



Tunisie – Table de Jugurtha – Haut-Lieu historique

les centurions-triangulateurs de la 3^{ème} légion Auguste

L. R. Decramer
P. Etcheto

Section
archéologique
de
l'ASC-CNES

1- INTRODUCTION

Dans sa quête incessante de connaissances, l'Homme a toujours voulu savoir la place qu'il occupe dans l'univers et a fortiori connaître cette planète sur laquelle il vit, et la question de sa forme et de ses dimensions en est une. Elle a conduit à une des plus belles aventures scientifiques que l'histoire de la géographie ait connue. Notre propos ici n'est pas d'écrire, une fois de plus, cette histoire mais de la rappeler brièvement afin de mieux éclairer deux événements majeurs déterminants pour ces Sciences de la Terre. Comment nos ancêtres se la représentaient-ils ? Certains la voulaient cylindrique, tandis que d'autres l'imaginaient sous la forme d'un disque, d'autres enfin la voyaient sphérique. Les premiers astronomes, par des observations minutieuses de notre univers, ont vite levé le doute et s'ils conclurent qu'elle était bien ronde, ils n'en connaissaient pas les dimensions. On doit à Eratosthène (III^{ème} siècle av. J.-C.) la première détermination du rayon terrestre et par la suite la première carte-image du monde habité. Nous reviendrons sur son idée géniale et sur sa méthode.

Si les philosophes et astronomes grecs se sont attachés aux concepts de l'univers, les Romains plus pragmatiques se sont chargés d'administrer avec rigueur leur Empire et de le couvrir d'un réseau routier gigantesque. Malheureusement rares sont leurs cartes qui nous soient parvenues ; le seul monument géographique connu est une copie du XIII^{ème} siècle, la carte de Peutinger. C'est une carte routière de l'Empire, déformée à outrance et construite dans un but pratique, ce qui a fait dire à certains que les Romains avaient une présentation peu conforme de notre Terre. Ensuite, la cartographie s'enrichira des apports des géographes arabes et des grands voyageurs ou navigateurs. Il faudra attendre Magellan en 1521 pour que soit réalisé le premier tour de notre planète : par une circumnavigation de près de trois ans, on prenait physiquement conscience de ses dimensions réelles. Celle-ci prenait de la consistance avec la découverte des principaux continents, mais la cartographie pêchait toujours par son impression. Il semble qu'il faille attendre le XVIII^{ème} siècle et la mise au point des chronomètres marines de précision pour que le problème de la longitude soit enfin résolu.

Progressivement, la sphère terrestre se remplissait géographiquement avec les dernières découvertes des terres australes, mais la dimension de notre Terre restait toujours approximative et il faudra attendre le XVII^{ème} siècle pour qu'en soit réalisée la première mesure scientifique. En effet, Jean Picard en 1670 mesure de façon rigoureuse, par triangulation, un arc de cercle sur une portion de la méridienne de Paris. On connaissait enfin le rayon moyen, mais déjà la théorie de Newton prédisait qu'elle n'est pas une sphère parfaite. La question de savoir « *Quelle forme elle avait, pamplemousse ? Ou citron ?* » enflamma alors l'imagination des membres de l'Académie royale des Sciences. Aussi deux expéditions furent envoyées au Pérou et en Laponie afin de mesurer un arc de méridien sur l'équateur et un autre au niveau du cercle polaire. Toutes deux utiliseront les méthodes de triangulation bien éprouvées. Maupertuis partit en Laponie en 1736 et confirma rapidement la théorie de Newton, quant à l'expédition de La Condamine au Pérou elle durera pratiquement dix ans. Ce fut une aventure scientifique et humaine hors du commun tant ses membres se heurtèrent à des difficultés de toute nature. Le résultat final est connu : la Terre est un sphéroïde oblong et aplati au pôle. La Terre avait atteint sa forme quasi définitive et la méthode de triangulation s'imposait définitivement. Ensuite la géodésie et la cartographie progresseront lentement et graduellement, elles atteignent de nos jours une précision remarquable grâce à la géodésie spatiale. Le modèle du géoïde est devenu de plus en plus raffiné et la dérive des continents peut maintenant être suivie au centimètre près.

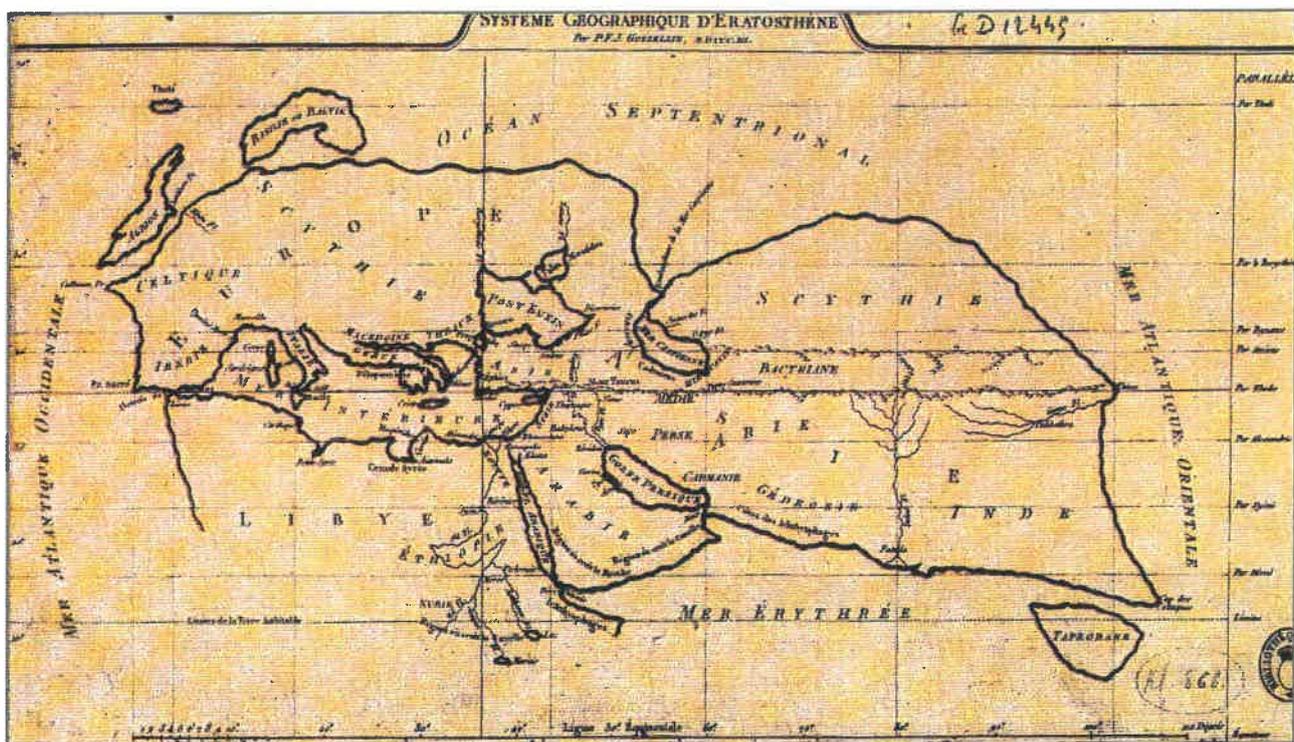


Fig. 1 – Système géographique d'Ératosthène, d'après Gosselin (1803)

2 - LA QUESTION DES MÉRIDiennes

La méthode la plus simple connue depuis l'Antiquité pour déterminer le rayon de la Terre est la mesure d'un arc de méridien. Il suffit pour cela de viser aux deux extrémités de cet arc la hauteur d'une étoile pour connaître son angle, puis par une méthode d'arpentage appropriée d'évaluer la distance entre ces deux points. La difficulté essentielle, mais bien réelle, est la mesure de distance. Il faut en effet porter bout à bout des perches étalon sur une grande distance si on veut une bonne précision, ce qui nécessite de trouver une route assez étendue, rectiligne, suffisamment plane et de préférence orientée nord-sud. Comment a opéré Ératosthène pour estimer la longueur d'un grand cercle ?

2-1 – L'expérience d'Ératosthène à Syène (III^{ème} siècle av. J.-C.)

Il ne nous reste malheureusement aucun de ses écrits. On connaît son œuvre par ceux qui l'ont, plus tard, rapportée pour le confirmer ou l'infirmer, donc des documents de seconde main avec tout ce que cela implique d'erreurs ou de désinformations. Bibliothécaire à Alexandrie, il constate au cours d'un voyage dans le Sud de l'Égypte que le soleil zénithal au solstice d'été se reflète au fond d'un puits de l'île d'Éléphantine (Syène, Assouan), tandis qu'il provoque à la même époque une ombre sur la place d'Alexandrie. Il évalue ainsi par l'ombre du gnomon la valeur angulaire qui est d'« un cinquantième de tour » entre ces deux sites et il estime leur distance à 5000 stades en se basant, dit-on, sur la durée de parcourt des caravanes de chameaux. Comme le Nil coule du Sud vers le Nord, il pense que les deux villes se situent sur un même méridien, ce qui lui fait dire que la circonférence de la Terre est de 250000 stades. On a longtemps épilogué sur cette longueur, de 39400 km

pour certains à comparer aux 40000 km moyens des géographes. Nous savons que la précision obtenue est discutable puisqu'elle est le fruit d'une chaîne d'erreurs qui se compensent, mais il faut reconnaître à Ératosthène le génie de son idée et le talent de sa méthode.

Ayant ainsi déterminé le rayon terrestre, il découpe ensuite le globe en parallèles et en méridiens. Son méridien d'origine passe évidemment par Alexandrie tandis qu'il met le centre de l'œkoumène dans l'île de Rhodes. Puisque l'ombre du gnomon détermine la latitude d'un lieu, il peut le placer exactement sur sa carte. Si le principe est simple pour deux points situés sur une même ligne nord-sud, le problème de la longitude est évidemment plus compliqué puisqu'elle fait intervenir la notion de temps. Ératosthène ne s'est-il pas déjà trompé en plaçant Syène et Alexandrie sur un même méridien, alors que la différence de longitude est de plus de 3° ! On ne doit donc pas être étonné des déformations significatives – dans le sens est-ouest – de sa carte telle que la reconstituait Gosselin en 1830 (fig. 1).

La méthode de la méridienne sera reprise au IX^{ème} siècle par les géographes arabes qui opéreront dans la plaine de Palmyre, puis bien plus tard en 1670 par l'abbé Picard. Celui-ci mesure un arc de 1° 22' 55" entre Sourdon et Malvoisine, établit une base sur la section de Villejuif à Juvisy et applique la méthode de triangulation imaginée par le Hollandais W. Snellius. Cette méthode est simple : à partir d'une base étalonnée à l'aide de perches, on établit une série de triangles dont on mesure les angles au sommet avec un quart de cercle. Ces sommets sont des points remarquables de loin et la mesure des angles n'offre aucune difficulté majeure. Picard obtient en final, une circonférence terrestre de 40035 km, c'est-à-dire paradoxalement une valeur voisine d'Ératosthène. Pourtant ici, on est bien loin des caravanes de chameaux.

Aura-t-il donc fallu attendre près de vingt siècles pour arriver pratiquement au même résultat ? C'est ici qu'interviennent les maîtres de la géométrie appliquée.

2-2 – Les géomètres romains

Si le procédé du « pas des chameaux » est approximatif, il existait alors une méthode directe, plus exacte : l'arpentage. Celui-ci était bien connu des géomètres égyptiens², grecs, puis romains et ces derniers l'ont porté à un très haut niveau. Certaines cartes gravées sur pierre, dont le groupe retrouvé à Orange ou les parties de la grande carte de Rome préparée sous l'empereur Septime Sévère (193-211 apr. J.-C.) sont là pour le prouver. Les géomètres romains travaillaient à partir de manuels de géodésie dont certaines copies nous sont parvenues mais elles sont tardives, elles datent des VI^{ème} et IX^{ème} siècles. Ces manuscrits sont toujours en cours de traduction. Outre ces documents ou ces cartes, de nombreux cadastres ont été identifiés dans leur ancien empire, et leur étude a permis de mieux comprendre les méthodes et les techniques utilisées à cette époque. Or parmi ceux-ci, il en existe un, en Tunisie, immense par son développement et unique par ses témoins archéologiques. Ces témoins sont tout bonnement des bornes géodésiques écrites et en place, c'est-à-dire des documents originaux qui matérialisent in situ le travail des géomètres.

3 – LA CENTURIATION TUNISIENNE (I^{ER} SIÈCLE APR. J.-C.)

Ces bornes cadastrales ont été retrouvées dans le Sud tunisien, l'ancienne Africa Nova. Elles ont été placées au début de notre ère, sous le règne de Tibère, par les officiers géomètres de la III^{ème} légion Augusta, c'est pourquoi on parle plutôt de centuriation. Celle-ci s'étend sur 254 km de long et 110 km de large, c'est-à-dire sur un territoire équivalent au Languedoc. On doit souligner ici le nombre exceptionnel – le plus important que l'on connaisse – de bornes qui lui sont rattachées, et la qualité des informations que contiennent leurs épigraphies. Elles ont été découvertes au début de notre siècle autour du Chott el Fejej par les officiers topographes français alors chargés de dresser les cartes de la Tunisie.

Ces découvertes rapportées par leur chef de secteur, le capitaine Donau, ont permis aux premiers chercheurs de tenter de reconstituer une partie du carroyage. On en connaît le principe général : deux axes cardinaux orthogonaux appelés *kardo maximus* et *decumanus maximus* sont d'abord définis à l'origine. Ils sont orientés dans l'espace selon un azimut α , variable d'un cadastre à un autre. Le découpage s'opère ensuite en lignes principales parallèles décumanes et cardinales, distantes de 5 centuries (*quintarius*) au croisement desquelles est placée une borne. Celle-ci porte ses coordonnées mesurées par rapport au point origine ou *locus gromae*. À titre d'exemple, sur la borne d'Henchir Chenah (n° 1) sont gravées les valeurs suivantes : DD LXX (70 centuries à droite du *decumanus*, *dextra decumanum*) et UK CCLXXX (280 centuries au-delà du *cardo ultra kardinem*). Comme la centurie vaut environ 704 m, elle se situe donc à plus de deux cents kilomètres de l'origine. En outre, cette borne porte l'épigraphie suivante : *LEG (io) III AUG (usta) LEIMITAVIT C (aio) VIBIO MARSO PROCO (n) S (ule) III* qui atteste que la 3^{ème} légion Auguste et C. Vibius Marsus son proconsul (pour la troisième fois) avaient été chargés de délimiter le pays. Enfin

une croix, le *decussis*, est gravée sur la tranche supérieure comme sur nos signaux géodésiques, et cette croix est orientée selon les axes principaux. On connaît à ce jour une vingtaine de ces cippes dont une douzaine a conservé ses distances avec une unique borne, celle de Graïba, qui se situe dans le second quadrant SD (*sinistra decumanum*, à gauche du *decumanus*). On conçoit dès lors toute la richesse d'informations que l'archéomètre dispose avec ces témoins exceptionnels de première main pour reconstituer le canevas dressé par les *gromatici*³. Donc des documents établis par des géographes, retrouvés par des topographes, mais qui avaient été encore peu étudiés par des ingénieurs géographes⁴.

3-1 Une méthode de recherche originale

Le carroyage étant par définition une construction géométrique, il est possible d'en établir un modèle mathématique. Pour cela, on recherche la meilleure superposition entre deux réseaux orthogonaux aux nœuds desquels sont situées les bornes. Le premier est basé sur les coordonnées géographiques telles que relevées sur le terrain et le second sur les coordonnées romaines inscrites sur les bornes. On a donc un jeu de quatre inconnues : X0 et Y0 pour l'origine, l'angle d'orientation et c la valeur de la centurie (elle varie selon les époques). À partir des coordonnées calculées dans le datum WGS 84, on introduit ces données dans un récepteur GPS qui restitue immédiatement les paramètres de navigation pour arriver dans la zone de prospection.

Il faut signaler ici, l'originalité de ces recherches archéologiques. Le site n'est pas découvert par hasard comme pour de nombreuses fouilles ; ici, on sait par avance ce que l'on doit trouver et où, grâce à un modèle mathématique prédictif. Initialement, compte tenu des nombreuses incertitudes liées aux bornes répertoriées : positions géographiques approximatives – elles étaient mesurées au pas du cheval du capitaine Donau –, épigraphies incertaines ou parfois détruites, éléments communiqués par les différents auteurs souvent contradictoires, nos premiers calculs étaient assez approximatifs. Aussi les premières recherches sur le terrain ont été assez laborieuses, mais une fois les premières bornes découvertes, le modèle est réajusté et devient de plus en plus précis.

C'est ainsi qu'une douzaine de cippes a été retrouvée après deux campagnes de recherche⁵ auxquels s'ajoutent certaines bornes relevées par le géographe Davin en 1929. Leurs positions sont relevées au moyen de GPS : erreur absolue d'environ 50 m, à comparer aux incertitudes initiales de plus d'un kilomètre. Outre ces mesures, une étude détaillée de la pierre, de son épigraphie et un relevé topographique du site sont effectués dans chaque cas. On dispose maintenant d'un catalogue sur les bornes consignnant toutes ces nouvelles données.

3-2 Les résultats

On a présenté sur la *figure 3*, une des bornes retrouvées autour du Chott el Fejej. On note qu'une série de bornes est quasiment alignée selon une direction privilégiée, à 70° par rapport au méridien. Sur la carte de la Tunisie (*fig. 7*), est présenté le carroyage de la centuriation avec ses axes cardinaux D0 (*decumanus 0*) et K0 (*cardo 0*) dont l'origine se situe au Nord de Thala dans la plaine du Saltus Massipianus, c'est l'origine d'arpentage. L'emplacement de cette borne (0,0) n'est pas encore tout

à fait déterminé, mais des recherches antérieures⁶ nous ont conduits à proposer deux sites distincts : l'un, l'origine d'arpentage où les géomètres ont établi leur base d'arpentage en terrain plat, c'est le Saltus Massipianus ; l'autre, le point de référence de la centuriation où ces derniers ont défini leurs axes cardinaux⁷. Ce point originel se trouverait sur la Table de Jugurtha, un observatoire imprenable (*photo en tête de l'article*) qui domine justement Ammaedara, le camp de Vibius Marsus. Le *Kardo Maximus* est orienté ENE à 35° dans la direction de Carthage, c'est-à-dire l'azimut obtenu précisément par le modèle mathématique.



Fig. 2

De la même façon, à partir des coordonnées romaines relevées sur les épigraphies, on présente *figure 4* la position respective des bornes dans le système cartographique romain, la *forma*. L'alignement remarquable des bornes se situe sur un axe γ (GI) où le point G est situé sur la méridienne à l'origine, c'est le « centre de gravité » de la centuriation. On obtient ainsi une figure géométrique parfaite où l'orientation des axes est à nouveau de 35°.

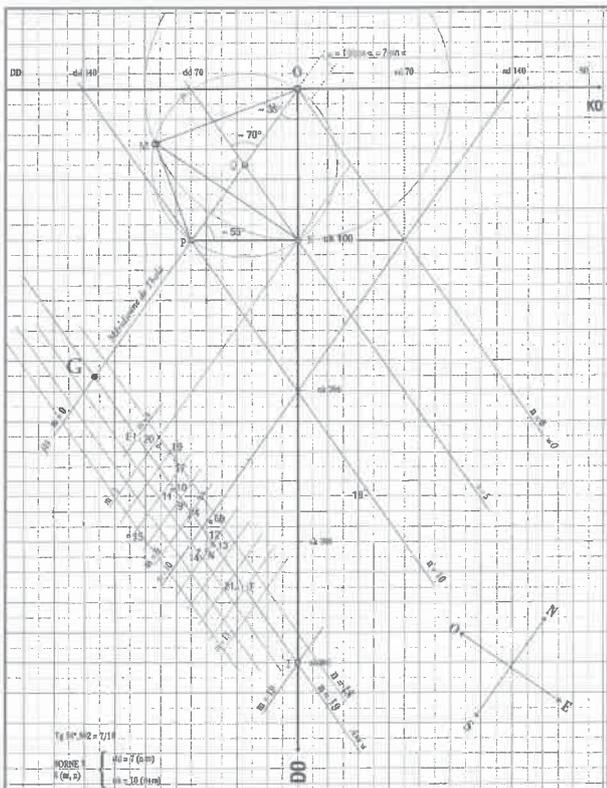


Fig. 4 – La « Forma » de la Centuriation

3-3 Méthode de diagonalisation généralisée

Le principe de construction de cet angle est présenté sur la *figure 4*, au point origine, c'est un quasi-losange ONPM inscrit dans un cercle de centre Q, dont la diagonale principale est la méridienne (axe $\beta 0$). Les deux axes $\beta 0$ et $\gamma 0$ sont les deux directions de progression des géomètres. On démontre, par un changement d'axes classique que les coordonnées romaines d'une borne dans ce nouveau référentiel ($\beta 0$ et $\gamma 0$) ont pour valeurs : $dd = 7*(n-m)$ et $uk = 10*(n+m)$ où dd et uk sont respectivement les distances en centurie par rapport aux axes $D0$ et $K0$, et n et m deux entiers naturels. En prenant pour vecteur unité la diagonale du triangle ($m = \sqrt{149}$), les paramètres n et m prennent la valeur 19 au point I. Ainsi dans cette grille losangique, la borne n° 1 a pour valeurs $dd = 7*(19-9) = 70$ et $uk = 10*(19+9) = 280$ et l'azimut α pour valeur = 35° ($\arctg 7/10$).

On a justement noté que toutes les bornes ont pour valeurs cardinales (uk) un multiple de 5, tandis que les grandeurs décumanes (dd) paraissent quelconques. Le principe classique de disposer les bornes sur un quadrillage carré de côtés 5*5 ne s'applique donc pas. Par contre, on a remarqué que toutes valeurs décumanes sont multiples de 7 ou de 5 et dans ce cas la double grille losangique et orthogonale convient parfaitement.

Le principe que les *mensores* travaillaient selon la diagonale est connu par les textes et constaté sur certains cadastres. De même, il avait été proposé que l'angle d'orientation pourrait toujours se ramener à un ratio simple⁸. Ici, c'est une méthode unifiée de ces deux principes qui est proposée mathématiquement à partir des grandeurs inscrites sur les bornes. Par un raisonnement inductif on est passé d'un cas particulier, un alignement de bornes retrouvées sur l'axe $\gamma 19$, à un cas général. Inversement, à partir de cette nouvelle grille a-t-on retrouvé d'autres lignes parallèles à cet axe ?

3-4 La *forma* de la centuriation

On peut donc placer les bornes sur la carte romaine (*fig. 4*) dans un double système d'axes : les axes ortho-normés ($D0$ et $K0$) et la grille losangique (n, m). On note qu'une seconde ligne $\gamma 18$ commence à se dessiner. En effet, c'est à partir de la relation $dd = 7*(n-m)$ que la borne 19 a pu être retrouvée alors que son découvreur, le capitaine Lafond en 1930, avait lu $dd 85$, c'est-à-dire un « *quintarius* ». Nous l'avons bien retrouvée, mais à la côte $84 = 7*(18-6)$ et son épigraphie : LXXXIV confirme pleinement le principe proposé. Autre exemple, plus subtil encore. Sur la borne de Bir Oum Ali (n° 20), nous avons lu, ainsi que Davin, $dd 90$. Le modèle donnait un écart de près de 600 m avec cette valeur, tandis que le principe prédisait $91 (7* 13)$. Où était l'erreur ? Un examen plus attentif de la pierre a permis de déceler une écaïlle derrière le dernier chiffre. Le chiffre 1 avait en fait disparu. L'ensemble redevenait cohérent. C.Q.F.D. La méthode de diagonalisation était validée et elle s'applique parfaitement à toutes les autres bornes. La centuriation s'appuie sur une grille losangique et non pas seulement sur un carroyage ortho-normé.

Cette méthode pourrait sans doute se généraliser à d'autres figures géométriques, autres que celle définie ici par le triangle rectangle 7/10. En particulier, un cadastre construit sur le triangle d'or 3/4/5 aurait pour orientation $\alpha = 36,82^\circ$ ($\arctg 3/4$) et pour coordonnées de jalonnements : $dd = 3*(n-m)$ et $uk = 4*(n+m)$, le vecteur unité

ayant pour valeur 5. Nous laissons le soin aux spécialistes de ces cadastres qui en possèdent tous les éléments de vérifier une telle proposition.

Cependant à ce jour, aucune borne n'a été signalée entre Thala et Gafsa, c'est-à-dire directement sur la méridienne d'origine. Il y a un « trou » important entre la borne (0,0) et la borne la plus proche (n° 20 de Bir Oum Ali). La recherche de ces bornes intermédiaires est fondamentale, car la découverte d'une seule sur la méridienne permettra de circonscrire avec plus de précision l'emplacement exact du *locus gromae*. Cependant, on a noté que plusieurs tronçons de l'ancienne voie romaine Thala-Capsa construite par la III^{ème} légion, sont précisément orientés selon ces méridiennes. Il existe une forte corrélation entre cette voie et le quadrillage losangique, et c'est justement parce qu'on n'a pas perçu cette méthode de diagonalisation que certains sont arrivés à des conclusions historiques erronées.

Si les géomètres romains progressaient selon deux directions principales : la méridienne (axe β) et l'axe transverse γ , comment opéraient-ils ?

3- 5 La groma, une alidade romaine élaborée

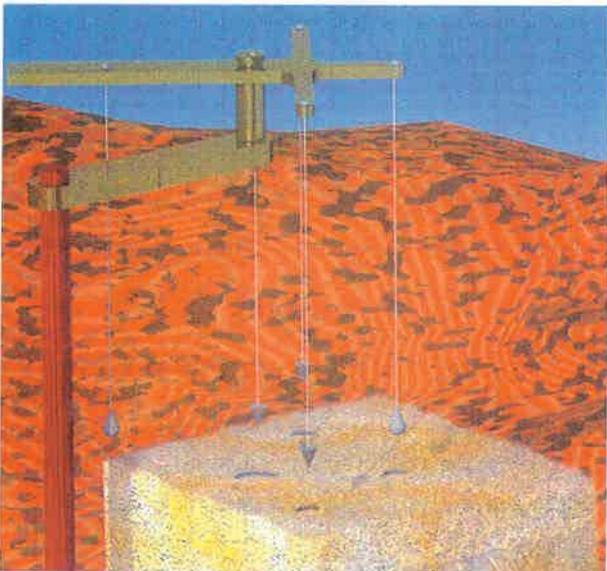


Fig. 5

On connaît par les textes et grâce à un exemplaire unique retrouvé à Pompéi l'instrument de visée des géomètres, la groma. C'est un croisillon carré aux extrémités duquel pendent quatre fils à plomb. Par visées successives sur deux fils, on peut tirer des alignements qui sont à angle droit ou à 45°. Cette groma est parfaite pour établir des lots carrés, juchère ou saltus, c'est l'instrument typique des *agrimensores* (fig. 5). Par contre, on ne sait que peu de chose sur les techniques utilisées par ces « officiers-géodésiens », car il s'agit bien ici d'une œuvre de géodésien et non pas d'un simple allotement agricole. Ceux-ci progressaient sur le terrain selon une grille d'azimut 35 et 70°. Il est évident que la groma classique ne convient pas. Or nous avons remarqué sur la tranche supérieure de deux bornes (6B et 7) un décussis particulier avec cinq cupules. La borne 6B ayant été retrouvée en place, on peut annoncer que la croix est bien orientée selon les cardinaux K0 et D0 et que les 5 cupules forment une figure géométrique identique au quasi-losange de la *forma*. Ce quasi-losange a ses diagonales

orthogonales et pour demi-angle au sommet 35°. On a donc supposé, comme il est couramment admis pour la cupule centrale⁹, que ces cupules représentent la trace des fils à plomb. On a ainsi défini une nouvelle groma. Son principe est semblable à la groma classique, mais ses fonctions sont adaptées à la centuriation (fig. 6). C'est un croisillon (les diagonales) inscrit dans un cercle (comme pour la groma carrée), dont le centre est le pivot de l'instrument et où le réticule est décalé par rapport à l'axe, ce qui est en conformité avec la position décalée de la cupule centrale. On peut ainsi assurer successivement des visées orthogonales, à 35°, à 55° ou à 70° sur les quatre fils à plomb, le *perpendicularum* ou fil à plomb central servant à marquer la station. Cette groma permet de viser selon toutes les directions privilégiées et donc d'assurer la fermeture des triangles, ce que la groma carrée ne peut pas réaliser. Exemple : si on cale l'axe OM sur le méridien, OP représente le *decumanus*, MN le *cardo* et ON l'axe de progression γ . Ainsi en fonction du terrain, le géomètre pourra passer sur l'une ou l'autre des quatre directions pour éviter une difficulté.

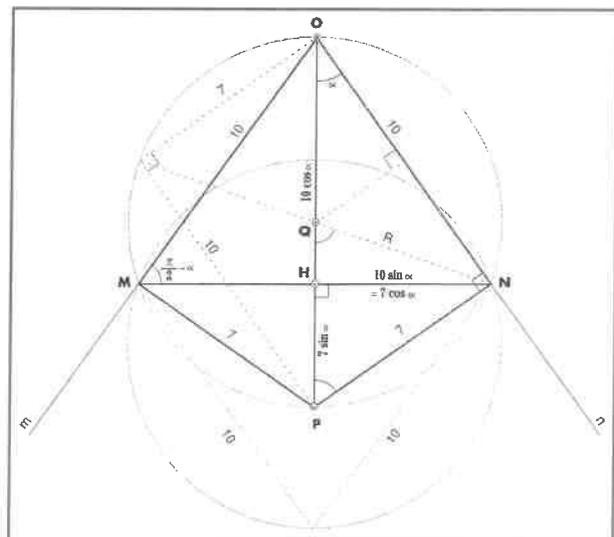


Fig. 6 – Géométrie de la Groma

Dans ce schéma, le pivot Q représente le point de la station et toutes les cotes du quasi-losange sont exprimées selon notre trigonométrie moderne, mais on obtiendrait les mêmes relations en utilisant la notion de corde et la relation de Ptolémée. Ainsi, pour toutes figures levées sur le terrain à la groma qui lui sont homothétiques, il suffit de connaître un des côtés pour déterminer tous les autres¹⁰. Un prototype de cette groma 7/10 a été ainsi construit d'après les dimensions relevées sur la borne 6B.

3-6 Triangulation ou quadrangulation ?

On doit d'abord considérer ces opérations topographiques dans leur contexte géographique réel et non plus comme un cas d'école. Or, l'étendue de cette centuriation et la nature même du terrain où ces bornes ont été retrouvées permettent d'avancer qu'il est impossible d'effectuer un chaînage à chaque opération. On a affaire ici à des opérations de géodésie d'envergure où ces bornes sont des signaux de premier ordre. On a déjà souligné la difficulté majeure de mesurer des distances (cultellation) alors qu'il est plus simple de relever des angles. C'est le principe fondamental de la triangulation géodésique. En géodésie moderne, les triangles sont quelconques et leurs sommets sont choisis sur des sommités bien visibles et dégagées. La trigonométrie sphérique

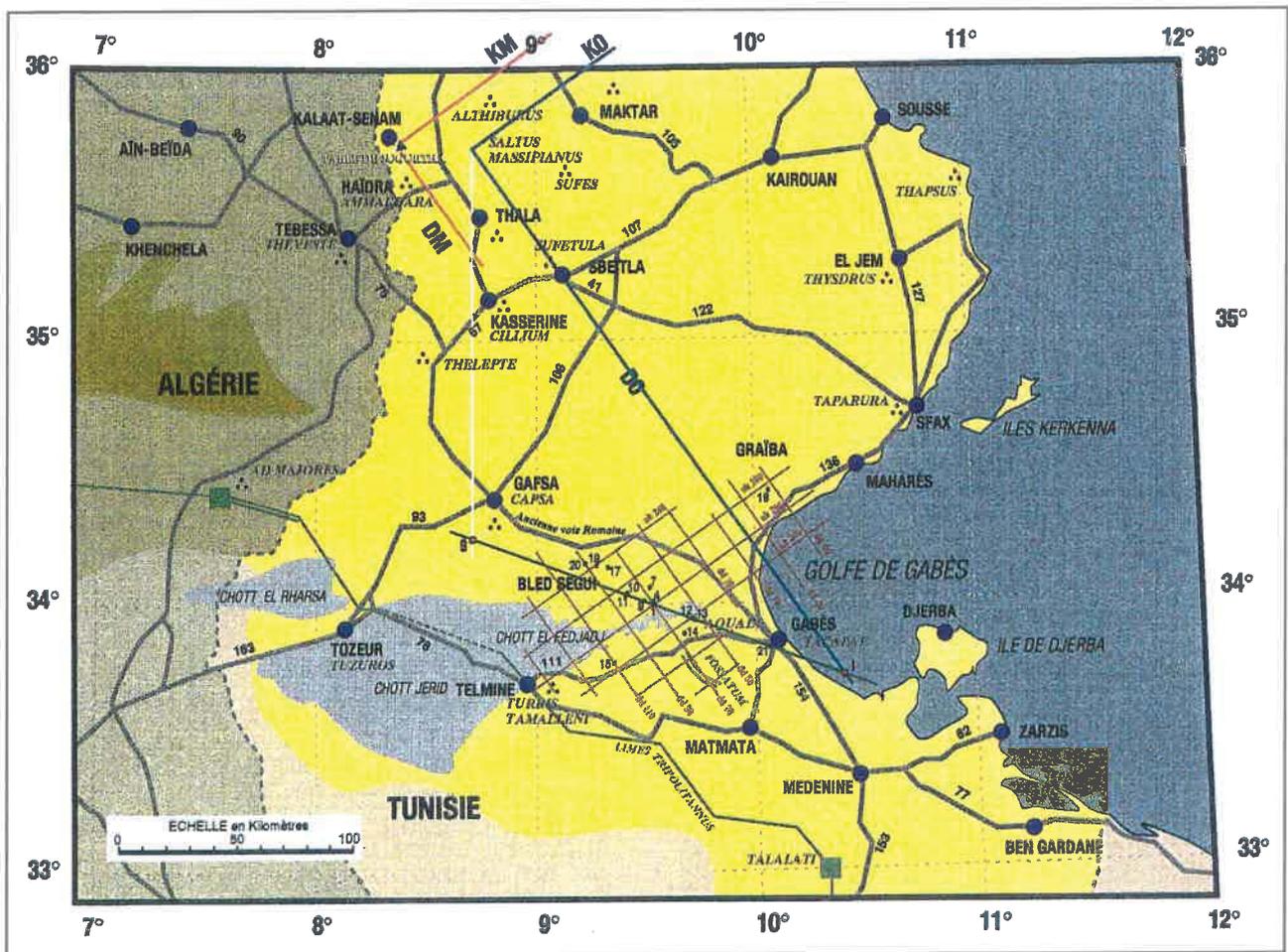
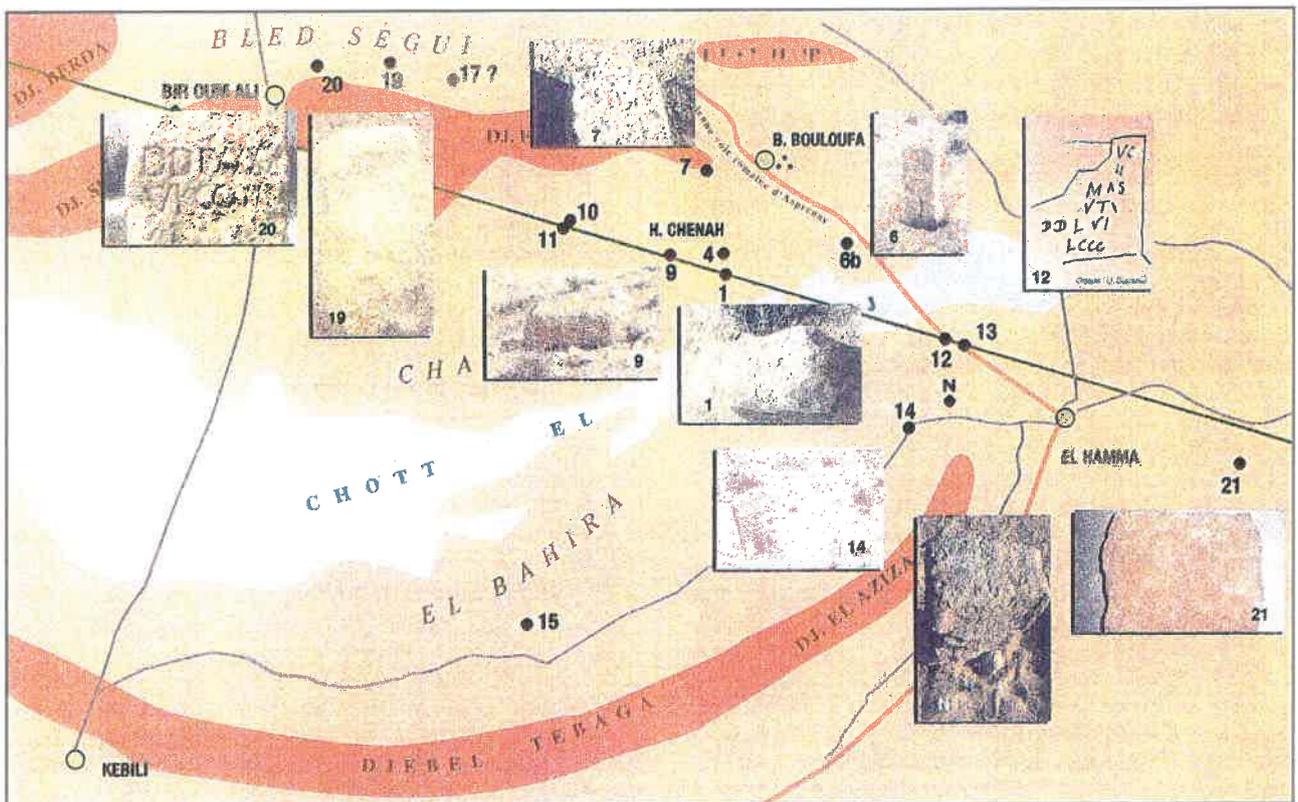


Fig. 7 – Tunisie – La grande centuriation

Fig. 8 – Les bornes retrouvées autour du Chott El Fejej



permet ensuite de calculer les distances. On sait que les mathématiciens romains avaient des notions de trigonométrie : la fonction sinus est directement liée à la fonction corde (cf. *les tables d'Hipparque*) et la tangente est exprimée ici par un ratio simple, et ils avaient aussi des notions de trigonométrie sphérique (cf. *les analemmes d'Hipparque*¹¹). Cependant la démarche des géomètres est différente : ils ne visent pas des tours avec un quart de cercle, mais tracent des alignements avec une groma. Ils devront donc naviguer entre les obstacles majeurs en évitant par exemple les chaînes de montagne.

On a remarqué justement que les bornes tunisiennes évitent les montagnes et qu'elles sont disposées sur des cardines *quintari* ($\Delta u = 5$). En d'autres termes, on a $\Delta u = 10 \cdot ((n + m))$, d'où $\Delta n = \Delta m = 0,25$. C'est le plus petit intervalle qui a été relevé par exemple sur la borne 20. On dira que $0,25 \mu$, soit 2,15 km, est le pas de progression sur la grille losangique. En Tunisie centrale, la limpidité de l'air rend la visibilité excellente, il y a peu de forêts, les obstacles naturels sont essentiellement les mouvements de terrain. On pourrait admettre que cette distance de deux kilomètres correspond à la visibilité optique maximale entre deux stations. Il est possible alors d'imaginer une progression par deux groma conjuguées afin d'assurer la fermeture des triangles pour minimiser les erreurs angulaires. Les géomètres tenaient-ils compte de la rotondité de la Terre dans ce calcul¹²? nous ne prononcerons pas.

Par contre, on admettra facilement que ces triangulateurs, lors de leurs visées, recalait régulièrement leur groma sur le méridien local pour éviter les dérives d'orientation¹³. L'opération s'effectue simplement avec un gnomon. Dans ce cas, la route empruntée serait une combinaison d'une loxodromie (recalage à cap constant sur le méridien) et d'une orthodromie (le grand cercle passant par le plan vertical des fils de la groma lors du jalonnement). Dès lors, on comprend la difficulté d'extrapoler le modèle depuis les bornes dans le Sud jusqu'à l'origine présumée. Cette extrapolation conduit à une différence de plusieurs centaines de mètres sur le *locus gromae* selon l'une ou l'autre route.

De la même façon, on pourrait admettre que ces arpenteurs mesuraient régulièrement de nouvelles bases pour éviter de propager les erreurs de distance. Nous n'en avons pas la certitude, mais on doit remarquer que la voie romaine dans la plaine du Saltus Massipianus au nord de Thala, à proximité du *locus gromae* est rectiligne sur plusieurs kilomètres et orientée strictement nord-sud, elle répond au problème de la base initiale¹⁴. D'autres tronçons de cette voie depuis Thala jusqu'à Gabès (Tacapae) sont orientés selon cette méridienne ou selon l'axe γ . Cette corrélation est indéniable et vient appuyer l'hypothèse émise. Ces portions de voie auraient pu servir de bases de contrôle intermédiaires. Il reste donc dans ce domaine un travail important à accomplir et les axes de recherche pour y parvenir sont suggérés justement par cette *forma*.

Par toutes les nouveautés et propositions énoncées ici, il semble bien que la centuriation tunisienne, ce monument géographique exceptionnel, tienne bien toutes ses promesses. Certes les nouveautés bousculent, il

n'en reste pas moins vrai que les propositions avancées pourraient ouvrir de nouvelles perspectives.

4- CHAÎNON MANQUANT ET CONTINUITÉ

Ainsi les centurions-géodésiens disposaient de toutes les données nécessaires pour déterminer par la même occasion le rayon de la Terre : une méridienne, la méridienne de Thala, un arc terrestre partant de l'origine jusqu'à un point aux environs de Gafsa (Point G?) mesuré très précisément par triangulation et des mesures astronomiques relevées au gnomon. À n'en pas douter, la précision obtenue devait être redoutable, il suffit pour s'en convaincre de remarquer qu'ils ont arpenté plus de 300 kilomètres à travers chaînes de montagne, déserts et chotts pour venir positionner exactement la borne extrême connue près de Gabès. Faute de trace marquante retrouvée, cet aspect restera encore une simple conjecture. Cependant ces centurions ont bien fait œuvre de géodésiens, les bornes tunisiennes sont des signaux géodésiques de premier ordre déterminés par triangulation. Les Picard, les Cassini et les géodésiens modernes sont bien dans la continuité d'Eratosthène et de Vibius Marsus.

Les officiers géodésiens de l'État Major

Il faudra attendre la fin du 19^{ème} siècle pour que l'œuvre de Vibius Marsus bien qu'ignorée, soit reprise par les officiers-géodésiens de l'État Major. En effet, tandis que le capitaine Donau exhumaient des sables ces énigmatiques pierres du proconsul Vibius Marsus, ses officiers topographes s'appuyaient pour leurs levés sur la triangulation de premier ordre. Car pour décrire dans le détail les éléments géographiques, il faut un canevas précis et, ce canevas venait d'être justement dressé par les officiers-triangulateurs du Service Géographique des Armées (fig. 3). Nous avons pu exhumer des archives de ce service, le rapport de mission d'un certain capitaine de Vauvineux. Rapport remarquable, écrit en décembre 1896 à Lima et qui mérite d'être connu. Dans une campagne mémorable, cet officier géodésien ira installer et viser les signaux géodésiques dans cette partie de l'Africa Nova que le proconsul Vibius Marsus, dix-neuf siècles plus tôt, triangulait pour la première fois. Non seulement de Vauvineux fut un géodésien consciencieux – pas moins de dix-sept sommets¹⁵ gravés en hiver pour installer ses tours de visée –, mais il fut aussi un auxiliaire compétent des services archéologiques du Ministère de l'Instruction et des Beaux-Arts. Il reconnaît, entre autres, le camp de cette III^{ème} légion Auguste à Ammaedara (Haïdra), la Table de Jugurtha, ce haut lieu historique « où la tradition veut que le roi Jugurtha ait caché ses trésors, cherchés en vain par les Romains »¹⁶, mais aussi premier observatoire des *gromatici* pour la création de cette centuriation.

Le résultat des travaux de ces officiers géodésiens et topographes est connu, ce sont ces merveilleuses cartes au 1/50 000^{ème} ou au 1/100 000^{ème} du SGA. Ces cartes, bien que non remises à jour, resteront toujours des documents de toute première importance. Comme leurs prédécesseurs romains, ils ont écrit eux aussi un des plus beaux chapitres de l'histoire de la géographie de Tunisie. Histoire inédite jusqu'ici, mais qu'il convient maintenant de garder en mémoire et ces deux noms Vibius Marsus et de Vauvineux doivent être retenus.

E-mail : lionel. decramer@cnes. fr • E-mail : pierre. etcheto@cnes. fr

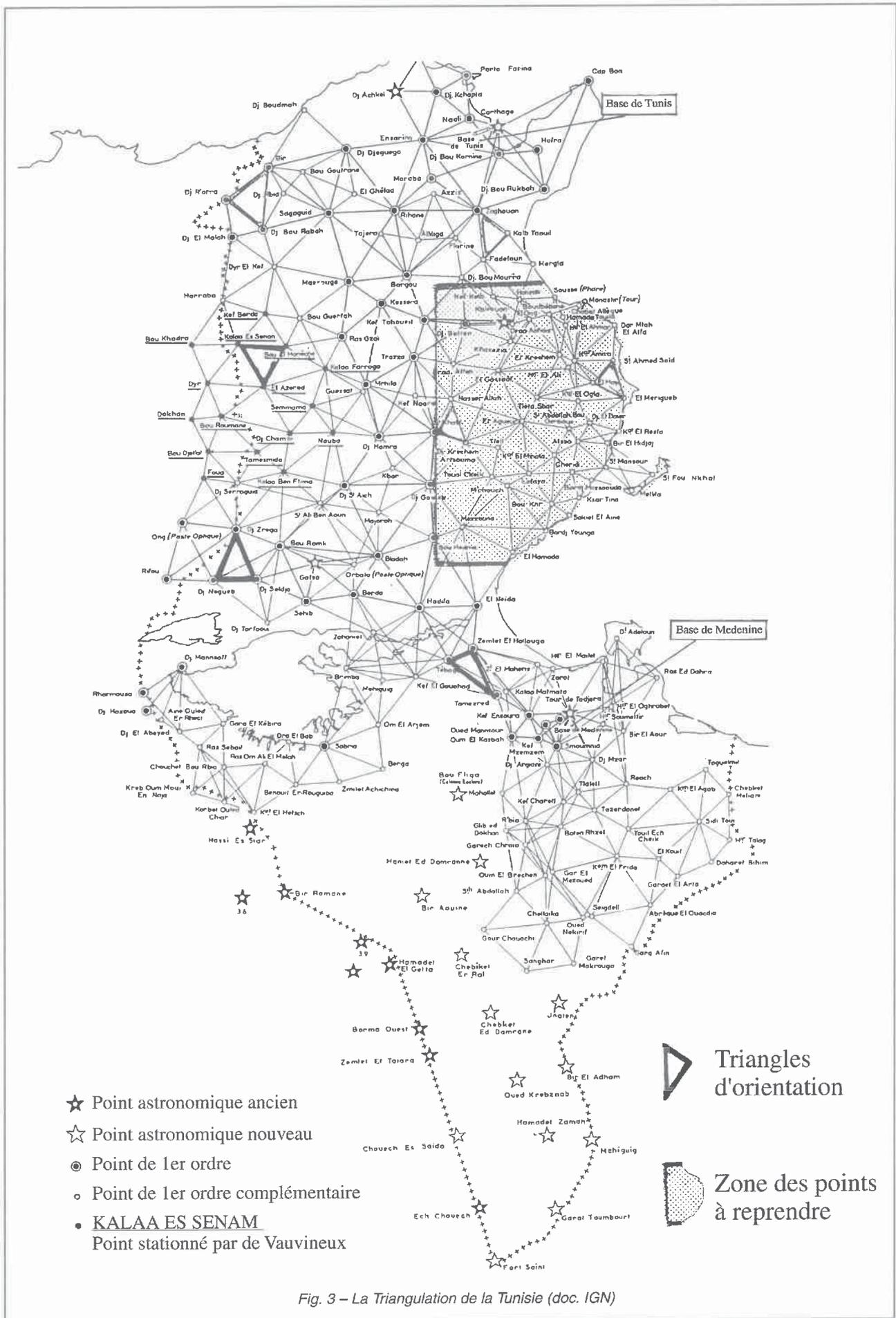


Fig. 3 – La Triangulation de la Tunisie (doc. IGN)

NOTES

- 1- Certains portulans du Moyen Âge dont la carte de Piri-Re'is (1513), donnent cependant une présentation des côtes du continent américain et africain relativement exacte, ce qui laisserait à penser que la détermination des distances maritimes faisait appel à des mesures astronomiques assez poussées.
- 2- Ce qui nous fait dire qu'Eratosthène, qui était un esprit rationnel, a peut-être utilisé les données cadastrales de la vallée du Nil, et non pas comme le veut la légende – ou ses détracteurs – à l'estime du temps de parcourt des caravanes.
- 3- *Gromatici, mensores* : géomètres, arpenteurs, en propre ici géodésiens.
- 4- Davin terminait sa note par : « Il y a lieu de poursuivre ces recherches ». Note sur le cadastre romain du Sud tunisien. Bulletin archéologique du C.T.H.S. 1930-31, p. 689 -699.
- 5- Ces travaux ont été menés par la section Archéologie de l'ASC du CNES, à laquelle s'est associé pour les recherches sur le terrain, le club « Les Amis de Jugurtha » de Kalaat Senam.
- 6- L. R Decramer, R. Hilton (1998). Nouvelles recherches sur la grande centuriation de l'Africa Nova. Cahiers de Métrologie, t. 16, octobre 1998.
- 7- Dans la triangulation moderne de la Tunisie, le point fondamental (datum) est Carthage, la colline de Byrsa station astronomique, tandis que la base a été réalisée plus loin, dans la plaine de Tunis. Les géodésiens Picard, Cassini, La Condamine et Maupertuis ont choisi une base d'arpentage différente du point d'observation astronomique, ce qui est plutôt une règle générale. Cette notion fondamentale entre le lieu où est définie l'orientation de la centuriation – l'observatoire où on « consulte les augures » – et le point où commence l'arpentage – la base – n'est pas encore admise par certains spécialistes des cadastres antiques. On a appelé ici KM et DM les axes cardinaux initiaux et K0 et D0 les axes à l'origine d'arpentage (borne 0,0).
- 8- M. Guy. Les orientations des parcelles quadrillées. RAN, 26,1993, p. 57-68.
- 9- G. Chouquer, F. Favory. Les arpenteurs romains. Théorie et pratique. Éditions Errance.
- 10- L. R. Decramer. Contribution des techniques spatiales à l'archéométrie. La grande centuriation tunisienne. Actes de l'Université d'été Internationale. Tunis, 12 / 25 Juillet 1998.
- 11- On consultera avec profit les cahiers de l'AFP : Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'Univers dans l'Antiquité de Raymond d'Hollander.
- 12- La somme des angles du triangle sphérique est égale à $180^\circ + T/R \leq 0$ où R est le rayon terrestre.
- 13- Dans la triangulation moderne de la Tunisie, les signaux de premier ordre : la Table de Jugurtha (le point originel de la centuriation), le Bou el Hanèche (l'origine présumée du cadastre selon Davin) et l'El Azered forment un triangle d'orientation, c'est-à-dire que les opérateurs ont contrôlé par visées astronomiques l'orientation des côtés. Sur le même parcourt que les géomètres romains, les géodésiens français ont établi un autre triangle d'orientation à l'est de Gafsa et un troisième au sud du Chott el Fejej, sur le jebel Tebaga. Ces corrélations entre la triangulation moderne et la centuriation ne sont pas fortuites, elles sont dictées par la topographie même du terrain (fig. 3).
- 14- Pour trianguler la Tunisie, les géodésiens français ont arpenté deux bases : la première, la base de Tunis au nord, puis la base de Médénine au sud (fig. 3).
- 15- Les signaux géodésiques stationnés par le capitaine de Vauvineux au cours de cette mission dans le Centre Ouest tunisien sont les suivants (du Sud au Nord.) : Kalaa ben Flima, Tamesmdia, Neuba, Dj. Chambi, Semmama, El Azered, Kalaa Forraga, Bou el Hanèche, Kalaa es Senam (Table de Jugurtha), Kef Berda ; et dans l'Est algérien : Foua, Bou Roumane et très probablement Bou Djellal, Doklan, Dyr et Bou Khadra (fig. 3).
- 16- L.R. Decramer, Ch. Ouasli, A. Martin. À propos de la Table de Jugurtha. (Selon le carnet de route d'un officier géodésien en mission dans les confins algéro-tunisiens). À paraître dans Institut des Belles Lettres Arabes, Tunis.

Association Française de Topographie

ADHÉREZ

Pour le contact permanent avec la profession, la prise directe avec la science et la technologie du métier. Pour se situer dans la topographie dont l'universalité est probante. L'une des solutions est d'adhérer à l'AFT.

L'AFT est le lieu géométrique où se rencontrent les grands organismes de la topographie, le cadastre, le service hydrographique, l'IGN... les grandes écoles de la profession, ENSAIS, ENSG, ESGT, ESTP, ENC... les hommes des grandes écoles de la nation, Polytechnique, Centrale...

Et aussi tous les techniciens, ingénieurs, hommes de terrain, qui font, chaque jour, le tissu expérimenté d'un métier dont la vocation de l'AFT est de faire partager par tous l'expérience et le savoir, la solidarité professionnelle.