

# Jules Verne et la géodésie

■ Suzanne DÉBARBAT

*L'aventure géodésique qui est à l'origine de cet article se trouve, chez Jules Verne, dans son ouvrage "Aventures de trois Russes et de trois Anglais", publié chez Hetzel, en 1872. L'aspect géodésique de ce récit, a été signalé à l'auteur par J.-J. Levallois en 1988, quand la Bibliothèque de l'Observatoire de Paris a mis en place, dans la Grande Galerie du premier étage, des éléments sur "une mesure révolutionnaire: le mètre". En parallèle à cette présentation était réalisé un KIT-EXPO permettant de mettre en place, en 1989, une petite exposition sur l'aventure de Delambre et de Méchain, laquelle avait débouché sur la longueur du mètre, issue de la Révolution Française avec le Système métrique.*

## Le Méridien et ses mesures

Ce sont des éléments de cette aventure, menée de Dunkerque à Barcelone que Jules Verne rapporte page 22 dans un chapitre intitulé "Quelques mots à propos du mètre". Ainsi, il écrit: "Enfin la mesure de l'arc de ce méridien fut prolongée par Méchain jusqu'à Barcelone, en Espagne".

De quel méridien s'agit-il? Jules Verne l'a mentionné auparavant en rappelant que l'astronome Picard (1620-1682) de l'Académie des sciences et de l'Observatoire de Paris avait, d'une part mis au point les méthodes pour cette mesure, d'autre part effectué lui-même des mesures autour de 1670. Là une petite inexactitude: Jules Verne indique "entre Paris et Amiens", comme on peut en juger par le tracé original de la zone mesurée par Picard, l'arc s'étend d'Amiens à la Ferté-Alais de part et d'autre de Paris et son observatoire.

Ce méridien est celui qui avait été fixé le 21 juin 1667, par les astronomes du moment, et qui devait servir d'axe de symétrie nord-sud pour le bâtiment<sup>1</sup> à construire selon les ordres de Louis XIV et de Colbert.

Jules Verne a aussi rappelé des étapes intermédiaires entre l'opération de Picard et celle de la période post-Révolution de 1789: – l'opération de Jean-Dominique Cassini (1625-1712) qui a débuté en 1683, reprenant le projet de Picard décédé en

(1) Ce bâtiment peut se voir au 61 avenue de l'Observatoire et se visiter lors de visites régulièrement organisées.



© collection particulière

1682; – celle de son petit-fils César-François (1714-1784) et de Lacaille (1713-1762) de 1739-1740. On note quelques petites inexactitudes: il oublie le fils du premier Cassini, Jacques (1677-1756) qui a terminé, en 1718, le travail dont son père avait été chargé et ceci, après son décès en 1712; Jules Verne donne la mesure de l'arc Dunkerque-Perpignan, alors que par la carte du tracé, il est clair que les mesures ont été menées jusqu'aux Pyrénées (Canigou).

Ces inexactitudes résultent d'une lecture, sans doute trop rapide, des sources d'informations. Jules Verne détaille, plus longuement, les mesures de ceux qui, après le décès de Méchain en 1804, ont terminé la tâche en menant les mesures jusqu'à Formentera entre 1806 et 1809. Il sait parfaitement bien pourquoi les mesures ont été portées jusqu'aux Baléares: l'arc

■ ■ ■ Dunkerque-Formentera s'étend sur une même longueur, de part et d'autre du parallèle de 45°, parallèle situé au nord de Bordeaux. Et il sait que, dans ce cas, il n'est "pas nécessaire de tenir compte de l'aplatissement de la Terre". En fait, son effet introduit un terme très faible, fonction de cet aplatissement, ce qui n'est pas le cas si l'arc ne présente pas cette symétrie.

## La longueur d'un degré de méridien

Jules Verne fournit deux valeurs pour la longueur de l'arc d'un degré en France. Dans le cas de Picard 57 060 toises; dans le cas de Biot et Arago 57 025 toises. Jules Verne présente alors les décisions de 1790 pour les poids et mesures, le choix – comme étalon de base, du nouveau système qui serait de caractère décimal – la longueur de la dix millionième partie du quart du méridien terrestre qui va du pôle à l'équateur.

Jules Verne écrit ensuite "Plus tard ces déterminations de la valeur d'un degré terrestre furent faites en divers lieux de la Terre, car le globe n'étant pas un sphéroïde, mais un ellipsoïde, des opérations multiples devaient donner la mesure de son aplatissement aux pôles." il mentionne différentes campagnes menées au XVIII<sup>e</sup> siècle : – celle de Maupertuis, Clairaut, Camus, Lemonnier, Outhier et le Suédois Celsius, en Laponie; – celle qu'il date de 1745 qui correspond à la date des résultats au retour; l'expédition étant partie, en 1735, au Pérou (de nos jours en Equateur) avec La Condamine, Bouguer, Godin, et les Espagnols Juan et Ulloa. Il ajoute aussi, toujours avec les valeurs en toises, les mesures menées entre Rome et Rimini en

1754, celles du Piémont datant de 1762 et 1763, celles de 1768 effectuées, en Amérique, de la Pennsylvanie au Maryland.

Jules Verne, dans cette partie a aussi mentionné le travail de Lacaille, entre 1750 et 1752, au nord du Cap de Bonne-Espérance. C'est sans doute cette campagne qui lui a fait choisir le lieu des aventures russo-britanniques et qui lui a fait prolonger son titre par "dans l'Afrique australe". A noter que le souvenir de Lacaille demeure en Afrique du Sud et aussi à l'île Maurice avec un Pic Lacaille et un médaillon sur la place de la Mairie de la ville de Cure-Pipe.

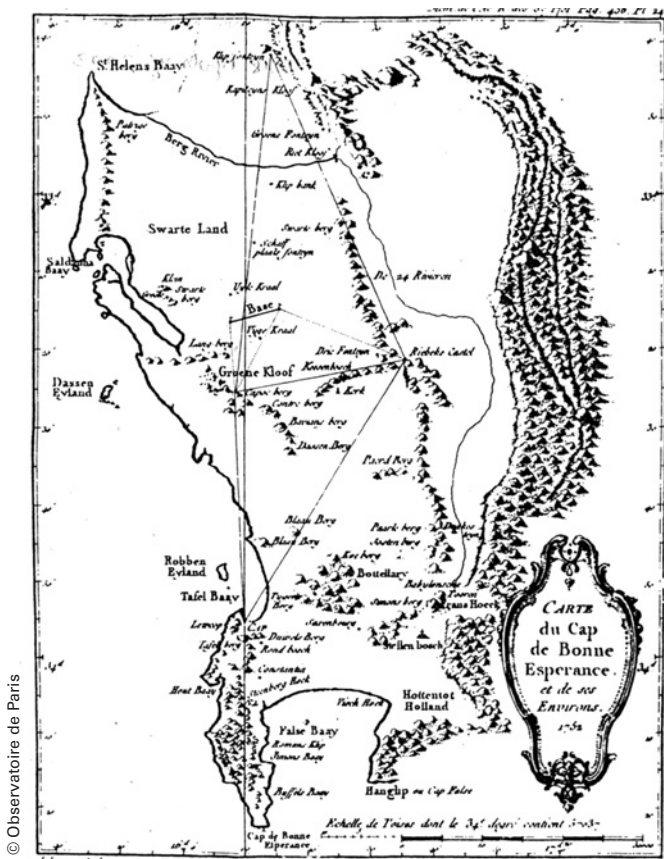
Pour en venir à la raison de cette entreprise, citons Jules Verne "Ce ne fut qu'en cette année 1854, que l'Angleterre, comprenant depuis longtemps les avantages du système métrique, et voyant d'ailleurs des sociétés de savants et de commerçants se fonder pour propager cette réforme, résolut de l'adopter". Il poursuit: "Mais le gouvernement anglais voulut tenir cette résolution secrète jusqu'au moment où de nouvelles opérations géodésiques, entreprises par lui, permettraient d'assigner au degré terrestre une valeur plus rigoureuse."

Jules Verne mentionne le changement de longueur du mètre qu'entraîne un changement dans l'aplatissement de la Terre. Si, au lieu de 1/334 pour cet aplatissement, c'est 1/299.15 qui est utilisé, le quart du méridien terrestre est augmenté et devient 10 000 856 mètres. C'est la valeur précisément donnée par Arago dans son "Astronomie populaire". Arago ne s'inquiète aucunement de cette différence; il sait bien d'ailleurs que Delambre dans son étude du système métrique, publiée en 1810, a donné un grand nombre de valeurs possibles pour ce mètre, rapporté à la Toise du Pérou ayant servi de référence, donnant au mètre une longueur de 0.513074 que Jules Verne rapporte dans son propos sur le mètre. C'est cette valeur, laquelle correspond à 3 pieds 11,296 lignes de cette Toise de référence que mentionne également Jules Verne. C'est donc aussi cette quantité que les Anglais souhaitent déterminer de manière plus précise en se rendant en Afrique australe.

## Une opération géodésique anglo-russe

Le gouvernement russe penchant, comme les Anglais, vers une adoption du système métrique, une commission anglo-russe (trois astronomes dans chaque cas) est bientôt créée. Jules Verne fournit les éléments du projet: une opération dans l'hémisphère austral, puis une autre dans l'hémisphère boréal, la longueur du mètre étant déduite de cet ensemble. Des motifs scientifiques sont fournis pour justifier le choix: 1° Le méridien nord pourrait être mesuré en Russie, sensiblement à la même longitude que l'Afrique du sud; 2° le voyage serait relativement court pour atteindre les possessions anglaises retenues; 3° l'opération permettrait de contrôler la valeur donnée par Lacaille un siècle plus tôt.

L'opération débute en 1854. Elle emploiera la méthode utilisée en premier lieu aux Pays-Bas par Snellius (1590-1626) en 1615, la méthode ayant été développée et rationalisée par Picard qui, également, a créé les trois instruments permettant de la mettre en œuvre sur le terrain. Il s'agit du quart-de-cercle géodésique à deux lunettes avec lequel sont déterminés des azi-



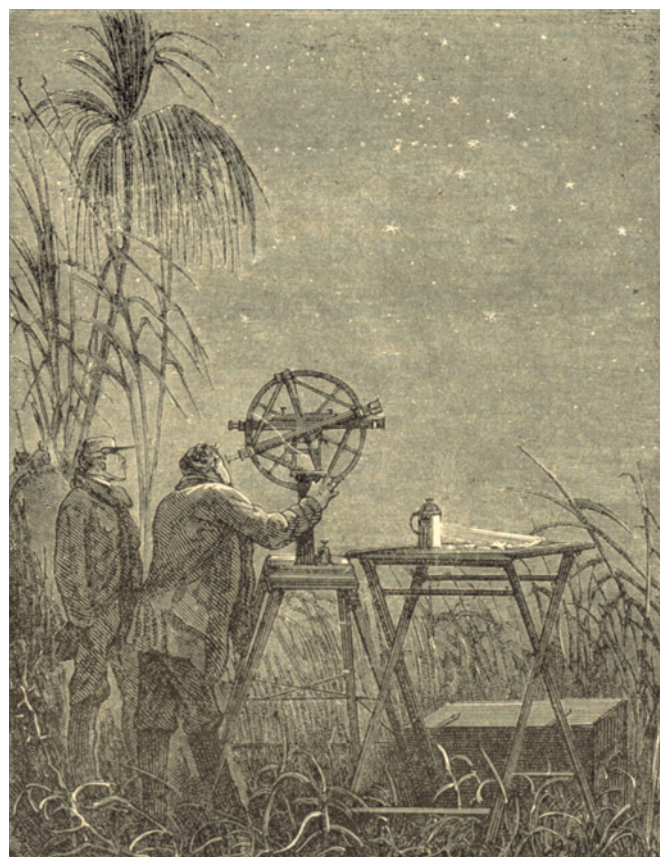
Triangulation Lacaille.



muts, du secteur qui est utilisé pour les mesures astronomiques et le niveau à lunettes pour les opérations de nivellement. En outre Picard utilise des bois de piques pour les mesures au sol d'une "base".

Pour rappeler les principes, le schéma de Picard est bien adapté. L'opération est une triangulation par laquelle sont enchaînés les uns aux autres une série de triangles, dans le sens nord-sud du méridien pour le cas présent. Ces triangles sont choisis en sorte que de l'un des sommets, l'astronome puisse viser les deux autres et réciproquement. D'où le choix de tours, de châteaux, de clochers ; à défaut, des sommets de collines avec des repères bien visibles. Picard place son quart-de-cercle dans le plan contenant son lieu d'observation et les deux autres sommets dont il veut déterminer l'angle. Grâce aux deux lunettes, dont une lui sert d'alidade, il effectue la lecture de cet angle sur le limbe gradué de l'instrument. Les observateurs procèdent de manière similaire avec le cercle répéteur employé par Arago. L'illustrateur de l'ouvrage de Jules Verne, Férat, représente bien l'instrument du XIX<sup>e</sup> siècle, le cercle répéteur de Borda, dans une telle position, de jour, pour la partie géodésique des mesures.

Des mesures astronomiques doivent aussi être faites, aux extrémités de l'arc à mesurer. Picard employait un grand secteur dont la longueur, en unités de notre époque, dépassait trois mètres. Ce secteur avait un limbe réduit de 18°. Picard a observé la distance zénithale d'une même étoile, proche du zénith pour limiter les effets de la réfraction atmosphérique, aux stations de Sourdon près d'Amiens et de Malvoisine près de la Ferté-Alais. Au XIX<sup>e</sup> siècle c'est le même instrument, le cercle répéteur, version employée par Arago, qui est utilisé.



© Illustration Férat - Editions Hetzel

#### Mesures de distance zénithale au cercle de Borda.

Il est alors placé verticalement, réglé au fil à plomb par les trois vis du support ; employé, de nuit, pour l'observation des étoiles choisies. C'est bien ce que fait Jules Verne et qui est représenté dans son récit. Il a probablement rencontré des difficultés pour comprendre la manière de procéder car, au lieu de détailler la procédure comme l'a fait Arago, il glisse directement à la valeur obtenue pour la latitude en Afrique.

#### Des triangles géodésiques à la longueur d'un arc de méridien

Les astronomes de la commission anglo-russe disposent maintenant d'une série de triangles entre les deux extrémités de l'arc de méridien à mesurer. Les triangles sont connus par leurs angles successivement mesurés avec vérification que la somme des trois angles égale 180°, aux erreurs de mesure près. Ceci n'est pas tout à fait vrai sur le terrain car la Terre n'est pas rigoureusement plane. Il faut évidemment faire appel à la trigonométrie sphérique, mais cela ne modifie rien aux principes de l'opération. S'ils ont tous les angles, les astronomes n'ont pas la longueur au sol ; ils disposent seulement, par la différence entre les latitudes des extrémités, de l'angle au centre de la Terre pour cet arc. Il leur faut, d'une part déterminer la longueur des côtés des triangles, et d'autre part placer le méridien dans la triangulation complète.

Depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, astronomes et géodésiens ont résolu ce problème en choisissant un triangle annexe dont ils déterminent, avec une grande précision, la longueur d'un côté au sol. ■■■



© Illustration Férat - Editions Hetzel

#### Mesures d'azimut au cercle de Borda.





© Illustration Féral - Editions Hetzel

## Utilisation des règles de Borda.

■ ■ ■ Pour ce faire, au temps de Picard ou des Cassini, ce sont des "bois de pique" de deux toises placés bout à bout qui sont utilisées et, à partir de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, des Règles de Borda de deux toises chacune. Le même Borda a mis au point le cercle répéteur et les règles, au nombre de quatre, pour la mesure de ce qui est appelé "base" pour ce côté d'un triangle à mesurer.

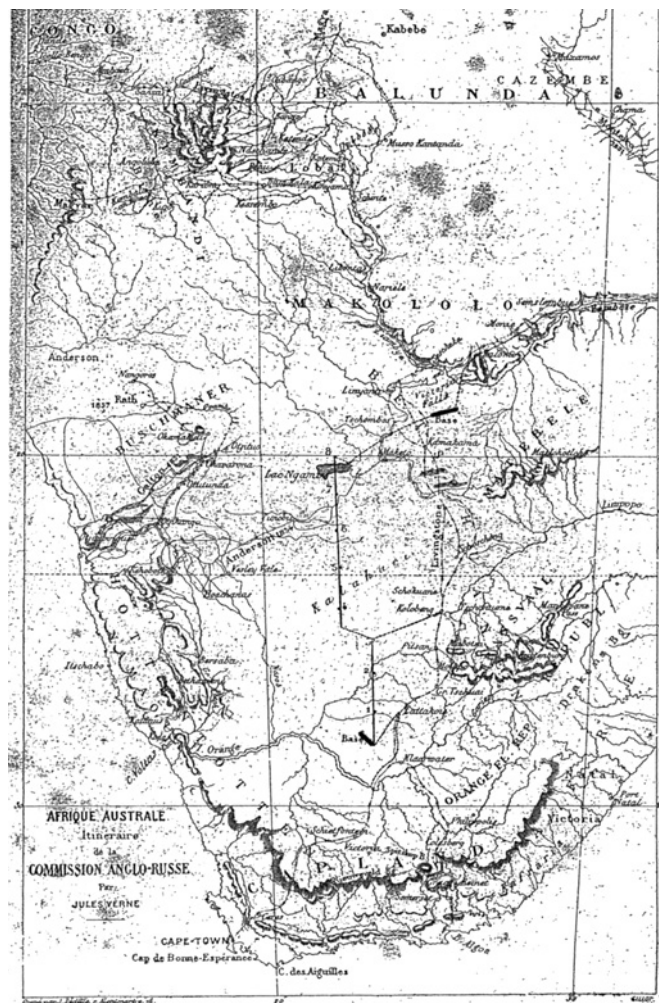
Pour Jules Verne elles sont au nombre de six, longues de deux toises et constituent, pour lui comme pour Borda, un thermomètre bimétallique platine-cuivre, protégé par un "petit toit" en bois, et muni – pour les cas de Soleil bas sur l'horizon – de pièces de tissu blanc sur le côté. Jules Verne décrit en grand détail ces règles et le mode d'emploi, inspiré d'Arago. Ce dernier écrivait : *"un vernier placé vers l'extrémité de la règle de cuivre, indiquait avec une grande précision l'allongement relatif du cuivre, d'où l'on pouvait conclure l'allongement absolu du platine"*. La version Jules Verne est la suivante *"un vernier, disposé à l'extrémité de la règle de cuivre, indiquait exactement l'allongement relatif de la dite règle, ce qui permettait de déduire l'allongement absolu du platine"*. Chaque règle était munie de deux pointes pour leur alignement.

La mise en œuvre des règles est très longuement décrite par Jules Verne et l'illustration de Féral montre bien l'observateur vérifiant avec une lunette l'alignement des pointes dont chaque toit de règle est muni. Par mesure de sécurité, la "base" est mesurée plusieurs fois si cela paraît nécessaire. Connaissant la base constituant un des côtés du triangle, choisi en sorte que le terrain soit le plus horizontal possible, tous les éléments du triangle sont connus si l'on se souvient que connaissant un côté d'un triangle et les deux angles adjacents, les autres éléments s'en déduisent. De proche en proche tous les côtés des triangles de l'ensemble peuvent, de même, se calculer.

## La triangulation selon Jules Verne

La triangulation – inspirée d'un ouvrage d'un enseignant du Lycée Henri IV – dessinée par Jules Verne, constitue un cas particulier qui se présente rarement dans la réalité sur le terrain. La "base" est constituée par un des côtés des triangles joignant des points élevés d'observations, clochers ou tours, dans certains cas des détails d'une construction. Il n'est donc pas toujours facile de mesurer, au sol, de tels intervalles. Le plus souvent, il faut faire appel à un triangle supplémentaire comme cela est le cas chez Picard, comme chez les Cassini, ou chez Delambre et Méchain pour leur opération relative au mètre.

Jules Verne a aussi considéré un cas particulier pour le méridien qui va d'un sommet d'un triangle au sommet d'un autre. Ceci, également, est rarement le cas mais pour les lecteurs de Jules Verne, cela facilite la description. Il leur faut, comme cela a été fait, par Picard et d'autres, placer le méridien dans la triangulation. Pour ce faire les astronomes ont recours à la détermination de l'angle que fait un côté du triangle de départ avec la direction du méridien du lieu. Cette dernière s'obtient par observation du Soleil et des étoiles dont la culmination, correspondant à la plus grande hauteur au-dessus de l'horizon, se produit au moment du passage au méridien. Il est aussi possible de procéder par détermination des longitudes des sommets de la triangulation, à partir d'observations astrono-



Triangulation anglo-russe.

© Extrait de l'ouvrage de Jules Verne - Editions Hetzel

miques dont on possède des éphémérides. Dans ces cas, des horloges de précision ou des chronomètres sont nécessaires puisque les différences de longitude correspondent à des différences entre heures locales du fait de la rotation de la Terre. Les éphémérides sont établies pour un méridien de référence.

Selon Jules Verne la longueur de l'arc à mesurer est de l'ordre de 8°. C'est sensiblement la longueur de l'arc de Delambre et Méchain, entre 1792 et 1798, de Dunkerque à Barcelone. Le temps consacré à cette dernière expédition, anormalement long, s'explique par les événements du temps et aussi par une erreur que Méchain croyait avoir commise lors de ses mesures. Pour les trois Russes et les trois Anglais, l'opération débute en février 1854. Après avoir largement mené plus de la moitié de l'opération, les savants sont informés de la guerre qui a lieu du côté de Sébastopol. Anglais et Russes sont désormais ennemis par gouvernements interposés. Ils vont alors se séparer pour mettre en œuvre des mesures plus ou moins indépendantes. Pendant la période de travail en commun, aussi bien que pour la suite des mesures, le récit de Jules Verne est émaillé de difficultés liées aux conditions en Afrique australe. Les travaux de terrain conduisent aux retrouvailles des deux équipes au cours desquelles l'un des protagonistes évoque la campagne de Biot et Arago, accompagnés d'un astronome espagnol Rodrigues, lors de la prolongation de la Méridienne de France, jusqu'aux Baléares. Les protagonistes apprennent que la guerre russo-anglaise est terminée ; la coopération peut donc reprendre.

Les soixante-trois triangles de la campagne en Afrique ont été mesurés, alors que maintenant le mois de mars 1855 est déjà

bien avancé. L'astronome russe suggère de mesurer des triangles nouveaux jusqu'à trouver un terrain propice afin d'y établir une deuxième base qui servirait à contrôler les résultats des mesures qui viennent de s'achever. Après de nouvelles aventures et de triangle en triangle, un emplacement pour la deuxième base est trouvé. Comme pour les astronomes français Les mesures prennent plus d'un mois et elles sont achevées au 15 mai 1855. La différence trouvée, tous calculs faits, conduit à un écart entre les observations et les calculs de zéro toise et 14 centièmes. C'est meilleur que le résultat obtenu par Delambre et Méchain ce qui en fait, écrit Jules Verne, l'opération "la plus parfaite des opérations géodésiques entreprises jusqu'à ce jour".

## La longueur du mètre

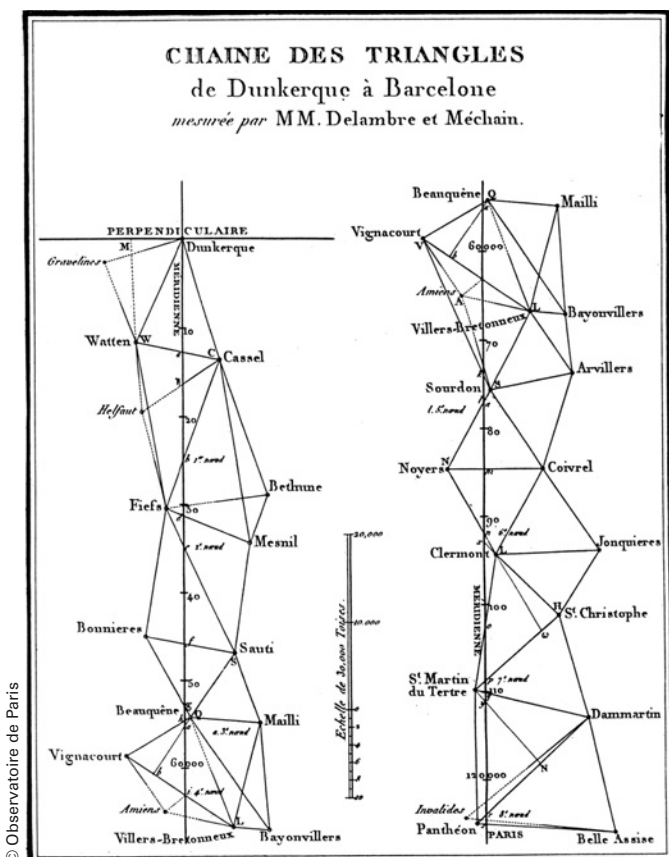
De leurs mesures, les savants déduisent la longueur du degré de méridien, soit 57 037 toises. Jules Verne écrit "C'était, à une toise près, le chiffre trouvé par Lacaille, au Cap de Bonne-Espérance. A un siècle de distance, l'astronome français et les membres de la commission anglo-russe s'étaient rencontrés avec cette approximation".

"Quant à la valeur du mètre, il fallait, pour la déduire, attendre le résultat des opérations qui devaient être ultérieurement entreprises dans l'hémisphère boréal". Ainsi s'exprime Jules Verne qui ajoute "Cette valeur devait être la dix millionième partie du quart du méridien terrestre. D'après les calculs antérieurs, ce quart comprenait, en tenant compte de l'aplatissement de la terre "évalué" à 1/499.15, dix millions huit cent cinquante six mètres, ce qui portait la longueur exacte du mètre à 0.513 074, ou trois pieds onze lignes et deux cent quatre-vingt-seize millièmes de ligne. Ce chiffre était-il le véritable ? C'est ce que devaient dire les travaux subséquents de la commission anglo-russe".

Dans cette partie de conclusion scientifique, Jules Verne mélange quelques données concernant les calculs menés par Delambre après le décès de Méchain. D'abord l'aplatissement, 1/499.15 alors qu'il faut lire, comme il l'a indiqué vers le début de l'ouvrage, 1/299.15. Il redonne aussi, dans cette fin d'ouvrage, la longueur du mètre en fraction de la toise<sup>2</sup> de référence dont il a indiqué, antérieurement, qu'elle avait été employée comme référence par l'expédition du Pérou du XVIII<sup>e</sup> siècle.

Cette fraction, correspondant aux 3 pieds 11 lignes et 296 millièmes de cette Toise, est bien ce que rappelle Jules Verne. Mais il se trompe en indiquant que cette longueur correspond à la longueur du quart de méridien, en mètres, de 10 000 856 mètres. La valeur 3 pieds 11,296 lignes est celle conclue, et fixée par la Commission internationale qui s'est réunie à l'Observatoire de Paris de septembre 1798 à juin 1799. Cette commission a examiné, en plusieurs sous-commissions, registres et calculs de Delambre et de Méchain et, entre plusieurs possibilités, a choisi la valeur arrondie au millième de ligne.

(2) Cette toise, appelée depuis "Toise du Pérou" est dans les collections de l'Observatoire de Paris. Elle doit figurer à nouveau dans une exposition sur la vitesse de la lumière qui doit se tenir à l'Observatoire en fin d'année 2005, "Année internationale de la Physique".





■ ■ ■ La valeur 10 000 856 mètres est celle issue de la prolongation de la méridienne de France par Arago et Biot ce qui aurait donné un mètre de 1,000 085 6, soit un peu plus long de 8 ou 9 centièmes de millimètre. A l'époque où ces résultats étaient obtenus le monde savant et le Bureau des longitudes – alors à l'Observatoire de Paris – ont décidé de ne pas modifier la longueur du mètre chaque fois que de nouvelles mesures sur le terrain en modifieraient la réalisation. Ainsi s'est trouvée assurée la longueur du mètre au cours du temps, avec des représentations qui ont évolué avec le résultat des recherches, mais sont demeurées cohérentes avec la valeur retenue par la Commission internationale de 1799.

Actuellement le monde vit avec un mètre fondé sur la longueur du temps de vol de la lumière *"Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde"* (17<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) de 1983, avec adoption le 20 octobre). La quantité, au dénominateur, est la valeur correspondant à la vitesse de la lumière 299 792 458 m/s adoptée en 1975 par la 15<sup>e</sup> CGPM. Cette valeur, donnée à 1,6 m près, la meilleure précision obtenue grâce au développement des lasers, avait été dérivée par la valeur moyenne des valeurs obtenues, par cinq laboratoires dont celui du temps et des fréquences de l'Observatoire de Paris dans le cadre d'une convention avec le Bureau National de Métrologie.

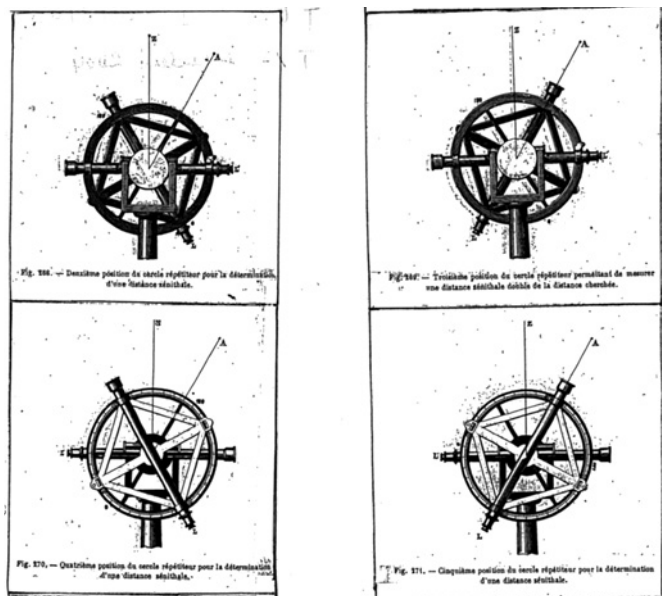
## Les sources de Jules Verne

Il apparaît clairement, par examen des textes d'Arago et de Jules Verne, que ce dernier, pour les opérations géodésiques, s'est beaucoup inspiré d'Arago et de ses chapitres relatifs à la forme et la dimension de la Terre ; même si dans son texte il mentionne M. Garcet, professeur au Lycée Henri IV qui, d'ailleurs, s'était sans doute inspiré d'Arago, les mesures pour la longueur du mètre n'étant pas encore très lointaines.

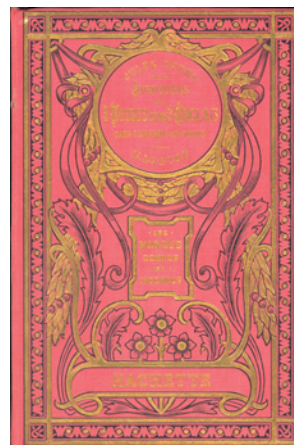
A ce sujet il convient de rappeler qu'étant à Amiens, Jules Verne avait, aussi, comme informateurs locaux des professeurs du lycée. Cette information provient d'une personne dont le père, alors enfant, entre 1890 et 1901, a été conduit chez Jules Verne par son père alors directeur de l'Hospice d'Amiens pour aveugles. Il s'agissait de le remercier d'avoir envoyé ses ouvrages pour que lecture puisse en être faite aux aveugles. Le petit garçon, plus tard, racontera à son fils que ce qui l'avait le plus frappé, chez ce vieux monsieur, était les importantes poches qu'il avait sous les yeux... Devenu militaire, ce petit garçon a fait partie du groupe qui a rendu les honneurs au décès de Jules Verne. Il m'a aussi été rapporté que Jules Verne membre du Conseil municipal d'Amiens avait coutume, au moment des réunions, d'arpenter les couloirs en discutant science avec l'ingénieur de la ville M. Badouret.

D'un autre côté la question peut se poser de savoir si Jules Verne a rencontré Arago. Les spécialistes de l'un et de l'autre le savent sans doute. Pour le moment – rien n'a été trouvé en ce sens, même si l'on indique que Jules Verne admirait François Arago. François est ici précisé, car partout sont indiquées des relations entre Jules et Jacques, un des frères d'Arago né en 1790. Marié à 19 ans et bientôt père, ce dernier s'embarque en 1817 – à 27 ans – pour un long voyage ; il est dessinateur de l'expédition qui parcourt le Pacifique. Il en rapporte un *"Voyage autour du monde"*, succès de librairie en plusieurs langues dès sa parution en 1839, alors que Jules Verne a onze ans. Ce dernier rencontrera Jacques Arago en 1851 quand il en a 23 ; il s'en inspirera largement pour les récits de ses voyages et lorsqu'on écrit que Jules Verne admirait Arago, ne faut-il pas comprendre Jacques ? Pour François il avait, en 1851, 65 ans. Déjà malade, il n'avait plus que deux ans à vivre. Il est plausible de douter que le jeune Verne soit venu le voir.

C'est sans doute plus tard que différents ouvrages d'Arago, ceux de vulgarisation issus de son cours d'astronomie populaire, ont retenu l'attention de Jules Verne. Une carte postale à son effigie datée de 1903 – comme pour nombre d'autres de la même époque que l'on peut voir reproduites dans des articles le concernant – provient d'une collection privée ; elle a été envoyée à l'arrière-grand-mère de celui qui la possède. ●



Extrait d'Astronomie populaire, François Arago.



## Contact

Suzanne DÉBARBAT  
SYRTE - UMR 8630  
Observatoire de Paris

## Références

*Astronomie populaire*, François Arago, 4 vol., 1854-1857.  
*Aventures de trois Russes et trois Anglais dans l'Afrique australe*, Jules Verne, Editeur Hetzel, 1872.