Rellotge mecànic

Autor:
Data de publicació: 22-05-2018

Un rellotge comunament conegut i simplement rellotge és un instrument o indicador de mesura de temps (terme utilitzat en metrologia) que dóna el temps a una solució completament mecànica d'origen. Succeint la diferent horologia , apareix a finals del segle xiii a Europa occidental. Inicialment, amb pes de motor i foliote , experimentarà una llarga evolució i una diversificació significativa al llarg dels segles.

resum

1Història dels orígens del segle XVI

1.1Orígens
1.2Els primers rellotges mecànics

1.2.11271: una invenció imminent
1.2.21270-131: la invenció
1.2.31336: el primer rellotge que toca les hores
1.2.41350 - 1500: difusió i breu evolució

1.3Inventari resumit

2Diferents tipus de rellotges

2.1Rellotges de pes i foliot

2.1.1Rellotges d'edificis i rellotges públics
2.1.2Rellotges monumentals
2.1.3Rellotges astronòmics

2.2Rellotges amb pèndol

3Miniaturització

3.1Rellotges de molles de taula
3.2Pèndols
3.3Rellotge de timbre
3.4Rellotges mecànics i altres

4rellotges derivats

4.1Rellotges elèctrics
4.2Rellotges de quars i rellotges atòmics

4.2.1Rellotges de quars
4.2.2Rellotges atòmics

5Aproximació al país

5.1A Japó
5.2A la Xina

Galeria6

6.1El rellotge al cinema

7Notes i referències

7.1Notes
7.2Referències

8Vegeu també

8.1Bibliografia
8.2Articles relacionats
8.3Enllaços externs

Història dels orígens del segle XVI
Articles connexes: Història del mesurament del temps , horologia i rellotge (horologium) .

A l'origen
No ens ha arribat cap rellotge mecànic abans del segle xiv , però diverses mencions en fonts manuscrites revelen alguns dels primers moments del rellotge .

La paraula llatina horologium , horologia , derivada del grec [???, el temps i ??????, diu], s'ha usat des de l'antiguitat romana per descriure tots els dispositius que indiquen el temps , però l'ús d'aquesta paraula per a tots Els instruments de mesura del temps amaga la veritable naturalesa dels seus mecanismes.

El "rellotge" de Charlemagne .

L'any 806, Carlomagno es va oferir un horòleg de prestigi per part d'un ambaixador del califa abbasí de Bagdad , Haroun ar-Rachid ;Aquest rellotge, sovint descrit en el detall dels seus autòmats, ha estat considerat de vegades un rellotge mecànic. No va ser fins al segle XIX que els especialistes ho van caracteritzar com un rellotge hidràulic b ; Més tard, Pacificus Verona († 844) també va ser acreditat amb la invenció d'un rellotge considerat com el primer rellotge mecànic. El seu horologium nocturnum , de fet, no era més que un tub d'observació similar al nocturlab presentat en un dels manuscrits astronòmics de la biblioteca de l'abadia Mont-Saint-Michel 1 ; aquesta paternitat encara es troba en fonts enciclopèdiques del segle XX;
Gerbert d'Aurillac , el pape de l'any 1000, ha obtingut la construcció d'un rellotge mecànic 2 . Aquest error es deu a una interpretació errònia: a principis del segle xii , a Reims hi va haver, entre les proves del talent de Gerbert, un " horologium arte mechanica compositum " o "un rellotge fabricat per artesans". El 1851, es va erigir un monument a Gerbert a Aurillac . El pedestal de l'estàtua està decorat amb baix relleus de David d'Angers . En una d'elles, veiem la representació del rellotge foliot "rellotge Gerbert" i un rellotge de sorra , un altre anacronisme reconegut per la comunitat científica actual. Pel rellotge atribuït a Gerbert, seria, pel que fa a Pacificus, d'una espècie de nocturlab 3 ;
En els segles següents, des del segle xi fins al segle xiii , les fonts documentals són més freqüents, però la seva interpretació és encara ambigua. Així:

un manuscrit especifica que a la catedral de Sens , el 1176, es va crear un cos de marguillers per fer-se càrrec del rellotge. El 1198, un estatut estipulava que els homes de la setmana del rellotge es veien obligats a una multa si no tornaven al temps. El 1867, G. Juillot, membre de la Societat Arqueològica de la ciutat, va deduir amb certesa que el rellotge era "pes i estampat" c , 4 . A. Ungerer, en un treball de 1931, el converteix en un "rellotge mecànic", que és encara més inverosímil (després de Gerhard Dohrn-van Rossum, nota 4-52);
Segons Jocelin de Brakelond (en) , en 1198, durant un incendi a l' abadia de Bury St Edmunds , els monjos corrien al rellotge per buscar aigua. Aquí no hi ha ambigüitat, el " horòleg " és aigua, per tant, és un rellotge hidràulic el dipòsit del qual era prou gran per ajudar a extingir un foc ocasional.

Els primers rellotges mecànics

"Els millors historiadors del mesurament del temps avui estan d'acord en situar el naixement de la rellotgeria mecànica a finals del segle xiii . 3

En aquest moment, els rellotges hidràulics són bastant comuns en monestirs i catedrals. Permeten anunciar una hora canònica específica a les comunitats. Aquestes màquines, cada cop més sofisticades, s'afegeixen sistemes d'alarma automàtica que avui no coneixem.

Rellotge d'aigua i sistema de campanes, aprox. 1250.

Picant hidràulic, ca.1300.

No obstant això, en el treball de Gerhard Dohrn-van Rossum, podem llegir que a Europa, entre 1280 i 1320 , hi ha un augment de la menció de l'existència de "rellotges" i "horòlegs". en els registres de la parròquia, que sol demostrar que s'havia concebut un nou tipus de mecanisme de rellotge 5 . Aquesta pista sobre l'origen dels rellotges mecànics es veu reforçada per esdeveniments que puntuen la primera joventut dels nous mitjans.

Esdeveniments punctuant la primera joventut del rellotge mecànic.

1271: una invenció imminent

Comentari de Robert l'anglès.

El 1941, Lynn Thorndike va publicar un text de més importància per a la història dels rellotges mecànics 6 . Aquest text, probablement l'evidència més antiga dels rellotges, datada el 13 d'abril de 1271, es refereix a un comentari de Robert l'anglès va dir Robertus Anglicus a L'esfera de Sacrobosco , on es diu sumariamente d :

que una roda que pot girar uniformement més de vint-i-quatre hores (per donar hores equinoccials) no està en el punt; però que les investigacions dels rellotgers es dediquen a aquesta direcció;
Robert llavors fa les seves propostes per a una roda moguda per un pes (sense esmentar el problema d'accelerar el moviment d'aquest sistema).

Això significa que en aquest moment el rellotge mecànic només està en fase de recerca. Es pot considerar per simplicitat que 1270 és la data "primerenca" d'aquest invent, que en termes acadèmics és " terminus ante quem non ".

1270 - 1330: la invenció

Possible mecanisme d'un rellotge foliot del segle XIV, sense el sistema de trucada.

"La transició cap al temps mecànic no s'ha traduït al llenguatge. 7

Com es va assenyalar en la introducció, la menció cada vegada més freqüent de la " horologia " en els registres parroquials suggereix que en aquest moment ha sorgit una nova tecnologia e , però la dificultat d'interpretació és

recurrent: és " horologia " hidràulica o mecànica?

Hi ha més de trenta testimonis per a tota Europa referenciats per a aquest període. En aquests textos, es nota la compra de ferro i pes i l'adquisició de rellotges de preus en monestirs, catedrals i cases princeses. Aquests preus sovint són considerables: sis marques per al rellotge del convent de Colmar en 1278, trenta lliures per a la de Canterbury en 1292, cinquanta libras per una simple reparació [o transformació?] Del rellotge de la catedral de Sens en 1319 f , 8 .

A poc a poc, el rellotge mecànic, el moviment del qual està constantment mantingut per un pes motor, substituirà el tediós rellotge d'aigua que ha de netejar-se i emplenar o buidar constantment. Sembla que aquests primers rellotges -com ara els rellotges d'aigua- tenien la primera funció de sonar una hora particular (despertar per exemple) i una mica després de sonar diverses hores del dia 9 ; aquests rellotges eren "cecs": no tenien marcatge! El so va ser desencadenat des dels turmells situats sobre una roda del mecanisme.

Descripció bàsica del mecanisme g :

a la part inferior, l'element del motor, compost d'un pes enganxat a una corda en un tambor. Dóna el moviment rotacional de l'arbre on es troba la roda d'hores amb el turmell per activar un anell;
un engranatge format per la roda horària i un piñón que conduirà l'element regulador;
l'element regulador compost per l'escapament, és a dir, la roda de reunió vertical, que actua sobre la barra de paletes que dóna el moviment oscil·latori al foliote .

Aquesta transferència de tecnologia, des de l'energia hidràulica a l'energia mecànica, conserva el seu propòsit principal: encendre una hora determinada; de manera que aquest invent va romandre pràcticament anònim. Només una mica més tard, el 1336, una innovació considerable molestaria la història de la rellotgeria.

1336: el primer rellotge sonant les hores
És a Milà, el 1336, que s'instal·la un rellotge en un campanar de la ciutat. La seva peculiaritat, anellen les vint-i-quatre hores del dia amb una sèrie de tirs corresponents a l'hora del moment:

"Una nota al primer, dos tirs al segon, tres al tercer i al quart al quatre ..." 10 .
Aquesta admirable forma de cridar automàticament les hores, útil per a totes les categories de la població, és una veritable innovació. És aquest nou principi de trucada, fascinant, que desencadena la difusió dels rellotges "sonant".

Rellotge d'innovació segons les hores

1386, el rellotge de la catedral de Salisbury,

i la campana d'hora.

1350 - 1500: difusió i breu desenvolupament

Fort del seu èxit amb les poblacions, els ràpids rellotges es propaguen ràpidament; les ciutats italianes seran la seva única base a la primera meitat del segle xiv 11 , que es repartiran per tota Europa durant els propers cinquanta anys.

Amb el temps, les noves necessitats i el progrés tècnic també s'exposen, es tornen més complexes, es miniaturitzen 12 :

per tant, per visualitzar les hores, el rellotge estarà proveït d'un dial dividit en vint-i-quatre hores. Aquest originalment va girar davant un índex fix h , llavors, es tornarà estàtic amb una sola hora de mà. La seva divisió, en vint-i-quatre hores, no és pràctic per llegir i, sobretot, per explicar les hores, el dial es simplificarà amb dotze hores 9 . El rellotge tindrà lloc al capdamunt de torres, campanars i campanars on serà visible i escoltat per tots, això abans de la dècada de 1400;

Roda de 24 hores de l'Astràtum de Dondi: és de 22 hores a l'índex (1348-1364).

Rellotge de 24 hores del Duomo de Florènciaamb contra-rellotge (1443).

Rellotge 24 hores des de la plaça de Sant Marc, Venècia (final de la XV e segle).

Rellotge 2 vegades a 12 hores de la catedral de Chartres (1528).

Rellotge 12 hores Gros-Horloge Rouen (dial 1527).

Rellotges a les parades de l'església de París (escena de 1398, pintada el 1470). Biblioteca britànica de Londres.

a més de la simple indicació de les hores, molt ràpidament, els rellotges particulars o de prestigi indicaran una altra informació astronòmica: el rellotge astronòmic de Richard de Wallingford 13 , entre 1327 i 1356, d'una banda, i l' astràgum de Giovanni Dondi , al voltant de 1360 són els primers exemples; el rellotge astronòmic de Praga erigit el 1410 serà una de les millors joies;

Rellotge de Richard de Wallingford (ca 1340).

l' astrari de Dondi (ca 1360).

El rellotge astronòmic Praga (ca 1500).

els senyors rics volen que el seu rellotge de paret pesi a la seva llar: el rei de França, Felip Le Bel, des de 1314, el papa a Avinyó, des de 1365 i el rei de França, Carles V , el 1377. Progrés tècnic la invenció de la molla espiral plana, abans de 1390, a Itàlia, afavorirà la miniaturització que donarà lloc als primers rellotges de taula; un centenar d'anys després, apareixeran els primers rellotges: els homes de Cour usaran rellotges sonors des de 1490 en els seus vestits cerimònics.

Rellotge de paret amb pes motor (segle XV).

Rellotge domèstic (s. XVI).

Rellotge de taula de Nadal Dauville (1548)

Veure vestit de cerimònia (1567).

rellotge de taula de Peter Grundel (1576).

Inventari de resum canviar el codi]
Diverses fonts, no exhaustives, ens informen sobre els primers rellotges que es troben a través de la lectura dels arxius. Aquest inventari es refereix - finals de 2016 - més de 400 rellotges. El seu cens permet seguir la seva distribució al llarg dels primers segles de la seva existència: vegeu a continuació una representació parcial d'aquesta distribució per al període 1278-1400 14 .

Diferents tipus de rellotges

Des del seu origen, s'han tornat més complexos; podem abordar-los en un ordre que segueix més o menys la seva evolució:

rellotges amb pes i foliot: rellotges d'edificis i rellotges públics, rellotges monumentals, rellotges astronòmics;
Rellotges de pèndol: compositors, reguladors;
la seva miniaturització: els anomenats rellotges de taula, rellotges, rellotges mecànics;
els seus derivats: rellotges pneumàtics, rellotges elèctrics i rellotges de quars, rellotges atòmics, etc.

Rellotges amb pes i foliote

Rellotges d'edificis i rellotges públics canviar el codi]

Article detallat: Torre del rellotge .

Rellotges monumentals

Article detallat: rellotge monumental .

Es tracta de grans rellotges. Originalment pes i foliote, han seguit l'evolució i la seva renovació sovint ha fet rellotges de pèndols i rellotges elèctrics. Sovint es troben en edificis oficials, com ara edificis governamentals, esglésies o estacions de ferrocarril.

Veure una llista no exhaustiva de rellotges monumentals: rellotge monumental

Feu clic a la miniatura per engrandir-la.

Torre del rellotge de l'ajuntament de Mutzigamb autòmat

Rellotge de la catedral de Notre-Dame d' Anvers

Rellotge de Big Ben

Rellotge "el dit de Déu" a Toru? , Polònia

Rellotge mundial de Berlín

Rellotge floral de Ginebra

Rellotges astronòmics canviar el codi]

El rellotge astronòmic de Praga(segle xv)

Article detallat: rellotge astronòmic .

Un rellotge astronòmic és un rellotge que mostra el temps i informació relacionada amb l'astronomia. En general, el terme es refereix a qualsevol rellotge que mostri, a més del temps, informació astronòmica com: les posicions relatives del Sol, la Lluna, les constel·lacions del Zodíac, els planetes més brillants, així com tots informació cíclica com la durada del dia i la nit, l'edat i la fase de la lluna, la data dels eclipsis (per indicació dels nodes lunars), la Setmana Santa i altres festes religioses, la data i el moment de les marees, el temps solar, l'hora desigual o temporal, l'època sideral, la data dels solsticis, el diagrama del cel, etc.

A Europa, els rellotges astronòmics apareixen al segle xiv . Els rellotges astronòmics de Richard de Wallingford a St Albans en la dècada de 1330 i Giovanni Dondi a Padua entre el 1348 i el 1364 són obres mestres del gènere.

Els rellotges astronòmics es construeixen com a demostració o peces d'exposició, tant per impressionar com per informar. A causa de la seva complexitat, els rellotgers continuen produint-los per tal de destacar les seves habilitats tècniques, així com la riquesa dels seus patrons. El seu missatge filosòfic subjacent, un univers ordenat per la voluntat divina, és d'acord amb la visió del món del temps, que pot explicar la seva popularitat [ref. necessari] .

A França, podem citar com a principals rellotges astronòmics:

el de la catedral de Bourges , el més antic, dissenyat per Fusoris , que data de 1423 i restaurat recentment;
la del primitiu Saint-Jean de Lió , restaurada als segles XVI , XVII , XVIII i XIX;
el de la catedral Sant-Jean de Besançon per Constant Flavien Bernardin, després Auguste-Lucien Vérité ;
la de la catedral de Saint-Pierre de Beauvais d'Auguste-Lucien Vérité.

Article detallat: Rellotge astronòmic de Bourges , rellotge astronòmic de Besançon i rellotge astronòmic de Beauvais .

Feu clic a la miniatura per engrandir-la.

Rellotge lunar a l'ajuntament de Bad Windsheim

Rellotge astronòmic de Beauvais

Rellotge astronòmic de Besançon

Rellotge de l' església abacial de Fécamp

Ivy , rellotge astronòmic de la torre Zimmer .

Rellotge astronòmic de Lund

El rellotge astronòmic de la primària Saint-Jean de Lió

Rellotges amb pèndol

Sistema operatiu d'un rellotge comú

Article detallat: Pèndol (rellotgeria) .

Al segle XVI , Galileu va estudiar el moviment del pèndol oscil·lant. Un pèndol associat a una molla i un mecanisme de regulació permet la preservació d'un ritme. El pèndol del rellotge , que consisteix en una barra que pot oscil·lar al voltant d'un eix horitzontal de rotació, permet regularitzar el moviment dels rellotges. És sinònim de pèndol.

El 1656, el físic Christian Huygens (1629-1695), va descobrir la teoria del pèndol. Tenia la idea d'usar-lo com a òrgan regulador per als rellotges. El 1657, Salomon Coster va fabricar un moviment de rellotgeria que funcionava d'acord amb aquest principi. Els primers models fabricats van tenir un temps de funcionament de vuit dies; el moviment i el campanar van ser accionats per una única molla.

Christian Huygens va perfeccionar la molla espiral el 1675 15 que va permetre suprimir el pèndol i reduir la mida dels rellotges. Els rellotges es van tornar més assequibles i es van estendre a les cases, en forma de rellotges del primer pis i després rellotges del mantell .

Feu clic a la miniatura per engrandir-la.

Rellotge amb rellotge

Rellotge amb pèndol (1912), fàbriques "Lussault" Tiffauges , a l'església de Saint-Pierre, Talmont-Saint-Hilaire

Composició del rellotge

Rellotge destacat dels anys 50

Rellotge de cucut

Rellotge Clock C.1904, Ansonia Clock Co

Primer sistema de rellotge elèctric amb pèndol de pèndulsmagnètics que passa en una bobina

Miniaturització
Els anomenats rellotges de primavera de taula

rellotges

Pèndols
Un rellotge és un rellotge normalment muntat a la paret, treballant amb un rellotge. Distingim:

el rellotge d'escacs s'utilitza als jocs d'escacs a temps, però també a altres jocs de taula.
el rellotge astronòmic que indica, a més d'hores, minuts i segons, el moviment d'una o més estrelles, com ara el rellotge astronòmic de Passemant , que es troba al despatx del Pendule al Palau de Versalles ;
el rellotge de cucut, el to de la qual imita el crit dels cucs;
el rellotge de xemeneies que es vol col·locar en una xemeneia o en un moble;
el pèndol simpàtic que uneix un rellotge i un rellotge;
el rellotge Atmos per la casa Jaeger-LeCoultre .

Rellotge amb timbre

Alguns rellotges tenen un timbre de carilló de Westminster que sona la melodia de carilló trimestral del palau de Westminster (Westminster Quarters) .

Rellotges mecànics i altres

Article detallat: Vigilància (rellotgeria) .

Un rellotge portàtil, construcció de Matthew Norman.

El 1571 , el comte de Leicester va oferir una polsera amb un petit rellotge a la reina Isabel I 16 .

Els primers rellotges es van usar en una armilla, jaqueta o jaqueta; butxaca que portava el nom de gusset , d'aquí el nom del rellotge de butxaca.

El 1811 , el rellotger parisenc Abraham-Louis Breguet va lliurar un complicat rellotge de polsera al consort Reina de Nàpols , Caroline Bonaparte . La primera producció massiva sembla remuntar-se a 1880 : l'empresa Girard-Perregaux a La Chaux-de-Fonds lliura un ordre de 2.000 rellotges de polsera (equipats amb una graella protectora) a l'exèrcit imperial alemany.

Rellotges derivats

Aquests són sovint rellotges impulsats per un senyal procedent de l'exterior (rellotges elèctrics, radiocontrolats ...) o transmesos internament (rellotge de quars).
Entre els rellotges que transmeten un segell de temps extern, sense càlcul directe, hi ha diferents tecnologies:
el rellotge radiocontrolat (com el DCF77 a Europa), el protocol NTP , la freqüència de la xarxa elèctrica o el senyal GPS / Galileo . Alguns d'aquests rellotges transmeten un horitzontal establert inicialment per un rellotge atòmic .

Rellotges elèctrics

Article detallat: Rellotge elèctric .

Rellotges de quars i rellotges atòmics

La industrialització del rellotge a la xix e segle era part de l'estela de la necessitat de controlar el temps amb més precisió.

El quars i l' àtom van reemplaçar progressivament el rellotge a la segona meitat del segle XX.

Rellotges de quars

Article detallat: rellotge de quars .

Rellotge de quars.

Un rellotge de quars utilitza un oscil·lador de quars per configurar el temps . El primer oscil·lador electrònic estabilitzat per un cristall de quars es va fer el 1918

El quars té la propietat d'oscil·lar a una freqüència precisa quan està estimulada elèctricament . El primer rellotge es va desenvolupar el 1928 per Warren Morrison i JW Horton en Bell Telephone Laboratories 17 .

La precisió aconseguida per quars és deu vegades superior a la dels millors rellotges mecànics inventats prèviament (en 1675 per Isaac Thuret): un segon darrere en sis anys.

Rellotges atòmics
Article detallat: rellotge atòmic .

Rellotge atòmic de la NASA .

Per anar més enllà d'aquesta precisió, els científics utilitzen rellotges atòmics. Un rellotge atòmic és un rellotge que utilitza la freqüència de radiació electromagnètica emesa per un electró quan passa d'un nivell d'energia a un altre per garantir la precisió i estabilitat del senyal oscil·lant que produeix.

Un dels seus usos principals és el manteniment del Temps Atòmic Internacional (IAT) i la distribució de Temps Universal Coordinat (UTC), que són les escales de temps de referència.

El temps atòmic internacional és la referència mundial basada en la definició de segon atòmic , calculada a l'Oficina Internacional de Pesos i Mesures de Sèvres 18 .

Enfocament de país
A Japó
Article detallat: rellotge japonès .

A Xina
Galeria

Rellotge Charvet a Lió, rue de la Poulaillerie

Toulouse , rue Alsace-Lorraine, rellotge de paret amb un dial de 24 hores

Rellotge ensenya a Tübingen, Alemanya

Rellotge republicà cara

Roca al voltant del rellotge del rellotge

Rellotge Foliot , fet totalment de fusta a Engadine a Suïssa .

Rellotge d' espasarealitzat a Sainte-Suzanne (Doubs) i signat Air FranceConcorde de 1987

El rellotge al cinema

El rellotge màgic de Ladislas Starwitch
Hugo Cabret de Martin Scorsese

Notes i referències
Notes

? Tingueu en compte el nombre d'hores en la direcció retrògrada.
Vegeu, per exemple, els textos de rellotgeria del segle xix : Ferdinand Berthoud , Pierre Dubois i Mathieu Planchon.
[...] La referència es dóna al Butlletí de la societat arqueològica de Sens , any 1867, tom IX, pàgina 390 (disponible al lloc web www.archive.org), en un article de G. Julliot: Les cròniques No ens diuen en quin moment la catedral de Sens tenia el seu primer rellotge; però el que és cert és que a la xii e segle tenia un. Es tractava d'un rellotge amb pes i estampat, i l'atenció es va encomanar a quatre guardes laics establerts el 1176. Si el guardià de la setmana es va oblidar d'aixecar la màquina en temps fixos, va ser condemnat a pagar una multa de sis deniers a l'œuvre de l'église, comme on peut le voir dans le règlement rédigé par l'archevêque Michel de Corbeil en 1198, et conservé à la Bibliothèque de Sens : « Si horologium septimanarius (matricularius) horis debitis non tetenderit, 6 denarios persolvet ».Malgrat la sol · licitud dels clergues seniors pel seu rellotge, i potser també per la seva exactitud, la màquina amb força de caminar acaba usant-se; en 1319 les seves indicacions ja no eren exactes, era necessària una reparació. Van portar de París un anglès anomenat Robert, vestit amb aquest tipus de treball. Va desmantellar el mecanisme, el va restaurar [...] "
^ Vegeu el text llatí de la nota 125, pàgina 389 Gerhard Dohrn-van Rossum; Emmanuel Poulle detalla en certa manera el text principal d'un article. El rellotge ha matat les desigualtats , consulteu l'article en línia. [arxiu] p.140.
? El nombre creixent de documents de l'època també correspon a un període en què es pren l'hàbit de guardar comptes per escrit
? Per a més informació: 50 llibres de 1319 són de 250 grams d'or, al preu d'or, més de 8 000 2016; també correspon a uns 1.000 dies de treball d'un fuster o maçó de l'època.
? Per a més detalls, vegeu Mecanisme (rellotgeria) .
? Aquest és el cas de l' astràgum de Giovanni Dondi .
? Segons l'inventari després de la mort: "Un relleu de plata enterament enterament sense ferro amb dos contrapesos platejats plens de plom" citat per Planchon a la revista La Nature de 1896, pàg. 246.

Referències

? Gerhard Dohrn-van Rossum 1997 , pàg. 57
? Veure entre d'altres: Pierre Dubois, la història de la rellotgeria , París, 1849 , p. 65-66 .

? a i b Emmanuel Poulle, rellotger Gerbert! : fitxer 55 , pàg. 365-367, a Collectif sota la direcció d'Olivier Guyotjeannin i Emmanuel Poulle, Around Gerbert d'Aurillac: El papa de l'any de mill. , París, Escola de cartes, coll. "Materials per a la història", 1996
? (ms + la) Pierre de Corbeil, Llibre del Precari de Sens: Sra. No. 6 , BM Sens, 1198 , folio 16 v .
? Gerhard Dohrn-van Rossum 1997 , pàg. 93-124
? Gerhard Dohrn-van Rossum 1997 , pàg. 93
? Gerhard Dohrn-van Rossum 1997 , pàg. 55.
? Gerhard Dohrn-van Rossum 1997 , pàg. 99-100.
? a i b Segons Emmanuel Poulle, La mesura del temps i la seva història , vegeu l'article en línia [arxiu] p. 225 i 227.
? Gerhard Dohrn-van Rossum 1997 , pàg. 113.
? Gerhard Dohrn-van Rossum 1997 , pàg. 113-118
? Col·lectiu, Tresors del rellotge: el temps i el seu mesurament des de l'Edat Mitjana fins al Renaixement , Palau dels Papes, Avignon, RMG 1998 (ISBN 2-906647-30-6) .
? Veure la pàgina Anglès Ricardo de Wallingford ; vegeu també el lloc web del rellotge de Wallingford. [arxiu] .
? Referència principal: Gerhard Dohrn-van Rossum 1997 , pàg. 408 nota 90
? " Christian Huygens - Fundació d'Alta Horlogerie " [arxiu] , a www.hautehorlogerie.org (accés el 22 de setembre de 2016)
? Marc Richon, Omega viatjar en el temps , pàg. 104
? Enciclopèdia Mundial de la Ciència i la Innovació 2008, pàgina 132
? (en) [1] [Arxiu] Establiment de TAI i UTC , Oficina Internacional de Pesos i Mesures (BIPM), Accessed July 8, l'any 2015

Vegeu