

Kathedralen en middaglijnen (deel 1)

Waarom is de datum waarop Pasen valt elk jaar anders? En waarom valt Pasen ten vroegste op 22 maart en ten laatste op 25 april, en dit telkens op een zondag? De Rooms-katholieke Kerk ligt aan de basis van een regeling die op wetenschappelijke basis tot stand is gekomen.

Deze nieuwe reeks artikels zal ons leiden doorheen de geschiedenis van de wetenschap in de 17de en de 18de eeuw, een geschiedenis die zich grotendeels afspeelt in kerkgebouwen die ingericht werden als de grootste, mooiste en meest precieze zonneobservatoria in de toenmalige wereld.

De paasdatum

Aanvankelijk vierden de christenen hun Paasfeest (= de herdenking van de verrijzenis van Jezus Christus) op de dag van het joodse Pesachfeest (= de herdenking van de uittocht van de joden uit Egypte onder de leiding van Mozes). In het jaar 325 besloot het Eerste Concilie van Nicea (tegenwoordig is dat de stad Iznik in Turkije) over te gaan tot een zelfstandige bepaling van de paasdatum, ditmaal uitgaande van het zonnejaar in plaats van het maanjaar.

Vaste uitgangspunten werden toen:

- dat Pasen op een zondag in het begin van de lente gevierd moest worden, met name op de eerste zondag na de eerste volle maan na 21 maart;
- dat het christelijke Pasen in geen geval mocht samenvallen met het joodse Pesach.

Uit het eerste uitgangspunt volgt dat Pasen altijd moet vallen tussen 22 maart en 25 april:

- de vroegst mogelijke paasdatum valt als het op 21 maart volle maan is en 22 maart een zondag is;
- de laatst mogelijke paasdatum valt als het op 20 maart volle maan is, waarna 18 april de volgende volle maan is; als die 18 april een zondag is telt die dag echter niet mee en wordt de volgende zondag, 25 april dus, de laatst mogelijke paasdatum.

Van 22 maart tot en met 25 april zijn er daardoor 35 dagen waarop Pasen kan vallen.

Deze bepaling verklaart ook waarom de paasdata in de Oosterse en de Westerse christelijke Kerken niet altijd samenvallen. De Oosterse christelijke kerken volgen immers meestal nog steeds de zg. juliaanse kalender, terwijl de Westerse christelijke Kerken de in 1582 ingevoerde gregoriaanse kalender volgen. Aangezien er een verschil van 10 dagen is tussen beide kalenders, valt de datum van 21 maart in beide kalenders niet samen. En hetzelfde geldt dus ook voor de eerste zondag na de eerste volle maan na 21 maart. De beide christelijke paasdata kunnen samenvallen maar kunnen ook meer dan een maand verschillen.

Voor alle christelijke kerkorganisaties begint de lente op 21 maart. De astronomische lente begint echter met de lente-equinox en dat is niet altijd precies op 21 maart (kan variëren van 18 tot en met 22 maart). De meteorologische lente begint op 1 maart hoewel het weer zich daar niet altijd iets van aantrekt. En politieke lentes beginnen vaak op een of ander plein... Het begrip "lente" is dus ontegensprekelijk en om meerdere redenen voor interpretatie vatbaar - maar dat terzijde.

Kerkgebouwen als observatoria

Om de paasdatum voor verschillende opeenvolgende jaren vast te kunnen leggen moest men, zo nauwkeurig mogelijk, de lengte van een zonnejaar of zg. tropisch jaar kennen. De lengte van een zonnejaar - de tijd die verstrijkt tussen twee achtereenvolgende doorgangen van de zon door het lentepunt - is nu 365 dagen, 5 uren, 48 minuten en 45,20 seconden (of 365,2421898 dagen). Die lengte vermindert met 0,53 seconden per eeuw. Om die lengte op een zeer precieze manier te kunnen meten construeerden astronomen, in opdracht van de Rooms-katholieke Kerk, in verscheidene grote kerkgebouwen monumentale zonnewijzers met slechts één uurlijn: de 12-uurlijn of middaglijn. Grote kerken leenden zich immers perfect voor zulke installaties: de vrij grote en vrij donkere binnenruimte van een dergelijk gebouw vormde immers een soort "camera obscura" waarin de binnenvallende zonnestrallen een duidelijk en goed te volgen beeld van de zon vormden op de vloer. Die zonnestrallen werd in de kerk "toegelaten" door een zg. oculus: een kleine opening in het dak, in een zuidwaarts gerichte muur of in een zuidwaarts gericht brandraam. De wellicht best bekende installatie is die van de San Petronio-basiliek in Bologna. Ze dateert van 1576. Een andere vrij bekende installatie is die van de Saint-Sulpice-kerk in Parijs. De oudste dateerde er van 1727, de huidige is van 1743. En dichter bij ons, zowel in afstand als in tijd, zijn er de 19de eeuwse installaties in de kerken van Antwerpen en Brussel maar ook Aalst en Dendermonde - al was het doel daar van een heel andere aard (zie o.a. Zonnetijdingen nr. 12). In dit artikel beschrijven we de installatie van de Santa Maria Novella-basiliek in Firenze. Later volgen de belangrijkste middaglijnen in andere Europese kerkgebouwen.

De Santa Maria Novella-basiliek in Firenze

De Santa Maria Novella-basiliek in Firenze is een kloosterkerk van de orde van de Dominicanen (Predikheren). Deze kerk werd grotendeels gebouwd gedurende de 14de eeuw maar de gevel ervan werd pas in 1470 afgewerkt. Tot de bekendste kunstwerken die men er kan bewonderen behoren het Kruisbeeld van de Florentijnse kunstenaar Giotto (1266-1337) evenals het Kruisbeeld van de veelzijdige Florentijnse kunstenaar Filippo Brunelleschi (1377-1446).

Anders dan bij de meeste katholieke kerkgebouwen, is de hoofdas van deze kerk noord-zuidgericht; de voorgevel van de kerk is dus vrijwel exact zuidwaarts gericht zodat ze gedurende het hele jaar in de zon staat.

Op die gevel installeerde Egnazio Danti (1536-1586), een dominicaanse priester, wiskundige, astronoom en cosmograaf, tussen 1572 en 1575, drie constructies:

- een kwadrantvormig muurgedeelte met verscheidene zonnewijzers;
- een equatoriale hoepelzonnewijzer;
- een oculus ("un foro gnomonico" in het Italiaans) met het oog op de constructie van een middaglijn dankzij het principe van de "camera obscura".

De opdrachtgever en beschermheer van Egnazio Danti was Cosimo I de' Medici, de eerste groothertog van Toscane, tevens een goede vriend van paus Gregorius XIII, de latere invoerder van de hoger genoemde gregoriaanse kalender.



Een kijkje op de zonnewijzers op de rechterzijde van de voorgevel. De haaks op de muur staande constructie bevindt zich nagenoeg exact in het meridiaanvlak.



De fraaie zuidelijke gevel van de Santa Maria Novella-basiliek.

1. Het kwadrantvormige muurgedeelte met verscheidene zonnewijzers

Dat onderdeel werd in 1572 geïnstalleerd op de rechterzijde van de voorgevel van de kerk. Men vindt er 6 klassieke verticale zonnewijzers op: 3 op de haaks op de gevel staande vierkante plaat, 1 op de ondersteunende console en 2 op aanliggende gevelpanelen. De haaks op de muur staande vierkante plaat is nagenoeg exact in het overeenkomstige meridiaanvlak geplaatst. De zonnewijzers die op de beide zijden van die plaat staan geven dus de tijd vóór en ná het middaguur aan. Ze geven bovendien de tijd aan in astronomische, Italiaanse en Babylonische uren. De kleinere zonnewijzer op de ondersteunende console is een polaire zonnewijzer. De twee zonnewijzers op de aanliggende muurplaten geven in het rood planetaire uren en in het zwart canonieke uren aan. Die kleuren zijn tegenwoordig vrijwel niet meer te onderscheiden maar de uren zijn met Romeinse, resp. Arabische cijfers gemerkt.

De belangrijkste doelstellingen van deze constructie waren:

- de lente-equinoxen zo exact mogelijk waarnemen en zo de lengte van het zonnejaar bepalen;
- de helling van de aardas nagaan.

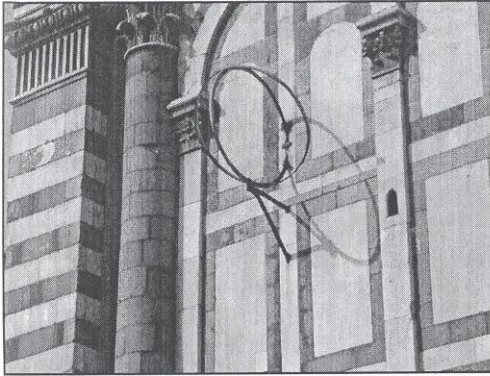
Volgens Danti was de breedteëlgang ϕ van de kerkgevel $46^{\circ} 20' N$.

De hoek van het evenaarvlak met het horizontale vlak was, volgens hem, derhalve $90^{\circ} - \phi = 43^{\circ} 40'$.

In een inscriptie op de console wordt in Romeinse cijfers aangegeven dat de hoek tussen de twee solstitia (zomer- en winterwende) volgens de toenmalige metingen $46^{\circ} 57' 39'' 50'''$ was en de halve hoek = $23^{\circ} 28' 49'' 55''' (*)$.

Hoewel heel exact aangegeven, zijn dit geen correcte waarden.

Hetzelfde geldt voor de door Danti bepaalde lengte van het zonnejaar: 365d 5h 45m 36s (de gregoriaanse waarde is 365d 5h 49m 12s).



De equatoriale hoepelsfeer op de linkerkant van de voorgevel.

2. De equatoriale hoepelzonnwijzer

Dat onderdeel werd in 1574 aangebracht op de linkerkant van de voorgevel van de kerk, op zo'n 20 m hoogte.

Het is een zeer eenvoudige constructie die bestaat uit niet meer dan twee perfect cirkelvormige metalen hoepels die haaks op elkaar gemonteerd zijn: de ene in het meridiaanvlak en de andere in het evenaarvlak. De hoepels hebben een diameter van 1,5 m. Dit instrument diende:

- om de hoogte van de zon te meten op het moment van de equinoxen,
- om het tijdsverschil te meten tussen twee opeenvolgende lente-equinoxen en zo de lengte van het zonnejaar te bepalen.

Als de zon op het middaguur én in de equinox staat, liggen de binnenzijde van de meridiaancirkel en die van de evenaar-cirkel in de schaduw. Aangezien de zon geen puntvormige lichtbron is, zal op dat moment de schaduw op de binnenzijde van de hoepels afgeboord zijn door een verlichte band. Deze band verdwijnt of wordt groter als de zon de equinox verlaat. Een inscriptie in de muur geeft aan dat op 2 maart 1574 (toenmalige juliaanse tijdrekening), om 22 h 24 m na de middag een test werd gedaan. Die tijdsaanduiding is de zg. astronomische tijd die begint te tellen vanaf het middaguur en loopt over 24 uur. Omgerekend in onze tijd geeft dat 10.24 h voor de middag (er is een fout van 2h 30m omdat het evenaarvlak niet goed was geplaatst).

3. De oculus met het oog op de constructie van een middaglijn

Mede omdat de resultaten van de bovengenoemde instrumenten hem niet voldeden, besteedde Danti het jaar 1575 aan de constructie van een middaglijn in de kerk. Daartoe bracht hij eerst en vooral een kleine opening aan in het roosvenster van de kerk (21,35 m boven de grond). Daarna bracht hij, een stuk hoger, een tweede oculus aan.

De bedoeling van die twee oculi was de zonnestrallen in de donkere kerk te laten schijnen opdat de verplaatsing van (het beeld van) de zon doorheen het jaar nauwkeurig gevolgd zou kunnen worden. Bovendien moest dat zeker zowel op de data van de beide eveningen (lente en herfst) als op de data van de beide zonnewenden (zomer en winter) mogelijk zijn. De oculus is in feite het toppunt van de gnomon van een zonnwijzer. Het begin- en eindpunt van de 12-uurlijn of middaglijn wordt, op het middaguur, aangegeven door de hoogste, resp. de laagste zonnestand in het jaar (de zomer-, resp. de winterzonnwende). Op het middaguur van de lente- en herfsteveningen valt het zonnebeeld op een en hetzelfde punt.

Mede door het overlijden van zijn opdrachtgever en beschermheer, groothertog Cosmo I, slaagde Danti er, jammer genoeg, niet om de volledige middaglijn op de vloer van de kerk uit te tekenen.

Te noteren valt dat men in het Italiaans twee bijna gelijk-luidende maar toch verschillende termen gebruikt voor twee verschillende begrippen:

- "il meridiano" voor een geografische meridiaan zoals, bijvoorbeeld, de meridiaan van Greenwich;
- "la meridiana" voor de 12-uurlijn of middaglijn van een zonnwijzer, resp. voor een zonnwijzer die enkel het middaguur aangeeft (een "middagwijzer" dus).

Hetzelfde geldt trouwens ook in het Spaans ("el meridiano" vs. "la meridiana") en het Frans ("le méridien" vs. "la méridienne").

Bij anderstaligen leidt dat vaak tot verwarring.

Geometrie van het zonnebeeld

Bij de oculus overspant de zon een hoek van 30'. Op het middaguur valt het zonnebeeld op de vloer exact op de middaglijn.

De punten die gemeten moeten worden zijn de exacte stand van het zonnebeeld op astronomisch belangrijke momenten zoals de equinoxen en de solstitia.

Het is ook nuttig om de grootte van het zonnebeeld te meten op verschillende tijdstippen in het jaar.

Enkele getallen geven een idee van de observaties in Firenze (telkens op het middaguur).

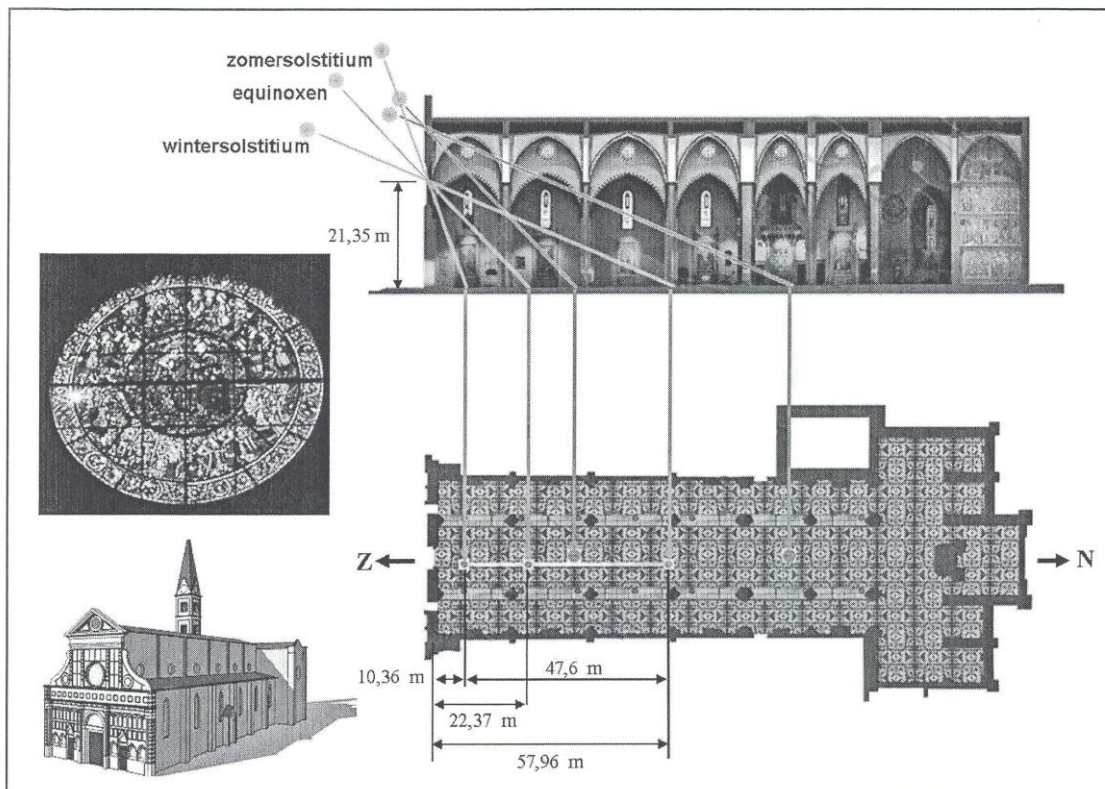
Tussen de solstitia verschuift het zonnebeeld over een afstand van 47,6 meter doorheen het schip van de kerk (dat is zowat de helft van de lengte van een gemiddeld voetbalveld).

Het beeld van de midwinterzon valt 5 maal verder dan dat van de midzomerzon.

De diameter van het zonnebeeld varieert van 0,21 meter tijdens de midzomerzon tot 1,56 meter bij de midwinterzon, dat is een toename van bijna een factor 8.

De onderrand van het beeld van de midwinterzon raakt net de hoek van het koor van de kerk.

Het is trouwens daarom dat Danti de hoogte van 21,35 m koos voor de oculus in het roosvenster.



Het ontwerp van de middagwijzer, resp. de middaglijn in de Santa Maria Novella-basiliek.

Danti verwachtte dat, nadat hij zijn middaglijn voltooid zou hebben, het zonnebeeld van de eerste lente-equinox op de middaglijn gecentreerd zou zijn op een punt kort bij 22,37 meter van de vertex (dat is het punt op de vloer dat zich loodrecht onder de oculus bevindt). "Kort bij" omdat de equinox kan optreden op eender welk ogenblik van de dag en niet noodzakelijk precies op het middaguur. Men spreekt hier dan van het "middagdeficit". Berekeningen moesten dit deficit omrekenen naar het middaguur. Op het middaguur van de midzomerdag zou het zonnebeeld zich verder zuidwaarts bevinden, minder dan 10,36 meter van de vertex. Op het middaguur van de midwinterdag zou het zonnebeeld zich op 57,96 m van de vertex bevinden.

Op de verjaardag van zijn eerste lenteobservatie zou Danti gemeten hebben hoe dicht het zonnebeeld bij zijn oorspronkelijke positie stond. Dankzij dit instrument zou het dus gemakkelijk zijn de exacte lengte van het jaar te bepalen en daaruit ook de juiste datum van Pasen af te leiden - wat volgens Danti "haast onmogelijk was met eender welk ander instrument".

In een volgend artikel zullen we de Santa Maria del Fiore-basiliek in Firenze bezoeken, basiliek die tevens de kathedraal van het aartsbisdom Firenze is. Bij velen is deze kerk met haar bekende grote koepel evenwel gewoon bekend als de Dom van Firenze (afgeleid van het Italiaanse woord "duomo" = koepel).

Willy Ory

Referenties

- Heilbron J.L., *The sun in the church: cathedrals as solar observatories*, Harvard University Press, Cambridge (MA, USA) & London (GB), 1999.
 - Ory W., Lezing "Over kathedralen en meridianen".
 - Kleurenfoto's zijn te vinden op: <http://www.zonnewijzerkringvlaanderen.be/MERIDIANA1.pdf>
- (*) Gradenboognotatie $46^{\circ} 57' 39'' 50'''$: Het teken ''' is een eertijds gebruikt symbool voor zestigsten van een seconde (in het Frans werden die "tierces" genoemd, in het Engels "thirds"; een Nederlandse benaming is niet gevonden). Nu zouden we schrijven: 46 graden 57 (boog)minuten en 39.83 (boog)seconden. Zie ook op: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sexagesimal> en spring naar "Modern usage"