



À LA MESURE DU TEMPS

La mesure du temps a toujours été une préoccupation des hommes depuis qu'ils ont pris conscience de son écoulement. Cette mesure a très vite permis d'organiser la société. Pour cela, les hommes ont créé des dispositifs de plus en plus ingénieux pour mesurer le temps à l'aide de phénomènes physiques bien choisis. Les liens entre la mesure du temps et l'astronomie sont d'ailleurs des plus anciens. C'est pour cette raison que la mesure du temps et la mesure de l'espace ont souvent été regroupées dans les observatoires astronomiques. Et cette intrication de l'espace et du temps est encore plus prégnante dans le cadre de la théorie de la relativité d'Einstein.

TEMPS MESURÉS, TEMPS DÉMESURÉS – IV

Jusqu'au milieu du ^{xx}e siècle, pour les scientifiques, mais surtout pour le grand public, la mesure du temps était de nature astronomique et se faisait au sein des observatoires astronomiques. Bien sûr, comme on l'a vu dans l'épisode précédent, l'horlogerie mécanique traditionnelle était la technique qui permettait à tout un chacun d'avoir l'heure de manière relativement précise.

Mais la synchronisation des divers instruments de mesure du temps devenait de plus en plus prégnante. Dans les villages et les petites villes, l'heure de la gare permettait de prendre le train « à l'heure ». Dans les grandes villes, c'est l'usine qui imposait son heure...

D'une ville l'autre, on pouvait donc entendre les cloches des églises sonner à des instants différents (environ 50 minutes de décalage entre Strasbourg et Brest). Avec les progrès des chemins de fer, lors d'un trajet aller-retour, les voyageurs pouvaient s'apercevoir que le voyage semblait plus court en allant vers l'ouest et plus long en allant vers l'est. Et cet effet s'accroît avec les progrès des chemins de fer.

L'unification de l'heure se fera à Paris en 1816 (heure du méridien de Paris), puis au niveau national le 15 mars 1891. L'unification de l'heure au niveau mondial se fera en 1884 (heure du méridien de Greenwich) et la France se ralliera à ce système le 9 mars 1911.

C'est dans ce contexte que l'horloge parlante est née à l'Observatoire de Paris au début des années 1930.

Aux origines

Acette époque, des services automatiques de diffusion horaire avec des horloges à signaux acoustiques existaient déjà dans certains observatoires à l'étranger et aussi à l'observatoire de Strasbourg.

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.

À Paris, depuis 1929, Ernest Esclangon (1876-1954) est le directeur de l'Observatoire. En 1933, il écrivait : « À l'Observatoire de Paris [...] les demandes d'heure par téléphone étaient devenues si nombreuses, au cours de ces dernières années, que le service organisé à cet effet était lui-même devenu

très important [...] en même temps que très gênant pour les relations téléphoniques normales. » Il eut alors l'idée d'utiliser « la technique des films parlants [...] une méthode simple pour réaliser la distribution parlée et continue de l'heure, sous une forme claire et précise ».



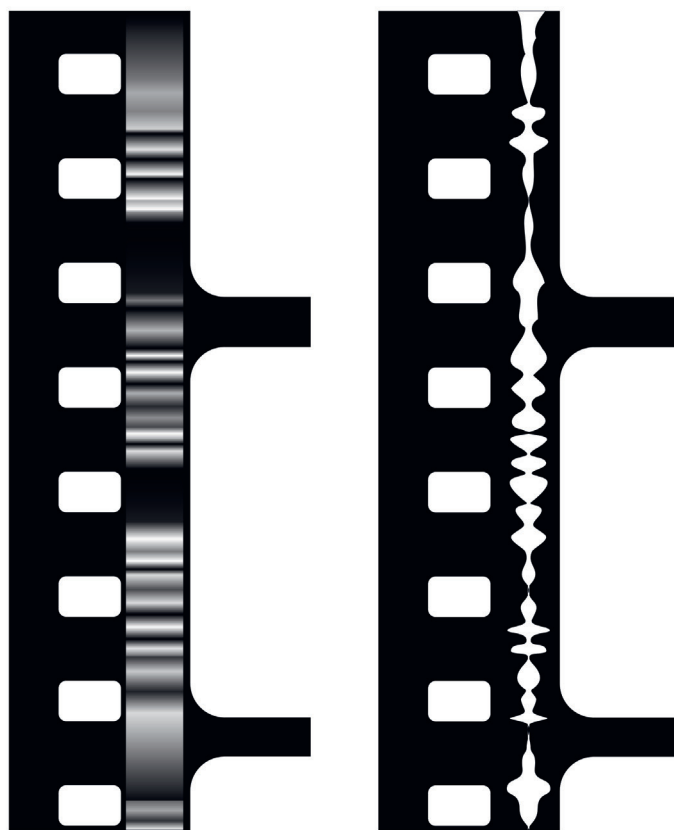
Ernest Esclangon.

CC BY-NC 4.0 Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

Deux entreprises étaient sur les rangs pour la réalisation de la partie parlante de la machine, Belin et Brillié, cette dernière étant retenue par Esclangon.

Un cylindre porte trois ensembles de 90 pistes de films parlants. Ces films étaient réalisés à l'aide

d'une caméra argentique et sont apparus en 1926-1927, à la suite du cinéma muet des frères Lumière (*L'Arroseur arrosé...*), Méliès (*Le Voyage dans la Lune...*), Chaplin (*Les Lumières de la ville*, *Les Temps modernes*, *Le Dictateur...*).

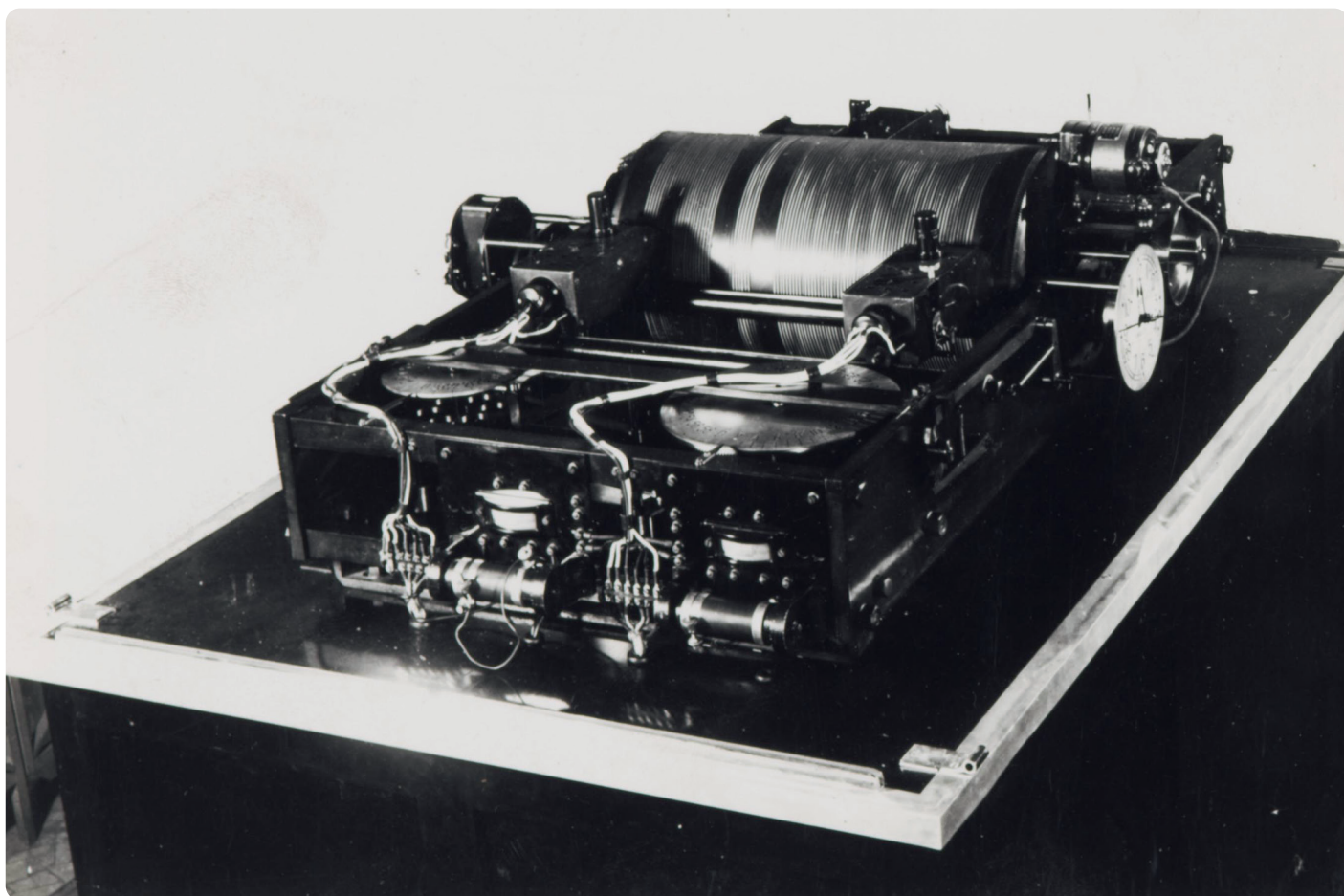


*Deux systèmes de piste optique rendant le cinéma parlant.
Piste Movietone à densité variable (à gauche) et piste Photophone à densité fixe (à droite).*

CC BY 2.5 Lainf

Le premier ensemble permet d'énoncer les heures de 0 h à 23 h. Le deuxième pour les minutes de 0 min à 59 min. Le troisième enfin pour les dizaines de secondes et l'énoncé « Au quatrième top il sera exactement... ». Un ensemble de trois cellules photoélectriques permet la lecture des bandes et la reproduction du son, leur positionnement assurant l'enchaînement correct des indications horaires. Lorsque les bandes, correctement éclairées, défilent devant la cellule photoélectrique, cela donne naissance à un courant électrique dont les oscillations suivent fidèlement les modulations de l'intensité lumineuse de la bande. Ce courant modulé se transforme, dans un appareil téléphonique, en un son reproduisant l'enregistrement initial. Les tops horaires sont espacés d'une seconde et le zéro de chaque minute correspond au début du quatrième top. Les tops

sont générés par une horloge fondamentale de l'Observatoire de Paris (succinctement présentée dans l'épisode précédent), maintenue à température et pression constante dans les caves du bâtiment Perrault, à 28 mètres sous terre. La partie mécanique de la machine parlante était actionnée par un moteur électrique à courant continu. Après trois mois d'essais, la première horloge parlante au monde fut inaugurée le 14 février 1933 et reliée au réseau de téléphone via le numéro Odéon (ODE) 84 00. Esclangon résumait ainsi le succès rencontré : « Tout de suite elle a connu un succès considérable. Vingt lignes avaient été prévues pour ce service. Elles furent immédiatement saturées. Plus de 140 000 demandes se produisent le premier jour, elles ne purent être satisfaites que dans une faible proportion puisque 20 000 abonnés seulement reçurent satisfaction. » Sa préci-



L'horloge parlante type 1933 (taille en centimètres : H 137, L 140, l 100).

On reconnaît les 90 pistes sonores sur le gros cylindre (30 cm de diamètre et 60 cm de longueur) entraîné par le moteur à courant continu. La vitesse de défilement est de 45 centimètres à la seconde. Les trois têtes de lecture sont également visibles, celle des secondes étant de l'autre côté du cylindre.

On distingue également au premier plan un système qui transforme le mouvement pendulaire, transmis par l'horloge fondamentale de l'Observatoire, en mouvement rotatif, procédé qui permet de conserver au cylindre une vitesse de rotation constante d'un tour en deux secondes.

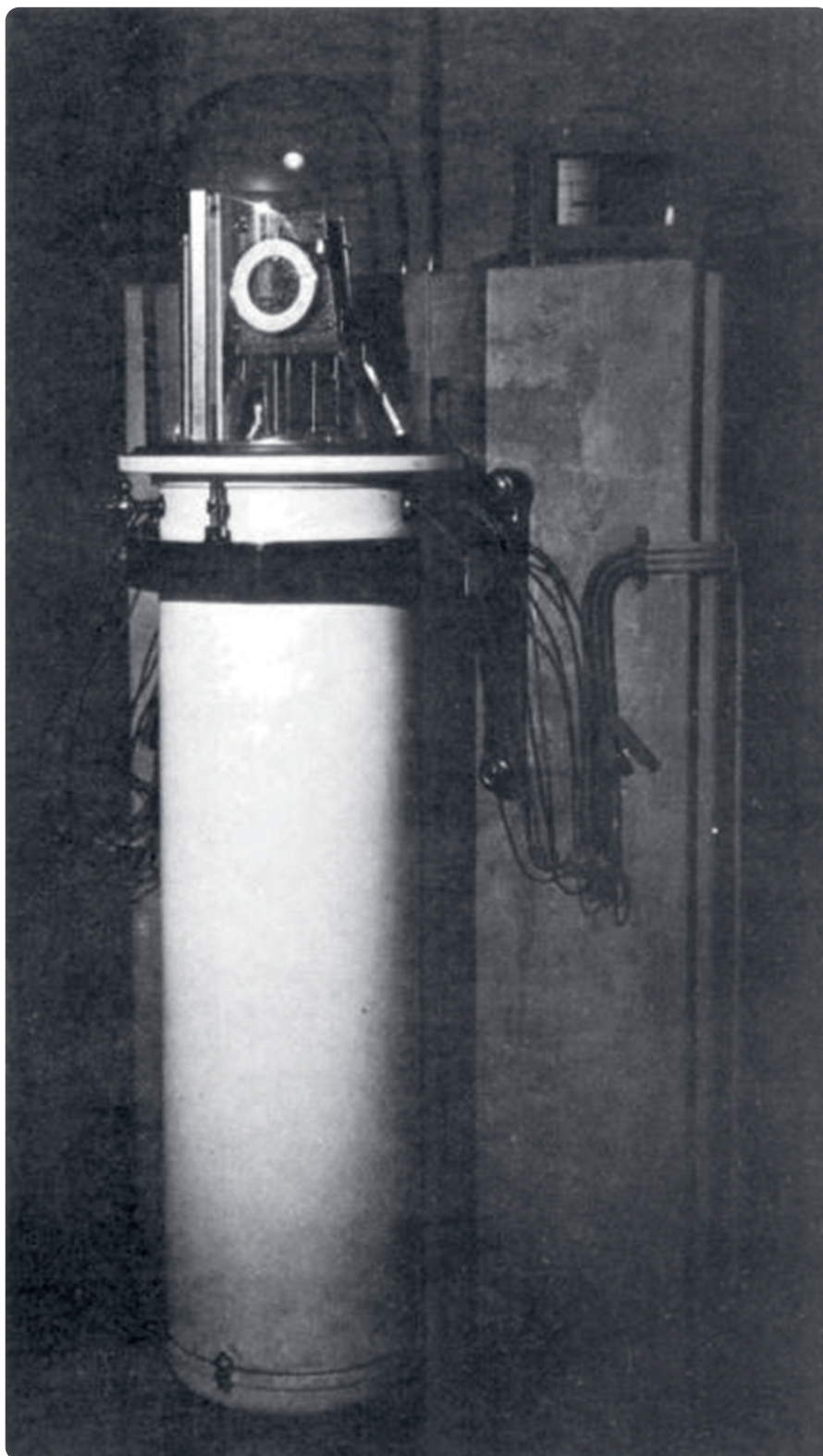
CC BY-NC Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

sion, en France métropolitaine, était de quelques dixièmes de seconde avec le retard accumulé dans les lignes téléphoniques.

La voix entendue était celle de Marcel Laporte (1891-1971), dit « Radiolo », jusqu'en 1965. Il animait la première émission de radio privée sur Radiola, puis sur Radio Paris. 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 aigu et surtout la privation de la voix masculine habituelle provoquent

des protestations de la part des usagers et l'expérience ne dure qu'une journée.

Une seconde horloge identique, maintenue en fonctionnement, sert en secours de la première, ce qui permet les opérations de maintenance sans interruption de la diffusion de l'heure. Il suffit de la « brancher manuellement sur le réseau téléphonique » par l'intermédiaire d'un câble muni d'une prise « jack » à la place de l'autre. Ces deux horloges étaient situées au rez-de-chaussée du bâtiment Perrault.



La pendule fondamentale de l'observatoire associée à la machine parlante type 1933.

CC BY-NC Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

Les horloges parlantes des années 1960

Mais à partir des années 1960, les machines parlantes de Brillié montrent des signes de faiblesse et le CNET (Centre national d'études des télécommunications, devenu France Télécom R&D en 2000, puis OrangeLabs en 2007) réalise deux exemplaires d'une version modernisée qui seront mis en place en 1965. Quelques années plus tard, une troisième machine viendra s'ajouter aux deux autres, née d'une collaboration entre le CNET et le service de l'heure de l'Observatoire de Paris (devenu LPTF, Laboratoire primaire du temps et des fréquences).

Ces trois machines sont essentiellement des modernisations des machines Brillié, modernisations dues aux ingénieurs de Brillié et qui seront utilisées jusqu'en 1991. Les transistors ont remplacé les tubes électroniques, les photodiodes se sont substituées aux cellules photoélectriques, un dispositif de vérification de la position des têtes de lecture a été ajouté, des bandes sonores de film 35 mm (16 mm pour la troisième machine) remplacent les anciennes bandes sonores sur papier photographique. Quant à l'entraînement de la partie mécanique, il s'effectue maintenant à l'aide d'un moteur synchrone alimenté par un courant alternatif de fréquence 50 Hz obtenue à partir d'une horloge atomique. Les trois horloges



Une machine parlante type 1965 (dite « à capot de 2CV Citroën ») (taille en centimètres : H 100, L 140, l 85).

CC BY-NC Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

parlantes sont par ailleurs reliées entre elles afin de permettre une intervention plus aisée en cas de panne de l'une d'entre elles.

Les tops fixant l'heure légale seront pilotés par une horloge atomique de type HP5061A. La description du fonctionnement des horloges atomiques sera l'objet du prochain épisode de cette histoire de la mesure du temps.



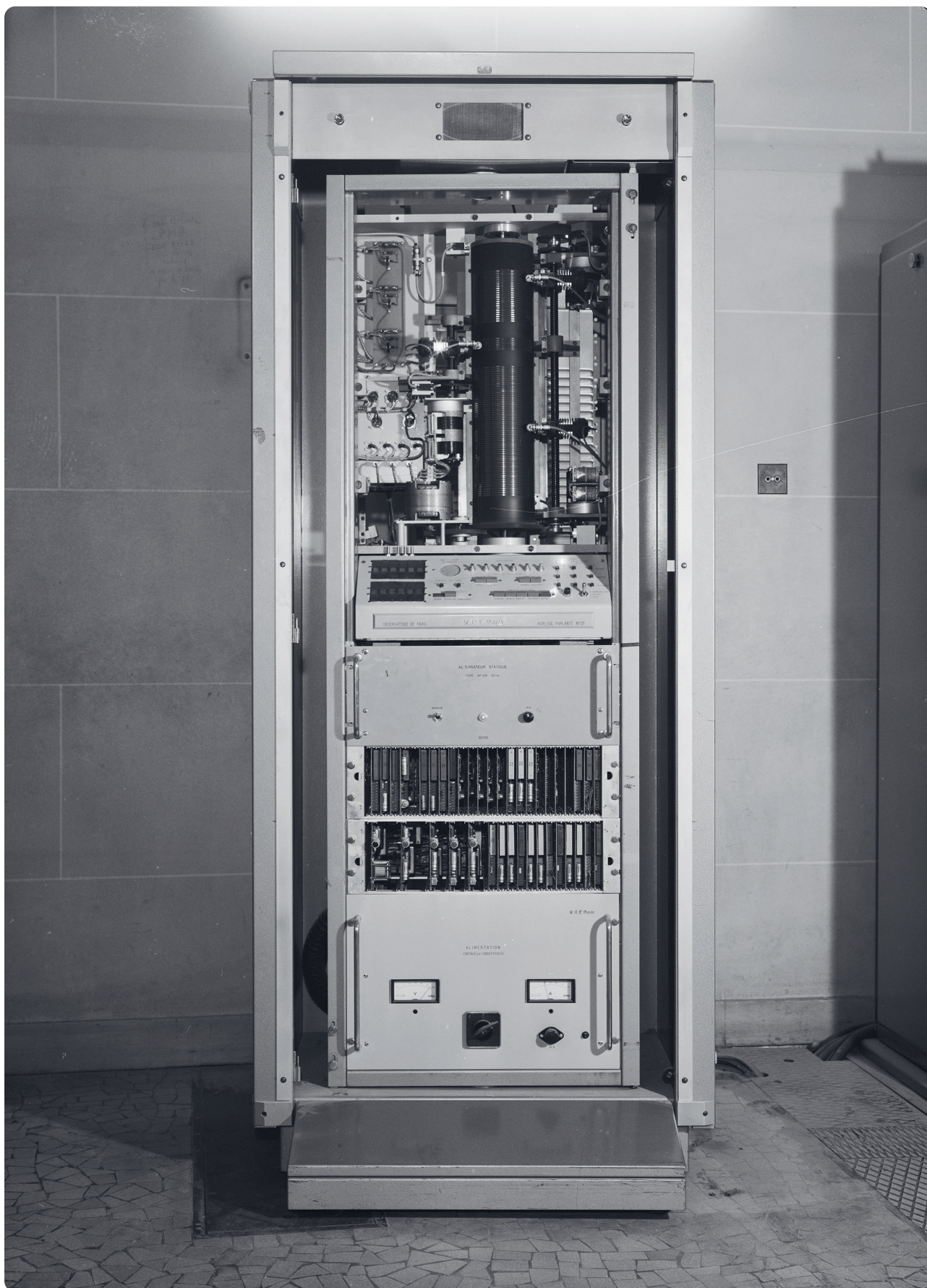
Salle des horloges atomiques du bâtiment B de l'Observatoire de Paris en juin 1984 (température $22,0 \pm 0,1$ °C).

L'horloge au centre est représentative des horloges à césium associées aux machines parlantes type 1965.

CC BY-NC Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

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 élevés suite au calcul du nombre de fois où sa voix allait être diffusée !

L'exactitude de la diffusion du temps élaboré à l'Observatoire de Paris par ce type d'horloges parlantes était de l'ordre d'un cinquantième de seconde, car les lignes téléphoniques introduisent un retard de transmission qui est par ailleurs fonction de la distance à l'Observatoire de Paris.



L'horloge parlante type 1975 (taille en centimètres: H 180, L 80, l 50).

Noter, dans la partie supérieure, le tambour, qui est maintenant en position verticale.
Sur cette machine, l'électronique a remplacé la partie mécanique des anciennes horloges
qui reliait le mouvement des têtes de lecture à celui du tambour.

CC BY-NC Bibliothèque de l'Observatoire de Paris



La salle des horloges parlantes telle qu'elle était jusqu'à la mise en service de la génération 1991 informatisée.

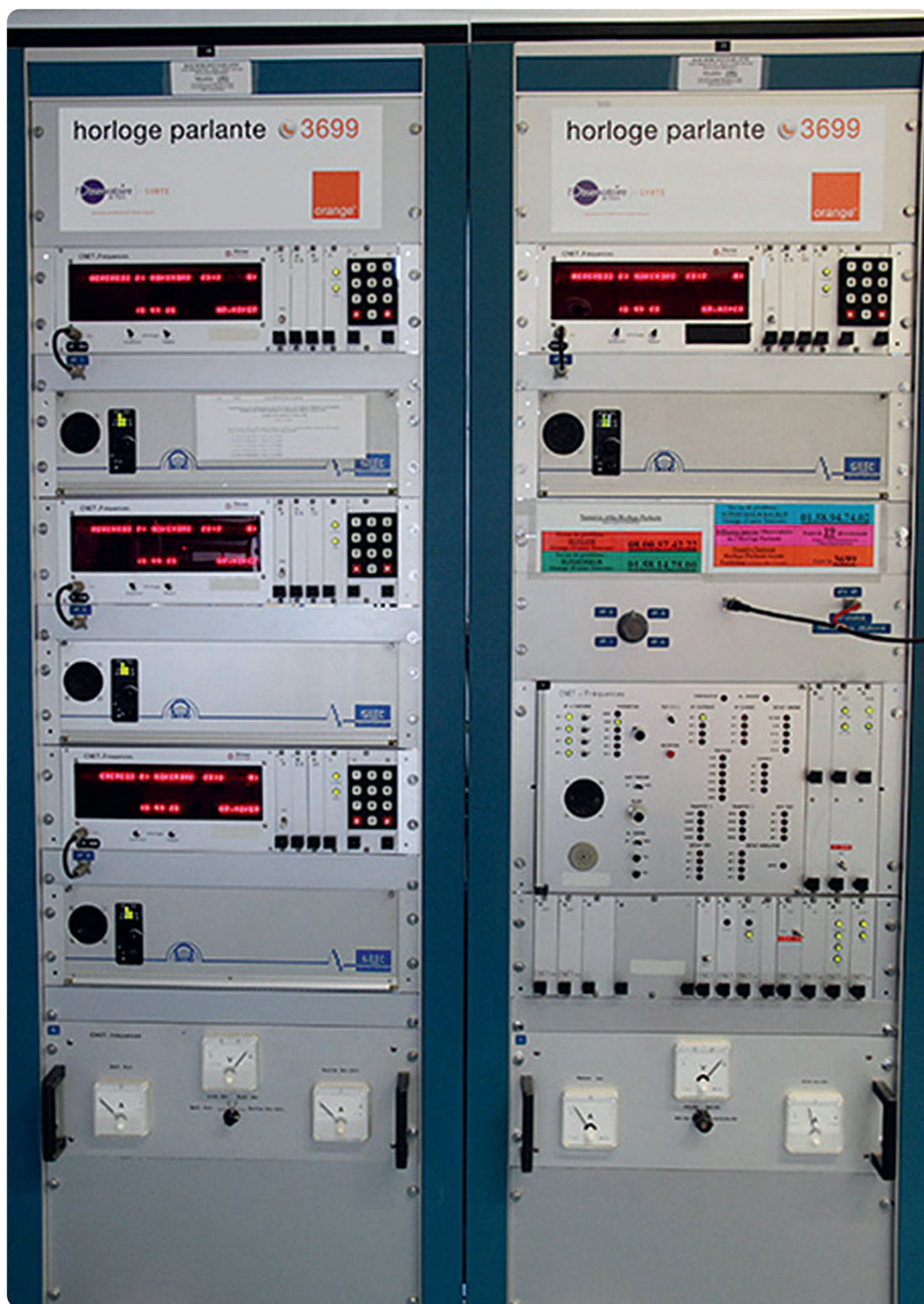
Devant, deux modèles 1965, au fond, le modèle 1975 et les différents matériels utiles au fonctionnement permanent du système (taille de la salle en mètres : 6,50 x 4,50)

CC BY-NC Bibliothèque de l'Observatoire de Paris

La dernière version de l'horloge parlante

La dernière version d'horloge parlante a été développée par le CNET en 1991. C'est à nouveau un 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 quatrième top, il sera ». Le mot « exactement » (auparavant l'horloge annonçait « au quatrième 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 seconde à parvenir à une destination très éloignée par téléphone. 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).



Les baies comprenant le comparateur et les quatre horloges parlantes type 1991.

Crédits P. Blondé

À l'émission, l'exactitude de l'information horaire donnée par l'horloge parlante était meilleure que 0,5 ms. À cette valeur venaient s'ajouter les retards dus au temps de propagation dans les lignes téléphoniques et les retards éventuels des instruments de mesure utilisés. À la réception, sur le territoire métropolitain, les mesures effectuées avaient montré qu'un retard maximum de 20 ms à 30 ms était constaté sur des lignes analogiques fixes. Pour l'utilisateur, l'exactitude de l'information horaire

transmise par l'horloge parlante sur le territoire métropolitain, à travers une ligne analogique fixe, était donc meilleure que 50 ms. Cette exactitude se dégradait évidemment avec l'allongement de la distance. Le retard dû au temps de propagation dans des lignes numériques ou cellulaires pouvait être beaucoup plus important que dans des lignes analogiques, car un certain nombre d'appareils, dont le retard était non négligeable, intervenait dans la distribution.



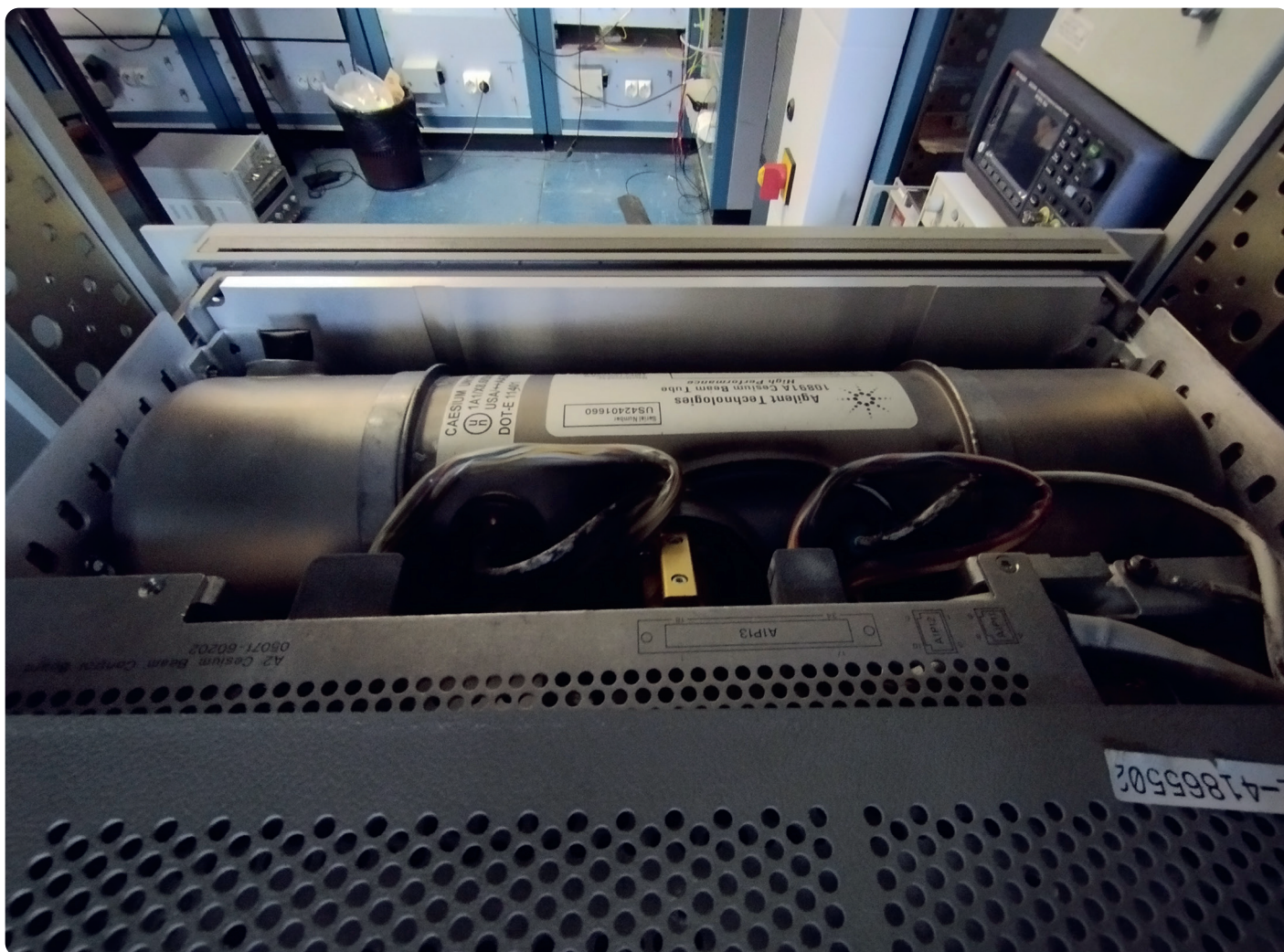
Une horloge atomique à césium HP5071A représentative des horloges associées aux machines parlantes type 1991.

Crédits F. Taris

La dernière version de l'horloge parlante restera en service, via le 3699, jusqu'au 1^{er} juillet 2022.

L'exactitude de la diffusion du temps par l'horloge parlante est passée, entre 1933 et 2022, de

quelques dixièmes de seconde à 50 ms. Cette connaissance du temps est amplement suffisante pour les besoins quotidiens des utilisateurs. Néanmoins, la technique des horloges a bien évidemment progressé et les moyens de comparaison



Le tube à césium d'une horloge HP5071A .

Crédits F. Taris

d'horloges et de diffusion du temps ont dû suivre cette progression. Ces deux points feront l'objet d'épisodes suivants de cette histoire de la mesure du temps. L'Observatoire de Paris, et en particulier son Laboratoire temps espace (LTE), diffuse maintenant le temps légal français via son site web ainsi qu'une estimation de la désynchronisation de l'équipement de l'utilisateur : <https://heurelegale-francaise.fr/index.html?lang=fr>. Cette diffusion est effectuée dans le cadre des missions de l'Observatoire de Paris conformément au [décret n° 2017-292 du 6 mars 2017](#) relatif au temps légal français. ■

Bibliographie

M. Abgrall *et al.*, « Les 80 ans de l'horloge parlante », *L'Astronomie*, février 2013, n° 58.

S. Débarbat, « L'heure pour le public : du cadran solaire à l'horloge parlante », *Revue française des télécommunications*, avril 1992, n° 80.

P. Parcelier, « L'horloge parlante de l'Observatoire de Paris », *L'Astronomie*, 1984, n° 98.

M. Prodhomme & R. Tourde, « L'horloge parlante de l'Observatoire de Paris », décembre 2006, note technique de l'Observatoire de Paris à diffusion interne (voir l'article de M. Abgrall cité ci-dessus).

Sur Ernest Esclangon : https://fr.wikipedia.org/wiki/Ernest_Esclangon

Sur le cinéma parlant : https://fr.wikipedia.org/wiki/Cin%C3%A9ma_sonore

Sur Radiolo : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Radiolo>

Sur l'horloge parlante : <https://synte.obspm.fr/spip/services/ref-temps/article/l-horloge-parlante-de-l-observatoire-de-paris>