

Chi decide che ora è?

GLI ARCHITETTI DEL TEMPO

Il tempo che fa funzionare il nostro mondo non ha più niente di naturale. È un tempo artificiale, che viene fabbricato da orologi atomici, controllato a livello internazionale e poi distribuito da vere e proprie «agenzie». Ma è troppo preciso per essere vero, e ogni tanto perde il ritmo delle albe e dei tramonti

testo Sara Brunelli

Trentun dicembre. In tutte le case e le piazze del mondo l'anno nuovo è accolto da un conto alla rovescia. Dieci, nove, otto... Tutti chiamano gli ultimi secondi, seguendo l'orologio più preciso che hanno a disposizione. Quello trasmesso dalla televisione oppure quello di un amico che prima di uscire di casa ha sistemato il suo per arrivare puntuale all'incontro con il 2004. Mai, come in questa serata, tutti sentono l'esigenza di conoscere l'ora esatta, di avere l'orologio a posto. Ma qual è l'orologio migliore? E chi ce l'ha?

Orologi a onde

Da sempre l'uomo ha tentato di misurare il tempo. Con pendoli e clessidre e soprattutto sfruttando i fenomeni astronomici. L'alternarsi della luce e del buio, le

fasi della Luna, il fluire delle stagioni hanno fornito le prime misure per giorni, mesi e anni. Queste misure, però, funzionano bene solo su periodi di tempo lunghi e offrono scarsa precisione negli intervalli più piccoli. Come si misurano minuti e secondi?

Fino a qualche decennio fa l'unico modo era suddividere il giorno e l'ora in unità più piccole: il secondo era definito come la 86.400esima parte del giorno. Oggi invece si fa al contrario: si determina prima l'intervallo di tempo più piccolo, il secondo. E con questo si contano le ore, i giorni e i mesi. Non più i pendoli quindi, ma gli orologi atomici, che contano le oscillazioni del cesio 133, un metallo che, grazie alle sue caratteristiche, permette di ottenere misure molto precise (vedi box a pag. 125).

Nel 1967 è nata la nuova definizione di secondo: il secondo atomico. In un orologio atomico, il tic-tac di un oscillatore elettronico è mantenuto stabile confrontandolo con la naturale frequenza dell'atomo di cesio 133. Quando l'atomo passa da un particolare livello di energia a un altro emette una radiazione. L'onda emessa oscilla come il pendolo di un orologio classico. E dopo 9.192.631.770 oscillazioni è trascorso esattamente un «secondo atomico». Ogni Paese può contare su almeno un laboratorio che dispone di orologi atomici e li usa per determinare il tempo ufficiale.

L'apparente movimento delle stelle attorno al polo Sud celeste fotografato lasciando l'obiettivo aperto per 10 ore e mezza. Per misurare il tempo l'uomo ha sempre sfruttato i fenomeni celesti.



Per l'Italia è l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (Ien) di Torino. Quindi non c'è un singolo orologio che fornisce a tutto il mondo l'ora esatta. Questa viene determinata confrontando diversi orologi, tutti molto precisi, ma non perfetti. Come tutti gli strumenti, anche gli orologi atomici risentono infatti delle variazioni di umidità e di temperatura e della presenza di campi magnetici. Gli orologi atomici di ultima generazione, detti a fontana, hanno una precisione da 10 a 30 volte superiore ai precedenti, ma la perfezione resta comunque lontana. «Nel nostro istituto abbiamo 5 orologi al cesio, 2 all'idrogeno, leggermente meno precisi di quelli al cesio, ma comunque stabili, e un orologio a fontana», spiega a *Newton* Aldo Godone,

responsabile del laboratorio di tempo e frequenza all'Ien di Torino. «La precisione di questi orologi è enorme. Essi "muoiono" prima di perdere un secondo: un orologio a fontana è preciso fino alla 15esima cifra decimale». Come dire che dovremmo aspettare circa 30 milioni di anni per vedere che l'orologio ha perso un secondo! Costantemente accesi, gli orologi atomici al cesio e a fontana vengono interrogati e confrontati tra loro, l'ora esatta viene perciò creata in laboratorio. E una

**OGNI PAESE
HA UNA «AGENZIA»
CHE DISTRIBUISCE
IL TEMPO UFFICIALE
A TUTTA LA NAZIONE**

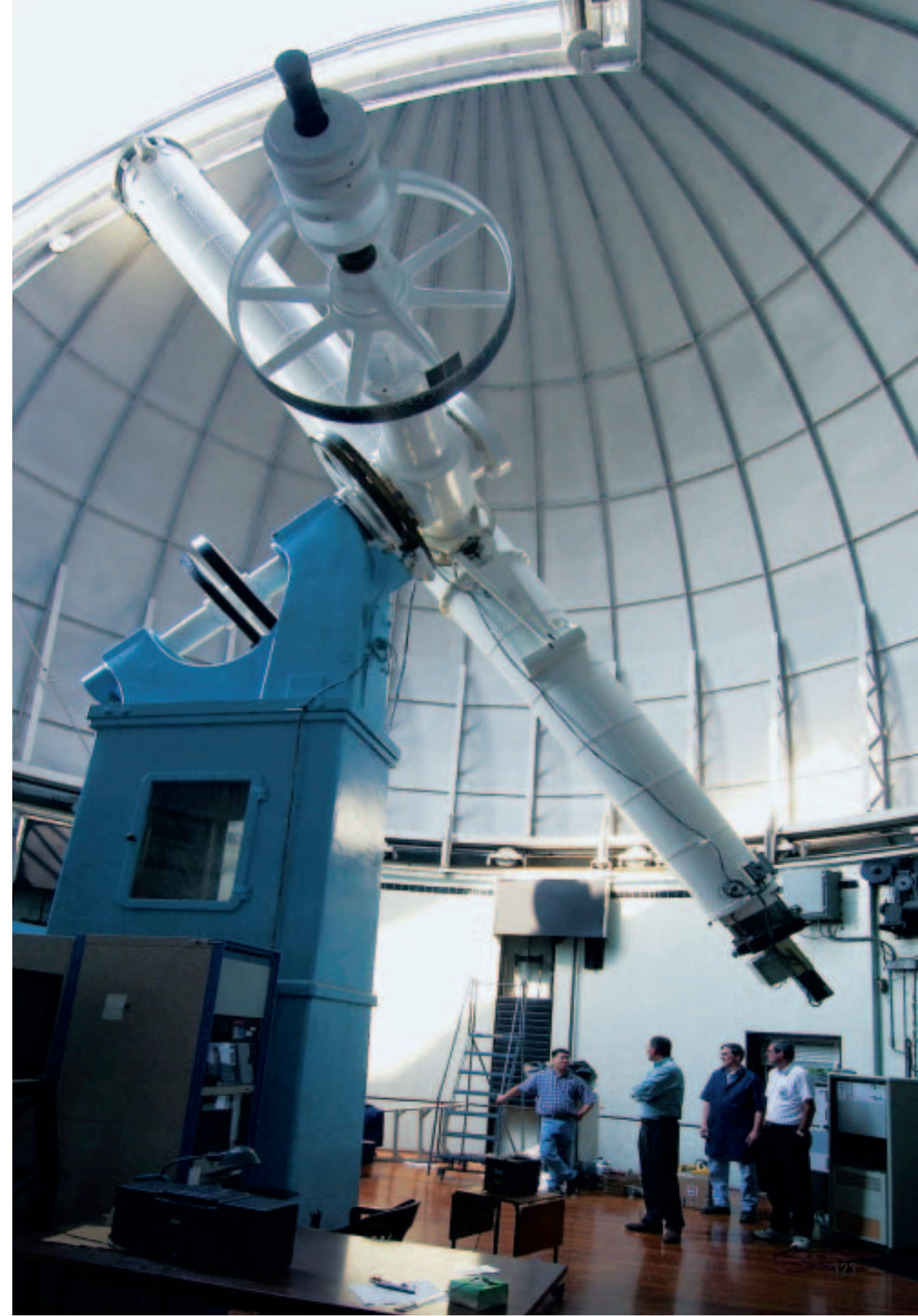
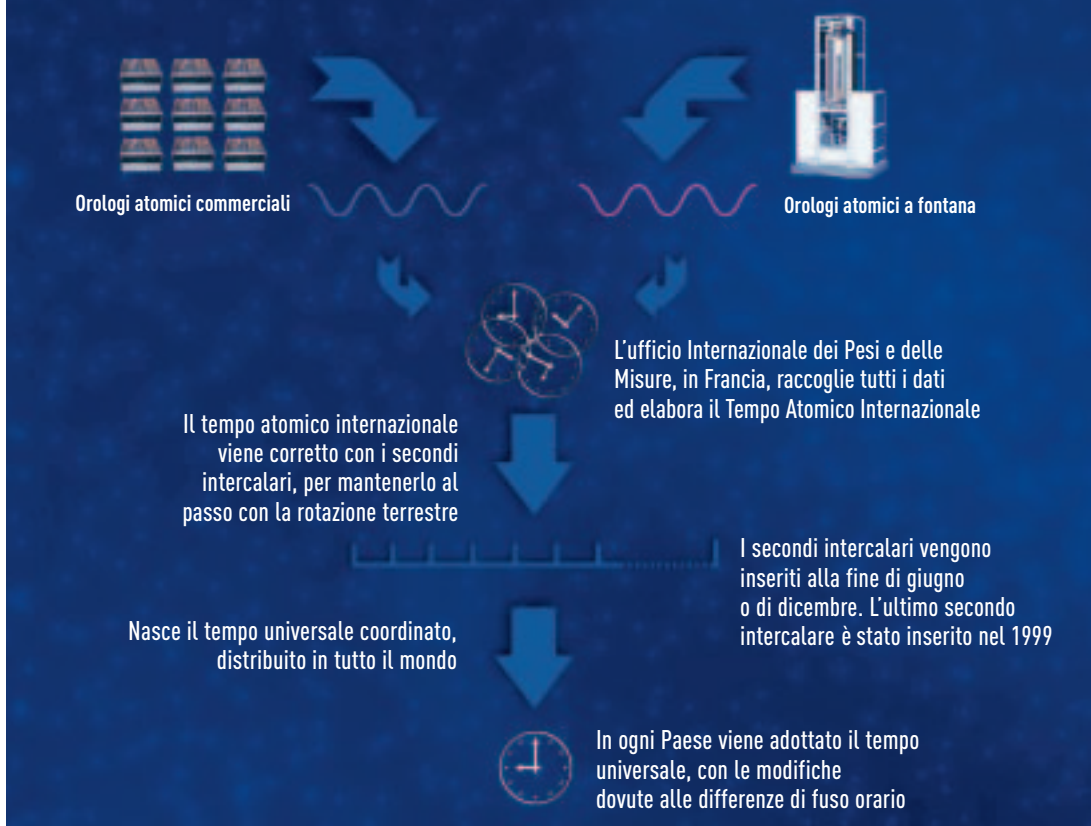
Il telescopio dell'Osservatorio Navale americano, a Washington, dove si misura il rallentamento della rotazione terrestre.

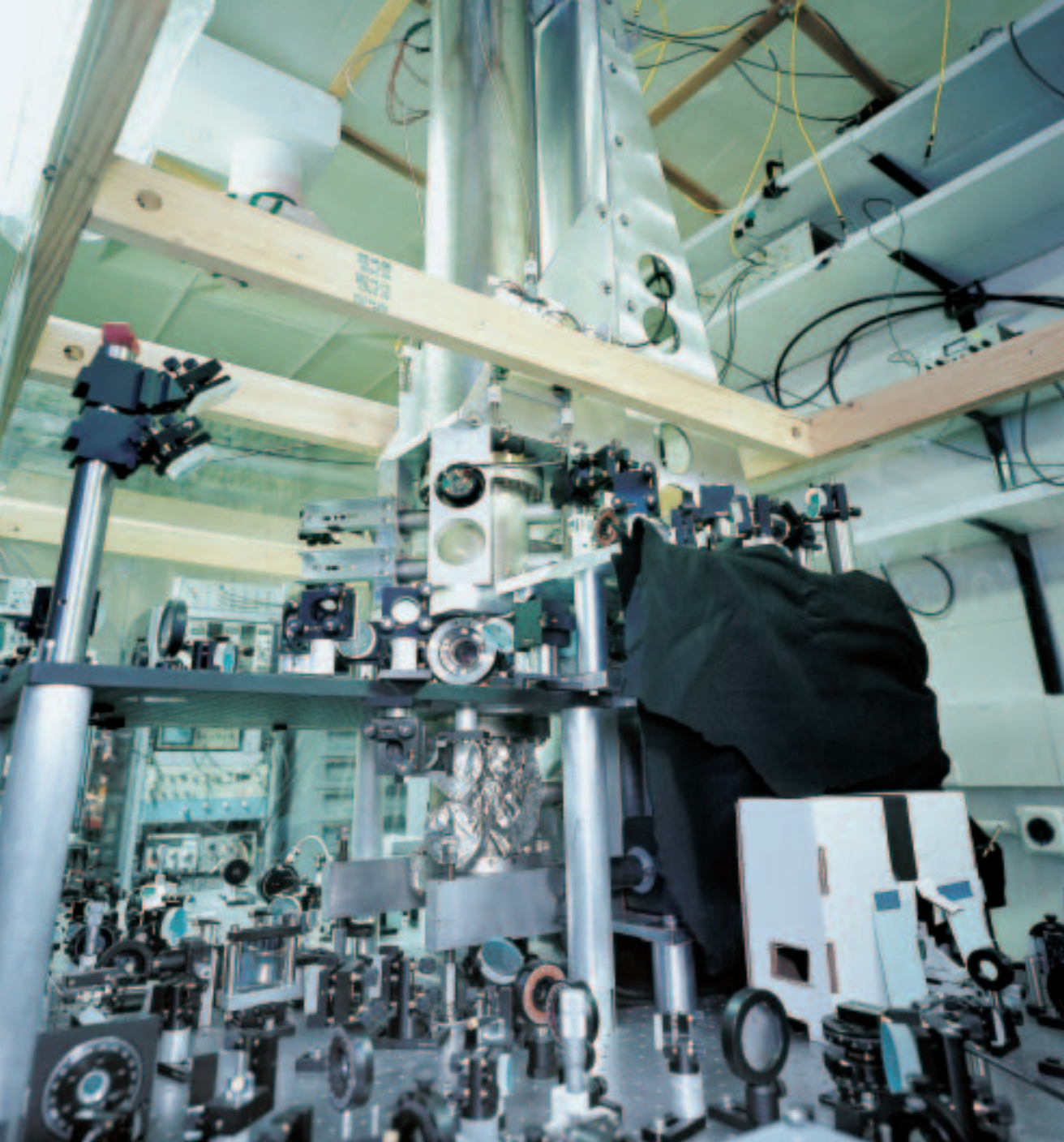
volta «costruita» deve essere anche distribuita. Compito che in tutti i Paesi viene svolto dalle «agenzie del tempo». La Rai, la principale agenzia del tempo italiana, riceve dall'Ien l'ora esatta ogni minuto e poi la ritrasmette su tutto il territorio nazionale.

Il perché di tanta precisione
Ma serve conoscere il tempo con una precisione al miliardesimo di secondo? Dipende. Nella vita ordinaria difficilmente ci verrà rimproverato di essere in ritardo di tre secondi, ma basta entrare nel mondo dello sport per scoprire l'importanza

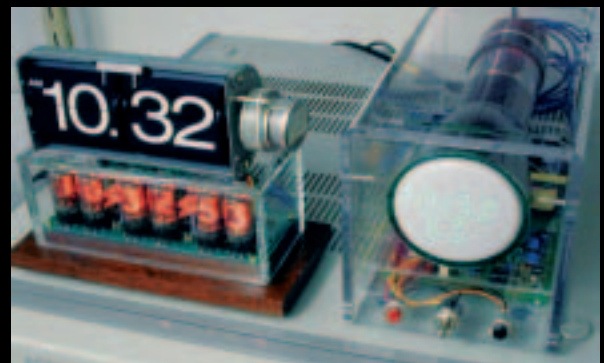
COME NASCE L'ORA ESATTA

Prima di arrivare al nostro polso, il tempo percorre un lungo cammino. Passando per i migliori orologi del mondo





In alto, l'orologio atomico a fontana del National Institute of Standards and Technology, in Colorado, che distribuisce il tempo ufficiale degli Stati Uniti. Al centro, il tubo alto 1,70 metri dove levitano gli atomi di cesio. Sotto, due orologi atomici commerciali, meno precisi di quello a fontana.



delle frazioni di secondo. «Per esempio», spiega Godone, «qui a Torino nel 2006 si terranno le Olimpiadi invernali. E per cronometrare la discesa dei bob servono misure di tempo al milionesimo di secondo». Una precisione superiore è fondamentale per il traffico aereo, dove la nostra sopravvivenza è questione di milionesimi di secondo. Un jet di linea in fase di atterraggio manda un segnale a terra e dal tempo di andata e ritorno del segnale calcola a che quota si trova. Quindi l'intervallo di tempo è importantissimo: sbagliare di tre miliardesimi di secondo corrisponde a un errore di un metro sulla quota. Immaginate cosa può succedere se l'orologio di riferimento è in ritardo di soli 10 milionesimi di secondo. Anche i sistemi di comunicazione via computer richiedono tempi sempre più precisi. Le informazioni devono essere smaltite velocemente: con errori di pochi milionesimi di secondo i dati che viaggiano via cavo o

GLI AEREI PER ATTERRARE USANO UN OROLOGIO PRECISO AL MILIONESIMO DI SECONDO

nell'etere si accavallano e il risultato della trasmissione è definitivamente compromesso. Quindi, per organizzare e sincronizzare operazioni che vanno oltre i confini nazionali è necessaria una scala di tempo sicura e universalmente condivisa. Per questo, dalla nuova definizione di secondo è nato, negli anni Settanta, il Tempo Atomico Internazionale, definitivamente slegato dai fenomeni astronomici. Duecentocinquanta orologi atomici, dislocati in una cinquantina di laboratori sparsi in tutto il mondo, contribuiscono alla creazione di questo tempo ufficiale, coordinato dall'Ufficio internazionale dei Pesi e delle Misure di Sèvres, vicino a Parigi. Con questi orologi, ciascun labo-

ratorio elabora il «proprio» tempo atomico e lo invia a Sèvres ogni cinque giorni, attraverso connessioni satellitari. A questo ente spetta quindi il compito di definire una media di questi tempi. Ma non basta. Questa media viene ulteriormente confrontata con i tempi ottenuti dagli orologi atomici a fontana, i più precisi su cui oggi possiamo contare. Gli orologi a fontana sono ancora pochi: si trovano negli Stati Uniti, al *National Institute of Standards and Technology* e all'Osservatorio navale, due in Francia, uno in Germania, uno in Italia, all'Ien, e due in costruzione: uno in Giappone e uno in Gran Bretagna. Solo dopo queste operazioni di confronto, tra orologi atomici e orologi a fontana, nasce il Tempo Atomico Internazionale. Che intraprende il cammino di ritorno. Ogni mese i laboratori nazionali ricevono da Sèvres la «Circolare Tempo», che comunica di quanto il loro tempo è in ritardo o in anticipo rispetto alla media internazionale ufficiale.

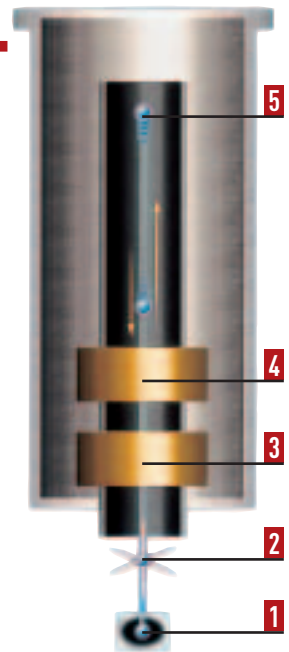
LA FONTANA PIÙ PRECISA DEL MONDO

Giochi di laser e microonde per sapere che ora è. Ecco come funzionano gli orologi che segnano il tempo atomico

Gli orologi a fontana funzionano con il cesio 133. È un metallo molto raro in natura, ma ne basta un grammo per far funzionare un orologio per una decina d'anni. In condizioni particolari, è possibile inondare di energia un atomo, che così si mette a vibrare, come una corda di chitarra vibra dopo averla pizzicata. Mentre gli atomi oscillano, l'energia acquistata in precedenza viene restituita sotto forma di onda elettromagnetica, la cui frequenza è pari al numero di oscillazioni «contenute» in un secondo. Nella camera a vuoto dell'o-

rologio (1) viene introdotto un gas formato da atomi di cesio 133. Alcuni fasci laser (2), puntati in direzioni opposte, intrappolano gli atomi di cesio e li fanno levitare. In questo modo la nube di atomi assume la forma di una pallina con diametro di un centimetro. Durante questo processo, la temperatura del gas si abbassa, avvicinandosi allo zero assoluto (-273,15 °C). Il laser verticale spinge la nube verso l'alto (5), per oltre un metro, con un effetto a «fontana» caratteristico di questo tipo di orologio atomico. Mentre è in volo, la pallina passa per la parte

inferiore di una cavità (3) che seleziona gli atomi adatti alla misurazione. Nella parte superiore della cavità (4) gli atomi ricevono energia con radiazioni a microonde. Nella fase di caduta, la pallina ripassa nelle stesse cavità restituendo l'energia assorbita precedentemente. All'uscita dalle cavità, la pallina viene «interrogata» da una microonda, che chiede agli atomi «che ora è», ovvero qual è il loro periodo di oscillazione. Da qui nasce la definizione di secondo: è il tempo necessario perché l'atomo di cesio 133 compia 9.192.631.770 oscillazioni.





IL TEMPO CHE ARRIVA DALLO SPAZIO

Fra tre anni andrà in orbita il più avanzato orologio atomico, dieci volte più preciso di quelli terrestri

Così come facevano gli antichi, tra qualche anno gli scienziati torneranno a osservare il cielo per sapere che ore sono. Infatti, per il 2006 sarà pronto un nuovo orologio atomico, che verrà collocato a bordo della Stazione spaziale internazionale.

Il nuovo orologio ruoterà, insieme alla Stazione, attorno al Pianeta, in quasi totale assenza di gravità, la forza che sulla Terra limita la precisione degli orologi a fontana poiché influisce sul moto degli atomi di cesio. Si prevede di ottenere così

una precisione 10 volte maggiore. Oltre che per le misure di tempo, il sistema verrà impiegato anche per esperimenti di fisica e in particolare per dimostrare più precisamente la Teoria di Relatività. Einstein aveva ipotiz-

zato che la forza di gravitazione influisce sullo scorrere del tempo. Confrontando l'orologio spaziale che si trova in assenza di gravità, con quelli terrestri, si dovrebbe misurare con precisione questa variazione infinitesimale.

«Se ci allontaniamo dalla media più di 30-40 miliardesimi di secondo», spiega Godone, «dobbiamo intervenire sui nostri orologi e sincronizzarli al riferimento internazionale».

I secondi «artificiali»

Proprio le misure di tempo più precise hanno permesso di rilevare un rallentamento nella velocità di rotazione della Terra, a causa del quale il giorno «astronomico» non ha durata costante. Rallentamenti di cui prima non era possibile accorgersi, perché era la Terra a definire il tempo: in un certo senso era il «metro» stesso che si accorciava o allungava. Oggi invece possiamo contare su un metro indipendente, il secondo atomico. In pratica il nuovo tempo ufficiale è più pre-

ciso di quello «naturale» definito secondo i movimenti della Terra nello spazio. Per far tornare i conti, si è perciò deciso di introdurre nel tempo ufficiale dei secondi in più, i secondi intercalari, un po' come succede con gli anni bisestili. L'*International Earth Rotation Service*, in Francia, si occupa di monitorare i ritardi nella rotazione terrestre e comunica quando è il momento di inserire un secondo intercalare. Fino a oggi ne sono stati introdotti 32, a partire dal 1972. Con

DAL 1972 SONO STATI INSERITI 32 SECONDI PER SINCRONIZZARE IL TEMPO UFFICIALE E QUELLO ASTRONOMICICO

Il nuovo orologio atomico, che dal 2006 sarà a bordo della Stazione spaziale internazionale, sarà il più preciso mai realizzato.

l'aggiunta dei secondi intercalari, il tempo atomico internazionale diventa Utc (tempo universale coordinato). È il tempo condiviso da tutti i Paesi, con la sola differenza del fuso orario, e mette d'accordo il tempo atomico con il rallentamento della rotazione terrestre. Così non ci troveremo un giorno ad avere gli orologi che segnano mezzogiorno quando il Sole sta ancora sorgendo.

Un altro passo avanti si farà con il nuovo orologio che verrà inviato sulla Stazione spaziale internazionale (vedi box in alto). Grazie ad esso, tra qualche anno, avremo più informazioni sul tempo e sulla sua natura. **N**