaque carrée représentant la Terre et d'un disque tournant représentant le ciel (on peut facilement reproduire cette première boussole en utilisant un boîtier de CD, une petite cuillère en acier et un aimant placé en contrepoids dans le creux de la cuillère).

Pour s'orienter sur Terre, les Chinois ont tout d'abord recours à un char-montre-sud, constitué d'un char surmonté d'une figurine au bras tendu. Un ingénieux mécanisme permet à la figurine de pointer le bras vers le sud en permanence, quelle que soit la direction empruntée par le char. Mais cet attelage est encombrant, difficile à construire et à reproduire, aussi est-il remplacé, vers l'an mille, par un instrument plus simple : le poisson-montre-sud. En 1044, Tseng Kong-Liang en décrit la fabrication et l'utilisation dans un traité militaire, *Wou king Tsong Yao* : « Dans la méthode du poisson, on utilise une feuille de fer mince que l'on découpe à une longueur de cinq dixièmes de pouce, la tête et la queue étant pointues comme la forme d'un poisson. On place le poisson dans un feu de charbon de bois et on le brûle. On attend qu'il soit entièrement rouge. Avec des pinces de fer, on saisit la tête du poisson et on le sort du feu. Avec la queue juste au nord, on trempe le poisson dans l'eau, dans un bassin ; on plonge sa queue sur plusieurs dixièmes de pouce et on s'arrête. On prend une boîte secrète et on l'y reçoit. Au moment de s'en servir, on place une tasse d'eau dans un endroit sans vent, et à l'équilibre on lâche le poisson à la surface de l'eau en sorte qu'il flotte : sa tête indique constamment le sud. » (cité dans Tsing Hua, *Journal of Chinese Studies*, juin 1956, p. 89). On pourra utiliser une partie de cette citation et le dessin de la p. 25 dans la séance 4 pour fabriquer les boussoles.



Boussole chinoise du ^{II}^e siècle av. J.-C. (époque Han).

► Du Moyen Âge à la Renaissance

La magnétite est ensuite progressivement délaissée au profit de l'aiguille aimantée. Au x^e siècle se développent les boussoles suspendues (une aiguille aimantée est suspendue à un fil), puis les boussoles à pivot. Dans un premier temps, elles ne sont utilisées que sur terre puis, à partir du xii^e siècle, sur mer également.

Les Arabes importent la boussole depuis la Chine, la date la plus précoce donnée par les historiens étant 751 apr. J.-C., date à laquelle les troupes chinoises des Tang sont battues par les Arabes au sud du lac Balkhach, un lac salé situé à l'est du Kazakhstan. Une boussole chinoise aurait alors été récupérée par les Arabes, mais il ne s'agit là que d'une hypothèse. Ces derniers font ensuite découvrir la boussole aux Européens, vraisemblablement lors des premières croisades, qui ont débuté aux alentours de 1095.

La première mention de la boussole en Europe remonte à 1190, dans les poèmes du français Guyot de Provins. On l'appelait alors « marinette » (« compagne du marin ») :

► De nos jours

Il existe aujourd'hui plusieurs types de boussoles, adaptées aux différents domaines d'utilisation.

La boussole d'orientation

La boussole d'orientation est parfaitement adaptée à la lecture des cartes géographiques. Elle combine plusieurs instruments utiles au randonneur :

- une aiguille aimantée entourée d'un cadran tournant et gradué, qui sert de rapporteur ;
- une loupe, qui permet d'agrandir la partie de la carte que l'on étudie (cela n'a bien sûr aucune incidence sur l'indication de la boussole) ;
- une flèche de direction, pour viser l'endroit dont on veut déterminer l'azimut ;
- une règle, qui permet de mesurer des longueurs sur la carte et, grâce à l'échelle de cette dernière, d'en déduire des distances. (voir p. 16)

La boussole de visée

Cette boussole est particulièrement pratique lorsqu'on veut repérer des azimuts sur le



Cadran de boussole horizontale, Angleterre, xvii^e siècle.

à cette époque, la navigation commence à se développer, aussi la boussole devient-elle très vite un outil indispensable au navigateur. Alors qu'elle évolue peu en Chine, les Européens la perfectionnent. Ce n'est néanmoins qu'en 1483 que le Portugais Pierre Garcie-Ferrande (1430- ?) crée la première boussole ressemblant à celle que l'on connaît de nos jours.

terrain. Elle ressemble à la précédente, mais est dotée en outre d'un miroir et d'un viseur qui permettent de pointer précisément un objet tout en visualisant la boussole.

Pour déterminer un azimut, on place l'objet dans la ligne de mire du viseur et, par le biais du miroir, on lit l'angle correspondant.

Le compas ou boussole de navigation

Le principe de la boussole de navigation est le même que celui de la boussole de visée, à la différence qu'elle est composée d'un plateau aimanté gradué flottant dans une demi-sphère remplie d'un liquide. Grâce à son aimantation, le plateau s'oriente suivant le champ magnétique terrestre. La direction suivie (le cap) peut alors être déterminée en lisant l'angle correspondant aux repères fixes (souvent deux traits de couleur, situés à 180° l'un de l'autre sur le support de la boussole).

Aujourd'hui, bien qu'ils soient coûteux, d'autres systèmes viennent concurrencer la boussole, comme le GPS, qui est un système



de positionnement par satellites imaginé à l'origine par l'armée américaine.

Mais même avec l'apparition de techniques sophistiquées, la boussole a encore de beaux jours devant elle. En effet, elle est peu coûteuse et ne risque pas de tomber en panne, car elle utilise les propriétés magnétiques de la Terre.

Liens Internet et sources

<http://www.ifremer.fr/envliit/actualite/20040621.htm> : site sur l'évolution de la navigation en Chine.
http://www.arts-et-metiers.net/magic.php?P=edit_7_38_2.php&m=c&c=38&id=10060&lang=fra : un numéro de la revue du musée des Arts et métiers consacré à la boussole

4 Le repérage sur Terre

► L'utilisation d'une boussole

Description d'une boussole d'orientation

Les boussoles d'orientation sont généralement fixées à un support en plastique transparent qui permet de voir la carte en même temps que la direction donnée par le cadran gradué.

L'aiguille rouge indique le nord, à condition d'être l'éloignée de toute source de champ magnétique parasite (autre boussole, aimant, haut-parleur, écran de télévision ou d'ordinateur...) ou de tout objet en métal ferreux (armature de table, béton armé, ciseaux, certains stylos...), car ces objets peuvent interagir avec elle. De plus, la boussole doit être en position horizontale lors de son utilisation.

L'aiguille tourne librement sur son pivot, sa stabilisation étant parfois favorisée par un liquide visqueux qui l'entoure. Le support en plastique, tout en protégeant l'ensemble, sert

aussi de ligne de visée : il comporte une flèche de direction qui sert à viser un point particulier, que ce soit sur une carte ou sur le terrain.



Trouver le nord et les autres points cardinaux

Le cadran gradué de la boussole doit être tourné de manière à faire coïncider le N du cadran avec la partie colorée de l'aiguille. On s'aidera pour cela des deux petits traits parallèles ou de la large flèche figurant sur le cadran et qui doivent être placés précisément sous l'aiguille (voir la photo ci-contre).

On peut alors lire les autres directions figurant sur le cadran : les lettres S, E et O désignent respectivement les directions du sud, de l'est et de l'ouest (le sud étant aussi indiqué par l'autre extrémité de l'aiguille aimantée).





Orienter sa carte

Généralement, le nord est indiqué sur les cartes par une flèche. Par défaut, il est parallèle à un des côtés de la carte et dirigé vers le haut de la feuille.

Pour orienter une carte, il faut que son nord coïncide avec le nord de la boussole (indiqué par l'aiguille). On place donc la boussole au-dessus de la flèche du nord de la carte et on tourne la carte jusqu'à ce que la direction de son nord corresponde avec celle indiquée par l'aiguille. Il ne reste plus qu'à tourner le cadran de la boussole pour que les repères (ou la large flèche) encadrent l'aiguille rouge. Voilà, la carte est maintenant orientée : ce qui se trouve à l'est sur la carte l'est aussi sur le terrain... Prenez garde à ne plus bouger la carte : le moindre déplacement vous obligerait à recommencer le réglage !



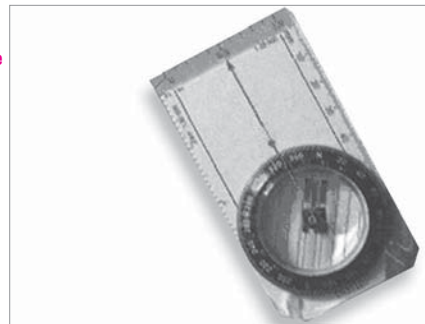
Faire une visée ou comment relever un azimut sur une carte

Pour déterminer la direction d'un objet ou d'un lieu distant, il faut choisir un point de référence et orienter sa carte comme indiqué plus haut.

On reporte le point de référence sur la carte (une pierre, le pied d'un arbre, une marque au sol...), schématisé ici par un carré visible sur la photo ci-contre au centre de la boussole, et le point dont on veut connaître l'azimut (un rond sur les photos ci-dessous). On place le centre de la boussole sur le point de référence (le carré) et on dirige la flèche du support de la boussole vers l'objet à viser (le rond). Attention, lorsqu'on réalise cette opération, il ne faut tourner ni le cadran gradué ni la carte et laisser le 0 du cadran coïncider avec la partie colorée de l'aiguille et le nord de la carte.

On trouve l'azimut en relevant l'angle indiqué par la direction de la flèche.

Ici, l'azimut est de 327°.



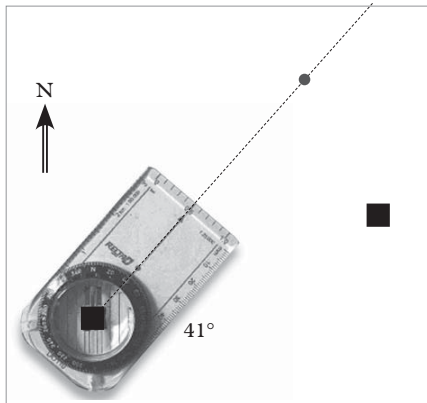


La triangulation

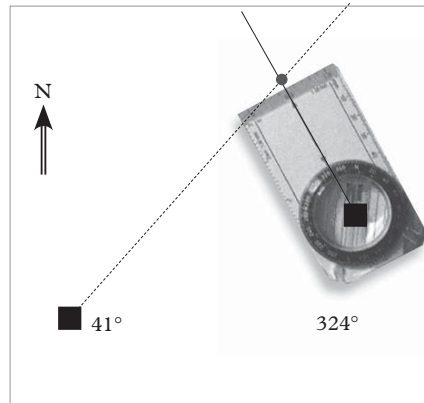
La méthode de triangulation permet de localiser un point à partir de deux points de référence différents (à condition que ces trois points ne soient pas alignés).

Sur une carte, identifions deux points de référence assez éloignés l'un de l'autre (figurés

par des carrés sur les photos ci-dessous) et l'objet à localiser (figuré par un rond). Depuis chaque carré, on vise le rond, on trace la ligne reliant le carré au rond. On obtient alors deux demi-droites qui se croisent sur le rond et on repère les deux azimuts comme précédemment.



Détermination de l'azimut 1



Détermination de l'azimut 2

La position du rond est donc définie de manière univoque par ces deux points de référence et les deux azimuts associés. Un seul point de référence n'aurait pas suffi : il aurait donné une direction représentée par une demi-droite, mais pas la position du point sur cette demi-droite.

Inversement, on peut déterminer l'emplacement d'un point à partir de la donnée de deux points de référence et de deux angles

(azimuts). Pour trouver le point recherché, après avoir orienté la carte, on place la boussole sur le premier point de référence, on tourne le socle de la boussole jusqu'à ce que la flèche corresponde à l'azimut donné et on trace une demi-droite dans cette direction. On répète l'opération avec le second point de référence (et le second azimut). L'objet à localiser est situé à l'intersection des deux demi-droites.


► Le positionnement par satellite : GPS et Galileo

Grâce aux systèmes de positionnement par satellites, une personne qui dispose d'un récepteur peut connaître sa position sur le globe terrestre où qu'elle soit (à quelques rares exceptions près) et à n'importe quel moment. Le premier de ces systèmes, le GPS, a été développé au départ par les militaires aux États-Unis dans les années 1970. Ce système, opérationnel depuis 1995, est actuellement utilisable par les civils. Depuis quelques années, son usage se développe dans le cadre de la randonnée, de la navigation, etc.

Galileo est le système européen de navigation par satellites. Constitué de trente

satellites, il utilise également des stations terrestres. C'est le premier système de navigation par satellites spécifiquement conçu à des fins civiles. Il permettra, dès les années 2010, de répondre aux besoins de plus en plus importants en terme de positionnement. Plus fiable que le système GPS actuel, dont les États-Unis ont le monopole, il sera également plus complet : il couvrira des zones de latitudes extrêmes non couvertes par le système GPS.

Le principe de positionnement par satellites est proche du principe de triangulation. Des satellites tournent autour de la Terre à 20 000 km de sa surface environ. Leur nombre



élevé (environ vingt-huit, qui évoluent sur différentes orbites pour le système GPS) permet de couvrir quasiment l'ensemble de la surface terrestre. Ils sont positionnés de façon à ce que, de chaque point du globe, on voie au moins quatre satellites à chaque instant. Chacun d'eux émet des signaux personnalisés qui permettent de déterminer la distance entre le récepteur et le satellite émetteur.

La méthode est simple. Chaque satellite émet un signal qui se déplace à la vitesse de la lumière. Un système précis de synchronisation permet de connaître le moment de l'émission et celui de la réception, donc le temps mis par le signal pour parcourir la distance entre le satellite et le récepteur GPS. Il est alors facile de calculer la distance ! Ce récepteur étant capable, lorsqu'il reçoit le message, d'identifier le satellite émetteur dont il connaît la position précise à chaque instant, il sait alors qu'il est

situé sur une sphère dont il connaît le centre (la position du satellite émetteur) et le rayon (la distance satellite-récepteur). Lorsqu'il reçoit les signaux de quatre satellites différents, il peut alors déterminer sa position à l'intersection de ces quatre sphères. À l'heure actuelle, avec un récepteur GPS courant, la précision est d'environ 25 m.

Liens Internet et sources

http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_fr.htm :

site présentant le système européen de navigation par satellite (Galileo).

<http://www.futura-sciences.com/comprendre/d/dossier504-1.php> :

dossier sur le fonctionnement du GPS.