

HISTOIRE DES SCIENCES

L'atlas céleste de Dunhuang

La plus vieille carte du ciel connue, dessinée en Chine au VII^e siècle, est le fruit de méthodes géométriques qui ne seront maîtrisées que bien plus tard en Occident.

Jean-Marc BONNET-BIDAUD

Oubliée pendant de longues années dans les caves du *British Museum*, la plus ancienne carte du ciel connue au monde vient d'être analysée en détail par une équipe de chercheurs européens. Dessinée en Chine au début de la grande dynastie Tang, la carte avait été trouvée au début du XX^e siècle dans un ancien monastère bouddhique de la route de la soie, dans une bibliothèque de 40 000 manuscrits vieux de plus de dix siècles. La numérisation récente de ces écrits, entreprise depuis quelques années, a permis la première étude systématique du précieux document. Recensant l'ensemble des constellations chinoises, la carte de Dunhuang se révèle être un atlas complet du ciel boréal, obtenu grâce à des méthodes de projection étonnamment précises pour l'époque.

Depuis l'époque romaine – au moins –, la route de la soie a été un axe commercial important entre la Chine et l'Occident, ainsi qu'un vecteur de communication culturelle. Reliant la Méditerranée à l'Empire chinois, elle pénètre en Chine par sa partie Ouest au travers du désert brûlant du Taklamakan,

terreur des anciens voyageurs. À sa sortie, l'oasis de Dunhuang offrait la première halte.

Après l'introduction du bouddhisme en Chine fut construit, à l'écart de la ville, un grand monastère constitué de plusieurs centaines de niches creusées dans la roche et décorées au fil des ans de magnifiques sculptures et peintures de bouddhas. En pleine activité entre le V^e et le IX^e siècles, le monastère fut abandonné vers l'an 1000, sans doute sous la pression d'invasions venues de l'Ouest. Ce n'est que vers 1890 qu'un moine, nommé Wang Yuanlu, redécouvrit le lieu et entreprit de restaurer les grottes. Dans l'une d'elles, un mur sonnait creux. Démolie, la paroi révéla un trésor. Dans la pièce s'empilaient, jusqu'au plafond, des dizaines de milliers de manuscrits en toutes les langues, miraculeusement conservés grâce au climat aride de la région.

À la même époque, des aventuriers européens écumaient déjà les lieux à la recherche des cités antiques du Taklamakan, englouties dans le sable. Parmi eux, le Britannique d'origine hongroise Aurel Stein fut le premier à avoir vent de la découverte de Dunhuang. Arrivé sur les lieux en 1907, il emporta à dos de chameaux des dizaines de caisses contenant plus de 7 000 rouleaux de papier,

qui furent expédiées à Londres. Il fut suivi du Français Paul Pelliot, puis du Russe Sergei Oldenbourg et du Japonais Kozui Otani. La précieuse bibliothèque fut ainsi peu à peu dispersée aux quatre coins de la planète.

Un rouleau anonyme et oublié

Aujourd'hui connu sous le nom de Monastère des mille bouddhas ou grottes de Mogao, le monastère bouddhique de Dunhuang a été classé en 1987 au patrimoine mondial de l'UNESCO pour la beauté de ses peintures et sculptures, et pour ses manuscrits. Depuis 1998, un effort considérable a été effectué sous la direction de Susan Whitfield, conservatrice à la *British Library* de Londres, afin de numériser une grande partie des manuscrits dans les différents pays et les mettre à disposition des chercheurs. C'est grâce à cette initiative que l'étude récente de la carte céleste a pu être réalisée.

La bibliothèque de Dunhuang contenait en grande majorité des écrits religieux sur le bouddhisme, textes en chinois pour la plupart, mais aussi notamment en tibétain et en sanscrit, ou dans des langues



aujourd'hui disparues. Elle recelait également le plus vieux livre imprimé connu, un Sutra du Diamant de l'an 868. Quelques rouleaux, enfin, traitaient de la médecine, de la divination, du calendrier et de l'astronomie.

La carte du ciel fut emportée par Aurel Stein et entreposée au *British Museum*. Dans l'ensemble du fonds, elle constitue l'unique document de ce type : seul un autre fragment d'une carte fut retrouvé à Dunhuang. Échappant à l'expertise des spécialistes du bouddhisme, elle fut totalement oubliée. Seul le sinologue britannique Joseph Needham (1900-1995), connu pour son travail intitulé *Science et civilisation en Chine*, volumineux ouvrage publié à partir du milieu des années 1950, la remarqua dans ses recherches, la datant approximativement de l'an 940 sans fournir aucune source. Nous verrons que cette date doit être revue. Depuis, la carte n'a fait l'objet que de rares citations, dans des travaux en chinois fondés sur des fac-similés partiels. L'exemplaire numérisé nous a permis d'en réaliser la première étude complète.

La carte est inscrite sur un rouleau de papier très fin de plusieurs mètres de long. Elle est précédée d'un texte de divination sur les phénomènes atmosphériques, comportant dessins et commentaires sur la forme des nuages. Malheureusement, le début de l'ouvrage – partie exposée lorsque le rouleau est replié – a été endommagé, de sorte qu'il manque le titre de l'ouvrage et le nom de l'auteur. L'atlas céleste en lui-même mesure deux mètres de long et présente le ciel sous une forme systématique et ordonnée d'une étonnante modernité. Il se lit de droite à gauche. Une série de 12 panneaux verticaux représente le ciel centré sur l'équateur, divisé d'Est en



© British Library Board



© British Library Board

1. LA CAVE 16 (a) des grottes de Mogao (b), monastère bouddhique situé près de l'oasis de Dunhuang, en Chine, à l'Est du désert du Taklamakan. Sur la droite, on distingue la porte de la pièce cachée où, en 1900, des explorateurs découvrirent des milliers de manuscrits, dont la carte céleste de Dunhuang (c). Le document, un rouleau de papier mesurant près de 4 mètres de long et 25 centimètres de large, se lit de droite à gauche. La carte est précédée d'un texte illustré de nuages sur les phénomènes atmosphériques (à droite). Le ciel est divisé en 12 secteurs centrés sur l'équateur et une région circumpolaire (à gauche). Le dieu de la foudre clôt le document.



© British Library Board - Or 82105.2226

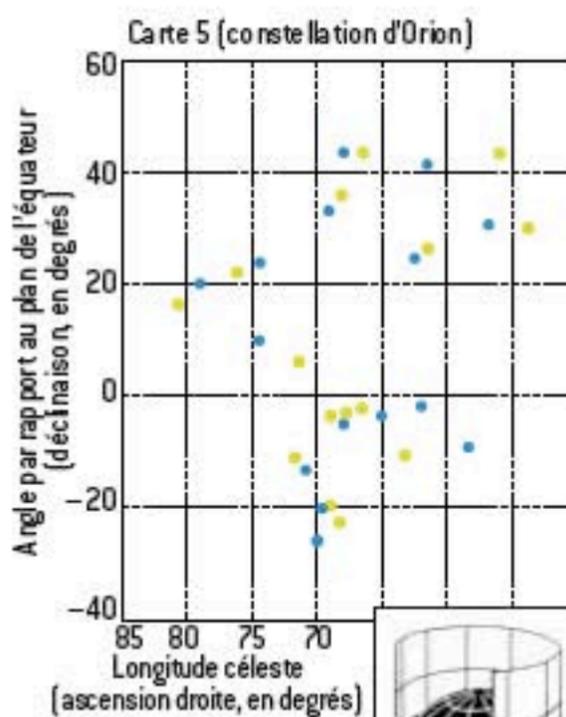


© British Library Board - Or. 82105.2224

2. CENTRÉE SUR LE PÔLE NORD, la carte circumpolaire compte 144 étoiles réparties sur une calotte céleste descendant jusqu'à 50 degrés par rapport à l'axe des pôles. Rien n'indique le pôle, mais il pourrait être la tache rouge au centre. Cette région du ciel revêt une importance particulière, car elle représente le trône de l'empereur, son palais et sa cour. Chaque groupe d'étoiles a un nom imagé, comme *Tianchu* (Cuisine céleste) ou *Sifu* (Quatre conseillers).

Quest en sections d'environ 30 degrés, selon les 12 régions parcourues par le Soleil au cours des 12 mois de l'année (voir la figure 1). Chaque panneau est accompagné d'un texte divinatoire sur la gauche; la plupart comportent un texte au bas, spécifiant pour chaque mois les constellations culminant au lever et au coucher du soleil, et celles que le Soleil croise dans sa course. La dernière partie du document est une carte circulaire de la région circumpolaire (voir la figure 2). Cette présentation est en tout point similaire à celle que nous utilisons aujourd'hui, par exemple pour représenter le globe terrestre avec une carte rectangulaire centrée sur l'équateur et deux cartes circulaires autour des pôles. À la fin du rouleau figure le dessin d'un personnage symbolisant le dieu de la foudre.

Cet atlas est la première représentation connue de l'ensemble des constellations chinoises du ciel boréal. Celles-ci sont bien plus nombreuses que les 48 constellations du ciel grec; les anciens astronomes chinois avaient regroupé les étoiles en une multitude de petits groupes – des astérismes –, qui leur servaient notamment de coordonnées grossières. On en dénombre 257 sur l'ensemble de la carte. Celle-ci est finement inscrite à la main, avec



3. COMPARAISON des positions des étoiles mesurées sur la carte (en vert) et de celles calculées par projection cylindrique (en bleu). Cette transformation géométrique consiste à projeter la sphère céleste sur un cylindre en faisant correspondre aux méridiens des droites verticales équidistantes, et aux parallèles des droites horizontales de plus en plus espacées à mesure que l'on s'approche des pôles (ceux-ci n'étant pas représentés). On observe une bonne correspondance des angles par rapport au plan de l'équateur.

très peu de défauts, comme en témoignent les noms associés à la plupart des astérismes. Plus de 1 300 étoiles y figurent, en trois groupes de couleurs différentes. Or, dans la tradition chinoise, trois catalogues très anciens ont été élaborés durant la période des Royaumes combattants (de -476 à -221) et plus tard fusionnés, chacun gardant une couleur caractéristique. L'atlas est donc issu de ces catalogues.

Projeter la voûte céleste sur un plan

Une partie de l'étude de la carte a été consacrée à l'analyse de la précision des positions. L'examen minutieux du document révèle que certaines constellations sont représentées de façon assez simpliste, voire fantaisiste, mais que la disposition générale est préservée. Pour évaluer la précision de la carte, nous avons analysé chaque panneau en relevant la position des étoiles les plus brillantes, ainsi que de celles dont l'identification n'est pas ambiguë. Les positions pour une quinzaine d'étoiles par panneau ont été mesurées sur la copie numérique haute résolution, avec une précision limitée par la taille des points figurant les étoiles (environ 0,4 degré).

Nous avons ensuite comparé ces positions aux positions réelles que ces étoiles occupaient lorsque la carte a été réalisée. Nous avons pour cela estimé grossièrement la date de sa conception à l'an 700, en nous fondant sur l'effet de précession des équinoxes. Ce lent décalage de l'axe de la Terre modifie légèrement la position du pôle Nord au milieu des étoiles. Celui-ci n'est pas indiqué sur la carte circumpolaire; nous avons supposé qu'il était au centre de la carte et avons déduit de sa position par rapport aux étoiles une date approximative de réalisation de la carte.

Différentes hypothèses ont alors été faites sur la méthode de projection employée. Pour construire la carte, les scientifiques chinois ont eu à résoudre un problème complexe, celui de la projection d'une sphère (la voûte céleste) sur un plan. Cette opération mathématique délicate n'a été résolue en Europe qu'à partir du XVI^e siècle, notam-

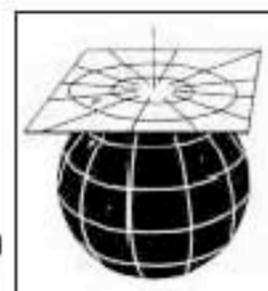
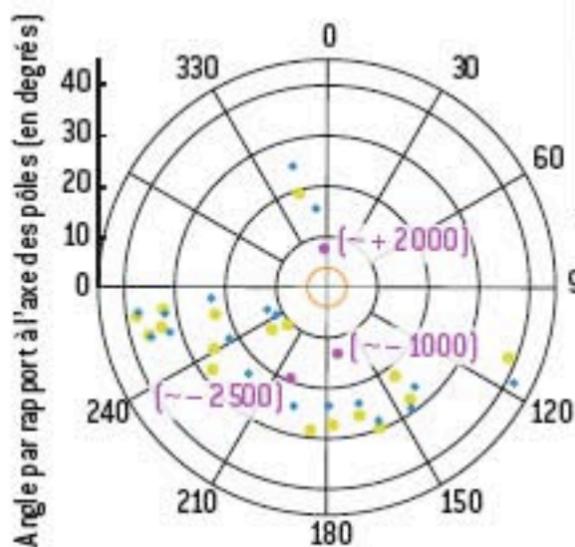
ment par le cartographe Gerardus Mercator (1512-1594). Pour déterminer la méthode de projection employée par les savants chinois, nous avons comparé la position des étoiles sur la carte à celle que l'on obtiendrait vers l'an 700 par une projection cylindrique pure pour les panneaux (voir la figure 3), et par une projection dite azimutale-équidistante pour la carte polaire (voir la figure 4). Dans les deux cas, les positions ont été trouvées conformes à ces projections avec un écart moyen variant entre 1,5 et 4,5 degrés.

L'écart est plus grand en horizontale qu'en verticale sur les panneaux, et en distance radiale qu'en azimut sur la carte circulaire. Néanmoins, la disposition est remarquablement conservée pour un document tracé à la main sur une largeur de seulement 25 centimètres. La carte n'est donc pas un simple relevé manuel ; elle a été établie selon une méthode rigoureuse et des règles géométriques précises. L'absence de traits ayant servi de repères suggère que le document de Dunhuang est une copie, peut-être tracée par superposition sur un original grâce à la finesse du papier chinois.

Le chapeau du dieu de la foudre

La datation et l'origine de la carte ont alors donné lieu à une enquête approfondie. La projection azimutale-équidistante qui correspond le mieux à la carte circulaire nous a donné un périmètre, au centre de celle-ci, où devait se situer le pôle Nord (voir la figure 4). En comparant cette position à la course du pôle due à la précession, nous avons vérifié qu'elle était bien compatible avec une époque proche de l'an 700. Cependant, l'incertitude sur cette date est grande, de l'ordre d'une centaine d'années. Plusieurs autres arguments nous ont permis de préciser la datation.

Dans la partie du manuscrit consacrée aux nuages figurent les commentaires d'un nommé Chunfeng par la formule « Votre serviteur Chunfeng dit ». Celui-ci pourrait donc en être l'auteur. Or Li Chunfeng (602-670) est un mathématicien et astronome du début de la dynastie Tang, respon-



4. COMPARAISON des positions des étoiles mesurées sur la carte circulaire (en vert) et de celles calculées par projection azimutale (en bleu). Cette

transformation consiste à projeter la sphère céleste sur un plan perpendiculaire à l'axe des pôles en assimilant les méridiens de la sphère céleste à des droites du plan rayonnant du pôle Nord. La bonne correspondance des deux cartes a permis de préciser le périmètre où se situait le pôle Nord lors de la réalisation de la carte de Dunhuang : combinée avec la course du pôle recensée au fil des siècles (en violet), la carte calculée situe le pôle Nord dans le cercle orange.

sable de l'Observatoire impérial de 648 jusqu'à sa mort. La même période semble aussi indiquée par le costume du dieu de la foudre à la fin du document. Celui-ci porte un costume de dignitaire chinois avec un couvre-chef qui n'était en usage qu'avant le IX^e siècle (voir la figure 5) : après cette période, l'usage était de porter ce chapeau, oreilles à l'horizontale !

Enfin, un dernier argument propre à la langue chinoise a fourni une indication précieuse. Selon la tradition, il était impossible d'utiliser dans les écrits les caractères chinois qui formaient le nom de l'empereur. On leur substituait alors une version légèrement différente, les caractères « tabous », obtenus par exemple en modifiant un trait. Ainsi, la présence ou l'absence de caractères « tabous » donne une indication précise de dates. Dans le cas de la carte, on en déduit qu'elle a sans doute été composée après la fin du règne de l'empereur Taizong (649) et avant celui de Ruizong (684). La carte a donc été produite aux environs de 650-670, soit trois siècles avant l'époque donnée par Needham.

Durant cette période, la Chine vibrait d'une activité faste, aux premières années d'une des plus grandes dynasties, celle des Tang. L'empereur Taizong fut sans doute l'un des plus grands empereurs de Chine. Son empire, le plus vaste jamais constitué, s'étendait de la mer Caspienne à la Corée, la route de la soie étant tout entière sous son contrôle. L'astronomie chinoise était déjà solidement établie depuis au moins l'ère de la dynastie des Hans (entre -205 et +220) : elle disposait notamment d'instruments

L'AUTEUR

Jean-Marc BONNET-BIDAUD est astrophysicien au Commissariat à l'énergie atomique (CEA).

✓ SUR LE WEB

Les manuscrits de Dunhuang sont disponibles sur le site de l'International Dunhuang Project (<http://idp.bl.uk>), un programme de numérisation auquel s'est associée la Bibliothèque nationale de France (<http://idp.bnf.fr/>).

La carte est visible sur : http://idp.bl.uk/database/oo_ba_der.a4d?pm=Or.8210/S.3326

✓ BIBLIOGRAPHIE

J.-M. Bonnet-Bidaud et al., *The Dunhuang Chinese sky : a comprehensive study of the oldest known star atlas*, *Journal for the Astronomical History and Heritage*, vol. 12, n°1, pp. 39-59, 2009.

K. Chemla et G. Shuchun, *Les Neuf Chapitres*, Dunod, 2004.

J. Needham, *Science and Civilization in China : Mathematics and the Sciences of the Heavens and the Earth*, vol. III, Cambridge University Press, 1959.

Éditions
du Comité
des travaux
historiques et scientifiques

cths

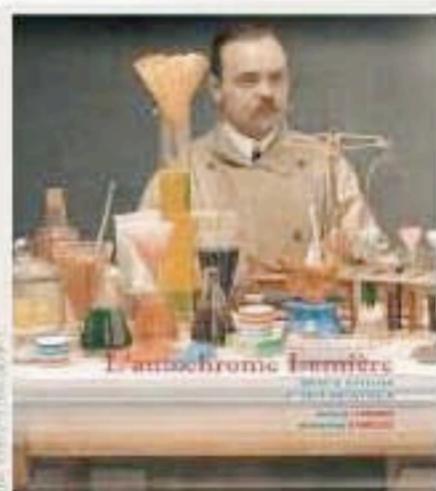
la plus importante collection d'instruments
de travail pour la recherche en sciences humaines



Les archives de la Mission de folklore musical en Basse-Bretagne de 1939

Claudie Marcel-Dubois, François Fal'heun, Jeanine Auboyer, Marie-Barbara Le Gonidec (éd.)
Juillet 1939 : durant six semaines, une ethnomusicologue, un linguiste et une photographe vont sillonner le Vanterols et la Comouaille pour enquêter sur la littérature orale, la danse et la musique. Soixante-treize ans plus tard, leur collecte jusque-là inédite est enfin publiée dans son intégralité, dans ce livre-DVD, 200 chants traduits et transcrits, 15 airs d'accordéon, 11 airs de binou-bambande, 23 minutes de film muet et 437 photographies. Des documents parmi les plus anciens en matière de musique et de danse en Basse-Bretagne !

448 p., ill., couleur et n. et b., poche, 19,90 €



L'autochrome Lumière
Secrets d'atelier et défis industriels

Bertrand Lavédrine et Jean-Paul Gandolfo
À la fin du 19^e siècle, Louis Lumière lançait le défi d'apporter au grand public un moyen simple de faire des photographies en couleurs. Il y parviendra, en 1907, en commercialisant l'autochrome, procédé phare de l'histoire de la photographie en couleurs. Les grandes étapes de sa mise au point présentées ici ont été reconstituées au cours d'une longue enquête. Quant aux images que l'autochrome nous livre, elles suscitent la même fascination aujourd'hui qu'hier : cet ouvrage nous fait partager une part de leur mystère et nous incite à mieux les préserver.

400 p., ill., couleur, 22 x 24 cm, 42 €

comme la sphère armillaire entraînée par une clepsydre, inventée par l'astronome Zhang Heng (78-139), auquel est déjà attribuée une carte céleste qui n'a pas été retrouvée. Dans le reste du monde, hors les traditions d'Amérique latine, l'astronomie était au contraire en pleine éclipse, attendant encore le renouveau de la période islamique. La France était sous le contrôle des Mérovingiens, plus d'un siècle avant Charlemagne.

Une longue
tradition d'atlas

Sous les Tang, l'astronome Li Chunfeng, était un personnage éminent. L'empereur lui avait confié la tâche écrasante de réviser et corriger les dix grands textes classiques chinois, dont l'ouvrage de base des mathématiques des Hans, les *Neuf chapitres sur les procédures des mathématiques*. Sa révision du texte, notamment sa détermination de la valeur approchée de π comme $22/7$, nous prouve qu'il était aussi un grand mathématicien. Expérimenté à la fois en astronomie et en mathématiques, il est probable qu'il soit l'auteur de la carte de Dunhuang.

Néanmoins, la maîtrise des projections est une relative surprise pour une époque si ancienne. Les mathématiques chinoises ont été développées tôt, mais les *Neuf chapitres* ne mentionnent pas de projection. On attribue à l'astronome latin d'origine grecque Ptolémée (vers 150), la construction de cartes à l'aide de projections, qui seraient donc antérieures à la carte de Dunhuang. Toutefois, la *Géographie* de Ptolémée qui nous est parvenue (par des copies postérieures de dix siècles et profondément remaniées selon les historiens) ne présente pas de cartes projetées, mais seulement un relevé de points géographiques selon une grille. La cartographie européenne s'est établie plus tard, s'appuyant sur les travaux de scientifiques arabes tels que Al-Khwarizmi (820) et al-Biruni (995). Ceux-ci furent repris en Europe au XV^e siècle, puis amenés à leur version moderne par le géographe flamand Gerardus Mercator (1569),



5. LES OREILLES DU CHAPEAU du dieu de la foudre pendent le long de sa tête, signe que ce dessin a été effectué avant le IX^e siècle : à partir de ce siècle, les oreilles se portaient à l'horizontale...

La carte de Dunhuang est la plus ancienne carte des étoiles connue puisqu'elle précède de deux siècles les premières cartes islamiques de constellations d'Al Sufi (986). Deux documents plus anciens, le zodiaque de Denderah, en Égypte (-50), aujourd'hui au musée du Louvre, et le globe de Farnese (+150), sculpture romaine conservée au Musée archéologique de Naples, sont souvent cités comme antérieurs, mais ils ne comportent pas de positions d'étoiles.

La tradition des projections et des atlas célestes se maintiendra en Chine avec des documents (qui nous sont parvenus) comme la carte de l'astronome Su Song établie en 1080 selon une projection de type Mercator et le planisphère de Suzhou datant de 1193. Gravée sur pierre en 1247 et visible aujourd'hui à Suzhou, cette carte du ciel complète a été composée pour l'enseignement du jeune prince et futur empereur Ningzong, car, selon le texte qui l'accompagne, « toutes les manifestations de l'esprit qui sont visibles dans le ciel émanent de la raison directrice qui est naturellement dans le principe suprême [...]. On peut donc par la raison les connaître ». Et l'on se plaît à imaginer les dirigeants du monde d'aujourd'hui instruits non seulement des rouages de la finance et du crédit, mais aussi de l'Univers.