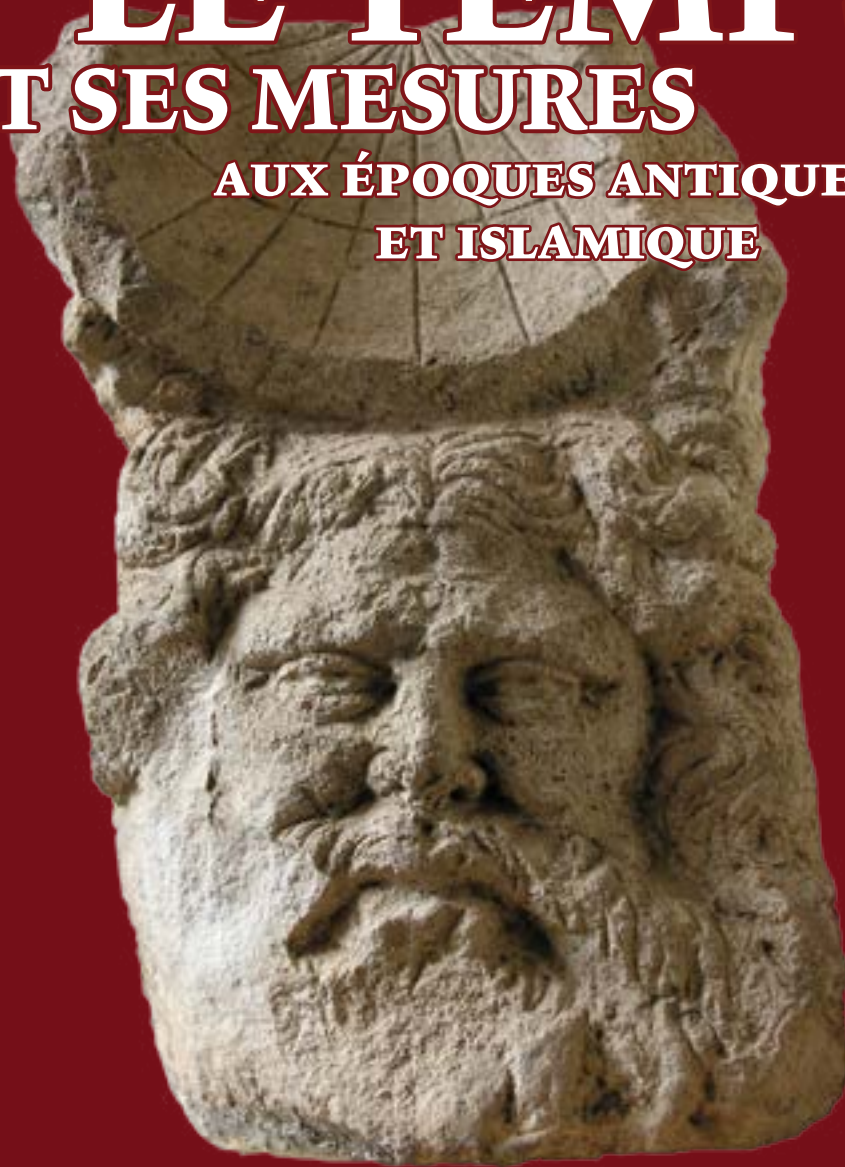


ACTES DU CNRA

LE TEMPS ET SES MESURES

AUX ÉPOQUES ANTIQUE
ET ISLAMIQUE



Actes du colloque international organisé par le CNRA
du 2 au 5 novembre 2015 à Alger



المركز الوطني للبحث في علم الآثار
Centre National de Recherche en Archéologie
National Center for Archeological Research



LE TEMPS

**SES DIVISIONS, SES INSTRUMENTS
DE MESURE ET LEUR USAGE
AUX ÉPOQUES ANTIQUE ET ISLAMIQUE**

Actes du colloque international organisé par le CNRA
du 2 au 5 novembre 2015 à Alger

Textes réunis et édités
sous la direction de

Sabah FERDI

COMITÉ SCIENTIFIQUE

ABDELATIF Toufik
BENSEDDIK Nacéra
BOUCHENAKI Mounir
DAHMANI Saïd
DJEBBAR Ahmed
DOUMAZ Fawzi
FERDI Sabah
HANOUNE Roger
IGHILHRIZ Farid
KHELIFA Abderrahmane

COMITÉ D'ORGANISATION

AÏT SAÏD Nadia
BENADROUCHE Hind
FERDI Sabah
IGHILHRIZ Farid
LARBES Latifa
TISSIRA Kenza

Traduction des résumés

<i>en anglais</i>	<i>en arabe</i>
AÏT SAÏD Nadia	BOURDOUZ Feyza

Conseil en communication
EL GHOBRINI Mohamed

Maquette
MOKHTARI Rym

Réalisation
EVOLUTION PRINT

Impression
Imprimerie ED DIWAN

Dépôt légal
2417-2015

ISBN
978-9931-9163-5-2

ARGUMENTAIRE

Le temps, ses divisions, ses instruments de mesure et leur usage aux époques antique et islamique

Le temps est la dimension qui conçoit et mesure la suite d'évènements. Ceux-ci s'inscrivent dans le passé, le présent ou le futur.

Jadis, on se contentait du repère fourni par l'ombre mobile et régulière du soleil sur des objets fixes, tels des rochers, des arbres et autres sites de hauteur repérable ; ce que l'on nomme en grec « gnomon ».

Les anciens observaient seulement l'alternance du jour et de la nuit, de l'aube et du crépuscule. Progressivement, ils ont tenté de mesurer le temps ; à cet effet, ils élaborent des cadrans solaires dont les subdivisions obéissent au découpage d'un Temps perçu par eux comme le plus fonctionnel.

Bien avant le découpage actuel en 24 heures légales, la division en heures inégales était de règle. En attribuant 12 heures à la nuit et 12 h au jour, les anciens obtenaient au printemps et en été, des heures de jour plus longues et des heures de nuit plus courtes ; inversement en automne et en hiver. Les civilisations agraires s'en accommodaient ; la demande de précision n'excédait pas deux heures.

Aujourd'hui, l'instantanéité occulte le temps qui passe. Chaque société se dote d'une conception du temps qui change selon les époques. Comment étudier et analyser les aspects technologiques, philosophiques, culturels, culturels, qui éclairent l'histoire des doctrines cosmologiques et cosmogoniques dans le monde antique et islamique : tels sont les enjeux de nos journées.

A. Les divisions du temps aux époques antique et islamique

- Les heures, les jours, les semaines, les saisons, l'année...

B. Archéologie des instruments de mesure

- Mesures astronomiques
- Cadran solaire, « gnomon »
- Sablier
- Clepsydre
- Astrolabe
- Horloges

C. Usages de la mesure du temps

- Dans les pratiques culturelles
- Dans l'irrigation
- Dans la navigation

D. Origine des calendriers

- Époque antique (iconographie)
- Époque islamique
- Calendriers dans les autres civilisations anciennes

E. Varia : La lumière dans l'antiquité

- Lumière et éclairage dans l'antiquité
- Perception de la lumière chez Saint Augustin
- Perception de la lumière et éclairage dans la civilisation musulmane

SOMMAIRE

Préface	9
Ahmed DJEBBAR Le temps en pays d'Islam : les différentes approches scientifiques	11
Ali GUERBABI Les cadrans solaires antiques d'Algérie	31
Fethi JARRAY la <i>Mizwala</i> au Maghreb islamique : Essai d'une nouvelle typologie	53
Miguel PESSOA et Maximo FERREIRA La « rose des vents » du péristyle de la villa romaine de Rabaçal et la position du <i>mihrab</i> de la mosquée/église de Mertola architecture et archéoastronomie au Portugal	67
Naima ABDELOUAHAB La mosaïque d' <i>Aiôn</i> et des saisons d'Hippone-Annaba	79
Amel SOLTANI L'astre et le croissant dans l'iconographie monétaire des rois numides et maurétaniens	95
Kenza ZINAI Les saisons sur les mosaïques d'Algérie	105
Komait ABDALLAH La notion d' <i>Aiôn</i> (éternité du temps) en Syrie au II ^e et III ^e s. ap. J.-C. d'après l'iconographie	113
Paul MATTEI Saint Augustin et le temps	123
Maximo FERREIRA La mesure du temps sur la base du calcul du midi solaire L'horloge romaine de Conimbriga et l'horloge du XV ^e siècle de Sebal	133
Mona S. CHAARANI Les horloges mécaniques de Taqi al Din Ben Ma'aruf Al Dimachqi	141
Toufik E. ABDELATIF Aurores boréales durant la période islamique	155
Henri TEISSIER La perception de la lumière chez Saint Augustin	161
Pierre Yves FUX Le temps, la lumière et les astres chez le poète Prudence	171
Roger HANOUNE Le temps dans l'Afrique romaine d'après le dossier épigraphique	181
Bruno SUDAN L'origine du temps chrétien : de la pluralité des célébrations à l'unité du calendrier	189
Conclusions et recommandations	207
Résumés	209
Exposition Le temps et ses instruments de mesure à l'époque islamique	223

LES HORLOGES MÉCANIQUES DE TAQĪAL-DĪN BEN MA'ARŪF AL-DIMACHQĪ

Mona S. CHAARANI

Professeure émérite université libanaise.

RÉSUMÉ

L'Art de la mesure du temps se matérialise par ses instruments de mesure. Ces instruments ont pris naissance dans les anciennes civilisations avec l'ombre d'un bâton planté par terre ; pour atteindre, dans notre ère un perfectionnement avec les horloges atomiques.

Ce développement technique a passé par différentes périodes dont la plus remarquable fut l'apparition de l'horloge à poids vers le XIII^e siècle. Mais il fallait attendre le XVIII^e siècle pour avoir entre les mains un traité d'horlogerie en Occident. Par contre le XVI^e siècle nous dévoile l'existence d'un traité unique en Orient, rédigé par le savant arabe Taqi al-Din Ben Ma'arouf al-Dimachqi (né à Damas). Ingénieur, mathématicien, technicien et juge, il accorde toutes ses connaissances pour dévoiler tous les secrets de ces fascinantes horloges mécaniques.

Pour ses horloges, Taqīal-Dīn commence par la description de l'horloge à poids tout en précisant les détails de chaque élément le constituant, à savoir : le poids moteur les roues d'engrenage, la roue de rencontre, la verge avec ses palettes, le foliot, enfin le cadran avec ses aiguilles indicatrices. Puis il précise que pour avoir une comtoise il suffit d'adjoindre à l'horloge à poids une cage renfermant les éléments de la sonnerie. Pour ces derniers il explique minutieusement la fonction de chaque élément. Il s'attarde à la « détente », pièce indispensable pour bloquer le « marteau » dès qu'il termine le nombre de coup prédéterminé.

Pour les horloges portatives, Taqīal-Dīn signale que le poids moteur, très encombrant, doit être remplacé par un ressort moteur enfermé dans un barillet. C'est la force de traction de ce ressort qui entraîne le mouvement du rouage de l'horloge. Pour plus de précision, il accorde à ce ressort une fusée et une chaîne qui s'enroule dans ses encoches en spiral. Durant le fonctionnement de l'horloge cette chaîne s'enroule sur le barillet tout en conservant une tension constante au ressort moteur.

Dans la conclusion, Taqīal-Dīn détaille tous les procédés à suivre pour mettre en fonction une horloge mécanique à savoir : la soudure du fer-fer, du cuivre-fer, les éléments de la pâte nécessaire à la fabrication des cloches ainsi que de la méthode à suivre pour tremper l'acier matière première de la lame formant le ressort moteur.

Une question est indispensable : Un traité si riche par son contenu, si efficace par ses détails, n'aurait pas pu avancer le développement de la technologie horlogère d'au moins deux siècles s'il a été traduit et commenté au XVI^e siècle ?

MOTS-CLÉS

Horloge, mécanique, Taqi al-Din, temps.

LE TEMPS, ses divisions, ses instruments de mesure et leur usage aux époques antiques et islamiques

Le temps est l'image mobile de l'éternité immobile – Platon

Le temps est une chose introuvable dont l'existence ne fait aucun doute, une chose dont tout le monde parle, mais que personne n'a jamais vue – E. Klein¹ (physicien C.E.A.)

Pour le mathématicien, le temps est représenté par un axe orienté positivement vers le futur, négativement vers le passé et dont l'origine est le présent.

Quelle que soit sa définition, on ne peut pas voir le temps, mais on peut sentir son passage, son écoulement et par la suite le mesurer.

L'art de la mesure du temps se matérialise par ses instruments de mesure. Ces instruments ont pris naissance dans les anciennes civilisations avec l'ombre d'un bâton planté par terre, pour atteindre dans notre ère un perfectionnement avec les horloges atomiques. Cet art est passé par différentes périodes dont la plus remarquable fut l'apparition, vers la seconde moitié du XIII^e siècle, des horloges mécaniques. Ces dernières sont les instruments de mesure du temps les plus fascinants. Elles se sont imposées pour détrôner tout autre instrument de mesure du temps utilisés précédemment. Parmi ces instruments signalons les plus importants : le cadran solaire et la clepsydre (horloge hydraulique). C'est cette dernière qui a envahi l'orient du IX^e au XIV^e siècle et plus particulièrement le monde arabo-islamique.

PETITE HISTOIRE DES HORLOGES MÉCANIQUES

L'usage de l'horloge mécanique ne date que du XIII^e siècle, date où apparaît l'horloge à poids. Cette dernière avait comme principe la chute d'un poids actionnant les rouages. Elle n'avait ni cadran, ni aiguille, sa seule fonction était de sonner les heures (Fig. 1). Cette horloge n'étant pas très précise, il fallait la remettre à l'heure à chaque midi à partir d'un cadran solaire. Le développement technique assuré à ses éléments a permis d'atteindre des mesures beaucoup plus précises, avec l'invention du ressort moteur et de la fusée.

¹ Étienne Klein, physicien, Docteur en philosophie des sciences – spécialité temps, directeur du laboratoire de recherche sur les sciences de la matière au commissariat d'Énergie atomique (C.A.E.)

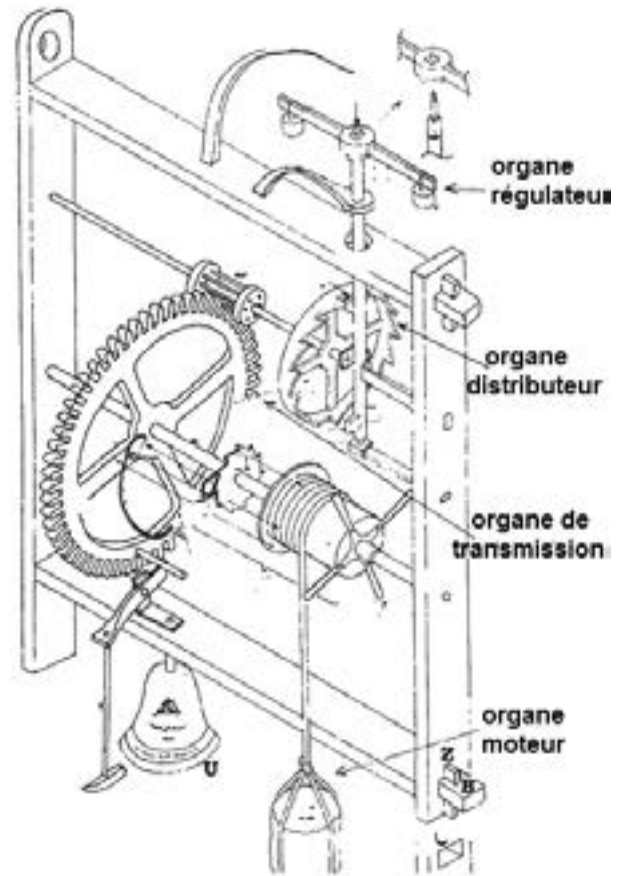


Fig. 1 - Schéma d'une horloge mécanique du XIII^e-XIV^e s.

Qui est l'inventeur des horloges mécaniques ?

La vraie question est plutôt de savoir pourquoi cette invention, l'une des plus importantes de l'humanité, vit le jour en Europe et non au Moyen Orient, en Chine ou en Inde, espaces aux cultures nettement plus développées durant les siècles qui s'échelonnent du VIII^e au XIII^e siècle.

Pourtant, malgré leur apparition dans presque tous les pays d'Europe, aucun historien horloger n'a pu percer le secret de leur invention. Toutes étaient des horloges astronomiques munies d'automates et dont un poids fixé à l'extrémité d'une corde jouait le rôle de force motrice. Le rouage formé de plusieurs systèmes d'engrenage à roues dentées constituait l'organe de transmission. Quant à l'organe distributeur il n'est autre que la roue de rencontre avec sa verge et ses palettes, tandis que le foliot avec ses régules formait l'organe régulateur.

Parmi les plus célèbres de ces horloges nous signalons au XIII^e siècle L'horloge de Lübeck en Allemagne et d'Exeter en Angleterre. Au XIV^e siècle ce sont les horloges de Prague en république Tchèque, de Lünd en Suède, de Giovanodandī en Italie et de Charles V en France, qui y prennent place. Au XV^e siècle nous distinguons l'Horloge de Munster en Allemagne, de Bourges en France et de Mantoue en Italie, et au XVI^e siècle nous trouvons l'horloge de Chartre en France et de Heilbronn en Allemagne. Pour toutes ces horloges dont la majorité y tiennent place jusqu'à cette date, une restauration a eu lieu mais malheureusement sans avoir à l'appui ni texte de fonctionnement, ni croquis de construction. Ainsi chaque horloger entreprend les restaurations selon ses propres connaissances, acquises par l'expérience. Ce n'est que vers le début du XVIII^e siècle qu'apparaissent les premiers traités d'Horlogerie. Nous signalons le traité de William Durham (1731), du Père Alexandre (1734), de Thiout (1741), de Berthoud (1763) et de Le Paute (1767).

Par contre, en Orient, un seul et unique traité d'horlogerie, rédigé au XVI^e siècle et précisé en 1559 par le savant arabe Taqīal-Dīn ben Ma'arouf al-Dimachqī, tient place dans les étagères d'une bibliothèque inconnue. Méconnaissance ou négligence, le manuscrit attend trois siècles pour se trouver entre les mains des historiens, Suter² et Brocklemann³ qui le signalent dans leur traité. Deux exemplaires de ce manuscrit, d'une belle écriture remarquable et de magnifiques illustrations colorées, trouvent refuge dans deux importantes bibliothèques : La bibliothèque nationale de Paris⁴ et celle de Bodleian⁵ au Royaume-Uni.

C'est le manuscrit de ce grand savant intitulé *Les planètes précieuses pour la construction des horloges mécaniques* qui va nous dévoiler les secrets de cette construction majeure qui reste immuable jusqu'à nos jours. Une étude analytique du traité va nous permettre de mettre en relief la composition et le fonctionnement des différents types de ces horloges en commençant par les horloges à foliot pour arriver aux horloges portatives, tout en passant par les horloges à sonnerie.

2 Suter, Die Matimatiker und Astronomen der Araber und ihre Werke. Teubner, Leipzig, 1900

3 Brocklemann, Geschichte Der Arabischen Litteratur – Leiden – Brill

4 B.N.P – Fond arabe N ° 2478

5 Bodl. I .968 - Oxford

Biographie de Taqīal-Dīn

Savant arabe du début du XVI^e siècle (1526- 1585) né à Damas ; Ingénieur, mathématicien, physicien, technicien et juge. Il travailla au service d'Ali Pāchā, gouverneur d'Égypte (en 956 H/1549) puis comme juge à Istanbul. Il devient membre du comité des savants dirigé par Sa'ad al-Dīn (professeur du sultan Suleyman). En 979 H/1571, il fut nommé directeur général des astronomes. En 985 H/1577, il fonda son observatoire sous le règne de Murad III. On attribue à Taqīal-Dīn des traités d'arithmétique, d'optique, d'astronomie et deux importants traités dans le domaine de la mécanique appliquée :

- *Les méthodes sublimes des machines spirituelles* (959 H/1552) الطرق السنية في الآلات الروحانية
- *Les planètes précieuses pour la construction des horloges mécaniques* وضع الكواكب الدرية في وضع البنكاملات الدورية

C'est cette dernière qui fait l'objet de cette étude.

Étude du traité de Taqīal-Dīn

Les figures 2 et 3 représentent la première et la dernière page du manuscrit.

Ce manuscrit composé de 79 folios, renferme une introduction, deux articles et une conclusion⁶.

Dans l'introduction de son traité, Taqīal-Dīn nous parle de sa jeunesse, de ses passions et de la méthode qu'il a suivi pour acquérir les connaissances nécessaires à un technicien horloger.

« Très jeune j'avais une grande affection pour l'astronomie et un amour profond pour la lecture des traités de mathématiques. Ainsi, j'ai perfectionné toutes les connaissances théoriques et pratiques sur les instruments de mesure astronomique, à savoir les cadrans solaires et les gnomons et j'ai pu découvrir tous les secrets de leur forme et de leur dimension ». (...) Très soucieux de la mesure du temps, je notais jour et nuit les heures et leurs fractions au moyen d'instruments divers, parmi lesquels les horloges mécaniques qui m'intéressaient le plus. (...) « À cette époque, j'étais au service du sultan Suleyman le magnifique (1494-1566), que Dieu le bénisse, qui m'a nommé

6 Notons que tous les paragraphes mis en italique sont tirés du traité de Taqīal-Dīn

LE TEMPS, ses divisions, ses instruments de mesure
et leur usage aux époques antiques et islamiques



Fig. 2 - La première page du manuscrit.



Fig. 3 - La dernière page du manuscrit.

secrétaire général de son premier vizir Ali Pacha qui gardait dans son armoire des instruments de mesure du temps de tout genre à savoir : des clepsydres, des gnomons, des cadrans solaires, des horloges mécaniques simples et à sonnerie, des réveils-matin etc... Je m'intéressais à les observer, les examiner, afin de comprendre leur mécanisme ; je discutais du principe de base de leur fonctionnement et les méthodes techniques de leur construction avec des techniciens experts de toutes nations qui visitaient le Sultan. Ainsi j'ai pu percer leur secret et assimiler toutes connaissances les concernant ».

PREMIER ARTICLE - PARTIE 1

Le premier article est formé de cinq parties dont la première est consacré à l'horloge à poids

السرياقية : *Al-Suryaqa*⁷

Horloge à poids : « C'est une horloge qui marque les heures sous l'action de la force motrice d'un poids accroché à l'extrémité d'une corde »

Cette horloge se compose des éléments suivants :

دولاب فضل الدائر *La roue de rencontre*

« Pour qu'une roue entraînée par un poids fixé à l'extrémité d'une corde puisse tourner à raison d'un tour/heure, il faut lui adjoindre une couronne comme celle d'un tamis, fraisée en dents de scie inclinés de nombre impair ».

الميل ومجانيفه *La verge et ses palettes*

Une verge de longueur supérieure au diamètre de la roue de rencontre, se tient verticalement devant cette dernière. Cette verge est munie de deux palettes diamétralement opposées formant entre elles un angle droit. Chaque palette se place entre deux dents de la roue de rencontre. Une règle fixée horizontalement à l'extrémité supérieure de la verge, forme le foliot. Des encoches sont fraisées à ses deux extrémités pouvant recevoir des poids ou régules. Taqīal-Dīn nous signale : « Pour que la roue de rencontre puisse faire 1 500 tours/heure il faut lui accorder un rouage afin que pour 1 tour de la roue principale la roue de rencontre

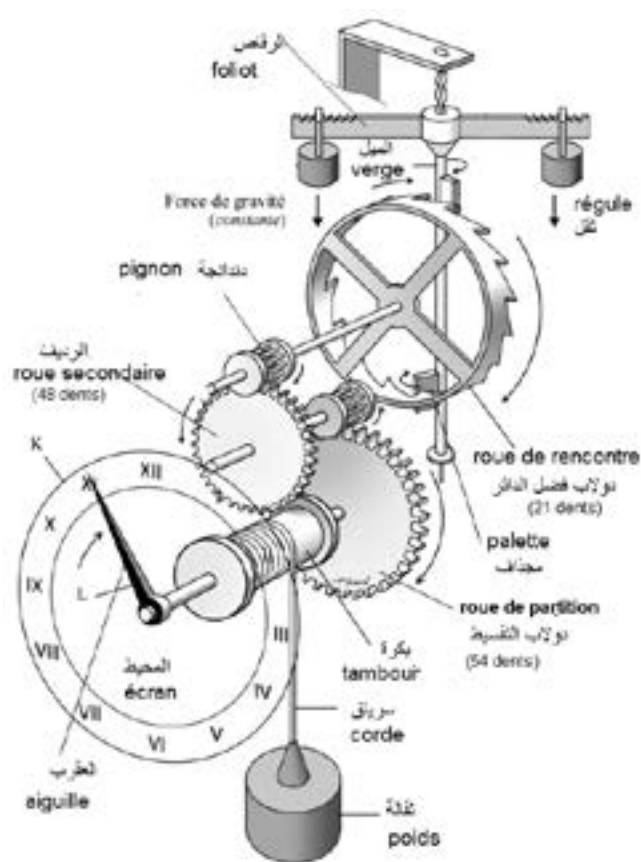


Fig. 4 - horloge mécanique à foliot, selon la description de Taqīal-Dīn.

fait 1 500 tours. ». Ainsi à la roue de rencontre de 21 dents, il ajoute : la roue de partition de 54 dents, la roue secondaire de 48 dents (on accorde à chacune un pignon de 6 dents) et la roue du cadran de 24 dents.

Nous expliquons le fonctionnement de cette horloge en suivant la figure 4.

La descente du poids moteur abandonné à lui-même entraîne la rotation des roues d'engrenage par la suite la roue de rencontre. Le mouvement de cette dernière est régulé par les palettes de la verge et le foliot dont l'oscillation est contrôlée par les deux poids accrochés aux deux extrémités de sa règle. Ainsi pour 1 tour de la roue de partition la roue secondaire effectue 9 tours ($54/6$) et pour 1 tour de la roue secondaire la roue de rencontre effectue 8 tours ($48/6$). Donc les palettes passeront $9 \times 8 \times 21 = 1\,512$ fois entre les dents de la

⁷ Al-suryaq السرياق signifie une corde : horloge à corde. La description nous montre que ce n'est autre que l'horloge à poids ou à foliot)

LE TEMPS, ses divisions, ses instruments de mesure et leur usage aux époques antiques et islamiques

roue de rencontre. C'est bien le nombre nécessaire pour 1 heure.

Dans son traité Taqīal-Dīn s'est contenté de présenter des croquis séparés pour chaque élément de ses horloges. Par contre on ne trouve pas l'illustration d'une horloge montée avec toutes ses composantes. Ainsi nous avons reproduit le croquis de chaque horloge montée au complet avec tous ses éléments (Fig. 5).

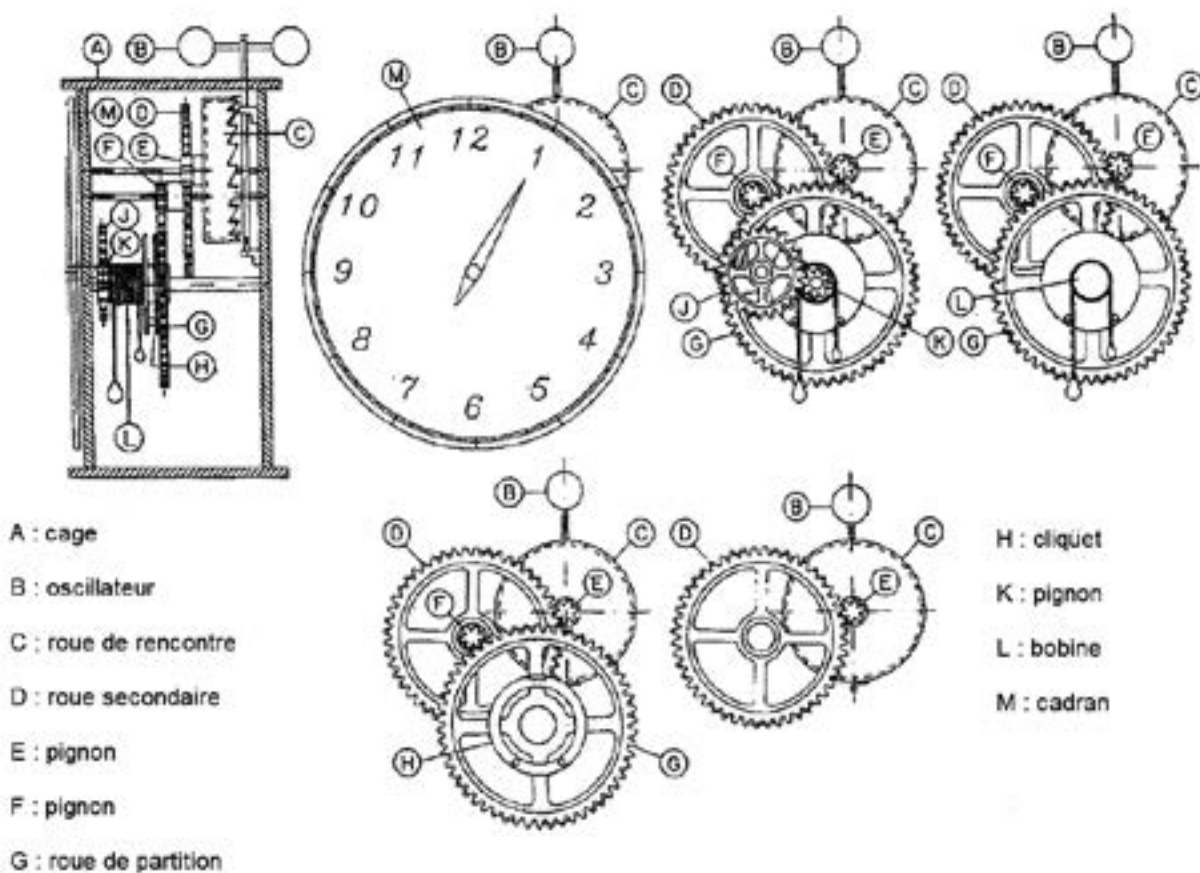


Fig. 5 - Horloge à poids de Taqīal-Dīn , montée avec tous ses éléments.

PREMIER ARTICLE - PARTIE 2

Cette partie est réservée aux horloges à sonnerie (la comtoise et le réveil-matin).

L'horloge comtoise

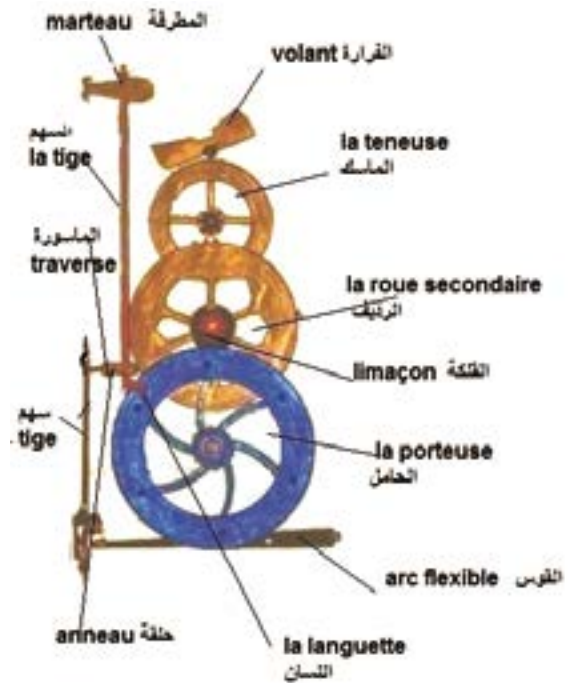
« Une comtoise est une horloge qui sonne les heures. Pour construire une comtoise, il suffit d'adjoindre à l'horloge à poids une cage qui renferme le dispositif nécessaire pour qu'un marteau puisse frapper, sur son timbre, les coups nécessaires».

Cette cage renferme (Fig. 6, tirée du manuscrit sans annotations) :

- Une roue de base appelée « la porteuse » الحامل de 48 dents et portant 6 pitons sur une couronne périphérique. Son axe est muni d'une poulie et d'un pignon de 4 dents
- Une roue secondaire (42 dents) الرديف. Son axe porte un pignon de 8 dents et un petit disque muni d'une encoche (genre de limaçon الفلكة)
- Une teneuse الماسك, roue de 36 dents, son axe porte un pignon de 6 dents. Sur sa surface on a fixé une cheville.
- Un volant à quatre palettes (الفرارة) est fixé à l'extrémité d'un axe parallèle à l'axe de la teneuse. La seconde extrémité de cet axe porte un pignon de 6 dents qui s'engrène avec les dents de la porteuse.
- Une roue de compte دولاب التقسيط nécessaire pour assurer le nombre de coups du marteau sur son timbre. Cette roue a le même diamètre que la porteuse. Ses 52 dents (13x4) sont sciées à l'intérieur de sa couronne. Ces dents s'engrènent avec les 4 dents du pignon de la porteuse. On lui adjoint une croix portée par quatre pitons fixés à sa surface. Sa couronne comporte des entailles inégalement distants et dont les distances sont proportionnelles aux nombres 1, 2, 3, ... 12. Son axe est parallèle à celui de la porteuse (Fig. 7).
- Le marteau et son timbre المطرقة والناقوس

Afin de mettre en relief avec quelle minutie et quelle patience ce savant envisageait la description de chaque élément de ses horloges, nous traduisons textuellement celle du marteau et de sa détente :

« On prend une tige rigide et l'on fixe à l'une de ses deux extrémités une petite traverse percée



La roue de compte n'est pas représentée



Fig. 6 - l'horloge comtoise d'après le traité de Taqīal-Dīn.

Fig. 7 - La roue de compte d'après le traité de Taqīal-Dīn.

LE TEMPS, ses divisions, ses instruments de mesure et leur usage aux époques antiques et islamiques

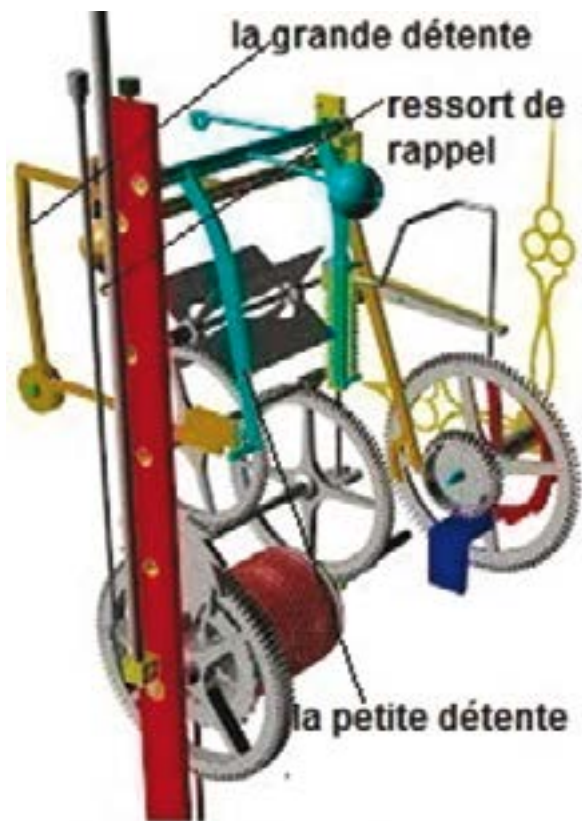
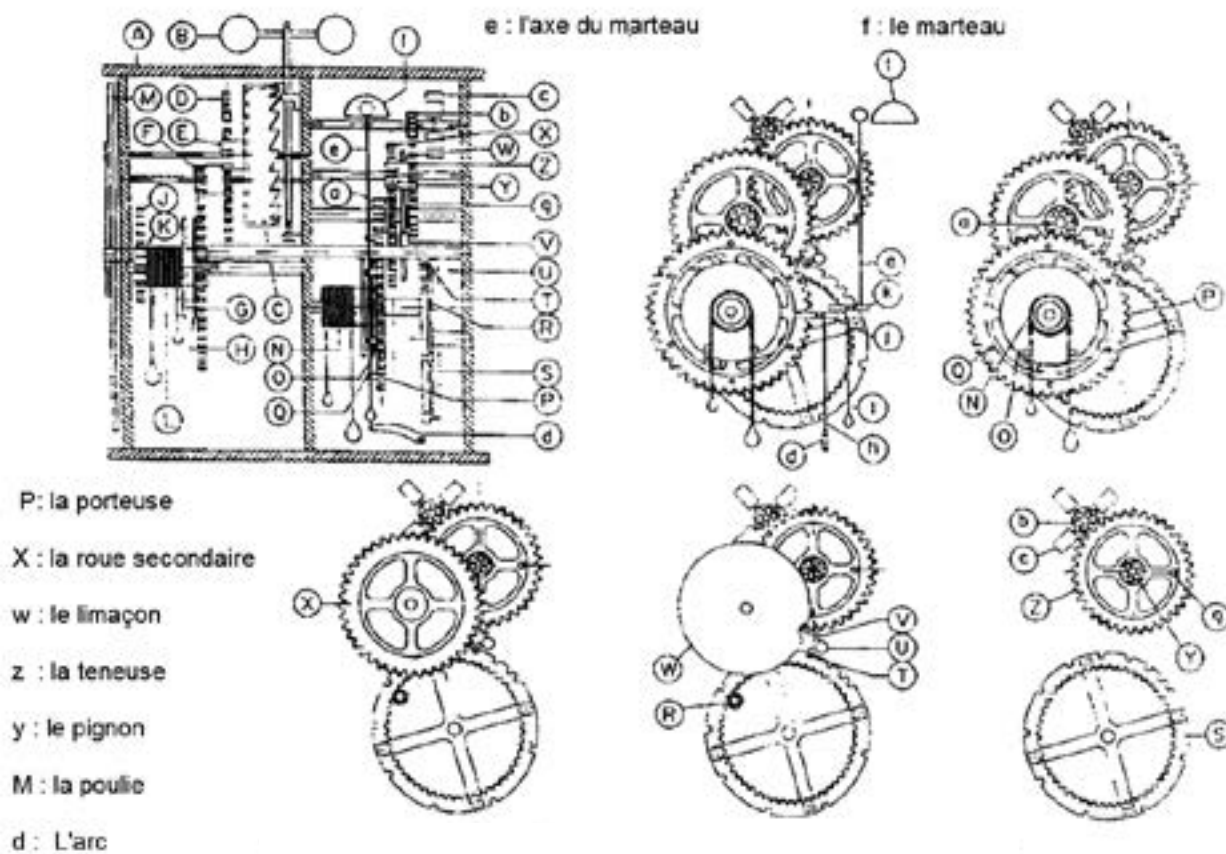


Fig. 8 - La détente.

Fig. 9 - La comtoise de Taqīal-Dīn montée avec tous ses éléments.



d'un trou ; De même on prend une autre tige plus longue et plus fine qui porte à l'une de ses extrémités un petit marteau, et à l'autre une languette. Cette dernière doit passer entre les pitons de la porteuse. On relie par une chaîne métallique la languette et l'extrémité d'un arc flexible dont l'autre extrémité sera fixée au-dessous de la roue porteuse (Fig. 6). Enfin une demi sphère métallique vide fixée au-dessus du marteau jouera le rôle de timbre (...) il faut comprendre que nous avons besoin d'un élément qui retient les roues une fois que le marteau a frappé le nombre de coups nécessaires à l'heure indiquée sur le cadran (...) Or cet élément n'est autre qu'une pièce de l'horloge appelée المخلص « détente » dont voici la description (Fig. 8) : La détente est composée d'un axe, mis en cage, roulant sur deux pivots et portant un bras terminé par un talon qui s'appuie sur le bord de la roue de compte, grâce à la pression d'un ressort ou d'un contrepoids. Cet axe porte aussi un second bras qui s'étend vers la surface de la teneuse afin d'intercepter la cheville qui s'y trouve et ainsi arrêter la roue après que le marteau ait frappé son dernier coup ».

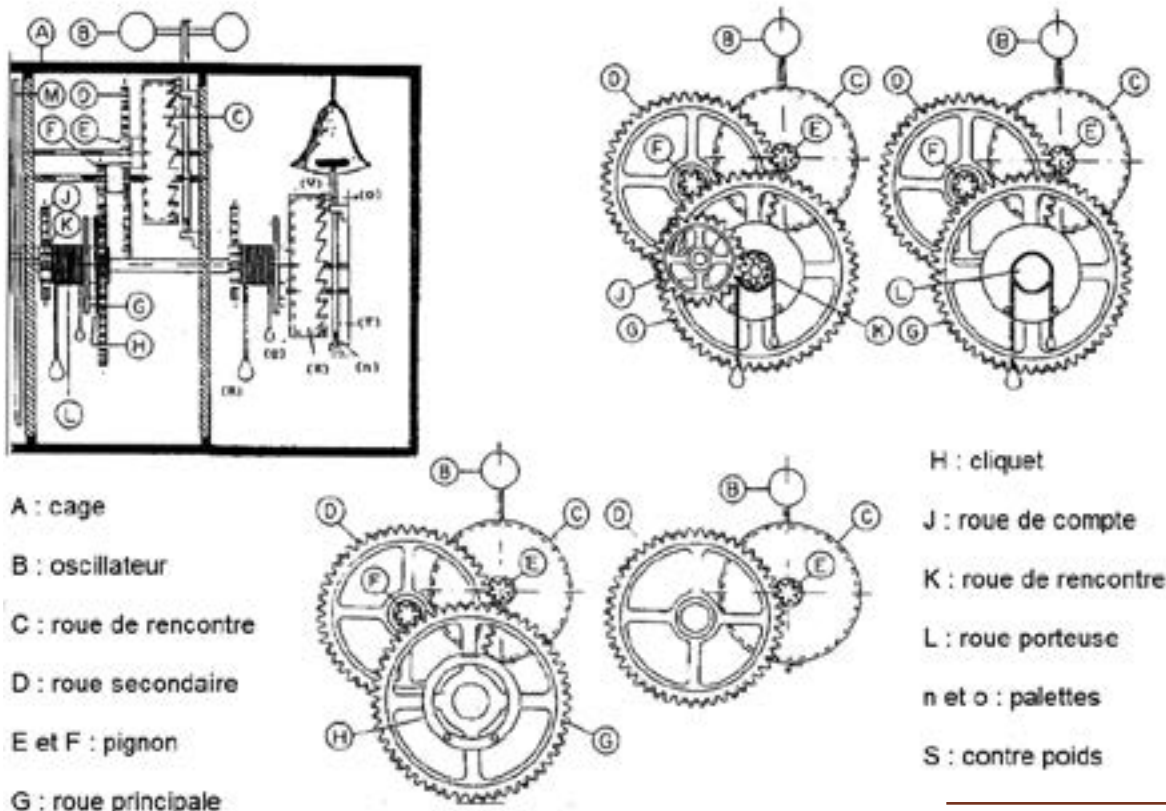
Après cette description Taqīal-Dīn n'oublie pas de déterminer le nombre de coups que le marteau doit effectuer pendant une demi-journée, (douze heures). Ainsi la somme de $1+2+3+4+...+12$ est obtenue par la relation suivante : $[S=n/2(n+1)]$ (Fig. 9)

Le réveil-matin

« Le réveil-matin est une horloge qui, par sa sonnerie, peut réveiller une personne à une heure déterminée »

Pour construire cette horloge il suffit d'adjoindre à l'horloge à poids une cage qui renferme les éléments suivants (Fig. 10) :

- Une poulie mise en mouvement par l'intermédiaire d'une corde enroulée sur sa gorge. Cette corde porte à ses deux extrémités un poids moteur et un contrepoids.
- L'axe de la poulie porte une roue de rencontre devant laquelle est placée la verge à palettes. L'extrémité de cette verge porte un marteau à deux têtes qui doit vibrer à l'intérieure d'une cloche.



- A : cage
- B : oscillateur
- C : roue de rencontre
- D : roue secondaire
- E et F : pignon
- G : roue principale

- H : cliquet
- J : roue de compte
- K : roue de rencontre
- L : roue porteuse
- n et o : palettes
- S : contre poids

Fig. 10 - Le réveil-matin de Taqīal-Dīn monté avec tous ses éléments.

LE TEMPS, ses divisions, ses instruments de mesure et leur usage aux époques antiques et islamiques



Fig. 11 - la détente du réveil-matin,
d'après le traité de Taqīal-Dīn.

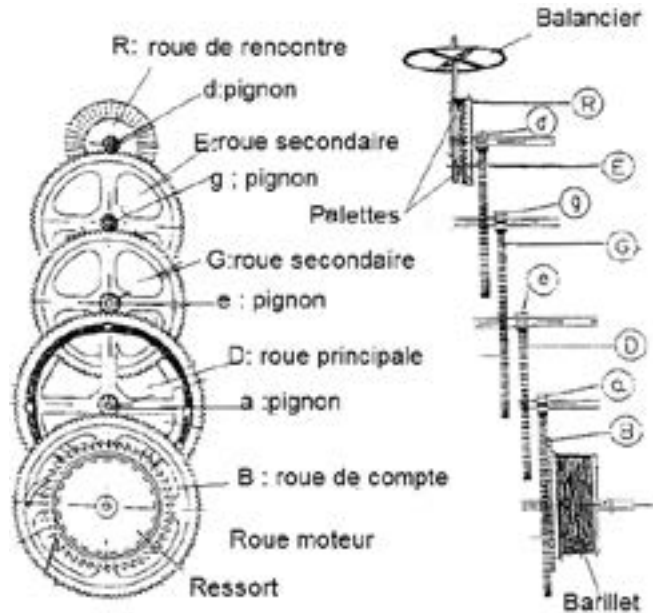


Fig. 12 - Horloge portable montée avec tous ses éléments
d'après la description de Taqīal-Dīn.

- Une détente sera accordée à la verge du balancier pour l'arrêter au moment voulu. Cette détente est munie d'un bras qui s'appuie sur la verge et qu'on appelle « le dragon » التنين à cause de sa forme. Un petit ressort d'attraction sera fixée à ce dragon de même qu'un petit bras recourbé appelé « oisillon » العصفورة qui pend devant la roue de rencontre. La détente et ses accessoires seront fixés à un anneau plat de même diamètre que la roue de rencontre (Fig. 11). Cet anneau, dont la périphérie est percée de 12 trous équivalents au nombre des heures d'une journée, sera appliqué à la roue de rencontre.

Pour faire fonctionner cette horloge, il suffit de placer un clou dans le trou correspondant à l'heure précise pour se réveiller. Une fois l'horloge en marche, le clou pousse l'oisillon qui déplace la tête de la détente (le dragon) pour libérer la verge. Cette dernière commence à vibrer entraînant l'oscillation de la tête du marteau à l'intérieur de la cloche, d'où la production du son du réveil.

La troisième, la quatrième et la cinquième partie du premier article sont réservées aux horloges astronomiques qui ne font pas partie de notre étude.

SECOND ARTICLE

Le second article, formé d'une seule partie, traite des horloges portatives.

«Les horloges portatives sont des horloges qui n'ont pas besoin de corde ou que leur corde est enroulée sur la gorge d'une bobine»

On distingue deux genres :

L'horloge portative sans corde « Al-Talmasi » الطلمسي

Pour cette horloge le poids moteur est remplacé par un ressort enfermé dans un barillet الحقة. La traction de ce ressort est la force motrice de l'horloge. Pour le rouage, on compte six roues d'engrenage : la roue de compte, la roue principale, deux roues secondaires et la roue de rencontre avec son balancier (Fig. 12).

La figure 13 nous montre les différents éléments du barillet. Pour faire fonctionner l'horloge, il suffit d'introduire à l'extrémité de l'axe du barillet une clé pour faire remonter le ressort. Ainsi, le ressort tend à se détendre et sa traction fait tourner la roue motrice qui entraîne la rotation de tout le système d'engrenage et finalement la roue de rencontre et l'oscillateur.



Fig. 13 - Le barillet et ses éléments.

LE TEMPS, ses divisions, ses instruments de mesure et leur usage aux époques antiques et islamiques



L'horloge portative à corde « *al-Rasdi* » الرصدي

Pour construire une horloge portative à corde, il suffit d'accorder à l'horloge portative sans corde un nouvel élément qui pourra compenser l'inégalité des forces de traction du ressort enfermé dans le barillet. Cet élément est la fusée (المعدل) qui signifie le régulateur. C'est une pièce de bois ou de métal de forme tronconique dont la surface latérale porte des sillons en forme de spiral commençant par la base pour atteindre l'extrémité (Fig. 14).

Une corde ou une chaîne enroulée dans les spirales de la fusée doit s'enrouler sur le barillet au moment du fonctionnement. Avec l'introduction de cette fusée, les horloges deviennent des instruments assez précis pour la mesure du temps (Fig. 15).

Pour le fonctionnement de cette horloge, il suffit de remonter le ressort moteur qui, par la suite, se détend, entraînant la rotation de la fusée et de tout le système d'engrenage. Par cette rotation la corde quitte la fusée pour s'enrouler sur le barillet tout en gardant une force constante à la traction du ressort moteur.

Taqīal-Dīn ne se contente pas de cette description minutieuse et largement détaillée de ses horloges. Il termine son traité par une conclusion très importante, dans laquelle il aborde l'étude des métiers nécessaires à un bon horloger. En plus, il précise que ces savoirs sont indispensables pour le perfectionnement de la technique horlogère. À cette fin, il explique les méthodes à suivre pour envisager les soudures fer-fer, cuivre-fer ; sans oublier de préciser les matières premières que renferme la pâte des cloches à bonne résonance. Cette pâte est un mélange des composants suivants :

- 2,5 kg de cuivre rouge
- 200 g de plomb
- 600 g d'arsenic
- 300 g de khôl (sulfure d'antimoine – stibine)
- et une petite quantité d'acide borique

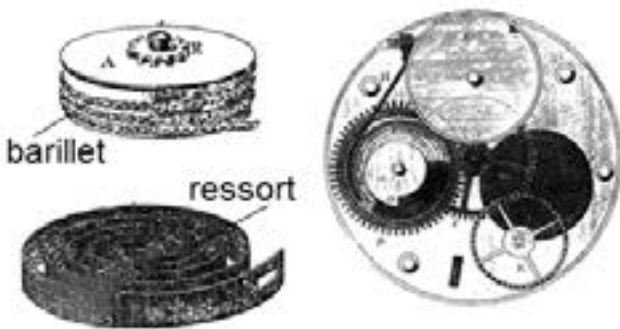


Fig. 14 - La fusée et son cliquet d'après le traité de Taqīal-Dīn.

15 – horloge portative à fusée tirée du traité de Ferdinand Berthoud.

Puis il donne une explication détaillée de la façon dont il faut mélanger ces produits pour avoir la pâte nécessaire à mettre dans un moule en forme de cloche.

Taqīal-Dīnne ne tarde pas à préciser la nature et la qualité de la lame formant le ressort moteur des horloges portatives :

« Pour le ressort moteur il faut choisir une lame d'acier vénitien. Ce genre d'acier est le meilleur. Cette lame doit être homogène. Mais pour les horloges portatives et les montres, il faut que cette lame soit épaisse, ce qui rend son déploiement beaucoup plus difficile. Pour remédier à cet inconvénient, il faut tremper l'acier selon le procédé suivant : On enroule la lame en spirale sans trop serrer les spires. On la trempe ensuite dans l'eau, puis on la saupoudre d'un mélange composé des éléments suivants : On réduit en poudre la corne d'une chèvre, on lui ajoute un volume égal de sel marin et quelques morceaux de l'épluchure d'une grenade. On la lave ensuite afin qu'elle soit bien propre. Si elle n'est pas assez propre on répète l'opération. Ensuite, on fait fondre du plomb, on le débarrasse de son écume et on y introduit la lame de façon à ce qu'elle soit complètement immergée. On attend quelques minutes et on l'enlève pour examiner sa couleur. Si elle est toujours blanche on la trempe de nouveau et on répète l'opération à plusieurs reprises

jusqu'à ce que sa couleur passe du blanc au jaune clair puis au violet. À ce moment, on retire la lame du bain de plomb et on la laisse refroidir. »

Par ce traité, Taqīal-Dīn se classe au palmarès des techniciens horlogers. Il ne se contente pas de décrire chaque élément de ses horloges, mais il va beaucoup plus loin en détaillant les méthodes à suivre pour la fabrication des éléments les constituant. Il se présente en tant que chimiste en énumérant les matières premières pour la fabrication des cloches tout en précisant en kg les proportions de chaque matière pour avoir la pâte d'une cloche résonante. Il est un forgeron de talent en expliquant la soudure fer-fer ou cuivre-fer, en précisant la nature de la lame formant le ressort moteur et en détaillant la méthode à suivre pour tremper l'acier. Il est même un ingénieur industriel pour la construction de ses horloges.

Une question se pose : un traité si riche par son contenu, si efficace par ses détails, n'aurait-il pas pu avancer le développement de la technologie horlogère d'au moins deux siècles s'il avait été traduit et commenté au XVI^e siècle ?

BIBLIOGRAPHIE

- AL-HASSAN Ahmad Youssef, *Taqī al-Dīn and Arabic Mechanical Engineering*, Institute of the history of Arabic Science, Aleppo University, 1976
- BALVAY Lucien, *Évolution de l'horlogerie, du cadran solaire à l'horloge atomique*, Paris, Gauthier-Villars, 1968.
- BERTHOUD Ferdinand, *Histoire de la mesure du temps par les horloges*, 2 vols. Paris, Berger-Levrard, 1976, 373 p. et 447 p.
- BOUDRAIS Marcel, *A.B.C. de l'apprenti horloger, guide pratique conduisant l'apprenti par la main depuis son entrée en apprentissage jusqu'à sa sortie*, Paris, Renaud, 1917. 236 p.
- DUNCAN David, *Le temps conté : la grande aventure de la mesure du temps*, Paris, Nil éd, 1999, 344 p.
- GUYOT Edmond, *Dictionnaire des termes utilisés dans la mesure du temps*, La Chaux de Fonds, Chambre suisse de l'horlogerie, 1953, 125 p.
- HILL Donald R., *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, Croom Helm, London, 1984
- LAVIOLETTE Jean, *Le temps, ses instruments de mesure, leur technique*, Besançon, AFAHA, 2003, 293p.
- LEPAUTE Jean André, *Traité d'horlogerie*, Samson, 1767.
- TEKELI Sevim, *The Clocks in Ottoman Empire in 16th Century and Taqi al Din's (The Brightest Stars for the construction of Mechanical clocks)*, Ankara University, 1966.,

LE TEMPS ET SES MESURES AUX ÉPOQUES ANTIQUE ET ISLAMIQUE

Le temps est la dimension qui conçoit et mesure la suite d'évènements. Ceux-ci s'inscrivent dans le passé, le présent ou le futur.

Jadis, on se contentait du repère fourni par l'ombre mobile et régulière du soleil sur des objets fixes, tels des rochers, des arbres et autres sites de hauteur repérable ; ce que l'on nomme en grec « gnomon ». Les anciens observaient seulement

l'alternance du jour et de la nuit, de l'aube et du crépuscule. Progressivement, ils ont tenté de mesurer le temps ; à cet effet, ils élaborent des cadrans solaires dont les subdivisions obéissent au découpage d'un Temps perçu par eux comme le plus fonctionnel. Bien avant le découpage actuel en 24 heures légales, la division en heures inégales était de règle. En attribuant 12 heures à la nuit et 12 h au jour, les anciens obtenaient au printemps et en été, des heures de jour plus longues et des heures de nuit plus courtes ; inversement en automne et en hiver. Les civilisations agraires s'en accommodaient ; la demande de précision n'excédait pas deux heures.

Aujourd'hui, l'instantanéité occulte le temps qui passe. Chaque société se dote d'une conception du temps qui change selon les époques. Comment étudier et analyser les aspects technologiques, philosophiques, culturels, culturels, qui éclairent l'histoire des doctrines cosmologiques et cosmogoniques dans le monde antique et islamique : tels sont les enjeux de nos journées.

ACTES DU CNRA

Actes du colloque international organisé par le CNRA
du 2 au 5 novembre 2015 à Alger

Dépôt légal : 2417-2015
ISBN : 978-9931-9163-5-2
2017 © CNRA

وزارة
الثقافة
ALGERIE

المركز الوطني للبحث في علم الآثار
Centre National de Recherche en Archéologie
National Center for Archeological Research

cnra.dz