@

Henri MASPERO

LES INSTRUMENTS ASTRONOMIQUES DES CHINOIS AU TEMPS DES HAN

à partir de :

LES INSTRUMENTS ASTRONOMIQUES DES CHINOIS AU TEMPS DES HAN

par Henri MASPERO (1883-1945)

Mélanges chinois et bouddhiques, tome VI, Bruges, 1939, pages 187-356.

Édition en format texte par
Pierre Palpant

www.chineancienne.fr
janvier 2016

TABLE DES MATIÈRES

I. L'horloge hydraulique

II. Le gnomon et la tablette de mesure

III. Le cadran solaire

IV. Le Tube de visée

V. Armilles

VI. La sphère armillaire

VII. Le globe céleste.

Table des figures

1. — Horloge hydraulique moderne.
2. — Horloge du département du Premier ministre, sous les Han.
3. — Inscription de la Tablette de mesures, de la collection Touan-fang.
4. — Gnomon moderne.
5. — Gnomon d'architecte (époque des Song).
6. — Cadran solaire des Han (collection Touan-fang).
7. — Tube de visée d'architecte (époque des Song).
8. — Sphère armillaire de Sou Song (vue d'ensemble).
9. — Instrument des six points cardinaux.
10. — Instrument des trois ordonnateurs du temps.
11. — Le Cercle simple de l'équateur (sphère de Sou Song).
12. — Le Cercle double de l'écliptique (sphère de Sou Song).
13. — Instrument des quatre déplacements.
14. — Tube de visée.

@

pc.183 Les études dont l'astronomie chinoise ancienne a été l'objet dans ces dernières années ont surtout cherché à déterminer l'étendue des connaissances astronomiques, ainsi que les théories relatives au système du monde, et à en faire l'histoire, plutôt qu'à en reconstituer les conditions techniques ; en ce qui concerne les instruments d'observation en particulier, l'intérêt des savants s'est assez peu porté sur eux [1]. J.-B. Biot qui, étant astronome, se rendait compte mieux que personne de l'importance de la question, a voulu recueillir dans les textes à sa disposition tout ce qu'il a pu trouver sur ce sujet, mais son enquête a tourné court après une étude rapide de la clepsydre et du gnomon ; et même pour ces deux instruments, son ignorance du chinois et la nécessité de s'en tenir aux textes précédemment traduits l'ont amené à donner des descriptions incomplètes et erronées [2]. Une quinzaine d'années plus tard, Wylie a traduit les passages du *Yuan che* pc.184 se rapportant aux instruments de Ko Cheou-king, l'astronome du XIII^{e} siècle ; mais ces instruments d'époque récente, et dont plusieurs se ressentent de l'influence des « instruments persans » construits par Jemal-ud-din une dizaine d'années auparavant, étaient trop éloignés des périodes antiques dans l'étude desquelles la plupart des érudits se sont cantonnés, pour attirer beaucoup l'attention, et d'ailleurs cet article, publié dans les Actes du III^{e} Congrès des Orientalistes, y est resté trop oublié [3].

---

[1] Dans les notices d'un certain nombre d'instruments, on trouvera la mention de degrés. On sait que les Chinois divisent l'équateur céleste non en 360 degrés comme nous, mais en 365 ¼ degrés, juste autant qu'il y a de jours dans l'année, le Soleil étant censé parcourir un degré par jour ; l'écliptique et tous les grands cercles de la sphère céleste sont divisés de même. Il en résulte que le degré chinois est plus petit que le nôtre : il vaut 59' 8". J'ai réservé le signe ^{0} pour nos degrés et adopté un ^{d} pour les degrés chinois. D'autre part pour simplifier j'écris en abrégé « le 3 ^{d} de Teou » par exemple pour « le troisième degré de Teou » ; par suite « au 3^{d} de Teou » signifiera « au 3^{e} degré... » tandis que « à 3^{d} du solstice » signifie « à une distance de 3 ^{d} du point solsticial ».

[2] J.-B. Biot, *Études sur l'astronomie indienne et sur l'astronomie chinoise*, p. 289-301. Paris. 1862.

[3] Wylie, *The Mongol Astronomical Instruments in Peking,* ap*. Travaux de la III^{e} session du Congrès International des Orientalistes* (1876), t. II, p. 433-456

Récemment, M. Iijima a consacré un chapitre de son grand ouvrage sur l'astronomie chinoise ancienne aux « instruments d'observation », terme générique par lequel il entend le gnomon, la clepsydre, la sphère armillaire et la sphère céleste [1] ; malheureusement il emprunte toutes ses descriptions et ses reproductions à des livres chinois contemporains, de sorte que les instruments dont il parle sont encore plus récents que ceux qu'a décrits Wylie.

J'ai rassemblé ici quelques textes sur les instruments astronomiques de l'époque des Han et des Six Dynasties. Leur état fragmentaire en rend au premier abord l'interprétation presque impossible ; mais en les rapprochant les uns des autres, et en comparant leurs descriptions incomplètes avec celles des instruments des T'ang ou des Song, ou même avec celles d'instruments modernes, la plupart des difficultés tombent d'elles-mêmes : on passe en général sans peine des instruments modernes bien connus aux instruments anciens qui le sont moins, si l'on suit avec soin l'histoire de leurs transformations. C'est ce travail que j'ai essayé de faire ici, sans me dissimuler que cette méthode, en m'entraînant constamment hors de mon sujet, et en m'amenant à décrire longuement des instruments bien postérieurs aux Han, devait nécessairement rendre mon exposé un peu touffu et par conséquent difficile à suivre. J'y suis resté attaché cependant, pc.185 parce qu'elle est à mon avis la seule qui permette de se faire une idée de la forme, de l'emploi et de l'histoire des instruments astronomiques du temps des Han. Or, je suis persuadé que la connaissance précise de ces instruments est la condition *sine qua non* de la compréhension de l'histoire de l'astronomie de cette époque et même des époques précédentes.

[1] Iijima, *Shina kodai shiron*, p. 82-94, Töyö bunko ronzö, t. V ; Tokyo, 1925.

I. — L'HORLOGE HYDRAULIQUE

leou-hou, k'o-leou

@

La plus ancienne mention de l'horloge hydraulique est celle qui est faite à propos de la préparation de réforme du calendrier en 105 a. C. [1] : à cette époque elle apparaît comme un des instruments normaux de la Terrasse d'Observation, c'est-à-dire de l'Observatoire d'astronomie. Les auteurs de l'époque des Han la connaissent bien, presque trop bien, car c'est un des rares objets que les commentateurs des Classiques jugent inutile de décrire. Il subsiste cependant quelques courts textes relatifs aux horloges hydrauliques des Han et des Six Dynasties ; mais ils ne se laissent pas aisément comprendre ni interpréter. Je donnerai d'abord la traduction de descriptions d'horloges moins anciennes, parce qu'elles sont plus détaillées, et plus faciles à suivre, et que d'ailleurs les instruments eux-mêmes sont mieux connus.

Voici la description officielle de l'horloge hydraulique du XVII^{e} siècle [2], c'est-à-dire de l'horloge moderne telle qu'on en voyait encore quelques exemplaires, il y a une trentaine d'années, dans nombre de villes de Chine.

> « L'horloge hydraulique est placée au pied de l'Observatoire, *Kouan-siang t'ai*. En voici les dispositions.
>
> (Il y a) trois vases de distribution de l'eau, *po-chouei hou*, tous trois de forme carrée. Le plus élevé est appelé Vase du ciel pc.186 diurne, *je-t'ien hou* ; c'est le Vase réservoir, *k'ieou hou*, (de l'horloge) des Song [3] : à la surface il est large de 1 pied 9 pouces, au fond de 1 pied 3 pouces, et il est haut de 1 pied 7 pouces ; l'eau le remplira constamment. Le suivant est appelé Vase du ciel nocturne, *ye-t'ien hou* ; c'est le Vase double, *fou hou*, des Song : (à la surface il a 1,8 pied, au fond

[1] *Ts'ien-han chou*, k. 21A, 7a.
[2] *Ta Ts'ing houei-t'ien*, k. 81, 2b.
[3] Il s'agit de l'horloge de Chen Koua, construite en 1074, dont je parlerai un peu plus loin.

1,2 pied, et il est haut de 1,6 pied). Le suivant s'appelle Vase d'Égalisation de l'Eau, *p'ing-chouei hou* : (à la surface il est large de 1,7 pied, au fond de 1,1 pied, et il est haut de 1,5 pied). On les place (tous trois) sur un socle vermillion ; il y a un pavillion pour les recouvrir ; pavillion et socle ensemble ont 18 pieds 4 pouces de haut.

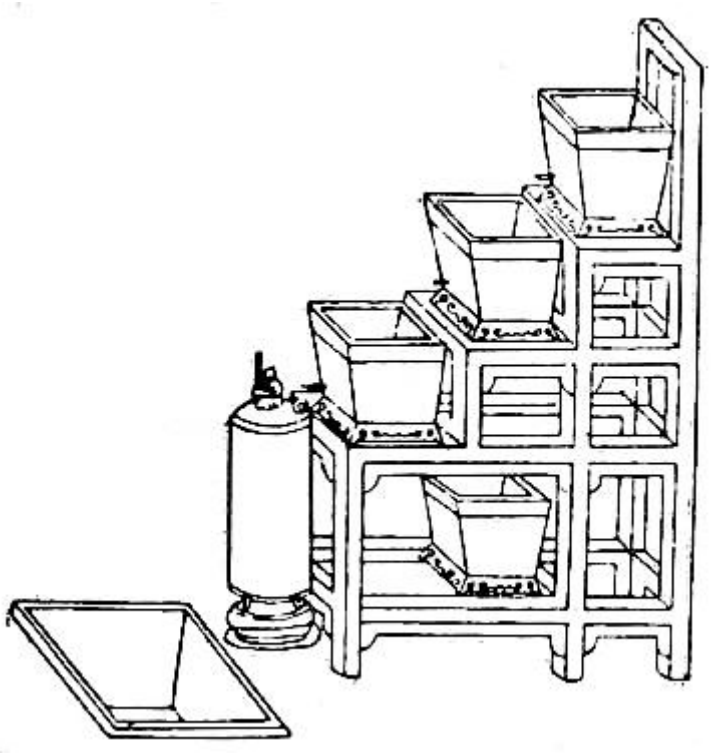


Fig. 1. — Horloge hydraulique moderne.

(Il y a de plus) un Vase de division de l'eau, *fen-chouei hou* [1], de forme carrée ; c'est le Vase de déversement, *fei-hou*, des Song ; sa hauteur et sa largeur sont les mêmes que celles du *p'ing-chouei hou* ; il est en dessous de celui-ci, un peu en arrière.

(Enfin il y a) un Vase de réception de l'eau, *cheou-chouei hou* [2], de forme ronde, appelé Vase des dix-mille eaux, *wan-chouei hou* ; c'est le Vase fondamental, *kien hou*, des Song ;

[1] Comme on verra quelques lignes plus loin, c'est un déversoir pour le trop-plein de l'eau, chaque vase étant plus petit que le précédent.
[2] C'est la clepsydre à proprement parler : c'est ce vase qui contient la tige horaire.

son diamètre est de 1 pied 4 pouces et sa hauteur de 3 pieds, 1 pouce ; il est en avant du socle, sur le sol.

Tous ces vases ont des couvercles.

Les trois vases de distribution de l'eau ont en avant près du bas un robinet de jade en bouche de dragon, (par où leur eau) se déverse de l'un à l'autre pour (finir par arriver au) vase de réception de l'eau. Le Vase d'Égalisation de l'eau a en arrière près du haut une ouverture (par où le surplus de l'eau) se déverse dans le Vase de Division de l'eau, afin d'égaliser le niveau de l'eau.

Au-dessus du Vase de Réception de l'eau de l'horloge, il y a un homme de bronze qui tient dans ses bras une tige de 3 pieds $_{pc.187}$ 1 pouce de haut sur laquelle sont gravés les heures et les quarts d'heures du jour et de la nuit à la fois, depuis midi juste, *tcheng-wou*, 12 h-13 h) qui est à la partie supérieure jusqu'au début de midi, *wou-tch'ou*, qui est à la partie inférieure [1]. On place la tige à l'intérieur du vase sur un flotteur en forme de tambour de bronze ; quand l'eau monte, le flotteur surnage et le haut de la tige sort (du couvercle du vase) : quand l'eau a rempli (le vase) la tige est entièrement sortie ; alors (l'eau) s'écoule dans un bassin [2].

Cette description est si claire qu'elle n'exige guère de commentaires. D'ailleurs, l'horloge moderne est tout à fait simple. On sait que dans ces instruments, la difficulté est d'arriver à la régularité du débit de l'eau, condition absolue d'une mesure correcte du temps, et que cette régularité ne peut être obtenue que si la pression de l'eau au point de sortie est constante. Sans en savoir la cause, les Chinois avaient anciennement constaté le fait, et, pour régulariser le débit, ils installaient plusieurs vases étagés, disposés de façon que dans le

[1] Le jour est compté de midi à midi et non de minuit à minuit comme dans l'usage ordinaire.

[2] C'est une cuve creusée en terre en avant de la clepsydre ; c'est là que cette dernière se vide quand la journée est finie, pour se remplir à nouveau, et marquer les heures du jour suivant.

dernier, celui qui précédait immédiatement le vase contenant la tige horaire, l'eau fût toujours maintenue au même niveau. L'horloge moderne arrive à ce résultat sans appareil particulier, par la seule disposition des bassins étagés et du réservoir, et c'est ce qui lui donne sa belle simplicité : l'avant-dernier bassin (Vase du ciel nocturne) est, comme le dernier (Vase d'égalisation), à niveau constant, pour que l'arrivée de l'eau dans le dernier bassin soit aussi régulière que possible, et compense exactement la sortie de l'eau qui va remplir le vase horaire ; mais cet avant-dernier bassin reçoit lui-même l'eau de façon irrégulière, puisque le premier bassin (Vase du ciel diurne) qui sert de réservoir, contient une quantité d'eau sans cesse décroissante du commencement à la fin du jour, et par suite il peut arriver que son niveau varie et que son débit augmente ou diminue : aussi le dernier bassin est-il pourvu pc.188 d'un déversoir qui ne permet pas que le niveau s'en élève.

Les horloges plus anciennes contiennent toutes des appareils régulateurs. La description la plus précise que je connaisse antérieurement au XVII^e^ siècle est celle de l'horloge installée par Chen Koua, avec l'autorisation de l'empereur, à la « porte par où on va au-devant du yang », *ying-yang men*, de la capitale des Song (le K'ai-fong fou des Ts'ing, aujourd'hui Siang-fou hien) et inaugurée le 19 mai 1074 [1]. L'inventeur a parlé longuement lui-même de l'appareil qu'il avait construit dans un mémoire présente à l'empereur quelques jours avant l'installation et l'inauguration. J'en traduis ici les passages descriptifs [2].

Mémoire sur l'horloge hydraulique

> « (L'horloge hydraulique se compose de) 3 vases de distribution de l'eau, *po chouei*, et d'un vase de réception de l'eau, *cheou-chouei.* Les deux (vases de distribution), appelés

[1] *Song-che*, k. 15, 5a ; Yu hai, k. 11,19b.
[2] *Song-che*, k. 48, 6a ; *Siu t'ong-tche*, k. 102, 25a (reproduction textuelle du précédent) ; *Yu-hai*, k. 11, 20a (abrégé en quelques lignes)

Vase réservoir, *k'ieou hou* [1], et Vase de déversement, *fei-hou*, sont tous deux ronds (avec un diamètre) de 1 pied 8 pouces, et 1 pied 4 ½ pouces de profondeur ; ils absorbent 2 *hou* d'eau et ont une capacité totale de 4.666.460 *fen* (cubiques). Le (troisième vase) appelé Vase double, *fou-hou*, a les mêmes mesures que le Vase réservoir... Le (Vase de réception de l'eau) appelé Vase fondamental, *kien-hou*, a 1 pied carré (de base) et 3 pieds 5 pouces de hauteur ; il absorbe 1 ½ *hou*. C'est au Vase réservoir que le Vase double va chercher l'eau ; quand le Vase (réservoir) est plein, l'eau se précipite, quand le vase est vide l'eau s'arrête [2]. À côté du Vase double est le Chenal de dérivation, *tche-k'iu*, qui fait le réglage de l'eau ; quand le Vase réservoir fait avancer l'eau avec violence, elle court furieusement avec agitation ; le doublement consiste en ce pc.189 que le Vase (double) est partagé en deux de façon qu'il y ait (au milieu) une séparation ; le doublement est le Chenal de dérivation : quand l'eau atteint son point de débordement, elle est prise en charge par le Chenal de dérivation, c'est ce qu'on appelle le Vase de déversement, qui reçoit les eaux déversées (comme trop-plein). Les 3 vases sont ceux qui distribuent l'eau ; ils règlent l'eau. À partir de la (cloison de) séparation du Vase double, elle est filtrée par le Poids de jade, *yu-k'iuan*, dans le Vase fondamental. Le Vase fondamental est celui qui reçoit l'eau ; c'est lui qui marque l'heure.

Le Poids de jade fait tomber la Raclette de l'eau, *kai-tsouen* : il monte proportionnellement (à la montée de l'eau) et ensuite elle s'échappe, alors l'eau s'infléchit et n'a pas de violence. Quand le Vase double a reçu la moitié de (l'eau) déversée par

---

[1] Litt. : vase où on va chercher *k'ieou* l'eau.

[2] Plus il y a d'eau dans le Réservoir, plus elle se diverse rapidement, à gouttes pressées dans le Vase double qui, avec son déversoir, sert de régulateur ; la vitesse de son écoulement diminue à mesure que le contenu du réservoir diminue lui-même. — *K'ieou-hou* signifie littéralement « le vase où (les autres vases) vont chercher (l'eau) » ou « le vase auquel (les autres vases) demandent (l'eau). »

> le Vase réservoir, le Poids de jade divise en deux ce que reçoit le Vase double, grâce à l'élargissement produit par le Chenal de dérivation (l'eau) entièrement se partage ; à la hauteur de cet élargissement, elle est unie comme une pierre à aiguiser, c'est ce qu'on appelle la Raclette de l'eau, *chouei kai*.
>
> Tous les vases ont des couvercles, *mi*, pour empêcher les saletés de pénétrer [1]...
>
> En hiver on met des braseros pour empêcher l'eau de geler.
>
> L'eau déversée passe par la Bouche de dragon, *long-tchouo* : le goulot, *king*, qui est tout droit, est attaché au vase ; il est de forme droite pour que (l'eau) coule facilement ; il est attaché au vase pour qu'il soit difficile de le casser. Dans le Vase double (ce goulot) est fait en jade, le bec en pénètre dans la Bouche du Dragon. On l'appelle le Poids ; c'est d'après la quantité (d'eau) qu'il pèse que se fait le remplissage de la clepsydre.

Il y a quelques détails obscurs dans ce texte ; mais on en comprend assez pour voir la disposition générale. Il y a trois bassins avant la clepsydre : un réservoir, un bassin régulateur et un déversoir. On remplissait d'eau le Vase réservoir, *k'ieou hou*, elle en sortait irrégulièrement, avec plus ou moins de force suivant qu'il était plus ou moins plein. Les ingénieurs du temps avaient pris leur parti de l'irrégularité du débit de ce premier pc.190 bassin : on se contentait de le remplir quand il était vide, et l'effort de régularisation portait entièrement sur le second bassin. Même quand le constructeur était obligé de tenir le réservoir constamment plein, et par conséquent de l'alimenter par quelque procédé d'adduction d'eau, comme lorsqu'il s'en servait pour régler le mouvement d'une sphère armillaire ou d'un globe céleste, il ne s'inquiétait pas plus de régler l'arrivée de l'eau que sa

[1] Chaque couvercle a un bouton différent ; les boutons ont des formes symboliques, dragon sur le Vase réservoir, lettré sur le Vase Double, et phoque sur le Vase de déversement ; j'ai laissé de côté les explications de ce symbolisme que donne ici le texte.

sortie. Sou Song, décrivant une horloge rudimentaire, mais fondée sur le même principe, qu'il emploie comme régulatrice dans le mécanisme compliqué qui sert de moteur à sa sphère armillaire, et qu'il alimente au moyen d'un courant d'eau, déclare qu'il n'importe pas que la quantité d'eau reçue par le bassin supérieur soit inégale, puisqu'on la règle, *tsie*, au moyen du bassin inférieur [1].

Ce réglage de la quantité d'eau, qui à l'époque moderne se fait de lui-même par le passage goutte à goutte à travers deux bassins successifs, devant être fait en une seule fois puisqu'il n'y avait au temps des Song que deux vases (le déversoir ne comptant pas à ce point de vue) au-dessus de la clepsydre, avait nécessité l'invention d'un appareil décrit sous le nom de « poids de jade », *yu-k'iuan*. Sa description, non accompagnée de dessins, est trop difficile à suivre (au moins pour moi) pour que je puisse la saisir dans tous ses détails ; mais il est clair qu'il s'agit d'un mécanisme de réglage automatique du niveau de l'eau dans le Vase double, pour assurer son écoulement sous pression constante de ce vase dans la clepsydre, au moyen de flotteurs analogues à ceux que nous employons nous-mêmes aujourd'hui encore. Le « poids de jade » est réglé de façon à démasquer le « canal de dérivation », c'est-à-dire le déversoir, quand l'eau, arrivant trop abondamment, risque de dépasser le niveau prévu, qui est celui du déversement de la moitié du contenu du bassin pc.191 supérieur dans le Vase double ; de façon à le masquer si la diminution de l'arrivée de l'eau risque de faire baisser ce niveau ; enfin de façon à partager en deux l'eau à mesure qu'elle arrive, quand elle est au niveau convenable. Un vase de déversement du trop-plein, où aboutit le canal de dérivation, complète cet ensemble. Ainsi le débit de l'eau dans le Vase double est réglé de telle sorte que, le niveau y restant constant, l'eau qui s'échappe par le fond de ce vase pour aller alimenter la clepsydre supporte une pression constante, ce qui est nécessaire pour que l'écoulement soit aussi régulier que possible, et puisse servir à la

[1] Sou Song, *Sin yi-siang fa-yao*, k. 3, 18a (et cf. dessin 17b), éd. *Cheou-chan-ko ts'ong-chou*. — L'auteur (qui vécut de 1020 à 1101) décrit les appareils qu'il avait fabriqués par ordre impérial de 1086 à 1088 ; il composa cet ouvrage en *chao-cheng* (1094-1097) lorsqu'il révisa ses appareils.

mesure du temps.

Les principes de construction des horloges hydrauliques des Song avaient été définis officiellement un peu avant cette dynastie dans le « Livre de l'Horloge hydraulique », *Leou-k'o king*, ouvrage composé par ordre impérial en 938. Ce livre, aujourd'hui perdu, était destiné à remplacer une série de manuels anciens dont les derniers avaient achevé de disparaître à la fin des T'ang [1]. Ces manuels avaient été nombreux : le plus ancien connu était un *Leou-k'o king* de Ho Tch'eng-t'ien (V^e^ siècle) en un chapitre, auquel on joignait parfois un mémoire de Ho Jong des Han (102 p. C.) dont le *Heou-han chou* a conservé des fragments [2]. D'autres de même titre avaient été composés successivement par Tsou Heng-tche (506), par Tchou Che (entre 560 et 565) et par son contemporain Song King de l'époque des Tch'en. Enfin Houang-fou Hong-tche avait rassemble en 11 chapitres les « Règles de l'Horloge hydraulique de divers (auteurs) » *Tsa leou-k'o fa*. Le *Souei chou* [3] a résumé brièvement les parties relatives à l'histoire de l'horloge et aux changements de la tige horaire de l'un ou l'autre de ces *Leou-k'o king*, mais en laissant de côté la description de l'instrument ; de plus la forme qu'il a adoptée ne permet pas de reconnaître ce qu'il a emprunté à chacun pc.192 de ces manuels divers, ni ce qu'il a pu y ajouter de nouveau, en dehors des faits propres à la dynastie Souei. Si bien que, de toute cette littérature, il ne nous est parvenu que quelques fragments de deux de ces « Règles », celles du *tao-che* Li Lan des Wei Septentrionaux [4], et celles de Yin K'ouei des Leang. Ces fragments sont malheureusement trop courts pour nous faire connaître exactement les « règles » suivies à cette époque dans la construction des horloges hydrauliques ; mais ils suffisent néanmoins à nous donner une idée de ce qu'étaient ces instruments qui, malgré la différence de lieu et de date (l'horloge de Li Lan est du Nord de la Chine et du V^e^ siècle, et celle de Yin K'ouei du Sud de la Chine et du VI^e^ siècle), ne différaient guère,

[1] *Wou-tai houei-yao*, k. 10, 13b.
[2] *Heou-han chou*, k. 12, 4a-b.
[3] *Souei chou*, k. 19, 11a-b.
[4] *Souei chou*, k. 19, 12b.

au moins dans leurs parties essentielles.

Li Lan (je commence par l'auteur le plus ancien) donnait dans son *Leou k'o fa* [1] la description détaillée de l'horloge construite par lui. Voici ce qu'il en subsiste :

> « On met de l'eau dans un vase ; on fait un siphon de bronze [2] courbé comme un crochet pour conduire l'eau, qui est dans le vase, dans la bouche de dragon en argent qui la crache dans le vase de pesée, *k'iuan-ki* ; un *cheng* de l'eau qui s'écoule pèse 1 livre, et met un quart d'heure à passer.
>
> C'est au moyen des vases de jade, des robinets de jade, des perles liquides, *lieou-tchou*, des *ma-chang* et des *pen-tch'e* qu'on fait fonctionner l'horloge hydraulique. Perles liquides, c'est un autre nom du vif-argent, *chouei-yin* [3].

pc.193 Ce qui reste de la description de Yin K'ouei est plus détaillé et sur certains points plus précis :

> « Voici. On fabrique l'instrument merveilleux (ainsi). Accrocher le vase, *kie-hou* [4], c'est peser, *ts'iuan* (l'eau). On fait trois étages de vases, tous ronds et ayant un pied de diamètre, qui sont dressés séparément sur des supports à eau. Au-dessus du *tch'e-tch'ou* [5], et au bas du vase (inférieur), on fait un dragon d'or dont la bouche crache l'eau

---

[1] Li Lan, *Leou-k'o fa*, ap. Chen Yo, *Sieou-tchong ki* (éd. *Chouo-fou*, k. 12, 1b), et ap. *Tch'ou-hio ki*, k. 25, 2b. — Les deux citations contiennent des fautes qui se corrigent mutuellement. Le premier paragraphe seul est dans les deux ouvrages.

[2] *K'o-wou*, litt. « corbeau qui a soif ». Cf. *Heou-han chou*, k. 108, 10b. « Le *k'o-wou* est un tube courbe qui par son souffle attire l'eau en haut », *yi-k'i yin chouei chang*.

[3] *Tch'ou-hio ki*, k. 25, 2b. Je transcris sans les traduire les deux expressions *ma-chang* et *pen-tch'e* : ce sont des expressions techniques, dont je n'ai pas trouvé l'explication. Le *Souei chou*, k. 19, 12b, parle d'une « horloge à *ma-chang* » *ma-chang leou-k'o*, horloge excellente fabriquée par Keng Siun vers 605, mais il ne dit pas ce qu'elle était.

[4] « Lever le vase » c'est mettre en marche la clepsydre (*Tcheou-li*, k. 30, 14b) : l'officier qui en est chargé l'accroche, *k'ie*.

[5] *Tch'e-tch'ou* veut dire au propre « marcher avec hésitation », d'où le double sens figuré d'hésiter et de flâner ; c'est aussi la personne qui flâne, et le lieu où on flâne ou hésite. On verra plus loin que cette expression est probablement ici le terme technique désignant le lieu d' « hésitation » de l'eau, c'est-à-dire de l'appareil de réglage qui la laisse passer ou la détourne vers le déversoir suivant s'il est nécessaire.

> qui se déverse dans le treillage *king-wei* [1], du *tch'e-tch'ou*, et coule à la partie inférieure du chenal de pesée, *heng-k'iu* [2]. Au-dessus de (ce) vase il y a un couvercle ; à l'intérieur, (il y a) un flotteur, *t'ien-feou*, portent la tige horaire), *ts'ien*, qui sort du couvercle. Sur le couvercle (on place) le préposé aux heures, *sseu-tch'en*, en or fondu ; il a le vêtement et le bonnet officiels, et tient des deux mains la tige horaire. [3]

La description de Yin K'ouei date des Leang, mais elle se rapporte à une horloge remontant à une époque plus ancienne : pendant leurs premières années, les Leang conservèrent l'horloge du palais impérial de leurs prédécesseurs ; en 506, on s'aperçut qu'elle fuyait, et l'empereur donna l'ordre d'en construire une autre qui fut installée immédiatement dans le palais. Mais l'ancienne ne fut pas détruite : Tsou Heng-tche fut chargé de la réparer, et elle fut « donnée aux services publics », *ki kouan* ; elle pc.194 ne disparut qu'au temps des Tch'en, pendant la période *t'ien-kia* (560-565), quand le *tchong-chou che-jen* Tchou Che reçut l'ordre d'en construire une neuve.

La « vieille horloge » avait été construite et présentée à l'empereur en 332 par Wei P'ei, sous-préfet de Chan-yin [4] ; une autre, qui se trouvait au palais Tchou kong, à peine moins ancienne, datait de 387 [5]. Ces dates nous ramènent au temps de la dynastie Tsin. Or l'horloge des Tsin est connue aussi par un écrivain de cette dynastie, Souen Tch'o, qui avait écrit vers le milieu du IV^{e} siècle une « Inscription pour une horloge neuve » contenant une courte description de l'instrument en

---

[1] *King-wei* : la chaîne et la trame d'une étoffe, désigne tout dispositif en lignes se coupant perpendiculairement les unes aux autres ; pour n'en prendre qu'un exemple, on sait que c'est par cette expression qu'on qu'on rend la notion des méridiens et parallèles géographiques. Ici, il s'agit à mon avis d'un treillage quadrillé destiné à arrêter les impuretés se trouvant dans l'eau et à les empêcher de pénétrer jusque dans la clepsydre.

[2] C'est le vase de pesée, *k'iuan-k'i*, de Li Lan, *Leou-k'o fa* [*Règles de l'horloge hydraulique*], ap. *Tch'ou-hio ki*, k. 25, 1b.

[3] *Souei chou*, k. 19, 12a ; Lou Tch'ouei, *Sin-leou-k'o ming*, ap. *Wen-siuan tchou*, k. 56, 5a.

[4] Sou Tseu-yun, *Tong-kong tsa-hi*, ap. *Wen-siuan tchou*, k. 56, 5a, et ap. *Yu-hai*, k. 11, 7b.

[5] *Tsin k'i-kiu tchou*, ap. *Tch'ou-hio ki*, k. 25, 3a.

phrases de quatre mots [1] :

> « On empile des vases en trois étages ; on accumule l'eau qui devient un abîme ; les pots (pareils à des) canaux sont pleins [2]; (l'eau) profite (d'un endroit) vide [3] pour s'élancer vers le bas ; les dragons transcendants en crachant versent (l'eau), les crapauds [4] la laissent échapper successivement.

Ces descriptions un peu succinctes, la première incomplète, et la seconde sans ordre, sont assez difficiles à suivre. Mais elles s'éclairent quand on les rapproche des précédentes, car l'horloge des Tsin, décrite par Souen Tch'o et par Yin K'ouei (comme celle des Wei Septentrionaux décrite par Li Lan) est dans ses grandes lignes la même que celle des Song. Elle se composait de trois bassins cylindriques en bronze d'un pied de diamètre, munis d'un couvercle pour empêcher les impuretés de pénétrer, pc.195 et, en s'accumulant, de diminuer la capacité des bassins, et par suite de dérégler l'instrument. Ces bassins étaient « étagés », c'est-à-dire disposés en gradins, de façon que l'eau allât en descendant du premier au dernier. Encore au-dessous étaient les deux vases qui marquaient l'heure. Des trois bassins, le premier que j'appellerai bassin supérieur était le réservoir d'eau pour la journée, le second que j'appellerai bassin moyen était le vase intermédiaire à niveau constant régularisant le débit de l'eau pour la verser dans le vase horaire ; le troisième était placé plus bas que le second, mais, comme dans l'horloge des Song, c'était un déversoir destiné à recevoir le trop-plein du bassin moyen. L'eau se déversait d'un bassin à l'autre par des robinets en forme de bouche de dragon qui la « crachaient ».

Il y avait deux vases horaires ; l'un pour le jour, l'autre pour la nuit. C'étaient des vases en bronze placés en dessous du bassin moyen, la

---

[1] Souen Tch'o, *Sin feou-leou ming*, ap. *T'ai-p'ing yu-lan*, k. 2, 5a, et *Pei-t'ang chou-tch'ao*, k. 130, 12b ; cf. *Yu-hai*, k. 11, 8a, dont le texte est meilleur, mais où l'ordre des phrases est interverti. Le passage est en phrases de quatre mots, sans rimes.

[2] Allusion à Mencius, IV B, XVIII. 3, trad. Legge, p. 201.

[3] L'expression *cheng-hiu*, qui s'emploie d'ordinaire au figuré, est à prendre au propre : le « vide », ce sont les robinets que décrivent les deux phrases suivantes, et qui sont chacun en bas d'un des vases, la seule ouverture par où l'eau puisse s'écouler des « pots pareils à des canaux » remplis d'eau.

[4] *Yin-tch'ong*, glosé par *ha-ma*, « crapaud » (*Yu-hai*, k. 11, 8b).

clepsydre de jour à gauche, celle de nuit à droite. Il est probable que le vase moyen avait deux robinets en « bouche de dragon », l'un à gauche et l'autre à droite, pour verser son eau alternativement à chacune des deux clepsydres, en sorte que le soir, le passage de la clepsydre de jour à celle de nuit devait se faire très facilement en fermant le robinet de gauche pour ouvrir celui de droite, et le matin, le passage de la clepsydre de nuit à celle de jour, non moins facilement en fermant le robinet de droite pour rouvrir celui de gauche. L'arrivée de l'eau était réglée de façon que l'adduction d'un volume de 1 *cheng* d'eau pesant 1 livre (environ 240 g) durât un quart d'heure (1 *k'o*, exactement 14 minutes 24 secondes). À l'intérieur de la clepsydre se trouvait un flotteur ayant la forme d'un petit tambour de bronze, portant une tige verticale divisée en parties égales par des lignes gravées : c'était la tige horaire, et les lignes gravées marquaient la division en quarts d'heure, *k'o*, d'ou vient que le terme de *k'o*, littéralement « gravé », était appliqué à la fois à la tige horaire, « la (tige) gravée », et au quart d'heure, « la (division) gravée ». Le couvercle de la clepsydre était percé d'un pc.196 trou et orné d'une statuette figurant un petit personnage en costume officiel, le préposé aux heures, *sseu-tch'en*, debout devant le trou. La tige horaire, sur laquelle étaient gravés les chiffres des quarts d'heure, passait par ce trou, et, à mesure que l'eau s'élevait, son flotteur la faisant monter, elle s'élevait devant le préposé aux heures dont les bras tendus désignaient l'heure ou plutôt le quart d'heure ; quand le jour ou la nuit étaient finis, la tige était entièrement sortie. On ne nous dit pas comment s'effectuait la vidange de la clepsydre, mais cette opération ne présente aucune difficulté dans le système ancien des deux clepsydres (celle de jour et celle de nuit), puisqu'elle peut se faire à loisir, chacune des deux clepsydres ne fonctionnant qu'une moitié de la journée : un simple robinet de décharge à la base de chacune d'elles suffit à l'assurer.

La forme des vases horaires n'est pas indiquée : elle devait être telle que l'augmentation d'un *cheng* (20 à 25 centilitres) d'eau de chaque quart d'heure produisît une montée de l'eau de hauteur suffisante pour permettre d'espacer les divisions de la tige horaire, et

d'en rendre la distinction facile. La journée (nycthémère) est divisée en cent *k'o* de 14 minutes 24 secondes (presque un de nos quarts d'heure) ; et la longueur maxima du jour étant de 65 *k'o* en y comprenant les crépuscules, ce qui était la règle au VI[e] siècle [1], la clepsydre de jour devait avoir une contenance de 65 *cheng* ; celle de nuit était peut-être un peu plus petite, puisque la longueur maxima de la nuit, moins les crépuscules rattachés au jour, est de 55 *k'o*. Ces indications ne sont pas suffisantes pour qu'on puisse déterminer la forme de l'instrument. Tout ce qu'on peut dire, c'est que la proportion de son diamètre et de sa hauteur est comprise entre deux limites extrêmes : celle où les divisions de la tige horaire deviendraient trop petites, et celle où la longueur et le poids de la tige empêcheraient l'instrument de fonctionner ou tout au moins en rendraient incommode le maniement quand on doit la changer, ce qui, pc.197 on le verra, se produit souvent. L'horloge de 1074, qui lui donne 3 pieds de haut, montre qu'une tige horaire de plus d'un mètre était encore maniable : les divisions des quarts d'heure sont à un centimètre de distance, ce qui est très clair. Mais cette horloge qui avait une contenance de 1 ½ *hou*, presque le double de celle de Yin K'ouei, était réglée par une autre quantité d'eau, et fonctionnait toute la journée : on ne peut la prendre comme modèle. Je n'ai rien trouvé sur la dimension et la forme de la clepsydre des Six Dynasties ou des Han.

Ce qu'il y avait de plus important à la fois et de plus compliqué dans l'horloge hydraulique, c'était le réglage de l'eau. Les textes notent seulement la quantité totale qui se déversait dans la clepsydre, non la vitesse ni le procédé de déversement ; mais il n'est pas impossible de s'en faire une idée. Dans les horloges modernes, l'eau se déversait goutte à goutte [2]. Il en était certainement de même dans les anciennes : d'après Li Lan en effet, quand la Bouche du Dragon qui servait de robinet, crachant de l'eau dans le vase de pesée, *k'iuan-k'i*, c'est-à-dire dans la clepsydre

[1] *Leang leou-k'o king*, ap. *Tch'ou-hio ki*, k. 25, 1b.

[2] Favier, Pekin, p. 284 ; l'aspect extérieur de l'horloge hydraulique est bien décrit dans ce passage, mais non le fonctionnement de l'appareil : l'heure était donnée par la montée de l'eau dans le vase horaire, et non par la baisse de l'eau dans les vases supérieurs, qui, sauf le premier, étaient à niveau constant.

proprement dite, laissait échapper 1 *cheng* d'eau pesant une livre, le temps écoulé était d'un quart d'heure [1].

La valeur exacte du *cheng* au temps des Wei Septentrionaux m'est inconnue, mais la valeur des mesures de capacité paraît être restée sensiblement la même des Han aux T'ang. Au milieu du III^e^ siècle de notre ère, le *hou* (valant 100 *cheng*) officiel de la dynastie Tsin était une mesure en forme de cylindre, ayant un diamètre de 1,355 pied, pour une profondeur de 1 pied juste, et contenant 1.441 pouces cubes [2] ; le pied du début des Tsin $_{pc.198}$ étant de 0,242 m [3], cela lui donne un diamètre d'environ 32 cm sur une profondeur de 24 cm, et une contenance d'environ 20 dm^3 ; le *cheng* était donc alors de 2 décilitres. Il n'avait pas varié depuis trois siècles, car un *hou* de bronze de Wang Mang, conservé comme pièce archéologique à cette époque, avait mesuré en pieds du début des Tsin, 1,3682 pied de diamètre pour 0,955 de profondeur, avec une contenance de 9,74 *teou* des Tsin, soit 33 cm environ de diamètre sur 23 cm de profondeur, avec une contenance de 19,50 l. Les mesures de

---

[1] Li Lan, *Leou-k'o fa*, ap. *Tch'ou-hio ki*, k. 25, 1b.

[2] Lieou Houei, *Kieou-tchang souan-chou tchou*, k. 5, 18a-b (éd. *Sseu-pou ts'ong-k'an*). La contenance de 1.441 pouces cubes ne concorde pas exactement avec les dimensions données. Les Chinois mesurent le volume d'un cylindre en multipliant par la hauteur le carré de la longueur de la circonférence de la base, divisant le produit par 12 (ce qui est juste avec π = 3) ; on devrait donc trouver :
Longueur de la circonférence : 13,55 x 3 = 40,65 en pouces.
Surface du cercle de base : 40,65 x 40,65/12 = 137,7.
Volume du cylindre : 137.7 x 10 = 1.377.
Il est probable que ce chiffre répond à un calcul un peu différent. Les mathématiciens chinois faisaient de la circonférence le triple du diamètre ; mais dès le temps des Han, ils s'étaient rendu compte de l'insuffisance de cette mesure ; on parle de procédés de Lieou Hin, de Lieou Houei, etc., pour y remédier, tous d'ailleurs insuffisants aussi. Wang Fan, dans la seconde moitié du III^e^ siècle, avait calculé une valeur de π = 3,155, qu'il exprimait en disant qu'une circonférence de longueur 142 avait un diamètre de longueur 45 (Wang Fan, *Houen-t'ien-siang chouo, ap. Siu kou-wen yuan*, k. 9, 40b ; cf. W. Eberhard et R. Müller, *Contribution to the Astronomy of the San-kuo Period*, ap. *Monumenta Serica*, II (1936), I, p. 153, 163). C'est Tsou Tch'ong-tche qui, à la fin du V^e^ siècle, trouva la solution la meilleure (π = 3,14159203), ce qu'il exprimait en disant qu'une circonférence de diamètre 113 avait une longueur de 355 ; et il opposait son procédé « exact » au procédé qu'il qualifiait de « sommaire » des mathématiciens contemporains, selon qui une circonférence de diamètre 7 avait une longueur 22 (π = 3,1428571) Mais ses procédés de calcul étaient si compliqués qu'ils ne furent pas adoptés, et sa mesure de la circonférence fut laissée de côté (*Souei chou*, k. 16, 2a)
Sur cette question de la mesure de la longueur de la circonférence, voir Yu Tcheng-sie, *Kouei-sseu ts'ouen-kao*, k. 6, ap. Nöda Churyö, *Chuhi sankei no Kenkyü*, 32. Le volume donné par Lieou Houei suppose π = 3.1445 ; on lui attribue d'ordinaire une proportion de 157 pour la longueur de la circonférence à 50 pour le diamètre (*Kieou-tchang souan-chou yin-yi*, 3a, éd. *Sseu-pou tsong-k'an*), ce qui donne 3.14 juste.

[3] Töda, *Shakudo sökö*, p. 93.

capacité et de poids anciennes des Chinois sont grossièrement faites, et de plus la réduction en mesures modernes n'est qu'approximative, de sorte que la différence peut être considérée comme négligeable. Les Tcheou qui succédèrent aux Wei Septentrionaux au milieu du VI^{e} siècle $_{pc.199}$ avaient créé une mesure spéciale, le *hou* de jade, *yu-hou*, un peu plus grande que la mesure officielle courante ; à l'imitation d'une anecdote célèbre sur le pays de Ts'i, elle était destinée à servir aux versements de grain faits par l'État, tandis que pour percevoir les taxes on continuait à se servir de la mesure officielle ancienne. Le *cheng* de jade nouveau avait une contenance de 110,8 pouces cubiques ; et le *hou* de jade valait 1.108,5739 pouces cubiques, ce qui mesuré avec le pied de jade, *yu-tche*, nouveau des Tcheou faisait 24,387 l ; comme le *cheng* de jade valait 1,034 cheng officiel ordinaire, le *hou* officiel valait à peu près 23 ½ litres, et le *cheng* 23 ½ décilitres [1].

En somme, à cette époque, 1 cheng valait sûrement entre 2 et 2 ½ décilitres. Il est intéressant d'introduire cette valeur dans le texte de Li Lan. Si en effet 1 *cheng* d'eau s'écoulait en 1 *k'o* (14^{m} 24^{s}), c'est-à-dire au maximum 25 centilitres en 864 secondes, cela fait un écoulement de 1 centilitre en 34 secondes, ou encore, de 1/3 de millilitre par seconde. C'est un débit goutte à goutte, très lent, à petites gouttes. Ainsi dès le temps des Six Dynasties, et évidemment dès l'origine, l'arrivée de l'eau était réglée de façon qu'elle tombât comme dans les horloges modernes en pluie régulière de gouttes pas trop pressées.

Les Chinois n'ont jamais alimenté directement leurs horloges hydrauliques par un système d'adduction d'eau : je ne sais pas à quelle époque ils ont connu la noria mue par le courant de l'eau lui-même, du type de la roue à godets qui faisait manœuvrer la sphère armillaire hydraulique de Sou Song au XI^{e} siècle ; mais même dans les temps modernes, ils n'en ont jamais appliqué le principe aux horloges [2]. Ils

[1] Pour les diverses mesures de capacité citées ici, voir *Souei chou*, k. 16, 13a-14b.

[2] Du moins aux horloges destinées à donner l'heure : quand l'horloge perd son individualité pour devenir le régulateur du moteur d'un appareil à marche continue, sphère armillaire par exemple ou sphère céleste, quand la force motrice est fournie à cet appareil par un courant d'eau continu amené par une noria ou par quelque autre procédé, l'horloge doit naturellement elle aussi être alimentée par ce courant.

préféraient puiser l'eau nécessaire au fonctionnement de l'appareil dans un grand réservoir qu'ils pc.200 remplissaient tous les jours ou du moins à intervalles fixes. Mais ce réservoir se vidant peu à peu au cours de la journée, sans que l'eau s'y renouvelle, le niveau de l'eau qui y est contenue baisse constamment, et cette eau, en s'échappant de la partie inférieure du réservoir, porte à chaque instant un poids différent, sans cesse diminuant, et par conséquent coule sous une pression constamment décroissante. Or, pour que l'eau arrive à la clepsydre en quantité égale dans des temps égaux, il faut que la pression de l'eau qui s'écoule du bassin pour tomber dans la clepsydre soit constante : les gouttes sont ainsi toutes égales. On ne pouvait donc conduire l'eau directement du réservoir dans la clepsydre : il fallait au moins un bassin intermédiaire ou l'eau fût toujours au même niveau, c'est-à-dire dont l'entrée et la sortie d'eau se compensassent exactement. Le maintien à un niveau constant était atteint grossièrement par l'installation d'un déversoir à ce niveau ; mais la compensation exacte n'était pas facile à obtenir, puisque la quantité d'eau contenue dans le réservoir diminuant constamment, il était impossible de régler aussi exactement l'entrée de l'eau dans le bassin intermédiaire que sa sortie. On a vu que les ingénieurs modernes ont résolu le problème de façon très simple, en introduisant un second bassin entre celui qui reçoit directement l'eau du réservoir et la clepsydre : le premier étant déjà un bassin à niveau constant, l'eau s'en échappe sous pression constante, et il devient ainsi possible de régler exactement l'entrée et la sortie de l'eau pour le second, qui déverse son contenu goutte à goutte dans la clepsydre avec le maximum de régularité. Les ingénieurs anciens n'avaient pas pensé à ce procédé de deux bassins intermédiaires : ils avaient essayé de régler le passage de l'eau du réservoir dans un bassin intermédiaire unique par un appareil automatique. L'horloge de 1074 nous montre, sinon très clairement, au moins de façon suffisante, cet appareil, « le poids de jade », avec son flotteur, qui réglait le déversoir et partageait l'eau d'arrivée entre le déversoir et le bassin intermédiaire d'après le niveau de l'eau dans ce dernier. C'est un appareil pc.201 analogue, sinon exactement pareil, que décrit Yin K'ouei : l'eau tombe goutte à goutte du

réservoir sur le treillage (*king-wei*) du « lieu d'hésitation », *tch'e-tch'ou*, d'où elle va soit au bassin intermédiaire soit au déversoir : c'est pour cela qu'on l'appelle le « lieu d'hésitation », parce qu'en y arrivant elle « hésite » entre deux directions, allant dans l'une ou l'autre suivant le niveau déjà atteint par l'eau. Cet appareil automatique devait déjà être, comme sous les Song, un poids faisant équilibre à l'eau contenue dans le bassin, ce qui explique le nom de vase de (l'eau) pesée, *k'iuan-k'i*, applique par Li Lan à la clepsydre proprement dite. C'était là, je pense, l'usage des « perles liquides », c'est-à-dire du mercure, que mentionne Li Lan en énumérant les divers éléments qui concourent au fonctionnement de l'horloge ; l'appareil de réglage devait être constitué par une sorte de balance ayant un côté libre, et l'autre fixe à la hauteur que ne devait pas dépasser l'eau, et portant du mercure : dès que l'eau dépassait un certain niveau, quelques gouttes de mercure changeaient de place, faisant monter le côté libre, et dégageaient ainsi l'ouverture du trop-plein ; quand l'eau avait repris le niveau normal, le mercure déplacé de nouveau revenait au premier récipient, tout reprenait sa place primitive, la balance redevenait horizontale et le trop-plein se refermait.

De l'horloge des Han, antérieure d'un siècle et demi environ à celle qu'ont décrite au IV^e^ siècle Souen Tch'o, et au VI^e^ siècle Yin K'ouei et Li Lan, je ne connais aucune description complète. Tchang Heng en avait fait une de celle qu'il avait employée en 117 p. C. pour régler sa sphère armillaire ; il n'en subsiste qu'un débris, mais ce débris complété par quelques passages d'autres auteurs et comparé aux descriptions précédentes, permet de se représenter au moins les dispositions générales de l'horloge hydraulique des Han.

> « Horloge hydraulique, *leou*. — On reçoit l'eau dans (un vase) de bronze, et on grave sur une baguette les 100 quarts d'heure du jour et de la nuit [1]. pc.202
>
> « (Le mot) « vase », *hou*, (désigne ce qui) laisse couler (l'eau) ; (les mots) « garder le vase avec du feu » (indiquent

[1] Hiu Chen, *Chouo wen*, s. v. *leou*.

que) la nuit on regarde les quarts d'heure avec du feu. (Les mots) « séparer le jour et la nuit » veulent dire qu'il y a des horloges de jour et de nuit différentes. Les tiges horaires de la clepsydre ont à elles deux pour le jour et la nuit 100 quarts d'heure [1] ».

« D'un vase, *hou*, vide on fait la clepsydre, *leou* ; d'une tige avec un flotteur, on fait la tige horaire, *k'o* ; en faisant descendre (l'eau) dans la clepsydre, on compte les quarts d'heure [2] ».

« On fait des vases de bronze qu'on place séparément sur deux étages ; on les remplit d'eau pure ; en bas chacun est percé d'une ouverture qui crache (l'eau) par un dragon cornu, *k'ieou*, de jade ; l'eau qui s'écoule entre dans deux vases, *hou*, celui de gauche est pour la nuit, celui de droite pour le jour [3] ».

« Sur le couvercle (de chacun d'eux) on a fondu de plus [4] (une petite statuette d'homme) en bronze doré : un immortel sur le vase de gauche (nuit) et un policier, *siu-t'ou*, sur le vase de droite (jour) ; (ces personnages) saisissent l'un et l'autre la tige horaire de la main gauche, et de la main droite montrent les divisions gravées [5] ».

« Quand la clepsydre de jour finit, la clepsydre de nuit commence [6].

---

[1] Tcheng Hiuan, *Tcheou-li tchou*, k. 30, 14b (éd. *Che-san king tchou-chou*).
[2] Sseu-ma P'iao, *Siu Han chou*, ap. *Heou-han chou*, k. 12, 4a.
[3] Tchang Heng, *Leou-chouei tchouan houen-t'ien-yi tche* [Règlement pour faire tourner une sphère armillaire au moyen de l'eau d'une horloge], ap. Siu Kien, *Tch'ou-hio ki*, k. 25, 2a.

[4] « De plus » se rapporte à un passage perdu de la description du couvercle, celle du trou devant lequel étaient placées les statuettes, je pense.
[5] Tchang Heng, *op. cit.*, ap. Li Chan, *Wen-siuan tchou*, k. 56, 5a ; cf. Tch'ou-hio ki, *loc. cit.*, 2b, 3a.
[6] Wei Hong, *Han kieou-yi, ap. Wen-siuan tchou*, k. 56, 5a. D'après les règlements du Palais, au moment où la clepsydre de nuit succède à celle de jour, le tambour résonne cinq fois (*Ibid.*, et cf. Wang Tch'ong, *Louen heng*, k. 13, 35b, trad. Forke, II, p. 84) ; un système d'éclairage sur la clepsydre permet de lire les divisions pendant la nuit (Tcheng Hiuan, *Tcheou-li tchou*, k. 30, 14b (éd. Che-san-king tchou-chou de Yuan Yuan), on l'allume au moment du changement de clepsydre (Wei Hong, *loc. cit.*).

On reconnaît sans peine la disposition de l'horloge de Sou Song et de celle qu'a décrite Yin K'ouei, avec le réservoir à l'étage pc.203 supérieur, le bassin intermédiaire à l'étage moyen, la clepsydre elle-même tout en bas ; et les robinets de jade qui font passer l'eau goutte à goutte d'un bassin à l'autre. Mais il n'est fait mention ni de déversoir, ni d'appareil automatique de réglage. Il y avait nécessairement un déversoir pour régler le niveau de l'eau dans le bassin intermédiaire, mais il est possible que l'appareil de réglage ait été un perfectionnement postérieur aux Han et qu'au temps de Tchang Heng il n'ait pas encore existé.

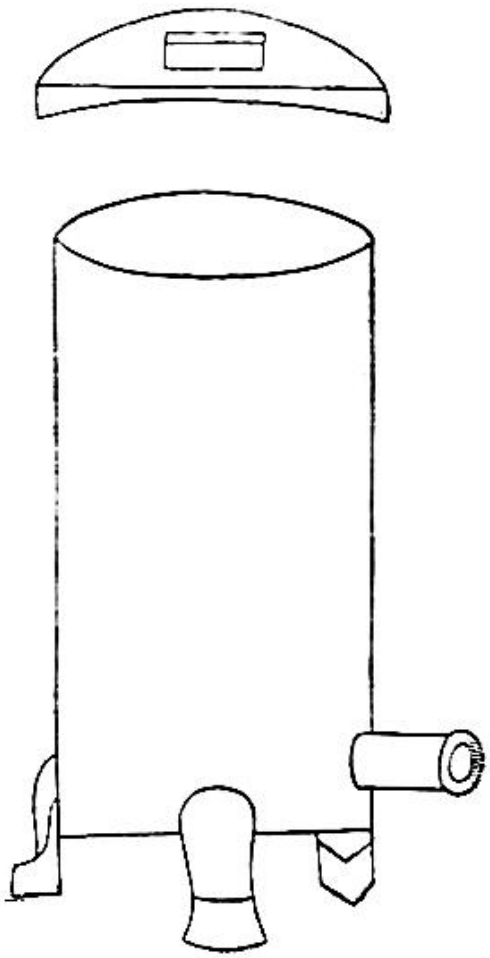


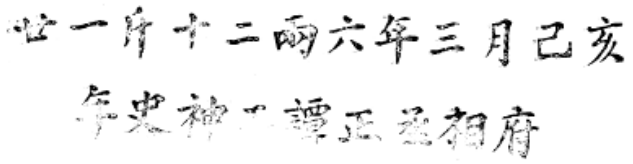
Fig. 2. — Horloge du département du Premier ministre, sous les Han.

Les recueils épigraphiques chinois mentionnent deux vases horaires anciens portant des inscriptions qui les ont fait attribuer aux Ts'in ou aux Han. L'un d'eux est incertain : c'était un débris que Yuan Yuan, en en étudiant la courte inscription, n'a même pas décrit, mais dont il déclare que « certains le considèrent comme un fragment de clepsydre du palais des Han, mais on ne peut être sûr ; c'est un débris de bronze » ; lui-même d'ailleurs, sans émettre d'opinion sur l'objet qu'il n'avait probablement jamais vu, le date des Ts'in d'après son inscription [1]. La découverte de l'autre remonte aux Song et l'objet est perdu depuis longtemps, mais il en existe un mauvais dessin accompagné d'une bonne description [2]. C'était un vase cylindrique en bronze monté sur trois pieds et muni d'un court tuyau d'adduction d'eau dans le bas. Il

[1] Yuan Yuan, *Tsi-kou-tchai tong-t'ing yi-k'i k'ouan-che*, k. 9, 5a.

[2] Sie Chang-kong, *Li-tai tong-t'ing k'ouan-che fa-t'ie*, k. 19, 2b-3a ; Lu Ta-lin, *K'ao-kou t'ou*, k. Le titre de *tch'eng-siang* n'a existé que sous les Han Antérieurs (il disparut en 1 a. C.) ; même pour cette période, les sixièmes années dont le troisième mois contient un jour *ki-hai* sont trop nombreuses pour donner une date : 201, 189, 158, 151, 144, 111 et 75 a. C.

avait 9 ½ pouces (29 cm) de haut, et seulement 7 ½ pouces (22 cm) de profondeur; la différence étant due non seulement à l'épaisseur pc.204 du bronze, mais aussi à la hauteur des pieds ; le diamètre était de 5 pouces 8 ; la contenance était de 5 *cheng* (1 l). Les dimensions du tuyau de la partie inférieure ne sont pas données. Il était recouvert d'un demi-couvercle percé d'un trou rectangulaire : sur ce couvercle se trouvait une inscription de vingt et un caractères [1] :



« 21 livres 12 onces. — 6e année, 3e mois, jour ki-hai.
Le Scribe de l'Année, le divin ouvrier T'an Tcheng.
Département du Premier Ministre, *tch'eng-siang*. »

On serait tenté au premier abord d'y voir une clepsydre mesurant un temps fixe en se vidant par le tuyau du bas ; mais l'ouverture rectangulaire du couvercle resterait dans ce cas inexplicable. Cette ouverture ne peut être que celle qui sert au passage de la tige horaire, et il faut voir dans cet objet le vase horaire d'une horloge.

Mais c'était évidemment une horloge toute petite et très simplifiée : la profondeur du vase étant de 7 ½ pouces, (mesure des Song) soit 22 cm, les divisions horaires étaient pour le jour le plus long d'environ un dixième de pouce, soit 3 mm. Comparée à celle de Yin K'ouei sa contenance est treize fois moindre. Quant à son remplissage, le fait que le couvercle ne couvre que la moitié montre que l'eau s'y déversait en tombant goutte à goutte du robinet du bassin placé au-dessus. Le tuyau de la partie inférieure pc.205 est un tuyau de décharge : il servait à vider l'horloge quand la journée était finie. Cet instrument ne nous apprend rien sur le système de réglage du débit de l'eau, puisque c'est le vase horaire, et non le vase de pesée. Son intérêt est de nous montrer qu'à côté des horloges monumentales comme celle du Palais que décrivent les auteurs, il en existait de plus maniables.

[1] La description étant de l'époque des Song, je compte le pied a 0,30 m environ.

Il reste à se demander à quelle époque l'horloge hydraulique fut inventée par les Chinois. J'ai déjà dit que le *Che-ki* mentionne parmi les instruments de l'Observatoire lors de la préparation de la réforme du calendrier en 105 a. C. C'en est, je crois, la plus ancienne mention certaine. Il est probable qu'il y en avait au Palais au moins depuis le début des Han, et qu'au temps de Sseu-ma Ts'ien ce n'était pas une invention récente. Mais il est difficile de remonter plus haut que les Han. Les Chinois en font remonter l'invention à la plus haute antiquité : c'est à Houang-ti qu'ils l'attribuent [1], ce qui est un aveu d'ignorance. Les commentateurs des Han, au moins Tcheng Tchong et Tcheng Hiuan, n'ont pas hésité à assimiler à l'horloge hydraulique le vase dont avait à s'occuper « l'officier chargé d'accrocher le vase », *k'ie-hou che*, du *Tcheou-li*. Il ressort du texte au contraire qu'il s'agit de tout autre chose.

> « L'officier chargé d'accrocher le vase, *k'ie-hou che*, accroche le vase pour que les troupes aillent au puits, accroche les rênes pour qu'elles campent, accroche le panier pour qu'elles aillent à la distribution de vivres. Toutes les fois qu'il y a service de troupes, il suspend le vase pour régler les coups que les sentinelles frappent sur leurs bâtons. Toutes les fois qu'il y a un deuil, il suspend le vase pour (régler) le remplacement des pleureurs. Dans l'un et l'autre cas, il surveille par le feu ; il divise le jour et la nuit. En hiver il chauffe par le feu l'eau d'un trépied, la verse (dans le vase) et la laisse couler. [2]

pc.206 Ce vase qu'on transporte pour le suspendre à l'endroit où il faut creuser un puits, de la même façon qu'on suspend un panier à

---

[1] *Leang leou-k'o fa, ap. Tch'ou-hio ki*, k. 25, 1a-b (probablement le Leou-k'o fa de Yin K'ouei ; *Souei chou*, k. 19, 11a.

[2] *Tcheou-li*, k. 30, 14b ; trad. Biot, II, 201-202. Comme tout le *Tcheou-li*, le texte est rédigé de façon si concise qu'il est loin d'être clair. Les divers accrochages d'ustensiles de la première phrase sont destinés à montrer aux troupes qui vont camper l'endroit où se trouvent le puits où se puise l'eau, le magasin de distribution de vivres, et l'emplacement du camp. *Fen yi je ye* est compris par les Commentaires comme désignant la distinction de l'horloge de jour et de nuit, et par Biot, qui donne à *yi* le sens de « au moyen de », comme « diviser le temps en jour et nuit ». Mais *yi* n'a ici que sa valeur d'introduction du complément, valeur qu'il a souvent même après le verbe ; et la phrase signifie simplement qu'à l'aide de la clepsydre il établit la division du temps en périodes d'une longueur déterminée.

l'endroit où on fait la distribution des vivres, n'est pas le monument de vases étagés qu'ont connu Tcheng Tchong et Tcheng Hiuan, et dont je viens de donner la description : celui-ci ne pouvait simplement s'accrocher au-dessus d'un puits, car il ne fonctionne qu'avec un appareil de gradins et de vases communicants qui ne répond guère au texte. La dernière phrase montre bien de quel instrument il s'agit. Ce vase qu'on suspend, et dont, s'il fait froid, on fait chauffer l'eau avant de le remplir pour qu'il la laisse couler, c'est la clepsydre sous sa forme la plus simple, un vase qu'on remplit d'eau et qui mesure le temps par l'écoulement de l'eau qu'il contient, écoulement réglé pour s'effectuer en un temps déterminé. Les Commentateurs ont, comme il leur arrive souvent, transposé les choses des Han dans l'antiquité, et vu l'horloge hydraulique de leur temps là où le texte ne parlait que d'une simple clepsydre.

Il est fort probable qu'au temps ou le *Tcheou-li* fut composé, aux confins du IV^e^ et du III^e^ siècles a. C., la grande horloge à eau n'existait pas encore. Si le *k'ie-hou che* n'avait été qu'un officier chargé de la clepsydre en campagne, on pourrait admettre que l'emploi de cet instrument tient à la difficulté d'emporter l'encombrante horloge hydraulique à la suite de l'armée. Mais il est chargé aussi d'« accrocher le vase » en temps de deuil dans le palais pour le roulement des équipes de pleureurs ; or, si l'horloge hydraulique avait existé, il y en aurait eu une dans le palais, et il aurait été inutile d'avoir recours à une clepsydre pc.207 pour mesurer le temps. Dira-t-on que dans ce cas l'emploi de la clepsydre est une survivance due à ce qu'il s'agissait de rites funéraires, et qu'on ne voulait rien changer aux usages traditionnels ? Mais en-dehors même des funérailles, l'heure de réveil au Palais était annoncée par des coqs dont étaient chargés des officiers spéciaux appelés eux-mêmes les Coqs [1] ; le Chef des Veilleurs, *sseu-wou che*, qui commande les gardes de nuit, « divise la nuit par les étoiles » pour les sentinelles [2]. Tous ces faits réunis indiquent qu'il n'y avait pas d'horloge au Palais à

[1] *Tcheou-li*, k. 20, 19a, trad. Éd. Biot, I, 471.
[2] *Ibid.*, k. 37, 26a, trad. Éd. Biot, II, 380.

cette époque. C'est donc au cours du III^e^ siècle a. C. que fut inventée l'horloge hydraulique, telle qu'elle existait au temps des Han et a toujours existé en Chine depuis cette époque. Antérieurement, on pouvait mesurer une certaine longueur de temps au moyen de clepsydres : cet instrument ne permettait pas de connaître l'heure, mais donnait aux astronomes la possibilité de mesurer un intervalle, par exemple celui qui s'écoulait entre les passages au méridien des étoiles qu'ils observaient ; J.-B. Biot et plus récemment L. de Saussure ont montré l'importance de cette mesure et tout ce qu'on pouvait en tirer.

L'emploi de deux vases horaires, un pour le jour et l'autre pour la nuit, obligeait les Chinois anciens à résoudre toute une série de problèmes que l'usage d'un seul vase horaire pour la journée entière aurait entièrement supprimés. Le changement se faisait au lever et au coucher du Soleil. Comme les heures de lever et de coucher du Soleil varient suivant les saisons, le nombre de quarts d'heure marqués respectivement par la clepsydre de jour et par la clepsydre de nuit variait également. Si les Chinois n'avaient employé qu'une seule clepsydre pour la journée entière, la différence de longueur du jour et de la nuit n'aurait pas eu plus d'importance pour leur réglage qu'elle n'en a aujourd'hui pour nos horloges ; mais le système des deux clepsydres imposait la nécessité de réglages successifs pour suivre les allongements $_{pc.208}$ et les raccourcissements du jour et de la nuit. Le procédé de réglage adopté consistait à changer de temps en temps la tige métallique sur laquelle étaient gravés les numéros des quarts d'heure ; la nouvelle tige horaire avait suivant le temps de l'année un quart d'heure de plus ou un quart d'heure de moins que l'ancienne qu'elle remplaçait.

Le plus ancien règlement connu des horloges officielles, celui qui était en usage à la fin du II^e^ siècle a. C. au temps de l'empereur Wou (141-83 a. C.), comportait une division empirique de l'année en périodes du même nombre de jours, pour chacune desquelles on changeait la tige horaire. Le règlement en usage au temps de l'empereur Wou dit :

> « L'intervalle entre les solstices étant de 180 et quelques jours, et la différence (de longueur) entre le jour et la nuit (pendant ce temps) atteignant 20 quarts d'heure, de façon générale, après les solstices, tous les neuf jours on ajoute ou on retranche un quart d'heure. [1]

En effet les 182 jours et demi qui séparent les solstices l'un de l'autre, font approximativement vingt périodes de neuf jours, soit vingt changements de tige horaire. Ce système ne suivait que de loin la réalité dans les intervalles des solstices et des équinoxes.

Au temps de l'empereur Siuan, sans rien changer à ces dispositions pratiques, on chercha à leur donner une base scientifique en rattachant le changement de tige horaire au changement de déclinaison du Soleil ; tel fut le but d'une ordonnance du 14 janvier 58 a. C. (3^{e} année *chen-tsio*, 12^{e} mois, jour *yi-yeou*). D'après ce règlement, le changement de tige horaire, c'est-à-dire le remplacement d'une tige par une autre portant un quart d'heure de plus ou de moins, se faisait chaque fois que le Soleil s'était déplacé de 2^{d}4 en déclinaison : 10 changements en effet faisaient 24^{d}, ce qui était l'évaluation approximative de l'obliquité de l'écliptique admise de tout temps par les astronomes chinois. Cette ordonnance fit loi pendant un siècle et demi : elle entra dans les Annexes du Code des Han, au recueil des Ordonnances, $_{pc.209}$ 1er Livre, chapitre 6, *Ling kia ti-lieou*. Elle ne fut probablement même pas modifiée quand Wang Mang, au temps de l'empereur Ngai (6-1 a. C.), essaya d'instituer la division du jour en 120 *k'o* (11 juillet 5 a. C.), car il y renonça des le huitième mois de cette année (31 août-29 septembre), et l'instigateur de cette mesure, Houo Leang, fut mis à mort en même temps que ses amis étaient bannis [2] ; l'ancien règlement fut sans doute repris aussitôt. Il fut en tout cas remis en vigueur par l'empereur Koyang-wou par un décret du 14 mars 34 p. C.

Il ne fut modifié qu'au début du II^{e} siècle de notre ère. En 102 p. C.,

---

[1] Lieou Hiang, *Hong-fan wou-hing tchouan-ki*, ap. *Heou-han chou*, k. 12, 4a.
[2] *Ts'ien-han chou*, k. 25, 15b ; *Heou-han chou*, k. 12, 4b ; *Souei chou*, k. 19, 11 b.

Ho Jong reconnut que l'erreur des horloges officielles atteignait deux quarts d'heure et demi [1]. Le règlement qu'il proposa, et qui fut adopté, fondé sur le désir de faire concorder les changements de la tige horaire de l'horloge avec celle des divisions régulières de l'année qui dépendait exclusivement de la marche du Soleil, les vingt-quatre *k'i* ou demi-mois solaires, ordonnait de faire ces changements tous les sept jours et demi : il y avait donc en tout quarante-huit changements dans l'année. Le chiffre légal de 2^d4 pour le déplacement du Soleil du Nord au Sud était conservé grâce à un artifice : il était pris en azimut et non en déclinaison [2]. D'autre part, il semble bien que ce soit Ho Jong qui ait introduit les crépuscules, ce qui facilitait le calcul, mais avait l'inconvénient de supprimer les correspondances régulières du jour le plus long à la nuit la plus courte et réciproquement : en effet 24 changements font 12 quarts d'heure, soit trois heures, ce qui, partagé entre le matin et le soir, mettrait une différence de une heure et demie entre les heures du lever (et du coucher) du soleil aux deux solstices ; or la différence réelle n'est que d'une heure à la latitude de 34°, et on n'arrive aux chiffres $_{pc.210}$ de Ho Jong qu'en ajoutant à la journée les cinq quarts d'heure du crépuscule, deux et demi le matin et autant le soir. Le système de Ho Jong fut accepté après d'assez longues discussions, et il dura jusqu'à l'époque mongole : sous les Song, l'horloge construite en 1030 avait encore quarante-huit tiges horaires, deux pour chacun des vingt-quatre *k'i* de l'année [3].

La journée entière était divisée non seulement en cent quarts d'heure, *k'o*, mais encore en douze heures doubles, *tch'en* ou *che*. Ces deux divisions du jour paraissent être restées longtemps indépendantes : on attribue à l'empereur Wou des Leang une première mise en relation, et comme cent n'est pas divisible par douze, il établit

---

[1] *Heou-han chou*, k. 12, 4a.

[2] Voir ci-dessous, p. 75. — À la latitude de 34°, le déplacement des points du lever du Soleil sur l'horizon est de 28°3 au nord et au sud du point Est. Or 28.8/2.4 = 12 ; il y a donc 12 changements de la tige horaire en un quart de l'année, et chaque changement correspond à une période de 7^j ½ (7,5 x 12 = 90^j) et à un déplacement du lever du Soleil de 2°4 sur l'horizon.

[3] *Yu hai*, k. 11, 15a-b.

l'accord en réduisant à 96 le nombre de *k'o* de la journée (507) ; en 544, il lui substitua le nombre 108, qui avait sur 96 l'avantage de pouvoir se tirer, sinon des Classiques eux-mêmes, au moins de livres se rapportant aux Classiques [1]. Un peu plus tard, entre 560 et 565, l'empereur Wen des Tch'en revint au nombre de 100 [2] ; mais avec ce chiffre, il était impossible de répartir exactement les quarts d'heure dans les heures ; celles-ci en contiennent normalement huit, ce qui faisait en tout 96, et il en restait encore 4 à répartir. Les Chinois ont employé toute une série de moyens compliqués pour résoudre ce problème insoluble.

À l'époque des Cinq Dynasties, dans la première moitié du X^{e} siècle, la correspondance des heures doubles avec la division du jour en 100 *k'o* se faisait en ajoutant à chaque heure double 20 *fen* (4^{m}48^{s} : le *fen* est la division sexagésimale du *k'o* et vaut 14,4/60 = 14^{8}4). Le « Livre de la Clepsydre », *Leou-k'o king*, l'explique clairement :

> « L'heure comprend 8 *k'o* et 1/3 ; 60 *fen* forment un *k'o,* chaque heure comprend 8 *k'o*, 20 fen. 4 *k'o* 10 fen forment la demi-heure antérieure à l'heure juste, *tcheng-ts'ien* ; 4 *k'o* 10 *fen* forment la demi-heure postérieure à l'heure juste, *tcheng-heou* ; pc.211 c'est dans ces 20 *fen* que tombe l'heure juste [3].

Mais ce système, qui coupe l'heure en deux parties en ajoutant un tiers de *k'o* supplémentaire au milieu, n'était guère pratique. On trouva plus simple de rajouter ces 20 *fen* supplémentaires à la fin de chaque heure double. C'est ce que firent les astronomes qui composèrent le calendrier des Souei en 608. Pour eux, ces *fen* supplémentaires constituent des *k'o* à part, comptés séparément de 1 à 60 par petites tranches de 20 *fen*, à la suite des 8 *k'o* de chaque heure, la première heure ayant ses 8 *k'o* plus les *fen* 1 à 20, la deuxième heure ses 8 *k'o* plus les *fen* 21 à 40, etc. De plus, comme l'emploi des deux clepsydres de jour et de nuit empêchait de

---

[1] *Souei chou*, k. 19, 11b.
[2] *Ibid.*
[3] *Wou-tai houei-yao*, k. 10, 13b. Le *Leou-k'o king* fut composé en 938 pour remplacer les anciens livres perdus depuis la fin des T'ang.

compter de façon suivie de minuit à minuit, et obligeait à compter à partir du moment constamment changeant du lever du Soleil, pour avoir un point de départ fixe et conserver à chaque heure double toute l'année des *fen* portant le même numéro, les *fen* supplémentaires se comptaient, de jour [1], symétriquement à partir de midi, le matin en remontant, l'après-midi en descendant ; de sorte que le matin contint la moitié de l'heure sans *fen* supplémentaire, l'heure *sseu* (9 h.—11 h.) avec 20 *fen* supplémentaires de 1 à 20 ; l'heure *tch'en* (7 h.—9 h.) avec 20 *fen* supplémentaires comptés de 21 à 40 ; l'heure *mao* (5 h.—7 h.) avec 20 *fen* supplémentaires comptés de 41 à 60 ; et en été la moitié de l'heure *yin* avec 20 *fen* supplémentaires appartenant à un deuxième *k'o* et comptés de nouveau de 1 à 20.

Ce système compliqué ressort du tableau des heures de lever et coucher du Soleil du *Souei chou* ; on y trouve mentionnées l'heure *mao*, 8 *k'o,* 49 *fen* et l'heure *yin*, 8 *k'o,* 3 *fen*, ce qui montre $_{pc.212}$ clairement le compte en remontant des *fen* supplémentaires, puisque *yin* est l'heure qui précède *mao*. Le compte des heures doubles avec leurs *fen* supplémentaires s'établit donc de la façon suivante à l'époque des Souei, pour la matinée du jour le plus long de quatre heures du matin à midi :

2^{e} moitié de l'heure *yin*	4 *k'o*+20 *fen*, de 1-20	4^{h}—$4^{h}55^{m}12^{s}$+$4^{m}48^{s}$
heure *mao*	8 *k'o*+20 *fen*, de 41-60	5^{s}—$6^{h}55^{m}12^{s}$+$4^{m}48^{s}$
heure *tch'en*	8 *k'o*+20 *fen*, de 21-40	7^{6}—$8^{h}55^{m}12^{s}$+$4^{m}48^{s}$
heure *sseu*	8 *k'o*+20 *fen*, de 1-20	9^{h}—$10^{h}55^{m}12^{s}$+$4^{m}48^{s}$
1^{e} moitié de l'heure *wou*	4 *k'o* sans *fen* supplm.	11^{h}—$11^{h}55^{m}12^{s}$

La correspondance d'un moment quelconque des heures doubles chinoises anciennes avec l'heure telle que nous la comptons s'établit facilement si on prend des faits astronomiques dont la date et l'heure sont faciles à établir, comme par exemple les levers et les couchers du soleil aux diverses saisons. Les chapitres relatifs aux calendriers des histoires dynastiques en donnent des séries qu'il est facile d'étudier.

[1] La nuit on comptait simplement en *k'o,* sans faire intervenir les heures doubles qui, se rapportant aux positions du Soleil, n'étaient pas mentionnées quand le Soleil était invisible : on compte ainsi le lever du soleil au solstice d'hiver comme se produisant à 27 *k'o,* sans mention d'heure double, dans le calendrier de Lieou Tch'o (*Souei chou*, k. 18, 5a-6a) qui fut fait en 608, mais ne fut jamais mis en usage. Dans ce compte, le *k'o* est divisé en 100 fen et non en 60 comme dans le *Leou-k'o king* et le calendrier de Tchang Tcheou-hiuan (597-608).

Voici le plus ancien tableau des heures de lever et de coucher du Soleil, celui de l'histoire de la dynastie Souei [1] ; je n'en donne que la moitié de l'année allant du solstice d'hiver au solstice d'été, l'autre étant symétrique à celle-ci.

Dates			Lever du soleil		
			Heure selon calendrier des Souei	h / m / s	Heure vraie h / m
Solstice d'hiver	23 déc.	*tch'en*	50 *fen* =	7 12	7 7
Petit froid	6 janv.	*tch'en*	32 *fen* =	7 7 40	7 3
Grand froid	21 janv.	*mao*	8 *k'o* et 49 *fen* =	6 57 21 [2]	6 56
Établissement du printemps	5 fév.	*mao*	7 *k'o* et 29 *fen* =	6 47	6 44
Pluie	19 fév.	*mao*	6 *k'o* et 25 *fen* =	6 31	6 30
Réveil des insectes	6 mars	*mao*	5 *k'o* et 13 *fen* =	6 15	6 13
Équinoxe de printemps	21 mars	*mao*	3 *k'o* et 55 *fen* =	5 56 12	5 58
Ts'ing-ming	6 avr.	*mao*	2 *k'o* et 47 *fen* =	5 40 16	5 40
Pluie des moissons	21 avr.	*mao*	1 *k'o* et 28 *fen* =	5 20 43	5 25
Établissement de l'été	6 mai	*mao*	28 *fen* =	5 6 43	5 12
Petite Plénitude	22 mai	*yin*	8 *k'o* et 3 *fen* =	4 55 43	5 1
Épis barbus	6 juin	*yin*	7 *k'o* et 36 *fen* =	4 49 42	4 53
Solstice d'été	22 juin	*yin*	7 *k'o* et 40 *fen* =	4 50 35	4 50

Dates			Coucher du soleil		
			Heure selon calendrier des Souei	h / m / s	Heure vraie h / m
Solstice d'hiver	23 déc.	*chen*	7 *k'o* et 40 *fen* =	16 49 36	16 54
Petit froid	6 janv.	*chen*	7 *k'o* et 48 *fen* =	16 51 30	16 57
Grand froid	21 janv.	*yeou*	1 *fen* =	17 0 14	17 4
Établissement du printemps	5 fév.	*yeou*	52 *fen* =	17 12	17 16
Pluie	19 fév.	*yeou*	1 *k'o* et 51 *fen* =	17 26 45	17 30
Réveil des insectes	6 mars	*yeou*	3 *k'o* et 7 *fen* =	17 45	17 47
Équinoxe de printemps	21 mars	*yeou*	4 *k'o* et 15 *fen* =	18 1	18 2
Ts'ing-ming	6 avr.	*yeou*	5 *k'o* et 43 *fen* =	18 22	18 20
Pluie des moissons	21 avr.	*yeou*	6 *k'o* et 51 *fen* =	18 38	18 35
Établissement de l'été	6 mai	*yeou*	7 *k'o* et 53 *fen* =	18 52	18 48
Petite Plénitude	22 mai	*siu*	17 *fen* =	19 4	18 59
Épis barbus	6 juin	*siu*	44 *fen* =	19 10	19 7
Solstice d'été	22 juin	*siu*	50 *fen* =	19 12	19 11

pc.213 On voit que l'horloge des Souei était assez bien réglée : à certaines dates, au solstice d'été par exemple ou au *tsing-ming*, les

[1] *Souei chou*, k. 17, 21a. Ce calendrier fut publié la 4^{e} année *ta-ye* (608) ; mais il était achevé depuis 597. La capitale était à Tch'ang-ngan en 597, à Lo-yang en 608 ; les deux villes sont à 34° lat. N. environ.

[2] Suivant la manière de compter que je viens d'indiquer, « mao 8 *k'o* 49 fen » désigne la 9^{e} minute supplémentaire (comptée de 41 à 60) après le 8^{e} quart d'heure = l'heure *mao*, soit : heure *mao* = 5^{h} ; 8 *k'o* = $1^{h}55^{m}12^{s}$; 9 *fen* = $14^{s}.4 \times 9$ de $2^{m}9^{s}$, donc $5^{h}+1^{h}55^{m}12^{s}+2^{m}9^{s} = 6^{h}57^{m}21^{s}$.

heures de lever et de coucher du Soleil étaient tout à fait exactes [1] ; le reste de l'année, il y avait une erreur qui ne dépassait pas 5^m et demie au maximum (un peu plus du tiers d'un *k'o*), au solstice d'hiver, par exemple.

On peut dresser d'après les historiens antérieurs au *Souei chou* des tableaux analogues, car ils donnent la longueur du jour quinzaine par quinzaine, et permettent par conséquent d'établir les heures officielles du lever et du coucher du Soleil aux moments du changement de tige horaire. Le tableau suivant est établi d'après le calendrier de *king-tch'ou* des Wei (237 p. C.) ; comme pour le précédent, je ne donne que la moitié de l'année. pc.214

		Longueur du jour	Commencement du jour			Fin du jour [2]			Différence Matin / Soir
			Calendrier King-tch'ou	h / m	Heure vraie h / m	Calendrier King-tch'ou	h / m	Heure vraie h / m	m / m
Solstice d'hiver	23 déc.	45.0	27.5 =	6 36	6 31	72.5 =	17 24	17 29	+ 5 — 5
Petit froid	6 janv.	45.8	27.1 =	6 30	6 28	72.9 =	17 29	17 32	+ 2 — 3
Grand froid	21 janv.	46.8	26.6 =	6 23	6 21	73.4 =	17 36	17 39	+ 2 — 3
Établissement printemps	5 fév.	48.6	25.7 =	6 10	6 9	74.3 =	17 49	17 51	+ 1 — 2
Pluie	19 fév.	50.8	24.6 =	5 54	5 55	75.4 =	18 5	18 5	— 1 0
Réveil des insectes	6 mars	53.3	23.4 =	5 36	5 38	76.6 =	18 23	18 22	— 2 + 1
Équinoxe de printemps	21 mars	55.8	22.1 =	5 18	5 23	77.9 =	18 41	18 37	— 5 + 4
Ts'ing-ming	6 avr.	58.3	20.9 =	5	5 5	79.1 =	18 59	18 55	— 5 + 4
Pluie des moissons	21 avr.	60.5	19.7 =	4 43	4 50	80.2 =	19 14	19 20	— 7 + 6
Établissement de l'été	6 mai	62.4	18.8 =	4 30	4 37	81.2 =	19 29	19 23	— 7 + 6
Petite Plénitude	22 mai	63.9	18.1 =	4 21	4 26	81.9 =	19 39	19 34	— 5 + 5
Épis barbus	6 juin	64.9	17.6 =	4 13	4 18	82.4 =	19 46	19 42	— 5 + 4
Solstice d'été	22 juin	65.0	17.5 =	4 12	4 15	82.5 =	19 48	19 46	— 3 + 2

L'horloge des Wei était, on le voit, à peine moins bien réglée que

---

[1] Dans ce tableau comme dans les suivants, les heures européennes sont données en temps vrai et non en temps moyen (34° lat. N.), pour être d'accord avec les Chinois qui réglaient leurs horloges sur le passage au méridien du Soleil à midi vrai. De plus, j'ai pris comme « heure vraie » l'heure moderne : la variation pour 35° lat. n'est que de 1^m pour trois mille ans en plus ou en moins au maximum (solstices) et est nulle aux équinoxes ; pour la période considérée ici (des Han aux Souei) elle est d'environ une demi-minute au maximum. Enfin les dates sont données en calendrier grégorien, pour éviter d'avoir à faire varier la date des solstices.

[2] *Song chou*, k. 12, 11a. Les colonnes « Commencement du jour » et « Fin du jour » sont établies d'après la longueur du jour : le commencement du jour est le nombre de *k'o* écoulés depuis minuit, la fin du jour le nombre de *k'o* écoulés depuis midi, midi étant à 50 *k'o* puisque le jour est divisé en 100 *k'o*. Par exemple :

Solstice d'hiver, commencement du jour, 50 — 45/2 = 27.5 ; fin du jour 50 + 45/2 = 72.5 ;

Équinoxe de printemps, commencement du jour, 50 — 55.8/2 = 22.1, fin du jour, 50 +55.8/2 = 77.9

Le commencement et la fin du jour ne sont pas les heures du lever et du coucher du soleil, mais ces heures diminuées (lever) ou augmentées (coucher) de 2 ½ *k'o*, c'est-à-dire de 35^m (14.4 x 2 + 14.4/2 = 35^m) [c.a. : ou mieux, 36] C'est pourquoi sous « Commencement du jour » et « Fin du jour » les troisièmes colonnes donnent les heures vraies du lever et du coucher du soleil respectivement diminuées et augmentées de 35^m.

celle des Souei : l'erreur ne dépasse pas 7^m (un demi-*k'o*) deux mois avant le solstice d'été. Mais elle était autrement réglée, et les erreurs se disposaient autrement : dans l'horloge des Souei, elles allaient en augmentant du solstice d'été au solstice d'hiver ; dans celle des Wei, elles avaient leur minimum un mois avant les équinoxes, et leur maximum un mois avant les solstices.

Quand fut fait le calendrier de *king-tch'ou*, on avait reconnu que les jours ne croissaient et décroissaient pas de façon uniforme. Il n'en était pas de même dans les calendriers des Han ; d'après le règlement de l'empereur Siuan, on changeait la tige horaire de l'horloge tous les neuf jours, en ajoutant ou retranchant ainsi $_{pc.215}$ un quart d'heure, et le passage de la clepsydre de nuit à celle de jour et de la clepsydre de jour à celle de nuit se faisait au lever et au coucher du Soleil sans tenir compte des crépuscules. Voici le tableau des heures de lever et coucher du Soleil, d'après le règlement de l'empereur Siuan : :

	Longueur du jour		Lever du soleil			Coucher du soleil		
			Règlement de Siuan		Heure vraie	Règlement de Siuan		Heure vraie
				h / m / s	h / m		h / m / s	h / m
[Solstice d'hiver]	23 déc.	40	30.0 =	7 12	7 7	70.0 =	16 48	16 54
	1 janv.	41	29.5 =	7 4 48	7 4	70.5 =	16 55 12	16 56
	10 janv.	42	29.0 =	6 57 36	7 2	71.0 =	17 2 24	16 58
	19 janv.	43	28.5 =	6 50 24	6 57	71.5 =	17 9 36	17 3
	28 janv.	44	28.0 =	6 43 12	6 50	72.0 =	17 16 48	17 10
[Établ. printemps]	6 fév.	45	27.5 =	6 36	6 44	72.5 =	17 24	17 16
	15 fév.	46	27.0 =	6 28 48	6 35	73.0 =	17 31 12	17 25
	24 fév.	47	26.5 =	6 21 36	6 27	73.5 =	17 38 24	17 33
	5 mars	48	26.0 =	6 14 24	6 13	74.0 =	17 45 36	17 47
	14 mars	49	25.5 =	6 7 12	6 5	74.5 =	17 52 48	17 55
[Équinoxe printemps]	23 mars	50	25.0 =	6	5 57	75.0 =	17 59	18 3
	1 avr.	51	24.5 =	5 52 48	5 47	75.5 =	18 6 12	18 13
	10 avr.	52	24.0 =	5 45 36	5 37	76.0 =	18 13 24	18 23
	19 avr.	53	23.5 =	5 38 24	5 27	76.5 =	18 20 36	18 33
	28 avr.	54	23.0 =	5 31 12	5 19	77.0 =	18 27 48	18 41
[Établ. été]	7 mai	55	22.5 =	5 24	5 12	77.5 =	18 35	18 48
	16 mai	56	22.0 =	5 16 48	5 6	78.0 =	18 42 12	18 54
	25 mai	57	21.5 =	5 9 36	4 59	78.5 =	18 49 24	19 1
	3 juin	58	21.0 =	5 2 24	4 53	79.0 =	18 59 36	19 7
	12 juin	59	20.5 =	4 55 12	4 51	79.5 =	19 33 48	19 9
[Solstice d'été]	21 juin	60	20.0 =	4 48	4 50	80.0 =	19 10	19 10

Dans ce système, l'horloge n'est vraiment exacte qu'aux équinoxes et aux solstices : dans les intervalles, l'erreur atteint 13^m24^s (un *k'o* presque entier) un mois et demi avant les solstices et 8^m (plus d'un demi-*k'o*) un mois et demi avant les équinoxes. On verra mieux les progrès réalisés dans le réglage des horloges d'après le tableau suivant

où j'ai mis en face les heures du lever du Soleil aux dates du changement de tige horaire d'après les trois règlements de l'empereur Siuan (58 a. C.), de *k'ing-tch'ou* (237 p. C.) et des Souei (605 p. C.). Pour permettre la comparaison immédiate, j'y ai ramené les heures du « commencement du jour » pc.216 du calendrier de *king-tch'ou* à celles du lever du Soleil, en leur ajoutant 35^m.

		Lever du soleil Règlements de la clepsydre de			
		58 a. C.	237 p. C.	605 p. C.	Heure vraie (34° lat.) h / m
[Solstice d'hiver]	23 déc.	7 12	7 11	7 12	7 7
	1 janv.	7 4	7 11	7 12	7 4
	6 janv.	7 7	7 5	7 7	7 3
	10 janv.	6 57	7 5	7 7	7 2
	19 janv.	6 50	7 5	7 7	6 58
	21 janv.	6 50	6 58	6 59	6 56
	28 janv.	6 43	6 58	6 59	6 50
	5 fév.	6 43	6 45	6 48	6 44
	6 fév.	6 36	6 45	6 48	6 35
	15 fév.	6 29	6 45	6 48	6 49
	19 fév.	6 23	6 29	6 31	6 30
	24 fév.	6 21	6 29	6 31	6 27
	5 mars	6 14	6 29	6 31	6 13
	6 mars	6 14	6 11	6 15	6 13
	14 mars	6 7	6 11	6 15	6 5
	21 mars	6 7	5 53	5 56	5 58
[Équinoxe printemps]	23 mars	6	5 53	5 56	5 57
	1 avr.	5 52	5 53	5 56	5 47
	6 avr.	5 52	5 35	5 40	5 40
	10 avr.	5 45	5 35	5 40	5 37
	19 avr.	5 38	5 35	5 40	5 27
	21 avr.	5 38	5 18	5 20	5 25
	28 avr.	5 31	5 18	5 20	5 19
	6 mai	5 31	5 5	5 6	5 12
	7 mai	5 24	5 5	5 6	5 12
	16 mai	5 16	5 5	5 6	5 6
	22 mai	5 16	4 56	4 55	5 1
	25 mai	5 2	4 56	4 55	4 59
	3 juin	5 2	4 56	4 55	4 53
	6 juin	5 2	4 48	4 49	4 53
	12 juin	4 55	4 48	4 49	4 51
	21 juin	4 48	4 48	4 49	4 50
[Solstice d'été]	22 juin	4 48	4 47	4 50	4 50

Sauf la quinzaine du 14 au 31 mars (et symétriquement la quinzaine contenant l'équinoxe d'automne), les horloges réglées suivant l'ordonnance de Siuan-ti étaient toujours beaucoup moins exactes qu'elles ne le devinrent quand on eut adopté les corrections pc.217 du calendrier de *king-tch'ou* : l'erreur est de plus d'un quart d'heure du milieu de janvier à la fin de février pour atteindre jusqu'à vingt minutes à la fin de janvier et au milieu de mai (de même en juillet-août et en octobre). Les corrections ultérieures ont ramené ces erreurs à dix

minutes au maximum, et cela pour des périodes bien plus courtes : elles constituent donc un réel progrès. Mais ces erreurs ne portent que sur le début de la matinée et sur la fin de l'après-midi ; elles diminuent à mesure qu'on approche du milieu de la journée, et sont nulles à midi. On comprend que dans ces conditions elles aient été peu gênantes pour la vie ordinaire et n'aient eu d'importance que pour les astronomes ; ceux-ci en effet avaient besoin d'avoir l'heure juste le matin et le soir puisque les observations d'étoiles se faisaient avant le lever et après le coucher du Soleil, c'est-à-dire aux heures où la clepsydre de nuit, comme celle de jour, était le plus inexacte. Il est facile de voir l'origine des erreurs de ce tableau : elles tiennent essentiellement à l'hypothèse fausse du mouvement uniforme du Soleil. Il semblerait que rien ne fût plus facile que de les éviter : il aurait suffi pour cela de relever sur l'horloge tous les jours les heures du lever et du coucher du Soleil pendant six mois. Évidemment le procédé était fastidieux. On se contenta d'observer les heures des dates fondamentales de l'année, solstices et équinoxes et d'interpoler celles des périodes intermédiaires.

@

II. — LE GNOMON
pei

et LA TABLETTE DE MESURE
t'ou-kouei

@

Le plus important des instruments astronomiques des Chinois était le gnomon, qu'ils appelaient le pieu, *pei*, ou plus ordinairement le signal, *piao* : c'est en effet un simple poteau planté verticalement en terre au soleil, afin d'observer l'ombre, d'en mesurer la longueur, et d'en étudier les déplacements. Il semble qu'on ait commencé pc.218 par employer des gnomons de dix pieds de hauteur [1] ; mais ce nombre, qui ne rentrait pas facilement dans le calcul des côtés du triangle rectangle, fondé sur les rapports des nombres 3, 4 et 5 et de leurs carrés, fut bientôt abandonné pour 8, nombre double de celui de la hauteur du triangle rectangle dans le triangle étalon [2] : le gnomon de 8 pieds devint le gnomon classique des astronomes chinois [3], et, sauf quelques changements éphémères [4], il le resta jusqu'à la dynastie mandchoue, époque ou les jésuites firent adopter le gnomon de 10 pieds pour rentrer dans le système décimal. Au temps des Han et pendant près de vingt siècles, on n'employa normalement que le gnomon de 8 pieds (ou d'un multiple de 8).

---

[1] Voir sur ce point mon article *L'Astronomie chinoise avant les Han*, *Tp.* XXVI (1929), p. 348-352.

[2] On sait que toutes les théories mathématiques dans l'astronomie chinoise ancienne reposent sur des calculs des triangles rectangles : le triangle rectangle et ses propriétés y jouent exactement le même rôle que le cercle et ses propriétés dans l'astronomie grecque, cf. H. Maspero, *loc. cit.*, 333-356. D'autre part, les Chinois n'avaient pas pour le théorème des côtés du triangle rectangle une démonstration générale, mais seulement une solution numérique fondée sur les rapports des carrés des nombres 3, 4 et 5 (9+16 = 25) ; 10 était pour eux le nombre de l'hypoténuse et non celui d'un des côtés de l'angle droit, et d'ailleurs un petit côté de longueur 10 leur aurait nécessairement donné pour la longueur de l'hypoténuse un nombre fractionnaire, ce qui aurait compliqué les calculs. Puisque la longueur du gnomon était entièrement à la volonté des expérimentateurs, il était naturel qu'ils préférassent des multiples de 4 pour rentrer dans le cas type de leur solution.

[3] Même quand on cherche à obtenir des résultats plus précis en allongeant le gnomon, on emploie toujours des multiples de 8.

[4] Comme celle du chef du service astronomique Yu Kouang, qui, en 544, mesura l'ombre du solstice d'été à Kien-k'ang (Nankin actuel) avec un gnomon de 9 pieds (Li Tch'ouen-fang, Commentaire au *Tcheou-pei souan-king*, k. 1, 31a).

La première condition d'utilisation du gnomon est qu'il soit bien vertical et que le sol sur lequel il est dressé soit parfaitement horizontal. L'horizontalité du sol était vérifiée au moyen du niveau d'eau dès avant les Han [1], et ce procédé simple et sûr est resté en usage jusqu'à nos jours. Pour la verticalité du gnomon, elle était assurée à l'aide de « cordes suspendues » [2] : suivant Tcheng Hiuan le procédé consistait à tendre huit cordes du sommet du gnomon aux quatre angles et aux quatre milieux des faces du terrain [3] ; les cordes formant, je suppose, deux groupes de quatre cordes égales se faisant exactement opposition deux à deux, leur tension rendait le gnomon parfaitement vertical. Au temps des T'ang, Kia Kong-yen dans sa « Paraphrase du Commentaire du Rituel des Tcheou », *Tcheou-li tchou-chou*, décrit un procédé analogue, mais un peu différent : d'après lui, les cordes n'étaient pas tendues, mais simplement suspendues au gnomon, et elles ne servaient pas à assurer la verticalité de l'instrument, mais seulement à la constater à première vue par leur application exacte aux pans du gnomon, ou par leur écartement du côté où il penchait. pc.219

> « Quand on veut observer l'ombre du poteau, il faut d'abord que le poteau soit vertical ; si on veut être sûr que le poteau est vertical, il faut vérifier par la suspension des cordes. Aux quatre angles et aux milieux des quatre faces du poteau, on suspend huit cordes ; si ces cordes sont toutes appliquées au poteau, le poteau est vertical. [4]

Je ne sais si ce procédé était vraiment employé au VIII^e^ siècle, ou s'il est simplement dû à l'imagination de Kia Kong-yen travaillant sur l'expression énigmatique de « cordes suspendues » que le Commentaire de Tcheng Hiuan au *Tcheou-li* n'explique pas.

---

[1] *Tcheou-li*, k. 41, 20a.
[2] *Ibid.*, *loc. cit*.
[3] Tcheng Hiuan, Commentaire du *Yi-wei t'ong-kouai k'ien*, ap. *Tcheou-li tchou-chou*, k. 26, 22b.
[4] Kia Kong-yen, *Tcheou-li tchou-chou*, k. 41, 20a.

Le fait capital de l'observation de l'ombre du gnomon était pour les Chinois de la mesurer. Pour cela ils employaient un instrument particulier, la Tablette de mesure, *t'ou-kouei* [1]. C'était un instrument ancien, car, de même que le gnomon, il est cité dans le *Tcheou-li* et dans le *K'ao-kong ki* : il servait à reconnaître le jour du solstice d'été par la mesure de l'ombre du gnomon pc.220 de huit pieds. Édouard Biot le définit comme « la partie horizontale et divisée du cadran solaire », mais cette définition est inexacte. Le *t'ou-kouei* des « Rituels » n'a rien à faire avec un cadran solaire ; c'est une tablette de jade qui

> « a un pied cinq pouces de long, et sert à déterminer (la position du) Soleil et à mesurer la Terre » [2].

Ses emplois sont énumérés avec précision :

> « (Le *ta-sseu-t'ou*) par le procédé de la Tablette de mesure observe la profondeur de la Terre, détermine exactement l'ombre du Soleil, et cherche ainsi le milieu de la Terre... (L'endroit ou) l'ombre du jour du solstice (d'été) est d'un pied cinq pouces est ce qu'on appelle le centre de la Terre » [3] ;

et :

> « La Tablette de mesure sert à déterminer les positions du Soleil et de la Terre dans les quatre saisons ; quand on constitue en fief une principauté, elle sert à mesurer le territoire [4].

Toutes ces mesures sont des mesures de l'ombre du gnomon, les mesures territoriales comme les astronomiques. Pour les premières, les Chinois croyaient que l'ombre d'un gnomon de huit pieds au solstice d'été diminue d'un pouce par mille *li* à mesure qu'on va vers le sud, et réciproquement augmente d'un pouce par mille *li* à mesure qu'on va vers le nord ; comme une principauté féodale avait en

---

[1] Le mot *t'ou* (qui signifie ordinairement « terre ») est glosé régulièrement par tou, « mesure », dans cette expression (*Tcheou-li tchou-chou*, k. 10, 8a ; k. 20, 24a).
[2] *Tcheou-li*, k. 41, 15a ; trad. Biot, t. II, 522-523.
[3] *Ibid.*, k. 10, 8a ; trad. Biot, t. I, 200.
[4] *Ibid*., k. 20, 24a-b ; trad. Biot, t. I, 489.

principe mille *li,* on voit qu'il suffisait de déterminer deux points où l'ombre du gnomon au solstice d'été eut une différence d'un pouce de long pour avoir les frontières Nord et Sud de la principauté ; un autre procédé compliqué, et où je ne vois pas bien comment intervenait le *t'ou-kouei*, permettait de mesurer d'après le Soleil et à l'aide de plusieurs gnomons une distance de mille *li* de l'est à l'ouest [1]. Quant aux mesures astronomiques, pc.221 les textes sont assez précis pour laisser voir exactement ce dont il s'agit, et les commentateurs, des Han aux T'ang, ne s'y sont pas trompés ; il n'est question ni de cadran solaire, ni de graduation de ce cadran ; la Tablette ayant juste la longueur de l'ombre du Soleil au solstice d'été est mise à midi plusieurs jours de suite au pied du gnomon dans la direction du Nord : le jour ou l'extrémité de l'ombre et l'extrémité de la Tablette coïncident est le jour du solstice ;

> « si au milieu de la Terre, le jour du solstice d'été, on dresse un gnomon de 8 pieds, à la moitié de la clepsydre de jour, l'ombre d'un pied cinq pouces (portée) au nord du gnomon est égale à celle de la Tablette de mesure. [2]

La collection Touan-fang contenait un *t'ou-kouei* en terre cuite de l'époque des Han qui avait été trouvé à Ting-tcheou. Il est décrit, mais n'est malheureusement pas reproduit dans le recueil des objets en

---

[1] *Houai-nan-tseu*, k. 3, 17a-b. J'ai traduit ce passage et exposé ce procédé dans *L'Astronomie chinoise avant les Han*, ap. *Tp.* XXVI (1929), 348-350. Toutes ces mesures sont fantaisistes : si on compte 1 *li* = 1.800 pieds de 0,24 = 432 m, on à 1.000 *li* = 430 km, et approximativement 1° = 110 km, soit par conséquent 1.000 *li* = 4° ; à la latitude de 35° N., pour 1.000 *li* au N. (35°-39°) l'ombre d'un gnomon de 8 pieds passera de 1 pied 632 à 2 pieds 240, et pour 1.000 *li* au S. (35°-31°40'), elle passera de 1,632 pied à 0,996 pied : la différence est en gros de 6 pouces par 1.000 *li* ou d'un pouce par 166 *li*. Les Chinois s'aperçurent au début du V^e^ siècle que leur théorie d'une variation de 1 pouce d'ombre par 1.000 *li* était fausse : en 442 Ho Tch'eng-t'ien fit mesurer la longueur de l'ombre au Kiao-tcheou (Tonkin) et en conclut que la variation était d'un pouce pour 600 *li*, ce qui est encore bien trop peu. Un siècle plus tard, un Commentaire du *Tcheou pei* rédigé dans le Nord, qui donnait une mesure récente de l'ombre à Lo-yang, permit de la comparer à celle de Kin-ling (Nankin) et on évalua la différence à 4 pouces pour 1.000 *li* ou 1 pouce pour 250 *li*, ce qui se rapprochait davantage de la réalité (*Souei chou*, k. 19, 11 a). — Pour la longueur de l'ombre du gnomon suivant les mois aux diverses latitudes, voir *Calendrier-Annuaire de Zi-ka-wei*, année 1906, p. 62-63.

[2] Kia Kong-yen, *Tcheou-li tchou-chou*, k. 41, 15a.

pierre de cette collection. En voici la description trop succincte [1] :

> « Tablette de mesure, *t'ou-kouei*, de (la période) *yen-hi* (des Han),
>
> En terre cuite. Hauteur : 1,07 pied (342 mm). — Largeur en haut : 7 pouces (224 mm). — Largeur en bas : 9,2 pouces (294 mm).
>
> Trois lignes (contenant en tout) quatorze caractères, les plus grands ayant quatre pouces et trois ou quatre dixièmes de pouce, pc.222 les plus petits un pouce et deux ou trois dixièmes de pouce. Écriture à la fois *fen* et *hing* inégale.

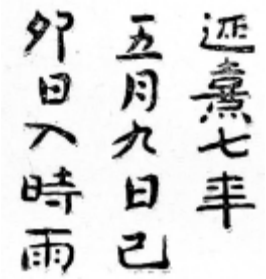


Fig. 3. — Inscription de la Tablette de mesures, de la collection Touan-fang.

La notice qui suit ajoute seulement [2] que cet

> « instrument est étroit en haut et large en bas, il a la forme des tablettes de dignité des princes, *fou-kouei*. »

L'instrument est exactement daté par l'inscription :

> « La 7e année *yen-hi*, le 5e mois, le 9e jour, jour marqué des signes cycliques *ki-mao* (16 juin 164 p. C.) [3], on entre dans (la période des) pluies saisonnières.

La mention des « pluies saisonnières », *che-yu*, fait allusion au solstice d'été, mais le solstice d'été de 164 p. C. a eu lieu le 23 juin à 13h28 (à Lo-yang) et non le 16 juin [4]. L'inscription, qui n'a pas été ajoutée après coup, mais a été gravée dans la terre avant la cuisson, donne cette date parce que c'est celle du premier jour où on commence à vérifier la longueur de l'ombre avec le *t'ou-kouei*. Il est naturel que, puisque le *t'ou-kouei* est destiné à faire reconnaître le jour exact du solstice, on l'examine tous les jours à midi plusieurs

---

1 *T'ao-tchai tsang-che ki*, k. 1, 17b.
2 *Ibid*., 20a-b.
3 La date est correcte : le 5e mois de la 7e année *yen-hi* commença le jour *sin-wei* (8e du cycle) et par conséquent le 9e jour du mois tombe bien un jour *ki-mao* (16e du cycle).
4 La date du solstice d'été est calculée d'après Neugebauer, *Tafeln zur astronomischen Chronologie*, III, § 22, avec la correction indiquée dans *Astronomische Chronologie.*

jours avant le solstice, pour vérifier celui où la longueur de l'ombre sera la même que celle de l'instrument : on devait fabriquer chaque année des *t'ou-kouei* où la date de leur premier emploi annuel était inscrite d'avance, à l'usage du petit fonctionnaire ou employé qui était chargé de reconnaître la date du solstice lui-même. Le calendrier dont on se servait à cette époque permettait en effet de calculer sans peine la date des vingt-quatre *tsie-ki* de l'année, pc.223 et par suite celle des solstices ; mais le vieux procédé de vérification par le *t'ou-kouei* continuait à être employé pour fixer la date du solstice d'été en vue de certaines fêtes et cérémonies.

La longueur du *t'ou-kouei* de *yen-hi* est de 342 mm. Kong Si-ling s'est donné la peine de le mesurer avec le « pied de (la 6e année) *kien-tch'ou* (82 p. C.) » conservé à K'iu-feou dans le temple de Confucius [1], et il a trouvé qu'il avait exactement 1,48 pied en mesure des Han ; il a constaté que cette longueur est justement celle que le calendrier des Han Postérieurs [2] a empruntée au *Kouai-t'ong k'ien*, un des *wei* du *Yi-king*, pour la longueur de l'ombre au solstice d'été [3] ; et il en conclut à l'accord des deux mesures, celle du livre et celle de l'objet lui-même. Je ne suis pas sûr que cet accord soit aussi parfait qu'il le suppose. D'abord sa mesure d'après le pied de *kien-tch'ou* me paraît avoir été assez approximative : ce pied ayant 234,8 mm [4], le *t'ou-kouei* avec ses 342 mm n'a que 1,456 pied et non 1,48 pied et cette différence de plus de deux dixièmes de pouce, bien que légère, suffit à faire disparaître cet accord. Mais surtout, bien que la longueur du pied des Han soit une des rares mesures chinoises qui soit presque exactement établie, elle ne l'est pas encore assez pour des mensurations aussi minutieuses ; et si, au lieu de prendre le seul

---

[1] Yuan Yuan, *Tsi-kou-tchai tong-t'ing yi-k'i k'ouan-che*, k. 10, 5a. — Le pied en bronze de la 6e année *kien-tch'ou* aurait exactement 234,8 mm d'après Töda Genjun, *Shaku doku sökö*, p. 92. Je ne sais si la précision de ces chiffres se rapporte à une mesure directe ou à une mesure prise sur un estampage ou même sur un livre.

[2] *Heou-han chou*, k. 13, 13a, où le titre est donné seulement de façon vague ; *Yi-wei*, un des livres non canoniques sur le *Yi-king* ; cf. *Souei chou*, k. 19, 10a, où se trouve le titre exact.

[3] *T'ao-tchai tsang-che ki*, k. 1, 20a.

[4] Töda, *loc. cit*.

pied de *kien-tch'ou*, on prend plusieurs des pieds des Han qui ont été conservés, on s'aperçoit que les fabricants chinois étaient peu soucieux d'exactitude : les deux pieds en bois trouvés par Sir Aurel Stein dans le *limes* au nord de Touen-houang ont 230 mm [1], et le pied de bronze de la $_{pc.224}$ 6^{e} année *kien-tch'ou* a 234,8 mm, soit environ un demi-centimètre de plus ; un pied en bronze de la 1^{e} année *che-kien-kouo* de Wang Mang (9 p. C.) a 250 mm [2], soit 1 ½ cm de plus. Mais surtout le retrait et la déformation de la terre cuite à la cuisson sont tellement irréguliers qu'il était impossible aux briquetiers de la calculer avec la précision que suppose Kong Si-ling. Plutôt que la longueur d'ombre de 1,48 du *Kouai-t'ong kien*, le *t'ou-kouei* devait avoir l'intention de fournir la longueur rituelle qui était de 1,5 pied. Un *t'ou-kouei* de terre cuite ne pouvait avoir qu'une valeur rituelle ; bien qu'on sût calculer la date du solstice d'été, on l'employait par une sorte de survivance, mais le plus ou moins d'exactitude de l'observation n'importait pas, puisque la date était connue d'avance par le calendrier. Il n'était plus à proprement parler un instrument astronomique, et servait surtout à des usages divinatoires : on tirait des pronostics de la longueur de l'ombre au solstice d'été, suivant qu'elle était conforme ou non au chiffre officiel.

L'emploi de cet instrument spécial pour mesurer l'ombre du gnomon est intéressant à plus d'un titre. D'abord il fait ressortir toute la peine que les Chinois ont eue à effectuer la mesure de cette ombre, et cela n'est pas inutile, car la facilité de cette mensuration est un axiome courant dans les études sur l'astronomie chinoise ancienne : Saussure en particulier revient fréquemment sur l'extrême facilité du procédé qui permet de reconnaître les solstices par la longueur de l'ombre. Or les Chinois y trouvèrent une réelle difficulté : d'abord l'ombre, même en été quand elle est courte et que la lumière est vive, finit de façon confuse ; ombre et pénombre se distinguent mal et la limite est difficile à observer ; de plus la

[1] Stein, *Serindia*, t. II, 660 et 771, et t. IV, pl. LIV ; 668 et 773 ; cf. I, 374, où la mesure du pouce est donnée avec plus de précision comme étant de 22,9 mm.
[2] Töda, *op. cit.*, 33, 93.

longueur de l'ombre varie peu pendant les jours qui précèdent et suivent les solstices, et l'imprécision de leurs mesures de longueur ne leur permettait que difficilement de suivre ces variations.

pc.225 Mais surtout cette pratique montre nettement que c'est le solstice d'été dont on vérifiait la date par l'ombre du gnomon et non le solstice d'hiver, bien que ce fût le solstice d'hiver qui servît de point de départ au calendrier. En effet, si la mesure avait été faite à la façon ordinaire, en marquant le point extrême de l'ombre et en mesurant sa distance du pied du gnomon à l'aide d'un pied, il n'y aurait eu aucune raison de choisir un solstice plutôt qu'un autre ; mais du moment qu'on employait un instrument spécial, ayant la longueur de l'ombre elle-même, on ne peut songer sérieusement qu'on eût un *t'ou-kouei* de 135 pouces de longueur (3,14 m), pour le solstice d'hiver : il n'existe pas de morceaux de jade de cette longueur, et une brique de cette taille, sans être peut-être matériellement impossible à fabriquer, aurait été impossible à manier.

Le procédé qui consiste à déterminer la date du solstice d'hiver indirectement par l'observation de l'ombre du gnomon au solstice d'été était probablement dû en partie à la difficulté matérielle de la fabrication et du maniement d'un *t'ou-kouei* de 135 pouces de long (3,14 m), en quelque matière qu'on le fît. Mais il y avait encore une autre raison. Aussitôt qu'ils eurent déterminé la date du solstice d'hiver par ce procédé, les astrologues cherchèrent à repérer le lieu sidéral du Soleil à cette date, afin de reconnaître l'approche du solstice par l'observation des astres, procédé qui leur paraissait d'exécution plus facile que le montage du gnomon et l'examen de l'ombre à midi plusieurs jours de suite. Ils reconnurent que le Soleil devait être, le jour du solstice d'hiver, au début de la mansion K'ien-nieou, et placèrent là le point de départ de leur division de l'équateur céleste en 365^{d} ¼, un degré par jour. Mais ils ne purent l'observer directement, cette mansion étant invisible à ce moment puisque le

Soleil s'y trouvait. Ils l'observèrent par opposition [1] au moment du solstice pc.226 d'été : à l'époque de la création du calendrier, quatre à cinq siècles avant notre ère, elle était visible toute la nuit à cette date, se levant vers l'heure du coucher du Soleil.

Tout conduisait donc les astrologues chinois à ce procédé indirect, l'observation des étoiles aussi bien que la mesure de l'ombre par le *t'ou-kouei*. Aussi, toutes les fois qu'on parle de cet instrument, c'est toujours à propos du solstice d'été, et jamais à propos du solstice d'hiver. Ce qu'on mesurait, c'était l'ombre du gnomon à midi les jours environnant le solstice d'été, et on reconnaissait ainsi la date exacte du solstice ; puis on calculait celle du solstice d'hiver à partir du solstice d'été observé. Or les Chinois croyaient les saisons égales ; par conséquent ils donnaient à l'intervalle compris entre les deux solstices une longueur de 365 ¼/2 jours, soit 182 5/8 jours, alors qu'au temps des Han l'intervalle réel était d'un peu plus de 181 jours seulement. Il s'en suit qu'ils plaçaient le solstice d'hiver un jour et une fraction de jour plus tard qu'il n'était réellement.

Ainsi, bien que le point de départ de tous les calculs calendériques fut, à l'époque des Han et dans la période qui les précède immédiatement, le solstice d'hiver, la date de ce solstice était fausse. C'est ce qui explique que les astronomes qui ont réformé le calendrier sous Wou-ti aient placé le solstice d'hiver de 105 a. C. deux jours plus tard qu'il n'eut lieu réellement, à savoir le 25 décembre, jour *kia-tseu*, au lieu du 23 décembre, jour *jen-siu*. Ils n'ont pas, comme on l'a dit [2] « falsifié la date du solstice, pour obtenir un jour *kia-tseu* [3] ; la date fausse leur à pc.227 été donnée

---

[1] Vers 450 a. C., β du Capricorne (K'ien-nieou) était exactement en opposition avec le Soleil au solstice d'été ; l'opposition resta approximative aux siècles qui précèdent et suivent. Cf. J.-B. Biot, *Études sur l'astronomie indienne et sur l'astronomie chinoise*, App. I, 383-385.

[2] L. de Saussure, *La chronologie chinoise et l'avènement des Tcheou*, *Tp*. XXIII (1924), p. 307 note.

[3] Les théories calendériques chinoises de cette époque se fondent sur une série de cycles de plus en plus longs, *tchang* de 19 ans, *houei* de 513 ans (27 *tchang*), *t'ong* de 1.539 ans (3 *houei*), *yuan* de 4.617 ans (3 *t'ong*) ; le premier jour de chaque mois est un jour de solstice d'hiver coïncidant avec le premier jour du onzième mois, et le premier jour d'un *yuan*, qui est en même temps celui du premier des

régulièrement par le calcul à partir du solstice d'été et non par un « coup de pouce d'un jour et demi » [1]. En effet le solstice d'été de 105 a. C. À eu lieu le 25 juin à $17^h\ 42^m$ (pour Tch'ang-ngan, 107° E.) : en ajoutant 182 5/8 jours, on trouve pour le solstice d'hiver la date du 25 décembre à $8^h\ 14^m$, tandis qu'en réalité, le solstice d'hiver a eu lieu le 23 décembre à $17^h\ 46^m$ (pour Tch'ang-ngan) : la différence est exactement de 1 jour $14^h\ 28^m$, ce qui est en chiffres ronds le jour et demi du « coup de pouce » de Saussure [2].

La Tablette de mesure paraît un instrument bien inutile : il semble qu'il aurait été plus simple de mesurer directement l'ombre à l'aide d'une perche graduée que de fabriquer un instrument d'une longueur déterminée et de vérifier si l'ombre correspond à cette longueur. Bien plus, elle faussait l'observation, puisque, si l'ombre était plus longue qu'elle (et c'est ce qui arrivait en effet, puisque l'ombre d'un gnomon de 8 pieds le jour du solstice d'été par 35° lat. N. est de 1,632 pied et non de 1,5 pied), l'extrémité s'en perdait dans celle de l'épaisseur de l'instrument lui-même. Mais elle avait l'avantage d'être une mesure fixe et établie une fois pour toutes en un temps ou la fabrication des mesures de longueur manquant de précision, les pieds ordinaires en jade, en bronze ou en bois variaient sensiblement d'un exemplaire à l'autre. En se servant de pieds ou de toises courants, l'instrument variant d'une année à l'autre, le directeur de l'observatoire astronomique de la cour des Tcheou, le *fong-siang che*, chargé d' « observer le Soleil au solstice d'hiver et au solstice d'été » [3], ou l'un de ses subordonnés, n'aurait jamais pu être sûr de mesurer chaque année la même longueur réelle, et il n'aurait par conséquent jamais su reconnaître avec certitude le jour du solstice.

---

trois *t'ong* (et par conséquent aussi celui du premier des trois *houei* et des 81 *tchang* de ce *t'ong*) doit être un jour *kia-tseu* : on voit l'importance de ce « solstice néoménique » de 105 a. C. qui marquait un commencement complet. Voir sur ces cycles, Saussure, *op. cit.*, 303, 322.

[1] L. de Saussure, *op. cit.*,306.

[2] J'ai déjà indiqué, mais avec moins de précision, que l'erreur de date du solstice de *t'ai-tch'ou* (105 a. C.) était due à un faux calcul et non à une fraude. (*La composition et la date du Tso tchouan*, p. 174, note 1, ap. *Mélanges chinois et bouddhiques*, t. I).

[3] *Tcheou-li*, k. 20, 22b, trad. Biot, t. II, 113.

L'emploi pc.228 du *t'ou-kouei* supprimait cet inconvénient : chaque année, il tirait du magasin la même tablette de jade et constatait que l'ombre et cette tablette étaient de même longueur. On espérait éliminer ainsi les erreurs dues à l'imprécision des instruments de mesure.

Ce *t'ou-kouei* rudimentaire ne pouvait indéfiniment satisfaire les astronomes chinois : ils devaient naturellement en venir à en graduer la surface en pieds et pouces, de façon à pouvoir l'utiliser à mesurer les longueurs des ombres, et ainsi à vérifier les mesures traditionnelles, et non simplement à constater que l'ombre était égale ou non à l'instrument ; ce perfectionnement doit dater de la fin des Han Antérieurs, et c'est à lui que sont dues les corrections de la mesure de l'ombre du solstice d'été proposées par divers auteurs de cette époque, ainsi que la constatation du fait que la longueur de 1 pied 5 pouces, inexacte pour Lo-yang, l'était moins pour la sous-préfecture de Yang-tch'eng au sud-est de Lo-yang. Le *Tcheou-li* étant attribué au duc de Tcheou, qui était un saint, *cheng-jen*, et un saint ne pouvant se tromper, on en tira la conclusion que c'était réellement cet endroit que le duc de Tcheou avait reconnu comme le milieu de la surface carrée de la Terre, et que c'était là qu'il avait pris la mesure de l'ombre. Vers le milieu du 1er siècle p. C., Tcheng Tchong enregistrait déjà cette opinion dans son commentaire du *Tcheou-li* [1] ; elle remonte par conséquent presque à la publication du *Tcheou-li* sous les Han. Pour les lettres qui s'occupaient d'astronomie, elle avait l'avantage de supprimer la divergence de cette mesure (1,5 pied) avec celle du *Tcheou-pei souan-king* (1,6 pied), autre livre attribué au duc de Tcheou. À la vérité elle n'a aucun sens, de quelque côté qu'on la prenne : ni le *Tcheou-li*, ni le *Tcheou-pei*, ni les mesures de l'ombre que ces deux ouvrages contiennent, ne remontent au duc de Tcheou ni à son temps, ni aucune des deux n'a été prise à Yang-tch'eng. La mesure du *Tcheou-li* est celle même que les grands astrologues du IVe siècle a. C.

[1] *Tcheou-li tchou-chou*, k. 10, 8a ; *Tsin chou*, k. 11, 5a.

donnaient à l'ombre au « milieu de la Terre ». Le fait qu'elle correspond à 2/3° près à pc.229 la latitude de Lo-yang ne doit pas faire illusion [1] ; il n'y a aucune raison d'admettre qu'elle ait été réellement prise à Lo-yang ; et c'est bien plus probablement un ajustement théorique (en arrondissant à un demi-pied et en faisant intervenir, si c'était nécessaire, la règle de variation de 1 pouce pour 1.000 *li* de la longueur de l'ombre) d'une mesure prise par eux ou par leurs devanciers dans les pays du nord-est de la Chine ou fleurit l'astronomie avant les Han [2]. La mesure du *Tcheou-pei* doit reproduire une des premières mesures officielles de l'époque des Han Antérieurs (époque du livre) pour Tch'ang-ngan ou Lo-yang (qui sont approximativement à la même latitude) : sa correspondance avec la latitude de Lo-yang est remarquablement exacte [3] ; mais les corrections que les contemporains ou les auteurs subséquents proposèrent au temps des Han montrent que cette exactitude était le résultat d'une heureuse chance plutôt que de la justesse des observations du temps. Le *Yi-wei t'ong-kouai kien* donnait à l'ombre du solstice d'été une longueur de 1 pied 58 dixièmes de pouce. À l'inverse Lieou Hiang, dans la seconde moitié du 1er siècle a. C., avait adopté le chiffre de 1 pied 48 dixièmes de pouce, mesure que retrouva six siècles plus tard, en 584, le *t'ai-che-ling* Yuan Tch'ong, tandis qu'en 597, il ne trouvait que 1 pied 45 dixièmes de pouce [4].

Vraies ou fausses, la variété et la précision des mesures de l'ombre au temps des Han impliquent le remplacement du *t'ou-kouei* rudimentaire primitif par une véritable règle graduée. Quand à la fin du Ve siècle ou au début du VIe, Tsou Heng-tche eut l'idée de rendre solidaires le gnomon et le *t'ou-kouei*, et de fabriquer un instrument en bronze qui les assemblait tous deux sur le pc.230 même socle, en y

---

[1] Une ombre de 1 pied 5 pouces pour un gnomon de 8 pieds à midi le jour du solstice d'été correspond à une latitude de 34° 10' ; la latitude de Lo-yang est 34° 48'.

[2] H. Maspero, *L'astronomie chinoise avant les Han*, ap. *Tp*. XXVI (1929), p. 355.

[3] Une longueur d'ombre de 1 pied 6 pouces pour un gnomon de 8 pieds le jour du solstice d'été à midi vrai correspond à une latitude de 34° 48'. C'est la latitude même de Lo-yang, 34° 48' ; celle de Tch'ang-ngan est 34° 16'.

[4] *Souei chou*, k. 19, 10b.

joignant un niveau d'eau pour vérifier l'horizontalité de l'ensemble [1], le *t'ou-kouei* disparut définitivement comme instrument indépendant : depuis cette époque cette expression ou tout simplement le mot *kouei*, ne désigne plus que la table graduée placée au pied du style, comme dans les descriptions que j'ai citées ci-dessous [2]. Entre temps d'ailleurs, il avait encore une fois changé de caractère : un demi-siècle plus tôt, Ho Tch'eng-t'ien avait employé le *t'ou-kouei* à mesurer l'ombre du solstice d'hiver [3] : dès ce temps par conséquent, et alors qu'il était encore indépendant du gnomon, il avait cessé d'avoir une longueur fixe égale à l'ombre du solstice d'été pour devenir une règle graduée plus longue pouvant servir à la mesure de toutes les ombres de l'année, même de la plus longue, celle du solstice d'hiver. Il n'est pas impossible que ç'ait été là un perfectionnement de Ho Tch'eng-t'ien, car c'est lui qui paraît avoir été le premier à vouloir déterminer la date du solstice d'hiver par des observations directes, et non plus indirectement par l'intermédiaire du solstice d'été, et par là prépara la découverte de l'inégalité des saisons.

Les Chinois avaient cru à l'origine que les quatre saisons étaient absolument égales, en sorte que le solstice d'été coupait en deux moitiés l'année astronomique commençant au solstice d'hiver : au temps des Han, celui-ci étant placé au 21^{d} de la mansion Teou et le solstice d'été au 25^{d} de la mansion Tsing (sur l'équateur), on comptait 183^{d} de distance entre eux ; aussi comme à cette époque la seule observation réelle était celle du solstice d'été, le solstice d'hiver, base des calculs calendériques, était placé par les astronomes 1 ½ jour environ trop tard. Le calendrier de la 5^{e} année *yong-kouang* (39 a. C.) trouve par Sir Aurel Stein dans un des postes frontières du *limes* de Touen-houang et publié par Chavannes [4]

---

[1] *Souei chou, ibid.*
[2] Voir ci-dessous, p. 59-62.
[3] *Souei chou*, *loc. cit*.
[4] Édouard Chavannes. *Les documents chinois découverts par Aurel Stein dans les sables du Turkestan Oriental*, n° 429, p. 96 ; Lo Tchen-yu et Wang Kouo-wei, *Lieou-cha t'o kien*, k. 2, 7a.

montre bien l'erreur des calendriers des Han : le solstice d'été y est placé le 4e jour, jour pc.231 *t'ing-wei* (44e du cycle) du cinquième mois, dont le 1er jour était *kia-tch'en* (41e du cycle), ce qui correspond au 25 juin 39 a. C. (jul.) ; et le solstice d'hiver le 10e jour, jour *keng-siu* (47) du onzième mois, dont le 1er jour était *sin-tch'eou* (38), ce qui correspond au 25 décembre 39 a. C. Or cette année 39 a. C., à Tch'ang-ngan, le solstice d'été fut le 25 juin à 16h 40m, ce qui s'accorde avec le calendrier, mais le solstice d'hiver fut le 23 décembre à 17h 27m, soit 2 jours plus tôt que le calendrier [1].

La longueur de l'ombre varie si peu dans les jours qui environnent les solstices que l'erreur aurait été en elle-même presque insensible, même si l'on avait observé directement l'ombre des solstices d'hiver. Il fallut pour qu'on s'en aperçut que d'autres erreurs vinssent attirer l'attention de ce côté, en particulier dans l'évaluation de ce qu'on appelait le « reste de l'année », *souei-yu*, fraction d'environ ¼ de jour de l'année, et les « subdivisions de degré de la mansion Teou », *Teou-fen*, c'est-à-dire du chemin parcouru par le Soleil pendant la fraction de jour qui termine l'année. Cette fraction, qu'on évalue grossièrement à un quart de jour, était de 0,242305 jour vers la fin des Han Postérieurs, de 0,242270 au VIIIe siècle de notre ère, et de 0,242240 au XIIIe siècle [2], nombres qu'il suffit de prendre tels quels pour avoir le nombre des *Teou-fen* en degrés chinois puisque le degré chinois est le chemin, supposé constant, que le Soleil parcourt en un jour. Avant la découverte de la précession des équinoxes au IVe siècle, alors qu'il ne pouvait y avoir de distinction entre l'année tropique et l'année sidérale, comme les astronomes avaient pris l'habitude de repérer les solstices par le retour du Soleil à certaines constellations (le 21d de la mansion Teou pour le solstice d'hiver pc.232 sous les Han), leur année est en quelque sorte moyenne entre

[1] Dans le calendrier *san-t'ong*, en usage à cette époque, le solstice d'hiver à lieu successivement d'année en année à minuit, 6 heures du matin, midi et 6 heures du soir ; l'année 105 a. C. ayant eu son solstice à minuit, celui de 39 a. C. était censé se produire à 18 heures le 25 décembre.

[2] La différence de longueur de l'année depuis la fin des Han jusqu'à aujourd'hui est d'environ 10S.

l'année tropique et l'année sidérale (365,25657) et suivant les calendriers c'est dans l'une ou l'autre direction que se portent les corrections. Après le IV^e^ siècle, la notion d'année sidérale en tant que fait distinct de l'année tropique apparaît sous une forme un peu particulière : Tsou Tch'ong-tche, au V^e^ siècle, voulant donner à la graduation de l'équateur et de l'écliptique un point de départ fixe indépendant de la précession, eut l'idée de choisir à cet effet un ancien solstice d'hiver, calcule par lui pour l'époque de l'empereur Yao, au 6^d^ à de la mansion Hiu ; et le « tour du ciel », *tcheou-t'ien*, fut pour lui le chemin du Soleil à partir de ce 6^d^ de Hiu jusqu'à son retour à ce même point, c'est-à-dire, en somme, l'équivalent de ce que nous appelons année sidérale, mais entièrement détache de l'année tropique, et couvrant une période différente.

Le tableau ci-dessous [1] montre les efforts poursuivis par les Chinois pendant plusieurs siècles, des Han aux T'ang, pour n'arriver que difficilement à une évaluation correcte ; j'ai ajouté l'évaluation de Ko Cheou-king comme point d'aboutissement : elle est la meilleure qui ait été obtenue avant l'arrivée des astronomes européens. J'ai donné à côté des fractions chinoises [2] leur réduction en nombres décimaux pour faciliter la comparaison avec les nombres modernes indiqués ci-dessus. pc.233

---

[1] Les données en ont déjà été rassemblées pour la plupart au XVII^e^ siècle par le père Schall, *Sin-fa piao-yi*, k. 1, et ont passe de là dans Gaubil, *Traité de l'Astronomie Chinoise*, ap. Souciet, *Observations*..., t. III, p. 97, table XIX ; je les ai vérifiées et complétées, et j'ai ajouté les références, mais en m'arrêtant aux T'ang ainsi que je l'ai dit ci-dessus, alors qu'il continue jusqu'au XVII^e^. Je rappelle que les calendriers chinois antérieurs à l'époque mongole n'expriment jamais de façon explicite la valeur qu'ils attribuent à la lunaison, ni à l'année (soit tropique, soit sidérale).

[2] Ces fractions ont en principe comme numérateur dans tous les calendriers le nombre des *Teou-fen* ou des *Souei-yu*, et comme dénominateur un des nombres exprimant les subdivisions du degré ou du jour. Pour la compréhension des opérations arithmétiques chinoises, je rappelle que les mathématiciens n'ont qu'une série de termes techniques qu'ils appliquent également à la multiplication et à la division : *che* désigne le multiplicande et le dividende ; *fa*, le multiplicateur et le diviseur ; *tö*, le produit et le quotient.

Calendrier et date	Tropique	Sidérale		
Cal. *san-t'ong*	385/1539		0.250162	*Tsin Chou*, k.18, 17a
Cal. *sseu-fen* (85 p. C.)	385/1540=1/4		0.250000	*Heou-han chou*, k. 12, 3a
Cal. *k'ien-siang* de Lieou Hong (196)	145/589		0.246180	*Tsin Chou*, k.17, 1b
Cal. de *houang-tch'ou* de Han Yi (221)		1250/4883	0.255989	*Tsin Chou*, k.17, 1b
Cal. de *king-tch'ou* de Yang Wei (237)	455/1843		0.246880	*TsinC*,k18,2b;*SongC*,k12,4b
Évaluation de Lieou Tche (265-289)	37/150		0.246666	*SongC*,k12,18a;*TsinC*,k18,15a
Cal. de Wang Cho-tche (352)		1305/4883	0.267253	*Tsin Chou*, k.18, 16b
Cal. *san-ki* de Kiang Ki (384)1	605/2451		0.246838	*Tsin Chou*, k.18, 17a
Cal. de *yuan-kia* de Ho Tch'eng-t'ien (443)2	75/304		0.246710	*Song Chou*, k.13, 1b
Cal. de *ta-ming* de Tsou Tch'ong-tche(462) 3	9589/39491	10449/39491	0.242816-0.264592	*Song Chou*, k.13, 11b
Cal. de *tcheng-kouan* de Li Ye-hing (520)	1477/6060		0.243729	*Wei Chou*, k. 107A, 4a
Cal. de *hing-houo* de Li Ye-hing (539)	4117/16860		0.244187	*Wei Chou*, k. 107B, 3a-b
Cal. *kieou-kong hing-k'i* de Li Ye-hing(547)	987/4040		0.224307	*Wei Chou*, k. 84, 11b
Cal. de *t'ien-pao* de Song King-ye (550)	5787/23660		0.244590	*Souei Chou*, k.17, 2a
Cal. de *t'ien-ho* de Tchen Louan (566)	5731/23460		0.244288	*Souei Chou*, k.17, 2b
Cal. *kia-yin yuan-li* (576)	5461/22338		0.244471	*Souei Chou*, k.17, 2a
Cal. *kia-yin* de Ma Hien (578)	3167/12992		0.243765	*Souei Chou*, k.17, 3a
Cal. de *k'ai-houang* de Tchang Pin (584)	25063/102960		0.243422	*Souei Chou*, k.17, 4a
Cal. de Tchang Tcheou-hiuan (608)		10866/42640	0.254831	*Souei Chou*, k.17, 10b
Cal. *houang-ki* de Lieou Tch'o (608)4	11406,5/46644	12016/46664	0.244543-0.257610	*Souei Chou*, k.18, 9b
Cal. de *meou-yin* de Fou Jen-kiun (619)	2315/9464		0.244611	*Sin T'ang Chou*, k.25, 10b
Cal. *ta-yen* de Yi-hang (724) 5	743/3040	779/3040	0.244407-0.256250	*Sin T'ang Chou*, k.28A, 1a-4b
Cal. *cheou-che* de Ko Cheou-king (1284) 6			0.242500-0.257500	*Yuan che*, k.52,7a ; k.54,1a

1 pc.234 Les chiffres des *Teou-fen* des calendriers « des Yin », *san-t'ong, k'ien-siang et king-tch'ou*, ainsi que ceux de son propre calendrier *San-ki*, sont discutés par Kiang Ki dans un fragment qui a été conservé (*Tsin chou*, k. 18, 17a-b).

2 « Le tour du ciel est de 365^{d} 758/304 » (Ho Tch'eng-t'ien, *Louen Houen-t'ien siang-ti*, ap. *Souei chou*, k. 19,4b-sa). Comme on le voit, pour lui, le « tour du ciel » est l'année tropique et non l'année sidérale. Les termes techniques du calendrier n'ont pas toujours exactement le même sens d'un calendrier à l'autre ; de plus ils sont souvent employés sans modification à désigner sinon des choses différentes, au moins des aspects différents de la même chose, et ont dans ce cas plusieurs nombres différents.
Chez Ho Tch'eng-t'ien, la fraction à pour dénominateur la « règle du degré », *tou-fa*, 304, et pour numérateur la « fraction de degré », *tou-fen*, 75 ; il n'y a pas d'attache à un lieu sidéral comme précédemment ; c'est l'année tropique exprimée en degrés.

3 Tsou Tch'ong-tche distingue une année tropique où le numérateur est le « reste annuel », *souei-yu*, et une année sidérale où le numérateur est ce qu'il appelle *Hiu-fen*, les subdivisions de degré contenues dans la mansion Hiu (j'ai dit ci-dessus qu'ayant mis le début de sa graduation de l'équateur et de l'écliptique au 6^{d} de Hiu, c'est là qu'il place ces « subdivisions de degré » qui sont celles que les anciens astronomes appelaient *Teou-fen*). Dans l'une et l'autre, le dénominateur est le *ki-fa*, comme dans les calendriers des Han. Chez lui le *ki-fa* est d'ailleurs égal au nombre du degré, *tou-fa*, (chez Ho Tch'eng-t'ien celui-ci est le double du *ki-fa*) qui par suite n'est pas donné explicitement, mais qu'on peut calculer facilement en divisant par 365 le nombre des « tours du ciel » diminué des *Hiu-fen* : (14.424.664-10.449)/385 = 39.491.

4 Lieou Tch'o n'emploie aucune des deux expressions *Teou-fen* et *Hiu-fen*, mais celle, plus générale de *tcheou-fen* « subdivisions de degré du tour (du ciel) » ; et comme Tchang Tcheou-hiuan, c'est l'année sidérale et non l'année tropique qu'il a prise pour base de ses calculs. Sa mort en 608 coupa court à sa longue querelle avec Tchang Tcheou-hiuan ; le calendrier de celui-ci fut seul mis en vigueur.

5 Cf. Gaubil, *Traité...*, ap. Souciet, *Obs...*, t. III, 125. — Le dénominateur 3040 est le *t'ong-fa*, dont Yi-hang déclare que c'est le jour (*Sin T'ang chou*, k. 28 A, 1a) ; le quart du jour est ce qu'il appelle *tch'en-fa* = 760. Les *Hiu-fen* (lui aussi met le début de la graduation de l'équateur au 6^{d} de Hiu et place là le quart de degré de l'année) sont 779 ¾ : c'est donc certainement à l'année sidérale que Yi-hang attribue 779/3040, car il sait bien que pour l'année tropique la fraction est inférieure à ¼. Je n'ai trouvé nulle part la fraction que je donne pour l'année tropique : j'ai formé le numérateur en retranchant le chiffre de la précession 36 ¾ (*Sin T'ang chou*, k. 28 A, 3a) de celui des *Hiu-fen* 779—36 = 743. Gaubil, *loc. cit.*, lui attribue une évaluation de l'année tropique en temps : 365^{J} 24 *k'o* 4407 (= 365^{J} 5^{h} 51^{m} 56^{s}, les subdivisions du *k'o* étant décimales) pareille à celle que je donne ci-contre.

6 Ko Cheou-king ne donne pas de fractions, mais seulement des nombres décimaux. Cf. Gaubil, *Traité d'Astronomie chinoise*, ap. Souciet, *Observations...*, t. III, 69.

pc.235 Ces fractions compliquées étaient obtenues au moyen de calculs dont je donnerai ici quelques exemples, car ils illustrent fort bien les méthodes astronomiques du temps des Han [1].

Dans le calendrier *san-t'ong*, le jour se subdivise en 81 parties : le nombre 81 est ce qu'on appelle la « règle du jour [2] » *je-fa*. En multipliant ce nombre par 29 43/81, le nombre des jours de la lunaison, on obtient la « règle de la lunaison » *yue-fa*, soit 81 x 29 43/81 = 2.392. En multipliant encore ce nombre par le nombre des lunaisons contenues en un *tchang*, période d'intercalation de 13 ans, où l'intercalation de 7 lunaisons supplémentaires suivant un cycle régulier ramène à la fin le solstice d'hiver et la néoménie le même jour (19 x 12 + 7 = 235), on obtient ce qu'on appelle le nombre des « tours du ciel » *tcheou-t'ien*, c'est-à-dire le nombre des subdivisions (81es) de jour contenues en 1 *tchang* : 2.392 x 235 = 562.120. D'autre part la règle du *t'ong* est 1.539 : en effet le *t'ong* est la période au bout de laquelle les chiffres exprimant des subdivisions d'années et de lunaisons sont des nombres entiers ; il contient 81 *tchang*, soit 81 x 19 = 1.539. Ceci posé, si on divise le *tcheou-t'ien* par le *t'ong*, c'est-à-dire le nombre de 1/81 de jour compris en 235 lunaisons par le nombre d'années compris en 1 *t'ong*, on obtient le nombre de jours de l'année : 562120/1539 = 365 385/1539, où la fraction est le pc.236 « reste de l'année » *souei-yu*, qui à cette époque, avant la découverte de la

[1] Les nombres fondamentaux du calendrier *san-t'ong*, d'après le *Ts'ien-han chou*, k. 21B, ont été étudiés par MM. W. Eberhard et Robert Henseling, *Beiträge zur Astronomie der Han-Zeit*, I (*Sitzungsber. der Preuss. Akad. der Wissenschaften*, 1933, I, p. 209-229 ; dans un second article M. Eberhard à traduit plusieurs des formules de calcul de ce même calendrier, avec des exemples qui permettent de suivre la manière de raisonner et de calculer des astronomes des Han Antérieurs, W. Eberhard, Rolf Müller et Robert Henseling, *Beiträge zur Astronomie der Han-Zeit*, II (*Ibid.*, 1933, XXIII, 937-979). Mais comme le problème de la longueur exacte de l'année n'est pas traité explicitement dans le *Ts'ien-han chou*, ils n'ont pas eu l'occasion de s'en occuper.

[2] J'emploie, faute de mieux, le terme vague et dépourvu de sens de « règle » pour rendre le mot *fa* dans les expressions *je-fa, yue-fa*, etc. Le sens réel est le nombre qui sert de dénominateur dans les fractions, de diviseur dans les divisions et de multiplicateur dans les multiplications pour les calculs se rapportant au jour (*je-fa*), ou à la lunaison (*yue-fa*). Je ne pouvais songer à employer une périphrase de ce genre, et je n'ai pas trouvé de mot ayant une signification aussi large.

précession des équinoxes, se confond avec les « subdivisions de degré de la mansion Teou » *Teou-fen*, et répond approximativement au quart de jour de l'année julienne.

Dans le calendrier *sseu-fen* qui date des Han Occidentaux, mais que nous ne connaissons bien que sous la forme que lui donnèrent les astronomes des Han Orientaux, quand il fut repris en 85 de notre ère, et remplaça le calendrier *san-t'ong*, la règle du jour, *je-fa* (nombre des subdivisions de la journée), est 4. Par conséquent le nombre des subdivisions de jour comprises dans l'année est 365 ¼ x 4 = 1.461, nombre qui exprime aussi les jours compris dans la période de 4 ans, *pou*, au bout de laquelle les subdivisions du jour formant un jour entier, le solstice d'hiver revient à minuit ; c'est ce qu'on appelle le nombre du « tour du ciel », *tcheou-t'ien*. Il y avait aussi un « grand tour (du ciel) », *ta-tcheou*, qu'on obtenait en multipliant le tour du ciel par le nombre de mois compris dans une période *tchang* : 1.461 x 235 = 343.335 ; comme on appelait *pou* une période de 4 *tchang*, c'est-à-dire 76 ans contenant 940 lunaisons, ce nombre exprimait aussi le nombre de jours de cette période. En divisant le grand tour du ciel par le nombre de mois du *pou* on obtenait le nombre de jours de l'année = 343.335/940=365^{j} 235/940. La fraction est le « reste de l'année » *souei-yu* ; en la simplifiant, on constate qu'elle est égale à ¼.

On remarquera combien ces opérations sont arbitrairement conduites. Dans le calendrier *sseu-fen*, le grand tour du ciel (qui ne répond à rien de définissable), est obtenu en multipliant le nombre de jours contenus en 4 ans par le nombre de mois contenus en 19 ans. Quand on divise ce nombre par celui des lunaisons d'un *pou* (4 *tchang*), on ne fait rien d'autre que de reprendre en un ordre différent les opérations inverses : on avait multiplié les jours de 4 ans par les mois de 1 *tchang*, et on divise le produit par les mois de 4 *tchang* pour obtenir les jours de 1 an ; la correspondance exacte est à peine masquée $_{pc.237}$ par le déplacement d'une opération par 4. La série des opérations constitue un cercle fermé qui n'apporte

absolument rien de neuf : ce n'est que par suite de l'artifice qui consiste à ne pas simplifier la fraction 235/940 qu'on ne s'aperçoit pas au premier abord que le nombre du résultat final (365 235/940) est exactement égal à celui qui avait été pose au commencement.

Pareille critique, pour fondée qu'elle puisse être dans certains cas, ne serait pas absolument juste ; en effet, l'intérêt que les astronomes attachaient à ces nombres était moins de découvrir par eux des faits nouveaux que d'établir des relations entre les faits connus. Par une série d'opérations analogues, en partant du tour du ciel, multiplié par le nombre d'années du *tchang*, on obtenait (dans le calendrier *sseu-fen*) le nombre de jours du *pou*, *pou-je* : 1.461 x 19 = 27.759. Si on divise ce nombre par celui des lunaisons contenue dans 1 *pou* (940), on trouve le nombre de jours de la lunaison : 27759/940 = 29^{j} 499/940 (la fraction est le *yue-fen*), qui est aussi le nombre de degrés que le Soleil parcourt pendant le temps d'une lunaison. L'opération, qui dans ce cas est réelle et fournit un résultat neuf, ne pouvait porter sur une période plus courte que le *tchang*, puisque c'est la plus petite période ayant des nombres entiers, sans fraction, pour les jours et pour les lunaisons ; elle est compliquée par une multiplication par 4 (période *pou* de 4, *tchang*) qui n'a d'autre intérêt que de donner à la fraction de jour de la lunaison un diviseur commun avec la fraction de jour de l'année, et que ce diviseur commun soit divisible par 4 puisque le « reste de l'année » est évalué à ¼ juste. Nous résolvons aujourd'hui le même problème en exprimant ces fractions soit en parties décimales de jour, soit en heures, minutes et secondes. Le procédé chinois est moins élégant et moins pratique, mais il répond au même besoin. Les variations de la fraction « reste de l'année » qu'on rencontre dans les calendriers ultérieurs ne sont pas toutes des corrections de nombres reconnus faux ; elles ne sont dues pour la plupart qu'à la nécessité d'ajuster ce « reste » à d'autres nombres fondamentaux, pc.238 et les variations de ces nombres fondamentaux eux-mêmes sont aussi souvent dues à des

considérations théoriques sur le *Yi-king* qu'à des observations astronomiques. De là vient que la connaissance de la longueur de l'année tropique n'a fait aucun progrès entre Lieou Hong et Ho Tch'eng-t'ien : la différence entre les deux évaluations est de moins de 1^m et elle est dans le mauvais sens, c'est Lieou Hong qui s'éloigne le moins de la réalité. Un progrès fut fait au milieu du V^e siècle, et l'évaluation de Tsou Tch'ong-tche est la meilleure que les Chinois aient trouvée avant Ko Cheou-king ; mais, bien qu'elle fût presque exacte, elle ne fut pas conservée, et le rejet de son calendrier en amena l'abandon [1].

C'est que ce dont les Chinois avaient besoin, ce n'était pas seulement une bonne évaluation de l'année : leur calendrier exigeait qu'à celle-ci s'ajoutât une bonne évaluation de la lunaison. On peut se demander à quoi tient que, prenant tant de peine pour chercher à établir la longueur exacte de l'année, ils n'y soient jamais parvenus : les Occidentaux se sont contentés quinze siècles de l'évaluation julienne, puis, quand ils en eurent constaté l'insuffisance, ils trouvèrent rapidement le moyen d'y remédier. C'est qu'en Occident où le calendrier julien était complètement détaché de la lunaison, le lent retard progressif des équinoxes et des solstices, étant la seule manifestation de l'inexactitude du calendrier, passait inaperçu ; et que le jour où l'erreur fut reconnue, la longueur de l'année fut seule en cause, et sa correction suffit à corriger le calendrier. En Chine, au contraire, avec le calendrier luni-solaire, il y avait constamment deux éléments à mettre d'accord, année et lunaison ; l'exactitude de l'un ne suffisait pas sans l'exactitude de l'autre. D'autre part, le procédé de détermination de l'heure des solstices par des moyennes, dont je parlerai un peu plus loin, laissait une marge d'incertitude dépassant largement les quelques minutes de différence des évaluations, pc.239 chinoises de l'année ; tandis que pour la lunaison, des la fin du II^e

[1] L'erreur de Tsou Tch'ong-tche n'est que de 45^s ; celle des calendriers ultérieurs atteint et dépasse 3^m, même chez Yi-han au $VIII^e$ siècle.

siècle de notre ère, la marge d'incertitude n'était déjà plus que de quelques dixièmes de seconde. Cette incertitude de la longueur de l'année obtenue au moyen des observations par le gnomon, en face de la trop grande précision de la valeur obtenue par le calcul d'une part, et d'autre part la justesse de l'évaluation de la lunaison rendaient les progrès difficiles : quand Tsou Tch'ong-tche donna au V^{e} siècle l'évaluation de l'année la meilleure que les Chinois aient eue avant Ko Cheou-king au XIII^{e} siècle, on n'en reconnut pas l'exactitude au milieu des calculs similaires des autres calendriers ; elle fut abandonnée avec son calendrier, et l'on revint pour huit siècles à des valeurs moins bonnes que la sienne. En fait c'était une bonne moyenne des deux évaluations que les Chinois recherchaient plutôt qu'une évaluation parfaite des deux éléments.

D'autre part ce calendrier rendait le retard du solstice assez vite perceptible. La liaison de l'année tropique et du cycle de lunaisons était établie par la période d'intercalation, *tchang*, Au temps des Han cette période était de 19 ans avec 7 embolismes, *jouen* ; et le début du *tchang* était marqué par l'époque où tous les « restes » étant épuisés, la néoménie et le solstice tombaient le même jour : le premier mois suivant cet accord était celui de la première année d'un nouveau *tchang*. Or avec le calendrier julien (et le calendrier *sseu-fen*) le solstice recule de 0,8 jour par siècle, soit de 3 jours en 400 ans. Si cela n'avait fait que mettre en défaut le principe du solstice néoménique, cela n'aurait pas eu d'importance et les astronomes y auraient facilement remédié. Mais la fausse évaluation de l'année avait pour corollaire une fausse évaluation de la lunaison, puisque les deux nombres sont solidaires dans le calendrier luni-solaire chinois : la longueur de la lunaison étant calculée de façon que nouvelle lune et solstice tombassent d'accord, la nouvelle lune calendérique se trouvait retardée en même temps que le solstice. Or ce retard de la nouvelle lune, les éclipses de Soleil le rendaient patent, et $_{pc.240}$ l'importance astrologique des éclipses obligeait à chercher un remède dans une réforme du

calendrier ; celle-ci entraînait une nouvelle évaluation de la longueur de l'année et de celle de la lunaison. C'est ce que dit fort clairement Yi-hang :

> « Lieou Hong trouva que la fraction de degré de *Teou*, était trop forte et qu'au bout d'un certain temps, (l'année), était en retard sur le ciel, *heou-t'ien* ; par suite, il commença par corriger la fraction de degré de *Teou*, et ensuite il chercha la règle de la néoménie... Han Yi trouva que la fraction de degré de la néoménie, *cho-fen*, du calendrier *k'ien-siang* (de Lieou Hong) était trop faible, et qu'au bout d'un certain temps (l'année) était en avance sur le ciel, *sien-t'ien* ; par suite, il commença par corriger la fraction de degré de la néoménie, et ensuite il chercha la règle du degré, *tou-fa*. [1]

Cette méthode de travail, qui lie l'évaluation de l'année à celle de la lunaison, et les font ainsi dériver toutes deux de considérations calendériques, a été celle de tous les astronomes chinois des Han aux Yuan, comme on le reconnaîtra facilement en examinant les valeurs de la lunaison adoptées dans les calendriers ; j'ai rassemblé en un tableau [2] celles des calendriers des Han aux T'ang, de façon qu'on puisse les comparer aux valeurs de l'année dans les mêmes calendriers, données dans le tableau précédent. pc.241

---

[1] *Sin T'ang chou*, k. 27 A, 5*b.*

[2] Les données relatives à la lunaison ont déjà été rassemblées par Gaubil, *Traité...*, III, p. 97, tableau XIX, sur le même tableau que celles qui se rapportent à la longueur de l'année. Il y a recueilli non seulement les chiffres du mois synodique, mais encore ceux du mois draconitique, et du mois anomalistique, les uns et les autres en jours et parties décimales de jour sans reproduire les fractions chinoises. Comme pour l'année, j'ai vérifié et complété les données de ce tableau, mais je n'ai gardé que la révolution synodique (lunaison), me contentant de quelques exemples de la révolution draconitique qu'on trouvera dans les notes ; et j'ai ajouté les références.

Calendrier et date [1]	Lunaison [2]		Références
Calendrier *san-t'ong*	43/81	0,530864	*Ts'ien-han Chou*, k.21, 6a-b
Calendrier *sseu-fen* (85 p. C.)	499/940	0,530851	*Heou-han chou*, k. 13, 4b
Calendrier *k'ien-siang* (196)	773/1457	0,530542	*Tsin Chou*, k.17, 12b
Calendrier *king-tch'ou* (237)	2419/4559	0,530598	*Tsin Chou*,k.18,2ab ; SC12,4a
Calendrier *san-ki* (384) [3]	[16085/30315]	0,530595	*Tsin Chou*, k.18, 17b
Calendrier *yuan-kia* (443)	399/752	0,530585	*Song Chou*, k.13, 2a-b
Calendrier *ta-ming* (462)	2090/3939	0,530591	*Song Chou*, k.13, 11b-12a
Calendrier *tcheng-kouan* (520)	39769/74952	0,530592	*Wei Chou*, k. 107A, 4b
Calendrier *hing-houo* (539)	110647/208530	0,530604	*Wei Chou*, k. 107B, 3a-b
Calendrier *t'ien-ho* (566) [4]	153991/290160	0,530710	*Souei Chou*, k.17, 2b
Calendrier *k'ai-houang* (584)	607/1144	0,530594	*Souei Chou*, k.17, 10b-11a
Calendrier *houang-ki* (608) [5]	36677/1242	29,530595	*Souei Chou*, k.18, 2a
Calendrier *meou-yin* (619)	6901/13006	0,530601	*Sin T'ang Chou*, k.25, 2b
Calendrier *lin-tö* (665)	711/1340	0,530597	*Sin T'ang Chou*, k.26, 1b
Calendrier *ta-yen* (724)	1613/3040	0,530592	*Sin T'ang Chou*, k.28A, 1a
Calendrier *cheou-che* (1284)		0,530593	*Yuan che*, k.54,1a

---

[1] On ne trouvera pas dans ce tableau les noms de quelques calendriers perdus dont les chiffres relatifs à l'année ont été seuls conservés mais non ceux qui se rapportent à la lunaison.

[2] Le numérateur est le « petit reste », *siao-yu*, c'est-à-dire la fraction de jour (en gros une demi-journée) qui termine le mois synodique. Le dénominateur est le nombre des divisions d'un jour entier, *je-fa*, ou dans quelques calendriers, par suite d'une autre méthode de le calculer, *ki-fa*, nombre qui n'est pas toujours le même pour les calculs du mois que pour ceux de l'année. Les cas où les fractions sont formées autrement sont indiqués en note.

[3] Le calendrier *san-ki* est un de ceux dont il ne subsiste qu'un fragment : les nombres de la lunaison ne s'y trouvent pas ; mais ce qui en reste donne le moyen de la calculer, et c'est ainsi qu'a été obtenue la fraction ci-dessus, qui est sûrement le nombre admis par Kiang Ki, mais n'est peut-être pas son expression de ce nombre.
Kiang Ki emploie une période *ki* de 2.451 ans, soit 129 cycles de 19 ans ; il donne le nombre d'années, de mois et de jours de cette période :
Nombre d'années du *ki, ki-fa* : 2.451 ans, 129 x 19
Nombre de mois du *ki, ki-yue* : 30.315 mois, 129 x 235
Nombre de jours du *ki, ki-je* : 895.220 jours
Il est facile de tirer de là les valeurs qu'il attribuait à l'année et au mois :
Année : 895.220/2451 = 365 605/2451 = 365.246.838
Mois : 895,220/30315 = 29 16085/30315 = 29.530,595
La fraction de l'année ainsi obtenue est bien celle que donnait Kiang Ki dans son calendrier (*Tsin chou*, k. 18, 17b). Quant à la fraction du mois, elle doit être sous cette forme même ou sous une forme simplifiée, celle qu'il donnait pour la lunaison et qui n'a pas été conservée, car en la simplifiant, on trouve 3217/6063 dont le dénominateur est un des nombres fondamentaux du calendrier *san-ki*, la « règle du jour », *je-fa* (*Tsin chou*, k. 18,17b).

[4] Il doit y avoir une erreur dans l'un des deux nombres tels que les donné le *Souei chou*, car une pareille erreur sur la longueur de la lunaison à cette époque n'est pas vraisemblable. Peut-être faudrait-il lire 153.981 (au lieu de 153.991) pour le « reste de la néoménie » *cho-yu* (c'est le nom par lequel Tchen Louan désigne ce qu'on appelle d'ordinaire le « petit reste »), ce qui ramènerait la fraction de jour de la lunaison à 0.530607, et la ferait rentrer dans la série normale.

[5] Lieou Tch'o, qui donne la valeur du mois entier, et non pas seulement le « petit reste », appelle le numérateur de sa fraction (36677) « dividende de la néoménie », *cho-che*, et le dénominateur (1242)« diviseur du jour pour la néoménie », *cho-je-fa*. Sa manière particulière de présenter la longueur de la lunaison tient à ce qu'il a essayé de la déterminer par l'observation de la révolution draconitique qu'il évalue (k. 18, 12b) à 27^j (263 3435/60)/1242 (27.211.755) et de la révolution anomalistique qu'il évalue (k. 18, 7a) à 27^j 1255/2263 (27.554.711) ; il indique avec beaucoup de précision l'intervalle entre la fin de la révolution draconitique et la néoménie (k. 18, 12b-13a), comme étant de 2^j (395 2488/60)/1242. Il obtint ainsi la valeur de la lunaison : 27 (263 3435/60)/1242+2 (395 2488/60)/1242 = 29 (658 5923/60)/1242.
C'est ce dernier nombre qu'il prend comme valeur de la lunaison, mais en arrondissant sa fraction (il remplace 5923/60 par 60/60, soit 1) : 29 659/1242.

pc.242 Les valeurs de la lunaison sont, on le voit, sensiblement meilleures que celles de l'année ; et si elles ne varient pas moins souvent, d'un calendrier à l'autre, elles varient du moins pc.243 dans des proportions bien moindres. Si l'on prend en bloc toute la période, les différences ne dépassent pas une demi-minute ; et si on met à part l'époque des Han, et ses évaluations trop fortes, la variation n'atteint que 5^s au cours des mille années suivantes, entre l'évaluation du calendrier *k'ien-siang* (196) le plus faible avec ses $29^j\ 12^h\ 43^m\ 59^s$, et celle du calendrier de *hing-ho* (539) la plus forte avec ses $29^j\ 12^h\ 44^m\ 4^s$. Nombre de calendriers ne diffèrent entre eux que de quelques dixièmes de seconde [1] :

Calendrier *king-tch'ou* (237)	$29^j\ 12^h\ 44^m\ 3{,}7^s$
Calendrier *san-ki* (384)	$29^j\ 12^h\ 44^m\ 3{,}4^s$
Calendrier *k'ai-houang* (608)	$29^j\ 12^h\ 44^m\ 3{,}3^s$
Calendrier *cheou-che* (1284)	$29^j\ 12^h\ 44^m\ 3{,}2^s$
Calendrier *tcheng-kouan* (520)	$29^j\ 12^h\ 44^m\ 3{,}1^s$
Calendrier *ta-yen* (724)	$29^j\ 12^h\ 44^m\ 3{,}1^s$
Calendrier *ta-ming* (462)	$29^j\ 12^h\ 44^m\ 3{,}0^s$

La recherche de la longueur de l'année se transformait ainsi en une recherche d'accord entre elle et la lunaison. Il était relativement facile de trouver un procédé empirique d'accord, analogue à ceux qu'emploie le calendrier grégorien. Par exemple le calendrier de *tcheng-kouan* des Wei Septentrionaux [2] constatant que la néoménie avance de 2 ½ jours en 300 ans, retranchait 1/19 du « reste » de la lunaison tous les 505 ans (26 ½ *tchang* de 19 ans), ce qui aboutissait à la suppression d'un mois entier en 9.595 ans : par ce procédé, l'accord était, paraît-il, rétabli entre l'année et la lunaison [3], et les éclipses tombaient toujours à la nouvelle lune. Son auteur ne faisait d'ailleurs que suivre l'exemple de ses nombreux devanciers qui avaient remplace dans leurs

[1] Dans ce tableau, les calendriers sont ranges dans l'ordre de leurs évaluations décroissantes de la lunaison, sans tenir compte de l'ordre chronologique. En traduisant en heures, minutes, secondes et dixièmes de seconde les fractions chinoises exprimant la longueur de la lunaison, je n'ai pas cherché à tenir compte de l'accélération séculaire du mouvement de la Lune qui pour des époques aussi rapprochées et pour une seule lunaison, produirait un effet insignifiant. La longueur du mois synodique (lunaison) est actuellement (1900) de $29^1\ 12^h\ 44^m\ 2^s{,}9$.

[2] *Wei chou*, k. 107 A, 4a.

[3] Cette correction doit s'ajouter à une correction précédemment faite dans le calendrier antérieur, car elle ne supprime qu'un jour en 320 ans alors qu'il y a 2 ½ jours à gagner.

calendriers pc.244 la période de 19 ans à 7 intercalations par des périodes analogues, plus ou moins longues.

Le résultat de ces corrections empiriques était d'obliger les astronomes à calculer des valeurs nouvelles de la lunaison et de l'année, et de les calculer telles qu'elles fussent d'accord l'une avec l'autre : l'exactitude de l'accord des éléments était plus urgent que l'exactitude absolue de ces éléments, car sans accord il était impossible d'établir un calendrier. Aussi ne cherchaient-ils guère à déterminer par des procédés indépendants la durée exacte de l'année et de la lunaison, car les valeurs ainsi obtenues auraient été particulièrement difficiles à concilier, par suite de leur indépendance même à l'égard l'une de l'autre. Les procédés d'ailleurs leur manquaient. L'imprécision de leurs méthodes pour reconnaître l'heure du solstice et celle de la conjonction leur rendait des déterminations directes presque impossibles. Quant à l'observation des révolutions sidérales, qu'on pourrait s'étonner qu'ils n'eussent pas développée davantage, puisque c'est aux degrés des 28 constellations de la zone équatoriale-écliptique, les *sieou*, qu'ils rattachaient les mouvements des astres mobiles, l'inexactitude de leurs observations ne leur permettait pas de reconnaître des fractions de degré. On ne fit aucune mesure nouvelle de l'étendue des *sieou* sur l'équateur entre les Han et les Souei, et, même après la découverte de la précession, on continua d'employer les nombres admis avant les Han par Che Chen, si bien que les positions des étoiles déterminatrices des *sieou* étaient pour la plupart fausses d'un demi-degré à un degré en plus ou en moins. De plus la mesure des *sieou* sur l'écliptique exécutée sous les Han était à la fois vague et fautive, et on ne tenta d'en faire aucune nouvelle avant les Souei et les T'ang. Or cette mesure était nécessaire puisque c'est sur l'écliptique et non sur l'équateur que se déplacent le Soleil et la Lune. Dans ces conditions, les pc.245 observations ne pouvaient apporter que des résultats confus, vagues et inexacts. En voici un exemple.

Kiang Ki, un des meilleurs astronomes antérieurs aux T'ang, qui fut, sinon l'inventeur, du moins le premier connu à s'être servi de la

méthode de détermination du lieu du Soleil par l'observation des éclipses de Lune, avait établi par cette méthode en 364 le lieu du Soleil au solstice d'hiver, comme étant au 17^{d} de la mansion Teou [1] ce qui équivalent à 16° 75 européens. C'était, de notre point de vue, une erreur de plus de 2° sur le point solsticial vrai : en 364, l'étoile déterminatrice de Teou, φ du Sagittaire, avait 255° 88 d'ascension droite et par conséquent le 17^{d} de Teou était alors 255° 88+16° 75 = 272° 65, mais du point de vue des Chinois de ce temps qui, faisant les saisons égales, plaçaient le solstice d'hiver 3 jours plus tard qu'il n'est, la position du Soleil était établie de façon correcte. Quatre-vingts ans plus tard, Ho Tch'eng-t'ien, qui fut le premier à reconnaître la date exacte du solstice d'hiver [2], plaça correctement le Soleil aux 13^{d}-14^{d} de Teou (269° 64—271° 66) ; mais il n'osa préciser et se contenta d'indiquer une position approximative à 1^{d} près. Il ne pouvait faire mieux, étant donnée sa manière d'établir cette position [3]. Suivant la méthode de Kiang Ki, il avait observé cinq éclipses de Lune entre 434 et 440 [4] ; relevant la position de la Lune au milieu de l'éclipse, il en avait déduit celle du Soleil à ce moment, à 182^{d} ½ de la Lune ; et de là il avait tiré la position $_{pc.246}$ du solstice d'hiver en tenant compte de la marche journalière du Soleil du jour de l'éclipse à celui du solstice. L'étonnant est qu'il soit tombé aussi juste : ses lieux de la Lune, à chaque éclipse, étant observés directement sont bons ; ceux du Soleil au moment de l'éclipse le sont moins, parce que le Soleil étant invisible ne pouvait être observé directement, et que l'inexactitude des mesures traditionnelles des *sieou* faussait le calcul, malgré sa simplicité élémentaire ; le lieu du Soleil au moment du solstice d'hiver, même en

---

[1] *Tsin chou*, k. 17, 19b.

[2] Voir ci-dessous.

[3] Le procédé est exposé dans le *Song chou*, k. 13, 21a à propos d'une observation analogue faite par Tsou Tch'ong-tche en 459.

[4] *Song chou*, k. 12, 19a-b. Ce sont les éclipses de Lune n^{os} 2527 (5 sept. 434), 2530 (8 janvier 437), 2532 (28 déc. 437), 2533 (23 juin 438), 2536 (26 oct. 440) d'Oppolzer, *Canon der Finsternisse*, II^{e} partie : *Mondfinsternisse*, p. 350. Gaubil, *op. cit.*, II, 48, a résumé en un tableau ce que le *Song chou* dit de quatre de ces éclipses (je ne sais pourquoi il a laissé de côté la 4^{e}, n° 2533) sauf l'indication du lieu de la Lune, qui est pourtant l'indication fondamentale, puisque c'est la seule observation directe. Pour la 3^{e} éclipse (n° 2532), le *Song chou* contient deux fautes qui se corrigent aisément, une dans la date, 12^{e} mois au lieu de 11^{e} mois ; une dans le lieu de la Lune, 38^{d} Tsing au lieu de 28^{d}.

prenant la moyenne des cinq observations, devait être encore plus mauvais, puisque l'évaluation de la marche journalière du Soleil était fausse : nouvelle erreur s'ajoutant aux précédentes. Sans entrer dans le détail, il faut retenir que de l'aveu de Ha Tch'eng-t'ien lui-même, l'incertitude était d'au moins 1^d, et par conséquent quadruple de l'étendue des Teou-fen. Vingt ans plus tard, Tsou Tch'ong-tche, après avoir observé l'éclipse de Lune du 27 octobre 459, en conclut que le Soleil au solstice d'hiver était au 11^d de Teou (267° 92), commettant ainsi une erreur presque égale, mais de sens contraire, à celle de Kiang Ki. [1]

On comprend facilement qu'avec des observations aussi peu précises, les astronomes chinois aient préféré demander les nombres dont ils avaient besoin au calcul, un calcul dont les éléments étaient choisis naturellement de façon à être en relation les uns avec les autres. L'examen des valeurs de l'année et de la lunaison dans les calendriers cités ci-dessus montre clairement que tous les nombres sont toujours tirés des concordances plus ou moins exactes entre l'année tropique et la lunaison qu'ils ont cherché à établir au moyen de périodes de plus en plus longues. pc.247

Calendrier *sseu-fen*.
Période *pou* de 4 *tchang* : 4 x 19 = 76 ans ; 4 x 235 = 940 mois ; 4 x 6939 ¾ = 27.759 jours.
Année ; 27759/76 = 365 19/76 en simplifiant (/19) 365 ¼
Mois : 27759/940 = 29 499/940.

Calendrier *san-t'ong*.
Période *t'ong* de 81 *tchang* : 81 x 19 = 1539 ans ; 81 x 235 = 19.035 mois ; 562.120 jours.
Année : 562120/1539 = 365 385/1539
Mois : 562.120/19035 = 29 10105/19035 en simplifiant (/235) 29 43/81
Addition de ¼ de jour sur 1539 ans par rapport au calendrier sseu-fen :
6939 ¾ x 81 = 562.119 ¾+¼ = 562.120.

Calendrier *k'ien-siang*.
Période *ki* de 31 *tchang* : 31 x 19 = 589 ans ; 31 x 235 = 7.295 mois ; 215.130 jours.
Ennéadécaétéride : 215130/31 = 6939 21/31 ; (en fraction décimale) 6939.677416.
Année : 215130/589 = 365 145/589
Lunaison : 215130/7285 = 29 3865/7285 (en simplifiant / 5) 29 773/1457
Suppression de 2 ¼ jours en 589 ans par rapport au calendrier *sseu-fen* :
6939,75 x 31 = 215.132,25 — 2.25 = 215.130.

Calendrier *king-tch'ou*.
Période *ki* de 97 *tchang* : 97 x 19 = 184 ans ; 97 x 235 = 22.795 mois ; 673.150 jours.
Ennéadécaétéride : 673150/97 = 6939 67/97 ; (en fraction décimale) 6939,690721
Année : 673150/1843 = 365 455/1843

[1] *Song chou*, k. 13, 11a, 21 a ; cf. Oppolzer, *Canon der Finsternisse*, p. 150, *Mondfinsternisse*, 2567.

Lunaison : 673150/22795 = 29 1209/22795 (en simplifiant / 5) 29 1246/4559
Addition de 1 9/31 jour (= 1,290322^{j}) en 1843 ans par rapport au calendrier *k'ien-siang* :
6939 21/31 x 97 = 673.148 22/31 + 1 9/31 = 673 150.

Calendrier *yuan-kia*.
Période *ki* de 32 *tchang* : 32 x 19 = 608 ans ; 32 x 235 = 7.520 mois ; 222.070 jours.
Ennéadécaétéride : 222070/32 = 6939 22/32 (en fraction décimale) 6939,687500
Année : 222070/608 = 365 150/608 (en simplifiant /2) 365 75/304
Lunaison : 222070/7520 = 29 3990/7520 (en simplifiant /10) 29 399/752
Suppression de o 10/97 jour (0,123711^{j}) en 608 ans par rapport au calendrier *king-tch'ou* :
6939 67/97 x 32 = 222.070 10/97 — 10/97 = 222.070.

pc.248 On voit que les corrections apportées par chaque calendrier nouveau à l'évaluation de la longueur de l'année reflètent exactement les corrections de la lunaison : elles n'en sont qu'un multiple. Le tableau suivant le montre encore plus clairement que le précédent, en éliminant les longues périodes et en réduisant les comparaisons aux corrections apportées aux fractions de jour de la lunaison et de l'année. Il suffit de multiplier par 12 environ, à cause des 12 mois de l'année, le chiffre de la correction de la lunaison dans un calendrier par rapport au calendrier précédent pour avoir le chiffre de la correction de l'année dans ce calendrier.

Le mois lunaire étant un peu plus court que le douzième de l'année solaire, l'année tropique n'en contient pas exactement 12, mais 12,4 : c'est pourquoi j'ai adopté ce nombre comme coefficient dans le tableau. Dans les accolades, la première ligne présente la différence entre les fractions de jour (réduites en décimales) données dans deux calendriers successifs (lunaison à la 2^{e} colonne ; année à la 3^{e}) ; la seconde ligne présente à la 2^{e} colonne le produit de la fraction de jour de la lunaison par le coefficient 12,4, pour obtenir la correction à apporter à l'évaluation de l'année du calendrier précédent d'après la différence des évaluations de la lunaison dans les deux calendriers ; à la 3^{e} colonne, à l'inverse, la division de la fraction de jour de l'année par le coefficient 12,4 pour obtenir la correction à apporter à l'évaluation de la lunaison du calendrier précédent d'après la différence des évaluations de l'année. Le tableau ci-dessus n'est qu'un moyen de présentation et de démonstration : les opérations qui y sont portées ne sont pas celles que faisaient les astronomes chinois ; celles-ci sont indiquées dans le tableau précédent. pc.249

Calendrier	Lunaison	Année
Sseu-fen	0,530851	0,250000
K'ien-siang	0,530542 { 851 — 542 = — 309 ; —309 x 12,4 = — 3831 }	0,246180 { 246180-250000 = — 3820 ; — 3820 : 12,4 = — 308 }
King-tch'ou	0,530598 { 598 — 542 = + 56 ; 56 x 12,4 = + 694 }	0,246880 { 246880-246180 = + 700 ; 700 : 12,4 = + 56 (56,5) }
San-ki	0,530595 { 595 — 598 = — 3 ; —3 x 12,4 = — 37 }	0,246838 { 246838-246880 = — 42 ; — 42 : 12,4 = — 3 (3,3) }
Yuan-kia	0,530585 { 585 — 595 = — 10 ; —10 x 12,4 = — 124 }	0,246710 { 246710-246838 = — 128 ; — 128 : 12,4 = — 10 (10,3) }

Dans la seconde moitié du V^e^ siècle, Tsou Tch'ong-tche apporta à l'évaluation de l'année une correction aussi importante que celle de Lieou Hong, mais moins bien acceptée : le nombre qu'il obtint et qui correspond en fraction décimale à 0,242816 était presque exact, avec 36^s^ seulement en trop. Il déclare lui-même que c'est par des corrections du calendrier qu'il avait commencé son travail. [1]

> « Dans les anciennes méthodes, un *tchang* compte 19 ans avec 7 embolismes : le nombre (de jours) des embolismes est trop grand ; en 200 ans, il y a peu à peu 1 jour de différence ; les demi-mois solaires et les mois intercalaires se déplacent, et il faut changer de méthode ; de là vient que les calendriers sont si souvent remplacés. J'ai changé le « diviseur du *tchang* » (19) en 391 ans, avec 144 embolismes, afin que (mon calendrier) concordât avec les (dates des) Tcheou et des Han, et qu'à l'avenir il pût toujours être employé [2].

[1] *Song chou*, k. 13, 10b

[2] Le calendrier de Tsou Tch'ong-tche ne devait pas plus que ceux qui l'ont précédé ou suivi jouir de cette pérennité que prévoyait pour lui son auteur : il ne fut en usage que 34 ans, et encore eut-il bien de la peine à se faire admettre. Quand Tsou Tch'ong-tche le présenta à l'empereur, Tai Fa-hing déclara que cette « méthode nouvelle » *sin-fa* ruinait l'intercalation : avec les 2 mois pleins qu'elle rendait caves dans chaque période de 139 ans, elle faisait perdre 1 jour, et en 7.439 ans, ces jours accumulés faisaient un mois entier.

pc.250 Ce passage de Tsou Tch'ong-tche montre à la fois comment les astronomes chinois travaillaient et pourquoi, avec des mesures de l'année et de la lunaison exactes à quelques minutes près, ils ne sont jamais parvenus avant les Yuan à créer un bon calendrier. Les longues périodes d'intercalation leur étaient nécessaires pour former des jours entiers avec les « restes » insignifiants de quelques minutes ou de quelques secondes que n'éliminait pas le *tchang* de 19 ans. On sait en effet que celui-ci ne rétablit pas aussi exactement l'accord entre lunaisons et années que les astronomes chinois anciens l'avaient cru : 19 années tropiques valent bien, en gros, 235 lunaisons, mais elles sont un peu plus courtes ; la différence était de $0^{j}084$ ($2^{h}\ 1^{m}$) dès le III^{e} siècle de notre ère, et alla en augmentant lentement par la suite ;

$$19 \times 365.242305 = 6939.603795$$
$$235 \times 29.530587 = 6939.687945.$$

J'ai montré par quels procédés ils avaient essayé de rétablir cet accord ; en fait ils n'y réussirent jamais parce que leurs évaluations de l'année et de la lunaison étaient l'une et l'autre fausses. L'erreur sur la lunaison était si faible que seules de longues périodes la décelaient. Le calendrier *sseu-fen* qui donnait $6939^{j}75$ au cycle de 19 ans comme au cycle de 235 lunaisons les faisait l'un et l'autre trop longs, le cycle des années de $0^{j}515$, c'est-à-dire de $3^{h}\ 36^{m}$, celui des lunaisons de $0^{j}06$, soit $1^{h}\ 26^{m}$: ramenée à l'unité, l'erreur n'est que de 22^{s} pour chaque lunaison et de $11^{m}\ 18^{s}$ pour chaque année. La correction de Lieou Hong, qui dans le calendrier *k'ien-siang* imagina une période *ki* de 31 ennéadécaétérides, au cours de laquelle il retranchait 2^{j} 25, réduisit à presque rien l'erreur de la lunaison, et de moitié celle pc.251 de l'année : par rapport aux périodes réelles, sa période calendérique était trop courte de $6^{j}9$ pour le cycle des lunaisons et trop longue de 2^{j} 4 pour

---

Tsou Tch'ong-tche n'eut pas de peine à démontrer que son adversaire se trompait ; et en 464 l'adoption de son calendrier fut décidée pour l'année suivante ; mais la mort de l'empereur qui survint au 7^{e} mois de cette année empêcha la réalisation de ce projet, bien que son adversaire Tai Fa-hing eût dû se suicider, et le calendrier de Ho Tch'eng-t'ien resta en vigueur (*Song chou*, k. 13, 18a-24a ; *Souei chou*, k. 17, 2a). Après la chute des Song, les Ts'i le conservèrent eux aussi, et après eux encore les Leang pendant leurs premières années ; ce n'est qu'en 510 que Tsou Ta-tche, le fils de Tch'ong-tche, réussit à le faire adopter par cette dynastie ; il fut abandonné en 544.

celui des années, ce qui ramené encore à l'unité, faisait une erreur par défaut de 4^S 6 pour chaque lunaison, et une erreur par excès de 5^m 51^s pour chaque année. L'allongement des périodes ne suffisait pas à lui seul à amener des progrès sensibles : il fallait encore que les astronomes sussent interpréter les faits dans le bon sens ; et le calendrier *king-tch'ou* montre comment le progrès sur un des éléments du calendrier peut être compensé par un recul sur un autre élément : dans ce calendrier, le *ki* atteint 97 *tchang* au cours desquels est ajouté ce qui ramène à 1^s 7 de trop l'erreur sur chaque lunaison, mais porte à 6^m 36^S de trop l'erreur sur la longueur de l'année, ce qui est un peu moins bon que le calendrier *k'ien-siang* (5^m 51^s). À travers ces progrès et ces reculs, on voit la raison d'être de ces longues périodes d'intercalation. Des variations qui portaient sur quelques secondes (pour les lunaisons en particulier) ne pouvaient être mesurées par aucun instrument : il aurait fallu pour cela des horloges hydrauliques colossales, comme il n'en a jamais été construit [1]. Aussi ces intervalles ne représentaient-ils absolument rien à l'esprit des astronomes chinois ; au contraire, les longues périodes d'intercalation étaient une notion intelligible.

Cette recherche de longues périodes grâce auxquelles ils espéraient établir l'accord entre l'année et la lunaison fit qu'ils ne purent se contenter d'observations récentes, mais durent aller chercher des observations aussi anciennes que possible. Le malheur voulut que les observations anciennes ne fussent pas toujours correctes, ou que, même si elles avaient été correctes en leur pc.252 temps, elles ne fussent pas toujours utilisables sans une vérification préalable, au bout de plusieurs siècles, alors que les procédés d'observation ou de calcul avaient changé.

[1] Une tige horaire de 1^m permet de lire facilement les minutes, puisqu'en tenant compte de ce que la clepsydre de jour ne dépasse pas 65 quarts d'heure au maximum, elle donne 15^{mm} au quart d'heure, et 1^{mm} à la minute ; il aurait fallu une tige horaire de 10^m pour que les divisions de 1^{mm} répondissent à 10^s. Les difficultés de la construction d'une horloge hydraulique de cette taille, de son alimentation en eau, et du réglage de son débit, dépassaient sinon les capacités des ingénieurs de ce temps, du moins l'intérêt qu'ils portaient au problème de l'heure.

Le *Tso-tchouan* fournissait deux solstices d'hiver néoméniques, un de la 5e année du prince Hi de Lou (décembre 656 a. C.), et l'autre de la 20e année du prince Tchao (décembre 523), tous deux placés le jour même de la néoménie. Les astronomes des siècles suivants ne crurent pas pouvoir les négliger. Lieou Hin s'en servit le premier, ou du moins est le premier qui soit connu s'en être servi. Après lui, tous les astronomes qui nous ont laissé de leurs travaux autre chose que des listes de chiffres et des recueils de formules de calcul, et de qui ont été conservées au moins fragmentairement des dissertations sur la manière dont ils obtiennent les résultats chiffrés dans leurs calendriers, tous jusqu'à Yi-hang et même jusqu'à Ko Cheou-king les ont repris. Or ces solstices étaient faux, celui de 656, de 3 jours, et celui de 523 de 2 jours. De plus, le système de prendre pour base des calculs calendériques le solstice d'hiver, mais de ne jamais observer celui-ci directement et de le calculer sur le solstice d'été, seul observé réellement, en supposant les quatre saisons égales (système qui fut la règle jusqu'aux observations du solstice d'hiver par Ho Tch'eng-t'ien de 435 à 442 et la correction de la date du solstice qui s'en suivit), en faussant toutes les données prises dans des livres antérieurs au milieu du Ve siècle, fournit des éléments de calcul faux aux astronomes qui, ayant oublié le procédé antique, voulurent se servir d'observations des Han, des Trois-Royaumes et des Tsin. Il est facile d'en trouver des exemples. Li Ye-hing, dans son premier calendrier, celui de *tcheng-kouang* (420) explique que dans l'« ancien calendrier » les *Teou-fen* étaient 1515, mais qu'il en a supprimé 38 et les a réduits à 1477 de façon à rétablir l'accord avec le solstice de la 5e année de Hi au 1er jour, *sin-hai* (48e du cycle), du 11e mois (25 décembre 656 a. C.). Depuis cette époque (656 + 520 = 1176 ans), le calendrier ancien donne 7 jours et une fraction de $_{pc.253}$ trop : Li les supprime en diminuant la longueur de l'année. Son calcul est facile à vérifier. Si, pour faciliter le calcul, on réduit la fraction en nombre décimal, 38/6060 = 0^j 006270 ; tel est le nombre que Li Ye-hing retrancha de la longueur de l'année dans l'« ancien calendrier ». Or 0^j 006270 x 1176 = 7^j 37 ; ce sont bien les 7 jours et une fraction de Li Ye-hing. Sans s'occuper des autres

causes d'erreur (et elles sont nombreuses) qui intervenaient pour les Chinois dans ces calculs rétrospectifs, le compte de Li Ye-hing ne pouvait être juste puisque le solstice d'hiver avait eu lieu en réalité 3 jours plus tard que le *Tso-tchouan* ne le place.

J'ai pris cet exemple parce que les choses y sont présentées clairement, l'auteur indiquant lui-même en note les motifs de ses corrections : l'examen en était donc particulièrement facile. Mais l'étude de n'importe quel autre calendrier, de Lieou Hin à Yi-hang (et probablement encore ceux des Song) donnerait lieu aux mêmes constatations. L'emploi sans critique préalable d'observations tirées de textes anciens est une cause fréquente d'erreurs dans les calculs.

Les évaluations toujours trop longues de l'année devaient finir au bout de plusieurs siècles par mettre l'année calendérique en retard de plusieurs jours sur l'année réelle. Le retard devint vite plus considérable que les légères erreurs de quelques minutes ne le feraient croire, du fait que les astronomes chinois avaient l'habitude de mettre l'époque d'origine de leurs calculs calendériques qu'ils appelaient la « première origine », *chang-yuan*, dans un passé extrêmement reculé, et de prendre ce *chang-yuan* ou tout au moins une des subdivisions de cette ère comme base de tous leurs calculs. Par exemple, le *chang-yuan* était placé par le calendrier *san-t'ong* 143.127 ans avant l'année 105 a. C. [1] ; par Lieou Hong, 7.378 ans avant 206 p. C. [2] ; par le calendrier pc.254 de *king-tch'ou*, 4.046 ans avant 237 [3] ; par Ho Tch'eng-t'ien 5.703 ans avant 443 [4] ; par Tsou Tch'ong-tche, 592.365 ans avant 462 [5] ; par Li Ye-hing dans son calendrier de *tcheng-kouan*, 167.750 ans avant 520 [6] ; et dans son calendrier de *hing-houo* 293.997 ans avant 539 [7] ; par Tchang Pin, 4.129.001 ans avant 584 [1] ; par Lieou

[1] *Ts'ien-han chou*, k. 21 B, 15a.
[2] *Tsin chou*, k. 17, 4b.
[3] *Song chou*, k. 12, 4a ; *Tsin chou*, k. 18, 1b.
[4] *Song chou*, k. 13, 11b.
[5] *Song chou*, k. 13, 1a.
[6] *Wei chou*, k. 107A, 4a.
[7] *Wei chou*, k. 107B, 3a.

Tch'o, 1.427.644 ans avant 608 [2] ; par Yi-hang, 96.961.740 ans avant 724 [3], etc. C'est seulement Ko Cheou-king qui au XIII[e] siècle renonça à ce système. On comprend que les plus petites erreurs grandissaient vite quand elles devaient se multiplier par des nombres de cet ordre : aussi devenaient-elles rapidement nuisibles, bien que les nombres fussent naturellement choisis dans chaque calendrier de façon à être d'accord avec les faits réels contemporains.

Tous les calculs prenaient pour base l'état supposé du ciel au temps du *chang-yuan*. Par exemple pour chercher le solstice d'hiver d'une année quelconque, Ho Tch'eng-t'ien, dans le calendrier de *yuan-kia* (443) faisait

> « prendre le rang de l'année dans le *ki* (période de 608 ans), et multiplier ce nombre par 604 qui est la « règle du degré », *tou-fa* ; la fraction du produit est le « petit reste » ; soustraire le produit de 60 dizaines, la fraction est le grand reste ; (le résultat donne) le jour du (début du *k'i*) *yu-chouei* de l'année que l'on cherche » ;

et de là, en ajoutant 15 de grand reste et 66 de petit reste pour chaque *k'i*, il obtenait le jour du solstice d'hiver [4]. Quelques années plus tard Tsou Tch'ong-tche, dans le calendrier *ta-ming* (539) ne donne pas de règle particulière pour trouver les *tchong-k'i* ou le solstice d'hiver, mais, ce qui revient au même, une règle générale pour trouver pc.255 à quel degré se trouve le Soleil [5] ; cette règle, à première vue, ne semble faire intervenir aucune longue période, mais en l'examinant on voit qu'elle passe par l'intermédiaire du calcul de la néoménie ; or, pour celui-ci, on doit commencer par prendre le rang de l'année dans le *chang-yuan* (592.365 ans). Li Ye-hing, dans son calendrier de 520, donne la formule pour les recherches de la date des 24 *k'i* [6], et cette formule

---

[1] *Souei chou*, k. 17, 3b.
[2] *Souei chou*, k. 17, 10b.
[3] *Sin T'ang chou*, k. 28A, 1a.
[4] *Song chou*, k. 13, 2b.
[5] *Song chou*, k. 13, 12b.
[6] *Wei chou*, k. 107A, 5a.

mène directement au calcul de la date du solstice d'hiver ; lui aussi commence par faire

> « calculer le rang de l'année dans le *ki* (60.600 ans), multiplier ce nombre par le nombre du reste, *yu-chou*, et diviser le produit par « la règle du *pou* », *pou-fa* ; la fraction du quotient est le « petit reste » ; retrancher le quotient de 60 dizaines, la fraction de la différence est le grand reste ; le résultat est le *t'ien-tcheng*, c'est-à-dire le jour du solstice d'hiver du 11e mois de l'année que l'on cherche.

Tous les astronomes jusqu'à Ko Cheou-king font de même : le calendrier *sseu-fen* des Han, pour trouver les 24 *k'i* dont le premier commence au solstice d'hiver, fait tout d'abord « prendre le nombre du rang de l'année dans le *pou* diminué de 1 » ; cette règle à première vue ne fait pas intervenir de longue période, puisque le *pou* n'est que de 76 ans ; mais pour trouver le rang de l'année dans le *pou*, il faut diviser le *chang-yuan* par la « règle du *yuan* », diviser le reste de la division par la « règle du *ki* », etc. [1]

On se servait de ces procédés indirects non seulement pour calculer des solstices (ou tout autre fait astronomique) lointains, passés ou futurs, mais encore pour calculer chaque année le calendrier officiel. Celui-ci en effet était établi chaque année par le bureau du Grand-Astrologue au moyen des nombres et des formules fixés par le calendrier de la dynastie ; la non-concordance des faits et des calculs donnait lieu à des rapports, surtout astrologiques, mais ne donnait le droit ni de changer pc.256 les nombres et les formules, ni de modifier quoi que ce fût dans la rédaction du calendrier sous prétexte d'observation. Par suite, les erreurs s'accumulaient avec le temps, sans que leur croissance eût d'autre frein que les changements périodiques de calendrier. Quand on les constatait, une réforme essayait parfois d'y remédier. Ho Tch'eng-t'ien constata dans la première moitié du Ve siècle, que le solstice d'hiver (et avec lui l'année entière) retardait de 3 jours : il y arriva en observant plusieurs années de suite avec un

gnomon de 8 pieds et une tablette de mesures, *t'ou-kouei*, la longueur de l'ombre à midi le jour du solstice d'hiver. Le résultat de ses opérations peut se résumer en un tableau. [2]

		I^er^ jour du 11^e^ mois		Solstice d'hiver					Calculé [3] Date Julienne
				D'après le calendrier		Observé par Ho Tch'eng-t'ien			
		Date cyclique	Date julienne	Qtième du 11e mois	Date julienne	Qtième du 11e mois	Date cyclique	Date julienne	h / m
435	12	51	6 déc.	18	23 déc.	15	5	20 déc.	20 déc. 17 34
436	13	46	25 nov.	29	23 déc.	26	11	20 déc.	19 déc. 23 34
437	14	9	13 déc.	11	23 déc.	pas	d'ombre	observable	20 déc. 5 19
438	15	4	3 déc.	21	23 déc.	18	21	20 déc.	20 déc. 11 5
439	16	58	22 nov.	2	23 déc.	29	26	20 déc.	20 déc. 16 50
440	17	22	10 déc.	13	23 déc.	10	31	19 déc.	19 déc. 22 50
441	18	16	29 nov.	29	23 déc.	pas	d'ombre	observable	20 déc. 4 36
442	19	40	18 déc.	6	23 déc.	3	42	20 déc.	20 déc. 10 22

Comment ces dates correctes avaient-elles été observées ? Ho Tch'eng-t'ien ne parle que des observations elles-mêmes et pc.257 de la longueur de l'ombre, et n'explique pas comment il en tirait des conclusions. Vingt ans après lui, Tsou Tch'ong-tche expose en détail le procédé employé. On se gardait bien de faire tout simplement la constatation du jour où l'ombre avait été la plus courte et de fixer à ce jour-là la date du solstice : les ombres varient si peu aux jours qui entourent les solstices que cette constatation aurait été très difficile, surtout avec l'instrument rudimentaire qu'était le gnomon de ce temps, simple poteau métallique de 8 pieds de haut terminé en pointe. Encore au milieu du XI^e^ siècle, avec le même instrument, les longueurs d'ombre observées différaient sensiblement d'une année à l'autre [4],

---

[1] *Heou-han chou*, k. 13, 4a, 2b.

[2] *Song chou*, k. 12, 19b ; *Souei chou*, k. 17, 6b, 8b. — Le *Song chou* et le premier passage du *Souei chou* ont une erreur d'un an sur toute la série des observations ; ils n'ont pas de 12^e^ année, mettent à la 13^e^ année les dates qui conviennent à la 12^e^ et ont une 20^e^ année à laquelle ils donnent les dates de la 19^e^ année ; les dates correctes se trouvent seulement dans le second passage du *Souei chou* (k. 17, 8b) ; mais celui-ci n'a pas la 14^e^ année, où il n'a pas été possible d'observer l'ombre.

[3] Neugebauer, *Tafeln zur astronomischen Chronologie*, III, § 22 ; avec la correction indiquée dans Neugebauer, *Astronomische Chronologie*, § 15, p. 134. — La capitale des Song était sur l'emplacement de l'actuelle Nankin, 119° long. E.

[4] Les mesures d'ombres effectuées en décembre 1049 et les années qui suivirent pour déterminer la date du solstice, encore une fois en retard dans le calendrier officiel, sont exposées en détail dans le *Song che*, k. 76, 5a et suiv. On commença 45 jours avant le solstice d'hiver à la Petite-Neige, *Siao-siue*, de 1049, et on continua trois années entières, à chaque *tsie-k'i.* Les longueurs d'ombre relevées ne sont jamais pareilles d'une année à l'autre : la différence va de ½ dixième de pouce au minimum (solstice d'été, *hia-tche*) à 6 ½ dixièmes de pouce au maximum (*Han-lou*) ; au *Siao-siue*, quand l'accroissement journalier de l'ombre d'un gnomon de 8 pieds est de 6 dixièmes de pouce, la différence

tant $_{pc.258}$ il était difficile de reconnaître la limite exacte de l'ombre à mesurer. Le procédé employé consistait à observer le raccourcissement, puis l'allongement de l'ombre pendant plusieurs jours, avant et après la date présumée ; on prenait le jour moyen comme jour du solstice ; quelquefois même, semble-t-il, on n'observait pas l'ombre tous les jours, mais seulement de temps en temps. Voici ce que dit Tsou Tch'ong-tche :

> « La 5e année *ta-ming* (461) le 10e jour du 10e mois (27 novembre 461), l'ombre avait 10 pieds 77 ½ ; le 25e jour du 11e mois (12 janvier 462), 10 pieds, 81 ¾ ; le 26e jour (13 janvier 462), 10 pieds 75 1/12. En prenant la moyenne, on

---

entre les observations de 1049 et 1051 atteint 5 dixièmes de pouce, presque 1 jour. On comprend que les astronomes de ce temps aient préféré des calculs à ces observations incertaines ; mais leurs calculs aussi étaient souvent inexacts, comme on le voit par ceux de Wang P'o, dans le calendrier *k'in-t'ien* de 956, que les astronomes du XIe siècle donnent comme point de comparaison pour montrer la supériorité de leurs propres calculs, et que j'ai reproduit dans le tableau ci-dessous à côté de leurs observations et de leurs calculs (les longueurs des ombres sont en pieds) :

	Observations				Calculs	
	1049	1050	1051	1052	1049	956
3. Ta-han		11,17			11,1340	11,44
4. Li-tch'ouen				9,67 ½	9,6807	10,15
5. Yu-chouei			8,10 ½	8,12 ½	8,1218	8,61
6. King-tche		6,63	6,65		6,6568	6,85
7. Équin. printemps		5,35		5,31	5,3072	5,27
8. Ts'ing-ming		4,20		4,22	4,2185	3,89
9. Kou-yu			3,30	3,31 ½	3,3116	3,10
10. Li-hia		2,57	2,57 ½	2,58 ½	2,5844	2,30
11. Siao-man		2,03	2,03 ½		2,0351	1,86
12. Mang-tchong		1,69	1,67	1,68 ½	1,6820	1,60
13. Solstice d'été		1,57 ½		1,57	1,57	1,51
14. Siao-chou		1,69 ½			1,6975	1,60
15. Ta-chou		2,04	2,02 ¾	2,05	2,0651	1,85
16. Li-ts'ieou		2,58	2,61 ½		2,6273	2,29
17. Tch'ou-tchou			3,36		3,3665	3,00
18. Po-lou						
19. Équinoxe automne			5,38		5,3869	5,21
20. Han-lou			6,67	6,73 ½	6,7484	6,91
21. Chouang-hiang			8,16	8,20	8,1966	8,56
22. Li-tong		9,80 ½	9,79	9,76	9,7610	10,10
23. Siao-siue	11,35		11,30		11,3448	11,39
24. Ta-siue		12,45 ½			12,4425	12,45
1. Solstice d'hiver	12,85	12,84			12,8500	12,86
2. Siao-han	12,40		12,37		12,4015	12,48

On remarquera que les longueurs d'ombre mesurées par les Chinois sont sensiblement plus courtes que nos mesures : au solstice d'hiver à 35° (lat. de K'ai-fong fou, capitale des Song en 1049) pour un gnomon de 8 pieds, nous mesurerions 13,032 pieds et au solstice d'été 1,632 pied. C'est que nous prenons pour limite le centre du Soleil et par suite mesurons l'ombre et la moitié de la pénombre. Tandis que les Chinois mesurent l'ombre seule, sans tenir compte de la pénombre, prenant par conséquent pour limite le bord supérieur du Soleil.

trouve que le solstice d'hiver du ciel répondit au 3e jour du 11e mois (20 décembre 461). [1]

Ce calcul des moyennes aboutissait à des résultats corrects. Il était parfois cependant cause d'erreur, quand le solstice tombait tout près de minuit, soit avant, soit après. On a pu en voir un exemple dans l'observation du solstice de 436 : Ho Tch'eng-t'ien s'est trompé sur le jour du solstice parce que le phénomène se produisit une demi-heure avant minuit. Il ne se trompa pas en 440 où il eut lieu trois heures après minuit.

pc.259 Si on voulait avoir l'heure du solstice, on procédait également par moyennes [2].

« Si on cherche l'heure du solstice, prendre le chiffre de la diminution de l'ombre des 2 jours mentionnés en dernier (dans le passage ci-dessus, 25e et 26e jours du 11e mois), et calculer la différence (d'ombre) pour 1 jour ; doubler cette différence pour en faire la « règle » fa. La diminution des 2 jours mentionnés en premier (10e et 25e jours du 11e mois) est multipliée par 100 quarts d'heures [3] ; le produit (de cette multiplication) est divisé par la règle.

Par ce procédé, on trouve que (le 3e jour du 11e mois de la 5e année *ta-ming*) l'heure du solstice d'hiver fut 31 quarts d'heure après minuit [4]. Dans le calendrier de *yuan-kia* (de Ho Tch'eng-t'ien), il a lieu un jour après.

---

[1] *Song chou*, k. 13, 22a. « Solstice d'hiver du ciel » désigne le solstice vrai par opposition au solstice calendérique.

[2] *Song chou*, *loc. cit*. (Suite du passage précédent). Cf. Gaubil, *Des Solstices et des Ombres méridiennes du gnomon observés à la Chine*, ap. *Connaissance des Temps*, pour l'année 1809, p. 389.

[3] C'est le nombre de quarts d'heure, *k'o*, du jour entier.

[4] La manière la plus claire d'expliquer le calcul de Tsou Tch'ong-tche est de présenter la série des opérations en réduisant en fractions décimales ses fractions duodécimales (1/12 = 0,08).

Ombre du 25e *jour du* 11e *mois*	1081,75	9/12
Ombre du 26e *jour du* 11e *mois*	1075,08	1/12
Différence	6,67	8/12
Règle, fa	6,67 x 2 =13,34	4/12
Ombre du 25e *jour du* 11e *mois*	1081,75	
Ombre du 10e *jour du* 10e *mois*	1077,50	
Différence	4,25	

Le solstice d'hiver de 461 eut lieu (pour Nankin, 119° E.) $_{pc.260}$ le 20 décembre à 1^h du matin ; or 31 *k'o* après minuit font 7^h 26^m 24^s du matin, le *k'o* n'étant que de 14^m 24^s. On voit que le procédé des moyennes était moins bon pour l'heure que pour le jour.

Ho Tch'eng-t'ien observant directement l'ombre au solstice d'hiver, avait reconnu le solstice vrai et non le solstice calendérique placé 182 jours après le solstice d'été. Mais comme il n'observa pas en même temps le solstice d'été, il ne s'aperçut pas de l'inégalité des saisons [1]. C'est Tchang Tseu-sin, un siècle plus tard, sous les Ts'i Méridionaux, qui, en étudiant les mouvements de la Lune, reconnut que le Soleil ne faisait pas chaque demi-mois solaire, *k'i*, un trajet égal, mais que pour lui comme pour le trajet journalier de la Lune, l'espace parcouru variait suivant la mansion dans laquelle il se trouvait. Il essaya même de calculer cette inégalité et dressa des tables des augmentations et des diminutions à apporter à la marche moyenne de 1^d par jour pour obtenir les nombres de la marche vraie ; mais ses tables étaient, paraît-il, tout à fait inexactes. Lieou Tch'o les améliora, et Li Tch'ouen-fong adopta ses calculs dans le calendrier *lin-tö* du début des T'ang. Yi-hang ayant relevé l'ombre des 24 demi-mois solaires corrigea les calculs de Lieou Tch'o et dressa de nouvelles tables [2].

Produit de cette différence par le nombre de quarts d'heure du jour 4,25 x 100 = 425.
Division de ce produit par la règle 425 : 13,34 = 31.

Le principe est celui-ci. Les mesures de l'ombre se font à midi. Si le solstice avait lieu à midi juste, les ombres méridiennes de deux jours pris symétriquement avant et après le solstice seraient de longueur égale. Quand il a lieu avant ou après midi, la différence de longueur des ombres doit être proportionnelle au temps qui sépare midi du solstice.

[1] Parmi « les 14 observations de l'ombre aux solstices » que Wang P'o déclare avoir faites entre 566 et 584, il y en a 2 seulement du solstice d'été ; et il n'y a qu'une seule année, la 7^e année *k'ai-houang* (587) dont il ait observé les deux solstices. Il met le solstice d'été le 9^e jour, *kouei-wei* (20), du 5^e mois, dont le 1^{er} jour avait été *yi-hai* (12), ce qui correspond au 20 juin (jul.) ; et le solstice d'hiver le 14^e jour, *yi-yeou* (22^e du cycle), du 11^e mois, dont le 1^{er} jour avait été *jen-chen* (9), ce qui correspond au 19 décembre. Les dates sont parfaitement exactes : le solstice d'été de 587 eut lieu, pour Tch'ang-ngan, le 20 juin à 20^h 12^m ; et le solstice d'hiver le 19 décembre à 6^h 29^m (*Souei chou*, k. 17, 8b-9a). C'est la première mention que je connaisse de l'observation des deux solstices de la même année, et c'est probablement la première fois que les deux solstices furent l'un et l'autre bien placés. Les astronomes contemporains Tchang Pin et Tchang Wei-hiuan se trompaient tous les deux d'un jour, le premier sur le solstice d'été qu'il avançait, le second sur le solstice d'hiver qu'il retardait.

[2] *Sin T'ang chou*, k. 27B, 1a. Cf. Gaubil, *Histoire de l'astronomie chinoise*, ap. Souciet, *Observations mathématiques...*, t. II, 59. — Le *Pei-ts'i chou*, k. 49, 3b contient une biographie de Tchang Tseu-sin (cf. Gaubil, *op. cit.*, II, 60), mais il n'y est parlé que de

pc.261 Le gnomon et la table de mesure, *kouei-piao*, joints par Tsou Heng-tche en un seul instrument, restèrent en usage jusqu'à la fin de l'astronomie chinoise, ne fût-ce que parce que l'évaluation incorrecte de la longueur de l'année obligeait de siècle en siècle à faire de nouvelles observations des solstices. Leur emploi extensif ne cessa guère que sous l'influence des jésuites qui, n'ayant pas été élevés dans la tradition chinoise, ne s'en servirent guère ; encore n'en rejeta-t-on pas entièrement l'usage : s'il n'y en a pas parmi les six instruments construits par le père Verbiest au milieu du XVII^{e} siècle, il en fut fabriqué un par ordre de l'empereur K'ien-long en 1744 ; il est vrai que l'on se contenta de réparer un vieil instrument des Ming, détérioré, et surtout trop petit pour le style de 10 pieds (au lieu de 8) adopté sous la dynastie Ts'ing. Du moins l'instrument ayant survécu jusqu'à nos jours est-il bien connu, et il n'y a aucune difficulté à savoir comment il était fait.

Le gnomon chinois moderne se compose de deux parties : un socle horizontal dont la face supérieure porte une graduation en pieds, pouces et dixièmes de pouce, et un poteau vertical surmonté d'une feuille métallique recourbée et percée d'un trou fond ; l'instrument est fait de façon que ce trou se trouve à une hauteur fixe, anciennement de 8 pieds, et de 10 pieds depuis les Ts'ing. Tch'ang Fou-yuan donne une description sommaire d'un gnomon conservé à l'Observatoire de Pékin, datant de la période *tcheng-t'ong* (1436-1449) des Ming, restauré en 1744 et ayant survécu à l'incendie de 1900 [1] ; étant donnée l'importance de la restauration de K'ien-long la description ne vaut que pour le XVIII^{e} siècle.

> « L'Observatoire, *kouan-siang t'ai*, conserve actuellement un gnomon avec sa table de mesure (de l'ombre), *kouei-piao*, fabriqué pc.262 pendant la période *tcheng-t'ong* des Ming (1436-1449) et restauré la 9^{e} année K'ien-long (1744). Le

son habileté comme médecin, et il n'y est pas question d'astronomie.

[1] Tch'ang Fou-yuan, *T'ien-wen yi-k'i tche-lio*, ap. Iijima, *Shina kodaï shiron*, 86. Je n'ai pas eu en mains cet ouvrage que je ne connais que par la citation de M. Iijima.

socle est en maçonnerie ; à la partie supérieure repose horizontalement une table graduée, *kouei*, en bronze, longue de 16 pieds 2 pouces et large de 2 pieds 7 pouces ; tout autour court une rigole d'eau faisant niveau d'eau.

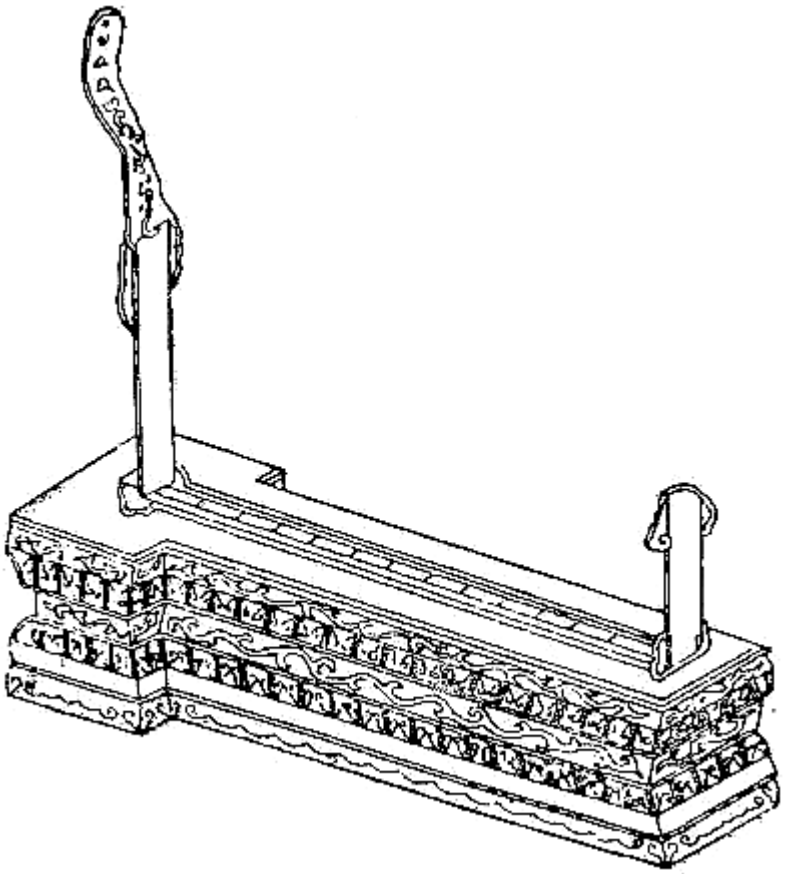


Fig. 4. — Gnomon moderne.

Un style, *piao*, de bronze se dresse verticalement à l'extrémité sud ; à l'origine il avait 8 pieds de haut, mais sous la dynastie Ts'ing on changea sa hauteur en 10 pieds. À l'extrémité supérieure, (le style) avait reçu une feuille de cuivre courbée de façon à faire ventre vers l'extérieur : c'est la Tablette du Rayon (solaire), *king-fou*, de Ko Cheou-king ; elle n'est pas conservée aujourd'hui ; au milieu (de cette feuille) était percé un trou circulaire ayant un diamètre de 2 dixièmes de pouce : à midi juste, *wou-tcheng*, les rayons du Soleil passant par le trou circulaire frappaient la face de la table graduée et y faisaient une figure ovale dont la limite

> méridionale était le rayon du bord supérieur du disque solaire, la limite septentrionale celui du bord inférieur du disque solaire, et le centre le rayon du milieu (du Soleil). À la capitale (Pékin), l'ombre (du gnomon de 10 pieds à midi) est longue, au solstice d'été, de 2,948 pieds ; au solstice d'hiver, de 19,940 pieds [1] ; comme la longueur de la graduation n'atteignait pas la longueur de l'ombre au solstice d'hiver [2], on avait mis à l'extrémité nord de la table (horizontale) pc.263 une table verticale haute de 3 pieds 5 pouces [3] ; aujourd'hui elle aussi n'est pas conservée... Aujourd'hui la graduation en pieds de la face de la table est effacée, et les deux coins de l'extrémité sud de la table manquent...

Le gnomon décrit par Tch'ang Fou-yuan remontait bien au milieu du XV^e^ siècle, mais il ne subsistait guère de l'instrument ancien qu'une partie du socle, tout le reste de ce qu'il décrit, le style et le supplément vertical de la table graduée, ayant été ajouté lors de la restauration de 1744 pour disparaître à nouveau depuis. C'est le gnomon officiel du XVIII^e^ siècle et non celui des Ming ; c'est ce que l'on voit par le *Ta Ts'ing houei-tien* où cet instrument même est décrit de façon détaillée [4].

> « Le gnomon est placé dans la Salle d'Observation du Rayon [5], *kouei-ying t'ang*, au pied de l'Observatoire. On pose horizontalement une table graduée, *kouei*, en bronze, sur un

---

[1] À Pékin (40° lat. N.) l'ombre d'un gnomon de 10 pieds à midi est théoriquement de 2,97 pieds au solstice d'été et de 20,01 pieds au solstice d'hiver (*Calendrier-Annuaire de Zi-ka-wei*, année 1906, p. 62) ; mais nous mesurons l'ombre autrement que les Chinois, comme je l'ai dit ci-dessus, cf. p. 50, n. 1.

[2] Par suite du changement de style : le style de 8 pieds des Ming ayant été remplacé par un style de 10 pieds, l'ombre s'était trouvée allongée de 1/5, et la table graduée de Ming prévue pour une ombre maxima de 16,08 pieds n'avait que 16,20 pieds de long.

[3] Sur ce procédé de redressement de l'extrémité nord de l'ombre, cf. Bigourdan, *Les Cadrans solaires*, ap. *Annuaire du Bureau des Longitudes*, année 1918, p. 259 et fig. 6 (p. 258).

[4] *Ta Ts'ing houei-tien*, k. 81, 1 b.

[5] Le mot *ying* signifie à la fois « ombre » et « rayon de soleil ». C'est pourquoi il a été possible de le conserver bien que l'opération ait changé de caractère et n'ait plus de rapport avec l'observation de l'ombre. On remarquera en effet que l'observation se fait dans une salle non éclairée et sombre, où la seule lumière est donnée par le rayon de soleil qui passe par l'ouverture carrée du toit et l'ouverture ronde du gnomon, marquant l'extrémité d'une ombre que l'on ne cherche pas à observer directement.

> socle en pierre ; sa longueur est de 16 pieds 2 pouces et sa largeur de 2 pieds 7 pouces. À l'extrémité sud se dresse un style de 10 pieds de haut en haut duquel on met une feuille de bronze recourbée, le ventre vers l'extérieur, dont la partie supérieure touche au toit de la salle (d'observation du rayon). Dans la salle s'ouvre un trou carré ; dans le gnomon s'ouvre un trou rond : à midi juste, les rayons du Soleil passant par le trou rond frappent la face de la table graduée, et y font une (image de) forme ovale, dont le bord méridional est le bord du côté supérieur du disque solaire, le bord septentrional celui du côté inférieur du disque solaire, et dont le centre est le rayon du centre (du Soleil).
>
> À la capitale (40° lat. N.), l'ombre du (gnomon de 10 pieds au) $_{pc.264}$ solstice d'été est de 2,948 pieds, au solstice d'hiver de 19,940 pieds. Comme la longueur de la table graduée n'atteignait pas celle de l'ombre au solstice d'hiver, on a mis à l'extrémité nord une table graduée verticale haute de 3 pieds 5 pouces : du trou rond du haut du style jusqu'à la tablette verticale, il y a 14,5485 pieds ; l'ombre du solstice d'hiver s'élève à 2,704 pieds sur la table graduée verticale.

Le *Ta Ts'ing houei-tien* ne dit pas expressément que sous les Ts'ing on s'est contenté de réparer un vieil instrument des Ming au lieu d'en fabriquer un nouveau ; mais le rallongement de la table graduée horizontale par une petite graduation verticale prouve bien qu'il s'agit de l'instrument du XIV^{e} siècle décrit par Tch'ang Fou-yuan ; et cet auteur explique l'origine de cette curieuse disposition, autrement difficile à comprendre, car la place ne manquait pas sur la terrasse de l'Observatoire, et moins encore au pied de celle-ci, où le gnomon était relégué. C'est pourquoi j'ai cité les deux textes, malgré la dépendance étroite du plus récent envers le plus ancien.

Les descriptions détaillées que nous avons du gnomon du XVIII^{e} siècle permettent de comprendre celles de l'instrument tel qu'il était

antérieurement : en effet, sauf le trou de la partie supérieure du style, et le relèvement de la table de mesure, il n'en diffère pas. J'examinerai plus loin en détail le premier fait, perfectionnement important de l'instrument : le second n'était qu'un arrangement de fortune, imposé par l'emploi d'un style de 10 pieds sur un socle dont la graduation avait été faite pour un style de 8 pieds. Le gnomon à socle gradué n'a guère varié dans ses lignes générales depuis son invention jusqu'à nos jours.

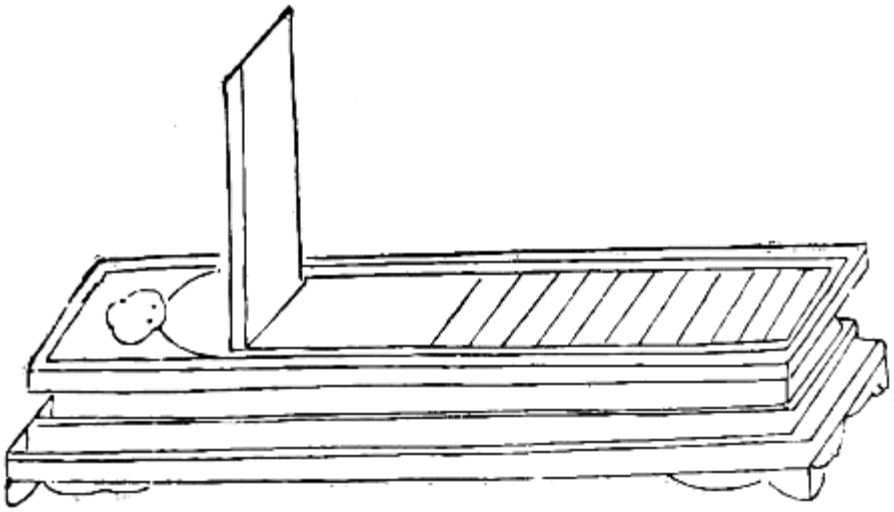


Fig. 5. — Gnomon d'architecte (époque des Song).

Celui de bronze qui fut érigé en 1049 pour mesurer une fois de plus les ombres aux 24 *tchong-k'i* de l'année avait 8 pieds de haut, 4 pouces de large et 2 pouces d'épaisseur ; son sommet se terminait en pointe [1] ; en bas il était attaché à une table de pierre graduée en pieds, pouces et dixièmes de pouce, longue pc.265 de 13 pieds, et sur la surface de laquelle étaient creusées deux cuvettes et une rigole servant de niveau d'eau [2]. Celui dont les architectes se servaient vers le même temps pour orienter leurs constructions était plus lourd et plus massif : il avait 8 pieds de haut, 8 pouces de large, et 4 pouces d'épaisseur [3]. Plus anciennement, le gnomon de l'époque des T'ang n'est pas décrit en détail : tout ce qui en est connu est qu'il avait 8 pieds de haut et qu'il

[1] *Yuan che*, k. 48, 1 b.

[2] *Song che*, k. 76, 46. Après trois années d'observations de l'ombre au début de chacun des 24 *tchong-k'i*, Tcheou Tsong reconnut que le calendrier officiel retardait d'une demi-journée.

[3] *Ying-tsao fa-che*, Introduction, *k'an-siang*, 5a et figure, k. 29, 3a.

avait quatre angles et quatre faces [1], ce qui suppose un poteau à section rectangulaire analogue à celui des Song. L'Instrument inventé au début du VI^e^ siècle par Tsou Heng-tche, en joignant ensemble le gnomon et la tablette de mesure, avait créé un type dont on ne pouvait guère s'écarter : style en bronze haut de 8 pieds sur un socle portant une graduation d'au moins 13 pieds de long pour contenir l'ombre du solstice d'hiver, avec un niveau d'eau pour assurer l'horizontalité. Mais l'appareil plus ancien, antérieur à cette invention, nous échappe : nous ne connaissons de celui des Han et des temps précédents que sa hauteur, qui était toujours de 8 pieds.

En une période de quelque 2.500 ans, le gnomon n'a reçu pc.266 en Chine qu'un seul perfectionnement important, c'est le percement d'un trou à la partie supérieur du style. À quelle époque ce perfectionnement fut-il introduit ? On l'a fait découvrir deux fois par les Chinois à deux dates très éloignées l'une de l'autre, l'une très ancienne, presque aux origines de l'astronomie chinoise, puisqu'on le supposait connu au XII^e^ siècle avant notre ère, l'autre moderne, sous des influences occidentales, à l'époque mongole ; entre les deux époques, l'usage du gnomon à trou se serait perdu, et les astronomes des Han aux Yuan l'auraient ignoré. J'examinerai successivement l'un et l'autre cas, en commençant par le plus récent, celui de l'invention du gnomon à trou au XIII^e^ siècle.

C'est à Ko Cheou-king, le grand astronome de la seconde moitié du XIII^e^ siècle, que Tch'ang Fou-yuan et avant lui Gaubil attribuent cette invention ; c'est lui qui aurait eu l'idée de marquer exactement la fin de l'ombre, si difficile à saisir avec un simple poteau pointu, par une petite image du Soleil obtenue en perçant le gnomon d'un trou rond à la hauteur voulue. Mais cette attribution est une erreur et la description que Ko Cheou-king a donnée de son instrument dans son mémoire de 1278 montre que le dispositif qu'il avait inventé était tout autre chose qu'un gnomon à trou.

---

[1] Kia Kong-yen, *Tcheou-li tchou-chou*, k. 31, 20a.

Le gnomon à table graduée [1]

« La table graduée, *kouei-piao*, est faite en pierre ; elle a 128 pieds de longueur, 4 pieds 5 pouces de largeur et 1 pied 4 pouces d'épaisseur ; le socle (sur lequel elle est posée) a 2 pieds 6 pouces de haut. Aux deux extrémités nord et sud, il y a des bassins circulaires de 1 pied 5 pouces de diamètre et de 2 pouces de profondeur... ; à une distance d'un pouce de chaque côté (de la partie centrale graduée) sont des rigoles d'eau larges et profondes de 1 pouce faisant communiquer les bassins des deux extrémités nord et sud pour assurer l'horizontalité (de la table graduée).

pc.267 Le style, *piao*, a 50 pieds de long, 2 pieds 4 pouces de large, et son épaisseur est de la moitié de sa largeur. Il est planté à l'extrémité sud de la table graduée, dans le socle en pierre de la table graduée ; il s'enfonce de 14 pieds dans le sol et dans le socle de la table graduée, et s'élève au-dessus (de la surface de la graduation) à une hauteur de 36 pieds. À son extrémité (supérieure), des deux côtés, il y a deux dragons appliqués à mi-corps au gnomon et tenant au-dessus une barre transversale, *heng-leang* : du milieu de cette barre à la pointe du gnomon, il y a 4 pieds (de distance) ; en bas jusqu'à la face de la table graduée, il y a 40 pieds. La barre est longue de 6 pieds, et a 3 pouces de diamètre ; au-dessus est un niveau d'eau ; aux deux extrémités et à la partie centrale (de la barre) sont des trous de 2 dixièmes de pouce de diamètre où sont enfilées des (tiges de) fer de 5 pouces de long, au milieu desquelles sont attachées des cordes avec des poids suspendus, afin de donner au gnomon une position correcte, et d'empêcher qu'il ne penche.

Quand le style est court, les divisions (de la table graduée) sont courtes et serrées ; en-dessous du pied et du pouce,

[1] *Yuan che*, k. 48, 4a-4b. Ce passage a été traduit par Wylie, *The Mongol Astronomical Instruments in Peking*, 452-454.

pour celles qu'on appelle dixièmes de pouce, et millièmes de pouce, ainsi que les subdivisions en quarts, les nombres ne sont pas faciles à distinguer. Quand le style est long, les divisions sont longues ; mais ce qui est incommode c'est que l'ombre est vague et pâle, et qu'il est difficile d'obtenir une ombre pleine. Quand les anciens ont voulu rendre meilleure l'ombre vague et qu'ils ont cherché une ombre vraiment pleine, tantôt ils ont installé un Tube de visée, tantôt ils ont dressé un petit style, tantôt ils ont fait un cercle de bois : tous moyens pour recevoir la lumière du Soleil du sommet (du style) et la faire pénétrer en bas jusqu'à la face de la table graduée. Aujourd'hui, on fait en bronze un style haut de 36 pieds, dont le sommet est tenu par deux dragons qui élèvent (au-dessus) une barre transversale, (en sorte que de cette barre) en descendant jusqu'à la face de la table graduée il y ait 40 pieds, c'est-à-dire le quintuple du gnomon de 8 pieds : (ainsi pour) les divisions en pieds et pouces gravées sur la table graduée, ce qui était autrefois 1 pouce, s'est aujourd'hui étendu à 5 pouces ; les subdivisions sont faciles à distinguer.

La tablette de rayons (solaires) *ying-fou* [1]

« La tablette de rayons (solaires) est faite d'une feuille de cuivre large de 2 pouces et longue du double de sa largeur, pc.268 au milieu de laquelle est percé un trou grand comme une pointe d'aiguille. On fait un pied avec un cadre carré ; à une extrémité on place un pivot, *ki-tch'ou*, pour qu'on puisse ouvrir ou fermer cette extrémité qui est sur le socle, de façon à donner (à la tablette) une position oblique, le haut du côté nord, le bas du côté sud. On fait aller et venir (l'instrument) jusqu'à ce qu'il arrive au milieu de (l'ombre de) la barre (transversale) peu nette : quand le trou (percé dans la feuille métallique) touche la lumière du Soleil, juste de la grosseur

[1] *Yuan che*, k. 48, 4b.

> d'un grain de riz, on voit confusément la barre transversale en son milieu. D'après l'ancien procédé, quand on observait par le sommet du style, ce qu'on obtenait était l'ombre du bord supérieur du disque solaire. Aujourd'hui qu'on prend l'ombre par une barre horizontale, on obtient réellement le rayon du centre (du Soleil) sans qu'il y ait la plus petite erreur. La 16e année *tche-yuan*, année *ki-mao*, j'observai l'ombre du solstice d'été : le 19e jour du 4e mois, jour *yi-wei* (30 mai 1279), l'ombre avait 12,3695 pieds de long ; (la même année) j'observai l'ombre du solstice d'hiver : le 24e jour du 10e mois, jour *meou-siu* (11 décembre 1279), l'ombre avait 76,74 pieds [1].

Est-ce d'un gnomon à trou qu'il s'agit dans ces textes ainsi qu'on l'admet ordinairement ? Je ne le pense pas : cette notion est due à une fausse interprétation de Gaubil qui, en décrivant sommairement l'appareil, a placé la tablette de rayons au haut du gnomon [2]. La tablette percée d'un trou est une plaque oblique pc.269 montée sur un pivot permettant d'en faire varier l'obliquité de façon qu'elle soit toujours normale à la direction des rayons de la partie centrale du disque solaire, quelle que soit la hauteur, variable suivant les saisons, du Soleil à midi : je ne vois pas comment on aurait pu manœuvrer ce pivot à 40 pieds de haut sans un mécanisme spécial que Ko Cheou-king, avec sa précision ordinaire, n'aurait pas négligé de décrire en

---

[1] Théoriquement à Pékin (40° lat. N.) actuellement l'ombre d'un gnomon de 40 pieds à midi vrai au solstice d'été est de 11,88 pieds et au solstice d'hiver est de 80,4 pieds ; suivant Ko Cheou-king : 11,7 et 79,8 pieds (*Yuan che*, k. 52, 2a) ; d'autre part le solstice d'été tombe le 14 juin 1279 à 20h 24m (jul.) et le solstice d'hiver le 14 décembre à midi. Les ombres dont la longueur est donnée sont celles des jours où l'observation régulière de l'ombre méridienne fut commencée, environ un mois avant les solstices. Ko Cheou-king avait relevé le détail de ses observations de l'ombre des solstices pour les années 1277-1281 dans le mémoire de présentation à l'empereur du calendrier *Cheou-che*, *Cheou-che-li yi* (*Yuan che*, k. 52, 1b-6b).

[2] Gaubil, *Des Solstices et des Ombres Méridiennes du Gnomon observés à la Chine*, ap. *Connaissance des Temps pour l'an* 1809, p. 399 : « Ko cheou-king observa avec un gnomon de 40 pieds ; il fit un petit trou à une lame de cuivre, pour recevoir l'image du Soleil ; ce trou était, dit-il, comme celui d'une aiguille ; *c'est du centre de ce trou qu'il prit la hauteur du gnomon*, et il mesurait l'ombre jusqu'au centre de l'image ». La phrase que j'ai mise en italiques montre bien que Gaubil croyait que la tablette de rayons était placée au sommet du gnomon.

détail. Et si on ne tient pas compte de cette difficulté, où et comment la tablette trouée aurait-elle pu être placée au sommet du style ? Le style du gnomon de Ko Cheou-king n'est pas un simple poteau vertical de 40 pieds sur le haut duquel il aurait été facile de fixer la tablette, c'est un instrument complexe à sa partie supérieure. Le poteau même n'a que 36 pieds de haut ; au-dessus de lui, supportée par deux dragons prenant leur appui sur le style même, est une barre transversale cylindrique de 3 pouces de diamètre sur 6 pieds de long, posée de façon que du centre du cylindre au pied du style il y ait une distance de 40 pieds. C'est cette barre qui donne l'ombre observée : elle joue le même rôle que la boule dont en Occident les anciens ont parfois surmonté les gnomons. L'espace vide qui est au-dessous d'elle, et dont la projection sur la graduation horizontale est vivement éclairée, sépare nettement l'ombre de la pénombre. Celle-ci qui est l'ombre portée par la barre transversale est exactement délimitée : sa limite méridionale donne l'ombre du bord supérieur du Soleil, sa limite septentrionale celle du bord inférieur du Soleil, et son centre marque le centre du Soleil. C'est pourquoi Ko Cheou-king place le centre et non le bord supérieur de la barre transversale à 40 pieds de la base du gnomon : c'est en effet le centre du Soleil et non le bord inférieur de son disque qui donne une indication précise. Dans ces conditions, puisque le rayon passant par le trou de la tablette doit marquer la limite de l'ombre mesurée, la tablette ne peut se placer ni au-dessus ni au-dessous de la barre transversale, car dans ces cas la hauteur totale serait de plus ou de moins de 40 pieds ; elle devrait être placée de façon que son trou d'aiguille $_{pc.270}$ soit exactement au milieu de la hauteur de la barre, seul point d'où la distance au pied du style soit de 40 pieds. Il faudrait donc, ou bien que la tablette fasse partie de la barre transversale, et il serait inexplicable que Ko Cheou-king l'ait décrite comme un appareil séparé ; ou bien, si elle était un appareil indépendant, que la barre transversale surmontant le gnomon soit coupée en deux parties pour la recevoir, et Ko Cheou-king aurait nécessairement fait mention de cette disposition, puisqu'ainsi il y aurait eu, non pas une barre soutenue par deux dragons, mais, deux petites barres distinctes, l'une à droite, l'autre à

gauche, séparées l'une de l'autre par un espace étroit où serait venue s'insérer la tablette de rayons, et supportées chacune par un dragon ; et il y aurait eu non pas un niveau d'eau à la partie supérieure de la barre, comme il l'indique, mais deux niveaux d'eau, un sur chaque petite barre. Il est d'ailleurs certain que la barre n'était pas coupée en son milieu pour recevoir la tablette de rayons, puisqu'il y avait des clous de fer fichés aux extrémités et au milieu de la barre pour y suspendre des poids avec des cordes et en assurer l'horizontalité.

Puisque la tablette de rayons, destinée à fournir la projection du centre du disque solaire par le rayon traversant le trou dont elle était percée, ne se plaçait pas à l'origine même de l'ombre, n'étant ni au-dessus, ni au-dessous, ni au milieu de la barre transversale surmontant le style, elle ne pouvait se trouver qu'à l'autre extrémité, à la fin de l'ombre sur la table graduée horizontale. C'est en effet ce que montre, sinon Ko Cheou-king lui-même, du moins son contemporain Yang Houan dans un passage de son « Inscription du Grand gnomon » *Kao-piao ming* [1].

> « L'ombre du sommet est vague, la saisir est pénible. La barre (transversale) du gnomon en haut se déploie ; (l'image projetée par) la tablette du rayon en bas s'applique (au sol) ; le trou de la pc.271 tablette prend (l'ombre de) la barre (transversale), et l'ombre est subtile et mystérieuse.

C'était donc la barre transversale et non le Soleil qu'on observait par la tablette de rayons, et c'est d'ailleurs juste ce que dit Ko Cheou-King dans sa description. On cherchait à donner à la tablette de rayons une position telle qu'on vît par le trou la barre transversale ; et pour être sûr d'observer le milieu de celle-ci, on prenait soin que la lumière du Soleil fût visible « de la grosseur d'un grain de riz » au-dessus et au-dessous. Le centre du Soleil se trouvait ainsi déterminé avec exactitude. Pour cela naturellement il fallait poser la tablette *ying-fou* sur la graduation horizontale de la base du gnomon, un peu au sud du centre de la pénombre : après l'avoir fixée à l'inclinaison

[1] *Kou-kin t'ou-chou tsi-tch'eng, Li-siang houei-p'ien, Li-fa tien*, k. 108, 3b. — Yang Houan mourut en 1299 à l'âge de soixante-six ans (*Yuan che*, k. 164, 6b)

convenable pour la hauteur du Soleil au jour de l'observation, on la déplaçait le long de la ligne médiane de la graduation horizontale jusqu'à ce qu'elle passât par le point unique pour un jour donné où les rayons du Soleil en traversaient le trou encadrant la barre transversale. La lumière du Soleil (réduite à « un grain de riz » par la dimension même du trou) ainsi projetée sur la graduation horizontale y marquait deux points limitant l'ombre de la barre, dont le centre marquait le centre du Soleil, et il suffisait de lire les chiffres de la graduation pour savoir la distance séparant ce point du pied du style et par conséquent la longueur de l'ombre.

D'autre part, abstraction faite de la tablette de rayons, le gnomon lui-même était interrompu à sa partie supérieure. Mais ce large espace vide de 4 pieds (plus de 1 m) entre le sommet du poteau vertical et la barre horizontale ne servait qu'à rendre plus nette la délimitation de l'ombre de cette barre en supprimant l'extrémité de l'ombre du gnomon et en la remplaçant par un espace éclairé. Il résultait de ces dispositions que, somme toute, l'ombre du gnomon vertical était inutile et n'était conservée que partiellement et par tradition ; c'était l'ombre seule de la barre horizontale qu'il était important d'observer, puisqu'elle indiquait pc.272 l'endroit où aurait dû se trouver la pénombre, et que par conséquent son commencement marquait exactement l'extrémité de l'ombre. Celle-ci se mesurait donc, même absente, par la distance entre l'ombre de la barre et le pied de l'instrument ; et c'est pourquoi Ko Cheou-King avait pu sans inconvénient en supprimer la partie terminale. C'est avec une autre réalisation, exactement ce que feront les jésuites à l'Observatoire au XVIII^{e} siècle : eux aussi n'observeront que l'extrémité de l'ombre ; mais, plus révolutionnaires que Ko Cheou-king, ils supprimeront l'ombre toute entière jugée inutile, et observeront non pas en plein air une ombre particulière marquant la fin de l'ombre du gnomon, mais dans une salle obscure au point lumineux qui prend la place de cette extrémité d'ombre toujours difficile à reconnaître.

Les instruments construits par Ko Cheou-king ne constituaient donc pas un gnomon à trou. Il n'a pas inventé le gnomon à trou, il a

simplement perfectionné en les transformant des procédés employés dès avant lui et qui consistaient à observer le centre du Soleil à l'extrémité inférieure de l'ombre, soit avec un Tube de visée, soit avec un disque de bois. C'est ce que savait encore fort bien le prince Tcheng lorsqu'il écrivait dans un mémoire à l'empereur (1595) que ces deux procédés étaient du genre de la tablette de rayons. Le gnomon à trou n'était pas encore connu au XVII^e^ siècle par Mei Wen-ting, qui déclarait le procédé de Ko Cheou-king excellent et l'employait encore. Il y avait même apporté un perfectionnement : il avait remplacé le pivot de manœuvre pour la modification de l'obliquité de la lame métallique par une roue montée sur un axe et munie de projections extérieures, ce qui rendait les changements d'obliquité plus faciles et plus rapides à effectuer ; il trouvait en effet que dans l'instrument ancien, le maniement du pivot était si lent et faisait perdre tant de temps à chercher la position correcte de la tablette que lorsqu'on l'avait trouvée le Soleil s'était déjà déplacé sensiblement vers l'ouest [1].

pc.273 Le *Ta Ts'ing houei-tien* montre que les astronomes du XVIII^e^ siècle connaissaient le gnomon à trou. Comment s'était fait ce progrès et à quelle époque ? Si l'instrument de 1744 est le premier de cette sorte, le perfectionnement ne peut être dû qu'aux jésuites, alors fort importants à l'Observatoire. Mais je n'ai pas examiné toute l'abondante littérature astronomique de la fin des Ming et du début des Ts'ing, et je ne sais pas à quelle date remonte la première mention indubitable du gnomon à trou. Tout ce que je peux dire est qu'on en attribue à tort l'invention à Ko Cheou-king, et que son emploi en Chine ne remonte probablement pas plus haut que la fin du XVII^e^ et le commencement du XVIII^e^ siècle.

Mais n'avait-il pas déjà été inventé, puis oublié par les astronomes chinois de longs siècles plus tôt ? On rencontre un peu partout l'affirmation que les Chinois employaient dès l'antiquité un gnomon à trou : L. de Saussure en parle à plusieurs reprises, et les auteurs les plus récents n'ont garde de l'oublier [2]. C'est une erreur qui remonte à

---

[1] *Ming che*, k. 25, 11 b.

[2] Léopold de Saussure, *Le système astronomique des Chinois*, ap. *Archives des*

Édouard Biot. Celui-ci, trouvant dans le *Tcheou pei* mention d'un instrument de 8 pieds percé d'un trou employé à observer le Soleil, n'a pas hésité à l'interpréter comme un gnomon à trou, malgré le silence de tous les auteurs antérieurs aux Yuan sur cet instrument, si bien qu'il en a été réduit à admettre que le gnomon à trou connu dans l'antiquité avait été oublié dès le temps des Han [1]. En réalité Biot s'est trompé : il s'agit d'un autre instrument dont je parlerai plus loin, pc.274 le Tube de visée, ainsi que les commentateurs l'expliquent fort bien. Le texte ne parle pas de percer un trou d'un pouce dans un bambou à la longueur de 8 pieds, mais simplement de prendre un tube de bambou de 8 pieds de long dont le creux intérieur ait un pouce de diamètre.

Cette erreur est si répandue, et a pour elle tant et de tels garants qu'il ne me semble pas inutile de traduire texte et commentaire de ce passage du *Tcheou-pei*, et de montrer en quoi consistait l'opération effectuée. Je rappelle que l'observation était destinée à permettre le calcul du diamètre du Soleil.

Texte [2]

> (Après le solstice d'été) chaque jour accroît (l'ombre au sud du gnomon). Observez l'allongement journalier, et quand l'ombre forme) une base, *kiu* [3], de 6 pieds, prenez un bambou dont le creux ait un pouce de diamètre et dont la longueur soit de 8 pieds ; prenez l'ombre (à son extrémité) et regardez [4]. pc.275 Le

---

Sciences Physiques et Naturelles, I (1919), 209 ; Abel Rey, *La Science Orientale avant les Grecs*, p. 360-361. Mais l'erreur est restée confinée en Europe, et n'a pas gagné l'Extrême-Orient où on lit le *Tcheou pei* dans le texte et non dans la traduction d'Éd. Biot : il n'est pas question de gnomon à trou dans le *Chuhi no kenkyü* de Noda Chugi.

1 Édouard Biot, *Traduction et examen d'un ancien ouvrage chinois intitulé Tcheou pei*, *Journal Asiatique* (1841), p. 15 du tirage à part. Je rappelle, ayant l'occasion de citer souvent leurs noms, que l'astronome Jean-Baptiste Biot qui a écrit sur l'astronomie chinoise (et indienne) était le père du sinologue Édouard Biot, et que celui-ci (qui mourut avant son père, en 1850) était le meilleur élève de Stanislas Julien.

2 *Tcheou-pei souan-king*, k. 1, 23b-24a, éd. *Hio-tsin t'o-yuan*, cf. l'édition critique de cet ouvrage à la fin de Noda Churyö, *Chuhi no kenkyü*, p. 143.

3 Il vient d'être expliqué que, dans les observations du gnomon, le gnomon lui-même est la hauteur du triangle rectangle, l'ombre en est la base, et la ligne joignant l'extrémité de l'ombre à celle du gnomon en est l'hypoténuse.

4 Éd. Biot, *op. cit.*, p. 15, traduit : « Cherchez l'ombre et observez-la », considérant le mot *tche* comme un pronom personnel complément tenant la place du substantif *ying* «

creux (du bambou) couvre juste le Soleil, et le Soleil correspond à l'ouverture du creux. En observant d'après cela, calculez que pour 80 pouces (de longueur du bambou) vous obtenez (pour l'image du Soleil) un diamètre de 1 pouce. C'est pourquoi, prenant (l'ombre de 6 pieds) comme base pour un premier problème [1] et le gnomon (de 8 pieds comme hauteur, on trouve que) du gnomon jusqu'au lieu situé sous le Soleil il y a 60.000 *li*, et en ce lieu le gnomon ne porte pas d'ombre ; de là en haut jusqu'au Soleil, il y a 80.000 *li*. Si vous cherchez la (longueur de la ligne) inclinée (allant du gnomon) jusqu'au Soleil [2], prenez la (distance du gnomon) au-dessous du Soleil comme base, la hauteur du Soleil comme hauteur ; multipliez la base par elle-

---

ombre » placé juste avant. Mais *tche*, si on veut le classer dans les termes si inadéquats de nos grammaires occidentales, est bien plutôt un démonstratif qu'un pronom personnel ; de plus, comme très souvent, il exprime un complément indéterminé ; si on voulait le traduire, il faudrait dire « cherchez l'ombre et regardez cela », c'est-à-dire ce que vous voyez, quel que ce soit, et non comme traduit Biot « cherchez l'ombre et observez-la », c'est-à-dire l'ombre exclusivement. D'autre part, le mot *ying* « ombre » se rencontre bien dans le *Tcheou-pei*, mais c'est toujours comme un mot de la langue usuelle désignant toute ombre portée, en général ; le terme technique pour désigner l'ombre du gnomon, qu'on observe et qu'on mesure, est *kouei*. Ici l'observation consiste à chercher l'extrémité de l'ombre, non pour observer l'ombre elle-même (on sait déjà qu'elle a 6 pieds puisqu'on a choisi la date exprès pour cette longueur et on n'a plus aucune observation à faire sur elle), mais pour placer le tube de visée exactement le long de l'hypoténuse du triangle rectangle dont les deux autres côtés sont le gnomon et l'ombre du gnomon, de façon que, lorsqu'on met son œil à l'ouverture inférieure du tube de visée, celui-ci ait l'inclinaison correcte pour l'observation du Soleil. L'auteur du *Tcheou-pei* pense en effet que dans ces conditions le disque plat du Soleil est exactement perpendiculaire à la direction du tube de visée, tandis qu'en toute autre position le tube de visée forme avec le disque un angle plus ou moins aigu ou obtus, suivant que l'observateur, s'éloignant du gnomon, va se placer au-delà de l'hypoténuse, ou au contraire, se rapprochant du gnomon, se place en-deçà de celle-ci. Or il lui faut un triangle rectangle pour son calcul.

[1] Il y a trois problèmes successifs à résoudre : le premier porte sur les deux côtés de l'angle droit du triangle rectangle. Étant donné le petit triangle rectangle formé par l'ombre pour base (le nombre de la base est 3 ; or 6 = 3 x 2), le gnomon pour hauteur (le nombre de la hauteur est 4 ; or 8 = 4 x 2), et la ligne joignant l'extrémité de l'ombre au sommet du gnomon, calculer le triangle semblable ayant pour base la distance du gnomon au lieu situé sous le Soleil, et comme hauteur la distance du lieu situé sous le Soleil au Soleil lui-même, sachant que l'ombre diminue de 1 pouce pour 1.000 *li* à mesure qu'on se rapproche du Soleil, et qu'au lieu sous le Soleil, il n'y a plus d'ombre du tout. Puisque l'ombre a 6 pieds = 60 pouces, la distance est de 60.000 *li*. Si les bases du petit et du grand triangles sont dans la proportion de 1 à 1.000 l'une par rapport à l'autre, la proportion des hauteurs est la même, donc on a 80.000 *li* comme hauteur du Soleil. C'est pour que les côtés de l'angle droit du petit triangle rectangle soient des multiples de 3 et 4 qu'on a choisi pour l'observation les jours des équinoxes, quand l'ombre du gnomon de 8 pieds (4 x 2) a 6 pieds (3 x 2) de long.

[2] Second problème : connaissant les 2 côtés de l'angle droit du triangle rectangle, trouver l'hypoténuse. On la trouve par le calcul : $6^2 + 8^2 = 10^2$. Je ne crois pas nécessaire de continuer l'explication détaillée. Voir les notes et la figure dans Éd. Biot, *op. cit.*, p. 16.

même et la hauteur par elle-même, et additionnez-les ; puis extrayez la racine carrée (de la somme) : vous obtiendrez la (longueur de la ligne) inclinée (qui va du gnomon) jusqu'au Soleil. Du lieu à côté du gnomon jusqu'au lieu du Soleil, il y a 100.000 *li* [1] ; calculez d'après la proportion : (pour 80 pouces pc.276 de long, vous avez 1 pouce de diamètre) pour 80 *li* vous aurez 1 *li* de diamètre, pour 100.000 *li* vous aurez 12.500 *li* de diamètre [2]. C'est pourquoi on dit : (d'après) l'observation du Soleil, il a un diamètre de 12.500 *li*.

Commentaire de Tchao Chouang [3]

Il faut prendre pour base le diamètre du trou (du Tube de visée), et comme hauteur la longueur du bambou : la distance du Soleil à l'observateur étant la grande hauteur (celle du grand triangle), la base correspondant à la grande hauteur sera le diamètre du Soleil. Dans ce procédé, en multipliant la grande hauteur par la base, on considère que la hauteur est 1 ; on fait de 80 le diviseur et de 100.000 le dividende. En divisant le dividende par le diviseur on obtient le diamètre du Soleil.

Commentaire de Li Tch'ouen-fong [4]

Prenez la hauteur en pouces du gnomon comme (semblable à) la hauteur du Soleil, et la longueur en pouces de l'ombre

---

[1] C'est l'hypoténuse du triangle rectangle, donc la solution du deuxième problème.

[2] Troisième problème : trouver le diamètre du Soleil, connaissant sa distance, et sachant que son image remplit exactement une ouverture d'un pouce quand le tube de visée a 80 pouces de long. Il ne s'agit plus ici de calculer des triangles rectangles, mais simplement d'appliquer la proportion de 1 : 1000 établie précédemment.

[3] *Tcheou-pei souan-king*, k. 1, 24a, éd. *Hio-tsin t'o-yuan*. « Tchao Chouang, surnom Kiun-k'ing ; on ne sait à quelle époque il vécut » (Li Tsi, *Tcheou-pei yin-yi*, 1a (éd. *Hio-tsin t'o-yuan*). Le colophon initial le met sous la dynastie Han. Il est au plus tôt de la fin des Han, car il mentionne dans sa préface le *Ling hien* de Tchang Heng qui est du premier quart du II^{e} siècle p. C., et au plus tard du milieu du VI^{e} siècle, époque où Tchen Louan le reprit dans son propre commentaire du *Tcheou pei*.

[4] *Tcheou-pei souan-king*, k. 1, 26b. — Li Tch'ouen-fong mourut au début de la période *hien-hang* (670-674) à l'âge de soixante-neuf ans. Il fabriqua en 633 une sphère armillaire qui le rendit célèbre, fut *t'ai-che ling*, c'est-à-dire directeur du service d'astrologie (et d'astronomie) en 648, charge qu'il garda jusqu'à sa mort en y ajoutant par la suite la direction de l'enseignement des mathématiques au Kouo-tseu kien. (*Kieou T'ang chou*, k. 79, 4b-5a).

> comme (semblable à) la distance du lieu sous le Soleil (au gnomon) ; quand, le Soleil montant peu à peu, l'ombre du Soleil atteindra 6 pieds, prenez-la comme base (du triangle rectangle), *kiu*, faites du gnomon la hauteur (du triangle rectangle), *kou*, et cherchez l'hypoténuse : vous trouverez 100.000 *li* comme ligne oblique.
>
> Prenez un tube dont le creux rond a un diamètre de 1 pouce pc.277 et qui a une longueur de 8 pieds ; regardez le Soleil de façon qu'il remplisse (l'ouverture du) tube ; et faites la proportion de la longueur de 80 pouces au (diamètre) 1 ; le Soleil étant éloigné de 100.000 *li* suivant la ligne oblique (hypoténuse), son diamètre est de 1.250 *li.*

L'auteur se propose de calculer le diamètre du Soleil [1]. La solution comporte trois problèmes successifs : les deux premiers consistent à calculer la distance de l'observateur au Soleil. Or la Terre étant plate et le Soleil circulant au-dessus de la Terre, à des distances telles que l'ombre d'un gnomon à midi diminue de 1 pouce par 1.000 *li* à mesure que, marchant vers le sud, on se rapproche du Soleil, en sorte qu'à l'endroit de la Terre qui se trouve juste au-dessous du Soleil, le gnomon à midi ne porte plus d'ombre du tout, la recherche de la distance du Soleil se résout par de simples calculs de triangles rectangles : la ligne qu'on tire du Soleil au « lieu sous le Soleil, où il n'y a pas d'ombre » étant perpendiculaire à la surface terrestre, est un des côtés de l'angle droit ; l'autre est la ligne tirée sur la surface plate de la Terre qui joint le pied de cette perpendiculaire à l'observatoire ; l'hypoténuse est la « ligne inclinée » qui joint directement l'observateur au Soleil. Tel est le triangle inconnu qu'il faut calculer. Or il est semblable à un petit triangle dont les côtés sont connus, celui que forme le gnomon, perpendiculaire à la surface terrestre, l'ombre portée par lui sur la Terre horizontale, et la ligne qui joint l'extrémité de l'ombre au sommet du

[1] C'est bien du diamètre du Soleil lui-même qu'il s'agit et non de celui de « la projection du Soleil » comme traduit Édouard Biot, *op. cit.*, p. 16.

gnomon. Si on prend soin de choisir pour la dimension des côtés du petit triangle des nombres qui rentrent dans le cas du triangle rectangle type, c'est-à-dire 3, 4 et 5 ou leurs multiples, le calcul est des plus simples : c'est ce qu'on fait en donnant 8 pieds de haut au gnomon et en plaçant l'observation aux équinoxes, jour où l'ombre d'un gnomon de 8 pieds a 6 pieds de long.

Il est entendu que ces calculs, établis sur des données pc.278 entièrement fausses, ne pouvaient conduire à rien. Mais les Chinois les croyaient vrais et ils les ont établis avec le plus de soin qu'il leur était possible ; leurs connaissances mathématiques étaient peu étendues, mais leur raisonnement est, sinon toujours juste, au moins parfaitement cohérent. Ce n'est pas ce que semble avoir admis Biot, qui leur attribue à la fois des connaissances plus étendues qu'elles ne sont réellement et des raisonnements incohérents. En effet, on a vu que le diamètre du Soleil se conclut de deux proportions, l'une entre la longueur du bambou qui est de 80 pouces et celle de la ligne « inclinée » allant du Soleil au gnomon, c'est-à-dire de l'hypoténuse, et l'autre entre le diamètre de 1 pouce de l'image du Soleil vue par le trou du bambou, et le diamètre du Soleil lui-même de l'autre. Biot, trompé par ce chiffre de 80 pouces, a cru qu'il désignait le gnomon, dont la longueur est en effet de 8 pieds. Le texte ne dit pas explicitement qu'il s'agit d'un instrument distinct du gnomon. Mais il ne prête pas à confusion, et de plus le Commentaire de Li Tch'ouen-fong est clair : ces 80 pouces sont à prendre sur la ligne inclinée elle-même, c'est-à-dire sur l'hypoténuse, et non sur le gnomon, hauteur du triangle, qui a déjà joué son rôle dans la solution du problème de la distance du Soleil, et dont on n'a plus à s'occuper ici, puisqu'il ne peut être mis en rapport qu'avec la hauteur du triangle rectangle dont le Soleil occupe un des angles, et non avec l'hypoténuse. Dans l'hypothèse de Biot, on n'observe pas directement le Soleil vu au bout d'un Tube de visée de longueur telle que son ouverture d'un pouce de diamètre soit exactement remplie par le Soleil, mais, tournant le dos au Soleil, on observe par terre l'image du Soleil telle qu'elle se forme à l'extrémité

de l'ombre après avoir traversé le trou du gnomon : elle est à l'extrémité de l'hypoténuse à 100 pouces du sommet du gnomon. Il faut se rappeler que tous les calculs de l'auteur du *Tcheou-pei* se fondent toujours sur les rapports entre les côtés du triangle rectangle : quel rapport de cette espèce y a-t-il entre les faits disparates que rapproche Biot (hauteur du gnomon, image du pc.279 Soleil formée à terre à l'extrémité de l'ombre, et diamètre du Soleil) qui permette de calculer le diamètre du Soleil en partant de celui de l'image dans une proportion de 1 à 80 ? Comment se fait-il que les dimensions de cette « projection du Soleil » varient suivant la hauteur du « signal » c'est-à-dire du gnomon, et qu'elle ait 1 pouce de diamètre pour un gnomon de 8 pieds, 1 *li* pour un gnomon de 80 *li,* et 1.250 *li* pour un gnomon de 100.000 *li* ? Et qu'est-ce que ce « signal » qui a 100.000 *li,* c'est-à-dire que sa hauteur est égale à la distance de la Terre au Soleil ? L'interprétation de Biot ôte tout sens à ce passage. C'est entre le diamètre réel du Soleil, son diamètre apparent, ou comme dit le *Tcheou-pei* le diamètre de son image vue par le Tube de visée, et la longueur du Tube de visée, que les mathématiciens chinois établissaient une relation que Tchao Chouang montre fort bien dans son Commentaire. Leur méthode était fausse, mais du moins cohérente.

Une si longue réfutation n'aurait pas été nécessaire si l'erreur, depuis près d'un siècle, n'avait pris en quelque sorte droit de cité. La mention du gnomon à trou dans le *Tcheou-pei* est entièrement le produit de l'imagination du traducteur qui a mal interprété un passage où il était parlé d'autre chose. En réalité, l'auteur du *Tcheou-pei* a raisonné faussement, mais de façon logique, sur une observation vraie : quand on regarde un objet éloigné à travers une ouverture, on peut, en éloignant ou rapprochant de l'œil cette ouverture, arriver à trouver une position telle que l'objet visé remplisse exactement l'ouverture. Il admet que pour une ouverture circulaire d'un pouce de diamètre, la position où le Soleil remplira exactement cette ouverture est à une distance de 80 pouces de l'œil, et il fait examiner le Soleil avec un tube creux de 8 pieds de long. Il semble d'ailleurs qu'il

interprète ce fait comme une variation réelle de l'image visée : puisque l'ouverture circulaire d'un pouce de diamètre est tantôt beaucoup plus grande que l'image visée, tantôt égale à celle-ci, tantôt bien plus petite, suivant qu'on l'approche ou l'éloigne de l'œil, bien que son diamètre ne varie pas, c'est l'image qui augmente $_{pc.280}$ de grandeur à mesure qu'on la vise à une distance de l'œil de plus en plus grande ; oubliant que l'ouverture circulaire à travers laquelle on regarde est elle-même une image qui varie de grandeur quand on l'éloigne ou la rapproche de l'œil, il croit, autant qu'il me paraît, que l'image de l'objet, prise à diverses distances de l'œil d'un observateur immobile, a dans chaque cas les dimensions que prendrait l'objet pour un observateur qui s'en rapprocherait. C'est pourquoi il établit une relation entre le diamètre de l'image à la distance où il la prend et le diamètre de l'objet lui-même [1]. Et cette relation prend tout naturellement pour lui la forme de relation entre les côtés de triangles rectangles semblables, comme cela ressort des Commentaires. Le petit triangle a pour petit côté de l'angle droit, *kiu*, le diamètre de l'ouverture du tube, c'est-à-dire celui de l'image qui la remplit exactement ; pour grand côté de l'angle droit, *kou*, la longueur du Tube de visée. Le grand triangle a pour petit côté de l'angle droit le diamètre du Soleil, et pour grand côté la distance du Tube de visée (ou du gnomon qui le porte) jusqu'au Soleil. Les hypoténuses n'entrent pas dans les calculs. On connaît les deux côtés de l'angle droit du petit triangle rectangle, qui sont respectivement 1 pouce et 80 pouces ; et le grand côté de l'angle droit du grand triangle rectangle qui est 100.000 *li.* Il est facile de tirer de là la valeur du petit côté, *kiu*, de l'angle droit du grand triangle puisque, les deux triangles étant semblables, les côtés sont proportionnels. On trouve 80/100.000 = 1/x, d'où x = 100.000/80 = 1.250. C'est le nombre de *li* que le *Tcheou-pei* attribue au diamètre du Soleil [2].

---

[1] C'est ce qu'a bien vu M. Nöda Churyö, *Chuhi san kei no kenkyü*, p. 24 : « Si on prend un bambou de 8 pieds de long dont le creux a 1 pouce de diamètre, et qu'on regarde le Soleil, le Soleil apparaîtra tout entier dans l'ouverture ; c'est pourquoi la grandeur du Soleil est pareille à celle d'un objet d'un pouce qui serait à une distance de 80 pouces ».

[2] Éd. Biot, *op. cit.*, 16, note 2, a naturellement bien vu la proportion ; d'ailleurs les commentaires l'indiquent clairement. Mais comme il croit qu'il s'agit de mesurer le diamètre

pc.281 En résumé, il n'est pas question dans ce passage d'un gnomon à trou permettant de voir l'image du Soleil sur le sol à l'extrémité de l'ombre, mais d'un Tube de visée servant à observer le Soleil lui-même. L'opération décrite dans le *Tcheou-pei* et le calcul du diamètre du Soleil qu'on en tire sont illusoires ; mais ils sont d'accord avec les connaissances mathématiques et les théories astronomiques chinoises du temps des Han.

Le gnomon, simple pieu de 8 pieds de haut, terminé en pointe au sommet, a été pour les Chinois l'instrument fondamental de l'astronomie : c'est de l'observation de l'ombre qu'ils ont tiré longtemps leurs connaissances les plus précises sur la forme du monde.

@

de la projection du Soleil, au lieu du diamètre du Soleil lui-même, il le déclare inexact parce que « les rayons lumineux passant par le trou forment un cône et non un cylindre ».

III. — LE CADRAN SOLAIRE

@

Le *Tcheou-pei*, qui parle beaucoup du gnomon, ne fait aucune mention du cadran solaire. Cet instrument existait cependant dès le temps des Han au moins, car un exemplaire en jade de cette époque a été trouvé à Kouei-houa dans le Nord du Tche-li à la fin du XIX^{e} siècle ; acquis par le vice-roi Touan-fang, il a été décrit parmi les objets en pierre de sa collection ; je ne sais pas où il se trouve maintenant.

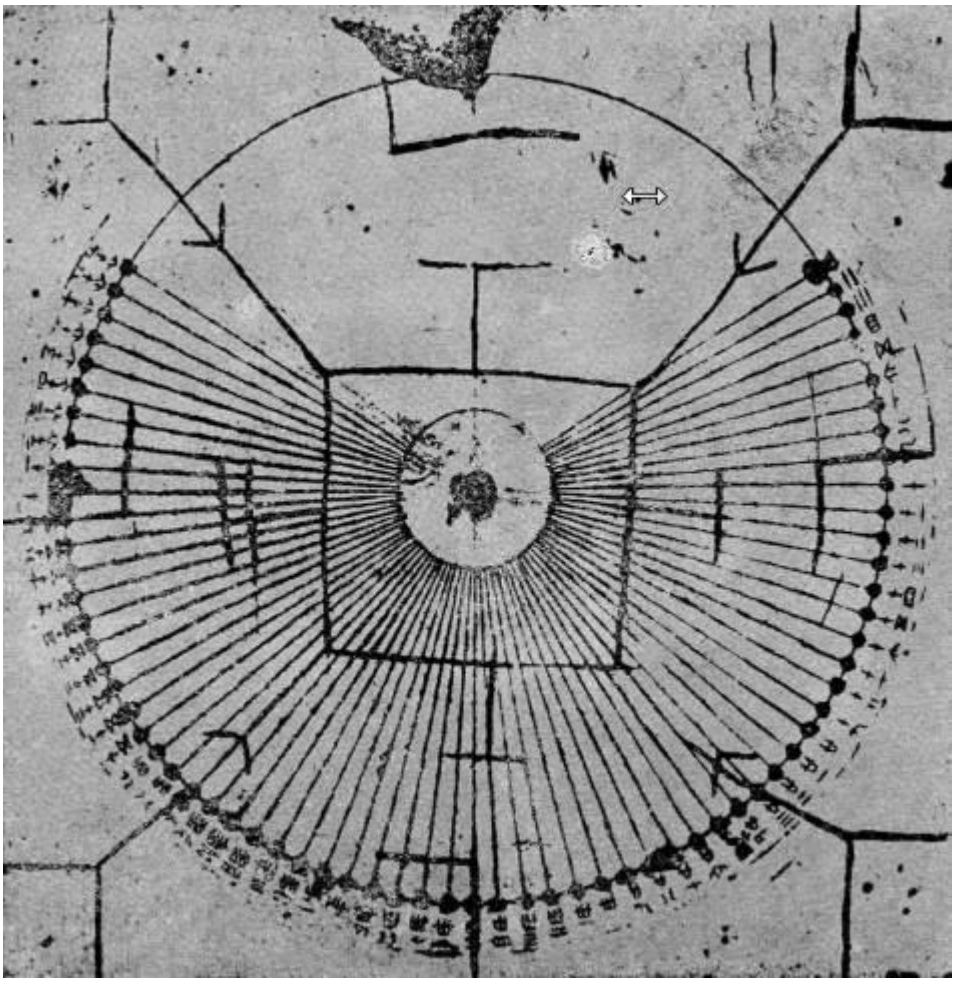


Fig. 6. — Cadran solaire des Han (collection Touan-fang).

C'est une table de jade presque carrée [1], ayant 9 pouces (288 mm)

[1] Les mesures exprimées en pouces sont celles que donne le *T'ao-tchai ts'ang-che ki*, k. 1, 3b, en tête de la description détaillée, sauf celles du trou du style, qui sont données seulement au cours de la description (5a) ; pour les correspondances en centimètres et

sur 8,8 pouces (282 mm) ; au milieu un trou primitivement arrondi, mais aux bords cassés, d'un demi-pouce (16 mm) de profondeur et de trois dixièmes de pouce (9,6 mm) de diamètre servant à planter le style, marque le centre d'une circonférence gravée au trait ayant 7,95 pouces (243 mm) de diamètre qui était $_{pc.282}$ proprement le cadran. Sur la moitié inférieure de cette circonférence, dépassant un peu le milieu à droite et à gauche, mais laissant vide le tiers supérieur, sont creusés côte à côte 69 petits trous ayant chacun 4 mm de diamètre, dont les bords extérieurs sont à une distance de 3 ½ mm, en sorte que les centres sont distants de 7 ½ mm environ. Chaque trou est numéroté extérieurement de 1 à 69, et intérieurement est joint au centre par une ligne droite. Tout ceci est gravé soigneusement en traits fins et sans bavure ; au contraire, des carrés irréguliers aux quatre angles de la table, un autre carré au milieu, dans lequel est compris le trou central, des lignes joignant chacun des angles du carré central au plus proche des angles d'un des carrés extérieurs, des équerres portées perpendiculairement au milieu des côtés du carré central, sont gravés de façon très grossière et très irrégulière, et doivent avoir été ajoutés après coup, probablement pour servir à orienter et diriger les artisans qui ont scellé le cadran à sa place définitive.

On remarquera que ces mesures, transformées en pieds des Han de 24 cm, s'expriment toutes en chiffres exacts [1] : le diamètre du cadran est de 243 mm soit 1 pied des Han, ce qui donne, en comptant à la chinoise, 3 pieds de tour à la circonférence ; comme chacune des divisions a 7,6 mm, soit 3 *fen* ou dixièmes de pouce des Han (2,5 x 3 = 7,5), on voit que si la division de la circonférence était continuée sur toute la longueur au lieu d'être interrompue sur un tiers de la longueur environ, il y aurait en tout 100 divisions de 3 *fen*. Comme le fait remarquer T'ang Kin-tchou, la division en 100 parties du cadran ne peut s'appliquer qu'à la mesure en 100 *k'o* du jour, et les 68 divisions (il y a 69 lignes et trous marquant les

millimètres, je compte 1 pied = 0,32 m. Les mesures exprimées seulement en millimètres ont été obtenues par mesurage sur la reproduction en demi-grandeur de l'estampage qui accompagne la description (3b).

[1] Ou à peu près : il ne faut pas demander trop de précision aux mesures de cette époque, cf. ci-dessus, p. 36.

limites de 68 divisions) ne peuvent représenter que le nombre de quarts d'heure du jour le plus long, bien qu'aucune théorie chinoise connue ne compte plus de 65 quarts d'heure, y compris les deux crépuscules qui ont chacun deux pc.283 quarts d'heure et demi. T'ang Kin-tchou dans la notice qu'il a écrite pour cet objet explique ce chiffre élevé par la latitude de Kouei-houa ; mais les Chinois n'ont remarqué que tardivement les différences de longueur du jour suivant la latitude. La cause de cette anomalie est, je crois, toute différente.

Les divisions du début et de la fin ne marquent pas seulement l'intervalle de temps qui s'écoule entre le début ou la fin du jour et l'heure de midi, elles indiquent aussi les positions du Soleil sur l'horizon à son lever et à son coucher, et le segment de la circonférence de l'horizon qui sépare ces positions de la projection sur l'horizon de celle du Soleil à midi, en un mot l'azimut du Soleil à son lever et à son coucher. Or pour 34° de latitude, le Soleil au solstice d'été se lève à 118°8 azimut est et se couche à 118°8 azimut ouest, c'est-à-dire 28°8 au nord des points Est et Ouest. Les Chinois de l'époque des Han connaissaient fort bien ces positions, car 118°8 — 90° = 28°8 est exactement le chiffre que donnent les 12 déplacements printaniers de la tige horaire du règlement de Ho Jong en 102 p. C. [1] : 12 x 2,4 = 28,8 ; ce chiffre, qui donne un quart d'heure de trop par jour (118,8x2/3,6 = 66 quarts d'heure, alors que la journée la plus longue a 65 quarts d'heure, crépuscules compris), est probablement dû au remplacement du demi-quart d'heure de chaque crépuscule par un quart d'heure entier. En mesurant le cadran de la collection Touan-fang, on trouve que les positions du lever et du coucher du Soleil sont à 122°4 du point de midi, c'est-à-dire exactement à une division de 3°6 de plus que la position théorique (et réelle) de 118°8 [2]. L'adoption du chiffre de 118°8 qui donnait 66 divisions en tout au lieu de 65 avait l'avantage de placer midi sur un des petits cercles marquant sur le

[1] Voir ci-dessus.

[2] Je compte en degrés européens. : pour 28°8, la différence entre les degrés chinois (qui valent 0° 59' 8", la circonférence étant divisée en 365^{d}) et les nôtres n'atteint pas ½^{d} et est négligeable.

cadran le début de chaque division, et non au milieu d'une division. Mais je ne vois pas l'origine des deux autres divisions pc.284 supplémentaires. Au reste, il y a quelque chose de radicalement faux dans cette disposition, dû à ce qu'elle essaie de concilier deux choses différentes : des indications de temps, où les divisions marquent des quarts d'heure comptés du crépuscule du matin jusqu'à celui du soir, donc depuis avant le lever jusqu'après le coucher du Soleil ; et des indications d'azimut du Soleil qui naturellement ne sont possibles qu'à partir du lever du Soleil et jusqu'à son coucher, mais ni avant ni après.

Ce cadran n'était certainement pas placé verticalement, car la numérotation des divisions s'y dirige de droite à gauche (direction prise en supposant le spectateur placé devant la partie inscrite du cadran). L'ombre du style étant naturellement toujours en opposition avec le Soleil, le matin (qui correspond aux premières divisions), temps où le Soleil est à l'Est, est nécessairement à l'Ouest, et réciproquement le soir (dernières divisions) à l'Est. Si le cadran est posé verticalement, le spectateur devra donc avoir en face de lui à sa gauche l'Est (où sont les premières divisions) et l'Ouest à sa droite, c'est-à-dire que le spectateur sera placé face au Sud, et le cadran face au Nord. Cette disposition est tout à fait invraisemblable, car entre 30° et 40° latitude Nord, un cadran septentrional n'est utilisable que quelques heures par jour en été, matin et soir, et est à l'ombre la journée entière tout le reste de l'année, et même en été presque toute la journée. Comme d'autre part les Chinois n'ont connu le cadran décliné qu'à la fin des Ming par les jésuites, le cadran, du moment qu'il n'était pas vertical, était certainement horizontal. Dans cette position, il sera en effet exposé au Soleil toute la journée en toute saison, et il suffira d'avoir soin de mettre la partie non divisée au Sud pour qu'il soit bien orienté, les premières divisions (répondant au matin) à l'Ouest à l'opposé du Soleil, et les dernières divisions à l'Est.

Un cadran solaire nous apparaît essentiellement comme un instrument destiné à fournir l'heure d'après le Soleil, mais on pc.285 peut se demander si tel était bien l'usage de ce singulier cadran. Certes il n'est pas absolument impossible de lire l'heure sur un cadran horizontal

non décliné, bien que ce soit difficile parce que dans les cadrans de cette sorte, c'est seulement l'extrémité de l'ombre qui marque l'heure et non l'ombre entière ; en théorie, on pourra lire l'heure, en notant attentivement le croisement de l'extrémité de l'ombre avec les lignes limitant les divisions horaires. Mais il suffit de faire attention aux dimensions du cadran pour voir l'impossibilité matérielle d'employer ce procédé. Le style n'a pas été conservé, mais nous savons qu'il avait 12 mm de diamètre, puisque tel est le diamètre du trou où on l'enfonçait : même quand l'ombre était la plus grande et que son extrémité atteignait la circonférence du cadran, où l'intervalle des divisions est le plus large, ce diamètre était plus large qu'une division d'un quart d'heure ; celles-ci n'ont que 7 ½ mm de large ; ainsi à ce moment l'extrémité de l'ombre couvrait au moins une division et demie. Et cette condition la plus favorable ne durait que quelques instants au lever et au coucher du Soleil ; à ces moments la diminution et l'allongement de l'ombre sont très rapides ; environ une heure après ou avant le lever ou le coucher du Soleil, elle a parcouru à peu près la moitié du chemin qu'elle parcourt dans la matinée ou l'après-midi ; et comme son chemin la rapproche de plus en plus du centre du cercle, et que la largeur des divisions horaires diminue en se rapprochant de ce centre, elle couvre dès ce moment au moins deux à trois divisions à la fois, et plus encore à midi, si bien qu'il est absolument impossible de lire l'heure.

C'est probablement le sentiment de cet obstacle qui a fait supposer ingénieusement à T'ang Kin-tchou, l'auteur d'une des notices contenues dans le *T'ao-tchai ts'ang-che ki*, qu'on se servait de deux styles comme dans nos cadrans analemmatiques, mais de façon différente : le trou central aurait eu un style fixe, tandis que les petits trous placés sur la circonférence auraient servi à loger un style mobile : pour savoir l'heure, on déplaçait ce style pc.286 de division en division jusqu'à ce qu'on arrivât à celle où son ombre était parallèle à celle du style fixe ; son numéro fournissait l'heure cherchée. Dans cette hypothèse, le cadran aurait été placé non pas face au Nord de façon à indiquer l'ombre par opposition au Soleil, mais face au Sud ; le style central, ne

donnant qu'une direction, son ombre se perdait dans l'espace sans graduation ; c'est le style périphérique qui indiquait l'heure, non par son ombre, mais par son pied, l'ombre fournissant son indication non pas directement en désignant une division horaire par son extrémité, mais indirectement par son parallélisme avec l'ombre du style central.

Cette hypothèse est extrêmement ingénieuse. Seulement l'heure ainsi lue sera des plus inexactes. La division en parties égales de l'arc diurne du Soleil donne des temps égaux projetée sur l'équateur, mais projetée sur l'horizon, les arcs égaux répondent à des temps inégaux.

Au reste, il suffit d'examiner la graduation pour reconnaître que ce cadran solaire n'a jamais été destiné à lire l'heure. La graduation est établie pour le jour le plus long de l'année : pour ce jour-là, le cadran fournirait l'heure, bonne ou mauvaise, immédiatement ; pour tout autre jour, il ne la donnerait qu'après une opération préalable. Il faudrait d'abord savoir à quelle division le Soleil s'est levé, afin d'en retrancher le chiffre de celui de la division où on lit l'heure. Ce n'est certes pas une soustraction bien compliquée ; mais pour savoir dans quelle période de 9 jours on se trouvait un jour donné et connaître ainsi la longueur officielle du jour, il aurait fallu recourir à un calendrier, car ces périodes de 9 jours ne répondaient à aucune division courante de l'année. À quoi aurait servi, même s'il avait donné l'heure juste, un cadran gradué de telle sorte qu'on ne pouvait y lire l'heure qu'à condition d'avoir un almanach à la main pour l'interpréter ? Mais cette heure aurait été fausse. En effet, même le jour le plus long, quand le Soleil faisait pointer l'ombre du style sur la 1^{e} division (ou plutôt sur la 2^{e} puisqu'il y a une division de trop), il y avait $_{pc.287}$ déjà 2 ½ quarts d'heure de crépuscule depuis que le jour légal avait commencé ; par conséquent, si quelqu'un avait voulu lire en heure l'indication d'azimut donnée par l'ombre portée sur le cadran au lever du Soleil, n'importe quel jour, il se serait trompé de 35^{m}, erreur supplémentaire régulière s'ajoutant à toutes les autres. Le cadran ne donne l'heure juste qu'à midi ; il est vrai qu'à cette heure, il la donne juste tous les jours de l'année ; mais si telle avait été sa destination, à quoi bon y graver 69 divisions quand une seule aurait suffi ? Il est clair que cet

instrument n'était pas fait pour donner l'heure.

Le rôle du cadran solaire était pour les Chinois tout différent : c'était celui de régulateur de la clepsydre. Et encore n'en réglait-il pas le fonctionnement normal : on ne nous dit jamais qu'on s'assurât, en comparant l'heure du cadran à celle de la clepsydre, de la bonne marche de celle-ci. Il servait à fixer par l'observation de l'ombre le moment du changement de la tige horaire [1] : l'exactitude de l'heure dépendant entièrement de l'exactitude avec laquelle on changeait la tige qui ajoutait ou retranchait un quart d'heure, matin et soir, il était important de ne pas se tromper sur la date de ces changements. Cette date, tout en étant fixée par les ordonnances impériales, était vérifiée au cadran solaire : au fur et à mesure que l'ombre du matin et du soir passait d'une division à une autre, le préposé à la clepsydre changeait la tige horaire. Le cadran de jade de la collection Touan-fang, avec ses divisions égales ayant 3 ½° chacune [2], ne peut naturellement être exact à ce point de vue non plus ; en effet les déplacements en azimut des lieux du lever et du coucher du Soleil ne sont pas réguliers : ils sont plus lents aux solstices et plus rapides aux équinoxes, et ce n'est qu'aux environs de ces dates que le cadran est réellement exact. Mais comme les Chinois de ce temps croyaient à un mouvement régulier du Soleil et réglaient leurs horloges en conséquence, pc.288 ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, l'inexactitude même de ce cadran, conforme aux habitudes de l'époque, est, à mon avis, la preuve que telle en était bien la destination.

Nous pouvons nous rendre compte de l'emploi du cadran solaire en étudiant le tableau où Yuan Tch'ong, à la fin du VI^{e} siècle, a résumé les observations effectuées par lui quand il voulut vérifier la clepsydre par le cadran solaire.

> « En 594 il présenta à l'empereur un cadran solaire-clepsydre ; il égalisait les 12 heures au moyen de la longueur des ombres ; il dressait un gnomon, et suivant l'ombre du

[1] Voir ci-dessus.

[2] Puisqu'il y a 100 divisions, chacune d'elles doit avoir 3,6° ; la reproduction est trop petite pour que j'aie pu vérifier à un dixième de degré près ; mais, puisque le cadran a 244° pour 68 divisions, chacune a 3,6°.

Soleil marquait les heures et les quarts d'heure afin de vérifier les graduations de la clepsydre. »

Le résultat de ses observations fut consigné dans un rapport conservé dans le *Souei chou* [1], et qui donne pour les solstices et les équinoxes les rapports entre cadran solaire et clepsydre.

« 1° Solstice d'hiver. Lever du Soleil à l'heure *tch'en* juste.. Coucher à l'heure *chen* juste. Jour 40 *k'o*. Nuit 60 *k'o*.

tseu			2 *k'o*
tch'eou	*hai*	chacun	2 *k'o*
yin	*siu*	chacun	6 *k'o*
mao	*yeou*	chacun	13 *k'o*
tch'en	*chen*	chacun	14 *k'o*
sseu	*wei*	chacun	10 *k'o*
wou			8 *k'o*

Changer la graduation tous les 14 jours.

2° Équinoxes. Lever du Soleil à l'heure *mao* juste. Coucher à l'heure *yeou* juste. Jour 50 *k'o*, Nuit 50 *k'o*.

tseu			4 *k'o*
tch'eou	*hai*	chacun	7 *k'o*
yin	*siu*	chacun	9 *k'o*
mao	*yeou*	chacun	14 *k'o*
tch'en	*chen*	chacun	9 *k'o*
sseu	*wei*	chacun	7 *k'o*
wou			4 *k'o*

pc.289 Changer la graduation tous les 5 jours.

3° Solstice d'été. Lever du Soleil à l'heure *yin* juste. Coucher du Soleil à l'heure *siu* juste. Jour 60 *k'o*. Nuit 40 *k'o*.

tseu			8 *k'o*
tch'eou	*hai*	chacun	10 *k'o*
yin	*siu*	chacun	14 *k'o*
mao	*yeou*	chacun	13 *k'o*
tch'en	*chen*	chacun	6 *k'o*
sseu	*wei*	chacun	2 *k'o*
wou			2 *k'o*

Changer la graduation en enlevant ou ajoutant 1 *k'o* tous les 19 jours ».

Que représente ce tableau ? les signes cycliques servent à désigner toutes les divisions duodécimales employées par les astronomes : division de l'équateur et de l'écliptique analogue à un signe du zodiaque, division azimutale de l'horizon, division du jour en heures doubles, etc. On s'attendrait à ce qu'ils fussent ici les heures doubles,

[1] *Souei chou*, k. 19, 12a-b.

puisqu'il s'agit de régler la clepsydre ; mais les heures doubles chinoises sont égales, et on trouve dans ce tableau des différences de temps considérables, les divisions les plus courtes étant de deux quarts d'heure et les plus longues de quatorze quarts d'heure. Ce n'est donc pas sur l'équateur que les divisions sont prises ; et en effet le gnomon vertical dressé sur un cadran horizontal ne peut les rapporter qu'à l'horizon. Yuan Tch'ong a relevé les déplacements de l'ombre correspondant à ceux du Soleil en azimut dans la journée, et son relevé est tout à fait correct, comme on peut s'en assurer en comparant ses données avec celles que fournit le calcul des azimuts du Soleil aux dates indiquées. Le tableau ci-dessous [1] donne les heures de l'après-midi le jour de l'équinoxe de printemps et le jour du solstice d'été de la 14^{e} année *k'ai-houang* (18 mars et 19 juin 584). pc.290

Positions et heures calculées			Positions et heures données par Yuan Tch'ong		
Étendue de chaque division azimutale[2]	Heure au début de chaque division azimutale	Durée de chaque division azimutale	Durée de de chaque div. azimutale en temps chinois	Durée de de chaque div. azimutale en temps europ.	Nom de chaque division azimutale
Équinoxe de printemps (le Soleil se couche à 18h)					
0° — 15°	midi	41m	2 *k'o*	28m 48s	½ *wou* (2e m.)
15° — 45°	12h 41	1h 19m	7 *k'o*	1h 40m 48s	*wei*
45° — 75°	14h 10	2h 10m	9 *k'o*	2h 9m 36s	*chen*
75° — 90°	16h 20	1h 40m	7 *k'o*	1h 40m 48s	½ *yeou* (1e m.)
Solstice d'été (le Soleil se couche à 19h 15m)					
0° — 15°	midi	14m	1 *k'o*	14m 24s	½ *wou*
15° — 45°	12h 14	36m	2 *k'o*	28m 48s	*wei*
45° — 75°	12h 50	1h 10m	6 *k'o*	1h 16m 24s	*chen*
75° — 105°	14h	3h 10m	13 *k'o*	3h 7m 12s	*yeou*
105° — 120°	17h 10	2h 5m	7 *k'o*	1h 40m 48s	½ *sin*

[1] Le calcul est fait pour 35° lat. N.

[2] Chaque division azimutale de 30°, étant la douzième partie de la circonférence de l'horizon est désignée par un des douze signes cycliques des Chinois (*tseu,... wou, wei*, etc.) ; la désignation des 12 points de l'horizon est en effet la valeur première de ces signes. Mais on les a ultérieurement transportés sur l'équateur, et on s'en sert pour désigner les douze heures. Les 12 signes de l'horizon avaient été placés de façon à marquer la direction par leur milieu et non par leur début : c'est ainsi le milieu de signes *tseu, mao, wou, yeou* qui marque le Nord, l'Est, le Sud et l'Ouest. On conserva cette disposition en les transférant sur l'équateur de façon que le milieu du signe *wou* de l'équateur fût en même temps le milieu du signe *wou* de l'horizon, exactement comme, pour nous, le méridien du lieu se confond avec le premier vertical de ce lieu. Dans ces conditions, quand les signes sont pris pour l'heure, c'est leur milieu et non leur début qui marque l'heure juste. Il en résulte que, bien que le jour commence pour les Chinois à minuit, la série des 12 heures chinoises a son origine à 11^{h} du soir et non à minuit, et par suite l'heure *wou* et l'heure *yeou* se trouvent coupées en deux moitiés, dont une seulement entre dans le tableau : c'est ce que signifient à la dernière colonne à droite les indications ½ *wou* (2^{e} moitié), ½ *yeou* (1^{e} moitié) ; pour avoir les chiffres de Yuan Tch'ong il faut doubler ceux qui sont attribués à ces divisions dans le tableau.

pc.291 On voit que Yuan Tch'ong avait effectué ses observations avec beaucoup d'exactitude : son tableau est correct, dans la mesure où son compte par *k'o* entiers sans fraction lui permettait de l'être.

L'opération elle-même n'est pas décrite, mais il est facile de la reconstituer. Après avoir dressé un gnomon de huit pieds, et s'être assuré de sa verticalité et de l'horizontalité du terrain, Yuan Tch'ong a tracé au nord du gnomon un cercle ayant le pied du gnomon pour centre ; il a ensuite divisé ce cercle en douze secteurs égaux de façon à reporter sur la circonférence symétriquement et en sens inverse les signes *wou, wei, chen, yeou* de la partie sud de l'horizon, au-dessus desquels le Soleil se déplaçait. Il n'avait plus qu'à suivre les déplacements de l'extrémité de l'ombre du gnomon dans la moitié nord du cercle, en notant à l'aide de l'horloge hydraulique le nombre de quarts d'heure que cette extrémité de l'ombre mettait à parcourir chaque secteur. Comme les Chinois, avec l'emploi de deux clepsydres, une de jour et une de nuit, changeant au lever et au coucher du Soleil, faisaient marquer à leur horloge le temps vrai et non le temps moyen, il était en effet possible de vérifier de cette façon l'horloge par le Soleil. Mais seulement aux trois moments de la journée où l'équateur et l'écliptique étant dans une relation simple avec l'horizon, la concordance des signes azimutaux et des signes horaires est claire, et l'heure s'inscrit d'elle-même sur l'horizon ; le lever et le coucher, où le Soleil coupe la ligne d'horizon, marquant à la fois un signe azimutal et un signe horaire ; et midi, qui ne s'inscrit pas directement sur l'horizon, mais dont la projection est tracée d'avance, puisque le méridien et le premier vertical coïncident. Aux heures intermédiaires, le rapport des signes azimutaux et des signes horaires de même nom était trop peu net pour que Yuan Tch'ong pût faire autre chose que de relever le nombre de quarts d'heure que le Soleil met à parcourir chaque signe azimutal à chaque saison. La vérification de l'horloge par le Soleil n'était donc pas destinée à reconnaître si le mécanisme pc.292 en marchait régulièrement, mais seulement si le règlement administratif des changements de tige horaire était correct.

L'opération exécutée par Yuan Tch'ong permet de comprendre

comment quelques siècles auparavant, en 102 p. C., Ho Jong avait pu essayer de corriger les erreurs de l'horloge des Han, et rectifié en partie les heures des levers et couchers du Soleil. Lui aussi avait relevé sur l'horizon les positions du Soleil à son lever et à son coucher, aux solstices et aux équinoxes. Le lever du Soleil aux deux solstices par 34° N., atteint 118° 47' azimut est en été et 61° 13' en hiver [1]. Ho Jong partant du chiffre officiel de l'obliquité de l'écliptique 24^d, ou plutôt du chiffre légal du déplacement du Soleil pour chaque changement de tige horaire 2^d 4, a pris en azimut ce déplacement en déclinaison, et a compté sur l'horizon des intervalles de 2^d 4/10 au N. et au S. du point E. : douze de ces intervalles font 28^d 8/10 qui équivalent à 24° 18' de déclinaison. Il ne le dit pas dans son mémoire, du moins dans ce qui en est conservé ; mais c'est le seul moyen de trouver les 48 changements de tige horaire par 2^d 4/10, car si on les prend en déclinaison (ou, ce qui revient au même, en distance polaire, à la manière chinoise), on n'aura, comme dans le règlement de l'empereur Siuan, que vingt changements. C'est donc bien sur l'horizon que Ho Jong, comme Yuan Tch'ong, a voulu vérifier les positions du Soleil : en allongeant par cet artifice la portion du cercle à diviser en petites sections de 2^d 4 et en accroissant par conséquent le nombre de ces sections, il diminuait pour chacune d'elles l'erreur due à la croyance au mouvement uniforme du Soleil en déclinaison, sans pouvoir naturellement la supprimer entièrement.

C'est à cette opération que devait servir le cadran de jade découvert à Kouei-houa : sa graduation, de 68 divisions de 3^d 6 met le lever du Soleil au solstice d'été à 122^d 4, soit en degrés européens 120° 6, ce qui, à la taille de l'instrument, se confond presque avec les 118° 8 théoriques : chaque division du cadran pc.293 représentant un quart d'heure ayant une étendue de trois dixièmes de pouce (9,6 mm), pour 3^d 6 (3° 25), la différence de 1° 8 fait un peu moins de 5 mm. Ce n'était pas un instrument destiné à donner l'heure, mais simplement à régler l'horloge hydraulique en permettant de vérifier les dates des changements de tige horaire.

[1] *Calendrier-annuaire de Zi-ka-wei*, année 1919, Appendice, p. 22.

IV. — LE TUBE DE VISÉE
wang-tong, yu-heng

@

Le tube de visée est mentionné par les auteurs du II^e^ siècle de notre ère qui ont cru le trouver désigné dans le *Yao-tien* par l'expression « Traverse de jade » *yu-heng* [1] ; c'est à cette erreur d'interprétation, qui ennoblissait à leurs yeux cet instrument, que nous devons la plus détaillée et la plus précise des descriptions que nous en avons.

> « On prend un bambou long de 8 pieds dont le creux a 1 pouce de diamètre... » [2]
>
> « La Traverse de jade, *yu-heng*, est longue de 8 pieds ; son creux a une ouverture de 1 pouce de diamètre ; on regarde par l'ouverture inférieure pour observer les planètes et les mansions [3] ».
>
> « On fait un tube en jade de bonne qualité [4] : quand il y a (quelque chose de) brillant (qu'on voit) dedans, (le tube) en prend la lumière et (ainsi) aide à l'observation de ce qui est très éloigné [5] ».

pc.294 Dès l'époque des Han Antérieurs « observer le ciel avec un tube », *yi kouan kouei t'ien*, était une expression passée en proverbe [6]. Les dimensions paraissent en avoir varié suivant les temps : au XI^e^

---

[1] La « traverse de jade » du *Yao-tien* n'était certainement pas un instrument astronomique : c'est probablement le Timon de la Grande Ourse qui est désigné ainsi.

[2] *Tcheou-pei souan-king*, k, 1, 23b-24a.

[3] Ts'ai Yong, [*T'ien-wen tche*], ap. K'ong Ying-ta, *Chang-chou tcheng-yi* (éd. *Che-san-king tchou-chou*), k. 3, 13a. — Ts'ai Yong, ou plus probablement K'ong Ying-ta, qui le cite de seconde main, mêle dans ce passage le tube de visée, instrument particulier, et son emploi dans la sphère armillaire (voir ci-dessous). Le passage ci-dessus s'applique à l'instrument isolé, puisqu'il a 8 pieds de long et que la sphère armillaire avait 5 pieds de diamètre seulement ; mais la phrase qui suit (et que je ne cite pas ici) se rapporte à son emploi dans la sphère.

[4] Le jade n'est là que par souvenir du *Yao-tien*. On n'a certainement jamais fait de tube de visée en jade, ne fût-ce qu'en raison des dimensions de l'instrument : les 8 pieds que lui attribuent le *Tcheou pei* et Ts'ai Yong font, pour l'époque des Han, environ 1,75 m.

[5] *Fong-t'ou ki*, ap. *Pei-t'ang chou-tch'ao*, k. 130, 11b ; *T'ai-p'ing yu-lan*, k. 2, 5b.

[6] *Ts'ien-han chou*, k. 65, 8a.

siècle, on lui donnait couramment 6 pieds de long [1].

En dehors des astronomes, le tube de visée était employé par les architectes pour orienter les bâtiments officiels. Aussi en trouve-t-on une bonne description avec une figure (c'est celle qui est reproduite ci-dessous) dans le seul ouvrage d'architecture ancien qui nous soit parvenu, le *Ying-tsao fa-che* du XII[e] siècle [2],

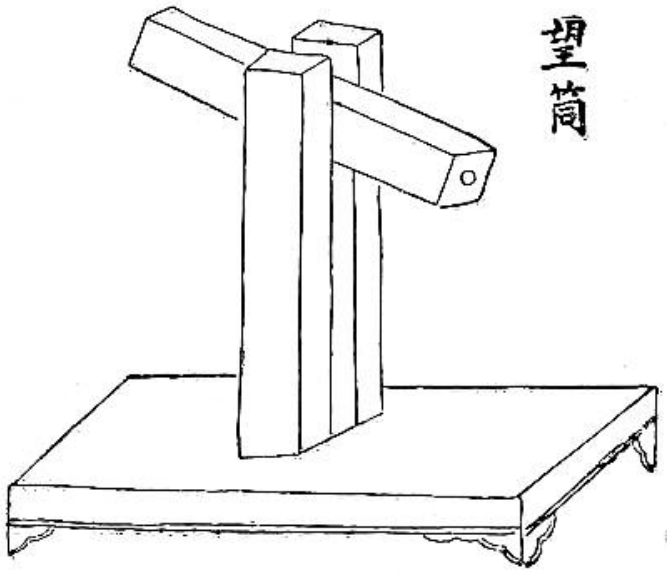


Fig. 7. — Tube de visée d'architecte (époque des Song).

> « Le tube de visée, *wang-tong*, a 1 pied, 8 pouces de long et 3 pouces (de large). [Note : on le fabrique de planches jointes] ; aux deux (plaques de) fermeture, *yen-t'eou*, on ouvre un « œil » circulaire de 5/10 de pouce de diamètre [3]. Le corps du tube est mis entre deux cloisons, et à l'aide d'un axe on le pose à l'intérieur des deux joues ; de l'axe où il est posé jusqu'à terre, il y a une hauteur de 3 pieds, une largeur de 3 pouces, une épaisseur de 2 pouces.

pc.295 En tant qu'instrument astronomique, le tube de visée resta en

---

[1] *Leao che*, k. 44, 38b.

[2] *Ying-tsao fa-che*, Introduction, *K'an-siang*, 4b. — Sur cet ouvrage, son origine et sa date, voir Demiéville, BEFEO, t. XXV (1025), 227-232.

[3] Pour éviter la peine de forer une pièce de bois de 18 pouces de long, travail, délicat et difficile, on se contente d'assembler quatre planches de façon à faire un conduit long de 18 pouces et large de 3 pouces ; puis on bouche les deux extrémités du conduit avec deux plaques de fermeture, *yen-t'eou*, percées chacune en son milieu d'un trou

usage jusqu'à l'époque où les jésuites introduisirent le télescope, qui fut accepté comme un perfectionnement du tube de visée. Il servait simplement à isoler un champ peu étendu de façon à suivre les déplacements d'une étoile ou d'une planète déterminée. Cet usage apparaît clairement dans le récit fait par Chen Koua de sa découverte de l'étendue exacte des mouvements de l'étoile Polaire [1], quand en *hi-ning* (1068-1078), il reçut l'ordre de chercher l'étoile Polaire avec la sphère armillaire [2].

> « À la première veille, (l'étoile Polaire) était dans le tube de visée, *kouei-kouan* ; au bout de peu de temps elle en sortit ; je sus par là que le (champ du) Tube de visée était trop petit pour contenir le Cercle des déplacements de l'étoile Polaire. De temps en temps je l'observai soigneusement avec le tube de visée : au bout de trois mois, à mesure que l'étoile Polaire se déplaçait, (je pouvais la suivre de façon qu') elle restât constamment visible dans le tube de visée ; après quoi je sus que l'endroit immobile qui est le Pôle du Ciel est à un peu plus de 3^{d} de distance de l'étoile pc.296 Polaire [3]. (Pour vérifier) chaque fois que l'étoile

---

circulaire de cinq dixièmes de pouce de diamètre.

[1] L'étoile Polaire des Chinois est une petite étoile appelée le Pivot du Ciel *T'ien-tchou*, qui est une étoile de la Girafe, qu'on trouve désignée, suivant la nomenclature adoptée, tantôt comme 32 de Hevel (Tsutsihashi, *Catalogue d'étoiles observées à Pékin sous l'empereur K'ien-long*, p. D 56, n° 1632, extr. *Annales de l'Observatoire de Zô-sè*, t. VII, [1911]), tantôt comme *b* 4339 (L. de Saussure, *Les Origines de l'astronomie chinoise*, ap. *T'oung-pao*, XVIII (1921), p. 86-116) ; Nöda Churyö, *An Inquiry concerning the Chou pi suan ching* (*Chuhi no kenkyü*), p. 73, donne comme équivalence Σ 1694 de la Girafe, sans que je sache s'il désigne par là une autre étoile ou si c'est encore un troisième nom emprunté à une troisième nomenclature. — Voir aussi H. Maspero, *L'Astronomie chinoise avant les Han*, ap. *T'oung-pao*, XXVI (1929), p. 324.

[2] Chen Koua, *Mong-ki pi-tan*, k. 7, 8a-b (éd. *Sseu-pou ts'ong-k'an*). Dans mon article *L'Astronomie chinoise avant les Han*, p. 325, j'ai attribué la mesure de la distance entre le Pôle et l'étoile Polaire à Chao Ngo en ajoutant qu'il avait estimé cette mesure à 4 ½^{d}. En réalité Chao Ngo, qui vécut un siècle environ après Chen Koua, fut seulement le premier à tenir compte à la fois de ce fait et de la différence de latitude entre Lo-yang et Hang-tcheou (la capitale des Song de son temps) quand il construisit une sphère armillaire, en 1162 ; avant lui, les constructeurs avaient toujours conservé l'évaluation (fausse) de la hauteur du Pôle à 36^{d}, calculée par Tchang Heng au II^{e} siècle pour Lo-yang, quelque fût l'endroit où ils construisissent leurs instruments. Une discussion tenue à la cour par ordre impérial vers 1150 avait encore conclu au maintien de cette règle, bien qu'elle fût universellement reconnue fausse (*Song che*, k. 48, 7b-8a).

[3] 3^{d} = 2° 57' 24" (je rappelle que le petit ^{d} après un chiffre désigne le degré chinois, valant 0° 59' 8" (européens), le signe ° étant réservé au degré européen ; voir ci-dessus) ; mais « un peu plus de 3° » représente environ 3° européens. La petite étoile Polaire chinoise n'étant pas relevée dans Neugebauer, *Sterntafeln*, je ne sais si

Polaire entrait dans le tube de visée, je fis une carte séparée ; les cartes formèrent un cercle et dessinèrent les endroits où je voyais l'étoile Polaire dans le tube de visée au début, au milieu et à la fin de la nuit ; je fis en tout deux cents et quelques cartes : l'étoile Polaire suivait constamment ce cercle, toutes les nuits, sans aucune différence.

@

l'observation de Chen Koua était juste. Actuellement (1875) ses coordonnées sont (voir Tsutsihashi, *loc. cit*.) : Ascension droite : 180° 80 ; Déclinaison : 84° 08. Elle est donc à 5° 92 du Pôle.

V. — ARMILLES

@

C'est, à ce qu'il semble, vers la fin des Han Occidentaux que fut fabriquée pour la première fois une armille, *yuan-yi* (littéralement : « instrument circulaire »). Au temps des T'ang on en attribuait l'invention à Lo-hia Hong, l'astronome qui dirigea la confection du calendrier de *t'ai-tch'ou* dans le dernier quart du II^e^ siècle a. C. ; mais cette attribution n'est due qu'à une fausse interprétation d'un passage de Yang Hiong dans son Fa-yen [1] : « (le *houen-t'ien*), Lo-hia Hong l'inventa, Sien-yu T'o-jen le mesura et le *tch'ong-tch'eng* Keng (Cheou-tch'ang) le représenta ». Le Commentaire a compris qu'il s'agissait de l'instrument appelé *houen-t'ien-yi* qui est, on le verra plus loin, la sphère armillaire, alors que Yang Hiong parle de la théorie astronomique appelée *houen-t'ien*, d'après laquelle le ciel est une sphère au milieu de laquelle se trouve la Terre [2]. Ce n'est qu'un peu plus tard que cet instrument fait son apparition : en 52 a. C., Keng Cheou-tch'ang présenta à l'empereur un « instrument qui permettait de mesurer les mouvements du Soleil et de la Lune, de vérifier la forme et les mouvements du ciel ; il trouva que le pc.297 Soleil faisait toujours 1^d^ par jour, que la Lune dans les mansions K'ien-nieou et Tong-tsing faisait 15^d^ par jour, tandis que dans les mansions Leou et Kio, elle faisait 13^d^ par jour seulement » [3]. Kia K'ouei, un siècle et demi plus tard, reproche à cet instrument d'avoir montré ce que tout le monde savait déjà, mais de n'avoir rien appris de nouveau, tout y étant rapporté à l'équateur. C'était un cercle de bronze divisé en degrés de deux pouces chacun, ayant 24 pouces et demi (574 mm) de diamètre et 73 pouces et demi (1.789 mm, environ 1,80 m) de circonférence [4]. Il n'est pas dit explicitement que le plan en était parallèle à l'équateur ;

---

[1] *Fa-yen*, section 7.

[2] Sur cette théorie, voir mon *Astronomie chinoise avant les Han*, ap. *Tp.* XXVI (1929), p. 334. La théorie n'est d'ailleurs pas plus de Lo-hia Hong que l'instrument ; elle est plus ancienne que lui, tandis que l'instrument est plus moderne.

[3] *Heou-han chou*, k. 12, 3a.

[4] *Souei chou*, k. 19, 6b.

mais c'était sûrement une armille équatoriale, *tch'e-tao yi* [1], car à la fin du I^er^ siècle de notre ère, sous l'empereur Ho, il n'y en avait pas d'autre à l'observatoire du Grand-Scribe [2].

Vers 84 de notre ère, un certain Fou Ngan, qui n'est pas autrement connu, eut l'idée de donner à un cercle l'inclinaison de l'écliptique, afin d'observer directement sur l'écliptique les mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes qu'on n'observait jusque-là que sur l'équateur. Il fit construire des instruments spéciaux à cet effet, les « armilles écliptiques », *houang-tao yi*, qui consistaient en un cercle gradué en bronze fixé de façon à former un angle de 24^d^ environ avec l'équateur ; la graduation chinoise est, on le sait, de 365^d^ ¼ et commence au solstice d'hiver. Un écrivain et mathématicien alors célèbre et fort bien en cour, Kia K'ouei, présenta l'instrument à l'empereur [3] en 85 : on fit employer cet instrument au bureau du Grand scribe, *che-kouan*, dont dépendaient les services d'astronomie et d'astrologie, pour mesurer le déplacement journalier de la Lune et en vérifier l'étendue en degrés dans chacune des pc.298 mansions, et on constata l'exactitude des observations de Fou Ngan [4]. Mais les astronomes du Bureau du Grand scribe résistaient à cette innovation, et Kia K'ouei s'en plaint et fait remarquer l'insuffisance de l'armille équatoriale de Keng Cheou-tch'ang dans un nouveau mémoire à l'empereur (92), sans succès : ce n'est qu'en 103, deux ans après sa mort, que par ordre impérial une armille écliptique en bronze fut fabriquée pour les services astronomiques du Grand scribe [5]. Telle est l'histoire de l'instrument dont les historiens chinois attribuent l'invention à Kia K'ouei qui n'y a jamais prétendu, et

---

[1] *Souei chou*, k. 19, 7a. — L'armille équinoxiale grecque était, elle aussi, posée de façon que son plan fût parallèle à l'équateur ; mais elle n'avait pas de graduation, et était d'ailleurs destinée à un tout autre usage que l'armille équatoriale chinoise.

[2] *Ibid*.

[3] *Heou-han chou*, k. 12, 2b.

[4] *Heou-han chou*, k. 12, 3a.

[5] Ce sont les astronomes européens qui leur ont appris à tracer les coordonnées écliptiques, *houang-tao king-wei*, au XVII^e^ siècle ; les anciens méridiens et parallèles célestes qu'on appelait simplement *king-wei*, prirent alors le nom de coordonnées équatoriales, *tch'e-tao king-wei* (*Ming che*, k. 25, 2a). Siu Kouang-k'i composa en 1628 un « Tableau des coordonnées écliptiques et équatoriales », *Houang-tch'e eul-tao king-wei-tou lie-piao*, en 2 chapitres, donnant la position des signes, des mansions et des principales constellations, que le *Ming che* k. 25, 2b-9a a résumé.

qui au contraire a livré lui-même le nom du véritable inventeur.

L'intérêt de l'armille écliptique était qu'elle permettait d'observer et de mesurer directement sur l'écliptique les 28 mansions mesurées traditionnellement sur l'équateur, et, en comparant les chiffres obtenus avec ceux des mesures obtenues à l'aide de l'armille équatoriale, d'établir empiriquement les rapports des deux cercles en chaque point ; les Chinois, ne connaissant pas la trigonométrie sphérique, ne pouvaient déterminer ces rapports par le calcul. Ces « degrés de l'écliptique », *houang-tao tou*, ne sont pas les longitudes célestes ; les astronomes chinois n'ont jamais conçu la notion d'un Pôle de l'écliptique avec des coordonnées écliptiques (longitudes et latitudes célestes) jouant autour de lui le rôle des coordonnées équatoriales (cercles d'ascension droite et de déclinaison) autour du Pôle de l'équateur ; ces « degrés de l'écliptique » sont une simple division du cercle écliptique en parties égales. Pratiquement ils correspondent à nos degrés de longitude ; mais on ne prolonge pas cette division sur la sphère entière en longitudes comme on prolonge la division analogue de l'équateur sur la sphère en pc.299 méridiens célestes : ils sont donc conçus exclusivement sur l'écliptique même. Ce que les Chinois appellent « chercher les degrés de l'écliptique » en partant des degrés de l'équateur, revient pratiquement à ce que nous appellerions chercher la longitude des points des cercles d'ascension droite qui ont une latitude 0° ; mais les notions théoriques qui se dissimulent derrière cette opération identique, sont tout à fait différentes [1].

C'est au cours du 1er siècle de notre ère [2] que les Chinois reconnurent que l'arc compris entre deux méridiens célestes successifs, s'il mesurait toujours 1^{d} sur l'équateur (et sur les cercles parallèles à l'équateur, *wei*), avait une longueur variable quand on le mesurait en diverses régions du cercle oblique qu'est l'écliptique. L'invention de

[1] Voir ci-dessous.

[2] Au début du I^{er} siècle a. C., Lieou Hin ne connaissait exactement l'étendue des mansions que sur l'équateur (*Ts'ien-han chou*, k. 21B, 8b-9a). Dans la seconde moitié du II^{e} siècle p. C., Ts'ai Yong en connaît l'étendue aussi bien sur l'écliptique que sur l'équateur (*Heou-han chou*, k. 13, 9a-b).

l'armille écliptique leur donna le moyen de chiffrer ces variations, en ramenant le travail de l'observation, toujours difficile, de points fictifs dans le ciel à celle de points réels gravés sur un instrument. Toutefois l'armille écliptique, sans cercle méridien et par conséquent sans rien qui marquât le Pôle, était d'un usage peu pratique ; et la difficulté de faire correctement le rapport des graduations de l'équateur et de l'écliptique doit avoir été une des causes de l'invention de la sphère armillaire, qui joignait les deux cercles en un seul instrument, quelques années à peine après celle de l'armille écliptique. Les deux inventions se succédèrent si vite que le premier instrument n'eut pas le temps de s'implanter dans l'usage : aux siècles qui suivent les Han, il est souvent question de sphères armillaires, mais jamais d'armilles isolées [1].

pc.300 Il faut descendre jusqu'à l'époque des T'ang pour voir reparaître l'armille écliptique sous le nom d'« instrument des déplacements écliptiques », *houang-tao yeou-yi* [2]. Li Tch'ouen-fong en fit le plan et les dessins, mais sans l'exécuter réellement, à ce qu'il me semble [3]. Leang Ling-tsan reprit son idée et son modèle, et fabriqua un instrument en bois ; celui-ci parut utile et pratique à Yi-hang, lorsque, chargé de réformer le calendrier, il voulut observer les mouvements des astres sur l'écliptique, et il obtint l'autorisation officielle de l'exécuter en bronze, ce qu'il fit avec la collaboration de Leang Ling-tsan de 721 à 725.

> « Quand à l'instrument des déplacements écliptiques, dit-il, dans l'antiquité il y avait un procédé (d'observation de ces déplacements), mais pas d'instrument ; comme il est difficile

---

[1] Les mesures des mansions sur l'écliptique furent prises avec l'aide de l'armille écliptique avant l'invention de la sphère armillaire, car on les trouve mentionnées dans un mémoire de 103 p. C. (*Heou-han chou*, k. 12, 3a) : elles remontent donc au dernier quart du I^er^ siècle de notre ère ; Ts'ai Yong les utilisa au siècle suivant sans aucun changement (*Heou-han chou*, k. 13, 9a-b). Mais le seul procédé d'observation décrit au temps des Han est celui de Tchang Heng, et il emploie la sphère armillaire, non l'armille écliptique (voir ci-dessous).

[2] *Kieou T'ang chou*, k. 35, 2b ; *T'ang houei-yao*, k. 42, 6a-b. Tous deux citent un mémoire de Yi-hang.

[3] Le rapport de Yi-hang sur l'instrument qu'il construisit avec Leang Ling-tsan implique, à mon avis, à la fois l'existence de dessins de Li Tch'ouen-fong et l'inexécution de ces dessins ; c'est certainement à tort que Sou Song, *Sin siang-yi fa-yao*, k. 1, 9a, parle de l'armille écliptique de Li Tch'ouen-fong comme d'un instrument réel.

> d'atteindre à l'aide des instruments ordinaires les mouvements des corps célestes sur l'écliptique, les anciens y ont réfléchi en secret sans pouvoir trouver (cet instrument) ; aujourd'hui Leang Ling-tsan l'a inventé, en sorte que la route du Soleil et les conjonctions de la Lune sont absolument conformes à la réalité... [1]

Leang Ling-tsan avait fait un modèle en bois que Yi-hang, avec son aide, exécuta en bronze. C'était plutôt une sphère armillaire simplifiée et adaptée à un usage particulier, l'observation des mouvements de la Lune, qu'un retour à l'ancienne armille écliptique des Han dont Yi-hang, on vient de le voir, ne soupçonnait pas l'existence ; le nom tient sans doute à ce qu'il n'y avait pas de cercle équatorial. Les constructeurs avaient pris pour modèles d'une part une vieille sphère armillaire en fer construite par un certain Kiai Lan ou Hou Lan au temps pc.301 de l'empereur Ming-yuan (409-423) des Wei Septentrionaux [2], et de l'autre, un instrument imaginé, mais non exécuté, au VII^{e} siècle, par Li Tch'ouen-fong, et décrit par lui dans son *Siang-fa tche*.

La partie essentielle de l'Instrument des déplacements écliptiques [3] était faite de trois cercles engagés les uns dans les autres, cercle écliptique, cercle équatorial, cercle des mouvements de la Lune. Le cercle simple de l'équateur était le plan extérieur ; il avait une circonférence de 14,59 pieds (en mesurant sur le bord extérieur du cercle) avec 8 dixièmes de pouce de large et 3 dixièmes de pouce d'épaisseur ; le diamètre était de 4,90 pieds [4]. Ce cercle portait deux graduations, une en 365^{d}, l'autre en 100 quarts d'heure, ainsi que les noms et les limites des 28 mansions.

---

[1] *Sin T'ang chou*, k. 21, 1 b.

[2] Le *Kieou T'ang chou*, *loc. cit.*, et le *T'ang houei yao*, k. 42, 7a, écrivent *Kiai* ; le *Sin T'ang chou*, k. 31, 1b, écrit *Hou*. Les deux premiers ouvrages doivent avoir raison. *Hou* n'était pas un nom de famille, et *Kiai*, nom assez rare, était le *sing* d'une grande famille du temps des Wei Septentrionaux ; mais le personnage est inconnu par ailleurs : son nom n'apparaît ni dans le *Wei chou* ni dans le *Pei che* ; le premier connaît seulement Kiai Lan-tsi parmi les nombreux membres de la famille de Kiai Chouen aux V^{e} et VI^{e} siècles. Il y a toutefois un Hou Lan mentionné en 415 parmi les officiers de l'entourage du fondateur de la dynastie Song (*Song chou*, k. 47, 3a ; k. 74, 2b).

[3] *Sin T'ang chou*, k. 31, 1 b.

[4] Dans toute cette description, le rapport du diamètre à la longueur de la conférence est de 3,15.

À l'intérieur de ce cercle était posé le cercle simple de l'écliptique, incliné de 24^{d} par rapport à celui de l'équateur ; il portait aussi la graduation en 365^{d} ¼ et les noms et limites des 28 mansions ; il avait 15,41 pieds de circonférence extérieure, 8 dixièmes de pouce de large et 4 dixièmes de pouce d'épaisseur. Enfin, à l'intérieur du cercle écliptique, était posé le cercle simple des mouvements de la Lune, *po-tao yue-houan*, dont la circonférence extérieure était de 15,15 pieds, la largeur de 8 dixièmes de pouce, et l'épaisseur de 3 dixièmes de pouce ; ses angles avec l'équateur et l'écliptique ne sont pas indiqués, ce qui s'explique par le fait qu'ils étaient évidemment variables, la Lune s'écartant plus ou moins de l'écliptique au Nord et au Sud suivant la « route » qu'elle suivait. pc.302 Ces trois cercles étaient encadrés dans les trois cercles fixes formant un bâti extérieur de Kiai Lan que Yi-hang décrit en détail et qu'il devait par conséquent avoir conservés dans son propre instrument, cercle méridien, cercle horizontal et cercle zénithal, qui avaient tous également 17,30 pieds de circonférence extérieure et 14,64 pieds de circonférence intérieure [1] ; de plus ils étaient montés sur l'appareil mobile, *siuan-yi*, de Kiai Lan, fait d'un axe de révolution passant par les pôles, aux extrémités duquel était attaché un cercle qu'il entraînait dans son mouvement, et par le centre duquel passait un Tube de visée : Yi-hang avait apporté quelques modifications à cet appareil que Li Tch'ouen-fong avait placé tel quel dans sa description, mais qui, à la réalisation, s'était trouvé peu pratique ; il n'explique pas clairement en quoi consistait le perfectionnement introduit par lui. Tout l'ensemble reposait sur un piédestal formé de quatre colonnes, ornées de dragons reposant sur un socle à niveau d'eau.

C'est avec cet appareil que Yi-hang vérifia les positions des mansions sur l'écliptique et même sur l'équateur, ainsi que leurs distances polaires ; il examina aussi diverses constellations et vérifia leur position dans les 28 mansions. Son armille écliptique lui rendit donc, en apparence, les mêmes services que l'ancienne armille écliptique aux astronomes des Han ; mais

[1] Le cercle zénithal était un cercle vertical coupant le cercle méridien au zénith et au nadir et le cercle horizontal aux points Est et Ouest. Je ne l'ai pas rencontré ailleurs que dans cet instrument et dans celui de Kiai Lan dont il dérive.

en réalité, comme il avait inventé un procédé de calcul [1] pour trouver les « degrés de l'écliptique », son instrument nouveau, bien moins précis que le calcul, et d'ailleurs insuffisant pour permettre une vérification empirique même approximative de ses calculs [2] ne pouvait guère lui rendre de services réels à ce point de vue.

C'est principalement à l'étude des mouvements de la Lune qu'il pc.303 l'employa : « Yi-hang, observant la course de la Lune et ses passages dans l'écliptique fit 36 cartes, où il étudiait les augmentations et les diminutions des neuf chemins (de la Lune)... » On sait que les astronomes chinois attribuaient en principe au Soleil et à la Lune un mouvement uniforme. Toutefois, dès l'époque des Han Postérieurs, ils avaient reconnu que la marche de la Lune était tantôt plus rapide tantôt plus lente, et, à la fin du II^{e} siècle, Lieou Hong avait dressé une table de ses variations pour les 27 jours de sa révolution sidérale [3]. Pour le Soleil, ils ne s'aperçurent que beaucoup plus tard que son mouvement n'était pas uniforme : on attribue cette découverte à Tchang Tseu-siu, un astronome du VI^{e} siècle, de même que celle de l'inégalité des saisons. Dès le temps des Souei, elle avait pénétré dans les calendriers ; mais au lieu de renoncer au principe même de l'uniformité des mouvements des corps célestes, ils préfèrent le conserver comme une sorte de mouvement moyen, en calculant une équation additive ou soustractive permettant de retrouver le mouvement vrai à chaque moment de l'année ou du mois, ou, si on préfère l'exprimer ainsi, pour chaque position sidérale des astres mobiles. Yi-hang consigna le résultat de ses observations dans des tables, qui précisaient et corrigeaient celles de ses devanciers [4].

@

---

[1] Voir ci-dessous.

[2] Yi-hang se trompait d'environ 1° dans son calcul de la différence maxima entre les « degrés de l'équateur » et les « degrés de l'écliptique » ; son armille n'a pas corrigé l'erreur.

[3] Les mouvements de la Lune étant rapportés aux 28 mansions, c'est la révolution sidérale qui sert de base aux calculs chinois.

[4] Le détail de ces équations et l'explication des procédés de calcul de Yi-hang ont été exposés en détail et fort clairement par le père Gaubil, *Traité de l'Astronomie chinoise*, dans Souciet, *Observations mathématiques, astronomiques*, etc. (1732), t, III, table XXVIII, p. 123-127 (Soleil) et tables XXIX-XXX, p. 128-131 (Lune).

VI. — LA SPHÈRE ARMILLAIRE

@

Une vingtaine d'années après l'adoption officielle de l'armille écliptique, un poète et mathématicien illustre, Tchang Heng, imagina de représenter schématiquement le globe céleste, *houen-t'ien*, tout entier en ajoutant aux deux cercles, équatorial et écliptique, deux autres cercles, l'un passant par les pôles et le zénith et pc.304 marquant le plan méridien, et l'autre horizontal ; et de plus, il essaya de lui donner par la force hydraulique le mouvement de la révolution diurne : la sphère armillaire, *houen-t'ien yi*, était créée [1]. À la chute de la dynastie Han, les instruments fabriqués par Tchang Heng subsistèrent à Lo-yang et continuèrent d'être employés par les astronomes pendant un siècle et demi. Quand Lo-yang fut pillé en 314 par Lieou Yao de la dynastie Ts'ien Tchao, les instruments astronomiques furent emportés dans le butin, ils passèrent ainsi de main en main et finirent par arriver à Tch'ang-ngan avec d'autres analogues que les Ts'ien-Tchao avaient fait faire à leur imitation. C'est là que les trouva Lieou Yu, un général de Tsin qui allait quelques années plus tard déposer l'empereur et fonder la dynastie Song. En 418, il occupa temporairement Tch'ang-ngan au cours d'une campagne contre les Ts'in, et fit expédier à la capitale les objets précieux parmi lesquels

> « il prit la sphère armillaire et la tablette de mesures faites par Tchang Heng et les présenta à l'empereur ; (ces objets) furent versés au Trésor impérial, *t'ien-fou* [2].

Si Lieou Yu avait ainsi rapporté les anciens instruments astronomiques des États du Nord de la Chine, ce n'était pas que les empereurs du bassin du Yang-tseu n'en eussent pas de similaires. Dès le temps des Trois Royaumes, un astronome de Wou, Wang Fang, reçut l'ordre de fabriquer une sphère armillaire. Il n'avait pas vu celle de Tchang Heng, restée à Lo-yang comme je viens de le dire, et ne la connaissait que par les récits de

---

[1] *Souei chou*, k. 19, 7a.

[2] *Yi-hi k'i-kiu tchou*, ap. *T'ai-p'ing yu-lan*, k. 2, 5a. Il dut prendre aussi à Tch'ang-ngan les instruments astronomiques des Ts'ien-tchao : une sphère armillaire de 323 se trouvait au Palais à l'époque des Leang, cf. ci-dessous.

celui-ci. Il jugea d'après eux que sa taille et son poids devaient la rendre peu maniable, et il fit la sienne plus petite, en réduisant à trois dixièmes de pouce l'étendue du degré céleste que Tchang Heng avait faite de quatre dixièmes de pouce. Pour le reste son appareil paraît avoir été exactement pareil à celui de son devancier : pc.305 il avait même adopté la même hauteur du Pôle au-dessus de l'horizon qu'il évaluait à 36[d], malgré la différence de latitude entre Nankin, où les Wou avaient leur capitale et où il travaillait, et Lo-yang, la capitale des Han où Tchang Heng avait travaillé, et bien que ce chiffre, déjà trop élevé pour Lo-yang (34° lat.), le fût bien davantage encore pour Nankin (30°37').

Je ne veux pas suivre dans le détail l'histoire de la sphère armillaire chinoise : cela m'entraînerait beaucoup trop loin. Je n'en dirai que ce qui est nécessaire pour permettre de comprendre ce qu'était l'instrument des Han et comment il fonctionnait. Tchang Heng avait consacré un livre à son invention ; mais il est perdu. Wang Fan a eu plus de chance, et la description qu'il avait faite de son appareil est au moins en partie conservée. D'autre part, nous avons une description complète d'un instrument fabriqué en 323 sous les Tchao Antérieurs, et d'un instrument fabriqué par Li Tch'ouen-fong au VII[e] siècle sous les T'ang. Mais ces descriptions, un peu brèves, ne sont pas faciles à suivre.

Comme précédemment à propos de l'horloge hydraulique, c'est à une description relativement moderne de la sphère armillaire assez précise pour faire comprendre exactement la composition et le fonctionnement de l'appareil, que je demanderai les éléments de l'explication des instruments anciens : c'est celle que construisit en 1087 Sou Song, et qu'il a décrite en détail avec des dessins non seulement de l'instrument entier, mais encore de chaque partie séparée. Ce qui suit est la traduction abrégée du premier chapitre du *Sin yi-siang fa-yao* de Sou Song, avec les dessins accompagnant le texte [1]. J'ai traduit tout ce qui se rapporte à l'instrument et à son fonctionnement, en abrégeant ou supprimant certaines répétitions, et en laissant de côté l'historique de

[1] Édition du *Cheou-chan-ko ts'ong-chou*. — Sou Song, né en 1020, docteur en 1042, mourut en 1101 (*Song che*, k. 340, 9a-13a).

chaque pièce, historique souvent long qui ne consiste guère que dans l'énumération des noms donnés par les constructeurs successifs. De plus, comme mon but est surtout pc.306 de rendre la description facile à comprendre et non, comme Sou Song, de donner des directions pour la construction d'appareils similaires, je n'ai pas conservé l'ordre original, et j'ai placé à côté les unes des autres les descriptions de tous les éléments isolés appartenant au même ensemble [1].

I. — Description générale de la sphère armillaire *houen-yi* [2].

« La sphère armillaire, *houen-yi*, se compose de trois séries de cercles.

1° Le premier, appelé Instrument des six points cardinaux [3], *Lieou-ho yi*, est posé verticalement au milieu (du cercle) de l'horizon, *ti-houen* : c'est le méridien céleste, *t'ien-king*. Il est attaché au cercle de la surface terrestre, et ne bouge pas.

2° Le deuxième, appelé Instrument des trois ordonnateurs du temps [4], *San-tch'en yi*, est posé à l'intérieur du cercle des six points cardinaux.

3° Le troisième, appelé Instrument des déplacements dans les Quatre directions, *Sseu-yeou yi*, est posé à l'intérieur de l'Instrument des trois ordonnateurs du temps. pc.307

---

[1] L'ordre adopté par Sou Song est en lui-même parfaitement cohérent. Il commence par une description d'ensemble de l'instrument, puis passe à celle des parties complexes formant en quelque sorte des instruments particuliers dans le tout, et termine par la description détaillée des pièces particulières appartenant à chacune de ces parties complexes. C'était le meilleur plan au point de vue du constructeur, puisqu'il donne séparément les pièces isolées et leur assemblage. Pour la description, il a le double inconvénient de revenir sur les mêmes pièces trois fois en trois endroits différents, description générale, description partielle, description des pièces isolées, et de forcer le lecteur à revenir en arrière à tout instant pour replacer chaque pièce isolée dans l'ensemble auquel elle appartient.

[2] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 6b.

[3] Les Six points cardinaux, *Lieou-ho*, sont nos quatre points cardinaux, plus le zénith et le nadir : c'est pourquoi on donne ce nom à l'instrument constitué par la réunion du cercle d'horizon (sur lequel sont les quatre points cardinaux) et du cercle méridien (sur lequel sont le zénith et le nadir).

[4] Les Trois Ordonnateurs du Temps, *san-tch'en*, sont le Soleil, la Lune et les constellations : c'est pourquoi on donne ce nom à l'instrument constitué par la réunion de l'équateur, de l'écliptique et du cercle du Mouvement Circulaire Céleste ; mais le nom s'applique moins bien que dans les appareils des T'ang (voir ci-dessous).

Le premier doit son nom à ce qu'il figure le haut, le bas et les quatre directions, (c'est-à-dire) le corps du ciel et de la Terre.

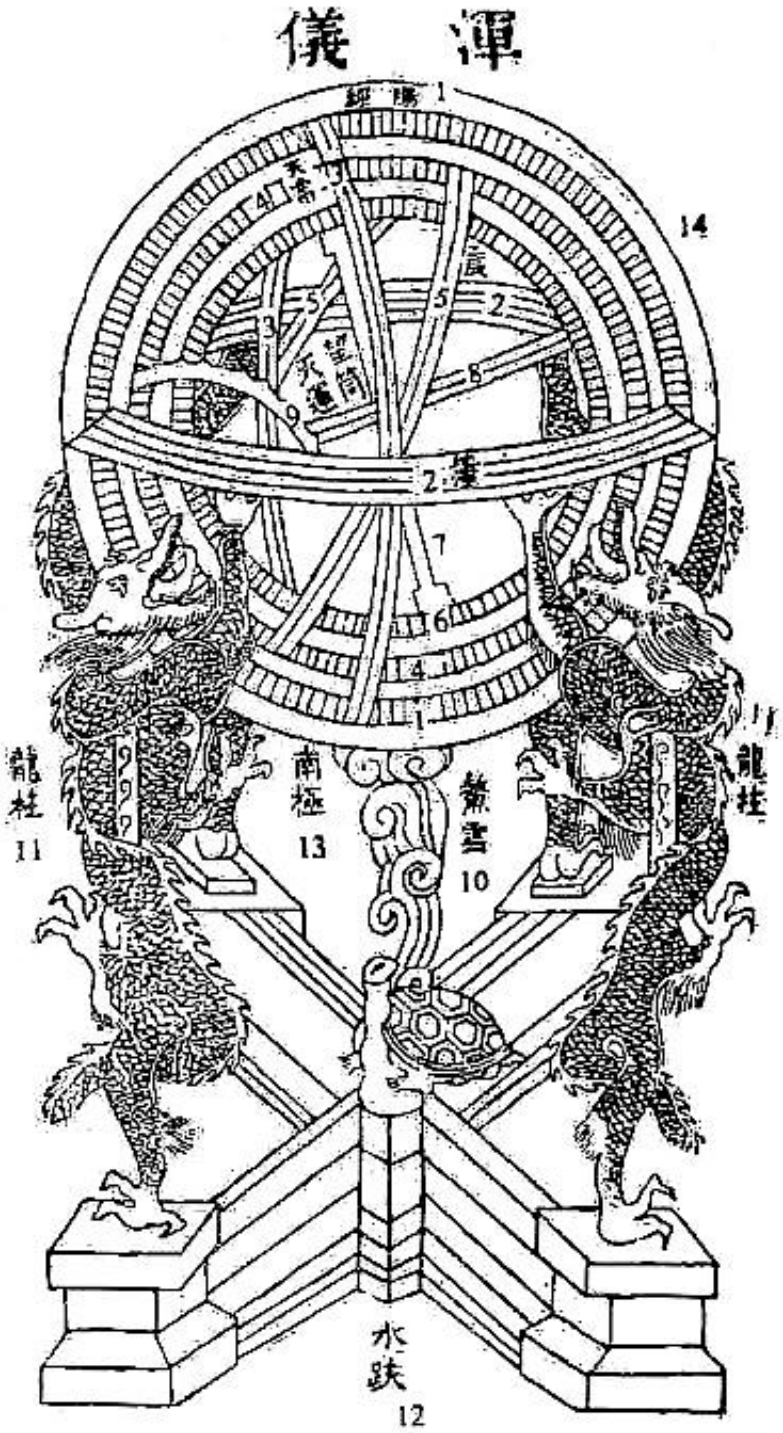


Fig. 8. — Sphère armillaire de Sou Song (vue d'ensemble). [1]

[1] On remarquera que, dans ce dessin le Cercle de la norme-céleste (3) et le pôle Sud (13) sont très mal placés. Le premier qui devrait être parallèle à l'équateur est posé presque verticalement : le dessinateur chinois n'a pas su en dessiner la courbe, et son

I. — Instrument des 6 points cardinaux.

1. *Yang-king.* Cercle du méridien.
2. *Ti-houen*. Cercle de l'horizon.
3. *T'ien-tch'ang*. Cercle de la norme céleste.

II. — Instrument des 3 ordonnateurs du temps.

4. *San-tch'en*. Cercle des 3 ordonnateurs du temps.
5. *Houang-tao*. Cercle de l'écliptique.

III. — Instrument des 4 déplacements.

6. *Sseu-yeou*. Cercle des 4 déplacements.
7. *Wang-tong*. Tube de visée.
8. *Tche-k'iu*. Règles droites.

IV. — Appareil moteur.

9. *T'ien-yun*. Cercle du mouvement céleste.

V. — Pied.

10. *Ngao-yun*. Nuage à la tortue.
11. *Long-tchou*. Colonnes-dragons.
12. *Chouei-t'ie*. Niveau d'eau.

VI. — Les 2 Pôles.

13. *Nan-hi*. pôle Sud.
14. *Pei-ki*. pôle Nord.

pc.308 On l'appelle méridien céleste par opposition à l'horizon terrestre ; on l'appelle aussi Cercle méridien *yang*, par opposition à l'horizon qui est le Cercle transverse *yin*.

De plus, on met quatre colonnes dragons aux quatre coins, au-dessous du globe céleste : on les appelle ainsi parce que chacune est entourée d'un dragon ; et une tortue avec des nuages, au-dessous de l'Instrument des six points

---

point d'attache inférieur (13) avec le Cercle du méridien (1), au lieu de se trouver comme il devrait à droite du « Nuage à la tortue » (10) est mis maladroitement à gauche. Quant au pôle Sud qui devrait être près de la tête du dragon de gauche, il a été marqué bien trop bas (13), dans l'espace libre entre ce dragon et le « Nuage », presque à l'endroit où le Cercle de la norme céleste (3) coupe le méridien (1). J'ai indiqué par le chiffre 14 le pôle Nord (que le dessinateur chinois n'a pas marqué) à la place que lui donnait Sou Song, à 36^d au-dessus de l'horizon (2), de façon qu'on puisse corriger par la pensée le dessin inexact et qu'on se rende mieux compte des dispositions réelles & des principaux cercles de la sphère armillaire. Je rappelle que pour les Chinois de ce temps le Pôle étant à 36^d au-dessus de l'horizon,. l'équateur faisait avec l'horizon un angle de 54^d.

cardinaux : il est supporté par le souffle des nuages, et la tortue porte les nuages. Enfin, au-dessous des quatre colonnes-dragons, on met une canalisation d'eau en croix pour égaliser le niveau.

On pose séparément le Cercle unique de la norme céleste, *T'ien-tch'ang tan-houan*, à l'intérieur de l'Instrument des six points cardinaux. On pose aussi le double Cercle de l'écliptique, *houang-tao chouang-houan*, et le simple Cercle de l'équateur, *tch'e-tao tan-houan*, tous deux à l'intérieur de l'Instrument des trois ordonnateurs du temps ; ils se croisent à l'Est et l'Ouest, et tournent suivant le mouvement du ciel, pour qu'on observe le cours des mansions. Enfin on fait le Cercle des Quatre quadrants, *sseu-siang houan*, qu'on ajoute à l'Instrument des trois ordonnateurs du temps : ils sont attachés l'un à l'autre aux deux points de jonction des deux cercles mobiles célestes, équateur et écliptique. De plus, on fait deux règles droites qu'on place longitudinalement à l'intérieur de l'instrument des déplacements dans les Quatre directions (de façon que la règle du) Nord soit dans (la partie de) l'Instrument des six points cardinaux située au-dessus de l'horizon terrestre, afin d'établir le nombre de degrés dont le Pôle s'élève au-dessus de l'horizon ; et celle du sud dans (la partie de) l'Instrument des six points cardinaux située au-dessous de l'horizon terrestre, afin d'établir le nombre de degrés dont le pôle Sud descend au-dessous de l'horizon.

Telle est la forme générale de la sphère armillaire.

Intérieurement aux règles droites, est placé un Tube de visée, *wang-tong*, dont le milieu est mis sur un pivot appliqué aux règles droites, et permettant de le faire tourner en haut et en bas pour observer à quels degrés se trouvent les constellations des quatre directions. pc.309

II. — L'Instrument des six points cardinaux
Lieou-ho yi

1. — Description générale [1].

L'Instrument des six points cardinaux est formé du méridien céleste, *t'ien-king*, de l'horizon terrestre, *ti-houen*, et du cercle de la norme céleste, *t'ien-tch'ang*.

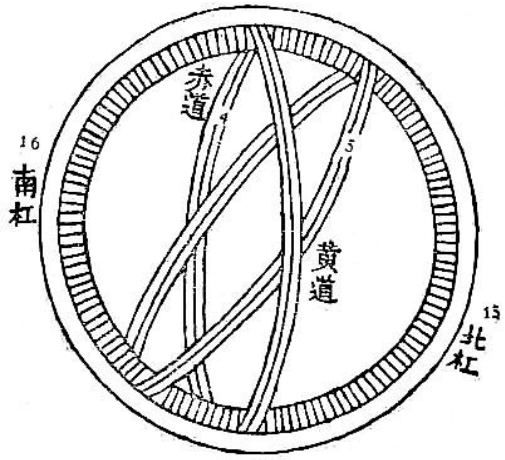


Fig. 9. — Instrument des six points cardinaux [2].

1. *Yang-king*. Cercle du méridien.
2. *Yin-wei.* Cercle de l'horizon.
3. *T'ien-tch'ang houan.* Cercle de la norme-céleste.
15. *Nan-kang houen.* Clavette du sud.
16. *Pei-kang houen.* Clavette du nord.

Le méridien céleste est un cercle double. Dans les anciens modèles il est appelé le double Cercle extérieur, *wai-chouang kouei* ; c'est Li Tch'ouen-fong [3] qui le premier lui donna le non des six points cardinaux ; Leang Ling-tsan [4] l'appela double

---

[1] *Sin yi siang fa-yao*, k. 1, 8a.

[2] Dans cette figure, le dessinateur chinois a placé par erreur les clavettes du sud (15) et du nord (16) au point de jonction du méridien (1) et de l'horizon (2), où elles n'ont rien à faire puisque ces deux cercles sont fixes. Il faut les placer à 36^{d}, la première au-dessous et la seconde au-dessus du cercle horizontal (2).

[3] Li Tch'ouen-fong vécut au VII^{e} siècle. On trouvera ci-dessous la description de la sphère armillaire qu'il présenta à l'empereur T'ai-tsong des T'ang en 633.

[4] « La 7^{e} année *k'ai-yuan* (719), il fut ordonné par décret au religieux bouddhiste Yi-hang et au Chef du Bureau de l'Armement de la Garde du Prince impérial, *chouai-fou ping-ts'ao*, Leang Ling-tsan, ainsi qu'aux artisans, de fondre une sphère armillaire de bronze à l'image du ciel. Ils y disposèrent les mansions, l'équateur et le nombre de degrés du tour du ciel, et la firent tourner au moyen de l'eau, de façon qu'en tournant

pc.310 Cercle du méridien yang, et Han Hien-fou [1] double Cercle du méridien céleste... Le méridien céleste est vertical, l'horizon terrestre est posé horizontalement. Les deux faces du méridien céleste portent chacune les graduations en degrés de la circonférence céleste. La moitié (du méridien) est au-dessus de l'horizon terrestre, la moitié est au-dessous ; ce qui est au-dessus est le ciel, ce qui est au-dessous est la Terre ; (l'horizon terrestre) et le méridien céleste sont joints l'un à l'autre au nord et au sud (de l'horizon terrestre). Sur la face du cercle horizontal est creusée une rigole faisant niveau d'eau afin de régler le niveau du ciel et de la Terre. À l'intérieur du cercle de l'horizon on dispose les 84 *wei* et les 12 signes cycliques (d'azimut), *tch'en*, afin de figurer la Terre.

Le Cercle de la norme céleste est contenu à l'intérieur du méridien céleste et de l'horizon terrestre ; sur ce cercle on dispose les douze heures avec les divisions en quarts d'heure et minutes de quart d'heure [2] du début et du milieu de l'heure de façon à faire le nombre de cent quarts d'heure.

2. — Le Cercle double du méridien céleste [3].

---

toute seule elle fît en un jour et une nuit un tour (égal à celui) d'une révolution du ciel. De plus ils mirent deux cercles en dehors du ciel pour le Soleil et la Lune, et ils les firent tourner de façon que pour chaque révolution complète du ciel vers l'ouest, le Soleil avançât de 1^d vers l'est et la Lune de 13^d et une fraction ; que tous les 29 tours (du ciel) et une fraction, le Soleil et la Lune se rencontrassent ; que tous les 365 tours (célestes), le Soleil ait fait une révolution complète. De plus ils mirent un coffret de bois pour représenter la surface de la Terre de façon que la moitié de la sphère fût au-dessus et la moitié au-dessous de la surface terrestre. Enfin ils mirent devant la surface terrestre deux statuettes d'homme en bois, avec une cloche et un tambour, et firent en sorte que les hommes de bois frappassent tout seuls (la cloche et le tambour) pour marquer les heures et les quarts d'heure. L'instrument fut appelé : Représentation de la sphère céleste, mue par l'eau ; quand il fut achevé, on le plaça devant la salle Wou-tch'eng (du Palais) pour le faire voir à tous les fonctionnaires. Au bout de quelque temps, le bronze et le fer peu à peu s'usèrent, et l'instrument ne put plus tourner tout seul. Par la suite, on le déposa au Tsi-hien yuan ; on ne réussit pas à le remettre en usage. » (*Kieou T'ang chou*, k. 35, 2a ; cf. *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 3b).

[1] Han Hien-fou, né en 940 et mort en 1013, reçut l'ordre impérial de fabriquer une sphère armillaire en 990, l'acheva en 995 (*Song che*, k. 461, 3b-4a).

[2] Le quart d'heure, *k'o*, est divisé en 60 minutes, *fen*, valant chacune 14^s 4/10.

[3] *Sin siang-yi fa-yao,* k. 1, 11a.

Chacun des cercles (du cercle double du méridien céleste) a 7,77 pieds de diamètre, sur 5 pouces de largeur et 8 dixièmes de pouce d'épaisseur. Ce cercle double est attaché au cercle pc.311 simple de l'horizon terrestre exactement en *tseu* (Nord) et en *pou* (Sud) [1]. Sur chacune des deux faces du cercle est inscrite une graduation en 365 degrés et une fraction [2]. La moitié du cercle est au-dessus de la Terre, l'autre moitié au-dessous... 35^{d} 2/6 c'est la hauteur du pôle Nord... À l'intérieur du cercle, le pôle Nord et le pôle Sud forment (chacun) un pivot, *tch'ou*, dans le creux (crapaudine) duquel s'insère une clavette (formant) axe, *kang-tchou*. Les extrémités de l'axe sortent à l'extérieur du cercle et chacune forme deux étages d'ombilics, *tsi* [3], où on place les clavettes, *kang*, de l'Instrument des trois ordonnateurs du temps et de l'Instrument des quatre déplacements. À l'intérieur chacun a une ouverture qui communique avec l'ouverture du Tube de visée qui est à l'intérieur de la règle droite.

3. — Le Cercle simple transverse *yin* [4].

Ce cercle a un diamètre et une largeur égaux au méridien céleste ; son épaisseur est de 2 ½ pouces. Il s'unit au méridien céleste au Nord et au Sud en *tseu* et *wou* ; le méridien céleste est partagé en deux moitiés, l'une au-dessus, l'autre au-dessous, du cercle transverse yin : c'est pourquoi ce qui est au-dessus est le ciel, et ce qui est au-dessous est la Terre ; et le dessus et le dessous ont chacun 182 degrés et une fraction. La surface de ce cercle est creusée d'une rigole faisant niveau d'eau. À l'intérieur du

[1] Une correction de texte très simple s'impose, voir *Index* n° 191.

[2] Je rappelle que les Chinois divisent la circonférence céleste en autant de degrés qu'il y a de jours dans l'année plus une fraction pour la fraction de jour supplémentaire. Cette fraction évaluée grossièrement à ¼^{d} au temps des Han avait été déterminée de façon de plus en plus exacte, et le nombre qui la représentait s'était compliqué en conséquence.

[3] J'ai traduit littéralement le mot *tsi*, faute de mieux : il s'agit évidemment de supports en creux ou en relief disposés sur l'axe des Pôles pour lier les deux instruments intérieurs (*san-tch'ou yi* et *sseu yeou yi*) à l'instrument extérieur (*lieou-ho yi*).

[4] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 13a.

cercle, on dispose les places des huit trigrammes, les quatre coins de la Terre, et les (douze) azimuts, *tch'en*, comme il a été dit précédemment.

4. — Le Cercle simple de la norme céleste [1].

Ce cercle a un diamètre de 6,77 pieds, une largeur de neuf dixièmes de pouce et une épaisseur de cinq dixièmes de pouce ; pc.312 il est interne par rapport au méridien céleste et au cercle transverse *yin*. Les anciens le mettaient intérieurement au *niao-k'io*, dans le *houang-houang* [2], à l'étage de l'Instrument des trois ordonnateurs du temps. Il se trouve en dehors de l'équateur [3] ; sur la face du cercle sont rangés les douze heures, et les cent quarts d'heure du jour et de la nuit, afin de régler les divisions des heures et des quarts d'heure, le tout comme je l'ai déjà dit ci-dessus.

Anciennement il n'y avait pas ce cercle ; c'est Tcheou Tsong et ses aides qui en fabriquant l'instrument à trois étages, *san-tch'ong yi*, l'établirent pour la première fois. On s'en servit dans les instruments de la période *yuan-fong* (1078-1086) et dans les instruments modernes.

III. — L'Instrument des trois ordonnateurs du temps *san-tch'en yi* [4]

L'Instrument des trois ordonnateurs du temps est un cercle double qui se trouve à l'intérieur du cercle du méridien céleste, les faces de ses deux cercles graduées en degrés célestes, et à l'intérieur duquel on place l'écliptique et l'équateur ; aujourd'hui, on y place en outre le *cercle des quatre quadrants* qui est ajouté à l'Instrument des trois ordonnateurs du temps, et s'y attache

---

[1] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 13a.

[2] Si le texte n'est pas fautif, *niao-k'io* et *houang-houang* sont des termes techniques que je ne comprends pas.

[3] Ce cercle est celui de la mesure du mouvement diurne, c'est pourquoi on le place perpendiculairement à l'équateur, en dehors de celui-ci puisqu'il appartient à l'instrument des six points cardinaux qui est extérieur à l'instrument des trois ordonnateurs du temps auquel appartient l'équateur.

[4] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 9a.

à l'endroit du cercle du mouvement céleste et aux deux points de jonction de l'écliptique et de l'équateur. Le Cercle du

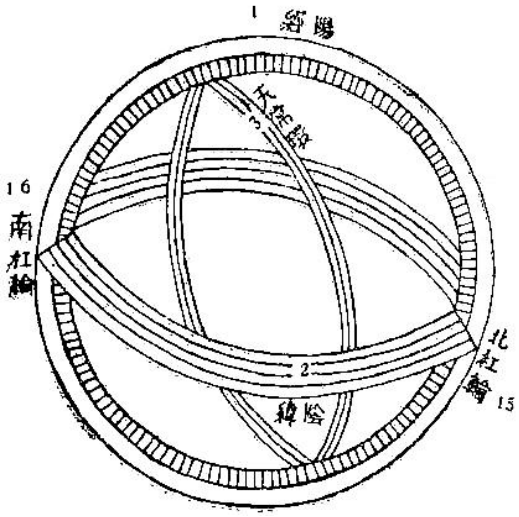


Fig. 10. — Instrument des trois ordonnateurs du temps.

4. *Tch'e-tao,* équateur.

5. *Houang tao*, écliptique.

15. *Nan-kang*, clavette du sud.

16. *Pei-kang*, clavette du nord.

mouvement céleste (touche, à l'Instrument des trois ordonnateurs du temps) près du pôle Sud, et en bas s'engrène à l'axe denté de l'intérieur du Nuage de la tortue. Quand la Colonne céleste qui est dans le Nuage de la tortue se met en mouvement, le Cercle du mouvement céleste se met aussi en mouvement et fait tourner la roue de l'Instrument des trois ordonnateurs du temps.

Autrefois cet instrument n'existait pas : c'est Li Tch'ouen-fong le premier qui le fit en fabriquant son armille écliptique... [1]

1. — Le double cercle de l'Instrument des trois ordonnateurs du temps [2].

[1] Voir ci-dessus. Li Tch'ouen-fong fit le plan de l'instrument, mais ne semble pas l'avoir exécuté.

[2] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 14a. — D'après le dessin joint, il porte aussi la clavette de (l'axe) nord-sud, *pei-nan kang-tchou*.

Le double cercle de l'Instrument des trois ordonnateurs du temps a un diamètre de 6,48 pieds, une largeur de 1,8 pouce, et une épaisseur de 7 dixièmes de pouce. Ses deux faces portent la graduation en 365 degrés et une fraction. À l'intérieur il porte l'équateur et l'écliptique ; en bas il porte le Cercle du mouvement circulaire céleste. Il est à l'intérieur de l'Instrument des six point-cardinaux ; il tourne d'un mouvement continu.

2. — Le Cercle simple de l'équateur [1].

Le Cercle simple de l'équateur, *tch'e-tao tan-houan*, a un diamètre de 6 pieds 3 pouces, une largeur de 9 dixièmes de pouce et une épaisseur de 6 dixièmes de pouce. Il est attaché à l'intérieur du Cercle des trois ordonnateurs du temps ; il enveloppe obliquement le ventre du ciel ; on l'appelle pôle Central, *tchong-ki*, et c'est d'après lui qu'on règle (la position de) l'écliptique. À l'extérieur, il s'oppose [2] exactement à l'Instrument des six points pc.314 cardinaux (méridien) et au Cercle de la norme céleste (cercle horaire) ; sur sa face Nord sont disposés les 28 mansions et les degrés de la circonférence céleste. À l'intérieur, on dispose les 24 (*tchong*-)*k'i* [3], les 64 hexagrammes ; à l'extérieur, les 72 *heou* [4].

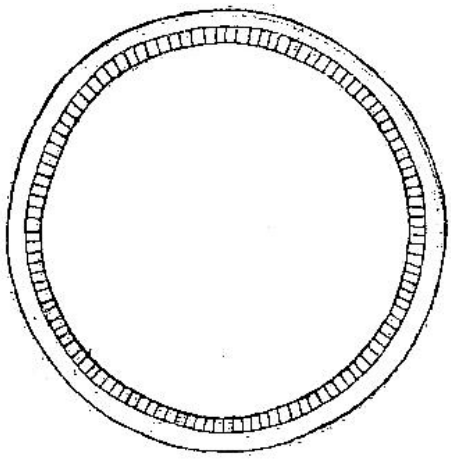


Fig. 11. — Le Cercle simple de l'équateur (sphère de Sou Song).

[1] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 14b.
[2] Le sens est que son plan est perpendiculaire au premier et parallèle au second.
[3] Ce sont les vingt-quatre demi-mois solaires.
[4] Périodes de cinq jours : 6 *heou* font un mois, et 72 *heou* un année.

Pour les mansions que franchit le Soleil à ses quatre époques cardinales, (en comparant) les résultats des calculs anciens de la marche du Soleil faits d'après les lois du calendrier avec les observations actuelles faites à l'aide des nouveaux instruments, on sait que la position du Soleil (d'après les calculs) a un écart de 3^{d} avec la position actuelle (d'après les instruments). Le jour du solstice d'hiver de l'année *kia-tseu* de la période *yuan-fong* (15 décembre 1084), le Soleil était au 3^{d} de Teou sur l'équateur ; le jour du solstice d'été (15 juin 1084), il était au 9 1/3^{d} de Tsing ; le jour de l'équinoxe de printemps, il était au 1 2/3^{d} de K'ouei, le jour de l'équinoxe d'automne, au 7 ¾^{d} de Tchen. Après avoir déterminé les mansions des quatre dates cardinales, on observe les Sept gouverneurs [1] et on compte les degrés du ciel.

3. — Le Cercle double de l'écliptique [2].

Le Cercle double de l'écliptique, *houang-tao chouang-houan*, qui est une invention moderne [3], a le même diamètre, la même largeur et la même épaisseur que l'équateur. Sur sa face on inscrit la graduation en degrés célestes comme sur l'équateur. Ce cercle est attaché à l'Instrument des trois ordonnateurs du temps, et forme un étage par rapport à celui des six points-cardinaux. Pour déterminer les pôles, l'écliptique est (placé) dans l'Instrument des trois ordonnateurs du temps en position exacte nord-sud [4], à l'est et à l'ouest il traverse l'équateur ;

---

[1] *Ts'i-tcheng*, le Soleil, la Lune et les cinq planètes.

[2] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 15b.

[3] L'« invention moderne » n'est pas celle du cercle lui-même, que Sou Song fait remonter à Kia K'ouei et au temps de l'empereur Ho des Han (89-109) ; c'est l'idée de transformer le cercle simple en un cercle double. L'avantage était que, le tube de visée se plaçant entre les deux anneaux constituant le cercle double, on pouvait voir le Soleil entier dans l'intervalle, au lieu qu'avec le cercle simple ancien, qui coupait le Soleil en deux, on ne pouvait jamais en voir que la moitié ; tous les calculs étaient établis sur ce demi-soleil seul observable (*Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 15b).

[4] Nord-Sud, Est-Ouest, sont ici les points cardinaux terrestres et non célestes ; le Nord et le Sud célestes sont les deux pôles, par où l'écliptique ne peut passer. D'après la figure de l'Instrument des trois ordonnateurs du temps (fig. 10), l'écliptique étant fixé dans le Cercle des trois ordonnateurs aux points solsticiaux, la position indiquée est celle où ce cercle même est placé juste nord-sud, c'est-à-dire juste à l'intérieur du Cercle méridien.

l'écliptique pc.315 forme avec l'équateur un angle de 24 1/3^{d} ; où il est à 115 ¼^{d} du Pôle, c'est le solstice d'hiver ; où il est à 67 ¾^{d} du Pôle, c'est le solstice d'été ; où son est et son ouest se joignent à l'équateur, ce sont les deux équinoxes. Les deux solstices et les deux équinoxes sont ce qu'on appelle les Quatre corrects, *sseu-tcheng*. L'Anti-Jupiter, *t'ai-yin* [1], et les cinq planètes suivent tous cette route (de l'écliptique), tantôt au-dessus, tantôt au-dessous ; chacun à des (distances en) degrés (propres).

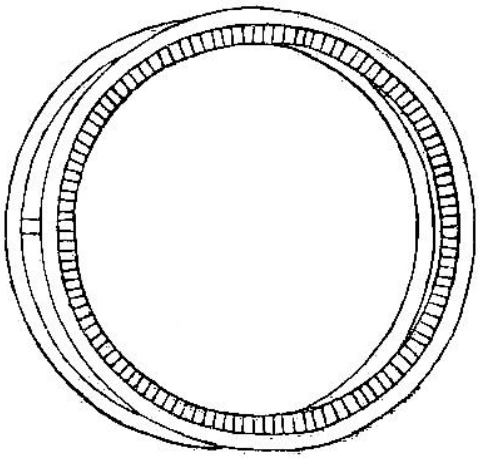


Fig. 12. — Le Cercle double de l'écliptique (sphère de Sou Song).

4. — Le Cercle simple des quatre quadrants, *Sseu-siang* [2].

Le Cercle simple des quatre quadrants [3] est une récente invention. Il est ajouté aux extrémités des Pôles sur l'Instrument des trois ordonnateurs du temps, Il est attaché

[1] Le Grand-Yin, *t'ai-yin*, ou le *yin* de la (planète) annuaire *Souei-yin* (Jupiter est la planète annuaire *Souei-sing*, parce que, faisant le tour du ciel en 12 ans environ, elle a l'air de marquer une grande année de 12 ans comme le Soleil une année ordinaire de 13 mois) est une planète fictive qui fait le tour du ciel en un temps égal à Jupiter, mais en sens inverse de cette planète ; cf. Chavannes, *Les Mémoires Historiques de Se-ma Ts'ien*, t. III, App. III, p. 655-656.

[2] *Sin siang-yi fa-yao*, k. 1, 16b.

[3] Les Quatre quadrants, *sseu-siang*, sont les quatre parties de l'équateur et de l'écliptique délimitées par les solstices et les équinoxes. La moitié de l'écliptique qui sort en dehors de l'équateur est *yang*, celle qui entre au dedans est *yin* : en subdivisant chacune d'elles en deux, il y a deux quadrants *yang* et deux quadrants *yin*. Or les *sseu-siang* sont le grand et le petit *yang* et le grand et le petit *yin*. De là le nom de *sseu-siang* donné aux quatre quadrants de l'équateur et de l'écliptique.

au Cercle du mouvement circulaire du ciel, *t'ien-yun houan* [1], qui est du côté pc.316 Sud, et eux points de jonction de l'écliptique et de l'équateur qui sont à l'Est et à l'Ouest, de façon qu'aux points de jonction il n'y ait pas le moindre intervalle, et qu'en suivant le mouvement circulaire du Cercle du mouvement céleste il s'accorde exactement avec le ciel.

IV. — L'Instrument des quatre déplacements *sseu-yeou yi*

1. — Description générale [2].

L'Instrument des quatre déplacements est ce que le *Chouen tien* appelle l'Appareil tournant, *siuan-ki* ; au temps des Leang (502-556) on l'appelait le Cercle de double-anneau, *chouang-houan kouei*. Li Tch'ouen-fong lui donna son nom ; Leang Ling-tsan l'appela le cercle double de l'appareil tournant, *shian-tchou chouang-houan* ; Han Hien-fou, Cercle des déplacements, *yeou-kouei* ; Tcheou Tsong lui rendit le nom d'Instrument des quatre déplacements, (qui lui a été conservé) dans les instruments de la période *yuan-fong* (1078-1085) et dans l'instrument actuel.

Cet instrument, fait d'un double cercle, se trouve à l'intérieur de l'Instrument des trois ordonnateurs de temps. À chacun de ses points nord et sud, il y a des clavettes, *kang*, fixées sur ses deux cercles ; et à chacun (des deux points nord et sud) il y a (dans le Cercle des trois ordonnateurs du temps une crapaudine, *tchou-kong*, où tournent les clavettes [3]. Les deux

---

[1] Roue dentée (478 dents) qui s'engrène en bas sur la Colonne céleste (voir ci-dessous) et transmet le mouvement de celle-ci à l'Instrument des trois ordonnateurs du temps. C'était une invention de Sou Song : « Autrefois l'Instrument des trois ordonnateurs du temps n'avait pas de mouvement dû à la force hydraulique, c'est pourquoi il n'y avait pas de cercle » (*Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 17a).

[2] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 10a.

[3] Le texte n'est pas clair, mais il est évident que les clavettes Nord et Sud et les trous où s'insèrent les clavettes ne peuvent être les uns et les autres sur le Cercle des quatre déplacements : il faut que les clavettes soient sur un cercle et les trous sur un autre cercle. Les figures montrent que les clavettes appartiennent au Cercle des quatre déplacements, et les trous axiaux au Cercle des trois ordonnateurs du temps. C'est d'après elles que j'ai fait ma traduction. Dans la sphère armillaire construite par Ko Cheou-king en 1276, c'était au contraire l'Instrument des quatre déplacements qui était

faces pc.317 du cercle portent chacune une graduation en degrés célestes. À l'intérieur du double cercle sont les règles droites.

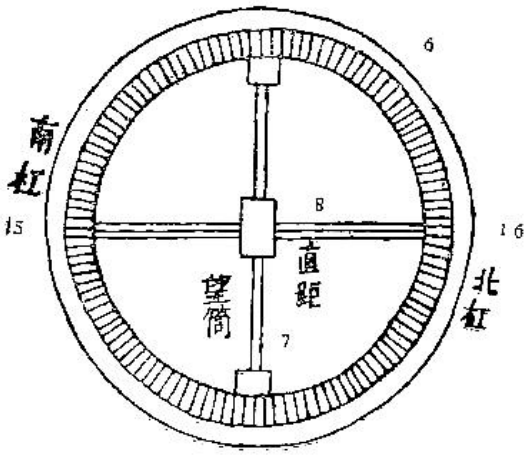


Fig. 13. — Instrument des quatre déplacements.

6. (*Sseu-yeou*). Cercle des 4 déplacements.
7. *Wang-tong.* Tube de visée,)
8. *Tche-k'iu*. Règles droites.
15. *Nan-kang*. Clavette du sud,
16. *Pei-kang*. Clavette du nord.

On joint le cercle à l'intérieur des pivots des pôles Nord et Sud de l'Instrument des six points cardinaux : on en met la (partie) nord en haut de façon qu'elle dépende du pôle Nord, on en met la (partie) sud en bas de façon qu'elle dépende du pôle Sud [1]. On met le Tube de visée dans les règles droites en le fixant à elles par son milieu au moyen d'un essieu [2] de façon qu'il puisse tourner. L'Instrument des déplacements tourne à l'est et à l'ouest, et le Tube de visée monte et descend vers le nord et vers le sud ; c'est pourquoi il n'y a aucun point (du ciel) qu'on n'atteigne (en les faisant mouvoir) : le Tube de visée suivant l'Instrument des (quatre) déplacements atteint partout. De plus on met un demi-tube

---

percé de trous ronds destinés à recevoir l'axe des Pôles (*Yuan che*, k. 48, 2a).

[1] Cette disposition est expliquée plus clairement au paragraphe I, cf. ci-dessus, p. 95.

[2] Je traduis par « essieu » l'expression *kouan-tchou* qui désigne l'espèce de bourrelet extérieur placé au milieu du Tube de visée pour l'attacher aux règles droites entre lesquelles il pivote.

pour observer les étoiles en opposition au Cercle du mouvement céleste. C'est ainsi qu'on connaît la figure du Ciel.

2. — Le Cercle double de l'Instrument des quatre déplacements *sseu-yeou-yi chouang-houan* [1].

Le Cercle double de l'Instrument des quatre déplacements a un diamètre de 6 pieds, une largeur de 1,7 pouce ; les lèvres, *tch'ouen*, extérieures des deux côtés ont une épaisseur de 6 dixièmes de pouce, et la lèvre intérieure dont la moitié est cachée est soulevée de deux dixièmes de pouce, en tout l'épaisseur est de 8 ½ dixièmes de pouce [2]. C'est ce que le *Chouen-tien* appelle le Mouvement tournant, *siuan-ki*. Sur les deux faces du cercle sont inscrits les 365^{d} et une fraction de la circonférence céleste.

pc.318 Extérieurement, ce cercle et les (deux) Instruments des six points cardinaux et des trois ordonnateurs du temps sont disposés les uns par rapport aux autres en trois étages. Ses extrémités nord et sud sont à l'intérieur des deux Pôles, on y met les règles droites [3] auxquelles on fixe la Flûte transversale, *heng-siao* [4], de façon qu'elle monte et descende vers le nord et le sud. L'Instrument des six points cardinaux est immobile pour fixer la forme du ciel ; l'Instrument des trois ordonnateurs du temps tourne suivant le Cercle du mouvement céleste ; quant au Cercle des quatre déplacements, on le fait tourner par moments, même à l'inverse du mouvement céleste, et on observe à l'aide de la Flûte transversale : il n'y a aucun point qu'on n'atteigne ainsi [5].

---

[1] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 18a.

[2] 6 ½ + 2 = 8 ½ dixièmes de pouce. Le premier nombre s'entend donc de la largeur des deux lèvres ensemble et non de chacune d'elles.

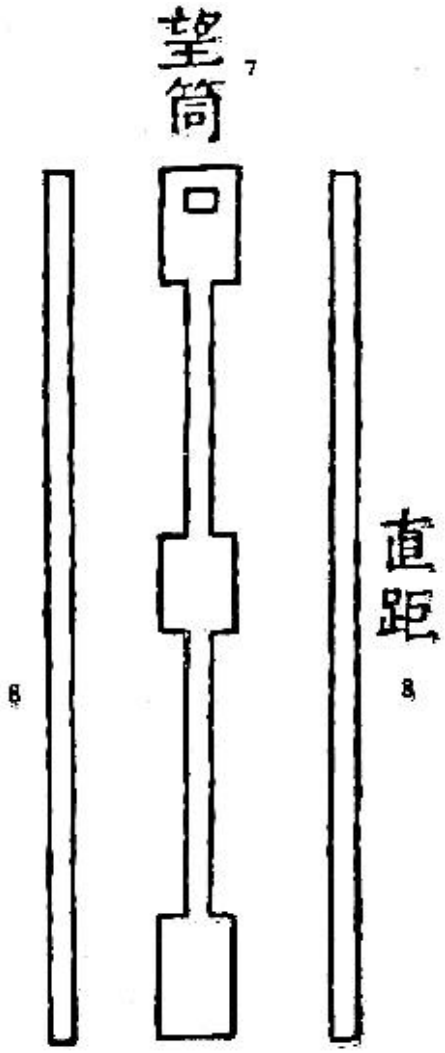
[3] L'une des deux Règles droites dans le pôle Nord, l'autre dans le pôle Sud, et elles se joignent au centre de la sphère, voir ci-dessous.

[4] C'est un nom du Tube de visée, voir ci-dessous.

[5] Ces lignes résument le rôle propre de chacun des trois instruments dont la réunion constitue la sphère armillaire de Sou Song. L'Instrument des six points cardinaux, le plus extérieur de tous, figure le globe céleste et représente le ciel par son cercle vertical le Méridien céleste, et la Terre par son cercle horizontal ; il est immobile. L'Instrument

3. — Les deux Règles droites, *tche-kiu*, et le Tube de visée, *wang-tong* [1].

Les Règles droites ont chacune 5,66 pieds de long, 1,6 pouce de large, et 8 dixièmes de pouce d'épaisseur ; on les place dans l'Instrument des quatre déplacements, le haut au pôle Nord, le bas au pôle Sud ; le milieu montre un essieu, *kouan-tchou*, auquel est fixé le Tube de visée.



Le Tube de visée, c'est ce que le *Chouen-tien* appelle la Traverse de jade, *yu-heng* ; on l'appelle aussi la Flûte transversale, *heng-siao*... Le milieu en est creux. Il a une longueur de 5,74 pieds ; (la section en est) un carré de 1,6 pouce (de côté). Ses deux têtes ont chacune un rebord, *yen*, carré de 1,7 pouce (de côté) ; dans ce rebord carré, il y a un tube rond dont le diamètre est de pc.319 7 dixièmes de pouce [2]. On regarde par le trou supérieur ; on vise l'orbite du Soleil ; en faisant monter ou descendre (le Tube de visée) vers le nord et le sud dans les Règles droites, on le fait tourner de façon à le mettre dans la position correcte ; et on observe la distance en degrés des sept luminaires [3] sur les (28) mansions.

Fig. 14. — Tube de visée.

7. Wang-tong. Tube de visée.
8. Tche-k'iu, Règles droites.

---

des trois ordonnateurs du temps, placé à l'intérieur du premier, représente le mouvement diurne et le mouvement annuel avec les deux cercles joints de l'équateur et de l'écliptique. Enfin l'Instrument des quatre déplacements est l'appareil d'observation placé à l'intérieur des deux premiers, et mobile à volonté en tout sens pour permette les observations par le Tube de visée.

[1] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 18b.

[2] Le Tube de visée est un tube de section circulaire à l'intérieur, carrée à l'extérieur ; il a 1,6 pouce de côté à l'extérieur et 0,75 pouce de diamètre à l'intérieur ; l'épaisseur des parois est donc de 31 dixièmes de pouce au milieu des faces.

[3] Le Soleil, la Lune et les cinq planètes.

V. — Le pied de l'appareil.

1. — Le Niveau d'eau en croix, *che-tseu chouei-tie* [1].

Le niveau d'eau en croix est ce que sous les Wei on appelait « le Milieu hydraulique en croix » *che-tseu chouei-tchong*. On y plante les quatre Colonnes-dragons...

Dimensions : chaque (bras) a 10 pieds, 4 pouces de long, 7,5 pouces de haut, et 8,4 pouces de large. On les dispose en forme de croix, on creuse au milieu (de chacun d'eux) une rigole profonde de 1,5 pouce, et on les met en communication, afin d'observer le cheminement de l'eau ; si l'eau est égale, le niveau est correct. Aux quatre extrémités il y a (un creux contenant) un *teou* d'eau, ayant extérieurement 1 pied 2 pouces (de côté) en carré, à la même hauteur que le canal d'eau, et encore des trous carrés pour recevoir les quatre Colonnes-dragons dans ce *teou* d'eau. À la rencontre des quatre bras de la croix, on ouvre la Porte céleste de deux pouces carrés pour l'essieu du pivot venu d'en bas qui fait mouvoir la Colonne céleste allant du Nuage de la tortue au double cercle de l'Instrument des six points cardinaux. Autrefois la canalisation n'avait pas de Porte céleste ; c'est une invention moderne afin de régulariser la Colonne pc.320 céleste, et de régler en haut le Cercle du mouvement céleste, et de faire mouvoir l'Instrument des trois ordonnateurs du temps.

2. — Les quatre Colonnes-dragons, *long-tchou* [2].

Les quatre Colonnes (en forme de) dragons sont hautes chacune de 7 pieds 7 pouces ; chacune est plantée à l'extrémité d'un des bras du niveau d'eau en croix. La partie supérieure touche aux quatre coins de la terre, *sseu-wei*, du Cercle d'azimut *yin* ; le haut et le bas (de chaque colonne)

---

[1] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 21a.
[2] *Ibid.*, k. 1, 19b.

sont l'un et l'autre enveloppés par le même dragon. Dans les anciens modèles on les faisait droites, et recouvrant les quatre coins de la terre. Aujourd'hui, conformément au type de *yuan-fong* (1078-1085), on les fait courbes pour qu'un homme qui se trouve au-dessous soit à l'aise pour faire ses observations.

3. — Le Nuage de la tortue, *ngao-yun* [1].

Le Nuage de la tortue a une hauteur de 4 pieds. En bas il est planté au milieu de la croix du Niveau d'eau ; il est orné de nuages. En haut il touche à l'Instrument des six points cardinaux et l'empêche de tomber. Il est porté sur un socle en forme de tortue, d'où le nom de Nuage de la tortue.

Tous deux (nuage et tortue) ont l'intérieur creux ; à l'intérieur est caché la Colonne céleste, *t'ien-tchou* [2], dont le haut est le Cercle du mouvement céleste. Dans les anciens modèles, il n'y avait pas de Nuage de la tortue : sous les Wei, pendant la période *yong-hing* (409-414), il fut ordonné par décret de fabriquer un instrument en fer pour l'observation ; au-dessus du niveau d'eau, on faisait porter le double cercle (du méridien céleste) par une tortue. Han Hien-fou ne l'utilisa pas ; pour les instruments de *yuan-fong* (1078-1085), Tcheou Je-yen et ses aides placèrent $_{pc.321}$ le Nuage de la tortue sur le niveau d'eau en croix ; maintenant dans les instruments nouveaux, il a été fait de même.

(L'idée d')y cacher intérieurement la Colonne céleste, et de faire du haut le cercle du mouvement céleste, est une invention nouvelle ».

---

[1] *Sin yi-siang fa-yao*, k. 1, 20a.

[2] La Colonne céleste est l'axe moteur de tout le système, sphère armillaire, globe céleste et horloge hydraulique. C'est un axe en bois de 19 ½ pieds de haut dont la partie inférieure sert de moyeu à une roue dentée engrenée sur un axe mû par la force hydraulique, tandis que la partie supérieure est le moyeu d'une roue dentée qui s'engrène sur le Cercle du mouvement céleste à l'intérieur de la sphère armillaire : la Colonne céleste sert à transmettre le mouvement de la roue inférieure à la roue supérieure. On en trouvera la description détaillée dans le *Sin yi-siang fa-yao*, k. 3, 16b (avec un dessin, 16a).

On ne peut s'attendre à trouver au temps des Han ni même des T'ang des appareils aussi compliqués que celui de Sou Song. Celui que Li Tch'ouen-fong fabriqua par ordre de l'empereur T'ai-tsong des T'ang et acheva en 633 après un travail de plusieurs années était bien plus simple ; cependant, en les comparant l'un à l'autre, on constatera sans peine que les éléments fondamentaux de leur construction étaient pareils [1].

> « [La sphère armillaire *houen-yi*] est en bronze. (L'ensemble, appareils) extérieurs et intérieurs, forme trois étages. En bas elle repose sur un socle niveau d'eau, *chouen-ki*, en forme de croix, au bout (des quatre bras duquel) on plante des pieds de tortue pour marquer les quatre extrémités.
>
> Premier instrument, appelé Instrument des six points cardinaux, *lieou-ho yi*. — (Cet instrument) se compose du double Cercle du méridien céleste, *t'ien-king*, du Cercle transverse d'horizon, *houen-wei-kouei*, et du Cercle de la norme céleste, *t'ien-tch'ang*. (Les trois cercles) sont attachés les uns aux autres à l'intérieur des quatre extrémités. On y inscrit les vingt-huit mansions, les dix signes du cycle dénaire et les douze signes du cycle duodénaire, et on trace les 365^{d}.
>
> Deuxième instrument, appelé Instrument des Trois ordonnateurs du temps [2], *san-tch'en yi*. — Il est rond et a un diamètre de huit pieds. Il comprend le Cercle du Mouvement tournant, *siuan-ki*, le Cercle de l'écliptique, et le Cercle des déplacements de la Lune. Les degrés de distance des mansions célestes où circulent les sept luminaires y sont

[1] *T'ang houei yao*, k. 42, 5b ; résumé dans *Sin T'ang chou*, k. 31, 2b. — Les deux textes contiennent un certain nombre de fautes de copistes qui se corrigent d'elles-mêmes : *kin-tch'ang* à corriger en *t'ien-tch'ang* ; 355^{d} à corriger en 365^{d} ; *t'ien-sieou* à corriger en *lie-sieou*, etc.

[2] Le sens de ce nom est plus clair ici que dans l'astrolabe de Sou Song : en effet, avec 1° l'écliptique où circule le Soleil ; 2° le Cercle des déplacements de la Lune ; et 3° « les degrés de distance des mansions », les Trois ordonnateurs du temps, *san-tch'en*, Soleil, Lune et constellations, sont bien représentés.

inscrits. Il tourne à l'intérieur de l'Instrument des six points cardinaux.

pc.322 Troisième instrument, appelé Instrument des quatre déplacements, *sseu-yeou yi*. — L'axe du ciel, hiuan-tchou [1], sert de pivot ; on y attache le tube mobile, *yeou-yong*, de la Traverse de jade, *yu-heng*, et on y enfile les cercles et les diamètres [2]. De plus, sur l'axe du ciel, on dresse au nord la Constellation septentrionale ; au Sud (l'axe) traverse le pivot terrestre, *ti-tchou* ; il tourne en biais à l'intérieur [3]. De plus, la Traverse de jade est au milieu de l'axe du ciel, et est mobile du nord au sud, se levant pour regarder les signes et les mansions, se baissant pour reconnaître le degré de l'ombre de l'instrument. »

On reconnaît sans peine, en plus simple, l'instrument de Sou Song, avec sa disposition des divers éléments en trois instruments formant trois « étages » ou trois « couches », c'est-à-dire disposés concentriquement, le deuxième à l'intérieur du premier et le troisième à l'intérieur du deuxième ; tous trois sont indépendants et ont leur rôle propre, mais tous sont reliés ensemble par l'axe du ciel qui les traverse tous les trois et sur lequel ils sont enfilés. C'est à Li Tch'ouen-fong qu'on attribue cet arrangement des divers éléments formant la sphère armillaire en trois groupements complexes formant chacun un ensemble, et c'est certainement un perfectionnement.

---

[1] L'expression *hiuan-tchou*, peu claire, est expliquée par le *Song che*, k. 48, 3b, qui, résumant ce passage, la remplace par *t'ien-tchou*, axe du ciel : « 3° (L'Instrument des) quatre directions : (l'axe) nord-sud forme l'axe du ciel, *t'ien-tchou*, au milieu duquel est un tube mobile, *yeou-yong*, qu'on peut faire tourner en le faisant monter et descendre. »

[2] *Kouei-kiu*, litt. les compas et les équerres. L'Instrument des quatre déplacements, dans l'appareil de Li Tch'ouen-fong, ne comporte pas de cercle (c'est ce qui le distingue de celui de Sou Song). Li Tch'ouen-song explique que l'axe du ciel n'appartient pas seulement à l'Instrument des quatre déplacements, mais est le pivot de la sphère armillaire toute entière, et que non seulement il porte le Tube de visée, mais encore tous les cercles et barres droites formant les trois instruments sont enfilés sur lui.

[3] La Terre est figurée, non pas comme dans d'autres instruments par une planchette plate posée horizontalement, mais simplement par le cercle d'horizon et un diamètre horizontal que Li Tch'ouen-fong appelle le Pivot terrestre ; l'axe des Pôles le traverse, au centre du globe, mais les Pôles n'étant pas au zénith et au nadir, l'axe des Pôles n'est pas perpendiculaire à ce diamètre horizontal, il est incliné sur l'horizon et le traverse en biais.

C'est un appareil encore plus simple, mais pas très différent, pc.323 que nous montre la description de la sphère armillaire de 323, construite sous les Ts'ien Tchao par K'ong Ting [1].

> « La sphère armillaire de bronze qui fut placée devant la salle Tch'ong-yun du (palais) Houa-lin des Leang avait les dimensions que voici.
>
> [1° Cercle méridien double. —] Il y avait un double cercle, dont les deux anneaux étaient pareils et laissaient entre eux un intervalle de trois pouces et une fraction ; il était posé verticalement exactement dans la position nord-sud (terrestre). Entre le Nord et le Sud (terrestres) étaient les traverses, *heng*, des pôles Nord et Sud (célestes) se correspondant mutuellement : les deux traverses en se joignant (de façon à former un axe traversant la sphère, l'axe des Pôles) laissaient (entre elles) un creux ; elles figuraient l'axe nord-sud (céleste). Une gâche et un pêne en avant (= au sud) et en arrière (= au nord) y étaient appliqués.
>
> [2° Cercle de l'horizon. —] De plus il y avait un cercle unique transversal ; par rapport au haut et au bas, il était placé exactement à la moitié de la sphère ; il formait une circonférence complète et était gradué en degrés ; on y mettait les positions des points cardinaux et des (douze) signes (azimutaux) ; il représentait la Terre.
>
> [3° Cercle écliptique. —] De plus il y avait un cercle unique oblique faisant ceinture entre le nord et le sud, avec les équinoxes de printemps et d'automne se correspondant ; il formait lui aussi une circonférence complète divisée en degrés ; on y mettait les points cardinaux et les (douze) signes (zodiacaux) ; on l'attachait par les gâches et les pênes [2] et il restait immobile à l'intérieur.

---

[1] *Souei chou*, k. 19, 7b.

[2] Ce sont les gâches et les pênes « d'avant et d'arrière » de l'axe horizontal du cercle

[4° Cercle de manœuvre du Tube de visée. —] De plus il y avait un double cercle dont les deux anneaux étaient pareils, comme dans le double cercle extérieur (cercle N° 1) ; le diamètre intérieur était de huit pieds, la circonférence de vingt-quatre pieds, et il avait un double axe [1]. Les deux têtes de l'axe sortaient à l'extérieur du cercle chacune de deux pouces et un peu plus, pc.324 en se joignant de façon à ne former qu'un seul axe [2] à l'intérieur duquel il y avait un creux circulaire de plus de 2 pouces de diamètre ; la tête sud pénétrant sous la terre descendait dans le trou de l'axe sud du double cercle extérieur et représentait le pôle Sud ; la tête nord sortant au-dessus de la terre montait dans le trou de l'axe nord du double cercle extérieur et représentait le pôle Nord. Son mouvement le faisait tourner de l'est à l'ouest et figurait le mouvement du ciel. Dans l'intervalle de ce double axe, on plaçait une traverse, *heng*, de 8 pieds de long, percée en son milieu d'un trou de 1 pouce de diamètre [3] ; à la moitié de la traverse, des 2 côtés, il y avait une barre, *kouan* ; chaque (barre) était fixée dans un des axes : la traverse ainsi suivait le ciel et se déplaçait d'est en ouest. De plus dans l'intervalle entre les deux axes, (le tube) pouvait se lever ou s'abaisser vers le nord ou vers le sud, de sorte qu'on pouvait observer la succession des points azimutaux, examiner les degrés des signes, et en observant le déplacer comme on voulait.

D'après l'inscription qui y est gravée, c'est la sphère armillaire fabriquée la 6e année *keng-tch'ou* (323) de Lieou Yao par K'ong Ting ».

---

méridien, posé suivant la ligne nord-sud terrestre. Puisque le cercle écliptique porte les douze signes du zodiaque, il faut à chaque observation le mettre dans la position de l'écliptique à ce moment, et le fixer dans cette position à l'aide de ces serrures ; c'est donc un cercle mobile qu'on rend immobile par les « gâches et les pênes » au moment de chaque observation.

[1] Un axe pour chacun des deux anneaux formant le double cercle.

[2] La saillie de 2 pouces ainsi formée de la jonction des deux parties du double axe sert à fixer cet axe (et le cercle de manœuvre) aux deux pôles du cercle extérieur, c'est-à-dire du cercle méridien (cercle n° 1).

[3] C'est le Tube de visée.

Cette description qui, prise toute seule, serait peu claire, est facile à suivre si on la rapproche des précédentes. On y retrouve sans grand'peine les trois instruments concentriques de Li Tch'ouen-fong. Il y a d'abord deux cercles fixes dont les plans se coupent à angle droit, l'un vertical, cercle du méridien céleste, avec un axe horizontal qui marque le méridien terrestre, l'autre horizontal, cercle de l'horizon terrestre : c'est le bâti extérieur au-dedans duquel sont placées les autres parties ; c'est réduit à sa plus simple expression, l'Instrument des six points cardinaux de Li Tch'ouen-fong et de Sou Song, et comme celui-ci, c'est la figuration schématique du ciel et de la Terre. À l'intérieur, il y a un cercle simple mobile qui est le cercle de l'écliptique : on le fait tourner dans le sens du mouvement céleste, puis quand il est dans la position voulue pour correspondre pc.325 à l'état du ciel au moment de l'observation, on le fixe par des gâches et des pênes au bâti extérieur. C'est l'amorce du *san-tch'en yi* ultérieur, une amorce bien rudimentaire. Enfin encore à l'intérieur, est le cercle de manœuvre du Tube de visée, qui permet par un procédé un peu encombrant de viser dans les quatre directions, comme le fera plus tard le sseu-yeou yi des T'ang et des Song.

K'ong Ting et Li Tch'ouen-fong n'avaient jugé utile ni l'un ni l'autre de mettre un cercle équatorial dans leur sphère armillaire ; un cercle écliptique mobile leur paraissait suffisant. À l'inverse, ni Tch'ao Tch'ong [1], ni Kiai Lan (ou Hou Lan) [2] n'avaient mis de cercle écliptique [3] dans celles qu'ils construisirent au début du V^{e} siècle, le premier en 402, le second sous l'empereur Ming-yuan des Wei Septentrionaux (409-423). Cette élimination permettait de supprimer un des trois étages concentriques de la sphère armillaire de cette époque, et de

---

[1] *Wei chou*, k. 91, 1a.

[2] *Kieou T'ang chou*, k. 35, 2a ; *Sin T'ang chou*, k. 31, 3a. Bien que les deux ouvrages donnent également l'un et l'autre un résumé différent d'un mémoire de Yi-hang, la distinction entre les divers instruments qui y sont décrits est plus nette dans le *Kieou T'ang chou*, qui commence par décrire à part l'instrument de Kiai Lan, puis passe aux modifications que Yi-hang y a apportées, que dans le *Sin T'ang chou*, qui décrit sans les séparer les parties de l'ancien instrument conservées et les innovations de Yi-hang. — Sur l'instrument de Yi-hang, voir ci-dessus.

[3] Yi-hang, à qui nous devons la description de la sphère armillaire de Kiai Lan résumée ci-dessus, déclare à propos des perfectionnements qu'il y a introduits, que « l'ancien instrument (de Kiai Lan) n'avait pas de cercle écliptique » (*Sin T'ang chou*, k. 31, 2b).

n'avoir que deux éléments, la sphère elle-même avec tous ses cercles et l'instrument servant à l'observation.

Dans l'instrument de Kiai Lan, la sphère était un bâti extérieur fixe fait de trois cercles, le double cercle méridien *yang-king chouang-houan*, le simple cercle horizontal, *yin-wei tan-houan*, et le simple cercle zénithal, *t'ien-ting tan*-houan [1], tous trois de même dimension, ayant 17,30 pieds de circonférence extérieure et 14,64 pieds de circonférence intérieure, tous se coupant à angle pc.326 droit et partageant la sphère en 8 quartiers égaux. Le Cercle méridien passait par les Pôles et coupait le cercle horizontal aux points nord et sud (terrestres). Les Pôles étaient entourés chacun d'un cercle de 34^{d} (cercle de perpétuelle apparition et de perpétuelle disparition) ; ils étaient percés d'une ouverture circulaire de 2 ½^{d} de diamètre destinée à laisser passer l'axe de révolution de l'instrument d'observation. Le cercle horizontal, qui coupait la sphère parallèlement à l'horizon en deux parties égales et représentait la surface de la Terre, portait gravés en caractères d'or les 100 quarts d'heure du jour. Le cercle zénithal coupait le méridien au zénith et au nadir, et l'horizon à l'est et à l'ouest : le zénith et le nadir étaient à 36^{d} de l'équateur, à 12^{d} de l'écliptique, à 55^{d} (chacun d'un) des Pôles, à 91^{d} des points nord et sud de l'horizon. À l'intérieur de ces trois cercles était fixé, immobile aussi, le cercle simple de l'équateur qui avait 14 pieds 59 de diamètre, 8 pouces de large et 3 pouces d'épaisseur ; il n'y avait pas de cercle écliptique. Ces quatre cercles étaient la partie de l'instrument destinée à figurer schématiquement le ciel. À l'intérieur, on plaçait l'« instrument de révolution », *siuan-yi*, portant le Tube de visée, et destiné à permettre d'observer le ciel dans toutes les directions. Il était fait d'un double cercle tournant autour d'un axe ; la circonférence extérieure était de 14,61 pieds avec 8 pouces de large et 3 pouces d'épaisseur [2] ;

[1] J'ai traduit littéralement l'expression chinoise : il s'agit du cercle vertical est-ouest.

[2] Il se présente une difficulté quand on compare l'agencement des cercles aux longueurs des circonférences : les cercles extérieurs ont 14,64 pieds, le cercle de révolution 14,61 et le cercle écliptique 14,59 ; ce dernier, plus petit que le second, devrait être placé à l'intérieur ; mais les pênes et les gâches qui l'attachent à l'un des premiers (et non au second) interdisent cette disposition.

sur ses deux faces était gravée la division de la circonférence céleste en 365 ¼[d], marquée par des clous d'argent, chaque degré tenant 4 dixièmes de pouce (365 ¼ x 4 = 1.461 dixièmes de pouce, autrement dit 14,61 pieds). L'axe, qui formait le diamètre de ce cercle, pénétrait obliquement dans la tête des Pôles percée pour le recevoir d'une ouverture circulaire. En son milieu était monté le Tube de visée, qui avait 4,58 pieds de long, sur 1,2 pouce pc.327 de large et 1 pouce d'épaisseur, et dont le creux circulaire médian constituant la lunette, avait 6 dixièmes de pouce de diamètre.

L'instrument de Tch'ao Tch'ong, qui est décrit succinctement par un historien qui l'avait vu au VII[e] siècle à l'observatoire d'astronomie de la capitale des T'ang [1], était tout pareil. Bâti en fer, il se composait de six cercles : quatre cercles extérieurs fixes (cercle horizontal, cercle équatorial et deux cercles non définis passant par les pôles qui ne peuvent être que le cercle méridien et le cercle zénithal, comme dans la sphère de Kiai Lan), et deux cercles intérieurs mobiles auxquels était attaché un Tube de visée de 8 pieds de long. Ces deux appareils sont tellement semblables qu'on est tenté de croire qu'il s'agit en réalité d'un seul, décrit sous deux noms différents.

Un point curieux de la construction de ces deux sphères armillaires est la disposition symétrique de leurs cercles : trois des cercles extérieurs fixes sont perpendiculaires les uns aux autres, et à l'intérieur, l'appareil mobile posé obliquement aux cercles extérieurs, est perpendiculaire à l'équateur : étant donné le caractère de véritables jouets construits pour l'amusement de l'empereur qu'ont souvent ces instruments, on peut se demander si la suppression du cercle écliptique par Tch'ao Tch'ong et Kiai Lan n'est pas due au moins en partie à ce que son obliquité, en dérangeant la symétrie des autres cercles, nuisait au coup d'œil et à l'aspect général de leurs instruments. Mais on verra plus loin que l'écliptique ne jouait pratiquement presque aucun rôle dans l'astronomie chinoise de cette époque, les mouvements des astres mobiles étant rapportés à l'équateur.

---

[1] *Souei chou*, k. 19, 1b.

Tchang Heng avait décrit sa sphère armillaire dans un ouvrage particulier qui n'a pas été conservé. Mais nous connaissons l'instrument par les contemporains : Hiu Chen au début du II^e^ siècle en parle déjà dans son *Chouo wen* ; Ma Jong, en 140, une quarantaine d'années plus tard, Tcheng Hiuan (127-200), pc.328 dans leurs commentaires du *Chou king*, crurent y reconnaître le *siuan-ki* par lequel Chouen, d'après le *Yao-tien*, s'assurait du cours des astres. La tradition ancienne de l'enseignement du *Chou king* (telle qu'on la trouve notée dans le *Chang-chou ta-tchouan*, ou les « Gloses de Hia-heou l'Aîné » *Ta Hia-heou tchang-kiu*, par exemple), étant antérieure à l'invention de la sphère armillaire, n'avait pas songé à faire du *siuan-ki* un instrument astronomique, et y voyait simplement un nom de la Grande Ourse, qui, dirigeant le mouvement circulaire du ciel, pointe successivement le point cardinal de chaque saison. L'opinion de Ma Jong et Tcheng Hiuan fut généralement admise après eux, et la sphère armillaire, élevée à la dignité d'instrument inventé par un des Saints rois de l'antiquité, passa de la littérature technique à la littérature générale ; divers auteurs, sans donner une description complète de l'instrument de Tchang Heng, y font des allusions. Je donnerai d'abord la traduction des textes, en commençant par un court passage subsistant du mémoire de Tchang Heng, où l'instrument est succinctement décrit en quelques mots.

> « On fait une petite sphère, avec l'équateur et l'écliptique divisés chacun également en 365 ¼^d^, en commençant (la numérotation) au point où se trouve le solstice d'hiver, et on les fait se croiser ; on prend le pôle Nord et le Tube de visée... » [1]
>
> « (Dans le *Yao-tien*, le mot) *siuan*, c'est un beau jade ; (le mot) *ki*, c'est la sphère armillaire, *houen-t'ien yi*. Comme cet instrument peut tourner, on l'appelle l'Appareil, *ki*. (Le mot)

[1] Tchang Heng, *Houen-yi t'ou-tchou*, ap. *Heou-han chou*, k. 13, 10a, et ap. *K'ai-yuan tchan-king*, k. 1, 6a. Tchang Heng donne à propos du ciel et non de son appareil des indications qui devaient nécessairement se reproduire sur celui-ci ; il mettait le Pôle à 36^d^ au-dessus de l'horizon ; il évaluait l'obliquité de l'écliptique à 24^d^.

heng désigne le tube transversal qui se trouve au milieu ; c'est avec lui qu'on regarde les planètes et les constellations. Le *ki* est fait de jade *siuan*, le *heng* de jade (ordinaire) *yu*... [1]»

« Les termes *siuan-ki* et *yu-heng* désignent la sphère armillaire, pc.329 *houen-t'ien yi*... La partie (de l'instrument) qui se meut en tournant était l'Appareil, *ki*, la partie qu'on tient à la main pour observer était la Traverse, *heng* ; l'une et l'autre étaient en jade ; avec eux on regardait les degrés des mouvements (du Soleil, de la Lune et des cinq planètes, les *ts'i-tcheng*, dont parle le texte du *Yao-tien*)... [2] »

« Pour l'instrument de bronze dont on se sert aujourd'hui à l'Observatoire, *heou-t'ai*, du Bureau du Grand scribe, voici ses dimensions : on dresse un corps circulaire de 8 pieds... [3] »

« La Traverse de jade, *yu-heng*, (Tube de visée) est longue de 8 pieds ; son creux a une ouverture de 1 pouce de diamètre ; on regarde par l'ouverture inférieure pour observer les planètes, et les mansions. On suspend l'Appareil, *ki*, pour figurer le ciel, et on observe au moyen de la Traverse, *heng* ; on fait tourner l'Appareil et on observe par la Traverse pour connaître les planètes et les mansions [4] ».

« *Siuan*, c'est un beau jade ; l'Appareil, *ki*, et la Traverse, *heng*, sont en jade. C'est un instrument pour observer les constellations célestes ; on peut le faire tourner [5] ».

« La sphère armillaire, *houen-yi*, figure le corps rond du ciel ; elle contient le carré terrestre [6]... On fait la sphère armillaire pour figurer le corps du ciel. Le Pôle est le centre, le cercle

---

[1] Ma Jong, *Chang-chou tchou*, ap. *Kou-wen chang-chou tchou*, k. 1, 6b.
[2] Tcheng Hiuan, *Chang-chou tchou*, ap. *Kou-wen chang-chou tchou*, k. 1, 7a.
[3] Ts'ai Yong, *T'ien-wen tche* [?], ap. K'ong Ying-ta, *Chang-chou tcheng-yi*, (éd. *Che-san-king tchou-chou*), k, 3, 12b.
[4] Ts'ai Yong, *ibid*., 13a.
[5] Commentaire du *Chou king* composé au III^e^ siècle p. C. et attribué à K'ong Ngan-kouo (II^e^ siècle a. C.), k. 3, 12b (éd. *Che-san-king tchou-chou*)
[6] Lieou Tche, *Louen t'ien*, dans *Siu kou-wen yuan*, k. 9, 15a.

rouge (équateur) est le (plan de) déplacement rouge (du Tube de visée), c'est un anneau circulaire à 91^{d} et une fraction du Pôle... On dessine encore l'écliptique [1] ».

« La 7^{e} année yen-hi (164) de l'empereur Houan, le Chef Grand scribe Tchang Heng fit (une sphère armillaire) en bronze dont les dimensions étaient de quatre dixièmes de pouce par degré, et qui avait une circonférence de 14,61 pieds ; ... il la faisait tourner par l'eau d'une clepsydre... On ordonna aux fonctionnaires de $_{pc.330}$ fermer les portes et de crier pour annoncer à ceux qui observaient le ciel sur la Terrasse transcendante, *ling-t'ai* : quand telle étoile marquée sur le *siuan-ki* commençait à paraître, ou que la dite étoile culminait, ou qu'elle se couchait, tout était conforme (à ce que l'on observait dans le ciel). [2]

Le texte le plus détaillé sur la sphère armillaire ancienne est un peu postérieur aux Han : c'est la description de la sphère construite pendant la seconde moitié du III^{e} siècle p. C. dans l'empire de Wou par Wang Fan sur le modèle de celle de Tchang Heng. Wang Fan avait composé sur l'instrument fabriqué par lui un mémoire en un chapitre intitulé « Explication de la représentation de la sphère céleste », *Houen-t'ien-siang tchou* ou *Houen-t'ien-siang chouo* [3], qui est perdu aujourd'hui, mais dont le *Song chou* [4]au VI^{e} siècle, le *Souei chou* [5] et le

---

[1] Lieou Tche, *loc. cit.*, 17a.

[2] Yu Hi, *Ngan-t'ien louen*, ap. *Souei-chou*, k. 19, 7a. Il y a visiblement confusion entre la sphère armillaire, *houen-t'ien yi*, et le globe céleste, *houen-t'ien siang*, car c'est sur le deuxième seulement que les étoiles étaient marquées. D'autre part la date de *yen-hi* est impossible, Tchang Heng étant mort en 139.

[3] *Houen-t'ien-siang tchou* est le titre donné dans le *Souei chou*, k. 34, 7a ; *Houen-t'ien-siang chouo* dans le *K'ai-yuan tchan-king* ; dans la plupart des autres citations il est simplement appelé *Houen-t'ien chouo*. — Wang Fan, né en 228, fut nommé *san-ki-tchong-tch'ang-che* à l'avènement de Souen Hieou (258-263), puis fut envoyé en ambassade au Chou, et en revint après la mort de Hieou pour reprendre ses fonctions sous le nouvel empereur ; il fut mis à mort en 266 à l'âge de trente-neuf ans par ordre de Souen Hao, le dernier empereur des Wou (*San-kouo tche, Wou-tche*, k. 20, 1a-b). La construction de la sphère armillaire et la composition des mémoires qui l'accompagnent se placent donc entre 258 et 266.

[4] *Song chou*, k. 23, 1a-2b, 3a.

[5] *Souei chou*, k. 19, 7a.

Tsin chou [1] au VII^e^ siècle, le *K'ai-yuan tchan-king* au VIII^e^ siècle [2], le *Pei-t'ang chou-tch'ao* [3] ont conservé de nombreux et longs fragments qui nous en rendent des parties importantes [4]. Wang Fan y décrivait son instrument (c'est la partie qui a le plus souffert), et exposait à pc.331 ce propos ses idées sur la forme du monde, le ciel, les étoiles, les mouvements du Soleil et de la Lune.

Ce petit traité a été récemment traduit et commenté par MM. W. Eberhard et R. Müller [5] qui ont cru y reconnaître des remaniements et interpolations du IV^e^ siècle, à tort à mon avis. C'est sur des arguments d'ordre astronomique que MM. Eberhard et Müller appuient leur thèse : ils trouvent que la mesure de l'obliquité de l'écliptique (24^d^) et le lieu du solstice d'hiver (mansion Teou 21^d^) se rapportent l'un et l'autre à des faits réels du IV^e^ siècle alors que Wang Fan vivait au III^e^ siècle, et cet accord leur paraît assez important pour obliger à abaisser d'un siècle la date, sinon de l'ouvrage entier, au moins de quelques-unes de ses parties [6]. C'est pure illusion de leur part. Dans l'un et l'autre cas il s'agit d'observations anciennes que Wang Fan s'est borné à prendre dans le calendrier officiel de Wou [7], le calendrier K'ien-siang, *K'ien-siang li,* de Lieou Hong (196 p. C.), et que Lieou Hong lui-même avait empruntées à la « Dissertation sur le Calendrier », *Louen li,* de Kia K'ouei (92 p. C.) [8]. Les faits relevés par MM. Eberhard et Müller, loin de prouver que le *Houen-t'ien-siang tchou* a été remanié au IV^e^ siècle, montrent simplement que son auteur s'est servi d'observations du I^er^ siècle de notre ère sans les vérifier ; si les mesures données par Wang Fan sont fausses pour l'époque où il vécut et vraies pour une date postérieure, c'est à des erreurs ou des

---

1 *Tsin chou*, k. 11, 4a-5b.

2 *K'ai-yuan tchan-king*, k. 1, 10a-16b.

3 *Pei-t'ang chou-tch'ao*, k. 130, 11a, 11b, 12a.

4 Souen Sing-yen, *Siu kou-wen yuan*, k. 9, 30a-35a, a rassemblé ces fragments et en a donné une édition qui me paraît être la meilleure ; voir aussi Yen K'o-kiun, Ts'iuan Chang-kou San-tai Ts'in Han San-kouo Lieou-tch'ao wen, San-kouo wen, k. 72, 1a-5b

5 W. Eberhard et R. Müller, *Contributions to the Astronomy of the San-kuo Period*, ap. *Monumenta Serica*, II (1936), 150-156. Les traducteurs ont laissé de côté la première et la dernière page, ainsi que quelques lignes dans le cours de l'ouvrage : à peu près tous les passages se rapportant à la sphère armillaire ont ainsi disparu de la traduction.

6 W. Eberhard et R. Muller, *op. cit*.

7 *Tsin chou*, k. 17, 4a.

8 [Sseu-ma P'iao, *Siu Han chou*] — *Heou-han chou*, k. 12, 2a.

imprécisions des astronomes du temps des Han [1] qu'il faut attribuer le fait, et non à l'intervention d'un pc.332 interpolateur ultérieur. Rien de ce qui subsiste de l'opuscule de Wang Fan ne justifie l'hypothèse d'une falsification, d'un remaniement ou d'une interpolation.

Je donne ici la traduction des passages [2] se rapportant à la description de la sphère armillaire.

> « Ce que le Yu chou [3] appelle « observer le *siuan-ki* et le *yu-heng* afin de se régler sur les Sept Gouverneurs », c'est (ce qu'on appelle) aujourd'hui la sphère armillaire, *houen-t'ien yi*, le Soleil, la Lune, et les cinq planètes...
>
> Dans les anciennes sphères armillaires, 2 dixièmes de pouce faisaient 1^{d} ; la circonférence avait en tout 73 ½ pouces. Au temps des Han, Tchang Heng, changeant les mesures [4], donna au degré (de sa sphère) 4 dixièmes de pouce ; en tout la sphère avait 14 pieds, 6 pouces et un dixième de pouce de circonférence [5]...
>
> « Je trouve que l'ancien modèle est trop petit pour le déploiement des constellations zodiacales ; leur écartement est trop serré pour qu'on puisse observer parfaitement. Mais l'instrument construit par Tchang Heng a de son côté le défaut d'être très difficile à faire tourner. Dans mon mémoire précédent, j'ai exposé à V. M. (mon système de) 3 dixièmes de pouce par degré ; et Vous avez daigné m'ordonner de construire

---

[1] Ou même à une trop grande précision des interprètes modernes : n'est-il pas exagéré de prétendre sinon tirer une date ancienne, du moins en confirmer l'exactitude à moins d'un siècle près par les variations de l'obliquité de l'écliptique qui est de moins d'une minute de degré par siècle ?

[2] Wang Fan, *Houen-t'ien-siang chouo*, ap. Souen Sing-yen, *Siu kou-wen yuan*, k. 9, 37a (1er alinéa) ; 43b (2^{e} et 3^{e} alinéas) ; 37b-38a (4^{e} alinéa) ; 42b (5^{e} alinéa). — Dans sa description de la sphère armillaire, Wang Fan suit de très près Tchang Heng et reproduit textuellement des passages du *Houen-t'ien-yi t'ou-tchou* de celui-ci, autant que l'on peut en juger par les quelques fragments qui en subsistent.

[3] C'est le titre général de la section du *Chou king* qui contient le chapitre *Yao-tien* et *Chouen tien*.

[4] Wang Fan fait allusion à une petite sphère armillaire moitié moindre de celle de Tchang Heng (le degré y était de 2 dixièmes de pouces) qu'il considère comme plus ancienne.

[5] 1461,1 : 4 = 365,25. Dans l'« ancienne sphère », 73,05 : 2 = 36,5 ¼.

(un instrument sur ce modèle). La circonférence en est de 109 pouces, 5 ¾ dixièmes de pouce, en augmentation de 36 pouces, 5 ¼ dixièmes de pouce sur l'ancien modèle, et en diminution également de 36 pouces, 5 ¼ dixièmes de pouce sur (l'instrument de) Tchang Heng. Suivant le type des globes célestes, *houen-siang*, l'écliptique et l'équateur ont chacun 1 ½^{d} de largeur : c'est ce qui s'est toujours fait dans tous les globes célestes anciens et modernes. (Par conséquent) l'écliptique et l'équateur ont chacun 4 ½ dixièmes de pouce de largeur, et ils s'écartent l'un de l'autre de 7 pouces, 2 dixièmes $_{pc.333}$ de pouce [1]. Le tube (de visée) à l'intérieur de la sphère armillaire est le *siuan-ki* (du *Yao-tien*), les cercles extérieurs (méridien et horizon) la Traverse de jade, *yu-heng* [2].

« (La sphère céleste) a 365^{d} 145/589 de tour... La moitié en est au-dessus, la moitié au-dessous de la Terre... Les deux sommets s'appellent le pôle Sud et le pôle Nord : ils sont le milieu du ciel (chacun dans son hémisphère). Le pôle Nord est juste au Nord ; il s'élève à 36^{d} au-dessus de la Terre ; le pôle Sud est juste au Sud : il s'enfonce à 36^{d} au-dessous de la Terre. Les deux Pôles sont à 182^{d} 7/12 l'un de l'autre. Toutes les étoiles se meuvent, et le pôle Nord reste immobile : c'est comme les rayons et l'essieu d'une roue de char. Dans un cercle de 72^{d} de diamètre autour du pôle Nord, les étoiles sont toujours visibles, c'est ce qu'on appelle le Cercle supérieur, *chang-kouei* (cercle de perpétuelle apparition) ;

---

[1] Le degré ayant 3 dixièmes de pouce, la largeur de la bande représentant l'équateur et de la bande représentant l'écliptique est de 3 x 1 ½ = 4½ dixièmes de pouce ; et l'intervalle extrême entre l'équateur et l'écliptique étant de 24^{d} il est représenté sur la sphère par 24 x 3 = 72 dixièmes de pouce. On remarquera le passage des dispositions de la sphère armillaire *houen-yi*, à celles du globe céleste, *houen-siang*. Wang Fou semble vouloir dire qu'il a transporté sur sa sphère armillaire une manière de figurer l'équateur et l'écliptique sur des bandes de 1 ½^{d} de large qui jusqu'à lui n'était employée que dans les globes célestes.

[2] On remarquera que les identifications ordinaires sont changées : c'est le tube de visée qui est toujours mis en relation avec le *yu-heng* et les cercles dont la réunion figure le ciel, avec le *siuan-ki*. Cela n'a aucune importance puisqu'il ne s'agit que d'identifications purement imaginaires, le *siuan-ki* et le *yu-heng* du *Yao tien* n'ayant rien à faire en réalité avec la sphère armillaire de Tchan Heng. Il est du reste probable qu'il y a là simplement une interversion due à un copiste.

> dans un cercle de 72^{d} de diamètre autour du pôle Sud, les étoiles sont toujours invisibles, c'est ce qu'on appelle le Cercle inférieur, *hia-kouei*. La distance du Cercle inférieur au pôle Nord et celle du Cercle supérieur au pôle Sud est de 144^{d} 7/12 [1]. Dans la sphère armillaire (l'intervalle entre) ces deux cercles est (appelé) le Cercle central, *tchong-kouei*.
>
> L'écliptique et l'équateur se croisent ; dans l'intervalle (des points de croisement) ils s'éloignent l'un de l'autre à une distance de 24^{d}, d'après les observations faites avec l'Instrument des deux déplacements, *leang-yeou yi*. pc.334

L'ensemble de ces passages, sans être aussi précis qu'on pourrait le désirer, apporte cependant assez de renseignements pour permettre, par comparaison avec les descriptions détaillées des instruments des Ts'ien-tchao, des T'ang et des Song, de se faire une idée de celui de Tchang Heng et de ses successeurs immédiats. Le premier point est de reconnaître exactement quels sont les éléments de cette construction.

D'abord les cercles : Tchang Heng nous dit formellement que la sphère comporte l'équateur et l'écliptique ; de plus il parle d'opérations faites en « prenant le pôle Nord » ; ce qui implique l'existence d'un cercle méridien ; il n'est pas parlé explicitement d'un cercle horizontal, mais ce cercle qui se trouve dans tous les appareils chinois connus ultérieurement ne peut avoir manqué dans la sphère de Tchang Heng : c'est lui en effet qui doit représenter la Terre à l'intérieur de la sphère, malgré l'épithète de « carrée » qu'on attribue traditionnellement à la Terre ; c'est l'horizon, et il est nécessaire pour permettre de distinguer à première vue la moitié visible de la moitié invisible de l'équateur et de l'écliptique à une date donnée. D'autre part, au point de vue de la construction même, il me semble que deux cercles fixes sont le cadre minimum nécessaire pour tenir en position la partie mobile de l'instrument. Ces cercles donnent une figure schématique du ciel, *siang t'ien-ti*, comme disent les auteurs des Han. Ce

[1] Il me semble qu'il faudrait 146^{d} 7/12 ; en effet, le demi-diamètre du Cercle supérieur étant de 36^{d} et la distance des deux Pôles étant de 182^{d} 7/12, on doit trouver 182 7/12 — 36 = 146^{d} 7/12.

sont (avec l'équateur en plus) ceux que comportait la sphère de 323.

En second lieu, l'appareil de visée, l'« Instrument des deux déplacements, *leang-yeou yi*, prototype de l'Instrument des quatre déplacements ultérieur : c'est un tube mobile, dont le milieu est fixé exactement au milieu de la sphère sur l'axe des pôles, constitué par une aiguille joignant les deux pôles, ainsi que le décrit Tchang Heng. Il est ainsi posé obliquement à l'horizon, dans le plan de l'équateur ; et puisque la mobilité complète de haut en bas, et de droite à gauche, et réciproquement, est exprimée par le terme « quatre déplacements » *sseu-yeou*, pc.335 l'« instrument des deux déplacements » n'a qu'une mobilité restreinte, soit de haut en bas et de bas en haut, soit de droite à gauche et de gauche à droite. L'emploi que nous en expose Tchang Heng dans un passage que je traduirai un peu plus, loin, pour la mesure des degrés de l'équateur sur l'écliptique, montre qu'il se déplaçait le long de l'équateur : le Tube de visée de cet appareil n'était donc à l'époque des Han mobile que de droite à gauche et réciproquement, dans le plan de l'équateur ; cela va de soi, d'ailleurs, puisqu'il est monté directement sur l'axe des Pôles qui lui sert de pivot. Le progrès, réalisé dès 323, qui lui donna une mobilité plus complète, était un progrès technique : addition d'un cercle supplémentaire mobile, placé à l'intérieur du cercle méridien et ayant à l'intérieur une règle mobile passant par son centre, et au milieu de laquelle le Tube de visée, mobile lui-même, était fixé ; la règle se déplaçant de haut en bas et réciproquement le long de la circonférence du Cercle des quatre déplacements, et le tube étant, comme de tout temps, mobile seulement de droite à gauche et réciproquement, la combinaison des deux mouvements permettait de viser tout point du ciel.

Cet instrument, nous savons par Tchang Heng lui-même qu'il tournait, mû par la force hydraulique, et suivait exactement la révolution diurne, étant réglé par une clepsydre. Tchang Heng avait consacré à l'explication de son appareil-moteur un ouvrage dont il ne reste plus aujourd'hui que quelques lignes, relatives à la clepsydre elle-même, et insuffisantes pour

nous donner une idée de ses procédés ; Sou Song, à qui j'ai déjà fait d'abondants emprunts, donne une description très détaillée du procédé qu'il avait lui-même employé pour faire manœuvrer par l'eau une sphère armillaire, un globe céleste et une horloge réunis en un seul appareil ; mais ses travaux montrent un art de l'ingénieur tellement plus avancé que celui des Han, qu'il ne me sembla pas utile de traduire cette partie de son livre : cela ne nous apprendrait rien sur ce qu'avait pu réaliser Tchang Heng. Tout pc.336 ce que l'on peut dire est que celui-ci avait réussi à régler le mouvement de la sphère d'une façon qui émerveilla les contemporains. Ceux-ci, quand ils parlent du mouvement de l'appareil, distinguent la partie qui tourne et celle qu'on tient à la main pour observer, cette dernière étant le Tube de visée, qui occupe le milieu de l'instrument, et l'autre étant constituée de ce que Wang Fan appelle les cercles extérieurs. Mais il est évidemment impossible que l'appareil extérieur ait tourné tout entier sans entraîner avec lui le Tube de visée ; il devait donc y avoir, même parmi les « cercles extérieurs », des cercles fixes. Et en effet, on ne peut imaginer un mouvement de tout l'ensemble auquel le méridien participât [1].

On se trouve ainsi une fois de plus amené à imaginer un arrangement analogue à celui des sphères plus récentes : un cadre extérieur immobile constitué par deux cercles de 14 pieds, 61 dixièmes de pouce de circonférence (3,48 m) se coupant à angle droit, le méridien et l'horizon, le premier vertical, le second horizontal et sur le premier le pôle Nord placé à 36^{d} au-dessus du cercle d'horizon ; à l'intérieur les deux cercles de l'équateur et de l'écliptique se coupant suivant un angle de 24^{d}, le premier perpendiculaire à l'axe des pôles, formant à l'intérieur du cadre fixe un ensemble doublement mobile, premièrement à volonté par un

[1] Au XIII^{e} siècle, Ko Cheou-king imagina, sous le nom de « cercle vertical mobile », *li-yun houan*, un méridien monté sur un pied et tournant : de cette façon il avait une graduation verticale, disposée sur un cercle passant par les Pôles bien en place et utilisable immédiatement, sans avoir de préparatifs à faire pour s'assurer de sa position correcte ; mais c'était un instrument séparé, destiné à représenter, non le méridien du lieu, mais un méridien quelconque. Il a porté ce méridien mobile dans sa sphère armillaire, supprimant l'ancien méridien fixe. (*Yuan che*, k. 48, 2b ; Wylie, *op. cit.*, 446, 442). Naturellement ce méridien mobile a un mouvement propre et ne participe pas à un mouvement général de la sphère. Ce n'est plus qu'une des graduations perpendiculaires à l'équateur pour permettre la mesure des distances polaires.

réglage (qui n'est pas défini) permettant de le fixer successivement dans les position de chaque saison, pour suivre la révolution annuelle, et deuxièmement automatiquement par la force hydraulique $_{pc.337}$ contrôlée par la clepsydre, de façon qu'il suivît la révolution diurne. Au milieu l'appareil de visée fixé sur l'axe des pôles et par conséquent rattaché au cadre fixe, qu'on déplace avec la main dans le sens de la révolution diurne ou à rebours de celle-ci, mais toujours dans le plan de l'équateur.

Telle est la manière dont nous pouvons nous représenter le *houen-t'ien-yi* de Tchang Heng. Il faut ajouter que l'ensemble devait être posé sur un pied, et c'est par l'intermédiaire de ce pied que, comme dans les appareils ultérieurs, la force motrice était communiquée ; mais il n'en existe aucune description.

On pourrait être tenté de croire, dans l'invention de cet instrument, à une influence occidentale : vers la même époque Ptolémée décrit une sphère armillaire qui n'était qu'un perfectionnement de celle d'Hipparque bien plus ancienne. Mais quoique le principe et l'aspect général fussent les mêmes, les deux instruments étaient tout différents. Ptolémée a deux cercles fixes, l'armille écliptique et l'armille solsticiale, la première parallèle au plan de l'écliptique et la seconde perpendiculaire à la première ; et il a de plus des cercles mobiles qui sont des cercles de latitude ; avec ces cercles il se passe de l'équateur et peut se contenter d'en marquer les pôles, mais il a soin de placer les pôles de l'écliptique autour desquels il fait tourner ses cercles de latitude. De ces cercles, l'instrument de Tchang Heng n'a que l'armille solsticiale qui est le cercle méridien ; il a en plus un cercle de l'équateur ; son écliptique est mobile, et les pôles n'en sont même pas marqués ; enfin l'alidade de visée est placée dans le plan équatorial. Comme on le voit, il n'y a guère de commun que le principe général de représenter le ciel par une sphère imaginaire indiquée seulement par quelques cercles fondamentaux qui se recoupent ; mais les cercles choisis sont différents.

À quoi servait cet instrument ? À l'observation des astres, dit-on : c'est l'usage auquel on le fait employer par Chouen. Mais il ne peut servir en

rien à l'observation des astres. Le globe pc.338 céleste, si le mouvement en est bien réglé, peut aider à repérer la position d'une planète ou d'une étoile, l'armille écliptique équatoriale de Kia K'ouei à tracer sur le ciel les circonférences de l'équateur et de l'écliptique, le Tube de visée séparé, à isoler l'astre cherché au milieu de ceux qui l'entourent ; mais la sphère de Tchang Heng, qui n'était pas un globe céleste, où le réglage des cercles de l'équateur et de l'écliptique ne pouvait pas ne pas être compliqué, et où le Tube de visée n'avait qu'un champ d'action limité, était d'un usage bien moins pratique que les instruments isolés. Aussi bien voit-on, dès qu'on sort des formules générales, qu'en tant qu'appareil d'observation il sert surtout à des fins astrologiques : on compare à son mouvement supposé parfait le mouvement de l'astre et on tire des pronostics de l'accord ou du désaccord observé.

> « (Chouen) observa le *siuan-ki* et le *yu-heng* afin de se régler sur les Sept gouverneurs, *ts'i-tcheng*. Si une planète passe au méridien alors que le *siuan-ki* n'a pas encore passé au méridien, c'est (qu'il y a excès de) vitesse (dans les mouvements célestes) ; quand il y a (excès de) vitesse (dans le ciel), le Soleil dépasse les degrés (où il devrait se trouver normalement), la Lune n'atteint pas sa mansion (au temps voulu par rapport au Soleil). Si une planète n'est pas encore passée au méridien alors que le *siuan-ki* y est déjà passé, c'est qu'il y a de la lenteur (dans les mouvements célestes) ; quand il y a de la lenteur, le Soleil n'atteint pas le degré (où il devrait se trouver), et la Lune dépasse sa mansion. Si une planète passe au méridien en même temps que le *siuan-ki*, c'est qu'il y a accord ; quand il y a accord, le vent et la pluie viennent en leur temps, les plantes et les arbres sont florissants, les céréales mûrissent, tous les êtres se portent bien [1].

Ce genre d'observation faisait partie des devoirs des astronomes encore plus qu'à moitié astrologues de l'époque des Han, mais on ne peut vraiment y voir des observations astronomiques.

---

[1] *Chang-chou k'ao-ling-yao*, ap. *Souei chou*, k. 19, 6b.

Tchang Heng expose assez longuement un usage vraiment pc.339 astronomique : il explique comment il faut s'en servir pour déterminer le degré de la graduation de l'écliptique auquel correspond un degré donné sur l'équateur. Les connaissances mathématiques des Chinois à cette époque étaient trop peu développées pour qu'ils pussent résoudre le problème par la géométrie comme l'avait fait Hipparque quelques siècles auparavant. Tchang Heng employa la sphère armillaire pour supprimer tout calcul et opérer la conversion à vue par la simple inspection de l'appareil. Voici son procédé tel qu'il le décrit [1].

> « Les nombres d'avance et de recul (des degrés de l'équateur portés) sur l'écliptique, réellement, c'est en observant et en mesurant avec l'armille de bronze (les déplacements du) Soleil et de la Lune qu'on les connaît : on prend une période d'un an pour les observer ; mais pendant ce temps, il y a des moments de mauvais temps et de pluie, et il est difficile d'en venir à bout complètement.
>
> C'est pourquoi on fait une petite sphère, avec l'équateur et l'écliptique sur chacun desquels on porte à distance égale les 365 ¼^{d}, en commençant (la numérotation) au point où se trouve le solstice d'hiver, et en les faisant se croiser. On prend le pôle Nord et le Tube de visée ; tous deux sont percés d'une aiguille pour faire l'axe.
>
> On prend une lanière mince de bambou, et on en perce les deux extrémités, de façon que l'intervalle entre les deux trous soit égal à la moitié (de la circonférence) de la sphère, et on l'enfile (sur les deux Pôles) ; et on prend soin que la lanière soit en contact avec la sphère. Alors on compte la moitié (de la sphère) à partir de l'aiguille (qui sert d'axe), cela fait 182 5/8^{d}, ce qui est la moitié (de la circonférence de la sphère, qu'on parte) du Tube de visée ou de l'aiguille.

[1] Tchang Heng, *Houen-t'ien-yi t'ou-chouo*, ap. *Heou-han chou*, k. 13, 10b ; *K'ai-yuan tchan-king*, k. 1, 2a.

> Puis on prend le milieu de la lanière de bambou... On fait en sorte que le point de la moitié de la lanière soit placé exactement par rapport à ses deux extrémités, et concorde avec le milieu de l'aiguille. On fait en sorte que le point de la moitié du filament commence sa graduation à partir du solstice d'hiver. À chaque déplacement, on regarde combien de degrés le point de la moitié du filament fait en plus ou en moins sur pc.340 l'équateur et l'écliptique (l'un par rapport à l'autre). Cette quantité c'est le nombre de l'avance ou du recul (des degrés de l'équateur portés) sur l'écliptique. Quand (d'autre part) on compte les degrés à partir du pôle Nord, c'est le nombre de degrés de distance polaire. On divise l'équateur et l'écliptique tous les deux en 24 *k'i* : les *k'i* sont distants l'un de l'autre de 15 7/16^{d} ; et pour chaque *k'i* il y a 1^{d} d'avance ou de recul sur l'écliptique (par rapport à l'équateur). La raison en est que comme l'écliptique suivant les saisons se rapproche du pôle Nord ou du pôle Sud, les lieux (où il s'en rapproche) sont un peu obliques, tandis que l'équateur va tout droit ; aussi en mesurant (un point donné) avec la lanière de bambou, il y a (tantôt) plus (tantôt moins) de degrés que sur l'équateur.

Le procédé consiste en somme à promener sur la graduation de l'équateur une lanière de bambou égale à la moitié de la longueur de la circonférence, dont les deux extrémités sont attachées aux deux Pôles, et à relever le chiffre de la graduation de l'écliptique correspondant au nombre de degrés de l'équateur des *sieou* et des *k'i* : cette lanière de bambou me paraît jouer le même rôle que la languette (*safîha*) de la sphère armillaire des astronomes arabes, elle aussi fixée au Pôle par une de ses extrémités et ayant l'autre extrémité sur l'équateur. Le Tube de visée sert à viser et à isoler les étoiles déterminatrices des *sieou* qui marquent approximativement le début de chacun d'eux.

Le procédé décrit par Tchang Heng est compliqué et peu précis. On a tant et si souvent admiré la simplicité de l'astronomie chinoise

ancienne et fait ressortir les avantages de son caractère « diurne et équatorial » qu'il n'est pas inutile de faire constater par des exemples que les Chinois eux-mêmes n'ont pas toujours trouvé les choses si simples qu'elles peuvent sembler à des modernes pour qui les problèmes sont résolus d'avance.

C'est par ce procédé que furent vérifiées au II^e^ siècle de notre ère à l'aide de la sphère armillaire les mesures de chacune des vingt-huit mansions, *sieou*, sur l'écliptique, prises pour la première fois au siècle précédent au moyen de l'armille écliptique, et qu'on pc.341 essaya empiriquement de mettre d'accord les mesures équatoriales et écliptiques. L'emploi du nouvel instrument n'apporta pas une exactitude plus grande aux résultats obtenus précédemment sans lui. Ce que nous savons de cette question sort d'un petit opuscule de Ts'ai Yong : l'ouvrage, composé en 178, et perdu en tant que livre séparé, avait été recueilli, au moins en abrégé, par Sseu-ma P'iao dans le chapitre sur le Calendrier de son *Siu Han chou*, et il se trouve que ce chapitre est un de ceux qui ont été ajoutés au *Heou-han chou* pour tenir lieu des « Traités », *tche*, que Fan Ye n'avait pas écrits. Les observations avaient été faites par Lieou Hong, le grand astronome de la seconde moitié du II^e^ siècle. On y trouve notés : le nombre de degrés de chaque mansion sur l'équateur, le nombre de degrés sur l'écliptique ; or les chiffres de Lieou Hong sont ceux qu'avait déjà donnés Kia K'ouei en 103 p. C. dans sa « Dissertation sur le Calendrier » *Louen-li* : aucun progrès n'avait donc été réalisé sur ce point depuis soixante-quinze ans. Les « avances et reculs », *tsin-t'ouei*, y étaient marqués aussi, c'est-à-dire le nombre variable de degrés qu'il faut ajouter ou retrancher aux degrés des mansions comptés sur l'équateur à partir du début de chaque mansion pour obtenir les degrés correspondants comptés sur l'écliptique [1] ; les chiffres de ces « avances et reculs » qui ne représentaient rien à l'esprit des copistes n'ont pas toujours été reproduits correctement, mais il suffit de disposer les vingt-huit mansions en double graduation continue sur l'équateur et sur l'écliptique pour que les fautes se corrigent d'elles-mêmes.

[1] Ce que les Chinois veulent établir par ce procédé, ce n'est pas la longitude de l'astre observé ; c'est la longitude du point d'intersection de l'ascension droite de cet astre et de l'écliptique ; voir ci-dessous, p. 125 et suiv.

Le tableau suivant met en regard les diverses données de Lieou Hong [1]. Les graduations continues [2] sont faites en prenant pc.342 pour point de départ (1^{d}) le lieu du solstice d'hiver, c'est-à-dire le 21^{d} de Teou sur l'équateur qui correspond au 19^{d} de Teou sur l'écliptique [3]. Les chiffres des « avances et reculs » tels qu'ils ressortent de la comparaison des deux graduations, écliptique et équatoriale, sont donnés en une colonne à côté des chiffres donnés par le texte ; dans ces deux colonnes le mot *tsin* « avance » est rendu par le signe + et le mot *t'ouei* « recul » par le signe —. Un tableau analogue a été dressé par Li Chouei dans ses « Procédés du calendrier K'ien-siang des Han », *Han k'ien-siang chou* [4] ; MM. Eberhard et Müller ont également dressé un tableau similaire dans leur *Contribution to the Astronomy of the San-kuo Period* [5] ; mais ils ont placé le solstice d'hiver au 21^{d} de Teou sur l'écliptique aussi bien que sur l'équateur [6], ce qui est contraire aux observations faites officiellement en 103 p. C. et adoptées dans le calendrier K'ien-siang, d'après lesquelles le solstice d'hiver était placé à de Teou sur l'écliptique [7] ; et cette erreur de 2^{d} qui supprime presque entièrement les « reculs » pour les remplacer par des « avances » moindres, et fait disparaître les points o que pc.343 Ts'ai Yong avait notés fort exactement en ne marquant à ces endroits ni « avance »

---

[1] *Heou-han chou*, k. 13, 9a-b.

[2] Les graduations de l'équateur et de l'écliptique ne sont pas continues à partir d'un point fixe (le solstice d'hiver par exemple) ; il n'y a que les graduations particulières des mansions, et les « avances et reculs » sont donnés pour ces graduations. Mais il nous est plus facile de les comprendre en passant par l'intermédiaire d'une graduation continue. Par exemple le 1^{d} de la mansion Niu est, en comptant suivant une graduation continue, à 13^{d} du solstice d'hiver sur l'équateur et à 12^{d} sur l'écliptique ; il y a « avance » de 1^{d} (+1^{d}), c'est-à-dire que, suivant la graduation particulière de la mansion Niu, le 1^{d} de Niu sur l'équateur devient le 1 + 1 = 2^{d} de Niu compté sur l'écliptique.

[3] Les graduations continues ont été ajoutées par moi pour faciliter les comparaisons ; le *Heou-han chou* ne donne que les graduations particulières de chaque mansion, ainsi que je viens de le dire.

[4] Je n'ai pas l'ouvrage de Li Chouei à ma disposition : j'en connais les tableaux reproduits par Wang Sien-k'ien, *Heou-han chou ki-kiai, tche*, k. 3, 31b-32a.

[5] *Monumenta Serica*, II (1933), p. 159-160.

[6] Les solstices et les équinoxes sont les seuls points où le nombre des degrés est le même sur l'équateur et sur l'écliptique : dans notre graduation en 360° ils sont à 0°, 90°, 180° et 270° (en commençant à l'équinoxe du printemps) ; dans la graduation chinoise en 365 ¼^{d} (sans 0^{d}), ils sont à 365^{d}, 91 ¼^{d} 182 ½^{d}, 273 ¾^{d} (en commençant au solstice d'hiver). Le solstice d'hiver est donc au 365^{d} à la fois sur l'équateur et sur l'écliptique ; mais cet accord de l'écliptique et de l'équateur, vrai quand on considère la graduation continue de la circonférence, disparaît naturellement quand on compte les degrés, comme font les Chinois, suivant une graduation particulière de chaque mansion.

[7] *Heou-han chou*, k. 12, 3a ; 12a.

ni « recul », détruit la symétrie du tableau.

	Longueur des mansions mesurée sur l'		Graduation continue1		Avances et reculs	
	Équateur	Écliptique	Équateur	Écliptique	Texte Corrigé2	Texte Incorrect3
1. Teou	26^d	24^d	345^d	347^d	-2^d	-1^d
[Solstice hiver]	21	19	365	365		
[Déb. graduation]	22	20	1	1	0	
2. Nieou	8	7	6	6	0	0
3. Niu	12	11	14	13	+1	+1
4. Hiu	10	10	26	24	+2	+2
5. Wei	16	16	36	34	+2	+3
6. Che	16	18	53	50	+3	+2
7. Pi	10	10	69	68	+1	+2
8. K'ouei	16	17	78	78	0	0
9. Leou	12	12	94	95	−1	+2
10. Wei	14	15	106	107	−1	+2
11. Mao	11	12	120	122	−2	+2
12. Pi	16	16	131	134	−3	+2
13. Tsouei	2	3	147	150	−3	−2
14. Chen	9	8	149	153	−4	−4
15. Tsing	33	30	158	161	−3	−3
16. Kouei	4	4	191	191	0	0
17. Lieou	15	14	195	195	0	0
18. Sing	7	7	210	209	+1	+1
19. Tchang	18	17	217	216	+1	+1
20. Yi	18	19	235	233	+2	+1
21. Tchen	17	18	53	252	+1	+1
22. Kio	12	13	270	270	0	0
23. K'ang	9	10	282	283	−1	−1
24. Ti	15	16	291	293	−2	−2
25. Fang	5	5	306	309	−3	−3
26. Sin	5	5	311	314	−3	−3
27. Wei	18	18	316	319	−3	−3
28. Ki	11	10	334	337	−3	−3

pc.344 La symétrie des « avances et reculs » est naturellement plus

---

1 C'est ce que les Chinois appellent « nombre des degrés additionnés », *tsi-tou chou* (*Ts'ien-han chou*, k. 21 B, 8a).

2 Comme je l'ai déjà dit, la correction consiste simplement à soustraire le nombre de degrés de l'équateur (en graduation continue) de celui de l'écliptique, ou l'inverse. Je rappelle que les signes + et — (qui traduisent *tsin* et *t'ouei*) s'appliquent à l'« avance » ou au « recul » des degrés de l'écliptique par rapport à ceux de l'équateur, c'est-à-dire non pas de la longitude des mansions par rapport à leur ascension droite, mais de la longitude du point où l'ascension droite de la mansion coupe l'écliptique ; et ils les comptent (comme d'ailleurs sur l'équateur), non suivant une graduation continue, mais suivant une graduation particulière pour chaque mansion : c'est pourquoi la différence est de signe inverse du signe qui ressort de la comparaison des deux graduations. Par exemple : le début de Hiu est à 26^d du solstice sur l'équateur et à 24^d sur l'écliptique ; il paraît en retard (-2^d) d'après la graduation continue ; il est dit au contraire en avance : en effet le 26^d équatorial, qui est le 1^d de Hiu sur l'équateur, est le 3^d de Hiu sur l'écliptique, puisque Hiu commence à 24^d.

3 J'ai inscrit dans cette colonne les nombres donnés dans le texte tel qu'il nous est parvenu. On voit que les erreurs se bornent à avoir parfois confondu entre eux les caractères écrivant les nombres 1, 2 et 3, confusions constantes en chinois, et à avoir continué quatre fois de trop à écrire le caractère *tsin* () après l'équinoxe de printemps, quand il devait être remplacé par le caractère *t'ouei* (—). C'est peu de chose si on songe que ces indications étaient toutes entièrement dépourvues de sens pour les copistes.

visible dans la série des 24 demi-mois solaires, *tsie-k'i*, puisque ceux-ci sont uniformément de 15^d 7/12 et commencent au solstice d'hiver. Le *Heou-han chou* en donne également la liste [1] ; mais il ne donne que sur l'équateur les positions du Soleil à son entrée dans chaque *tsie-k'i*, en se contentant d'ajouter les indications relatives aux « avances et reculs » (comme pour les 28 mansions) grâce auxquelles on peut calculer les positions sur l'écliptique. pc.345

	Début des *tsie-k'i*				Avances et reculs
	En degrés des mansions [2]	d	En graduation continue	d	
1. *Tong-tche*	*Teou*	21 8/32		1	−2
2. *Siao-han*	*Niu*	2 7	16	7	+2
3. *Ta-han*	*Hiu*	5 14	31	14	+2
4. *Li-tch'ouen*	*Wei*	10 21	16	21	+2
5. *Yu-chouei*	*Che*	9 28	61	28	+3
6. *King-tche*	*Pi*	9 3	77	3	+1
7. *Tch'ouen-fen*	*K'ouei*	14 10	92	10	0
8. *Ts'ing-ming*	*Wei*	1 17	107	17	−2
9. *Kou-yu*	*Mao*	2 24	122	24	−2
10. *Li-hia*	*Pi*	6 31	137	31	−3
11. *Siao-man*	*Chen*	4 6	153	6	−4
12. *Mang-tchong*	*Tsing*	10 13	168	13	−3
13. *Hia-tche*	*Tsing*	25 20	182	20	−3
14. *Siao-chou*	*Leao*	3 27	198	27	0
15. *Ta-chou*	*Sing*	4 2	214	2	+1
16. *Li-ts'ieou*	*Tchang*	12 9	225	9	+1
17. *Tch'ou-chou*	*Yi*	9 16	244	16	+2
18. *Po-lou*	*Tchen*	6 23	259	23	+1
19. *Ts'ieou-fen*	*Kio*	4 30	274	30	0
20. *Han-lou*	*K'ang*	8 5	290	5	−1
21. *Chouang-hiang*	*Ti*	14 13	305	13	−2
22. *Li-tong*	*Wei*	4 19	320	19	−3
23. *Siao-siue*	*Ki*	1 26	335	26	−3
24. *Ta-siue*	*Teou*	6 1	351	1	−2

pc.346 Les Chinois rapportaient aux 28 mansions mesurées sur l'équateur les mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes qui se déplacent sur l'écliptique, Après avoir cru longtemps qu'il suffisait de

[1] *Heou-han chou*, k. 13, 10a-13a.

[2] Le début de chaque *tsie-k'i* est repéré par le degré de la mansion où il se trouve. Les degrés sont divisés en 32 *fen* ; chaque *tsie-k'i* contient 15° 7/32 ; ces *fen* ou 1/32 de degré qui sont mis à la suite du degré de la mansion donnent une précision apparente à ces indications, mais il faut se rappeler qu'ils sont seulement calculés, et que leur présence n'implique pas que les astronomes chinois pussent réellement mettre une pareille précision dans leurs observations, surtout lorsqu'ils observaient, comme c'est le cas ici, des points fictifs sans repère visible. Ces *fen* n'apparaissent pas dans les observations d'étoiles, celles-ci ne dépassant pas en précision le degré. Le texte est assez fautif, mais les corrections s'imposent d'elles-mêmes : il suffit de reporter 15^d 7/32 pour avoir les nombres corrects ; c'est ce qu'a déjà fait Li Chouei. Voici les principales erreurs : 1. Teou 20^d ; 4. Wei 7^d ; 5. Che 8^d ; 6. Pi 8^d ; 10. Pi 8^d ; 15. Sing 4^d3 ; 19. Kio 3^d ; 22. Fang (au lieu de Wei) ; 24. Teou 6^d. — Dans le tableau ci-dessus et les notes, les fractions de degré ne sont pas des décimales, mais des trente-deuxièmes de degré 2^d 7 = 2^d 7/32 etc.

reporter sur l'équateur le nombre, observé sur l'écliptique, des degrés de la marche de chaque astre mobile, ils reconnurent vers la fin du I^er^ siècle de notre ère que « les degrés de l'équateur sont en avance ou en recul sur ceux de l'écliptique ». Le problème qui se posait ainsi à eux était celui de la conversion des longitudes célestes en ascensions droites, qu'en Grèce Hipparque, quelques siècles plus tôt, avait résolu par l'invention de la trigonométrie ; ou plus exactement, il en était un cas particulier. Tchang Heng imagina le moyen empirique qu'on a vu, la comparaison directe, à l'aide d'une languette de bambou, des deux cercles droit et oblique de la sphère armillaire, procédé que les Grecs employèrent aussi afin d'éviter les calculs trop longs ; et par la suite ses successeurs trouvèrent des calculs arithmétiques par progressions numériques qui rappellent les progressions analogues par lesquelles les astronomes babyloniens avaient eux aussi cherché à représenter arithmétiquement les mouvements du Soleil [1]. La différence des méthodes grecque et chinoise tient en grande partie au faible développement des mathématiques en Chine ; elle tient aussi à ce que le problème ne se posait pas de même chez les deux peuples. Les Grecs, avec leur double réseau de coordonnées, les unes écliptiques pour les astres mobiles, les autres équatoriales pour les fixes, avaient constamment besoin de passer de l'un à l'autre en n'importe quel point de la sphère céleste, et c'est le besoin d'une méthode exacte qui fut cause de l'invention de la trigonométrie. Les Chinois (comme les modernes) n'avaient qu'un seul réseau de coordonnées, les coordonnées équatoriales : c'est en degrés de l'équateur, c'est-à-dire en ascension droite, et en degrés de distance polaire, pc.347 c'est-à-dire en complément de la déclinaison, qu'ils définissaient la position des astres même mobiles ; et s'ils divisèrent l'écliptique, comme l'équateur, en 365 ¼^d^, ils ne songèrent jamais à prolonger ces « degrés de l'écliptique » sur le ciel entier, à déterminer des pôles de l'écliptique, et à dessiner des cercles de longitude se coupant à ces pôles ; leurs « degrés de l'écliptique » n'ont d'existence que sur l'écliptique même, et, tandis que les degrés de l'équateur sont une division de la sphère entière pareils à nos cercles

[1] Schiaparelli, *I Progressi dell' astronomia presso i Babilonesi*, ap. *Seritti sulle storia dell' astronomia antica*, I^e^ Parte, t. I, 106 ; Bigourdan, *L'astronomie*, p. 214-215.

d'ascension droite, ils ne sont qu'une mesure locale.

Le problème des rapports des longitudes et des ascensions droites ne se posait aux astronomes chinois que sur l'écliptique même, lorsqu'après avoir observé la position du Soleil, de la Lune ou des planètes et l'avoir mesurée sur l'écliptique en degrés de l'écliptique, il leur fallait la rapporter aux *sieou* mesurés sur l'équateur ; ou bien à l'inverse, lorsqu'ils voulaient vérifier l'étendue écliptique des *sieou*. Dans l'un et l'autre cas, négligeant dans leurs calculs la latitude des planètes, c'est sur l'écliptique même et non au lieu réel de l'astre observé qu'ils avaient besoin de mesurer les degrés équatoriaux, et le problème se réduisait à un cas particulier, le plus simple, de la conversion des longitudes en ascensions droites, celui où tous les points considérés ont une latitude de 0°. Or, pour mesurer la valeur des degrés équatoriaux sur l'écliptique, il leur suffisait de reconnaître les points où les cercles d'ascension droite coupent l'écliptique, et de mesurer la distance entre ces points en degrés ou fractions de degrés de longitude. C'est ce que Tchang Heng essaya de faire empiriquement sur la sphère armillaire, au moyen de sa lanière de bambou.

Mais le procédé de Tchang Heng ne devait être ni facile à mettre en pratique ni précis. Je ne sais s'il en tira lui-même des résultats. Les chiffres des « avances » et des « reculs » que Lieou Hong et Ts'ai Yong donnèrent au milieu du II^{e} siècle de notre ère étaient ceux que Kia K'ouei avait obtenus trois quarts de siècle plus tôt avec l'armille écliptique de Fou Ngan ; $_{pc.348}$ c'est l'aveu que de l'emploi de la sphère armillaire il n'était résulté aucun progrès sur les observations à l'armille écliptique. Le même obstacle s'opposait d'ailleurs à l'exactitude de l'un et de l'autre instruments : la difficulté technique d'exécuter sur les deux cercles 730 divisions rigoureusement égales (365 par cercle, sans compter les deux quarts de degré). Les mesures écliptiques des degrés équatoriaux semblèrent si incertaines aux astronomes des siècles suivants qu'ils évitèrent autant que possible de faire intervenir l'écliptique dans leurs calculs calendériques, et que pendant plus de quatre cents ans aucun d'eux ne donna la mesure des 28 mansions sur l'équateur.

On ne voit reparaître les mesures écliptiques qu'au début du VII^e^ siècle dans le calendrier *houang-ki* (608). À cette époque, Lieou Tch'o, le premier en Chine, à ma connaissance, essaya de combiner l'observation de la sphère armillaire pour reconnaître la valeur des différences maxima avec l'élaboration d'une progression arithmétique pour la détermination des valeurs intermédiaires. Son procédé est décrit de la façon suivante dans le *Souei chou* [1].

> « Calcul des degrés sur l'écliptique. — On vérifie le degré du solstice d'hiver sur l'équateur, et ensuite on procède par secteurs de 4^d^ sur l'équateur [2]. On compte d'abord 97 et on ajoute 1 à chaque secteur jusqu'à 107 : c'est la moyenne de 3^d^ 2/12. Puis (on compte) 109 au premier secteur (d'une nouvelle série) et on ajoute encore 1 à chaque secteur jusqu'à 119. À (partir du lieu de) l'équinoxe du printemps on prend 119 et on retranche 1 par secteur : c'est aussi la moyenne de 3^d^ 2/12. Puis (on compte) 107 au premier secteur (de la nouvelle série) et on retranche encore 1 jusqu'à 97. À partir du lieu du solstice d'été, on applique de nouveau la règle du solstice d'hiver et on obtient les nombres des lieux de l'équinoxe d'automne et du solstice d'hiver. On multiplie chacun de ces nombres par le degré de leur secteur, on divise par 108 ; on additionne pour faire le total : ce sont les degrés de l'écliptique.

pc.349 Je n'ai pas réussi à comprendre ce procédé, ou, plus exactement, à reconnaître comment il fallait l'employer pour obtenir les différences entre les degrés comptés sur l'équateur et les degrés comptés sur l'écliptique telles qu'elles ressortent du calendrier de Lieou Tch'o. Il plaçait le début de sa graduation au solstice d'hiver, mais comme le lieu du solstice d'hiver se déplace constamment par suite de la précession, et qu'il voulait que sa graduation fût fixe, il avait choisi le

---

[1] *Souei chou*, k. 18, 10a.

[2] Je lis *sseu tou* « 4 degrés » au lieu de *si-tou* « degrés occidentaux » qui est dépourvu de sens ; la confusion des caractères *sseu* et *si* est fréquente et le calcul de Lieou Tch'o impose que les secteurs soient de 4^d^.

lieu d'un ancien solstice (d'après ses calculs, celui de l'empereur Yao, qu'il croyait trouver dans le chapitre *Yao t'ien* du *Chou king*) qu'il plaçait sur l'équateur au 6^{d} de la mansion Hiu, c'est-à-dire à une distance de 45^{d} du solstice d'hiver de son temps qu'il plaçait au 10^{d} de la mansion Teou. Dans ce système, constamment suivi après lui, le 1^{d} est placé juste à l'un des quatre points de l'écliptique où la différence des degrés comptés sur l'équateur et sur l'écliptique est la plus grande, tandis que les astronomes des Han en le mettant au solstice d'hiver de leur temps avaient choisi à l'inverse un des quatre points où elle est nulle. Par suite, pour lui, les degrés comptés sur l'écliptique, au lieu d'être tantôt en avance tantôt en retard par rapport à l'équateur, sont toujours en avance ; et au lieu qu'il y ait 4 points où la différence soit nulle (solstices et équinoxes), il n'y en a que deux, correspondant aux anciens minima, à 45^{d} des solstices du temps, c'est-à-dire aux lieux de l'Établissement du printemps, *li-tch'ouen*, et de l'Établissement de l'automne, *li-ts'ieou*, ou, si on préfère l'exprimer ainsi, aux lieux des anciens solstices d'hiver et d'été du temps de Yao. Je suppose que les solstices d'hiver et d'été du procédé de Lieou Tch'o sont les solstices anciens (à 45^{d} de ceux de son temps), puisqu'ils marquent des minima (multiplication par 97 et division par 108) ; en adoptant cette interprétation, on trouve bien en effet le mouvement général des différences, montant de façon continue pendant 91^{d} à partir du solstice d'hiver (ancien, = établissement du printemps du VII^{e} siècle) à l'équinoxe de printemps (ancien, = établissement de l'été du VII^{e} siècle) pour redescendre de façon continue jusqu'au solstice $_{pc.350}$ d'été (ancien) ; mais les chiffres que j'ai obtenus en faisant les opérations indiquées sont tout différents de ceux qu'on peut tirer des tableaux des longueurs équatoriales et écliptiques des 28 mansions dans le calendrier de Lieou Tch'o.

Un siècle plus tard Yi-hang imagina un procédé de calcul nouveau, poussant jusqu'au 1/12 de degré ; et il fit entrer les résultats qu'il avait obtenus dans le tableau des mesures écliptiques des mansions de son calendrier, le *Ta-yen li* (724). Son procédé était purement numérique,

comme celui de Lieou Tch'o ; mais il paraît avoir été différent. Il l'expose de la façon suivante [1].

> « Pour chercher (les degrés de) l'écliptique, vérifier le lieu de la différence-annuelle, *souei-tch'a* (précession), du solstice d'hiver. En passant le solstice d'hiver soit en avant soit en arrière, dans les deux cas on fait des secteurs de 5^d. Pour le premier secteur, on compte 12, et pour chaque secteur on retranche 1 ; en tout il y a 9 secteurs, on compte (de 12) jusqu'à 4, et ce sont les deux Établissements (des saisons, où le secteur au lieu de 5^d n'a plus que) 1^d 4/12. En passant l'équinoxe de printemps en avant, ou l'équinoxe d'automne en arrière, pour le premier secteur on commence à 4, à chaque secteur on ajoute 1 ; il y a en tout 9 secteurs, on compte jusqu'à 12 et (en ce point) l'écliptique est d'accord (avec l'équateur). Après l'équinoxe de printemps en avant, ou l'équinoxe d'automne en arrière, on prend également des secteurs de 5^d pour le premier desquels on compte 12 ; il y a en tout 9 secteurs (on retranche 1 par secteur et), on compte jusqu'à 4 : ces points sont deux des Établissements (des saisons, où le secteur n'a que) 1^d 4/12... [2]

Dans ce système l'équateur formait 8 segments de 45^d commençant respectivement aux solstices, aux équinoxes et aux quatre établissements des saisons ; chacun de ces segments se divisait en 9 secteurs de 5^d, et chacun de ces secteurs était à son tour partagé en douzièmes. Le premier ou le dernier secteur de chaque segment était seul complet : à chacun des autres secteurs, pc.351 on retranchait (après les solstices) ou on ajoutait (après les équinoxes) un de ces douzièmes au nombre des degrés mesurés sur l'équateur pour avoir les degrés mesurés sur l'écliptique : les deux secteurs situés au milieu de chaque quartier, à la rencontre des deux segments constituant ce quartier,

[1] *Sin T'ang chou*, k. 28 A, 4b ; *Kieou T'ang chou*, k. 34, 5a.
[2] La suite du texte reproduit textuellement les passages précédents : je ne l'ai pas répétée.

n'avaient que quatre de ces douzièmes. Les opérations se faisaient toujours en partant des solstices et des équinoxes : de ces points on descendait ou on remontait vers les Établissements des saisons ; les Établissements marquaient les maxima de différence entre le chiffre de l'équateur et celui de l'écliptique, et les nombres exprimant cette différence diminuaient à mesure qu'on s'en éloignait dans les deux directions. Les nombres obtenus par ces opérations étaient arrondis au ¼ de degré.

Les exemples suivants permettront de comprendre sans peine le procédé de Yi-hang. La mansion Hiu commence sur l'équateur à une distance de 37^{d} du solstice d'hiver, c'est-à-dire à 37 : 5 = 7 secteurs de 5^{d} + 2^{d}. Le 1/12 de 5^{d} est 0,416 dont le 1/5 est 0, 08. Après le solstice d'hiver on procède en retranchant des douzièmes. Le premier secteur de 5^{d} reste entier et ne subit pas de diminution ; il y a donc à retrancher seulement 6 secteurs. On trouve : 6 x 0,416 = 2,49 et 2 x 0,08 = 0,16 ; 2,49 + 0,16 = 2,65. Donc 37 — 2,65 = 34,35, ou en arrondissant au ¼ de degré, 34^{d} ¼. C'est le chiffre qui ressort du tableau de Yi-hang. De même la mansion Mao commence sur l'équateur à une distance de 40^{d} de l'équinoxe de printemps, ce qui fait juste 8 secteurs de 5^{d}. Après l'équinoxe de printemps, on procède en ajoutant des douzièmes. Le I^{er} secteur ne subit pas d'augmentation ; il y a donc à ajouter seulement 7 secteurs. On trouve : 7 x 0,416 = 2,91 à ajouter au chiffre de l'équateur ; donc 40 + 2,91 = 42,91 ; en ajoutant 91^{d} pour prendre pour point de départ le solstice d'hiver, 91 + 42,91 = 133,91, ou, en arrondissant, 134^{d} : c'est le chiffre qui ressort du tableau du Sin T'ang chou.

À l'époque des Song, on chercha à améliorer le procédé de calcul de Yi-hang : chacun des calendriers de cette dynastie pc.352 apporte quelques corrections aux nombres employés par lui ; mais sans changer le principe. Au XIII^{e} siècle, Ko Cheou-king donna une table de correspondance établie degré par degré, avec beaucoup de précision, en poussant jusqu'à la quatrième décimale [1] ; mais il n'explique pas sa

[1] *Yuan che*, k. 54, 6a-10a. Cette table est reproduite dans Gaubïl, *Traité d'astronomie*

méthode, et je ne sais si elle repose sur un perfectionnement du vieux procédé de Yi-hang ou si elle est réellement neuve ; la seconde hypothèse est la plus vraisemblable, puisqu'il avait les connaissances de trigonométrie sphérique qui manquaient à ses devanciers. Quelle que fût d'ailleurs sa méthode, il était arrivé à un résultat presque correct : la différence maxima est pour lui de 2^d 3085/10000 ce qui équivaut à 2°16' (en réduisant aux nôtres les degrés chinois de 0°59'), et des tables récentes donnent une différence de 2°30' [1]. Les progrès, on le voit, avaient été lents : Ts'ai Yong au II^e siècle de notre ère admettait une différence maxima de 4^d (chinois) ce qui est à peine inférieur à 4° (européens) ; Lieou Tch'o, au début du VII^e siècle, 3^d ½ (chinois) soit environ 3° ¼ (européens) ; Yi-hang au $VIII^e$ siècle 3^d ¼ valant à peu près 3° (européens) [2].

@

chinoise, t. III, p. 145-146.

[1] Schoch, *Planeten-Tafeln für Jedermann* (Berlin, 1927), p. 11, tableau C (pour une latitude 0° il n'y a pas à s'occuper du tableau B).

[2] Les équivalences exactes sont : 4^d = 3°56'33" ; 3^d ½ = 3°15'8" ; 3^d ¼ = 3°6'15" ; mais il ne serait pas juste de substituer, sous prétexte d'exactitude, ces équivalences précises aux chiffres imprécis des astronomes chinois

VII. — GLOBE CÉLESTE

@

Le globe céleste, *houen-t'ien siang*, littéralement « image du ciel sphérique », était un instrument distinct de la sphère armillaire, *houen-t'ien yi*, dont « il a l'appareil tournant, mais non l'appareil de visée » [1]. On en faisait en bois ou en bronze : celui qui se trouvait dans le Trésor impérial au milieu du VI[e] siècle, à la fin de la pc.353 dynastie Leang, était en bois.

> « Il est rond comme une boule,... ses extrémités Nord et Sud (les deux pôles) ont un axe ; sur le corps penché, se déploient les 28 mansions, les étoiles (de chacun) des (astrologues) des trois maîtres [2], l'écliptique et l'équateur, la Voie Lactée. Il y a de plus un cercle oblique, qui en fait le tour extérieurement et dont la hauteur (par rapport au globe céleste) est réglée de façon à représenter la Terre ; l'extrémité Sud de l'axe pénètre dans la Terre et est plantée au Sud pour représenter le pôle Sud ; la partie Nord de l'axe sort au-dessus de la Terre et est plantée au Nord de façon à représenter le pôle Nord ; quand le globe tourne de l'est à l'ouest, les étoiles qui passent au méridien soir et matin correspondent exactement à leurs degrés ; les équinoxes et les solstices également sont vérifiés ; il n'y a absolument aucune différence (avec le ciel). Il y a un tube de visée séparé pour observer les degrés du Soleil, de la Lune et des planètes.

Le globe fabriqué vers le milieu du III[e] siècle par le *t'ai-che ling* de l'empire de Wou, Tch'en Miao, était aussi en bois. Au contraire, celui que fit en 436 le *t'ai-che ling* Ts'ien Yo-tche, et qui, à la fin des Leang, fut déposé à la salle Wen-tö du Palais, était en bronze.

---

[1] *Souei chou*, k. 19, 8a. Tout ce qui suit sur les instruments des Six Dynasties vient du même passage.

[2] Che Chen, Kan Tö et Wou-hien, cf. H. Maspero, *L'astronomie chinoise avant les Han*, ap. *Tp.*, XXVI (1929), 269-271.

> « Il était à l'échelle de 5 dixièmes de pouce par degré, ce qui faisait un diamètre de 6 pieds, 8 ¼ dixièmes de pouce, et une circonférence de 182 pouces, 6 ¼ dixièmes de pouce ; la Terre était à l'intérieur du ciel et restait immobile, on avait dressé les deux cercles de l'écliptique et de l'équateur, les cercles des deux pôles Nord et Sud [1] ; on avait disposé les 28 mansions, la Grande Ourse, la constellation Polaire, on avait mis le Soleil, la Lune et les cinq planètes sur l'écliptique. On avait fait un axe, *kang-tch'ou*, afin de reproduire le mouvement du ciel ; [et on avait installé une horloge afin de faire tourner l'instrument au moyen de la (force) hydraulique :] les passages au méridien des étoiles pc.354 matin et soir étaient pareils à ceux du ciel [2].

Le même Ts'ie Yo-tche en fit en 440 un autre plus petit, à l'échelle de 2 pouces par degré, dont le diamètre était de 21 pouces et la circonférence de 66 pouces ; les étoiles y étaient figurées par des perles blanches, vertes et jaunes, couleurs attribuées aux trois astrologues de l'antiquité [3], le Soleil, la Lune et les cinq planètes étaient sur l'écliptique ; comme le globe céleste plus grand construit quelques années avant, il reproduisait le mouvement circulaire du ciel [4]. Au temps des Han, Tchang Heng avait fait un globe céleste en bronze dont il réglait le mouvement, comme pour sa sphère armillaire, à l'aide d'une clepsydre [5] ; les dimensions en étaient les mêmes que celles de sa sphère armillaire ; l'écliptique et l'équateur y étaient figurés par des bandes de bronze de 4 ½ dixièmes de pouces de large [6], dimension qui devint la règle par la suite. Il n'y a aucune raison de supposer qu'il fut

---

[1] Le cercle de perpétuelle apparition autour du pôle Nord, le cercle de perpétuelle disparition autour du pôle Sud.

[2] *Souei chou*, k. 19, 8a ; *K'ai-yuan tchan king*, k. 1, 23b. Le passage entre crochets ne se trouve que dans le *K'ai-yuan tchan king.*

[3] Sur les couleurs données aux étoiles suivant le catalogue auquel elles appartenaient, voir H. Maspero, *op. cit.*, 271.

[4] Siu Yuan, *Song chou*, ap. *K'ai-yuan tchan king*, k. 1, 23b ; Chen Yo, *Song chou*, k. 23, 3b ; *Souei chou*, k. 19, 8b.

[5] *Souei chou*, k. 19, 8a.

[6] Wang Fan, *Houen-t'ien-siang chouo*, ap. *Siu kou-wen yuan*, k. 9, 43b.

le premier à fabriquer un globe céleste, mais on ne peut savoir quand cet instrument fut fait pour la première fois.

Les cartes du ciel étaient plus anciennes : les premières paraissent avoir accompagné les catalogues d'étoiles de Che Chen, Kan Tö et Wou-hien ; mais ce n'est qu'au IV^e^ siècle que le Grand astrologue, *t'ai-che-ling*, Tch'en Tch'o, prenant pour base la carte de Che Chen et y ajoutant des constellations empruntées aux deux autres, dessina le prototype des cartes célestes chinoises modernes ; il y différencia les constellations prises de chacun des trois astrologues antiques par des couleurs particulières (rouge pour les constellations de Che Chen, noir pour celles de Kan Tö, blanc pour celles de Wou-hien), habitude qui s'est conservée jusqu'au XIX^e^ siècle dans les cartes célestes chinoises pc.355 et japonaises [1]. Ni l'œuvre de Tch'en Tch'o, ni celle de ses successeurs n'ont survécu : la carte céleste la plus ancienne qui subsiste est celle qui fut gravée sur pierre en 1247 et qui avait été dessinée vers 1193 pour l'éducation de l'empereur Ning-tsong des Song [2].

Cette revue un peu longue des instruments astronomiques de l'époque des Han Postérieurs montre avec quelle ingéniosité les Chinois cherchèrent à se donner les appareils d'observation qui leur manquaient et à perfectionner ceux qu'ils avaient déjà. La lenteur des progrès de leur astronomie tient à l'insuffisance de leurs connaissances mathématiques, et peut-être aussi pour une part à l'influence exagérée des doctrines astrologiques, plutôt qu'à l'insuffisance de leur matériel technique.

Si on met à part ceux de ces instruments qui furent inventés sous les Han ou encore plus tard, quels étaient ceux que possédaient les astronomes ou plutôt astrologues plus anciens, ceux qui fondèrent l'astronomie scientifique chinoise vers le IV^e^ siècle avant notre ère ? Lieou Hiang dans un passage qui est, je crois, la plus ancienne énumération d'instruments astronomiques chinois, mentionne ceux qui

---

1 H. Maspero, *op. cit.*, 271-273.

2 Chavannes, *L'instruction d'un futur empereur de Chine*, ap. *Mémoires concernant l'Asie Orientale*, t. I (1913), p. 19-64, et pl. VIII.

furent employés par le Bureau du Grand scribe pour la préparation du calendrier de *t'ai-tch'ou* (105 a. C.) sous l'empereur Wou des Han [1] :

> « On conseilla de faire le calendrier des Han. Alors on fixa l'Est et l'Ouest, on dressa le gnomon, *yeou-yi*, on fit descendre la tige gravée de l'horloge hydraulique, et ainsi on mesura la distance des 28 mansions, *sieou*, dans les quatre quartiers (du ciel).

Avec le gnomon et l'horloge, si on y ajoute la tablette des pc.356 mesures, *t'ou-kouei*, je crois bien que nous avons tous les instruments de l'époque antérieure aux Han ; encore ne faudrait-il pas exagérer l'antiquité de l'horloge hydraulique : l'auteur du *Tcheou-li*, au IV^{e} siècle a. C., ne connaît pas l'horloge hydraulique comptant l'heure du lever au coucher du Soleil, et de son coucher à son lever, mais seulement la clepsydre qui permet de mesurer un temps donné par l'écoulement de l'eau qu'elle contient. C'est avec ce matériel restreint que les astronomes de ce temps ont établi la longueur approchée de l'année tropique, bâti un calendrier régulier, reconnu les mouvements des planètes, construit leur premier système à base scientifique de représentation du monde, et créé une technique d'observation que l'invention d'instruments nouveaux a permis à leurs successeurs de développer et d'améliorer dans le détail, mais sans leur faire éprouver le besoin de la changer dans son ensemble, tant elle répondait bien aux conditions de la recherche astronomique en Chine.

@

[1] *Ts'ien-han chou*, k. 21 A, 7a.