

LES INSTRUMENTS DE LEVÉ TOPOGRAPHIQUE À L'ÉPOQUE DE VAUBAN

Progrès et immobilisme

par Michel Morizet

78000 Versailles

Courriel : morizetb@club-internet.fr

L'activité de Vauban, si importante fût-elle dans le domaine topographique, n'eut pas de conséquence sur l'art et la manière de lever les plans. Par contre, les travaux entrepris par l'Académie royale des sciences et l'Observatoire royal qui venaient d'être créés, nécessitaient la fabrication d'instruments de topographie de conception nouvelle. Deux inventions coïncident avec ces impératifs : la lunette de visée à réticule et le niveau à bulle qui révolutionnèrent la construction des instruments et qui perdurent jusqu'à nos jours.

1 De l'arpentage à la géodésie

Vauban est en pleine activité : il a 33 ans et est ingénieur du roi depuis onze ans, quand l'Académie royale des sciences est fondée en 1666. Cet événement est suivi en 1667 par la création de l'Observatoire royal. Ces deux institutions résultent du bon vouloir de Louis XIV conseillé par Colbert. Ce dernier a été sensible aux arguments des savants, comme l'abbé Picard et Auzout, qui ont su lui montrer l'intérêt d'avoir une meilleure connaissance de la géographie du royaume. Ces fondations renforcent le prestige royal et répondent aussi à l'établissement, en Angleterre en 1660, de la « Royal society of London ».

Le programme des institutions françaises est ambitieux : mesure du méridien terrestre et établissement de la « Méridienne » de Paris marquant le départ de la triangulation de premier ordre de la France. Cependant le succès de ces travaux, qui marquent la naissance de la géodésie, est davantage dû à l'habileté des hommes en charge des opérations qu'à la qualité des instruments qu'ils ont conçus. En fait, les défauts de ces instruments, inexactitudes et difficultés d'utilisation, font que tous les travaux vont être repris ultérieurement.

En France, pendant le même temps, l'arpentage ordinaire utilise deux techniques simples et éprouvées : le levé à la planchette et le levé au graphomètre. Ces techniques ont une précision suffisante pour répondre aux besoins des travaux militaires ou civils ; elles sont utilisées pour les levés de terrains servant aux défenses des villes et à leurs équipements : fortifications, batteries, ports, routes, etc.

Les mêmes techniques sont utilisées pour l'établissement de cartes régionales à plus petites échelles, résultant de l'assemblage de documents à grande échelle. Toutefois la précision se révèle insuffisante à l'usage et justifie l'établissement d'une triangulation de premier ordre.

Vers le milieu du XVII^e siècle, les instruments d'arpentage couramment utilisés se limitent au graphomètre, à la planchette et à ses accessoires, au cercle entier et au niveau d'eau (fig.1). Depuis la Renaissance de nombreux instruments ont été inventés par des savants et érudits. Généralement ces instruments, parfaits en théorie, sont inutilisables car complexes et mécaniquement trop imprécis. Un exemple est celui du théodolite, au nom bien connu, apparu vers la fin du XVI^e ; immédiatement abandonné, cet instrument réapparaît au XIX^e grâce à la perfection de la construction mécanique. De cette période, ne subsistera en France que le graphomètre (fig. 1), publié par Philippe Danfrie en 1597 et qui aura une belle longévité : il est encore en vente au début du XX^e siècle. Le cercle entier (cercle hollandais ou « simple theodolite ») (fig. 1) est peu utilisé et fabriqué en France. On se sert de cercles entiers de petite taille (15cm) permettant de lire au mieux le demi degré (fig. 2). Ces instruments sont utilisés par les armées en campagne pour le levé des itinéraires et des camps.

Le levé à la planchette, apparu avant 1550, aura, lui aussi, un long succès car il persiste de nos jours (fig. 1, 2 et 3). Souvent décrié parce que pratiqué par des arpenteurs ignorant l'arithmétique, c'est une méthode qui permet de tracer les cartes directement sur le papier et ne nécessite, en plus, que des

mesures de distance à la chaîne d'arpenteur. Les cartes ainsi obtenues sont plus exactes que celles levées au graphomètre car la méthode supprime nombre d'erreurs de lecture, de calcul et de report. De plus le matériel est simple et économique. Il comprend une table à dessin montée sur pied, sur laquelle l'arpenteur peut punaiser le papier, une alidade à pinnules pour viser les points d'intérêt et des règles et crayons. Un ou deux aides portant mires et jalons sont également nécessaires.

L'usage du graphomètre ou de la planchette est limité aux faibles distances et ne peut servir à une triangulation à petite échelle. Snellius (W. Snell van Royen, mathématicien et physicien néerlandais, 1580-1626), inventeur de la méthode de triangulation, n'a pu réaliser des mesures d'angle suffisamment précises pour généraliser son invention car il ne disposait que de cercles ou de graphomètres.

2 L'invention de nouveaux instruments : l'activité de l'abbé Picard

Quand l'abbé Picard, l'un des hommes à participer à la création de l'Académie des sciences et de l'Observatoire, aborde le problème de la mesure du méridien, la question des instruments se pose immédiatement. Il est nécessaire d'obtenir une précision de mesure supérieure à celle des instruments de topographie classique. Pour mesurer un arc de méridien, il faut disposer de trois principaux types d'instruments : un instrument pour mesurer les angles terrestres, un second pour mesurer la distance d'un astre au zénith et un dernier pour le nivellement.

2. 1 De la lunette de visée

La première grande innovation de l'abbé Picard est d'adapter la lunette à ces instruments. Il faut rappeler que la lunette (ou télescope) a été « découverte » en septembre 1608, à La Haye, aux Pays-Bas. Son succès fut prodigieux et elle se répandit dans toute l'Europe. Galilée la tourna immédiatement vers les astres, mais elle resta longtemps un instrument d'observation et non de visée. Pour être utilisée comme tel, la lunette doit être munie d'un réticule, croix de fils très fins située dans son plan focal. Il semble que ce perfectionnement soit dû à l'italien Cornelio Malvasia en 1662.

Dans sa communication à l'Académie royale des sciences du 23 juin 1717, intitulée « Recherche des dates de l'invention du Micromètre, des Horloges à

Pendule, & des Lunettes d'approche », Philippe de la Hire écrit :

«Ces sortes de pinnules à Lunettes ont de très grands avantages par-dessus les communes ou anciennes tant pour l'Astronomie que la Géographie, en ce que toutes sortes de vues peuvent s'en servir également, & que comme les Lunettes augmentent considérablement les objets, on les voit non seulement plus grands, mais bien plus distincts, & qu'on en peut faire les observations avec une très grande justesse [...] On publiait ici que c'était de l'invention de M. Picard & ce n'était pas sans fondement, c'est pourquoi je lui demandais un jour ce qui en était, il me répondit assez froidement que M. Auzout y était pour beaucoup de part [...] Je ne vois seulement que dans le Livre de la Mesure de la Terre qui fut faite par M. Picard, & qui a été imprimé en 1671, mais auquel il travaillait en 1669, ou il est dit à la page 3, qu'on s'était avisé depuis quelques années de mettre des lunettes d'approche au lieu des pinnules anciennes».

En résumé, La Hire note que les lunettes de visée permettent des observations beaucoup plus précises même si vous avez une mauvaise vue. Il laisse aussi entendre que Picard et Auzout ont appliqué la lunette aux instruments avant 1669, ce qui s'accorde avec l'invention du réticule en 1662.

2.2 Du quart-de-cercle terrestre

Mais l'abbé Picard doit créer un nouveau modèle d'instrument pour effectuer des mesures angulaires terrestres car il n'existe encore aucun modèle suffisamment précis. Le dessin et l'éclaté de l'appareil (fig. 4) donnés par Picard sont remarquables de clarté et permettent à tout fabricant de reproduire un modèle voisin, ce qui sera fait. L'académicien s'inspire du quart-de-cercle astronomique en usage depuis la fin du XVI^e et modifie partiellement sa structure. Un pied solide à vis calantes (fig. 4 « Fig 4 ») porte une double articulation (fig. 4 « Figs 2 et 3 ») permettant d'orienter le quart-de-cercle dans tout plan. L'instrument comporte deux lunettes munies de réticules (fig. 4 « Fig 1 ») pour viser simultanément les deux côtés de l'angle d'un triangle : l'une est fixée sur le châssis et l'autre est mobile ; la lecture se fait sur le limbe par une échelle transverse (voir aussi fig. 2). Le modèle astronomique est plus simple car le quart-de-cercle est vertical et pivote sur un seul axe horizontal ; il n'a qu'une seule lunette solidaire du châssis, la référence verticale étant un fil à plomb abrité dans une boîte pendulaire.

Le quart-de-cercle terrestre marque un progrès important car l'appareil est mobile et transportable sur

le terrain, les visées sont plus faciles et, de par son rayon, la précision de mesure est de quelques minutes. Mais il a aussi de nombreux défauts. Sa taille est grande : 3 à 4 pieds de rayon et son poids reste important car la structure est en fer pour éviter les déformations ; il est donc difficile à installer dans un clocher. Il est en outre malaisé à mettre en situation car il n'a pas de systèmes d'ajustement fin (comment ajuster les deux articulations qui sont bloquées par des vis papillons ?). Il couvre un champ de 90 degrés, ce qui oblige à n'avoir que des angles aigus. La lecture des valeurs d'angle est facile par la méthode des diagonales, mais celle-ci donne une précision illusoire car la division manuelle des limbes est irrégulière. Ces défauts sont indirectement énumérés par Cassini quand il parle des qualités du cercle terrestre de Borda : cet instrument est « par conséquent d'un volume très portatif, très commode, qui se place partout, s'établit sans embarras sur le plus petit appui dans l'espace le plus étroit, et qui malgré sa petitesse, donne plus d'exactitude que l'on n'en pourrait attendre des grands quarts de cercles ». Malgré ses inconvénients, le quart-de-cercle selon M. Picard sera utilisé pendant plus de cent ans et permettra d'effectuer la triangulation de premier ordre de la France.

2.3 Du niveau

Le niveau mis au point par Picard n'aura pas cette longévité. Il s'agit d'un appareil lourd et difficile à manier. La figure 5 montre deux états de ce niveau. On y retrouve la lunette à réticule dont l'horizontalité est par construction ajustée perpendiculairement à un fil à plomb abrité dans une boîte le protégeant du vent. Le réglage est des plus primitifs et s'opère par pivotement d'un arceau sur des chevilles de bois fixées sur un trépied. Ce système rustique peut être précis mais sa mise en œuvre est délicate.

2.4 Du « secteur anglais »

Le troisième instrument de Picard est destiné à mesurer en degré la longueur du méridien par rapport à une étoile fixe. Le quart-de-cercle astronomique peut être utilisé, mais il est préférable d'avoir un instrument plus grand comme le « secteur » anglais construit par Graham.

2.5 Le bilan instrumental de l'abbé Picard

L'apport de l'abbé Picard à l'art de la fabrication des instruments est donc important : adaptation de la lunette de visée et mise au point du quart-de-cercle terrestre. Les fabricants adaptent immédiate-

ment la lunette au niveau, à l'alidade et au graphomètre, mais continuent cependant à produire les mêmes instruments munis de pinnules (fig. 6). La lunette de visée est toujours utilisée de nos jours sur tous les types d'instruments de topographie, alors que le quart-de-cercle terrestre disparaît à la fin du XVIII^e pour être remplacé par le cercle de Borda qui, lui-même, fait place au théodolite au XIX^e siècle.

3 L'invention de nouveaux instruments :Thévenot et Huygens

D'autres inventions et innovations ont lieu en cette fin du XVII^e, la plus importante étant l'invention du niveau à bulle, peu citée bien que parfaitement connue. Elle est due à Melchisédech Thévenot.

3.1 Le niveau à bulle de Melchisédech Thévenot

En 1660 ou 1661, Melchisédech Thévenot invente le niveau à bulle. Il fait part de son invention à Robert Hooke à Londres et à Vincenzo Viviani à Florence. Adrien Auzout en recommande l'usage à l'Académie de sciences lorsque celle-ci s'apprête à lancer une expédition à Madagascar en 1666. Huygens en parle la même année, fait des recommandations quant à la courbure et les dessine dans ses notes (fig. 7). Thévenot est un esprit curieux. Il est bibliothécaire du roi à partir de 1684 et devient membre de l'Académie des sciences en 1685. Il écrit en 1696 « *L'Art de Nager démontré par figures avec des avis pour se baigner utilement* ». Par rapport aux autres types de niveau, celui de Thévenot est fiable, compact et stable ; son seul défaut est d'être fragile. Les grands fabricants d'instruments de l'époque, tels Butterfield, Bion ou Macquard, peuvent donc fournir des niveaux simples et pratiques permettant un nivellement rapide et précis (fig. 8). Au cours des siècles, le niveau à bulle devient l'accessoire indispensable des instruments de topographie et aussi l'outil de tous les artisans.

3.2 Le niveau de Huygens

De nombreux types de niveaux voient le jour à cette époque, mais, s'ils sont théoriquement parfaits, ils se révèlent peu pratiques voire inutilisables. Le plus célèbre est celui conçu par Huygens (fig. 9). C'est un niveau pendulaire se calant automatiquement à l'horizontal. Il a été essayé sur le terrain, mais il restera une curiosité de cabinet de physique car il est instable et doit être protégé des perturbations

extérieures, ce qui oblige à l'abriter dans une boîte en forme.

Bilan

Le temps de Vauban, ou plutôt la deuxième moitié du XVII^e siècle, n'est pas caractérisé par une révolution dans l'art des instruments comme celle marquée par l'irruption de la lunette en 1608. Cependant deux inventions capitales modifient la conception et l'utilisation des instruments : ce sont le niveau à bulle en 1661 et la lunette de visée à réticule vers 1669. Plus de 340 ans après, les mêmes principes sont toujours utilisés sous la même forme.

À l'époque de Vauban et pendant le XVIII^e siècle, le manque de précision de la construction mécanique et la qualité médiocre des optiques limitent l'évolution des instruments de topographie. Il faudra attendre le XIX^e siècle pour être capable de produire en quantité des instruments plus précis pouvant remplacer utilement les graphomètre et autres niveaux. Ainsi, l'utilisation du théodolite capable de mesurer en azimut et en altitude pourra se développer alors que cet instrument a été conçu à la fin du XVI^e siècle. Il en est de même du vernier de P. Vernier permettant une lecture facile des fractions de longueurs ou d'angles, mais dont la précision est illusoire en 1631, faute de graduations suffisamment précises (fig. 2).

Bibliographie

Bion N., 1752, *Traité de la construction et des principaux usages des instruments de Mathématique* », 4^e édition Paris, chez C.A. Jombert.

Cassini J.D., [1790], *Exposé des opérations faites en France en 1787 pour la jonction des Observatoires de Paris et de Greenwich par MM. Cassini, Méchain et Le Gendre.... Description et usage d'un nouvel instrument propre à donner la mesure des angles à la précision d'une seconde*, Paris, Impr. de l'Institution des sourds-muets.

Daumas M., 1953, *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles* , Paris, PUF.

La Hire Ph. de, 1717, « Recherche des dates de l'invention du micromètre, des horloges à pendule, et des lunettes d'approche », *Histoire de l'Académie royale des sciences, Mémoires de mathématique et de physique*, 23 juin, p. 78 .

Martin J.P, 2000, *Une histoire de la Méridienne*, Cherbourg, Editions Isoète.

Picard J., 1671, *Mesure de la Terre*, Paris, Impr. royale.

Picard J., 1780, *Traité du nivellement*, nouvelle édition, Paris, L. Cellot & Jombert Fils.

Turner A.J., 1989, *From Pleasure and Profit to Science and Security , Etienne Lenoir and the transformation of precision instrument-making in France 1760-1830*, Cambridge, The Whipple Museum of the History of Science .

Turner A.J., 2002, "The Observatory and the quadrant in eighteenth century" , *Journal for the History of Astronomy*, 33, p. 373-385.

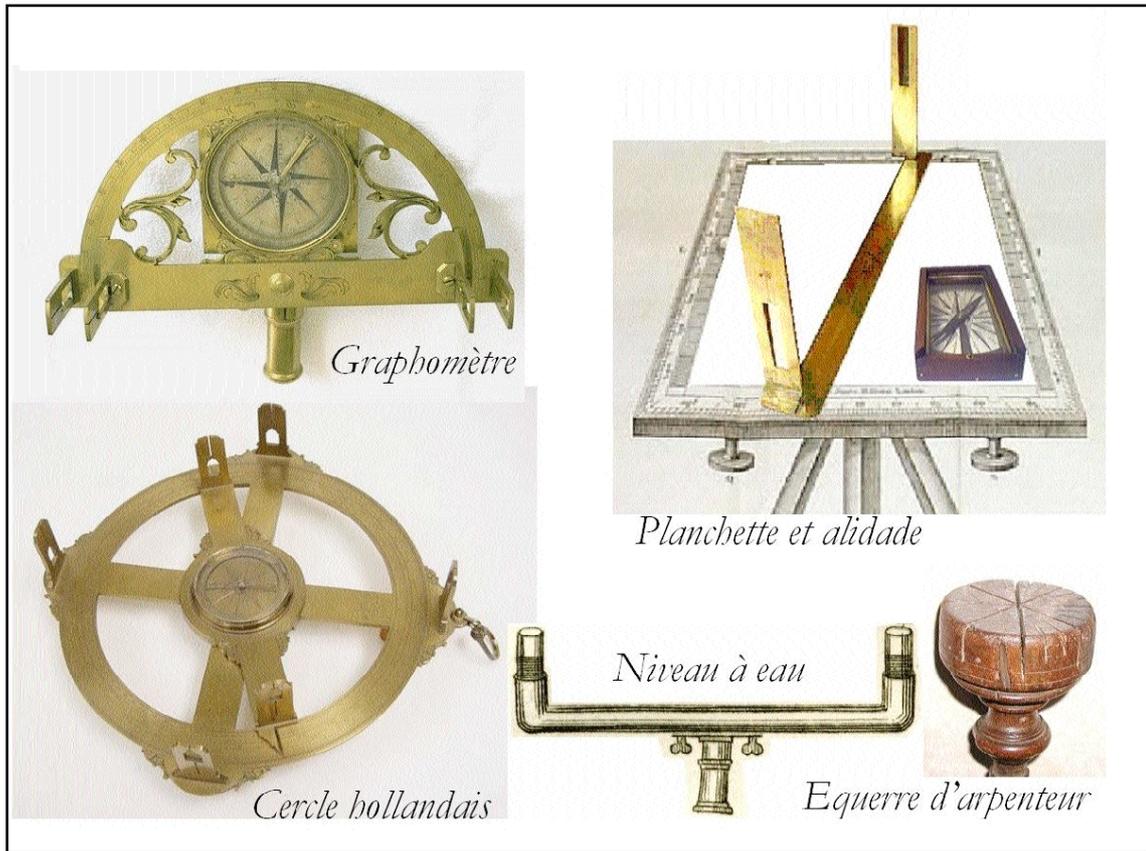


Figure 1 : Les instruments de topographie en 1650

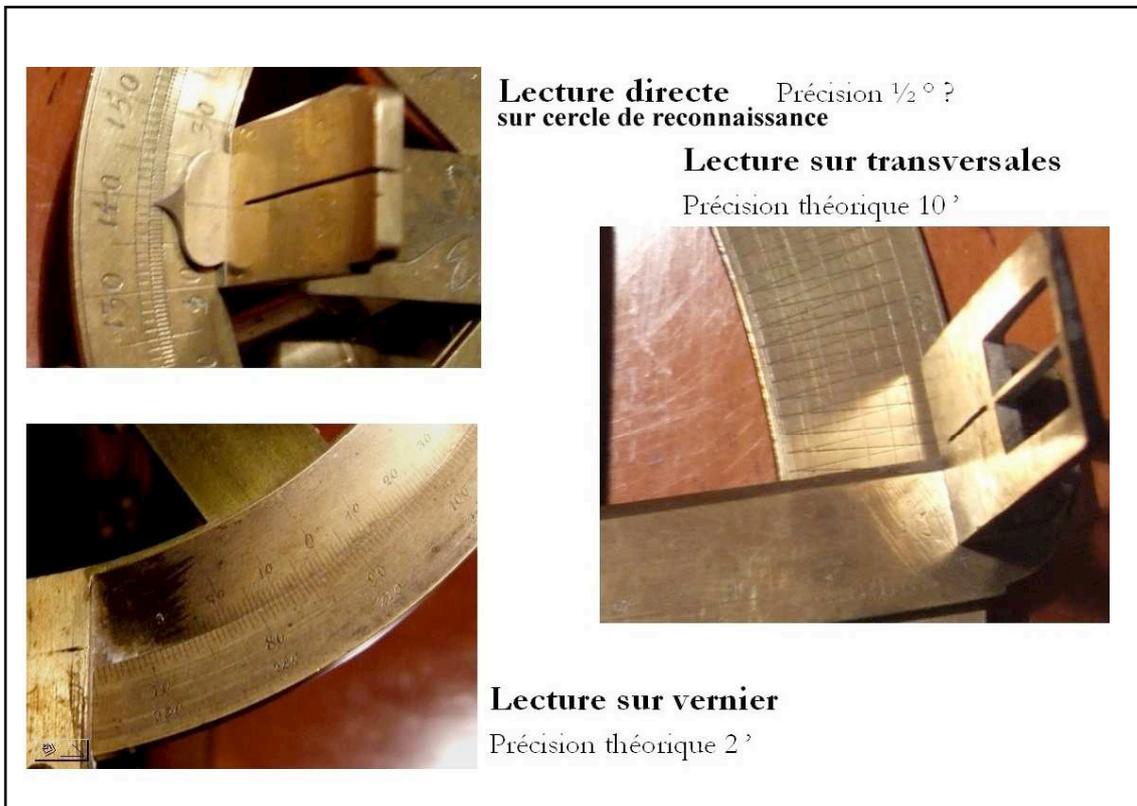


Figure 2 : Trois types de graduation des limbes



Figure 3 : Pratique de la planchette

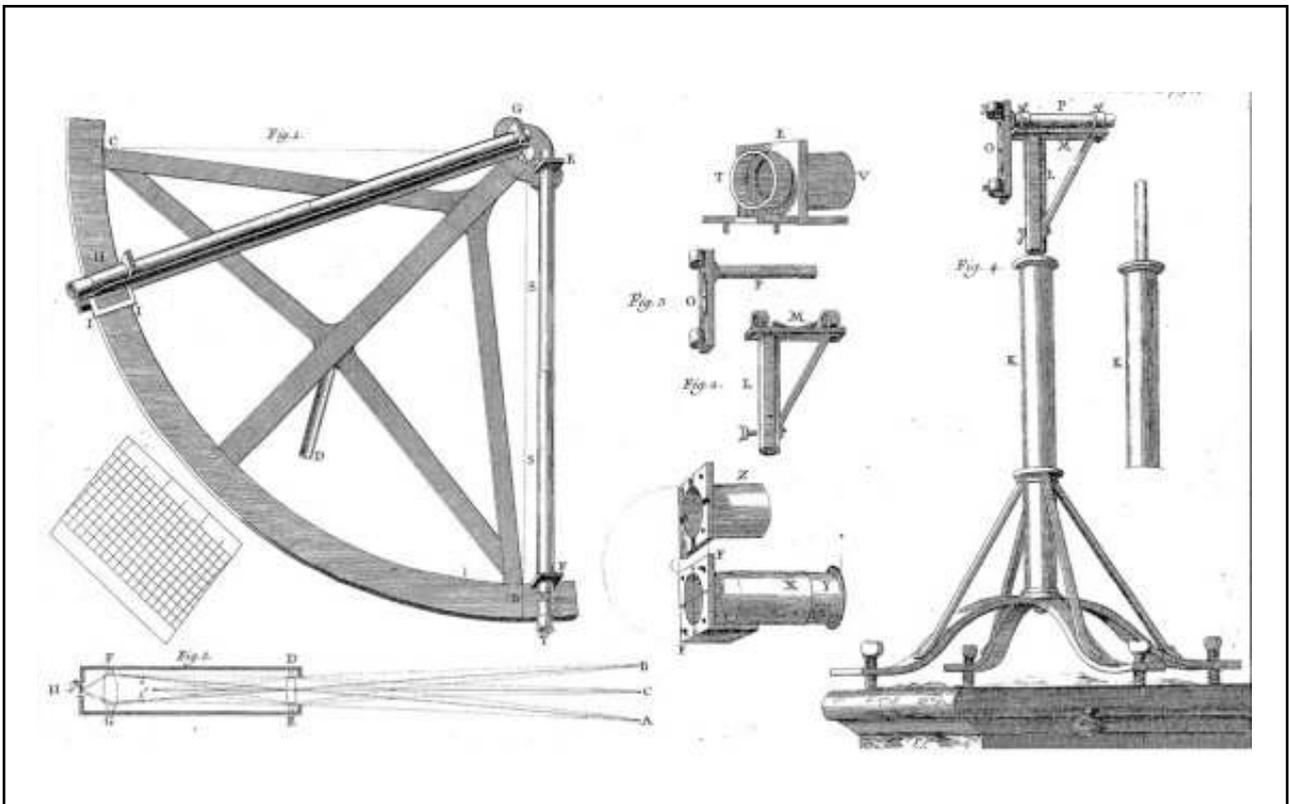


Figure 4 : Le Quart-de-cercle de M. Picard

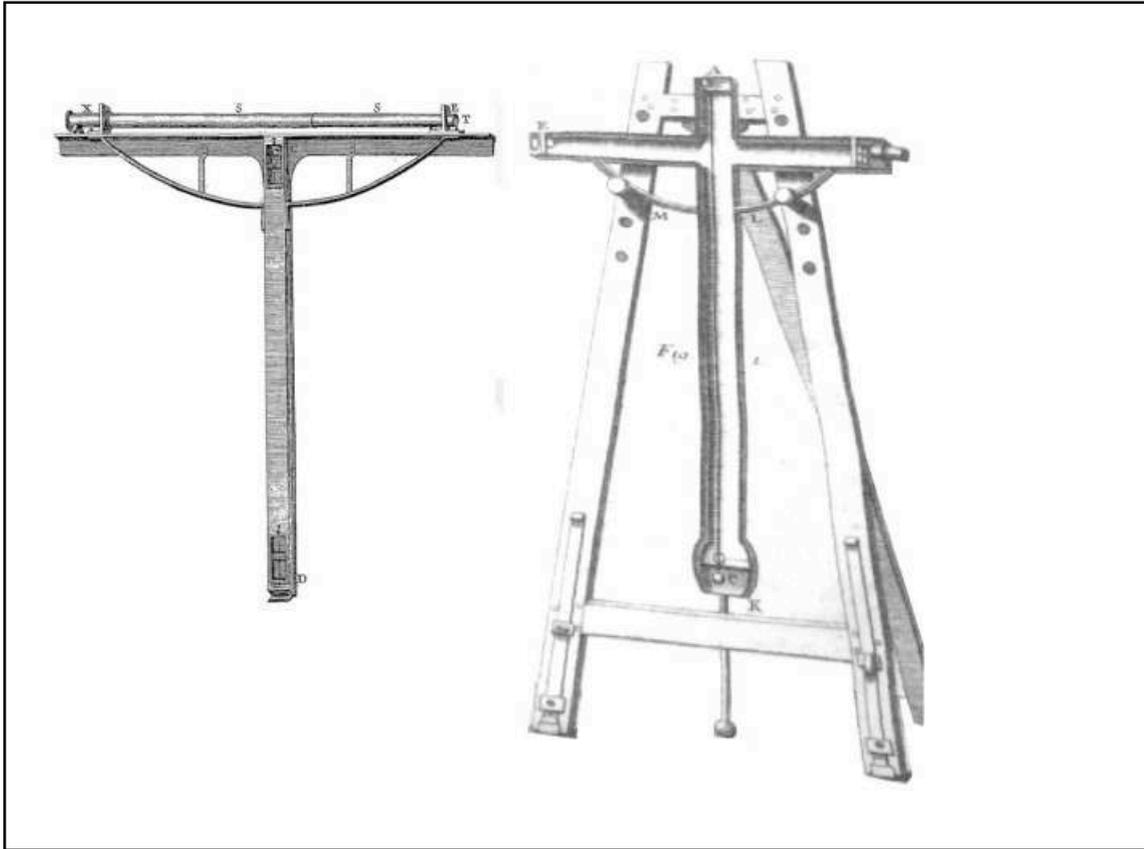


Figure 5 : Le niveau de M. Picard

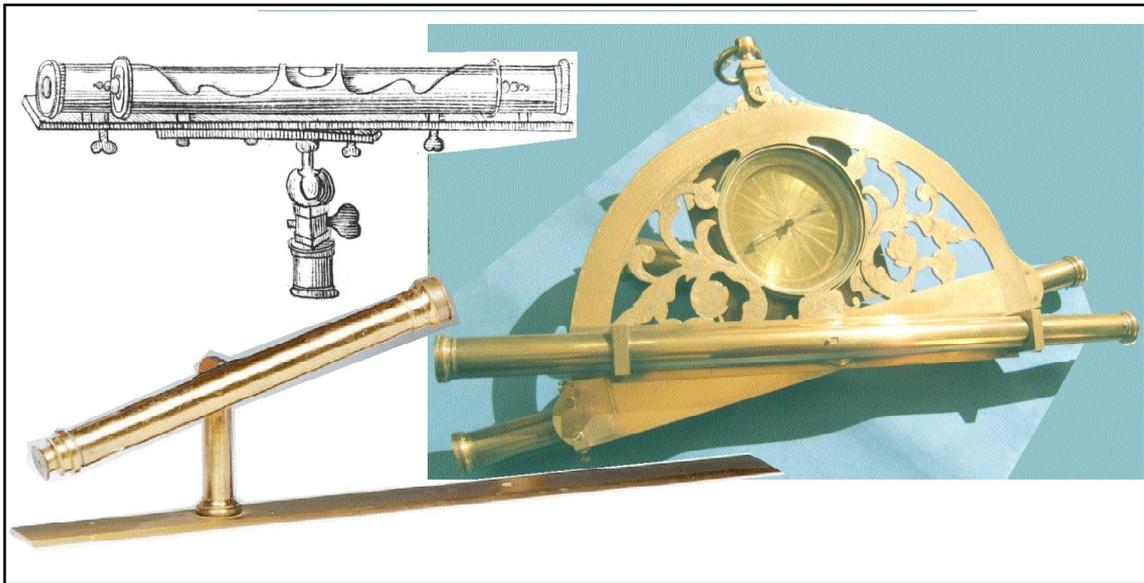


Figure 6 : Niveau, Graphomètre et Alidade à lunettes de visée

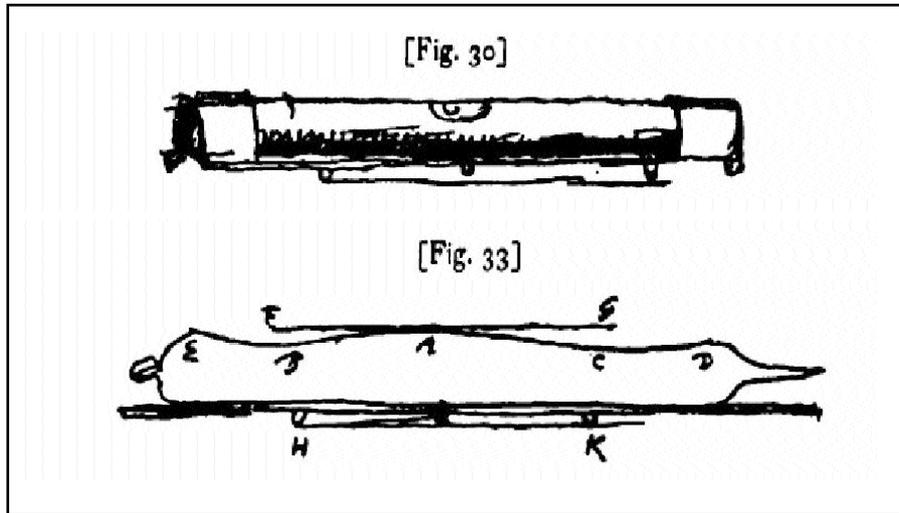


Figure 7 : Huygens dessine le niveau à bulle

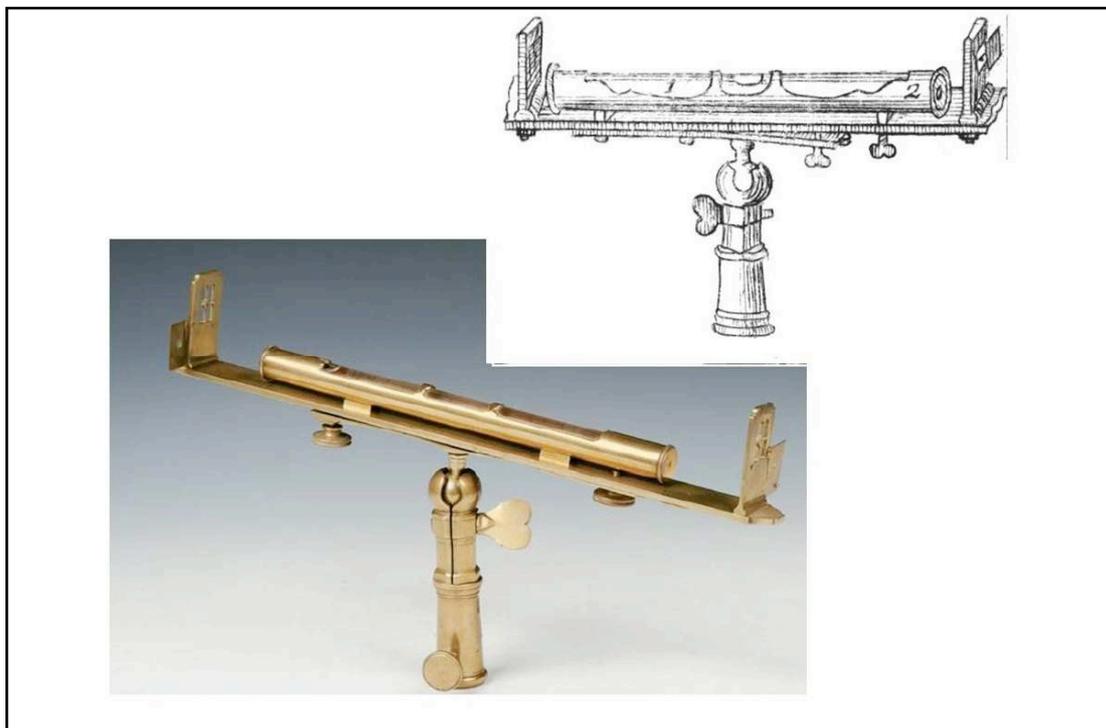


Figure 8 : Le niveau à bulle utilisé en nivellement

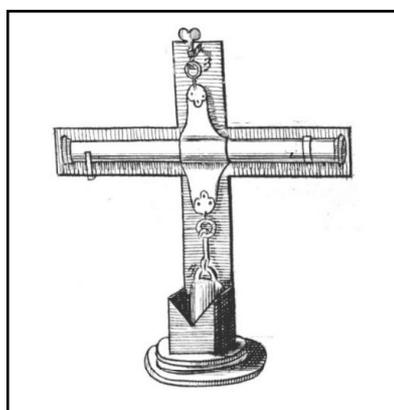


Figure 9 : Le niveau de Huygens