

80 ans de l'horloge parlante



14 février 1933 - 14 février 2013

L'Observatoire de Paris réalise et diffuse le temps légal français.

L'heure légale diffusée par l'horloge parlante est le Temps universel coordonné de l'Observatoire de Paris - UTC(OP) à laquelle on ajoute une heure ou deux selon la saison.

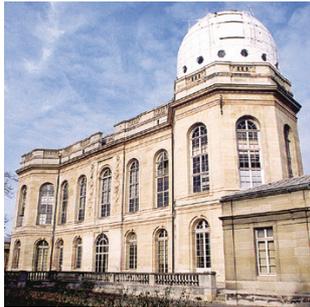
Le temps légal français est élaboré par des horloges atomiques du laboratoire national de métrologie LNE-SYRTE à l'Observatoire de Paris.

En 2013, ce temps de référence a une exactitude de 0,000 000 001 seconde.

La seconde est définie depuis 1967 comme la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

L'Observatoire de Paris

Avec une histoire qui remonte au règne de Louis XIV, l'Observatoire de Paris est un grand centre de recherche consacré aux sciences de l'univers, l'un des plus actifs au monde dans son domaine. Il a étendu en permanence son champ d'activité, de l'astronomie à l'astrophysique et aux techniques spatiales, tout en s'imposant comme un expert de la métrologie du temps et des fréquences.



Site de Paris



Site de Meudon



Site de Nançay

L'Observatoire de Paris, fondé en 1667 afin de favoriser le rayonnement de l'astronomie, a été le berceau de grandes avancées qui ont marqué l'histoire des sciences. Aujourd'hui implanté sur trois sites, Paris, Meudon et Nançay, l'Observatoire de Paris est resté la vitrine et le fer de lance de l'astronomie française.

L'activité de l'Observatoire de Paris couvre tous les principaux thèmes de recherche en astronomie et en astrophysique : la mesure de l'espace et du temps, les planètes, leurs satellites, les étoiles et leur environnement, les galaxies, l'origine de l'Univers sont autant d'objets d'étude pour les chercheurs.

L'ampleur de cette démarche scientifique implique des interactions serrées entre différentes disciplines, une politique fructueuse de coopération nationale et de relations internationales.

Par le nombre de ses chercheurs et autres personnels, la pluridisciplinarité de ses activités, le dynamisme de ses équipes, le volume de ses publications et les citations qui s'y réfèrent, il est l'un des centres de recherche en astronomie et astrophysique les plus actifs au monde.

L'Observatoire de Paris offre également des enseignements à tous les niveaux, centrés principalement sur l'astronomie et l'astrophysique. La variété des savoirs et des savoir-faire présents à l'Observatoire se traduit par une grande diversité des enseignements qui y sont dispensés.

Enfin, l'établissement participe activement à la diffusion de la culture scientifique vers le public. Cette activité se manifeste sous des formes très variées, à travers visites des sites, expositions, manifestations et ouvertures nocturnes, production éditoriale...

L'Observatoire de Paris est membre fondateur de Paris Sciences et Lettres - PSL et oeuvre à ce titre à la construction d'une grande université de recherche internationale, avec quinze autres partenaires.

SYRTE

Le SYRTE - Systèmes de Référence Temps-Espace - est l'un des cinq départements scientifiques de l'Observatoire de Paris ; il est une unité mixte de recherche de l'Observatoire de Paris, du CNRS, et de l'Université Pierre et Marie Curie - UPMC avec un partenariat fort avec le LNE (Laboratoire National de Métrologie et d'Essais).

Alliant recherche fondamentale, recherche applicative de très haut niveau et services scientifiques, le SYRTE est un laboratoire positionné au premier rang international dans des champs disciplinaires variés : métrologie du temps et des fréquences, mesures de précision par interférométrie atomique, systèmes de référence célestes, rotation de la Terre, histoire des sciences.

La pluridisciplinarité du SYRTE se retrouve aussi dans ses compétences transverses - théorie, instrumentation, traitement et analyse de données - et dans la diversité de ses objectifs qui vont de la physique fondamentale jusqu'au transfert industriel.

Le SYRTE est aussi le laboratoire national de métrologie pour le Temps et les Fréquences. Dans le cadre de cette mission, il a la responsabilité des références nationales de temps et de fréquence, dont la construction du temps légal pour la France. Ces références sont diffusées vers les utilisateurs (grand public, industriels, scientifiques) par différents moyens : horloge parlante, ondes radio (France Inter), internet, satellites, réseau fibré scientifique,... Le SYRTE compte également plusieurs services du Service International de la Rotation Terrestre et des Systèmes de Référence (IERS).

Enfin, le SYRTE coordonne le laboratoire d'excellence FIRST-TF, réseau national regroupant les principaux acteurs - académiques, industriels, centres techniques - en métrologie Temps-Fréquence.

LES TUTELLES DU SYRTE

Université Pierre et Marie Curie - UPMC

UPMC, est le plus grand complexe scientifique et médical universitaire français. Toutes les grandes disciplines scientifiques et médicales y sont enseignées sur les 18 sites de l'université : chimie, électronique, informatique, mathématiques, mécanique, physique, sciences de la terre et de l'environnement, sciences de la vie et médecine. L'UPMC en chiffres : une communauté universitaire de 10 500 personnels (UPMC et hébergés) dont 8 200 en recherche ; 32 000 étudiants dont 6 400 étrangers ; 3 400 doctorants et 790 thèses soutenues chaque année. L'université est, avec l'université Panthéon-Assas (Paris 2) et l'université Paris Sorbonne (Paris 4) membre fondateur du PRES, Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur, Sorbonne Universités.

Pour plus d'informations, Pour plus d'informations, www.upmc.fr - Suivez @UPMC et [@ProUPMC](https://www.facebook.com/ProUPMC) sur [Twitter](https://twitter.com/UPMC) - [Facebook](https://www.facebook.com/UPMC)

CNRS

Le SYRTE est principalement rattaché à l'Institut national des sciences de l'Univers (INSU) du CNRS (<http://www.insu.cnrs.fr/>).

L'INSU a été créé par décret en 1985 avec pour mission d'élaborer, de développer et de coordonner les recherches d'ampleur nationale et internationale en astronomie, en Sciences de la Terre, de l'océan et de l'espace qui sont menées au sein des établissements publics relevant de l'éducation nationale, et au sein du CNRS.

L'INSU est l'un des dix instituts thématiques du CNRS. L'interdisciplinarité des activités menées au SYRTE s'illustre par le rattachement du laboratoire à trois autres instituts du CNRS :

- INP - Institut de physique (<http://www.cnrs.fr/inp/>)
- INSIS - Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (<http://www.cnrs.fr/insis/>)
- INSHS - Institut des sciences humaines et sociales (<http://www.cnrs.fr/inshs/>)

LNE

Le LNE met en œuvre son cœur de métier, les mesures et références pour apporter aux entreprises, institutions et collectivités les solutions techniques dont elles ont besoin pour répondre à leurs enjeux de performance, compétitivité, santé, sécurité et développement durable.

Avec un effectif de plus de 800 personnes, dont plus des deux tiers d'ingénieurs, chercheurs et techniciens, ses 5 sites en région, 3 sites en Ile-de-France et ses 3 implantations internationales, il constitue l'interlocuteur technique privilégié indépendant et reconnu dont ses 8000 clients ont besoin. Le LNE décline cette expertise par des prestations de recherche, essais et analyses, certification, formation, assistance technique qu'il met en œuvre pour 9 marchés : institutionnels et collectivités, acteurs de la santé, des produits de la construction et de l'habitat, des produits de consommation, de l'énergie, du transport et autres industries. Il est également pilote du réseau français de Métrologie au sein duquel le LNE-SYRTE/Observatoire de Paris est l'un des laboratoires nationaux de métrologie, en charge des références nationales de temps et fréquences.

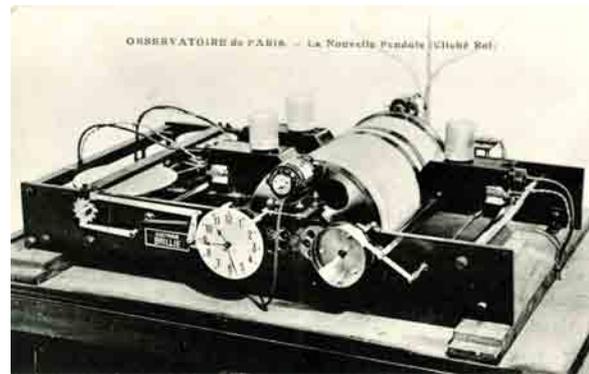
Histoire et évolution de l'horloge parlante

Le contexte

Dès 1891 et bien avant l'invention de l'horloge parlante, l'heure officielle était déjà diffusée par l'Observatoire de Paris mais seulement par un de ses agents qui lisait l'heure avec plus ou moins de précision sur une pendule et la transmettait par téléphone à ceux qui la demandaient, perturbant le fonctionnement normal de l'Observatoire qui ne disposait alors que d'une seule ligne. À l'entre-deux-guerres, le professeur Ernest Esclangon, alors directeur de l'Observatoire de Paris, las de ne pouvoir utiliser son téléphone, constamment occupé par les demandes d'heure, décide d'automatiser la diffusion de l'heure par téléphone en collaboration avec les P.T.T. et invente l'horloge parlante.

Dans certains observatoires à l'étranger et aussi à l'Observatoire de Strasbourg existaient déjà des services automatiques dans lesquels une horloge à signaux acoustiques était chargée de répondre par ce moyen aux demandes d'heure.

L'heure était donnée toutes les minutes par un signal acoustique que suivaient immédiatement des signaux de timbre différent, dont le nombre donnait l'un le chiffre des dizaines, l'autre celui des unités de la minute correspondant au signal horaire initial. L'interprétation des signaux était relativement compliquée et exigeait un apprentissage préalable.



Horloge de 1933 © Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

La technique des « films parlants » avait fait de tels progrès d'une part, une énonciation de l'heure était tellement limitée d'autre part, qu'il apparut à Ernest Esclangon, directeur de l'Observatoire de Paris, qu'il y avait là une méthode simple pour réaliser une distribution parlée et continue de l'heure sous une forme à la fois claire et précise.

L'horloge parlante de 1933

Une étude fut demandée à Monsieur Edouard Belin (inventeur de la méthode de reproduction télé-photographique), une autre aux ingénieurs de la maison Brillié (établissement français spécialisé dans la mécanique de précision et l'horlogerie) ; c'est cette dernière étude qui fut retenue.

Son fonctionnement

L'enregistrement photographique du son est porté par des bandes de papier fort, employées à l'époque en cinématographie parlante, la vitesse de défilement est de 45 centimètres à la seconde. Les bandes au nombre de 90 (24 pour les heures, 60 pour les minutes, 6 pour les secondes : 10, 20, 30, 40, au quatrième top, il sera exactement) sont collées sur un même cylindre en aluminium de 30 cm de diamètre et de 60 cm de longueur. La vitesse de rotation est un tour en deux secondes. Trois reproducteurs de son par cellules photo-électriques correspondent l'un aux heures, l'autre aux minutes, le troisième aux secondes. Ils sont portés par des chariots qui se déplacent devant le cylindre à l'aide de cames et engrenages et viennent se placer automatiquement devant les pistes.

Le reproducteur des secondes se décale toutes les dix secondes pour franchir l'intervalle séparant deux bandes consécutives et revient à sa position initiale à chaque nouvelle minute. Le reproducteur des minutes se décale d'un intervalle à chaque minute et revient à sa position initiale après une heure. Enfin, le reproducteur des heures

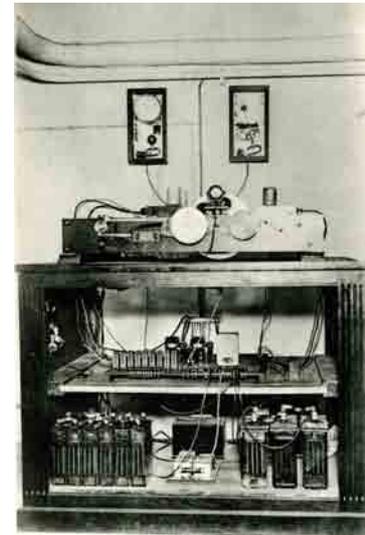
se décale d'un intervalle toutes les heures ; il est ramené, toutes les 24 heures, à sa position de départ, pour une nouvelle journée.

Les reproducteurs de son lisent la piste située devant eux en permanence, le message sonore est reconstitué en mettant bout à bout le message des heures, des minutes et des secondes à l'aide de contacts actionnés par des roues crénelées.

Les tops ne sont pas enregistrés sur le film : ils sont donnés par la pendule synchronisant tout le dispositif mécanique. En 1933, la partie mécanique est actionnée par un moteur électrique synchronisé par une pendule de précision à balancier, à pression constante située dans les caves de l'Observatoire, puis à partir de 1934, c'est une horloge à quartz qui la remplace.

La précision du 4^e « top » est en 1933 de l'ordre du trentième de seconde au départ de l'Observatoire de Paris et de l'ordre du dixième de seconde après transit dans les commutateurs téléphoniques.

Après trois mois d'essais, la première horloge parlante au monde fut inaugurée à l'Observatoire de Paris le 14 février 1933. Elle était reliée au réseau téléphonique sous le numéro ODEon 84 00.



Horloge parlante de 1933



Pendule de précision à pression constante dans la cave de l'Observatoire de Paris
© Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

Le succès de l'horloge parlante fut considérable : les vingt lignes prévues pour ce service furent immédiatement saturées ; plus de 140 000 demandes se produisent le premier jour ; 20 000 abonnés seulement reçurent satisfaction... Même après l'apaisement de la curiosité première, le nombre de communications resta élevé et il fallut ajouter dix lignes nouvelles.

La voix entendue était celle de Marcel Laporte : speaker connu sous le nom de « radiolo », en 1922 il animait la première émission de radio privée sur Radiola puis sur Radio Paris. Sa voix fut utilisée pour les annonces de l'horloge parlante de 1933 à 1965.

En 1954, une tentative de remplacement de la voix masculine de l'horloge parlante par une voix féminine échoue. La mauvaise reproduction de la parole due aux amplificateurs et aux écouteurs téléphoniques de l'époque dans le registre aiguë et surtout la privation de la voix masculine habituelle provoquent des protestations de la part des usagers telles que l'expérience ne dure qu'une journée.

Les générations suivantes

Les principes mis au point par les ingénieurs de la maison Brillié ont été utilisés jusqu'en 1991 avec cependant des modernisations progressives réalisées par le CNET (Centre national d'études des télécommunications, devenu en suite France Télécom Recherche et Développement).

Les transistors remplacent les tubes électroniques dans l'horloge 1965.

En 1975, les photos diodes se substituent aux cellules photoélectriques et un dispositif de vérification de la position des têtes de lectures est ajouté. Pour des raisons de sécurité, les horloges sont alimentées à partir de batteries d'accumulateurs.

Horloge parlante de 1965



Horloge parlante 1965
© Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

En 1965 une nouvelle génération d'horloges parlantes mise au point par le CNET (Centre National d'Etudes des Télécommunications, devenu France Télécom Recherche et Développement) est mise en service.

L'entraînement de la partie mécanique de l'horloge s'effectue alors à l'aide d'un moteur synchrone à partir d'une horloge atomique à césium ; cette dernière délivre également les « tops » de référence.

Des bandes sonores de film 35 mm de cinéma professionnel, disposées sur un support réfléchissant et collées sur le cylindre tournant, remplacent les anciennes bandes sonores sur papier photographique.

La voix diffusée est celle d'Henri Thoillière dont le nom est resté secret très longtemps (on parle alors d'un « postier anonyme »). Cette discrétion s'explique par le fait qu'un des candidats retenus précédemment pour prêter sa voix à l'horloge parlante, avait demandé des droits très importants suite au calcul du nombre de fois où sa voix allait être diffusée.

Horloge parlante de 1975

En 1975, une troisième génération remplace définitivement l'horloge ancienne (modèle 1933 amplificateurs modernisés) qui servait de secours.

Cette nouvelle horloge a été en partie étudiée au service de l'heure de l'Observatoire de Paris (devenu aujourd'hui le LNE - SYRTE).

Le principe de la lecture optique a été conservé. L'utilisation de la bande sonore d'un film de cinéma 16 mm a permis la réduction du diamètre du cylindre. Celui-ci est maintenant monté verticalement ; les trois têtes de lecture équipées de photodiodes se déplacent le long du cylindre sur des vis sans fin mues chacune par un moteur indépendant. Ces moteurs sont commandés par des circuits électroniques à partir d'une horloge numérique interne à l'horloge parlante. La position en phase du cylindre (les « tops » sont indépendants, il faut bien synchroniser le tambour pour que la parole trouve sa place) supportant les enregistrements et le repérage de la position des têtes de lecture sont contrôlés en permanence. L'horloge est contenue dans une baie métallique verticale.



Horloge parlante de 1975 © Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

L'horloge parlante actuelle

L'Horloge parlante actuelle a été mise en service en 1991. Conçue et gérée par l'opérateur Orange, elle fournit l'heure actuellement par téléphone au 3699. Le système est désormais tout électronique.

C'est un nouveau comédien anonyme qui prête sa voix à l'horloge, mais cette fois, elle est diffusée en alternance avec celle d'une femme (la comédienne Sylvie Behr) ; Les messages enregistrés sont stockés dans la mémoire d'un ordinateur sous la forme de locutions « vingt », « tren », « té un », « te deux »... et ces locutions regroupées constituent le message diffusé.

Cette horloge informe de la date (jour, quantième, mois, année) et ajoute « au 4^e top, il sera ». Le mot « exactement » (auparavant l'horloge annonçait « au 4^e top, il sera exactement ») a été enlevé. L'information est pourtant toujours aussi exacte au départ de l'Observatoire de Paris, mais elle peut mettre parfois quelques millièmes de secondes à parvenir à une destination très éloignée par téléphone.



Salle de contrôle du temps légal français à l'Observatoire de Paris
© Observatoire de Paris / A. Willaume

Le système global est constitué de quatre entités « horloges parlantes » fonctionnant en parallèle, simultanément et contrôlées en permanence par un organe spécifique appelé **comparateur d'horloges** (une seule étant distribuée sur le réseau téléphonique par l'intermédiaire du châssis distribution de modulation).

Le comparateur permet de détecter les anomalies concernant les défauts d'énergie, la précision des

« tops », les messages horaires des machines parlantes, les transferts entre les différents organes des machines, les défauts de modulation. Il désactive automatiquement la machine dont les informations ne sont pas conformes aux trois autres et sélectionne automatiquement l'horloge à diffuser sur le réseau téléphonique.

Aujourd'hui, c'est un maser à hydrogène piloté par des horloges à atomes refroidis par laser qui fournit le temps de référence, et sur lequel est asservie l'horloge parlante.

Le besoin en précision de l'horloge parlante (50 ms) est toujours resté sensiblement le même. Ces dernières années ont vu l'émergence de nouvelles applications qui requièrent des qualités de synchronisation au moins 10 millions de fois meilleures que celles accessibles avec l'horloge parlante. L'obtention d'un tel niveau de performance, qui n'a pas encore atteint ses limites, a été rendue possible d'une part par la mise en œuvre de techniques de transferts de temps par satellites ou par fibres optiques et, d'autre part, par le développement de nouveaux concepts d'horloges atomiques utilisant des atomes ou des ions refroidis par laser.

Quelques rappels sur l'heure légale

L'unification de l'heure en France ne date que de 1891. Jusqu'à cette date, en France, chaque ville avait sa propre heure. Il était midi quand le Soleil atteignait son point le plus haut.

En 1884, une conférence International à Washington crée les **fuseaux horaires** avec le méridien de l'Observatoire de Greenwich comme origine.

En 1891, l'heure de l'Observatoire de Paris devient l'heure légale française.

En 1910, avec les débuts de la TSF, on émet les premiers signaux horaires depuis l'Observatoire de Paris via l'émetteur de la tour Eiffel.

En 1911, la France adopte le système des fuseaux horaires. L'heure légale française devient l'heure « temps moyen de Paris » retardée de 9 minutes 21 secondes (pour ne pas dire l'heure de Greenwich).

En 1913, l'unification de l'heure au niveau mondial est confiée à un organisme créé spécifiquement : le Bureau International de l'heure (BIH). Ce service technique s'installe **à l'Observatoire de Paris** sous la responsabilité du directeur de l'Observatoire de Paris.

Jusqu'en 1960, la définition de la seconde du Système International d'unité était la $1/86400^e$ partie du jour solaire moyen. Le BIH faisait alors la synthèse des observations astronomiques dans le monde pour donner l'heure.

À partir de 1967, la seconde a été définie comme la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

De 1971 à 1988, le BIH établit alors la référence mondiale, le Temps Atomique International (TAI), d'après les lectures des horloges atomiques dans le monde.

À partir de 1988, le BIH cesse d'exister et deux organismes lui sont désormais substitués : le Bureau International des Poids et Mesure (BIPM) situé au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, chargé de l'élaboration du TAI, et le Service international de la Rotation terrestre et des Systèmes de Référence (IERS) dont l'Observatoire de Paris abrite des centres de produits.



Bureau international de l'heure (BIH) : salle d'enregistrement de la tour de l'est avec son antenne de réception des signaux horaires.
© Observatoire de Paris



Salle du Bureau International de l'Heure (BIH)
© Observatoire de Paris