

## La borne de Cantabrie

Nouvelles pistes pour l'étude et la restitution des techniques romaines d'arpentage

Joachim Rubini

---



### Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/histoiremesure/809>

DOI : [10.4000/histoiremesure.809](https://doi.org/10.4000/histoiremesure.809)

ISSN : 1957-7745

### Éditeur

Éditions de l'EHESS

### Édition imprimée

Date de publication : 15 juin 2004

Pagination : 41-93

ISBN : 2-222-96748-1

ISSN : 0982-1783

### Référence électronique

Joachim Rubini, « La borne de Cantabrie », *Histoire & mesure* [En ligne], XIX - 1/2 | 2004, mis en ligne le 21 décembre 2007, consulté le 22 avril 2022. URL : <http://journals.openedition.org/histoiremesure/809> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/histoiremesure.809>

---

Ce document a été généré automatiquement le 22 avril 2022.

© Éditions de l'EHESS

---

# La borne de Cantabrie

Nouvelles pistes pour l'étude et la restitution des techniques romaines d'arpentage\*

Joachim Rubini

---

- 1 Les procédures opératoires des arpenteurs romains sont essentiellement connues par le biais d'un certain nombre de traités juridico-techniques qui nous sont parvenus et par les traces des cadastres révélées par l'archéologie aérienne. Malgré les débuts prometteurs de l'archéologie expérimentale en matière d'arpentage antique, nous ne possédons qu'une connaissance superficielle du quotidien et des routines techniques nécessaires à l'implantation des divisions agraires (cadastres déconnectés de toute trame agraire ou de tout axe routier et cadastres en connexion avec un ou plusieurs de ces mêmes éléments).
- 2 Les inscriptions de la borne de Cantabrie déplacent paradoxalement le centre de gravité des travaux sur l'arpentage romain vers le contexte des réseaux superposés ou contigus, alors même que les premières recherches expérimentales sur la réalisation d'un cadastre déconnecté de toute infrastructure agraire viennent tout juste d'être mises en œuvre. L'étude des cadastrations superposées, susceptibles de posséder des bornes communes aux deux réseaux, qui a opéré un très fort pouvoir de séduction chez les archéologues du paysage, retrouve sa raison d'être. Les restitutions des réseaux agraires quadrillés, superposés ou contigus, qui ont laissé croire en l'existence de carrefours de centuries matérialisés par des bornes communes aux réseaux concernés, ont éludé l'évaluation numérique des approximations liées à ce genre de construction géométrique. Il est probable que les auteurs de ces restitutions cartographiques ont eu le même réflexe que les concepteurs d'un nouveau parcellaire superposé à un ancien réseau agraire. L'hypothèse que je propose, d'une extension probable du réseau primitif avec déplacement transversal du *locus gromae*, montre quelques-unes des difficultés rencontrées par les arpenteurs du monde romain pour passer de la théorie à la pratique, du plan au terrain, de la *linea* au *limes* par l'intermédiaire du *rigor*. Cette transition semble avoir été d'autant plus délicate à gérer que les approximations engendrées par la typologie de l'*instrumentum* des *agrimensores* étaient aggravées par les imperfections des sens humains sollicités par l'exercice de ce métier.

- 3 De nos jours même, la topographie n'échappe pas à cette loi, et ce malgré la haute technologie des instruments des géomètres que nous pouvons croiser au détour d'une rue ou d'un champ. Les inscriptions de la borne de Cantabrie renvoient à l'un des fondements de la topographie moderne qui impose au géomètre la définition d'une « erreur acceptable ». Le travail effectué sera réputé fiable ou précis dès lors qu'il intégrera la définition de cette norme et plus encore si les erreurs observées seront inférieures à la tolérance admise dans la réalisation des relevés topographiques ou des implantations. Le caractère unique de la borne de Cantabrie réside peut-être moins dans l'utilisation d'un double jeu de coordonnées que dans la possibilité qu'elle offre d'appréhender par défaut ce que fut l'erreur acceptable admise par certains arpenteurs romains.

#### Genèse de l'étude présentée

- 4 Cette étude trouve son point de départ dans la lecture de l'article « Une inscription de Cantabrie (?) : fiscalité tétrarchique ou centuriation ? »<sup>1</sup> que Jean-Michel Carrié m'avait signalé en janvier 2000. Dans ce dernier état, elle est le résultat de trois années d'une réflexion nourrie au gré de nombreuses collectes d'information (publications archéologiques ; traités techniques d'arpentage romain, moderne et actuel ; témoignages de praticiens de la topographie moderne, y compris mes propres acquis de géomètre). Les premiers résultats de cette réflexion ont été présentés lors de la table ronde intitulée « Autour des techniques de l'arpentage romain », organisée à Paris, par J.-M. Carrié, le 26 mai 2000. Le texte initial communiqué à l'ensemble des participants fut remanié une première fois à l'occasion de la présentation de mon mémoire de DEA soutenu le 21 septembre 2001<sup>2</sup>. Cette toute dernière version renforce la place des supports cartographiques de la période du début du XIX<sup>e</sup> siècle au dernier tiers du XX<sup>e</sup> siècle.

#### Présentation de la borne de Cantabrie

- 5 La borne, aperçue par Ramón Teja, en 1980, chez un commerçant et disparue depuis, a été publiée et analysée dans la revue *Antiquité Tardive* par R. Teja et J.-M. Carrié, avec un essai d'interprétation géométrique par J.-P. Vallat. Il s'agit d'un bloc de calcaire parallélépipédique d'une hauteur de 85 cm et d'une largeur de 65 cm, dont R. Teja ne communique pas l'épaisseur. L'aspect morphologique et l'état de conservation des faces de la pierre ne permettent pas de retracer avec précision l'historique de ses dégradations. Dans l'état où il a été retrouvé, la partie supérieure du bloc ne présentait plus d'arêtes rectilignes. Nous ne savons pas si la face sommitale de cette borne possédait des traits gravés matérialisant la direction des axes dont l'intersection était nécessaire à la mise en station de la groma. La partie inférieure de la pierre, qui présente un aspect relativement soigné, laisse penser que la configuration plastique du sommet, telle qu'elle apparaît sur les photographies, n'a rien à voir avec l'aspect qu'il présentait originellement. Le fait d'admettre une dégradation de la face sommitale de ce monument conduit à lui attribuer la fonction d'une borne matérialisant un lieu géométrique, et non le statut de simple support épigraphique placé auprès d'une borne. Il est toutefois possible de penser qu'une fois dépourvu de sa fonction, ce bloc fut renversé et abandonné de telle sorte que l'une de ses faces fut exposée aux intempéries et aux effets corrosifs de la pluie sur le calcaire.
- 6 Les conditions de découverte de cette borne et son unicité rendent sa datation extrêmement difficile, voire impossible, bien que R. Teja ait proposé une datation tardive (IV<sup>e</sup> siècle de notre ère)<sup>3</sup>.

- 7 Ce document épigraphique comporte sur chacune de ses faces deux lignes, chacune composée d'un groupe de lettres et d'un groupe de chiffres. Si les quatre groupes numériques ne sont pas identiques, les groupes alphabétiques de la face A sont quasiment similaires à ceux de la face B. Il est à noter que les lettres de l'un des deux groupes alphabétiques ne sont pas séparées par des poinçons.
- 8 J.-M. Carrié a tout d'abord posé la question de l'interprétation du cippe comme borne cadastrale indiquant la cote fiscale d'une propriété foncière (selon la surface et selon la main-d'œuvre résidante), à laquelle semblaient inviter les abréviations du texte. Après avoir résolument écarté cette piste interprétative, il a envisagé la possibilité d'un document topographique et non pas fiscal, émettant alors l'hypothèse selon laquelle ces coordonnées énigmatiques auraient formulé la délimitation « d'une *striga*, d'une parcelle divisionnaire, localisée par rapport à une ancienne centuriation, ce qui expliquerait la différence de formulaire par rapport à la documentation la plus courante qui nous a été conservée relativement à la cadastration »<sup>4</sup>. À défaut de fournir une restitution spatiale convaincante, cette première étude avait toutefois permis de mettre en évidence la récurrence d'un rapport mathématique simple, le rapport 1/4.

#### 1. Parallèles topographiques introductifs

- 9 Les rapports mathématiques simples issus des coordonnées numériques de la borne de Cantabrie m'avaient fait penser à la possibilité d'une superposition de deux réseaux ayant au moins en commun ladite borne.

#### Interprétations

- 10 Ma première hypothèse était fondée sur la restitution de deux systèmes orthonormés différemment orientés. Le rapport mathématique 1/4 égal à  $14^{\circ} 03'$  sexagésimaux ou 15,60 grades, correspondait à l'angle formé par ces deux réseaux. La table ronde du 26 mai 2000 fut l'occasion de présenter cette première hypothèse tout en confrontant mon point de vue avec celui d'A. Roth Congès. Les échanges qui s'ensuivirent m'ont conduit à renoncer à ce postulat. Fort des points de convergence communs à nos restitutions – l'inclinaison de l'axe directeur et le positionnement des bornes sur celui-ci –, j'ai cherché à clarifier les points non résolus contenus dans ce que nos restitutions avaient de commun, c'est-à-dire le non-positionnement du second locus *gromae* par rapport à l'axe directeur à l'origine du réseau primitif et des autres bornes (borne de Cantabrie et borne-relais).
- 11 Ce type d'hypothèse s'apparente à une « translation de coordonnées bidimensionnelles avec translation et changement d'orientation des axes des systèmes ». Le mode de construction appartient à la « transformation des coordonnées d'un lieu géométrique d'un réseau dans un autre système », plus connue des géomètres sous le vocable de « changement de base ». Il ne doit pas occulter la possibilité d'une « translation de coordonnées bidimensionnelles sans giration des axes ». Cette dernière piste de travail est d'autant plus intéressante qu'elle trouve un écho épigraphique dans la borne *D IIII / K XI XIII* dont un moulage est conservé au Museo della Civiltà Romana, à Rome (Figure 1). L'interprétation de cette inscription dans le contexte d'une « translation de coordonnées bidimensionnelles sans giration des systèmes » implique une simple translation de l'origine sur l'un des axes majeurs. Ce cas de figure, qui sous-entend un phénomène de parallélisme des *limites* anciens et nouveaux, m'a conduit à envisager la piste d'une « translation de coordonnées bidimensionnelles et translation transversale quantifiée de l'origine du réseau primaire sans giration des axes de référence ». Mon

intuition s'est trouvée confirmée quand j'ai pris connaissance de divers plans du cadastre français.

Assises conceptuelles

- 12 Avant d'entrer de plain-pied dans la recherche des erreurs angulaires et linéaires probablement associées aux coordonnées de cette borne, suivons la piste des réseaux parallèles induite par une « translation transversale » du locus gromae (Figure 6) qui nous renvoie à deux types de documents cadastraux, les premiers antiques, les seconds modernes.

La borne D IIII / K XI XIII du Museo della Civiltà Romana de Rome<sup>5</sup>

- 13 Il s'agit du moulage d'une borne gromatique, d'origine inconnue, dont la face sommitale présente la schématisation de ce qui pourrait être un trifinium accompagné de données alphanumériques.

Figure 1. La borne du Museo della Civiltà Romana, Rome



- 14 L'inscription *D IIII* ne pose pas de problèmes majeurs. Elle peut être interprétée comme le *IIIe decumanus*. Néanmoins, il n'en va pas de même pour l'inscription *K XI XIII*. S'il s'agit du *XIe kardo*, quelle signification peut-on donner au nombre *XIII* ?
- 15 Les textes gromatiques techniques nous enseignent que dans certaines centuriations, le *decumanus maximus* correspondait à une voie romaine. La configuration de cette structure m'a incité à tenter un rapprochement provisoire avec le commentaire et les vignettes correspondantes du *Liber coloniarum*, relatives à *Anxur/Terracina*<sup>6</sup>. Au cours des siècles, cette centuriation a fait l'objet de plusieurs remaniements fonciers, dont une extension et une *renormatio*, susceptibles de laisser croire en une extension de la surface centuriée (*pertica*). Elle aurait été effectuée via une « translation latérale » du *locus gromae* le long de l'axe viaire, en l'occurrence le *decumanus maximus*, sans pour autant savoir si le *decumanus IIII* se trouve à droite ou à gauche de son référentiel et le

*kardo* XI et XIII en deçà ou au-delà de son référentiel. Contrairement à celle du cippe de Cantabrie, les données chiffrées de cette borne sont exprimées en unités actuelles conventionnelles, sûrement des centuries.

Les fonds documentaires du cadastre français actuellement en vigueur

- 16 Le système cadastral actuellement en vigueur en France résulte des améliorations napoléoniennes du cadastre révolutionnaire dont l'instauration remonte aux décrets du 28 août 1791, qui en jeta les bases, et du 16 septembre 1791, qui en régla l'exécution. Le caractère ténu des liens de filiation qui le rattachent aux concepts fonciers gromatiques n'est qu'apparent dès lors qu'on tient compte des événements qui ont préparé la réforme agraire entreprise en avril 1763. Les terres du royaume de France étaient divisées en deux catégories : les pays de taille réelle (notamment l'antique Narbonnaise) et les pays de taille personnelle (le nord de la France). Dans la France méridionale, où le droit romain prédominait sur le droit féodal, l'imposition n'était pas basée sur le statut des propriétaires. Les courants réformateurs du XVIII<sup>e</sup> siècle tendaient vers une harmonisation des systèmes fonciers au bénéfice d'un mode plus égalitaire (cadastre de Bertin) qui était souhaité par la monarchie et redouté par une partie de la noblesse qui craignait de perdre ses privilèges. Notons que la noblesse du diocèse de Mirepoix (Sud de la France) qui était favorable à la « romanisation » des coutumes cadastrales, joua un rôle décisif dans les événements nocturnes du 4 août 1789 marqués par l'abandon du régime seigneurial. L'échec de la mise en place du cadastre de Bertin aboutit à la création du cadastre parcellaire napoléonien en 1807.
- 17 Certains plans dressés entre 1925 et 1939 et révisés dans les années 1980 conservent des traces d'anciennes codifications de dessin susceptibles d'intéresser le thème général de cette étude. Certaines feuilles de section de commune dont celles de Champigny-sur-Marne, dans le Val-de-Marne (Figure 2), que j'ai découvertes plus d'un an après avoir émis l'hypothèse de la « translation des origines sans rotation des axes » et qui portent les mentions « refaite pour 1940, édition à jour pour 1984 », présentent la particularité de posséder deux systèmes de carroyage où l'ancien réticulé du « système Lallemand » coexiste avec le système encore en vigueur actuellement ou « système Lambert I, II, III ou IV » selon la localisation de la commune. La légende située dans la marge droite de l'extrait de la feuille de la *Section* AC indique l'écart en X, soit 12,16 mètres et en Y, soit 0,73 mètre entre les croisillons de l'ancien système (petite croix) et du nouveau système (grande croix). Le calage des deux systèmes l'un par rapport à l'autre permet de restituer le déplacement transversal des origines : l'origine Lambert fut déplacée de plus de 600 kilomètres vers l'Est et d'un peu moins de 500 kilomètres vers le Nord.
- 18 Il est intéressant de noter que la dérive des croisillons des deux systèmes varie d'une feuille de section à l'autre. La feuille de *section* E2 de la commune de Villiers-sur-Marne, dans le Val-de-Marne, « refaite pour 1925 et mise à jour pour 1983 », indique que l'écart en X est de 37,84 mètres et qu'en Y il est de 0,91 mètre.
- 19 Ce détail incite à un redoublement de prudence dans le maniement et l'interprétation des observations faites depuis une seule borne, fût-elle munie de deux jeux de coordonnées remarquables. Ces écarts – qu'ils soient interprétés comme des fautes, des erreurs ou l'expression des tolérances admises par les arpenteurs romains – ne reflètent pas la précision et la cohérence générale des systèmes auxquels la borne de Cantabrie est censée appartenir.
- 20 L'apport cartographique des planches cadastrales de Champigny-sur-Marne est loin d'être fortuit puisque le Tableau d'Assemblage de la commune de Courbon

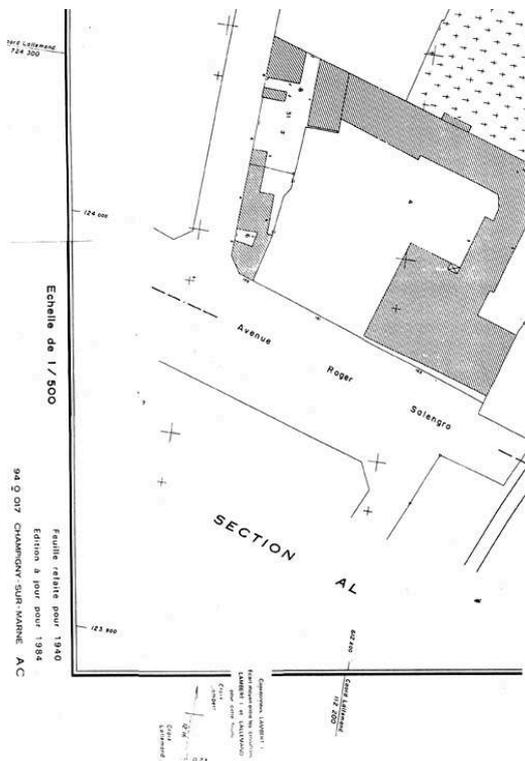
(anciennement Seine-et-Oise), dressé en 1939, présente de troublantes analogies avec les plans cadastraux antiques d'Orange B et certains propos d'Hygin le Gromatique :

« Certains ont tout retourné, ils ont tracé le *decumanus* vers le midi et le *kardo* vers l'orient ; ainsi dans l'*Ager Campanus* qui est autour de Capoue »<sup>7</sup>.

21 et :

« Aucune injustice non plus n'a été commise de ce point de vue à l'égard de ces colonies, parce qu'on y voit les *kardines* à la place des *decumani* et les *decumani* à celle des *kardines*. Tout le réseau des limites est à angles droits, son contour a été fixé par les mesures, ni la république ni les possesseurs n'ont à se plaindre en rien en ce qui concerne les surfaces, les mesures sont justes, c'est seulement le comput des limites qui ne l'est pas. »<sup>8</sup>

Figure 2. Feuille de Champigny-sur-Marne



22 Sur le Tableau d'Assemblage de Courbon qui est antérieur à 1945, le Nord est à la place de l'Est, l'Est à la place du Sud, le Sud à la place de l'Ouest et l'Ouest à la place du Nord.

2. Translation de coordonnées bidimensionnelles des systèmes et translation transversale quantifiée de l'origine du réseau primaire

23 Les inscriptions contenues sur chaque face de cet élément de délimitation agraire<sup>9</sup> se caractérisent, sur chacune des lignes, par un groupe de lettres suivi par un ensemble de chiffres. Les clichés photographiques de la borne de Cantabrie permettent de lire les coordonnées suivantes :

Face A : K.H.L. IIIICDVII (= 4 407) / IVG. XVIIIDCCCXVIII: (= 17 817,75)

Face B : K.H.L. VDCCXXIII (= 5 723) / IVG. XXIIIICLIX (= 23 159)

24 Ces inscriptions laissent penser que nous sommes en présence d'une pierre de bornage appartenant à deux réseaux partiellement ou totalement superposés, sans pour autant

permettre de trancher en faveur d'une orientation commune ou de deux orientations distinctes.

Avec giration des axes de référence

- 25 La piste d'une translation transversale de l'origine avec giration des axes recèle deux possibilités techniques distinctes, l'approche rigide et l'approche flottante.
- 26 – L'approche rigide consisterait à élaborer une construction graphique plaçant la borne étudiée sur l'alignement formé par les origines des réseaux.
- 27 – L'approche flottante impliquerait le positionnement de la borne étudiée sur un axe orienté à 14° 03' défini par l'origine du premier réseau et la coïncidence de deux carrefours de centurie appartenant au réseau initial et au réseau récemment implanté ou en cours d'implantation.
- 28 L'exploration de cette double piste de travail assistée du logiciel de dessin Autocad avec l'intégration des valeurs indiquées sur la borne, conclut au caractère inopérant de ces perspectives. Dans les deux cas, il n'existe aucune coïncidence remarquable susceptible de révéler la récurrence du rapport  $1/4$  (= 14° 03').
- 29 La pertinence d'une approche prenant en compte les limites d'emploi de l'instrument de visée ordinairement utilisé par les *agrimensores* ne dispense pas d'intégrer également la variable liée aux manipulations des perches d'arpentage (voir *infra*).

Sans giration des axes de référence

- 30 La nouvelle hypothèse que je propose concerne une extension probable du réseau primitif, caractérisée par un déplacement transversal du locus *gromae* sans perturbations majeures du dispositif agraire local. Contrairement à la « translation de coordonnées bidimensionnelles avec rotation des systèmes », les cas de figure de « translation de coordonnées bidimensionnelles sans giration des axes » présentent l'avantage de replacer les intervenants (géomètres expérimentateurs et autres expérimentateurs) dans un contexte technico-pratique le plus proche possible de celui des arpenteurs romains qui ne connaissaient pas les lignes trigonométriques du sinus, du cosinus et de la tangente. La transformation des coordonnées peut être effectuée de manière très souple à l'aide des seules soustractions et additions.

Approche globale

- 31 L'approche globale des données de cet élément de bornage vise, en premier lieu, l'interprétation des divers symboles gravés sur chacune de ses faces et, dans un second temps, les éventuelles relations que peuvent entretenir les groupes alphabétiques et les ensembles numériques.
  - a. Les données alphabétiques
- 32 Les données alphabétiques se composent de deux séries de lettres semblables sur chacune des faces. Si les lettres K, H et L sont séparées par un poinçon, il en va tout autrement pour les lettres I, V et G. Considérons en premier lieu les données alphabétiques. L'interprétation de ces lettres est d'autant plus délicate à réaliser que nous ne savons pas s'il s'agit d'abréviations ou de symboles particuliers destinés à guider les arpenteurs dans la recherche d'autres bornes situées non loin de la borne évoquée. Nous verrons ultérieurement l'incidence de la répétition de ces groupes de lettres pour la compréhension de cette pierre de bornage.
- 33 Intrigué par les données alphabétiques, j'ai tenté, non sans hésitation, une comparaison entre les groupes alphabétiques et certains symboles dits *litterae singulares* ou « lettres

isolées », bien que Latinus (haut fonctionnaire équestre de la dynastie valentino-théodosienne) ne fasse pas état de groupes de lettres de plus de deux éléments.

250	350	450	550	600	700	800	900
A	B	C	D	E	F	G	H
1000	1050	2500	3500	1000	1500	1200	1300
I	K	L	M	N	O	P	Q
1400	1500	1500	1600	1700	1800	1900	
R	S	T	V	X	Y	Z	

« Si tu trouves ces lettres, soit isolées, soit par couples, marquées sur des bornes, tu cherches de la borne en question jusqu'à un autre signe autant de pieds que le nombre qui s'y trouve indiqué<sup>10</sup>. »

Limites de l'interprétation des *litterae singulares*

- 34 La lecture de ce passage donne lieu à plusieurs remarques : le tableau se compose de lettres uniques correspondant à des chiffres distincts à l'exception des lettres I et N qui correspondent au nombre 1 000 et des lettres O, S et T qui correspondent au nombre 1 500. La progression numérique est rompue à plusieurs reprises. J. Peyras<sup>11</sup> note que les manuscrits anciens présentent des discordances. Sur le manuscrit Palatinus 1564<sup>12</sup>, A = 250 et B = 350, tandis que sur le manuscrit Gudianus<sup>13</sup>, A = 200 et B = 300. La traduction retenue dans cet article repose sur la sélection faite par Lachmann, à partir du manuscrit du Vatican. Chez Latinus, K = 1 150 pieds, H = 900 pieds, L = 2 500 pieds et dans l'*Expositio podismi*, K = 1 150 pieds, H = 1 050 pieds et L = 2 000 pieds tandis que les lettres I, V et G ont la même valeur dans les deux textes. L'interprétation numérique du groupe de lettres KHL selon l'*Expositio podismi* aboutirait à 4 200 pieds qui, divisés par la somme de la séquence IVG, aboutiraient au rapport 1,2353 fort loin du rapport théorique 1/4.
- 35 Les possibilités<sup>14</sup> de jeux numériques associant des soustractions et des additions des *litterae singulares* de Latinus ne donnent pas de résultats significatifs tandis que l'usage des seules additions génère des rapports intéressants, complémentaires de surcroît. Ces résultats posent toutefois la question de la progression de la puissance algébrique des éléments des groupes alphabétiques dans la conversion numérique de ces données. Les suites numériques K, H, L et I, V, G ne sont ni progressives ni dégressives mais aléatoires.
- 36 Dans le premier cas, nous aurions dû avoir les suites G, I, V et H, K, L et dans le second cas, L, K, H et I, G. Si le résultat prime sur l'ordre des lettres, un tel questionnement n'a aucun lieu d'être. Dans le cas contraire, nous serions en face d'un sous-entendu susceptible d'invalider la suite de ce raisonnement. L'absence de poinçon après les lettres I et V, laisse penser à une abréviation<sup>15</sup> qui pourrait correspondre à une codification spécifique indiquant l'orientation d'un contrôle à adopter, comme le suggère la Figure 6. Le groupe alphabétique muni d'un seul poinçon serait associé à un axe majeur et le groupe alphabétique agrémenté de trois poinçons serait en relation avec l'autre axe.

$$\begin{array}{lclcl}
 K.H.L. & = & 4\,450 & \implies & 1\,050 + 900 + 2\,500 & = & 4\,450 \\
 IVG. & = & 3\,400 & \implies & 1\,000 + 1\,600 + 800 & = & 3\,400
 \end{array}$$

Interprétation numérique des groupes alphabétiques

- 37 Malgré le point faible de cette hypothèse, supposons le principe de lecture des coordonnées de cette borne comme fondé.

- 38 Siculus Flaccus évoque, d'une part, des cas d'alternance de signes alphabétiques ou numériques sans affirmer ou infirmer explicitement l'existence de groupes de lettres supérieurs à deux éléments et, d'autre part, l'association de ces deux sortes de signes en vertu des coutumes locales. Cette dernière information pourrait « neutraliser » l'usage exclusif de deux lettres singulières, d'autant plus qu'elle pourrait expliquer de manière raisonnable le mode de transcription des distances inscrites sur les deux faces de cette borne.

« Tout ce que nous avons dit plus haut concernant les bornes en pierre, soit que l'on cherche des signes placés en-dessous, ou des marqueurs, des lettres ou des nombres, tout cela doit être observé avec le plus grand soin selon la coutume de la région »<sup>16</sup>.

- 39 Sans pour autant abandonner l'argument des coutumes locales évoquées par Siculus Flaccus, cette première analyse comparative pose la question des raisons qui auraient poussé les *mensores* ayant travaillé en Cantabrie (Espagne Citerieure) à quantifier les distances mesurées en *pes monetalis* ou en mesure pérégrine.
- 40 Il est possible d'observer que les groupes *KHL/IVG* présents sur chacune des faces génèrent deux rapports distincts susceptibles de confirmer l'existence de bornes-relais situées en amont et en aval de la borne étudiée. Le rapport  $R_1$  (*IVG / KHL*) est sensiblement égal au rapport  $R_1$  entier avec une différence de 0,0140 :

$$\begin{aligned} R_1 &= IVG/K.H.L. = 3\ 400/4\ 450 = 0,7640 & \text{inv. } R_1 &= K.H.L./IVG. = 4\ 450/3\ 400 = 1,3088 \\ R_1 \text{ entier} &= 3/4 = 0,7500 & \text{inv. } R_1 \text{ entier} &= 4/3 = 1,3333 \\ \text{Ecart « Ec. }_1 \text{ »} &\implies 0,7640 - 0,7500 = 0,0140 & \text{Ecart « inv. Ec. }_1 \text{ »} &\implies 1,3333 - 1,3088 = 0,0245 \end{aligned}$$

#### b. Interprétation des données numériques

- 41 Les données numériques semblent être plus facilement interprétables que les données alphabétiques. À juste titre, les éditeurs<sup>17</sup> avaient décelé l'existence de deux rapports mathématiques simples :  $1/4,0431$  et  $1/4,0458$ , proches du rapport entier  $R_2$  entier =  $1/4 = 1/4,0000$  :

$$\begin{aligned} \text{Face A} &\implies 17\ 817,75/4\ 407 & &= 1/4,0431 \\ \text{Face B} &\implies 23\ 154/5\ 723 & &= 1/4,0458 \\ \text{Ecart « Ec. }_2 \text{ »} &= 1/4,0458 - 1/4,0431 & &= 0,00270 \end{aligned}$$

- 42 Il semble impossible de dire si nous sommes en face d'un système de mesures pérégrines ou romaines. Dans certains cas, les arpenteurs romains, par exemple Hygin, évoquent l'existence de mesures pérégrines comme la *libra* et la *parallela*, usitées en Narbonnaise, tout en négligeant d'en donner la correspondance avec le système métrologique romain<sup>18</sup>.

#### c. Interprétation associée des données

- 43 Il est à noter que le croisement des données alphabétiques et numériques de ce cippé génère aussi une autre série de rapports particulièrement homogènes associant l'inverse du rapport entier  $R_1$  entier =  $3/4$ .

$$\begin{aligned} \text{inv. } R_1 &\implies 4\ 450/3\ 400 & &= 1,3088 & \implies e_1 &= 1,3088 - 1,2995 = 0,0093 \\ \text{Face B/Face A} &\implies 23\ 154/17\ 817,75 & &= 1,2995 & \implies e_2 &= 1,2995 - 1,2986 = 0,0009 \\ \text{Face B/Face A} &\implies 5\ 723/4\ 407 & &= 1,2986 & & \end{aligned}$$

- 44 Les rapports théoriques  $R_1$  entier et  $R_2$  entier sont complémentaires<sup>19</sup> :

$$\begin{aligned} R_2 \text{ entier} &+ R_1 \text{ entier} & &= 4/4 = 1/1 = 1 \\ 1/4 &+ 3/4^{19} & &= 4/4 = 1/1 = 1 \end{aligned}$$

45 Le caractère homogène des valeurs  $Ec.$ ,  $Ec.$ , et  $Ec.$ , et plus particulièrement celui d' $Ec.$ , et  $Ec.$ , relève d'un phénomène de réversibilité<sup>20</sup> qui pourrait étayer l'hypothèse du passage alterné du système numérique au système alphabétique évoqué plus loin.

46 L'association des sources textuelles et le nombre de coïncidences précitées tendent à conforter la piste d'une correspondance métrologique entre les données alphabétiques et numériques des inscriptions de cette borne.

Interprétation métrologique. La coordonnée 17 817,75 et sa décimale

47 Avant d'aborder la question de la conversion des données numériques, considérons la spécificité de la coordonnée 17 817,75. La possibilité d'une retranscription des mesures en unités locales et en unités légales évoquée par Hygin<sup>21</sup> ne peut pas être retenue car les valeurs issues des différents types de groupes épigraphiques ne sont pas divisibles entre elles par un même coefficient. La partie décimale du nombre 17 817,75 s'avère être un détail particulièrement important.

48 Le nombre « XVIIIDCCCXVII S:· » relève de la forme d'écriture additive (IIII = 1 + 1 + 1 + 1 = 4) et non de la forme soustractive (IV = 5 - 1 = 4, de même pour IX = 10 - 1 = 9, ainsi que pour XIV = 15 - 1 = 14...). Notons un autre particularisme, la présence du signe S:· en fin de seconde ligne de la face A, ce qui correspond à 0,75 unité de mesure référentielle. Ce détail me paraît d'autant plus important qu'il atteste que les arpenteurs, du moins dans ce cas, ont pris le soin de noter le relèvement de cette borne à 3/4 d'unité de mesure référentielle. Cette valeur, du moins son complément, correspondrait, à en croire le tableau des « douze unités de mesure »<sup>22</sup>, à un quart de pied, soit une paume. Ce détail nous permettrait de combler une importante lacune en ce qui concerne notre connaissance de la « culture technique des arpenteurs romains »<sup>23</sup> puisque « l'un des fondements de la culture scientifique est de rapporter la précision des mesures à la résolution de l'instrument de mesure »<sup>24</sup>.

b. La conversion des données numériques dans la métrologie romaine

49 Le style de numération observé sur cette borne ne correspond pas au style d'écriture ordinairement utilisé par les agrimensores. L'obligation faite au lapicide d'économiser les possibilités réduites du champ épigraphique sur chacune des faces de la borne fait que nous ne pouvons identifier l'unité de mesure référentielle utilisée. Face à cette incertitude, admettons que ces données se rapportent à l'unité agraire de l'actus quadratus de 120 x 120 pieds de côtés. La conversion par défaut des données numériques dans la métrologie romaine, donne les valeurs suivantes :

D'après la face A	la borne se trouve à 33 pieds avant le 37 <sup>e</sup> actus la borne se trouve à 62,25 pieds avant le 149 <sup>e</sup> actus <sup>25</sup>
D'après la face B	la borne se trouve à 37 pieds avant le 48 <sup>e</sup> actus la borne se trouve à 1 pied avant le 193 <sup>e</sup> actus <sup>26</sup>

50 À l'aide d'une conversion par excès, les erreurs obtenues deviennent positives. Dans un cas comme dans l'autre, les résultats ont le même signe tout comme les rapports  $R_1$  et  $R_2$  issus des rapports magistraux 1/4 et 3/4. On retrouvera l'utilité de ce constat pour la construction de la Figure 7. L'attention portée à la décimale de la coordonnée 17 817,75 pourrait expliquer la volonté des arpenteurs romains de Cantabrie de conserver les

valeurs exactes des coordonnées pour ne pas oblitérer les valeurs résiduelles issues d'une conversion en métrique romaine. Ce détail laisse présager l'éventualité d'un document de travail à l'adresse exclusive des *agrimensores*.

c. Les valeurs résiduelles issues de la conversion métrique

- 51 Quelle que soit l'hypothèse de restitution retenue des axes de référence, nous avons affaire à un concept bien connu des géomètres modernes. Il s'agit de la quadrilocalisation d'un point donné à partir de deux ordonnées et de deux abscisses. S'il est un fait acquis que deux droites se coupent en un seul point, il n'en va plus de même dès lors qu'un géomètre tente d'implanter trois ou quatre alignements concourants supposés s'intercepter en un seul point. Ce phénomène génère une aire de sensibilité dénommée « chapeau » ou « zone d'indécision » à l'intérieur de laquelle doit se situer le point recherché. Toute la subtilité de l'art du géomètre consiste à travailler avec des « coordonnées rectangulaires approchées » pour aboutir à des « coordonnées rectangulaires définitives ». La forme et les dimensions de cette zone d'imprécision dépendent de la longueur des alignements, des imperfections des instruments, des modes opératoires et des sens des intervenants. Le parallélogramme quelconque ainsi obtenu s'inscrit dans un cercle lorsque les instruments de visée sont aussi précis que les instruments de mesure linéaire, comme c'est actuellement le cas. Lorsque les instruments de visée s'avèrent plus précis que les instruments de mesure linéaire, le cercle en question se transforme en ellipse. Il s'agit d'un phénomène propre aux modes opératoires associant une groma aux perches d'arpentage ou un théodolite mécanico-optique aux rubans d'acier, utilisés dans le cadre de la cultellation à plat ou à ressauts successifs. Il en va de même pour les mesures indirectes des distances associant un théodolite et une mire.
- 52 Une fois ces généralités rappelées, que peut-on dire de l'aire de sensibilité liée à cette borne ? Lors de la table ronde du 26 mai 2000, François Favory a suggéré que les données numériques puissent renvoyer à des repères situés en amont et en aval de la borne étudiée. Si l'aire de sensibilité des bornes, situées en amont ou en aval, présente les mêmes caractéristiques dimensionnelles, cette suggestion pose la question des caractéristiques dimensionnelles de cette aire.

3. Interprétations des erreurs résiduelles

- 53 La conversion des données numériques en unités agraires romaines (*actus*) génère des valeurs résiduelles particulièrement hétérogènes dont les quantités correspondent à 1, 33, 37 et 62,25 pieds. La moyenne des écarts correspondrait à 33,31 pieds. Les écarts observés entre 1 et 33, 33 et 37, 37 et 62,25, qui sont inférieurs à l'« erreur probable », confortent la piste d'une tentative d'exploitation du concept de l'aire de sensibilité.
- 54 La compréhension et la critique de cette aire de sensibilité impliquent une restitution des modes opératoires liés à la mesure directe des distances et à l'établissement d'un *limes* perpendiculaire à un *limes* de référence, mis en œuvre pour obtenir de tels résultats.

La mesure des distances

- 55 Les inexactitudes engendrées par les principaux modes de mesure directe des distances (cultellation à plat ou à ressauts successifs) dépendent des modes opératoires, de la longueur et de la rectitude des alignements sans oublier la configuration du terrain. Si les conditions d'apparition de cette borne ne permettent pas de connaître l'influence du facteur de la mesure directe des distances, nous pouvons nous en faire une idée. Il n'est pas nécessaire de remonter trop loin dans le passé pour se forger une opinion sur

les performances de cette méthode de mesurage. Deux règles président au bon déroulement de la cultellation à l'aide de perches, encore pratiquée dans les années 1960 lors des opérations de remembrement du cadastre de Villefranche-sur-Saône<sup>27</sup>, elle-même similaire en de nombreux points à celle des Romains :

- les mesures sont effectuées deux fois :
  - . sur terrain plat : un aller et un retour,
  - . sur terrain incliné : deux allers dans le sens de la pente ;
- les écarts<sup>28</sup> entre un mesurage de longueur et un mesurage de vérification ne doivent pas dépasser les tolérances suivantes, où la distance « L » est exprimée en mètres et la tolérance « Tol. » en centimètres :

A. Terrain plat sans obstacles	Tol. = 0,45. $\sqrt{L} + 0,084 L$
B. Terrain plat avec obstacles	Tol. = 0,69. $\sqrt{L} + 0,084 L$
C. Terrain incliné sans obstacles	Tol. = 1,24. $\sqrt{L} + 0,084 L$
D. Terrain incliné avec obstacles	Tol. = 1,47. $\sqrt{L} + 0,084 L$

Commentaires et adaptations de la formule de tolérance pour un terrain plat sans obstacles

- 56 Sur un terrain de classe A, la différence de mesure aller et retour entre deux points distants de 7 128 mètres ou 10 côtés de centurie, à l'aide d'un ruban d'acier, ne doit pas dépasser 6,367 mètres tandis qu'avec des perches munies d'embouts comparables à ceux trouvés à Pompéi, la différence entre la distance théorique et mesurée peut être de 9,13 mètres pour le seul défaut d'horizontalité des perches (supra : calcul de la pente minimale :  $0,9134 \times 10 = 9,13$  m).
- 57 Les principales sources d'erreur de la cultellation sont liées au défaut d'alignement et au défaut d'horizontalité des perches. Frontin décrit ce phénomène en ces termes :  
 « Car chaque fois que nous cultellons sans utiliser le cordeau, quand nous perdons de vue les jalons et qu'en nous hâtant depuis cet endroit nous regardons de nouveau l'alignement, alors cette déviation des perches, même minime, n'entraîne pas moins de dommage que si nous suivions le sol »<sup>29</sup>.
- 58 Ce passage contient une idée maîtresse intéressante qui pourrait guider de manière spécifique l'approche expérimentale de l'arpentage romain. Il s'agit de l'égalité apparente des erreurs de mesure dues aux défauts d'alignement ou d'horizontalité des perches. Dans ce cas, la cultellation suivant la pente tient lieu de référence dans la comparaison des deux types d'erreur. Les propos de Frontin deviennent encore plus limpides à la lecture des écrits de René Danger, puisque dans les protocoles modernes, il est hors de question de perdre de vue les jalons :  
 « [...], mais comme on se trouve moins guidé pour l'horizontalité que pour l'alignement l'écart est toujours plus grand »<sup>30</sup>.

- 59 Les erreurs d'alignement ou d'horizontalité peuvent être évaluées par la formule :

$$E. a = E. h = \frac{h^2}{2L}$$

- 60 où

L = la longueur de la portée, donc de la perche. Le signe de cette erreur est toujours positif. La distance mesurée sera toujours plus longue que la distance réelle. Pour les erreurs d'alignement (E. a.), l'extrémité de la perche, par la même occasion le nouveau jalon, peut se trouver tantôt à droite, tantôt à gauche de l'alignement théorique. En ce qui concerne les erreurs d'horizontalité (E. h.), l'extrémité de l'axe de la perche peut se trouver au-dessus ou en dessous du plan horizontal recherché. H = la projection perpendiculaire de l'extrémité de la seconde perche sur l'alignement théorique ou sur le plan horizontal pour l'erreur d'alignement (E. a.)

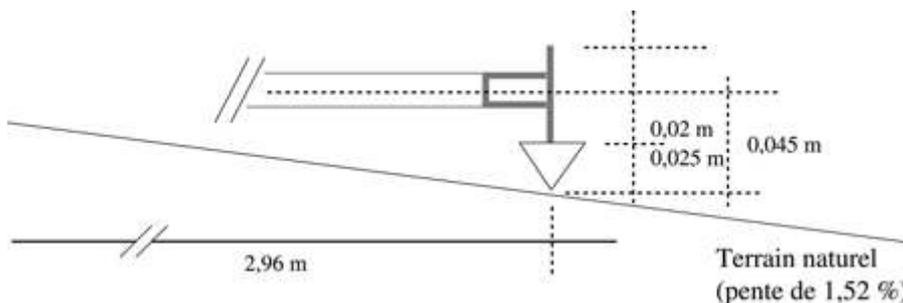
ou d'horizontalité (E. h.). Le signe de cette erreur est toujours négatif. La distance mesurée sera toujours plus courte que la distance réelle.

- 61 D'une manière générale, en chaînage de précision courante, il suffit de réaliser des alignements à 10 cm près pour que l'erreur d'alignement n'altère pas la qualité des mesures. Pour un chaînage de 100 mètres et un déport de 10 cm, l'altération linéaire sera de + 0,01 mm.

La cultellation pratiquée par les Romains

- 62 À défaut de pouvoir quantifier de manière générique les limites d'emploi des perches et des fils à plomb, l'évaluation proposée ci-dessous se fonde sur les dimensions des embouts de perches et des lestes des fils à plomb découverts à Pompéi et sur le degré de la pente naturelle du terrain. Sa nature aléatoire ne permet donc de proposer qu'une erreur incompressible positive. Elle est toujours aléatoire et systématique dès lors qu'on travaille sur un terrain réputé plat (c'est-à-dire de pente inférieure ou égale à 1,52 %, voire 2 % selon l'avis de certains professionnels de la topographie).
- 63 En fonction du matériel pompéien, mon évaluation a retenu les données suivantes :
- embout dont le plus grand diamètre mesure 0,04 m,
  - longueur de perche de 2,96 mètres,
  - hauteur de plomb de 0,025 mètre.
- 64 L'analyse détaillée des techniques de la cultellation moderne (Figures 3 et 4) confirme le bien-fondé technico-théorique du concept du « petit couteau » en ce qui concerne le rôle du fil à plomb dans l'usage des perches d'arpenteur sur un terrain incliné<sup>31</sup>.

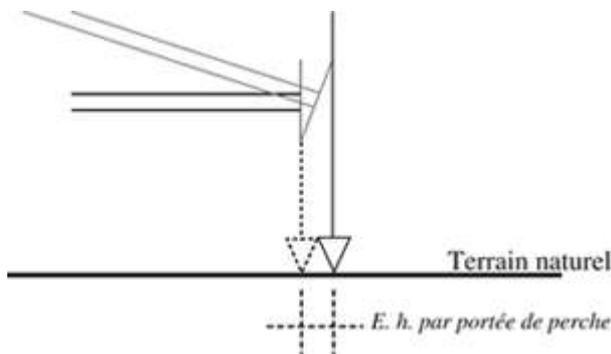
Figure 3. Évaluation de la pente minimale<sup>32</sup>



Calcul de la pente minimale :

- 65 La pente minimale s'établit à  $0,02 + 0,025 = 0,045$  m pour 2,96 m, soit une dénivellée de 1,52 m pour 100 m.

Figure 4. Principe de l'erreur d'horizontalité des perches associées à la cultellation



- 66 La projection au sol de cette erreur positive est de 0,0039 mètre par portée de perche. Sur une distance équivalente à 700 mètres, l'erreur incompressible d'horizontalité (E. h.) est de 0,91 mètres.

$$E. h. = 0,0039 \times 236 = 0,9134 \text{ m}$$

- 67 Sous réserve de l'expertise ou de la réitération de la procédure du relevé, ce dernier résultat pourrait être mis en relation avec les observations faites lors du relevé topographique des bornes « a » et « b » correspondant aux angles des centuries SD 11 / CK 19 et SD 12 / CK 19 du cadastre B de la colonie romaine d'Orange, situées sur la commune de Sainte-Cécile-des-Vignes (84). Les mesures tachéométriques indiquent une distance de 709 m pour un module de centuriation de 708 m<sup>33</sup>.

- 68 Pour une distance équivalente à 10 côtés de centurie, l'erreur positive serait d'environ 9 mètres, soit 31 pieds romains ; elle est inférieure à l'erreur probable de 33,31 pieds (voir *supra*). Quelle que soit la valeur retenue, celle-ci est largement inférieure aux 144,35 pieds romains obtenus en soustrayant 23 855,65 pieds (distance d'un *caput centuriae* restitué à un autre) à 24 000 pieds (10 côtés de centurie) évoqués dans la restitution d'A. Roth Congès.

$$\sqrt{(23\ 159^2 + 5\ 723^2)} = 23\ 855,6494 \text{ pieds}$$

$$24\ 000 - 23\ 855,6494 = 144,3406 \text{ pieds}$$

- 69 A. Roth Congès a cru pouvoir déceler la marge d'erreur admise par les arpenteurs romains, à moins qu'il ne s'agisse d'un défaut d'étalonnage qui se serait traduit par une augmentation de l'étalon de 6 millimètres. Cette dernière suggestion s'oppose au constat de F. Hultsch selon qui la longueur du pied monétal aurait subi une réduction de 29,6 cm à 29,42 cm dès la fin du II<sup>e</sup> siècle de notre ère<sup>34</sup>.

La mesure des angles

- 70 La définition de la précision d'un point déterminé par intersection de deux ou plusieurs alignements dépend autant du soin apporté aux procédés de détermination des distances que des angles.

- 71 L'étude comparative des instruments et des techniques d'arpentage au début de notre ère et à la charnière des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles permet de dire qu'une *groma* conforme à celle trouvée à Pompéi, parfaitement construite, présente une limite d'emploi de +/- 0,04960 grade si on admet une erreur de parallaxe des fils de visée de l'ordre de 50 %, une épaisseur des fils de visée de 0,0015 m<sup>35</sup>, un entre-axe de 0,89 m entre les fils de visée et le fait que l'opérateur se situe à 1 mètre de la *groma*. Dans les meilleures conditions d'utilisation possible d'une *groma* parfaitement équerrée (terrain meuble, temps calme, bonne stabilité de l'instrument, bonne acuité visuelle de l'opérateur...), elle se décomposerait ainsi :

- L'erreur de centrage à l'aide du fil à plomb (*Err. centr.*) :  
0,5 cm, soit +/- 0,0019 grade
- Erreur de coïncidence des fils de visée et des jalons (*Err. coïnc.*) :  
0,5 mm, soit +/- 0,0477 grade

- 72 Pour une visée de 178 mètres<sup>36</sup>, l'erreur totale serait de 0,0552 grade, soit un déport latéral de 0,15 m.

- 73 Pour la *groma* :

- Erreur de centrage à l'aide du fil à plomb (*Err. centr.*) :  
0,5 cm, soit +/- 0,0019 grade
- Erreur de verticalité du piquet de station (*Err. st.*) :  
0,5 cm, soit +/- 0,0019 grade

74 Pour la *groma* et le jalon :

– Erreur de coïncidence des fils de visée et des jalons (*Err. coïnc.*) :  
0,5 mm, soit +/- 0,0477 grade

75 Pour la suite de cet exposé, j'invite donc le lecteur à retenir la valeur angulaire et le déport latéral associé à une visée de 600 pieds (env. 178 mètres)<sup>37</sup>.

76 M. Legendre a observé que l'équerrage du *KM* et du *DM* de la partie nord du cadastre du Sud Tunisien présente sur le *KM* un déport latéral de 87,258 mètres (calcul indirect) depuis le *locus gromae* situé à 50 km, soit un angle de 0,1111 grade. Outre l'ébauche des performances des arpenteurs romains, énoncées par M. Legendre, les informations les plus intéressantes résident dans les suggestions du mode opératoire proposées par M. Vincent et les commentaires dont elles ont fait l'objet de la part de M. Legendre.

L'hypothèse de M. Vincent

77 M. Vincent<sup>38</sup> proposait deux visées dans la même direction en faisant tourner de 200 grades l'équerre de la *groma* (collimation horizontale). Cette méthode permet de définir la position du jalon à planter en le situant à mi-distance des positions provisoires situées à droite et à gauche de l'alignement théorique. Il est à noter que cette méthode permet d'excellents résultats avec un instrument déréglé, dans le cas présent un défaut de perpendicularité des branches de visée de la *groma*.

L'hypothèse de M. Legendre

78 En réponse à M. Vincent, M. Legendre, ingénieur-géomètre, proposait l'utilisation de plusieurs *gromae* sur la même ligne, se dépassant les unes les autres en cours d'opération (*saute-mouton*)<sup>39</sup>.

Caractéristiques de l'aire d'indécision

79 Ce trop bref aperçu montre l'ignorance dans laquelle nous nous trouvons pour reconstituer, de manière certaine, les scénarios techniques susceptibles de définir le profil-type de cette aire d'indécision. Avec des instruments modernes de topographie, pour des visées de 1,5 km, « les points communs sont situés dans une zone délimitée par un cercle d'environ 3 km de diamètre. La zone d'intersection est rarement plus grande qu'un cercle d'environ 1 m de rayon ».

80 La valeur moyenne des erreurs résiduelles issues de la conversion par défaut des données numériques du cippe de Cantabrie correspondrait à une valeur d'environ 10 mètres. On serait tenté de penser que les arpenteurs romains en charge des opérations d'arpentage corrélées au cippe de Cantabrie étaient dix fois moins précis que les géomètres actuels. Toutefois, une telle conclusion me paraît encore prématurée malgré les observations proposées plus loin.

81 Cette piste de travail intéresse tout particulièrement les modes de construction des cadastres romains fondés sur l'usage de la *varatio* dans la relation « voie-cadastre ». De nombreuses études cartographiques à l'échelle 1/25 000<sup>e</sup> ont mis en évidence l'existence d'intersections de *limites* associées à certains tronçons d'axe de voie romaine. Je reste prudent sur la réalité technique de ces déductions graphiques dans la mesure où 1 millimètre sur la carte correspond à 25 mètres sur le terrain, sachant qu'un côté d'*actus* mesure environ 35 mètres. S. Milles et J. Lagofun poursuivent :

« Si vous représentez l'ensemble sur un format A0 (1 188 x 840 mm<sup>2</sup>), un tracé à une échelle de l'ordre du 1/3 500 est nécessaire. La zone d'intersection devient alors un cercle de 0,6 mm de diamètre, donc inutilisable »<sup>40</sup>.

82 La carto-interprétation, qui est loin d'être un outil obsolète dans la définition des aires d'indécision, ouvre la voie à une recherche numérique via la DAO et les logiciels de CAO, tels que Covadis et Autocad, puisqu'ils permettent de visualiser directement les zones d'indécision par le biais d'un zoom du dessin.

#### 4. Mesure des défauts d'orthogonalité et de parallélisme des axes de référence des deux réseaux

83 La borne de Cantabrie ne livre pas directement la valeur des défauts d'orthogonalité et de parallélisme des axes de référence, non plus que la conversion des valeurs numériques. Cette quantification suppose un retour à la restitution spatiale fondée sur le parallélisme des axes de référence. L'hypothèse de deux réseaux différemment orientés dont les axes référentiels seraient distingués par le cippe étudié ne me paraît pas recevable. La chose aurait été possible avec un angle de rotation  $1/1 = 45^\circ$  pour générer des propriétés de symétrie susceptibles de correspondre à la localisation de deux autres bornes placées en amont et en aval du cippe étudié. Il faut donc admettre que la similitude des données alphabétiques, supposées correspondre à des distances, concerne une seule et même borne située sur l'alignement «  $O_2 - O_1 - P_n$  » sans pouvoir la localiser plus précisément sur cet alignement (Figure 5). La duplication des suites alphabétiques, la complémentarité entretenue par les rapports  $3/4$  (IVG / KHL) et  $1/4$  renforcent la proposition de lecture selon laquelle nous aurions affaire à deux réseaux parallèles (Figures 4 et 5).

84 Les documents photographiques de cet élément de bornage posent la question de son état primitif car la face sommitale semble extrêmement dégradée. La recherche de la borne-relais associée au cippe étudié ferait de celui-ci un *lapis varatus*<sup>41</sup> avec une face sommitale munie de repères directionnels dont l'intersection aurait permis la mise en station de la *groma*. Dans le cas contraire, on pourrait imaginer, non sans certaines réserves, que cet élément de bornage accompagnait un autre repère effectivement muni d'une face sommitale autorisant la mise en station du *ferramentum*.

#### Évaluation des erreurs de la localisation de la borne de Cantabrie

85 Partons du postulat d'une erreur instrumentale dynamique de la *groma* de  $\pm 0,0496$  grade et d'une déviation angulaire globale de  $0,1111$  grade, identique à celle qui a été observée sur le *kardo maximus*, à 50 km du locus *gromae* de la centuriation du Sud Tunisien.

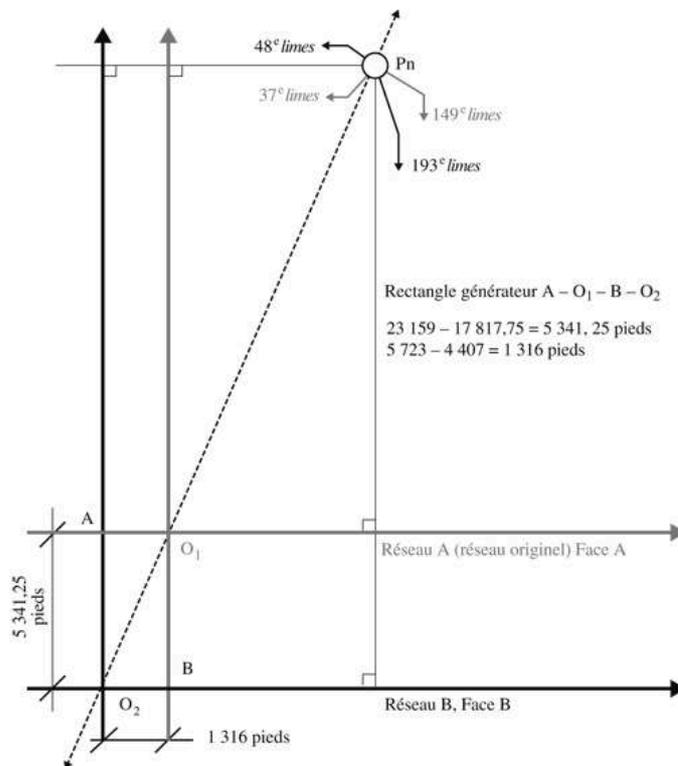
86 La face A du cippe cantabrique correspond au réseau A et la face B au réseau B. Sur la base des résultats de la conversion métrique aussi bien par défaut que par excès, les soustractions des erreurs résiduelles, « *Sous. 1 = Err. Abs. A - Err. Abs. B* » et « *Sous. 2 = Err. Ord. A - Err. Ord. B* », aboutissent à des résultats du même ordre. Nous obtenons 4 pieds pour *Sous. 1* et 61,25 pour *Sous. 2* :

$$\begin{aligned} \text{Sous. 1} &= 37 - 33 = 4 \\ \text{Sous. 2} &= 62,25 - 1 = 61,25 \end{aligned}$$

Où :

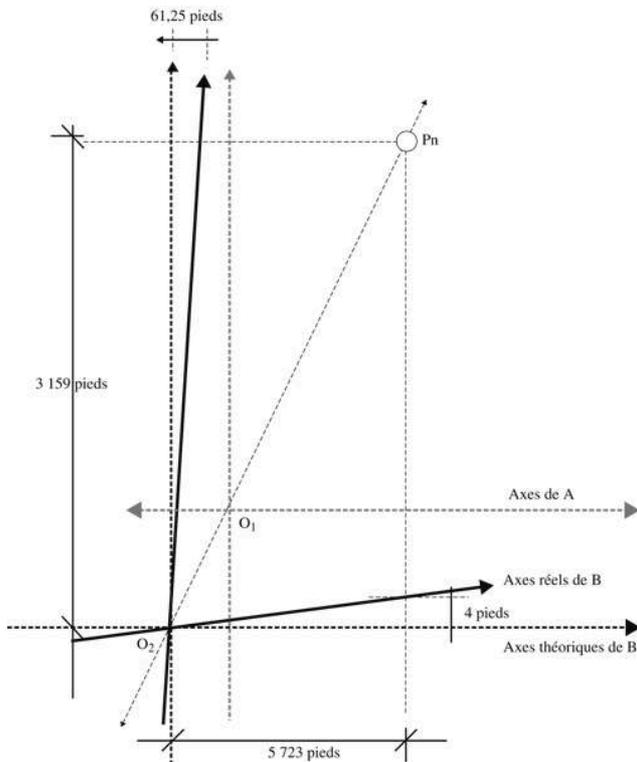
<i>Abs. A</i> (Fig. 7) = 5 723 pieds	$\Rightarrow 48 \text{ actus} - 37 \text{ pieds}$	$\Rightarrow \text{Err. Abs A} = 37 \text{ pieds}$
<i>Abs. B</i> (Fig. 7) = 4 407 pieds	$\Rightarrow 37 \text{ actus} - 33 \text{ pieds}$	$\Rightarrow \text{Err. Abs B} = 33 \text{ pieds}$
<i>Ord. A</i> (Fig. 7) = 17 817,75 pieds	$\Rightarrow 149 \text{ actus} - 62,25 \text{ pieds}$	$\Rightarrow \text{Err. Ord. A} = 62,25 \text{ pieds}$
<i>Ord. B</i> (Fig. 7) = 23 159 pieds	$\Rightarrow 193 \text{ actus} - 1 \text{ pied}$	$\Rightarrow \text{Err. Ord. B} = 1 \text{ pied}$

Figure 5. Restitution théorique de la borne cantabrique dans les deux systèmes de référence



87 Plusieurs cas de figure s'offrent à nous :

- Les axes référentiels du réseau primaire ne sont pas orthogonaux contrairement aux axes du second ;
- Les axes référentiels du nouveau réseau ne sont pas perpendiculaires, les axes du premier le sont ;
- Les axes référentiels des deux réseaux ne sont pas perpendiculaires.

Figure 6. Restitution des axes de référence théoriques et réels (3<sup>e</sup> cas de figure)

- 88 Pour les besoins de la démonstration, partons du premier cas de figure, avec des erreurs angulaires systématiques aléatoires.
- 89 Selon la Figure 6 :
- le déport de 4 pieds se situe à 5 723 pieds de l'origine  $O_2$ , ce qui induit une erreur angulaire gauche de  $\pm 0,0445$  grade ;
  - le déport de 61,25 pieds se situe à 23 159 pieds de l'origine  $O_2$ , ce qui induit une erreur angulaire droite de  $\pm 0,1684$  grades.
- 90 Ces résultats provisoires ont pour incidence un défaut d'orthogonalité du réseau  $R_2$  de 0,1239 grade, soit un angle de 99,8761 grades :
- $$\text{Err. ortho.} = 0,0445 - 0,1684 \implies 0,1239 \text{ grade}$$
- $$O_2 = 100 - 0,1239 = 99,8761 \text{ grades}$$

- 91 Le second scénario doit être éliminé au bénéfice du premier quand bien même les arpenteurs auraient observé un défaut majeur dans l'articulation de la trame initiale. En effet, il aurait été plus facile de recommencer l'implantation des amorces du second système que de reprendre l'intégralité d'un système anciennement en vigueur. Le troisième cas de figure ne peut pas être écarté pour autant. Il est plus que probable que les erreurs de la première trame, inférieures aux tolérances suggérées par Hygin le Gromatique<sup>42</sup>, aient autorisé la livraison de l'ouvrage initial. Les erreurs d'orthogonalité et de parallélisme observées dans l'hypothèse de restitution de la borne de Cantabrie présentée dans cet essai semblent faire écho aux observations de M. Legendre qui proposait un défaut angulaire de 0,1111 grade tandis que celui que je propose est de 0,1239 grade<sup>43</sup>. L'incidence d'un tel écart sur une distance de 50 km correspondrait à un déport latéral de 97,31 m, soit un écart d'environ 10 m par rapport au déport latéral observé par M. Legendre. La supériorité des erreurs proposées pour la borne de

Cantabrie par rapport à la centuriation du Sud Tunisien n'a rien d'étonnant pour un géomètre. Les aménagements cantabriques supposent la réutilisation d'un système orthonormé existant tandis que ceux du Sud Tunisien utilisent directement les éléments d'un calage originel.

Restitution graphique de la borne-relais

- 92 Après avoir vu la relation mathématique simple qui peut exister entre la borne principale et son corollaire, la borne-relais, l'étape suivante consiste à tenter un positionnement graphique de la borne concernée par les données alphabétiques. La complémentarité des rapports 1/4 et 3/4 plaide en faveur d'un positionnement de la borne-relais sur l'axe générateur passant par les origines  $O_1$  et  $O_2$  sans pouvoir dire si elle se trouve en-deçà ou au-delà du terme photographié. La conversion des données alphanumériques pourrait nous éclairer sur la question. Pour peu que les jeux de coordonnées alphabétiques se lisent de la première ligne sur la seconde, nous obtenons deux cas de figure possibles :

Hypothèse n° 1 : Positionnement en-deçà de la borne de Cantabrie (Figure 7)

- 93 La différence des abscisses et des ordonnées placerait la borne-relais à 1 007 pieds de distance de l'axe d'origine  $O_1$  et à 13 317,75 pieds d' $O_1$  ; à 2 323 pieds et à 18 654 pieds de distance de l'axe d'origine  $O_2$ .

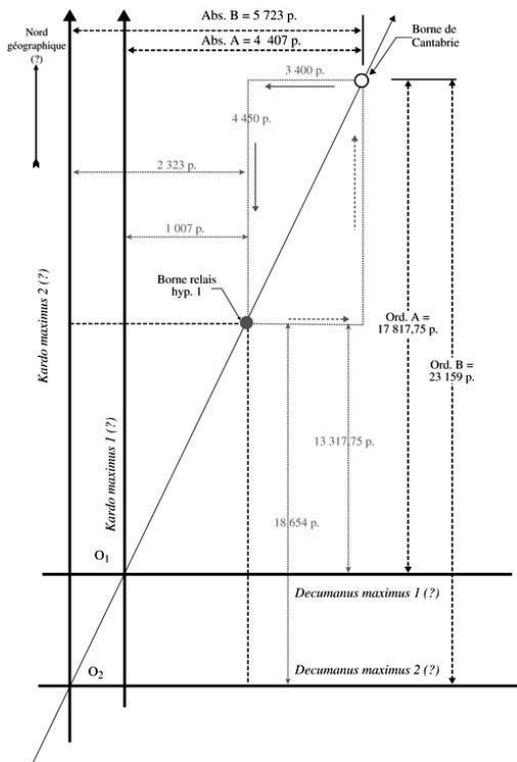
$$4\ 407 - 3\ 400 = + 1\ 007 = 8\ actus + 1/3\ d'actus + 7,2\ pieds$$

$$17\ 817,75 - 4\ 500 = + 13\ 317,75 = 111\ actus + 2,4\ pieds$$

$$5\ 723 - 3\ 400 = + 2\ 323 = 19\ actus + 1/3\ d'actus + 3,6\ pieds$$

$$23\ 154 - 4\ 500 = + 18\ 654 = 158\ actus + 6\ pieds$$

Figure 7. Restitution de l'environnement immédiat de la borne relais



Hypothèse n° 2 : Positionnement au-delà de la borne de Cantabrie

- 94 Les sommes respectives des abscisses et des ordonnées placeraient la borne-relais à 7 407 pieds et à 22 267,75 pieds de distance de l'axe d'origine  $O_1$ , à 9 123 pieds et à 27 604 pieds de distance de l'axe d'origine  $O_2$ .

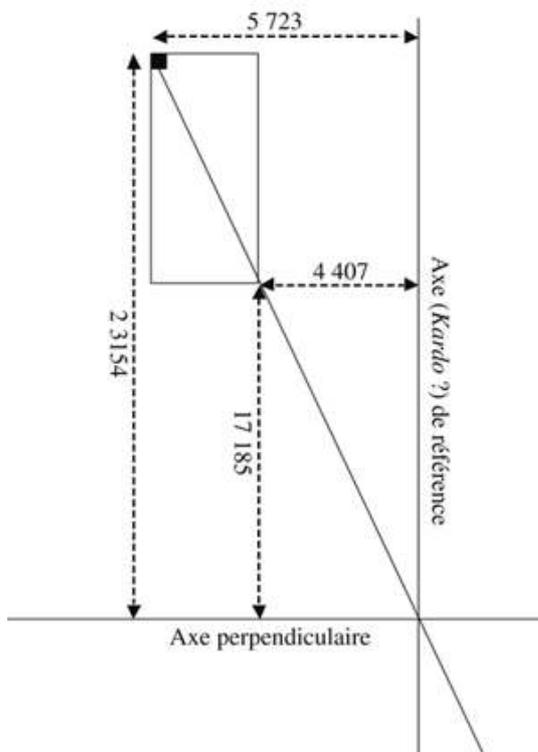
$$\begin{aligned} 4\ 007 + 3\ 400 &= +7\ 407 = 61\ actus + 2/3\ d'actus - 7\ pieds \\ 17\ 817,75 + 4\ 450 &= +22\ 267,75 = 185\ actus + 1/2\ d'actus - 4\ pieds \\ 5\ 723 + 3\ 400 &= +9\ 123 = 76\ actus + 1/6\ d'actus + 4\ pieds \\ 23\ 154 + 4\ 450 &= +27\ 604 = 230\ actus + 1/4\ d'actus + 6\ pieds \end{aligned}$$

#### Interprétation des résultats

- 95 De premier abord, les résultats obtenus ne paraissent guère explicites. Les fractions associées aux valeurs résiduelles issues des conversions métrologiques appellent diverses remarques.
- 96 Dans le premier cas, on peut observer une homogénéité au niveau des signes et des valeurs numériques tandis que cela ne peut être vérifié dans le second cas. L'exploitation graphique de ces données permettrait de révéler la localisation de la borne-relais sous-entendue par les jeux de coordonnées alphanumériques. La borne-relais semble se trouver entre l'origine  $O_1$  et la borne étudiée. La présente restitution paraît en accord avec les sources gromatiques techniques qui donnent à penser que les *agrimensores* préféraient travailler avec les seuls angles droits. Une enquête un peu plus approfondie de cette documentation technique montre, par le témoignage du Pseudo-Agennius, que si l'*ars mensoria* n'était pas aussi rudimentaire ni frustrante que cela, du moins l'utilisation qui en était faite l'était certainement.
- 97 Dans le traité attribué au Pseudo-Agennius, nous pouvons lire :
- « Que toujours, il fasse un calcul des limites se rejoignant, non seulement les angles droits mais aussi les angles obtus et aigus. Et si nous ne sommes pas négligents, nous restituerons aisément grâce à notre savoir-faire ce que des praticiens ignorants ont troublé »<sup>44</sup>.
- 98 Ce passage est particulièrement intéressant car il révèle l'existence d'outils géométriques occultés par les non-dits et les sous-entendus contenus dans les traités gromatiques.
- 99 Peut-on affirmer pour autant que les procédures des *agrimensores* prévoyaient l'usage à part égale de l'angle droit et des angles aigus et obtus, voire une généralisation de l'utilisation de ces derniers comme certains chercheurs le suggèrent ?
- 100 Un élément de réponse pourrait se trouver dans un autre commentaire, cette fois-ci plus tardif, dont la traduction est loin d'être aisée. *Diversi auctores*, et plus particulièrement *Gaius* et *Theodosius*, évoquent les conséquences de l'ignorance de certains de leurs collègues :
- « Nous avons établi sous terre des bornes carrées, celles que les *mensores* d'Italie donnent pour spécifiques de l'hypoténuse (ou bien : « nous avons établi (sous terre) des bornes carrées ; celles auxquelles se conforment les *mensores* d'Italie en faveur de l'hypoténuse »). Nous avons marqué le cathète, par des bornes majeures, surélevées, en forme de *trifinium* (conjonction de trois voies). Nous avons marqué ensuite les autres chemins (*cursorii*) par des bornes carrées. Ceux qui ignorent les mesures de celles-ci ne peuvent pas comprendre si elles (les bornes) s'appliquent au *trifinium* ou au *cursorius*, et, de la sorte, ils font aboutir faussement beaucoup de limites : en réalité elles (ces bornes) sont distantes respectivement de 374 et de 500 pieds »<sup>45</sup>.

- 101 Je ne crois pas en l'adoption d'un procédé d'implantation de cadastres faisant si largement recours aux angles aigus et obtus. L'utilisation des angles fut probablement réservée à des applications très spécifiques, tant leur utilisation et le contrôle de leur précision étaient délicats. Elle a pu être associée à des modes de construction et de contrôle fondés sur l'usage des angles droits, comme le suggère le mesurage d'un cours d'eau (*varatio fluminis*) décrit par Marcus Iunius Nipsius<sup>46</sup>. En effet, la définition, fondée sur l'intersection de deux alignements cultellés et matérialisés par des jalons, d'un lieu géométrique destiné à asseoir un segment directeur attaché à la création d'une nouvelle base d'opérations et à être stationné par une *groma*, devait nécessiter la création d'un segment directeur d'une longueur au moins égale ou supérieure à la longueur maximale d'une visée effectuée avec un jalon ordinaire.
- 102 À l'aide de deux rubans d'acier de 20 m, la même opération génère une imprécision comprise entre 1 et 2 cm, ce qui se traduit par une erreur angulaire maximale de 0,0637 grade. Pour une visée de 180 mètres, on serait amené à observer un déport latéral maximal de 0,18 mètre. Pour un côté de centurie de 708 mètres, nous aurions une erreur approximative de 0,72 mètre. Au niveau d'un côté de *quintarius*, cette erreur aléatoire aurait engendré une imprécision de +/- 3,60 m.
- 103 Le remplacement des rubans d'acier par des cordeaux aggraverait les imprécisions. Cette remarque vaut autant pour les modes de construction graphique des angles droits sur un sol plat – procédé des cercles sécants ou triangle rectangle inscrit dans un cercle – décrits par Balbus<sup>47</sup> que pour les deux autres types d'angles rationnels.
- 104 La Figure 7 démontre la perspicacité de R. Teja et de J.-M. Carrié, au vu des similitudes troublantes qu'elle présente avec la restitution proposée par ces auteurs<sup>48</sup> (cf. Figure 8).

Figure 8. Proposition de restitution spatiale proposée par R. Teja et J.-M. Carrié



## 5. Essai de lecture des inscriptions du cippe de Cantabrie

- 105 La lecture des inscriptions proposées dans ce chapitre laisse apparaître une certaine logique spatiale puisque la première ligne des faces A et B concerne un plan de lecture graphique horizontal tandis que leur seconde ligne intéresse le plan vertical. Tout en se référant au mode de construction dans lequel le *decumanus maximus* est dirigé vers l'Orient – Cas II, selon A. Piganiol<sup>49</sup> –, pour le « cadastre A » d'Orange, les assignations des Gracques et les centuriations du Sud Tunisien, on peut supposer que le cippe fugitivement aperçu dans les environs de Santander, en Cantabrie, se trouvait initialement dans la région SD /VK des cadastres auxquels il appartenait.
- 106 Les définitions alphabétiques gravées sur les deux faces de cette borne s'adresseraient aux seuls praticiens de l'arpentage romain tandis que les définitions numériques intéresseraient les usagers de la division agraire en question.
- 107 – Pour la face A,  
 « À 3 400 pieds de la borne-relais située en aval et 4 407 pieds du *kardo maximus* (?) du système initial,  
 À 4 450 pieds de la même borne-relais et 17 817,75 pieds du *decumanus maximus* (?) du même système ».
- 108 – Pour la face B,  
 « À 3 400 pieds de la même borne-relais située en aval et à 5 723 pieds du *kardo maximus* (?) du nouveau système,  
 À 4 450 pieds de la même borne-relais et à 23 159 pieds du *decumanus maximus* (?) du nouveau système ».
- 109 Cette restitution appelle les remarques suivantes :
- 110 1. L'adoption d'un double système d'écriture, tantôt alphabétique, tantôt numérique pourrait se justifier par l'usage de deux modes de mesurage distincts. Le premier renverrait à un contrôle éventuellement associé à une opération de *limitis repositio*, le second au système général.
- 111 2. L'interprétation épigraphique de la borne de Cantabrie et sa restitution graphique proposées dans cette étude posent, dans un premier temps, la question de l'utilité d'un alignement transversal et orienté selon le rapport mathématique simple 1/4 ou 3/4, ainsi que le calage chronologique de son utilisation. La borne de Cantabrie pourrait être une tentative d'amélioration des procédures classiques et, dans ce cas, le recours à un troisième alignement fut probablement intégré à ce nouveau procédé de construction dès sa conception. Dans le cas contraire, il s'agirait d'une adaptation des procédés ordinairement employés afin de remédier aux défauts de parallélisme et d'orthogonalité des axes de référence, mis en évidence par les dimensions de l'aire d'indécision. Cette nouvelle incertitude met en exergue le rôle de l'empirisme et du tâtonnement des praticiens dans l'évolution des sciences.
- 112 3. Les fragments attribués à *diversi auctores*, dont *Gaius* et *Theodosius*, ainsi que la Figure 7, renvoient à un autre concept de la topographie moderne enseigné dans la formation des techniciens, des techniciens supérieurs et des ingénieurs géomètres. Il s'agit du calcul d'un « point nodal à trois ou quatre branches ». Le calcul d'un point nodal vise la détermination numérique d'un point 'PN' matérialisant l'intersection de plusieurs cheminements tendus. Par opposition, la fermeture d'un *quintarius*, telle qu'elle est décrite par Hygin le Gromaticque, correspond à un cheminement fermé. La détermination finale des valeurs de ce point nécessite au préalable le calcul brut sans compensation de chacune des branches dont l'extrémité 'Pn 1', 'Pn 2', 'Pn 3'... correspond aux coordonnées approchées du point nodal 'PN'. La problématique de la

détermination des coordonnées définitives d'un tel point, qui nécessite la définition de coordonnées provisoires ainsi que la quantification des corrections à apporter sur le sommet de chaque cheminement, et plus particulièrement sur les points nodaux provisoires, demeure identique, quelles que soient les caractéristiques géométriques des branches, qu'il s'agisse de lignes droites ou de lignes brisées. Bien entendu, les valeurs des corrections à apporter sont intimement liées à la précision des instruments utilisés.

- 113 Considérons les résultats du calcul du point nodal 'Pn 4' à quatre branches (exemple d'exercice pratique de calcul trigonométrique en formation professionnelle), dont la résolution à l'aide d'imprimés requiert environ quatre heures de travail mais quelques secondes à l'aide d'un logiciel de calcul comme Covadis :
- 114 *Cheminement 1*, d'une longueur de 408,52 m, composé de 4 visées :  
. la tolérance angulaire est de 29 milligrades tandis que la correction à apporter est de 27 milligrades ;  
. la tolérance planimétrique provisoire de 'Pn 1' est de 36 cm tandis que la tolérance planimétrique définitive à apporter est de 29 cm, soit une correction transversale linéaire de 16,64 cm.
- 115 *Cheminement 2*, d'une longueur de 491,33 m, composé de 4 visées :  
. la tolérance angulaire est de 32 milligrades tandis que la correction à apporter est de 30 milligrades ;  
. la tolérance planimétrique provisoire de 'Pn 2' est de 39 cm tandis que la tolérance planimétrique définitive à apporter est de 33 cm, soit une correction transversale linéaire de 11,33 cm.
- 116 *Cheminement 3*, d'une longueur de 713,88 m composé de 6 visées :  
. la tolérance angulaire est de 29 milligrades tandis que la correction à apporter est de 27 milligrades ;  
. la tolérance planimétrique provisoire de 'Pn 3' est de 51 cm tandis que la tolérance planimétrique définitive à apporter est de 46 cm, soit une correction transversale linéaire de 15,18 cm.
- 117 *Cheminement 4*, d'une longueur de 723,89 m, composé de 5 visées :  
. la tolérance angulaire est de 30 milligrades tandis que la correction à apporter est de 28 milligrades ;  
. la tolérance planimétrique provisoire de 'Pn 4' est de 50 cm tandis que la tolérance planimétrique définitive à apporter est de 45 cm, soit une correction transversale linéaire de 13,37 cm.
- 118 – Du point de vue des calculs modernes, on peut distinguer différents niveaux d'approximation linéaire : les tolérances planimétriques provisoires, les tolérances planimétriques définitives et les corrections transversales linéaires qui sont les plus faibles.
- 119 – Du point de vue de cette étude, pour des distances largement inférieures aux valeurs inscrites sur la borne de Cantabrie, avec des instruments modernes d'une « précision angulaire standard » dix fois supérieure à celle de la *groma* des arpenteurs romains et en pratiquant la cultellation à plat, les valeurs obtenues ne contredisent pas les dimensions de l'aire d'indécision de la localisation provisoire de la borne de Cantabrie. Ces dimensions correspondent aux erreurs de juxtaposition des quatre extrémités des alignements. Pour une longueur de plus de 6 km, la correction transversale du

*cheminement* 4 correspondrait à une valeur d'environ 1,27 m, alors que l'erreur maximale de l'aire d'indécision est de 18,48 m (= 62,25 pieds). Le rapport de 18,48 m/1,27 m donne un coefficient multiplicateur de 14,56 assez proche de l'évaluation du coefficient de précision angulaire *groma*/théodolite mécanico-optique et du résultat de l'évaluation de la conversion numérique des inscriptions de la borne de Cantabrie (voir *supra*).

6. Une question délicate :

la transmission et la restitution des savoirs anciens

- 120 L'essai de lecture des inscriptions de la pierre de bornage de Cantabrie interroge les mécanismes de la transmission des savoirs et savoir-faire anciens. En d'autres termes, il s'agit de la restitution de l'histoire des techniques d'arpentage des Romains jusqu'au début du *xx*<sup>e</sup> siècle. Les améliorations de ces techniques ne semblent pas être la résultante d'une transmission linéaire et continue mais plutôt d'une transmission scandée par des ruptures plus ou moins longues et brutales ainsi que par certaines résurgences de procédés anciens. La transmission de tels savoirs ne doit pas faire oublier le phénomène de récurrence de certains gestes techniques commandés par le « bon sens de la pratique de terrain » que des géomètres distants de plusieurs siècles, voire de plus d'un millénaire, sont amenés à effectuer. En cela nous rejoignons l'opinion de M. Kasser, ancien Directeur de l'École Supérieure des Géomètres Topographes du Mans et actuellement responsable de la géodésie à l'Institut Géographique National :

« Il y a de grands besoins en matière cadastrale à travers le monde : pays sortant de longues guerres civiles où la reconnaissance de droits fonciers est essentielle pour obtenir une paix durable ; pays sortant de régimes communistes qui, par principe, ne connaissent pas la propriété foncière privée, etc. Ces démarches d'enregistrement et de publication des droits sont tellement anciennes et efficaces en Europe qu'on ne se rend plus compte de l'ampleur du travail nécessaire pour les démarrer depuis rien. Il faut essentiellement mettre les riverains d'accord sur les tracés des limites des parcelles, sur les ayants-droit, sur les servitudes... Il est nécessaire qu'ils comprennent aisément les documents cartographiques extrêmement détaillés servant de base à ces travaux les concernant tout particulièrement. Bien des litiges peuvent être évités si tout le monde parle le même langage géographique<sup>50</sup>. »

- 121 Dans ce cas, ce n'est plus la « transmission textuelle » qui véhicule l'essence même du savoir-faire mais la « culture technique » associée à l'expérience et à la nécessité d'adaptation à des situations particulières requérant toutes les ressources de l'art. Cette remarque se fonde sur le rapprochement de trois ouvrages, dont deux de topographie moderne<sup>51</sup>. Dans le premier, Pommiès insère un canevas trigonométrique, véritable assise du futur cadastre napoléonien, très proche du système de division agraire des centuriations romaines, alors même que Lachmann et Thulin n'avaient pas encore entrepris l'étude du corpus *agrimensorum Romanorum*. Le second décrit deux méthodes de détermination du Nord géographique<sup>52</sup> dont celles commentées par Hygin le Gromatique et Vitruve. La notion de « bon sens de la pratique de terrain » trouve toute sa signification avec la lecture du cycle expérimental de la détermination du « *kardo* de la sixième heure », la méridienne locale, telle que les Romains la matérialisaient et telle que j'ai pu l'effectuer dans le cadre de ma maîtrise<sup>53</sup>. Si j'ai délibérément tenté de reproduire une technique romaine, j'ignorais que je redécouvrais, ce faisant, l'intégralité de la méthode employée par les géomètres du début du *xx*<sup>e</sup> siècle consistant à utiliser plusieurs cercles concentriques pour affiner les résultats. Le troisième ouvrage<sup>54</sup> comporte une vignette sur laquelle on peut voir un géomètre du

xvi<sup>e</sup> siècle utilisant un Henrymètre, instrument de visée dédié à Henri IV, qui permettait la mesure d'angles horizontaux et verticaux. Cette vignette (périmètre octogonal de la parcelle et lignes de construction convergeant vers le centre où l'instrument de visée est mis en station) ressemble étrangement à l'un des exercices de dessin prévu dans la formation professionnelle pour adultes de technicien supérieur géomètre-topographe.

- 122 Ce faisceau d'indices donne non seulement à penser que la restitution des sous-entendus contenus dans les traités gromatiques techniques peut être réalisée par le canal de l'expérimentation, mais que celle-ci pourrait s'avérer plus fertile dès lors qu'elle se nourrirait des strates conscientes et inconscientes de l'héritage technique des praticiens modernes de la topographie et des archives des Services du Cadastre (cf. *supra*). Le type de cheminement induit par la restitution que je retiens ici pour la borne de Cantabrie illustre un tel phénomène de résurgence. La translation de coordonnées bidimensionnelles des systèmes, assortie d'une translation transversale quantifiée de l'origine du réseau primitif, offre, comme j'ai pu le dire précédemment, l'avantage de ne pas utiliser les lignes trigonométriques du sinus et du cosinus tout en limitant les calculs à de simples additions et soustractions.

#### 7. La question de l'expérimentation archéologique

- 123 L'interprétation du cippe de Cantabrie que je propose, inscrite dans la ligne du renouveau des études de l'arpentage romain, renforce la nécessité d'une approche expérimentale des procédures techniques d'arpentage restituées à partir du corpus des *gromatici veteres*. L'expérimentation en arpentage romain est une discipline récente. À défaut d'un consensus qui manque encore entre ses principaux acteurs, le mieux est de se référer à M. Legendre, qui écrivait :

« Mais on peut peut-être trouver des bornes enterrées aux endroits où les calculs permettront d'exécuter des opérations que les *agrimensores* appelaient la *limitis repositio* »<sup>55</sup>.

- 124 Si les conditions de la découverte de la borne de Cantabrie rendent inopérante dans ce cas une telle perspective, cette suggestion nous renvoie à un autre constat émis par Legendre en ce qui concerne nos connaissances sur les enchaînements opératoires utilisés par les Romains :

« Nous sommes réduits à des suppositions sur les instruments et méthodes de l'époque à laquelle se place la '*centuriatio*', et nous ne pouvons ici qu'effleurer un objet d'étude très vaste - celui des moyens matériels et de la technique topographique des ingénieurs romains »<sup>56</sup>.

- 125 Quelque quatre décennies après, nous pouvons nous faire une première idée du déroulement des enchaînements opératoires nécessaires à la réalisation de réseaux agraires fondés sur les seuls critères de parallélisme, d'équidistance et d'orthogonalité. Les résultats obtenus n'en demeurent pas moins insuffisants et hétérogènes pour entamer une réflexion plus approfondie sur les systèmes agraires traversés par une voie ou bien superposés ou contigus selon un angle différent de l'angle droit. Cette dernière approche implique la connaissance des tolérances que les arpenteurs romains s'imposaient pour la réalisation de leurs travaux dans le cadre de la mission sociale, politique, humaine qui leur était confiée, ainsi que dans l'environnement paléobotanique dans lequel ils évoluaient. Il me semble vain de croire que l'arpentage expérimental pourra apporter des réponses en ce qui concerne les performances des arpenteurs romains. Tout au plus pourra-t-on, un jour, définir les procédures techniques ayant permis à ceux-ci de réaliser de tels ouvrages agraires avec une marge minimale d'imprécision. Cette invitation à la modestie s'impose d'autant plus que nous

ne possédons qu'un seul exemplaire de *groma*, quelle que soit la pertinence de la reconstitution instrumentale proposée par Matteo Della Corte<sup>57</sup>.

#### Mesure directe des distances

- 126 Pour la mesure directe des distances, on peut classer les quelques résultats obtenus (valeurs brutes) de la façon suivante :
- 127 – Approche technico-théorique fondée sur la détermination d'un point par intersection de droites :
- . 14,5 pieds par côté de centurie<sup>58</sup>;
  - . 3,53 pieds par côté de centurie (valeur rétablie)<sup>59</sup>.
- 128 – Approche archéologique fondée sur la détermination directe de la distance séparant deux points<sup>60</sup> :
- . 3,36 pieds par côté de centurie, valeur rétablie<sup>61</sup> (cadastre B d'Orange) ;
  - . 8 pieds par côtés de centurie<sup>62</sup> (grande centuriation du Sud Tunisien).
- 129 – Approche comparative fondée sur la détermination directe de la distance séparant deux points :
- . 23,90 pieds par côté de centurie, valeur rétablie à partir de la tolérance énoncée<sup>63</sup> ;
  - . 2,42 pieds par côté de centurie pour un terrain de la catégorie A, valeur rétablie [Arrêté Interministériel du 20 mai 1948]<sup>64</sup> ;
  - . 3,33 pieds par côté de centurie pour un terrain de la catégorie D, valeur rétablie [Arrêté Interministériel du 20 mai 1948].
- 130 Les valeurs énoncées ci-dessus ne doivent pas être mises sur le même plan.
- 131 – L'identification de la valeur locale du module de centurie du cadastre B d'Orange, sur le domaine de Rut, résulte d'une procédure opératoire inadaptée aux exigences actuelles du renouveau des études de l'arpentage romain<sup>65</sup>.
- 132 – Les observations de M. Legendre reposent sur une moyenne pondérée de 1 045 mesures effectuées sur la base de documents cartographiques au 1/25 000e où une erreur d'un millimètre sur plan correspond à 25 m ou quelque 84 pieds sur le terrain.
- 133 Les observations technico-théoriques proposées par A. Roth Congès<sup>66</sup> et M. Assénat<sup>67</sup> ne correspondent pas exactement aux modalités techniques des modes opératoires des centuriations d'Orange B, du Sud Tunisien et du cadastre napoléonien. Toutefois, il semblerait que la proposition de M. Assénat se rapproche le plus du croisement des résultats fragmentaires offerts par l'archéologie et par les normes technico-juridiques de 1948 abrogées et modifiées en 1981 en raison de l'usage généralisé des mesures indirectes des distances à l'aide des distances-mètres à ondes ou à laser.

#### Mesure des angles

- 134 Pour la mesure directe des angles, l'approche expérimentale de l'implantation de la fermeture d'une centurie a donné les résultats suivants : 0,22 cm d'erreur dans la fermeture linéaire, soit 0° 12' sexagésimales dans la fermeture angulaire (expérimentation faite à l'échelle 1/16<sup>e</sup>)<sup>68</sup>.
- 135 Ce constat illustre quelques-unes des raisons qui m'ont poussé à interrompre les expérimentations que j'avais commencées en 1998 et menées jusqu'en décembre 2000. En effet, je ne possédais pas d'éléments de comparaison fiables afin de distinguer mes propres performances, qui de toute façon présentent un intérêt moindre par rapport aux performances des procédés techniques disponibles dans l'Antiquité et aux limites d'emploi des instruments alors utilisés.

## Commentaires

- 136 Ces quelques résultats, qui ne doivent pas faire illusion, attirent du moins l'attention sur deux facteurs :
- 137 – L'esprit d'expérimentation : la fiabilité des procédés topographiques et la réputation des géodésiens français résultent d'une longue tradition fondée sur l'amélioration des modes opératoires jadis utilisés. Disons-le clairement, le moteur de cette évolution n'est autre que la capacité d'exploitation des « ressources de l'art », c'est-à-dire une bonne dose de pragmatisme et de bon sens. Ces aptitudes permettent d'« oser l'expérimentation et l'empirisme » qui agissent comme des radicaux libres capables de transformer les savoirs acquis sur les bancs de l'école en savoir-faire forgé sur le terrain.
- 138 – La position de l'expérimentateur : l'un des rôles fondamentaux des acteurs de l'expérimentation est, me semble-t-il, de définir, parmi les attentes des archéologues du paysage, celles qui peuvent être actuellement satisfaites sur la base d'une définition homogène de la pertinence topométrique des sources à notre disposition en se posant la question suivante : sur une échelle de 1 à 100, quelle valeur pourrait-on attribuer, respectivement, aux bases de données archéologiques, morphologiques, textuelles et expérimentales liées à l'arpentage romain ?
- 139 Enfin, je me référerai aux propos de Pommiès qui rejoignent, en les annonçant, ceux de M. Legendre :
- « Cependant on a remarqué que quelques Géomètres ne faisaient les opérations trigonométriques que lorsque l'arpentage était terminé ; mais ceux-là n'ont pu inverser ainsi l'ordre raisonné du travail, qu'en ignorant les propriétés d'une triangulation appliquée au levé du détail. Ils n'ont pas su que son but était moins d'indiquer les erreurs de l'arpentage déjà fait, que de les prévenir dans celui qui doit se faire. En effet, les points trigonométriques peuvent être considérés comme des fils que saisit constamment le Géomètre pour ne pas s'égarer dans le labyrinthe des détails<sup>69</sup>. »
- 140 À l'instar des Géomètres évoqués par Pommiès, le praticien de l'arpentage romain expérimental est, lui aussi confronté aux conséquences de « l'inversion de l'ordre raisonné du travail ». L'identification et la quantification des erreurs commises sont une chose importante, mais le plus important semble résider dans le fait de prévenir les erreurs susceptibles d'être faites, ce qui implique la définition de leurs causes. On l'aura compris, la borne de Cantabrie et l'interprétation que j'en propose risquent de décourager l'entreprise d'exploration expérimentale de l'arpentage romain. Toutefois, ces inscriptions, pour peu qu'elles reflètent réellement les performances des arpenteurs romains ayant travaillé sur les réseaux auxquels appartenait ce cippe, ouvrent une piste de travail féconde fondée sur une réciprocité interactive entre les indices de performance des arpenteurs romains et ceux des acteurs de l'expérimentation.
- 141 La comparaison des erreurs présumées d'orthogonalité, de parallélisme et d'équidistance dégagées par l'étude de deux réseaux agraires distincts peut aider à se former une opinion sur les performances des *agrimensores* sans qu'on ait pour autant à se prononcer sur la qualité du positionnement topométrique des carrefours de *limites* antiques. Cette dernière information semble, en effet, ne pouvoir dériver que d'une analyse comparative des résultats obtenus par les expérimentateurs à condition qu'ils aient utilisé des répliques instrumentales conformes aux originaux (matériaux, procédures de construction, procédures de maniement décrites dans le corpus des

*gromatici veteres*, restituées par comparaison avec ce qui se pratiquait aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles et procédures restituées de manière intuitive). L'expérience que j'ai acquise à l'occasion du cycle expérimental de détermination de la méridienne locale décrite par Hygin le Gromaticus, lors de mes travaux antérieurs, conforte la nécessité de renseigner des fiches expérimentales de terrain en décrivant le choix des procédures mises en œuvre, quitte à rendre très fastidieuse la lecture de ces documents. Une reprise ultérieure de ces travaux ainsi que leur dépouillement impliquent donc la réalisation d'une banque de données, dont le principal défaut est d'être très volumineuse.

- 142 L'approche expérimentale que j'ai finalement adoptée dans le cadre de ma thèse de doctorat sur l'étude des techniques et des instruments des arpenteurs romains, consiste à être le témoin de certains exercices de topographie fondamentale enseignés aux futurs professionnels de la topographie, relatif à la cultellation à plat ou à ressauts successifs, au jalonnement en plaine ou en terrain accidenté ainsi que la mesure indirecte d'un cours d'eau. La collecte de ces données (caméscope, appareil photographique, relevés topographiques modernes conservatoires et traitements des mesures retranscrites sur les carnets de terrain) me permettront d'élaborer un modèle analytique nécessaire à la mise en œuvre d'un programme pré-expérimental fondé sur la répétition des mêmes exercices mais cette fois-ci avec des répliques instrumentales antiques. Cette initiation à caractère pré-expérimental devrait permettre de jeter les bases d'un programme expérimental fondé sur la mise en œuvre et l'étude de chaînes opératoires intégrales destinées à l'implantation expérimentale d'une centuriation à une échelle et sur une surface significative.
- 143 L'hypothèse présentée dans cette étude consiste à envisager une adaptation technique possible s'ajoutant aux moyens topométriques de clarification des controverses qu'avaient à arbitrer les *agrimensores* dans le cadre de leur activité professionnelle<sup>70</sup>. L'interprétation des jeux de coordonnées bidimensionnelles et mixtes que je suggère de lire répond à certaines des préoccupations et certains des concepts de travail de tous les géomètres, qu'ils aient exercé leur métier sous l'autorité de Rome, des rois, de l'empereur Napoléon ou bien des Ordres Nationaux des Géomètres-Experts de leur pays respectif. L'art du géomètre consiste à travailler dans l'erreur, c'est-à-dire à gérer au mieux des erreurs incompressibles. Si son attention doit se porter sur la quantification des unités entières, il doit faire preuve d'une attention encore plus grande envers les parties décimales des mesures effectuées.
- 144 D'un point de vue plus pragmatique, l'utilité des données chiffrées exprimées en pieds, et non en multiples de centurie, résout le problème d'écriture des sous-multiples de centurie et d'*actus*. Le choix d'une numération en pieds offre aussi l'avantage de pouvoir faire état d'un arrondi du sous-multiple direct du pied. Cette retranscription sous-entend l'idée d'adaptation et de gestion des erreurs de l'ancien système dans le nouveau réseau. L'utilité des données alphabétiques, renvoyant à des bornes-relais, pourrait suggérer la possibilité de contrôles et de rétablissements ultérieurs des *limites* effacés de manière volontaire ou involontaire. Cette différence d'écriture pourrait tout aussi bien exprimer un lien de parenté direct avec le nouveau système.
- 145 Les textes gravés sur l'une et l'autre faces de cette pierre de bornage entretiennent un grand nombre de rapports mathématiques simples remarquables. Ce nombre est suffisamment important pour voir dans cette borne l'un des premiers cas documentés

des techniques d'arpentage romain dans la gestion des imprécisions d'origine humaine, instrumentale et opératoire.

- 146 La nécessité imposée aux *agrimensores* de transformer les coordonnées d'un lieu géométrique d'un réseau dans un autre référentiel pourrait se justifier par une triple préoccupation fondée sur :
- . la stabilisation des transformations numériques des coordonnées,
  - . l'incidence des erreurs et des fautes (d'origine humaine, instrumentale et opératoire) dans la définition des points d'appui,
  - . la stabilisation des transformations numériques des coordonnées associées aux points faux.
- 147 La stabilisation des transformations numériques des coordonnées – en vue des opérations de repositionnement de *limites* ou de bornes, effacés ou déplacés pour les premiers, déplacés ou disparus pour les seconds –, revêt des difficultés croissantes selon qu'on opère :
- . une translation latérale de l'origine sans giration des axes majeurs,
  - . une translation transversale de l'origine sans giration des axes majeurs,
  - . une translation latérale de l'origine avec giration des axes majeurs,
  - . une translation transversale de l'origine avec giration des axes majeurs.
- 148 On peut ajouter à cette liste le cas particulier de la giration des axes majeurs sans translation de l'origine, qui a déjà fait l'objet d'une première réflexion<sup>71</sup>.
- 149 L'interprétation de l'épigraphe *D IIII / K XI XIII* (borne du Museo della Civiltà Romana) relèverait du premier cas de figure, tandis que la borne de Cantabrie renverrait au second cas de figure dans l'interprétation que j'en propose, au quatrième dans celle qui est suggérée par A. Roth Congès. Plus le système de transformation est sophistiqué (cas n° 4) plus il est important de pouvoir détecter les points d'appui faux ou entachés d'erreurs, ce qui est très rarement facile, surtout si ces points d'ancrage sont peu nombreux. Ce problème peut être actuellement résolu, avec d'innombrables précautions, en recourant à l'artifice de deux équations de stabilisation auxquelles il faut donner une valeur pondérale spécifique ainsi qu'une valeur pondérale relative aux relations d'observation des coordonnées des points<sup>72</sup>.
- 150 On peut tenir pour assuré que les *mensores* ne disposaient pas d'outils mathématiques tels que les équations de premier, second et troisième degré pour résoudre de tels problèmes. L'étude des précisions et des tolérances utilisées par les arpenteurs romains peuvent être cernées par le biais de la relation « Précision-Vérification-Tolérance », où les précisions et les tolérances recherchées dépendent implicitement des moyens de vérification alors disponibles.
- 151 Il me paraît plus prudent de considérer les erreurs révélées par l'étude des inscriptions de cette borne comme un pâle reflet de la conséquence d'un cumul d'erreurs dont il sera vraisemblablement impossible de définir la répartition puisque nous ne disposons pas d'un autre exemplaire de borne de ce type appartenant au même réseau, par nature complexe. Sans pouvoir se prononcer plus en détail sur le rôle de cet élément de bornage dans l'articulation définitive des deux réseaux, il est possible de penser que les géomètres en charge de cette nouvelle implantation ont cherché à limiter les déformations orthonormées tout en les répercutant sur les nouveaux axes référentiels. Ils auraient procédé à la moyenne des erreurs observées sur chaque borne de calage ou bien en tenant compte des erreurs issues de l'observation du terme le plus discordant. Un tel paradoxe se retrouve dans le système géodésique français. Contrairement à ce

qu'on pourrait penser, les distances qui séparent les repères géodésiques du 1er ordre (bornes de granit sous lesquelles se trouve un témoin de charbon<sup>73</sup> elles-mêmes noyées dans un mètre cube de béton) peuvent être exactes à un mètre près. Le principe de ce maillage privilégie la cohérence du système général et non la cohérence relative de tel ou tel élément du système concerné.

- 152 L'interprétation que je propose des données épigraphiques de la borne de Cantabrie tend à y reconnaître une tentative de topométrie numérique définie par les coordonnées rectangulaires de certains points de calage. La cohérence des coordonnées relatives de cette borne, qui donnerait une idée de la valeur topographique de ce travail, sous-entend de la part des *agrimensores* une réflexion probable sur l'étude des erreurs possibles, de leur contrôle, de leur neutralisation ou de leur atténuation par des procédés appropriés. Les phénomènes apparents d'orthogonalité, de perpendicularité et de parallélisme suggérés par les *agrimensores* sur les marbres cadastraux d'Orange et par les archéologues du paysage sur des fonds cartographiques au 25 000<sup>e</sup> sont à prendre non pas comme une réalité de terrain, mais plutôt comme un idéal – une utopie géométrique appliquée au terrain – vers lequel les *agrimensores* aguerris tendaient. Le concept des cadastres romains comme celui des divisions agraires idéalisées par les *agrimensores* reposaient sur une analogie entre la construction symétrique du monde et la collaboration harmonieuse des éléments et des phénomènes du cosmos. La réalité textuelle à caractère propagandiste de la littérature technique gromatique pourrait être comprise comme l'un des moyens mis au service des formateurs pour forger l'esprit des *agrimensores* en devenir.
- 153 Il va de soi que la validation de l'hypothèse de restitution de l'environnement de cette borne, qui est tout au plus une conjecture intéressante, ne saurait se satisfaire du simple rapport qualitatif et quantitatif des arguments plaidant en faveur de cette proposition. La validation finale de cette étude, qui semble impliquer un aller-retour en direction d'autres parallèles épigraphiques encore énigmatiques dans la perspective de lever le voile de mystère qui les recouvre, ne doit pas faire oublier la nécessité d'une restitution technico-théorique et pratique des sources gromatiques. On peut citer à titre d'exemple la manière dont Hygin le Gromatique<sup>74</sup> aborde le problème des défauts dans le *ferramentum* ou dans les visées en ce qui concerne la fermeture des *quintarii*. L'amalgame contenu dans ce passage montre, d'une part, les limites des moyens de vérification et, d'autre part, toute la difficulté que peut impliquer le calage d'un second cadastre contigu ou superposé à un réseau initial. En effet, les défauts liés à la *groma* correspondent à des erreurs systématiques, constantes en valeur et en signe tandis que les défauts associés aux visées relèvent de fautes variables en valeur et en signe (théorie des erreurs et des fautes).
- 154 En topographie, pour une procédure type, il existe autant de variantes et de performances qu'il y a de praticiens compétents, d'autant plus que l'*instrumentum* ne se limite pas à une seule classe d'appareils topographiques fabriqués de manière industrielle. Pour ce qui est des *agrimensores*, si l'*ars mensoria* se pratiquait avec des *gromae* construites sur le même modèle, celles-ci étaient fabriquées de manière artisanale, ce qui interdit la possibilité d'un niveau de précision homogène.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- ASSÉNAT, Martine, *Cadastres et romanisation dans la cité antique de Nîmes (deuxième siècle avant Jésus-Christ-deuxième siècle après Jésus-Christ)*, thèse, Montpellier, 1996 (dir. Michel Gayraud).
- BEHREND, Okko, CLAVEL-LÉVÊQUE, Monique, CONSO, Didier, VON CRANACH, Philipp, GONZALES, Antonio, GUILLAUMIN, Jean-Yves, PENNA, M.-J. & RATTI, Stéphane (eds), *Frontin. L'œuvre gromatique*, Luxembourg, Commission européenne Action COST G2, 1998.
- CHOUQUER, Gérard, CLAVEL-LÉVÊQUE, Monique, FAVORY, François & VALLAT, Jean-Pierre, *Structures agraires en Italie centro-méridionale. Cadastres et paysages ruraux*, Rome, École Française de Rome-De Boccard (Coll. de l'EFR, 100), 1987.
- CLAVEL-LÉVÊQUE, Monique, CONSO, Didier, GONZALES, Antonio, GUILLAUMIN, Jean-Yves & ROBIN, Philippe, *Hygin l'arpenteur. L'établissement des limites*, Commission européenne Action COST G2, « Paysages antiques et structures rurales », Napoli, Jovene, 1996.
- DANGER, René, *Traité pratique d'arpentage*, Paris, Garnier Frères, 1928.
- DELLA CORTE, Matteo, « Groma », *Monumenti antichi della R. Accademia Nazionale dei Lincei*, 28, 1922, pp. 5-100 (compte rendu par F. W. Kelsey, *Class. Phil.*, 21, 1926, pp. 259-262).
- D'HOLLANDER, Raymond, « Écoutez, vous arpenteurs des temps modernes... Bertrand Boysset, 1345 (?) -1414, *La Siensa de Destar* ou le savoir-faire d'un arpenteur au XIV<sup>e</sup> siècle », *XYZ*, n° 59, éd. Association Française de Topographie, 1994, pp. 75-77.
- DILKE, Oswald A. W., *The Roman Land Surveyors. An Introduction to the Agrimensores*, Newton Abbot, David & Charles, 1971 ; rééd. Amsterdam, Adolf M. Hakkert, 1992 [*Les arpenteurs de la Rome antique*, trad. française de J. GAUDEY, éd. F. Favory, Sophia Antipolis, éd. APDCA, 1995 ; éd. italienne, *Gli agrimensori di Roma antica*, Bologne, 1979].
- ELAYACHI, Moha, SEMLALI, El Hassan, BOUKBECH, Mustapha & ESSAADI, Houda, « Perspectives de modernisation des systèmes cadastraux », *XYZ*, n° 90 (mars 2002), pp. 60-63.
- DIRECTION GÉNÉRALE DES IMPÔTS, *Tables des tolérances appliquées aux levés à grande échelle entrepris par les services publics*, Paris, 1951.
- FAVORY, François, « Le territoire de Murviel-lès-Montpellier dans l'Antiquité et le Moyen Âge », *Revue d'Archéologie Narbonnaise*, 24, 1991, pp. 63-111.  
– « Retour critique sur les centuriations du Languedoc oriental, leur existence et leur datation », in *Les formes du paysage*, Tome 3, *L'analyse des systèmes spatiaux*, Paris, éd. Errance, 1997, pp. 96-126.
- FAVORY, François, GONZALES, A. & ROBIN, Ph., « Témoignages antiques sur le bornage dans le monde romain », *Revue Archéologique du Centre de la France*, 33, 1994, pp. 214-238.
- HAMMER, E., in *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 21, 1911 (compte rendu dans *Nature*, 88, 1911-1912, p. 158).
- HINRICHS, F. T., *Die Geschichte der gromatischen Institutionen*, Wiesbaden, 1974 [*Histoire des institutions gromatiques*, trad. française de D. Minary, revue et corrigée par M. CLAVEL-LÉVÊQUE, G. CHOUQUER et F. FAVORY, publiée avec le concours de l'IFAPO, Paris, Geuthner, 1989].
- HULTSCH, F., *Griechische und Römische Metrologie*, Berlin, 1882.

- KASSER, M., « L'orthophoto institutionnelle », *Géomètre*, n° 12, décembre 2002, éd. Publi-Topex, Paris, 2002, pp. 33-46.
- LACHMANN, K., in F. BLUME, A. RUDORFF & K. LACHMANN, *Gromatici veteres. Die Schriften der römischen Feldmesser*, Berlin, I, 1848 ; rééd. anast. Hildesheim, Georg Olms, 1967.
- LAPOINTE, Lucien & MEYER, Gilles, *Topographie appliquée aux travaux publics, bâtiments et levers urbains*, Paris, éd. Eyrolles, quatrième édition 1997.
- LEGENBRE, Marcel, « Note sur la cadastration romaine en Tunisie », *Les Cahiers de Tunisie*, n° 19-20, 1957, pp. 135-166.
- LEYRAUD, J.-C., MEFFRE, J.-C. & POUPET, P., « Le cadastre B d'Orange et son bornage à Sainte-Cécile-des-Vignes (Vaucluse). Le cas du domaine de Rut », *Revue d'Archéologie Narbonnaise*, 22, 1989, pp. 147-169.
- MERLIN, Alfred, *Inscriptions latines de la Tunisie*, Paris, PUF, 1944.
- MILLES, Serge & LAGOFUN, Jean, *Topographie et topométrie modernes - Calculs*, Paris, éd. Eyrolles, 2000, vol. 2 avec cédérom.
- MILLION, Claude, « L'application d'un système de coordonnées dans un autre référentiel », *XYZ*, 90, mars 2002, pp. 64-67.
- OPPERMANN, *Memento Oppermann à l'usage des ingénieurs, architectes, agents voyers, conducteurs de travaux, mécaniciens, industriels-entrepreneurs*, Paris, 1918.
- PÉREZ, Antoine, *Les cadastres antiques en Narbonnaise occidentale. Essai sur la politique coloniale romaine en Gaule du Sud (II<sup>e</sup> s. av. J.-C.-II<sup>e</sup> s. ap. J.-C.)*, *Revue d'Archéologie Narbonnaise*, Suppl. 29, Paris, CNRS Éditions, 1995.
- PEYRAS, Jean, « Écrits d'arpentage et hauts fonctionnaires géomètres de l'antiquité tardive », *DHA*, 27 / 1, 2001, pp. 214 et 217.
- PIGANIOL, André, *Les documents cadastraux de la colonie romaine d'Orange*, Suppl. à « Gallia », 16, Paris, CNRS, 1962.
- DURAND-CLAYE, Charles-Léon, PELLETAN, André & LALLEMAND, Charles, *Lever des plans et nivellement*, Paris, Éditions Baudry et Cie Libraires-Éditeurs, 1880.
- POMMIES, M.-L., *Manuel de l'ingénieur du cadastre*, Paris, 1808.
- ROTH CONGÈS, Anne, *Modalités pratiques d'implantation des cadastres romains : quelques aspects*, *MEFRA*, 108, 1996-1, pp. 299-422.
- RUBINI, Patrick-Joachim, *Simulation d'orientation, d'implantation à cap constant et maintien du kardo maximus ou du decumanus maximus - Des textes gromaticaux aux réalités de terrain : quelques aspects techniques*, Mémoire de maîtrise, Université de Franche-Comté, 1999, 208 p.  
- *Arpentage romain : analogies et utilisation des techniques topographiques antiques et actuelles au service de l'archéologie expérimentale, quelles perspectives ?*, Mémoire de DEA, EHES (dir. : Jean Andreau), 2001, 223 p.
- SUBERVILLE DE, Henri, *L'Henrymètre, Instrument Royal et Universel avec sa théorie usage et pratique démontrée*, Paris, Adrien Perrier, 1598.
- TEJA, Ramón & CARRIÉ, Jean-Michel, « Une inscription de Cantabrie (?) : fiscalité tétrarchique ou centuriation ? », (avec Appendice de J.-P. Vallat), *Antiquité Tardive*, 4, 1996, pp. 263-271.

THULIN, C., *Corpus Agrimensorum Romanorum*, I, Leipzig, Teubner, 1913, Teubner, rééd., Stuttgart, 1971.

## ANNEXES

### Glossaire

Actus	Droit de circulation ; chemin ; distance de 120 pieds romains ; littéralement, « action de faire avancer ».
Actus quadratus	Unité de surface agraire carrée de 120 x 120 pieds ; la somme de deux <i>actus quadrati</i> correspond à un jugère. Selon Pline l'Ancien, ce jugère « peut être labouré en un jour par un attelage de bœufs » ( <i>Histoire naturelle</i> , 18, 3, 9). Varron rapporte que les paysans de la Bétique mesurent les surfaces de terrain en <i>juga</i> : « Ils l'appellent <i>jugum</i> , parce que les bœufs attelés peuvent le labourer en un jour » ( <i>De Re Rustica</i> , I, 10, 1).
Agrimensor	Arpenteur agraire ; littéralement, « mesureur de terre ».
Aire d'indécision	Zone géographique matérialisée par plusieurs droites censées se couper en un seul point.
Aire de sensibilité	Voir « Aire d'indécision ».
Ars mensoria	Art de la mesure.
Bilby, signal	Repère ou balise topographique de forme complexe, destiné à aider au repérage d'un point déterminé à l'horizon.
Borne	Élément de bornage le plus souvent composé de matériaux naturels. Autre dénomination : terme.
Cadastre	Plan agraire à grande échelle, destiné à l'imposition fiscale.
Centurie	Parcelle de terre de 2 400 x 2 400 pieds initialement attribuée à 100 hommes.
Centuriation	Division agraire basée sur le croisement orthogonal de <i>limites</i> .
Cheminement	Méthode de levée par mesures d'angles successives.
Cippe	Au sens strict, colonne funéraire. Selon Siculus Flaccus, il ne doit pas être confondu avec une borne ou un terme (élément artificiel de bornage, souvent en pierre). L'usage français en fait cependant un synonyme de pierre de bornage.
Cultellation	Méthode d'arpentage des terrains en pente.

<i>Cursorium</i>	Nom d'une pierre de bornage dont le nom pourrait provenir d'un chemin-limite utilisé par les coureurs ( <i>cursorii</i> ).
<i>Decumanus</i>	Axe appartenant à l'une des deux orientations du réseau orthogonal de limites, généralement Est-Ouest. Le <i>decumanus maximus</i> est l'axe transversal majeur de l'ensemble.
<i>Ferramentum</i>	Instrument de visée des arpenteurs romains, voir <i>groma</i> .
Feuille de section	Plan cadastral détaillé généralement au 1/500 <sup>e</sup> ou 1/1000 <sup>e</sup> .
<i>Groma</i>	Voir « <i>ferramentum</i> ».
<i>Gromatici</i>	Auteurs de traités « gromatiques », c'est-à-dire d'arpentage.
<i>Instrumentum</i>	Ensemble des instruments des arpenteurs romains : outils physiques ( <i>groma</i> , perches, jalons...).
<i>Kardo</i>	Axe appartenant à l'une des deux orientations du système orthogonal de limites, généralement Nord-Sud. Le <i>kardo maximus</i> est l'épine dorsale de l'ensemble.
<i>Kardo</i> de la sixième heure	Méridienne locale pouvant être déterminée selon trois modes opératoires décrits dans le traité <i>Constitutio Limitum</i> attribué à Hygin le Gromatique. L'un des trois procédés a encore été utilisé en 1918 par les géomètres modernes au prix de quelques améliorations.
<i>Lapis varatus</i>	Pierre de bornage matérialisant l'angle formé par deux <i>limites</i> sécants.
<i>Libra</i>	Livre romaine (= 324 grammes) ; balance ; niveau avec fils à plomb.
<i>Limes</i>	Route, chemin ou sentier formant une limite entre deux parcelles.
<i>Limitis repositio</i>	Action de repositionnement de <i>limites</i> .
<i>Linea</i>	Ligne géométrique théorique matérialisée sur un support (borne, papier, <i>forma</i> ...) figurant un <i>rigor</i> à matérialiser, matérialisé ou à rematérialiser.
<i>Litterae singulares</i>	Littéralement : « lettres isolées, remarquables », servant d'abréviation ou exprimant une valeur numérique.
<i>Locus gromae</i>	Intersection du <i>kardo maximus</i> et du <i>decumanus maximus</i> .
<i>Mensor</i>	Voir « <i>agrimensor</i> ».
<i>Parallela</i>	Unité de mesure agraire gauloise dont on ne connaît pas la correspondance avec le système métrique romain.
Paume ( <i>palmus</i> )	Unité de mesure linéaire égale à 1/4 de pied ou 4 pouces (environ 7 cm).

<i>Pertica</i>	Perche d'arpenteur de 10 pieds ; territoire ayant fait l'objet d'une délimitation agraire, d'une centuriation.
<i>Pes monetalis</i>	Pied monétal : unité de mesure linéaire officielle de Rome égale à environ 0,297 m.
<i>Quadrifinium</i>	Intersection de quatre <i>limites</i> formant quatre angles droits.
<i>Quintarius</i>	Tous les cinq axes, <i>limes</i> plus large que les <i>limites</i> ordinaires, (mais moins que le <i>decumanus maximus</i> ou le <i>kardo maximus</i> ) ; unité de surface égale à 25 <i>actus</i> (= 5 <i>centuries</i> ), soit un parallélogramme régulier dont la longueur correspond à 5 côtés d' <i>actus</i> .
<i>Renormatio</i>	Création d'un nouveau système de découpage cadastral.
<i>Rigor</i>	Ligne géométrique théorique correspondant à une visée entre deux jalons, « droite que l'œil suit entre deux points, comme une ligne ».
<i>Striga</i>	Parcelle rectangulaire découpée dans une centuriation dans le sens de la longueur.
Système Lambert	Système de coordonnées cartésiennes encore en vigueur en France.
Système Lallemand	Système de coordonnées cartésiennes remplacé par le Système Lambert.
Tableau d'Assemblage	Plan schématique des communes à très grande échelle sur lequel les feuilles de section du cadastre sont localisées.
Tachéomètre	Instrument dérivé du théodolite, permettant de lever rapidement un plan nivelé.
Théodolite	Instrument de topographie muni de lentilles optiques de cercles gradués permettant de faire des visées, de mesurer des angles horizontaux et verticaux.
<i>Trifinium</i>	Intersection de trois <i>limites</i> pouvant former un angle plat, un angle obtus et un angle aigu ou bien un angle plat et deux angles droits.

## NOTES

\*. Je tiens à remercier F. Favory, M. Guy, A. Lopez et J.-M. Carrié qui ont eu la gentillesse et la patience de corriger les formes successives de ce travail ; F. Favory, A. Roth Congès et J. Andreau pour la constance avec laquelle ils ont suivi mes recherches ; mes collègues techniciens, ingénieurs et géomètres-experts qui ont partagé leurs savoir et leurs savoir-faire.

1. TEJA, R. & CARRIÉ, J.-M., 1996, pp. 263-271.

2. RUBINI, J., 2001, pp. 71-104.

3. TEJA, R. & CARRIÉ, J.-M., 1996, p. 264.  
 4. CARRIÉ, J.-M., 1996, p. 269 et Fig. 4.  
 5. DILKE, O. A. W., 1995, planche IX.  
 6. La. 179, 11-18 = Th. 144, 1-8.  
 7. Th. 135 ; trad. J. LE GALL.  
 8. Th. 145 ; trad. J. LE GALL.  
 9. Cf. les photos dans l'introduction de J.-M. CARRIÉ.  
 10. [Extrait de] l'auteur Latinus, perfectissime, avocat ; trad. F. FAVORY et alii, 1994, p. 224.  
 11. PEYRAS, J., 2001, pp. 213-214 et 217.  
 12. *Palatinus Vaticanus Latinus* 1564, conservé à Rome, Bibliothèque Vaticane ; datable vers 810-830.  
 13. Datable vers 850-875, conservé à Wolfenbuttel (RFA), Herzog August Bibliothek.  
 14. Le mécanisme de définition d'un nombre formé de plusieurs chiffres et le mécanisme de définition d'un nombre faisant appel à plusieurs dixièmes semblent être deux choses distinctes. Si le nombre latin « IV » qui est composé des chiffres « I » et « V », se lit « 1 que j'ôte de 5 », le résultat de la soustraction mettant en scène les mêmes nombres dans le même ordre, « 1 - 5 », donnerait une quantité négative, soit - 4. Ainsi, « I que j'ôte de V » serait une lecture latine, allant de gauche à droite, tandis que « 5 auquel je retranche 1 » serait une lecture orientale, allant de la droite vers la gauche.

Pour <i>KHL</i> :	Pour <i>IVG</i> :
1 050 + 900 - 2 500 = - 550	1 000 + 1 600 - 800 = + 1 800
- 1 050 - 900 + 2 500 = + 550	- 1 000 - 1 600 + 800 = - 1 800
1 050 - 900 + 2 500 = + 2 650	1 000 - 1 600 + 800 = + 200
- 1 050 + 900 + 2 500 = + 2 350	- 1 000 + 1 600 + 800 = + 1 400

Les lignes 1, 2 et 4 de la première colonne et les lignes 2 et 4 de la seconde colonne doivent être éliminées puisque cela pose la question de l'utilisation de nombres négatifs de la part des Romains réputés ne pas avoir utilisé le zéro. Il n'y aurait guère que les troisièmes lignes des deux colonnes pour offrir la possibilité d'un quelconque rapport mathématique simple exploitable, qui dans le cas présent n'aurait aucun sens.

Dans un système de division cadastrale romain, l'origine (*locus gromae*) est au centre, il n'y a pas de coordonnées négatives grâce aux préfixes *DD*, *SD*, *CK* et *VK*.

Dans le système actuel de coordonnées de la France, il n'y a pas de coordonnées négatives car toute la France est dans le « cadran haut-droit » formé par les axes imaginaires Nord-Sud et Est-Ouest dont la croisée se trouve au large des côtes maritimes portugaises.

- 15.. TEJA, R. & CARRIÉ, J.-M., 1996, pp. 265-268.  
 16. Siculus Flaccus, *Les conditions des terres*, [Th. 106, 70 ; trad. M. CLAVEL-LÉVÊQUE & alii, 1996, p. 27].  
 17. TEJA, R. & CARRIÉ, J.-M., 1997, p. 266.  
 18. THULIN, C., 1971.  
 19. D'un point de vue graphique, la complémentarité des rapports 1/4 et 3/4 montrent que le rapport 3/4 fut certainement utilisé par les *mensores* contrairement à ce qu'on pouvait penser (Cf. A. ROTH CONGÈS, 1996, p. 345).

20. Le phénomène de réversibilité évoqué dans cette étude s'inspire du principe de réversibilité des cheminements de polygonaux utilisé par les géomètres modernes pour éventuellement retrouver une station difficilement repérable sur le terrain.

21. La. 122, 9-10 = Th. 85, 10-12.

22. La. 339-340, 8.

23. FAVORY, F., 1997, p. 101.

24. FAVORY, F., 1997, p. 122, note 12.

25.  $37 \times 120 - 33 = 4\,407$  ;  $149 \times 120 - 62,15 = 17\,817,75$ .

26.  $48 \times 120 - 37 = 5\,723$  ;  $193 \times 120 - 1 = 23\,159$ .

27. Témoignage recueilli en février 2001, auprès de Michel Chinal, géomètre-expert, à Anse (69480).

28. Les « *Tables des tolérances applicables aux levés à grande échelle entrepris par les services publics* » ont pour vocation l'interprétation de l'arrêté interministériel du 20 mai 1948. Ce document émis par le Service du cadastre est d'autant plus intéressant qu'il prend encore en compte les « mesures directes » (pratique de la cultellation soit avec des perches, soit avec des rubans d'acier) : voir *infra*, n. 42. En écho à ce document, il est intéressant de noter que le Titre 1<sup>er</sup> *De l'exécution du Parcellaire*, Article 1<sup>er</sup>, paragraphe 12, du *Manuel de l'ingénieur du Cadastre* (POMMIÈS, M.-L., 1808, p. 21), véritable acte de naissance du cadastre napoléonien, prévoyait que « la tolérance pour les mesures linéaires est d'un centième et, pour les mesures de surface, d'un cinquantième ». Certaines planches laissent penser que les concepteurs du projet initial s'étaient inspirés du mode de division agraire des centuriations romaines (planche 1 et développement de la planche 1).

29. Frontin : Th. 118 ; trad. BEHREND, O., *et alii* 1998, p. 65.

30. DANGER, R., 1928, p. 103.

31. ROTH CONGÈS, A., 1996, pp. 315-324.

32. Les illustrations présentées dans cette étude ne sont pas à l'échelle, il s'agit de schémas cotés. Pour que les coïncidences des intersections recherchées puissent être significatives ces illustrations auraient dû être dessinées au 1/1200e, ce qui aurait impliqué des planches d'un format démesuré.

33. LEYRAUD, J.-C., *et alii*, 1989, pp. 147-169.

34. HULTSCH, F., 1882 in CHOUQUER 1992, p. 81.

35. Les valeurs communiquées correspondent aux valeurs proposées en degrés centésimaux ou de manière approximative par M. Legendre [LEGENDRE, M., 1957, p. 152].

36. Le diamètre des fils de visée de la *groma* de Pompéi a pu être défini grâce aux trous de passage des fils situés dans la partie supérieure des lestes découverts avec la *groma* (RUBINI, J., 2001, p. 202, document 15). Le diamètre moyen des jalons retenu dans l'évaluation de la distance maximale d'une visée à la *groma* tient compte de l'ensemble des diamètres intérieurs des embouts de jalon découverts avec la *groma* de Pompéi. Pour information plus précise, cf. RUBINI, J., 2001, p. 201, document 14.

37. L'évaluation de cette distance, comprise entre 175 et 180 m, a été obtenue en cherchant la distance nécessaire pour que les diamètres des fils de visée de la *groma* et du jalon semblent être égaux. Un côté de centurie mesurait 2 400 pieds nécessitant 240 portées de perche. Il est probable que ce même côté de centurie correspondait à un certain nombre de visées effectuées avec un *ferramentum*, par exemple quatre portées de 600 pieds chacune, soit 178,20 m pour un pied de 0,297 m.

38. LEGENDRE, M., 1957, p. 162, note 35.

- 39.LEGENDRE, M., 1957, p. 162, note 35.
- 40.MILLES, S & LAGOFUN, J., 2000, p. 32.
- 41.Nypsius 287, 8 - 288, 5, LACHMANN ; cf. la communication d'A. ROTH CONGÈS lors de la table ronde, 2000.
- 42.« *Quod si aut ferramenti vitium aut conspiciendi fuerit, vana contemplatio in uno quintario statim paret et tolerabilem habet emendationem* », Hygin le Gromaticus, La. 191, 14-192, 1 / Th. 154, 14-20. Ce passage a fait l'objet de deux traductions indépendantes. M. CLAVEL-LÉVÊQUE et alii, 1996, p. 97, proposent de lire : « En cas d'erreur due au *ferramentum* ou à la visée, la faute d'observation apparaît tout de suite sur un seul *quintarius* et on peut se permettre de corriger ». A. ROTH CONGÈS, 1996, p. 304, propose une traduction différente : « De fait, s'il y a un défaut, soit dans le *ferramentum*, soit dans la visée, le bouclage s'avère impossible sur un seul *quintarius* et la correction est tolérable ». Le contenu de ce passage suggère deux possibilités : une éventuelle valeur de tolérance au-dessus de laquelle la correction est impossible ; un mode opératoire destiné à assurer l'orthogonalité des axes majeurs nouvellement implantés avant de procéder à l'implantation de leurs parallèles. – S'il est impossible d'exclure une certaine notion de tolérance, il ne faut pas l'entendre dans le sens où les géomètres modernes la conçoivent. On pourrait restituer le sous-entendu relatif à ce mode opératoire par : « ... la faute d'observation apparaît tout de suite sur le premier *quintarius* [un des quatre *quintarii* directement attachés au KM et au DM] et on peut se permettre de corriger [en opérant un contrôle sur les quatre *quintarii* contigus au *locus gromae* [en tournant de gauche à droite, comme une spirale, du *locus gromae* vers les confins]. On pourrait imaginer que les *mensores* réitéraient la fermeture du *quintarius* de contrôle jusqu'à l'obtention d'un certain nombre d'écarts de fermeture faibles et cohérents. Cette proposition ne doit pas faire oublier la suite du propos d'Hygin le Gromaticus, la fermeture des *quintarii* « les uns après les autres ». D'un point de vue technique, ce point offre une très belle occasion de comprendre l'imposante organisation des travaux d'arpentage. Contraindre les angles droits d'un *quintarius* est une chose, mais cette même correction engendre de nouvelles corrections sur les huit autres *quintarii* qui lui sont contigus, puis sur les seize *quintarii* contigus aux huit précédents. – La restitution technique du mode opératoire de ce passage est très délicate car il pose la question de la culture technico-pratique d'Hygin le Gromaticus. S'agit-il d'un théoricien ou d'un authentique praticien ? Dans la perspective où ce personnage est un praticien, cette occurrence dément la suggestion de M. Vincent (III. 2. 1.). Dans le cas contraire, la restitution des sous-entendus est encore plus délicate à réaliser. Nous sommes confrontés de manière patente et implacable au risque de modernisation abusive des techniques anciennes, comme j'ai pu le dire dans mon mémoire de DEA.
- 43.RUBINI, J., 1999, p. 132.
- 44.Pseudo-Agenius, 30, 15-31, 6 Th. = 40, 23-41, 5 La. ; trad. H. MARCHAND, 2001, pp. 184-185.
- 45.La. 346, 25-26 ; traduction d'A. PÉREZ, 1995, p. 61 ; voir aussi la traduction d'A. ROTH CONGÈS, 1996, p. 347.
- 46.La. 285-286, 10, Fig. 208.
- 47.La. 107, 12 - 108, 8.
- 48.TEJA, R. & CARRIÉ, J.-M., 1996, p. 269, Figure 4.
- 49.PIGANIOL, A., 1962, pp. 45-46, Figure 5.
- 50.KASSER, M., 2002, p. 42.

51. POMMIÈS, M.-L., 1808, planche 1 ; OPPERMANN, 1918, pp. 19-20.
52. OPPERMANN, 1918, pp. 19-20.
53. RUBINI, J., 1999, pp. 51-124.
54. SUBERVILLE, DE, H., 1598, p. 74.
55. LEGENDRE, M., 1957, p. 163.
56. LEGENDRE, M., 1957, p. 161.
57. DELLA CORTE, M., 1922, pp. 7-100.
58. ROTH CONGÈS, A., table ronde du 26 mai 2000.
59. ASSÉNAT, M., 1996, p. 345, note 157.
60. Le *limes* danubien entre la rivière Rems, dans le Würtemberg, et le district de Walfürn, en Bade, d'une longueur de 80 km sur un terrain accidenté, se caractérise par un tronçon rectiligne de 29 km. Travaillant sur des documents cadastraux au 1/2500e, E. Hammer a déterminé, à partir de points dont on ignore le nombre et l'espacement, que l'erreur moyenne de l'alignement ne dépasse pas deux mètres. L'auteur estime que pour arriver à un tel niveau de précision, les arpenteurs romains ont fait appel à une technique d'arpentage nécessitant des interventions nocturnes et non diurnes (HAMMER, E., 1911, p. 158). Toujours selon ce spécialiste, un tel résultat n'aurait pas pu être obtenu par le simple prolongement des alignements. Ce travail mérite une attention toute particulière. Le cadastre germanique offre des avantages que le cadastre napoléonien, encore en vigueur en France, ne peut produire : bornage obligatoire de toutes les propriétés ainsi qu'une meilleure précision des supports graphiques (ELAYACHI, M., 2002, pp. 60-61). G. Tibiletti propose une méthode de travail différente fondée sur « les procédures des limitations antiques » (CHOUQUER, G., 1992, pp. 77-78) dont le caractère séduisant ne doit pas faire oublier l'absence de simulation numérique. Pour ce qui est du maintien des alignements lors des activités diurnes, je me rallierais plus volontiers aux suggestions de F. Favory et d'A. Novello. F. Favory préconisait l'emploi d'un signal sur un édifice public situé en altitude et visible de loin (FAVORY, F., 1991, p. 97), tandis qu'A. Novello proposait l'usage d'un jalon placé à l'aplomb vertical d'une borne à l'aide de deux jambes de bois calées dans les encoches latérales de bornes du type *Val Belluna*, en Vénétie (CHOUQUER, G., 1992, pp. 91-93). Ces deux restitutions reprennent l'esprit des « signaux Bilby », d'une hauteur de 42 m (antenne dont la structure rappelle celle d'un pylône électrique ou la structure aérienne d'un puit de pétrole), utilisés par les géodésiens et les géomètres français (LAPOINTE, L., 1997, p. 91). La nature périssable de ces signaux fait qu'il est assez rare de pouvoir encore en rencontrer un. Néanmoins, je garde le souvenir d'en avoir vu un sur une colline, non loin de Sénas, dans le Vaucluse, alors même que rien ne me destinait à devenir géomètre.
61. LEYRAUD, J.-C. et alii, 1989, pp. 147-169.
62. LEGENDRE, M., 1957, p. 147, tableau III.
63. POMMIÈS, M.-L., 1808, p. XXI.
64. Cf. Direction Générale des Impôts, 1951, 43 pages.
65. La borne post-médiévale assimilée au carrefour de centurie *sd 11 / ck 19* n'a fait l'objet que d'un relevé topographique tandis que l'emplacement du carrefour de centurie *sd 12 / ck 19* a fait l'objet d'une fouille archéologique associée à un relevé topographique. Cette méthodologie est d'autant plus surprenante que son maître d'œuvre, un géomètre, n'a pas su utiliser l'opportunité de la présence d'une borne géodésique se trouvant sur la terrasse du château de Rut, située de surcroît sur l'alignement des deux carrefours restitués ! L'écart d'1 m entre la valeur théorique du

module de centurie et la distance relevée sur le terrain ne permet pas de se faire une idée réelle de la précision du bornage local. Une visite du site effectuée au mois d'août 2003 a permis de constater d'importants remblais sur le site de la fouille entreprise par Joël-Claude Meffre (LEYRAUD, J.-C., et alii 1989, pp. 147-169).

66. ROTH CONGÈS, A., 1996, pp. 299-422.

67. ASSÉNAT, M., 1996, p. 345.

68. Synthèse : RUBINI, J., 2001, p. 54 ; détails : RUBINI, J., 1999, pp. 131-132.

69. POMMIÈS, M.-L., 1808, p. XXVI.

70. Siculus Flaccus, *Les conditions des terres*.

71. ROTH CONGÈS, A., 1996, p. 341, Fig. 25, p. 343, Fig. 26 et Fig. 27.

72. MILLION, C., 2002, p. 66.

73. Charbon de bois : MILLES, S., 2000, p. 59, Fig. 2. 43. Petit cylindre de bronze : LAPOINTE, L., 1997, p. 91. Cf. Siculus Flaccus, *Les conditions de terres*, Th. 98, 56.

74. Voir note 35.

## RÉSUMÉS

Le caractère énigmatique des inscriptions gravées sur la « borne de Cantabrie » a attiré mon attention alors que, praticien de la topographie contemporaine, j'étais engagé, pour un projet doctoral, dans l'étude des performances des arpenteurs de la Rome antique en fonction des techniques et des instruments dont ils disposaient. L'interprétation des informations alphabétiques et numériques des inscriptions révèle la complexité des opérations techniques d'arpentage associées à la superposition de deux cadastres antiques. Le présent article puise ses ressources dans l'analyse de plusieurs documents techniques et archéologiques, d'origine antique, et de documents techniques, d'origine moderne. L'auteur développe une restitution possible de l'environnement immédiat de ce vestige archéologique et propose une méthode par laquelle les *agrimensores* pouvaient limiter l'influence des erreurs liées aux instruments utilisés, aux sens humains et aux procédures techniques d'arpentage décrites dans les écrits des *agrimensores* romains. L'étude se termine sur un inventaire non exhaustif des avancées de la recherche de l'expérimentation en arpentage romain puis évoque les limites de cette nouvelle piste d'investigations archéologiques.

**The “Cantabrian Milestone”: New Approaches to the Study of Roman Surveying Techniques.** The enigmatic character of the inscriptions engraved on this land survey stone stimulated J. Rubini, a specialist of contemporary topography who was at time studying the uses of techniques and instruments by Ancient Rome surveyors. The interpretation of the alphabetic and numeric information enclosed in these inscriptions revealed the complex technical operations of land measure associated with Roman surveying. This study, drawing on the analysis of technical documents of both ancient and modern origins, first suggests a restitution of the immediate environment of this archaeological find, then attempts to recognize in its twofold inscription a method possibly used by the *agrimensores* in order to reduce errors stemming from the instruments used, the human senses, and the technical procedures of land surveying as described in the texts of the Roman *agrimensores*. This study ends with a non-

exhaustive inventory of advances in research and experimentation in Roman land surveying, then, finally, suggesting some limitations in this new approach to archeological investigation.

## INDEX

**Mots-clés** : métrologie, archéologie

**Index chronologique** : Antiquité

**Index géographique** : Espagne et Portugal

## AUTEUR

**JOACHIM RUBINI**

UMR 154, 390, avenue de Pérols, 34970 Lattes.

joachim-rubini@laposte.net