

Der skete noget sjovt på vej til 2006: et skudsekund

Poul-Henning Kamp

phk@FreeBSD.org



Skudsekunder ?

- Et skudsekund er en ad-hoc trinjustering på 1.0 SI-sekund i vilkårlig retning, af UTC tidsskalaen, der foretages ved midnat ved slutningen af (i prioriteret rækkefølge) et halvår, kvartal eller måned i henhold til en af IERS i Bulletin C op til seks måneder forud varslet anvisning, for at sikre at dUT1 holdes på under et SI-sekund.
- Skudsekunder er upopulære i visse kredse.

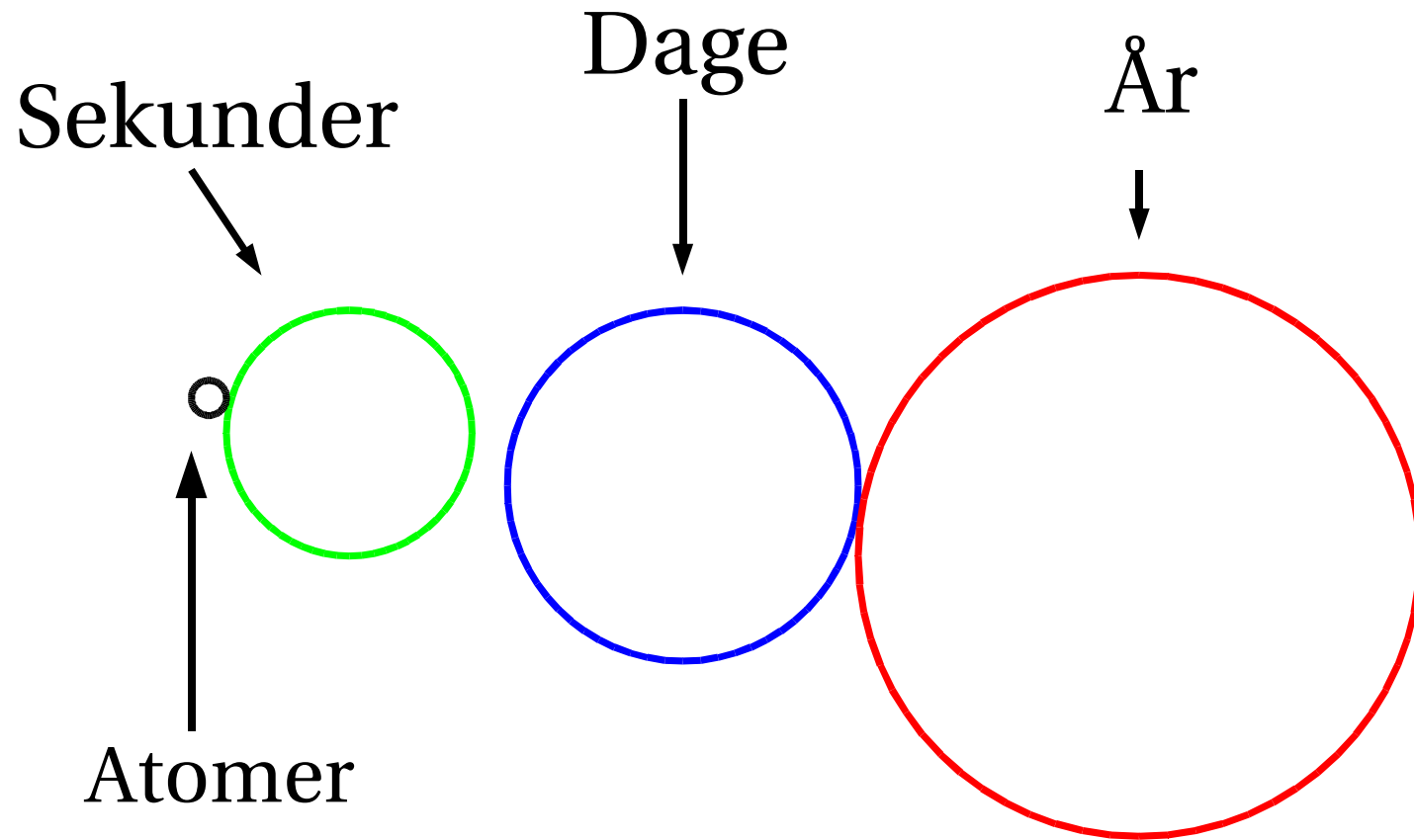
Normal nytårsaften

- ...
- YYYY-12-31 23:59:58
- YYYY-12-31 23:59:59
- YYYYZ-01-01 00:00:00
- YYYYZ-01-01 00:00:01
- ...

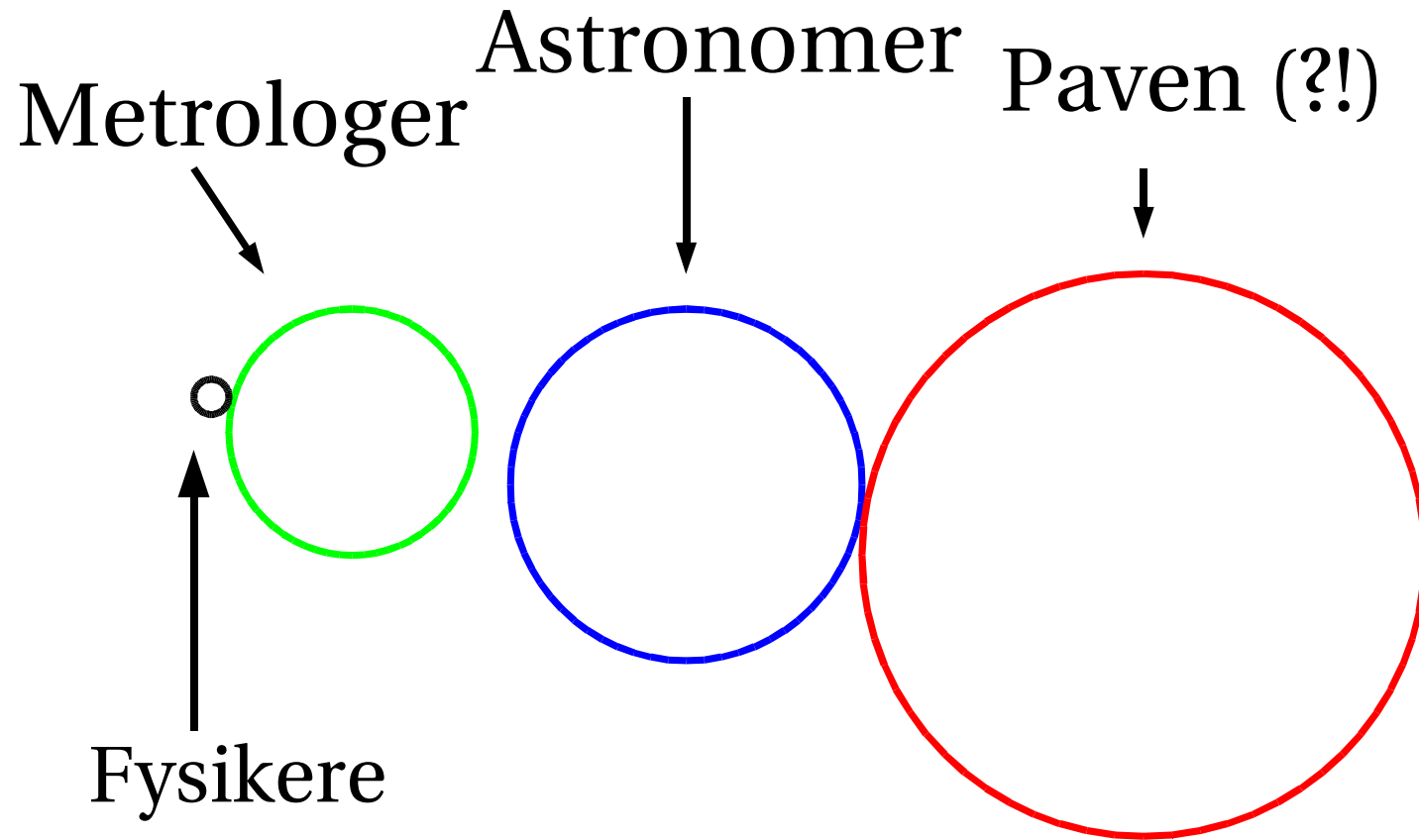
Unormal nytårsaften

- ...
- YYYY-12-31 23:59:58
- YYYY-12-31 23:59:59
- ← YYYY-12-31 23:59:60
- YYYYZ-01-01 00:00:00
- YYYYZ-01-01 00:00:01
- ...

Tidens (tand)hjul



Tidens (tand)hjul



Atomer og Sekunder

- *The second is the duration of 9.192.631.770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the caesium 133 atom.*
- Kan måles med nøjagtighed på 10^{-16}
 - 1 sek per 300 mio år.

År

- Jordens kredsløb om Solen.
- Måles i forhold til solen **og** fixstjernerne.
 - 31558149.8 SI sekunder (IAU's Sidereal Year)
- Temmelig stabilt
 - Oscillationer pga forstyrrelser fra de andre planeter, specielt Jupiter.
 - Forskellige, meget små systematiske effekter
 - Solens massetab osv osv.

Fra år til dag

- “En dag” er defineret ved jordens orientering i forhold til solen.
 - “Solen står i syd midt på dagen”
- 1 år er derfor et helt antal dage.
- 1 år = 365 eller 366 dage
- ```
#define isleap(y) (((y) % 4) == 0 && \
```

```
 (((y) % 100) != 0 || ((y) % 400) == 0))
```

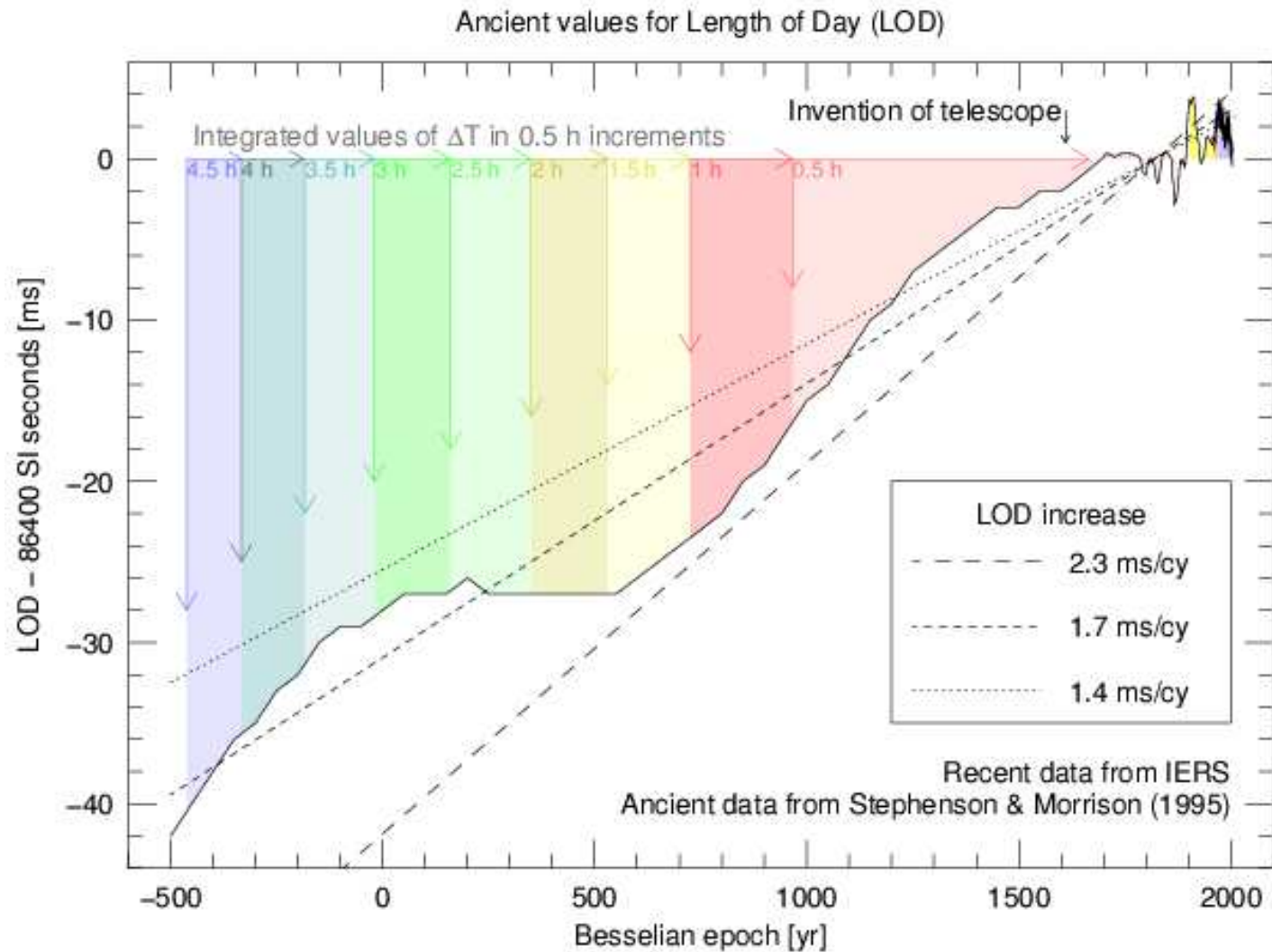
  - 365.2425 dage i gennemsnit

# Dage

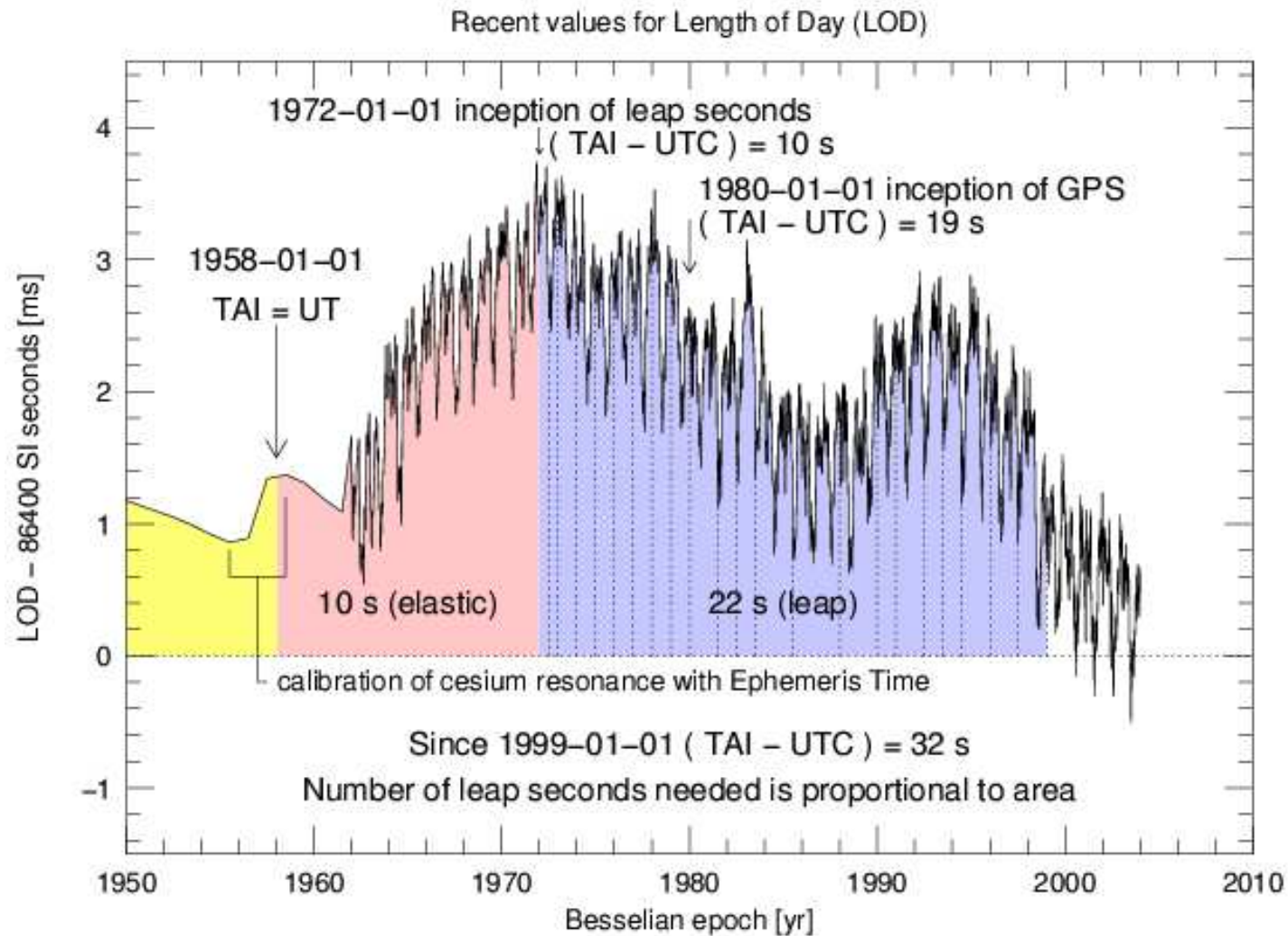
---

- Jordens rotation om egen akse.
- Ikke konstant: Jorden drejer langsommere.
  - Tidevands effekt fra Månen
  - Kerne/Skorpe friktion.
  - Andre kendte & ukendte effekter.
- Ikke stabil
  - Kendte og ukendte periodiske effekter
  - Ukendte ikke-periodiske effekter.

# Jordens rotation over tid



# ...og i nyere tid



# To definitioner...

---

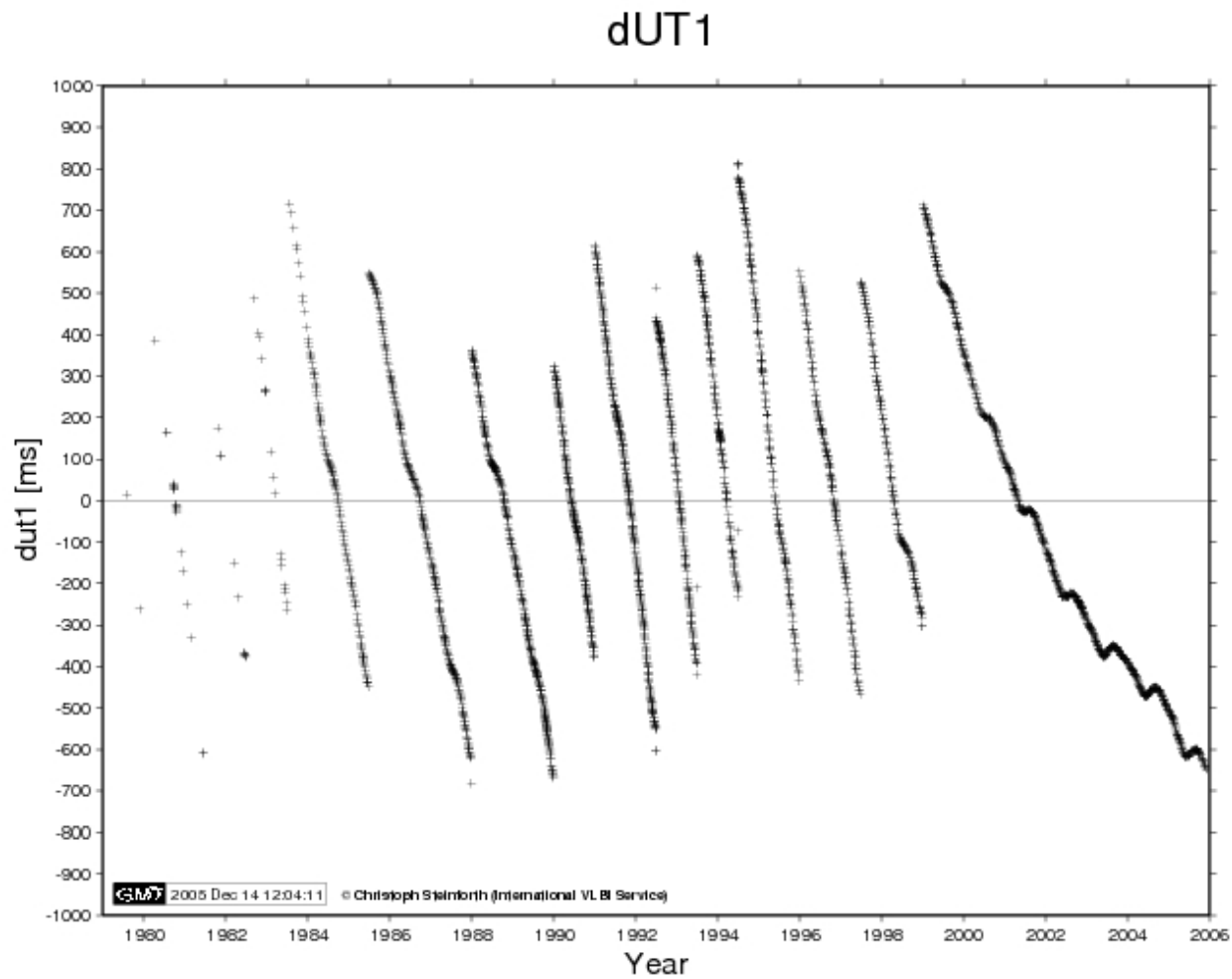
- 1 dag = 24 timer \* 60 minutter \* 60 sekunder
  - Stabil – per definition
  - Præcis – takket være atom-standarder.
- 1 dag = en rotation af planeten
  - Ustabil
  - Upræcis

# ~~Tyggegummi~~Skudsekundet

---

- Giv nogle dage et sekund mere eller mindre så atomtiden passer med astronomisk tid.
  - Atomtid: UTC
  - Astronomisk tid: UT1
  - Forskellen: dUT1
- Tolerancen er defineret til 0.9 sekund.
  - $dUT1 < 0.9 \text{ s}$

# Skudsekunder



# Bulletin C

INTERNATIONAL EARTH ROTATION AND REFERENCE SYSTEMS SERVICE (IERS)

SERVICE INTERNATIONAL DE LA ROTATION TERRESTRE ET DES SYSTEMES DE REFERENCE

SERVICE DE LA ROTATION TERRESTRE

OBSERVATOIRE DE PARIS

61, Av. de l'Observatoire 75014 PARIS (France)

Tel. : 33 (0) 1 40 51 22 26

FAX : 33 (0) 1 40 51 22 91

Internet : services.iers@obspm.fr

Paris, 31 January 2006

Bulletin C 31

To authorities responsible  
for the measurement and  
distribution of time

## INFORMATION ON UTC - TAI

NO positive leap second will be introduced at the end of June 2006.  
The difference between Coordinated Universal Time UTC and the  
International Atomic Time TAI is :

from 2006 January 1, 0h UTC, until further notice : UTC-TAI = -33 s

Leap seconds can be introduced in UTC at the end of the months of December  
or June, depending on the evolution of UT1-TAI. Bulletin C is mailed every  
six months, either to announce a time step in UTC, or to confirm that there  
will be no time step at the next possible date.

Daniel GAMBIS  
Director  
Earth Orientation Center of IERS  
Observatoire de Paris, France

# 5 til 6 måneders varsel...

---

Paris, 31 January 2006

Bulletin C 31

To authorities responsible  
for the measurement and  
distribution of time

INFORMATION ON UTC - TAI

and will be introduced at the end of June 2006.

# Attack of the timelords

---

- Bulletin C udsendes
- GPS control-segment indsætter “leap-warning” i GPS signalet
- PTB trykker på DCF77's “skudsekund” knap
- Metas --//-- HBG's --//--
- NPL --//-- MSF's --//--
- etc.

# NTP

---

- Stratum 1 servere opdager leapsecond warnings og sætter “leap indication” i pakkerne.
- Stratum 2 servere hører fra stratum 1
- (etc)
- Klienter modtager “leap indication” fra server.

# #ifndef POSIX\_STUPIDITY

---

- *Coordinated Universal Time (UTC) includes leap seconds. However, **in POSIX time** (seconds since the Epoch), **leap seconds are ignored** (not applied) to provide an easy and compatible method of computing time differences. Broken-down POSIX time is therefore not necessarily UTC, despite its appearance.*

# Aftenens genudsendelse...

---

- For at håndtere skudsekunder i henhold til POSIX er der brug for et ekstra sekund.
- NTP styrede maskiner “genudsender” det sidste sekund i døgnet under skudsekundet.

# Caught in the act

---

| seconds              | fraction | state     |
|----------------------|----------|-----------|
| 1136073598.926703664 |          | TIME_INS  |
| 1136073599.027707000 |          | TIME_INS  |
| 1136073599.128708380 |          | TIME_INS  |
| [...]                |          |           |
| 1136073599.835725864 |          | TIME_INS  |
| 1136073599.936727524 |          | TIME_INS  |
| 1136073599.037731698 |          | TIME_OOP  |
| 1136073599.138732520 |          | TIME_OOP  |
| [...]                |          |           |
| 1136073599.845753078 |          | TIME_OOP  |
| 1136073599.946774852 |          | TIME_OOP  |
| 1136073600.047769807 |          | TIME_WAIT |
| 1136073600.148756939 |          | TIME_WAIT |
| [...]                |          |           |

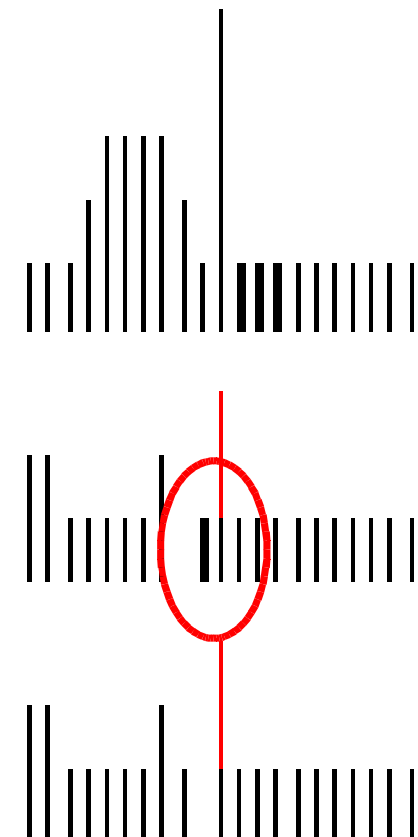
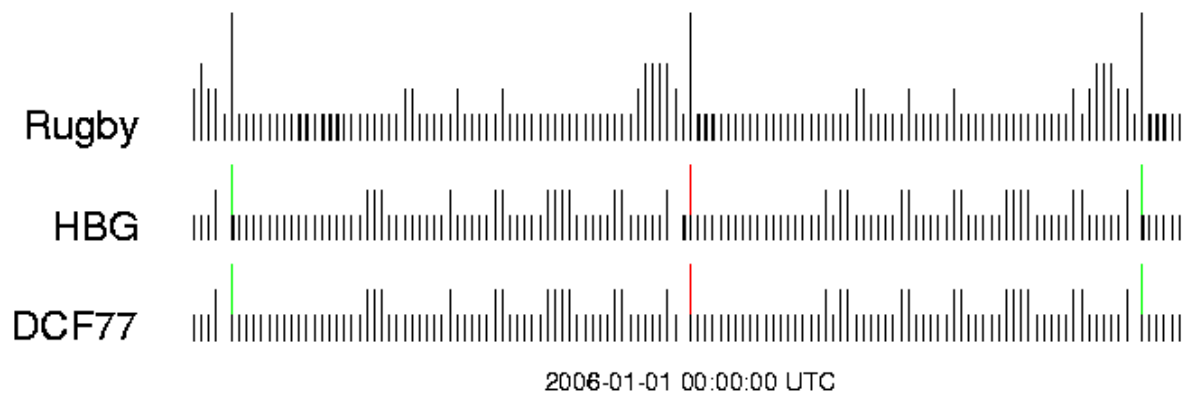
# Caught in the act

---

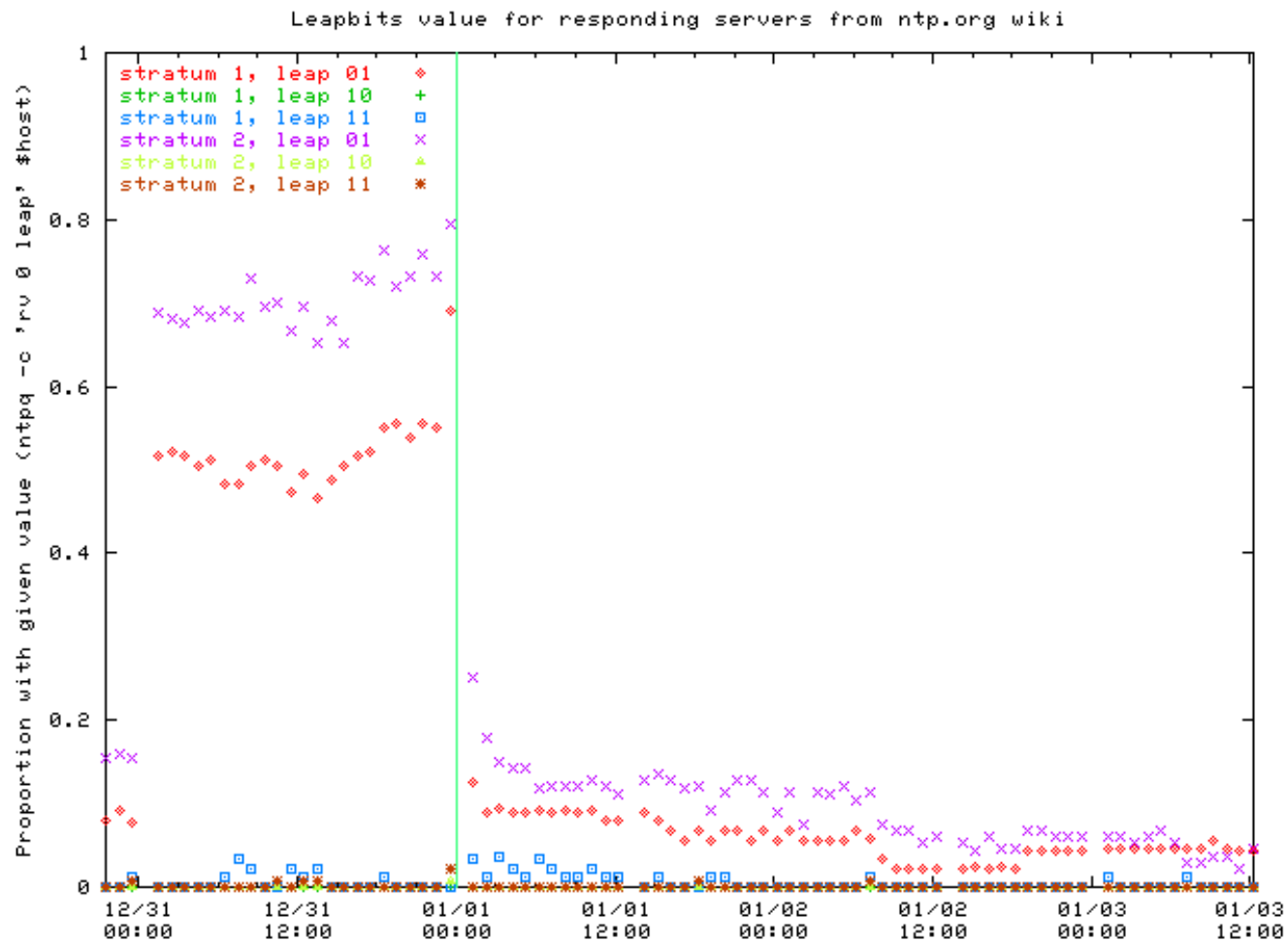
| seconds    | fraction          | state     |
|------------|-------------------|-----------|
| 1136073598 | .926703664        | TIME_INS  |
| 1136073599 | .027707000        | TIME_INS  |
| 1136073599 | .128708380        | TIME_INS  |
| [...]      |                   |           |
| 1136073599 | .835725864        | TIME_INS  |
| 1136073599 | <b>.936727524</b> | TIME_INS  |
| 1136073599 | <b>.037731698</b> | TIME_OOP  |
| 1136073599 | .138732520        | TIME_OOP  |
| [...]      |                   |           |
| 1136073599 | .845753078        | TIME_OOP  |
| 1136073599 | .946774852        | TIME_OOP  |
| 1136073600 | .047769807        | TIME_WAIT |
| 1136073600 | .148756939        | TIME_WAIT |
| [...]      |                   |           |

# “Stort set perfekt”

- HBG tidssender i Schweiz dummede sig...



# “NTP Mostly OK”



# Hvad er problemet ?

---

- Problem 1:
  - Computer glitches
  - I Asien sker skudsekunder midt på dagen
- Problem 2:
  - Forudsigelses horisonten.
    - Vi ved hvor lang tid der er til Jul, men ikke til nytår.

# Computer Glitches

---

- Computere der håndterer skudsekunder forskelligt, men som taler sammen.
  - Fix POSIX
- Computere der går glip af skudsekund info
  - Netværksfejl
  - Opdatering sjældnere end hver 6. måned.
  - Operatører der glemmer/overser skudsekund.

# Løsning 1

---

- Længere forudsigelser
  - 5, 10 eller 20 år istedet for  $< \frac{1}{2}$ år
- DUT1 tolerancen stiger
  - Linært eller ulineært ?
- Skudsekunder vil blive stadigt hyppigere
  - 2 skudsekunder per år mulige fra ca. 2050

# Løsning 1

---

- Skudsekund tabellen indbygges i OS
  - POSIX skal tilrettes
- Computere der peger hardware væk fra jorden skal lære at DUT1 kan være mere end 1 sekund.
  - Teleskoper, Parabolantenner

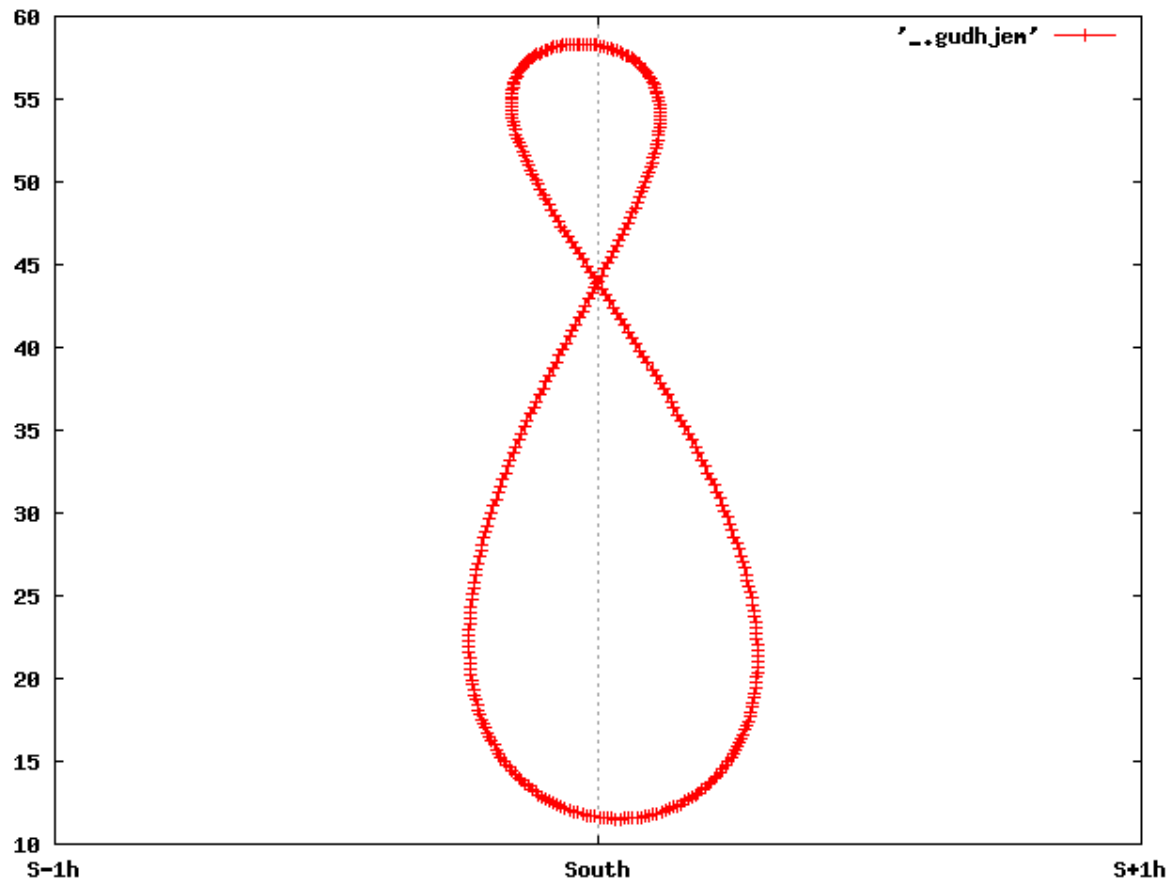
# Løsning 2

---

- Drop skudsekunder
  - 1 dag =  $24 * 60 * 60$  sekunder, altid.
  - POSIX får ret.
- DUT1 vokser ubegrænset i fremtiden
  - 1 minut om 50-70 år
  - 1 time om 700-1000 år
  - “Solen står ikke i syd til middag”

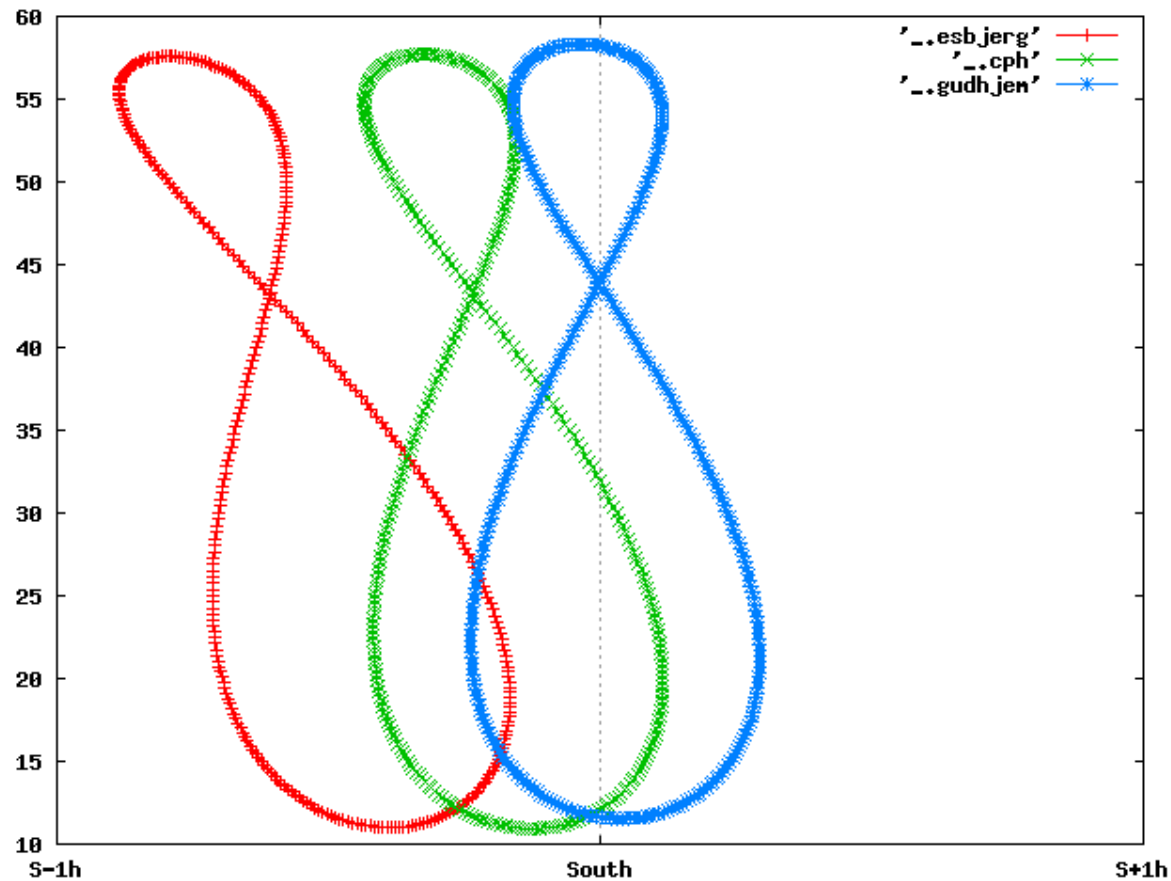
# Solen står ikke i syd

- “Analemma” for Gudhjem



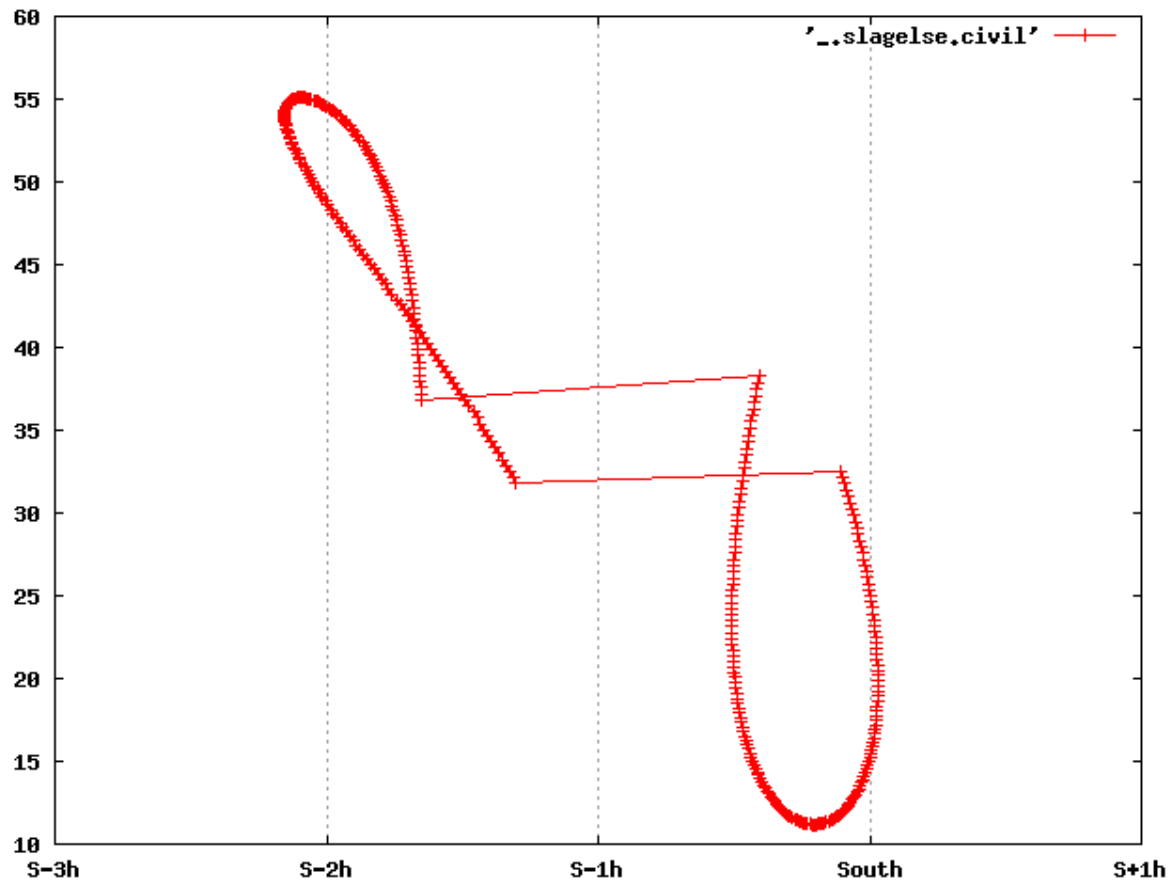
# Tidszoner

- 15° brede “tidszoner”



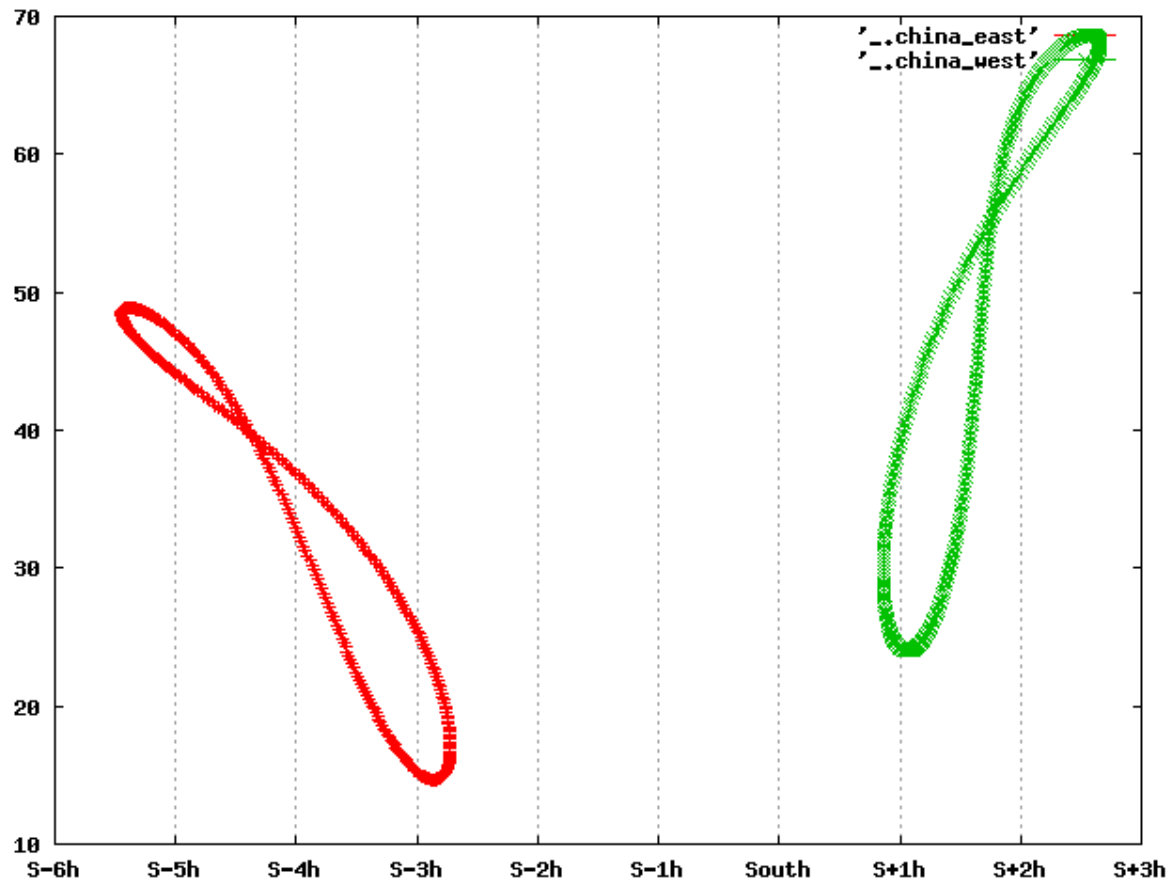
# “Sommertid”

- Vi hopper frivilligt 1 time halvdelen af året



# Kina er helt specielt...

- Hele Kina er en tidszone



# Politik

---

- ITU-R bestemmer over UTC
  - Af historiske grunde: Telefonregninger var den første internationale anvendelse af præcis tid.
- Meterkonventionen fastlægger sekundet
  - International traktat.
- Astronomer/Geofysikere/Geodæter fastlægger UT1 efter observationer.

# USA forsøgte at kuppe ITU-R

---

- “Ingen skudsekunder efter 2007-12-21”
- Slog fejl af to årsager:
  - Astronomerne opdagede det
  - Der kom et skudsekund på tværs

# Status nu:

---

- Status Quo
  - Skudsekunder med 5-6 måneders varsel
- Ingen udsigt til:
  - Beslutning om ændring af UTC definition.
  - Tilretning af POSIX standard
  - Nogensom helst form for enighed.

# Danmarks evt. Indflydelse ?

---

- Ingen dansk representant i ITU-R WG7A
- Afgørelse i ITU-R's plenum forsamling
  - Danmark har en stemme
- Ingen officiel dansk holdning
  - Vi har forresten slet ikke indført UTC endnu...
- Ukendt hvem der stemmer for .dk
  - Og følgelig hvad de i givet fald vil stemme.