

**M. PRODHOMME  
R. TOURDE**

**L'HORLOGE PARLANTE  
DE L'OBSERVATOIRE  
DE PARIS**



## **INTRODUCTION**

**L'horloge parlante de l'Observatoire de Paris** fournit depuis plus de 70 ans l'heure légale à la France entière (environ 200 000 appels quotidiens). Disponible en permanence (7j/7 et 24h/24), elle est accessible aussi bien à partir d'un téléphone fixe que d'un portable.

**Elle répond actuellement au numéro : 36 99**

Sollicitée par les particuliers, l'horloge parlante est également indispensable aux entreprises (industrie, compagnies aériennes...) ainsi qu'aux établissements publics (hôpitaux, services de police) qui peuvent obtenir l'information souhaitée sans risque d'encombrement des lignes. En effet, les 900 commutateurs (et plus...) de France Télécom disséminés à travers tout le territoire, reçoivent en temps réel et en continu l'heure établie par les horloges atomiques du laboratoire National d'essai LNE-SYRTE (anciennement Laboratoire Primaire du Temps et des Fréquences) de l'Observatoire de Paris, en collaboration avec France Télécom Recherche et Développement.

## L'HORLOGE HISTORIQUE

L'unification de l'heure en France date de 1881, et impose l'heure du méridien de Paris.

Avant 1967, date à laquelle la définition de la seconde a été rattachée à l'atome de césium, les astronomes avaient le monopole de déterminer l'heure par la mesure de la période de rotation de la terre.



Ernest Esclangon  
(1876 - 1954)

En 1929, lorsque Ernest Esclangon est nommé directeur de l'Observatoire de Paris, les demandes « d'heure exacte » étaient si nombreuses à l'Observatoire de Paris que le service organisé à cet effet était lui-même devenu très important en même temps que très gênant pour les relations téléphoniques normales de l'établissement. Sans compter l'immobilisation d'une personne chargée de répondre à ces demandes.

Ernest Esclangon songe immédiatement à rendre automatique ce service horaire.

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.

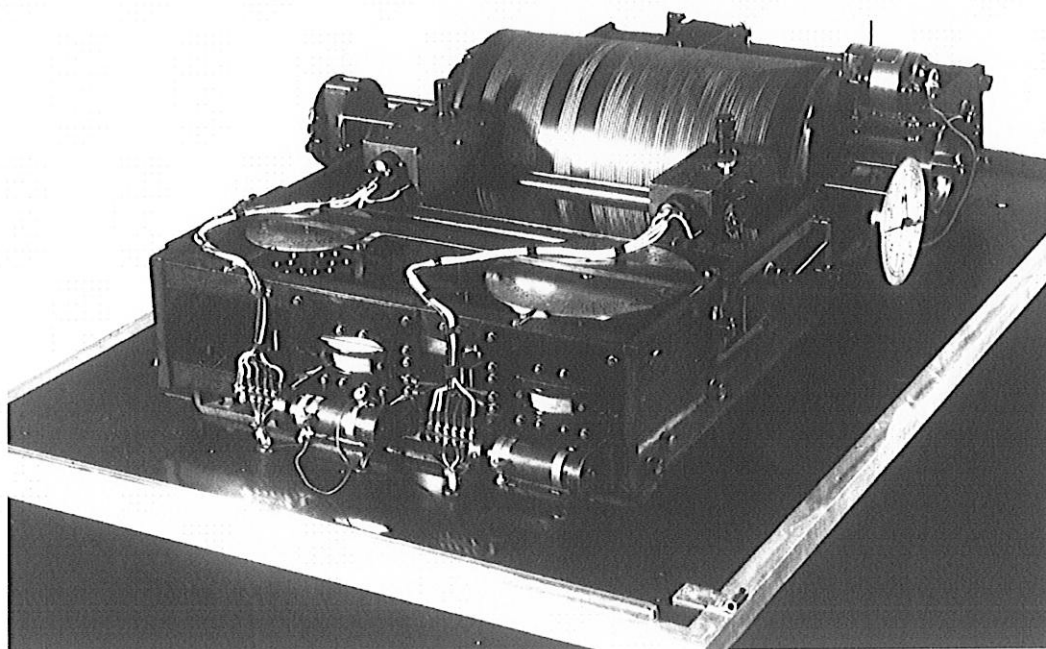
La technique des « films parlants » avait fait de tels progrès d'une part, une énonciation de l'heure était tellement limitée d'autre part, qu'il apparut à Ernest Esclangon qu'il y avait là une méthode simple pour réaliser une distribution parlée et continue de l'heure sous une forme à la fois claire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

Une étude fut demandée aux ingénieurs de la maison BRILLIE (établissement français spécialisé dans la mécanique de précision et l'horlogerie), une autre à Monsieur Edouard BELIN (inventeur de la méthode de reproduction télé-photographique)

Mr Edouard Belin proposa un système dans lequel le son est enregistré sur une pellicule photographique, laquelle est protégée car incluse entre deux couches de verre.

Dans le système de la maison Brillié, (qui fut le système retenu) l'enregistrement photographique du son est porté par des bandes de papier fort, d'une largeur courante, employée en cinématographie parlante (à peine trois millimètres), 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.



*Horloge historique de 1933 (taille en centimètres : H 137, L 140, l 100) on voit le cylindre supportant les bandes son et les reproducteurs de son des heures à gauche et des minutes à droite. De l'autre côté du cylindre se trouve le reproducteur des secondes*

Dans cette horloge parlante, la partie mécanique est actionnée par un moteur électrique à courant continu, synchronisé par une pendule de précision à balancier, à pression constante, qui se trouve dans les caves de l'Observatoire.

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.

Mr Nimier (ingénieur de la maison Brillié) a imaginé pour cela un ingénieux artifice. Le contact électrique qui les commande crée un couplage par capacité entre grille et plaque du tube électronique

amplifiant le signal, d'où résulte un accrochage très court sur une note relativement aigüe. La précision du 4ème « top » est 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.



*dispositif mécanique (tambour, roues cannelées, roues dentées)*

Dès qu'un appel se produit au central téléphonique Odéon sur le numéro réservé à l'horloge parlante (ODEon 84 00), il est aiguillé par un distributeur automatique sur la première des trente lignes disponibles; le relais excité provoque l'allumage des lampes de liaison de la ligne intéressée, ainsi que des lampes de projection et d'amplification, au moyen d'une ligne auxiliaire reliant le central téléphonique Odéon à l'Observatoire.

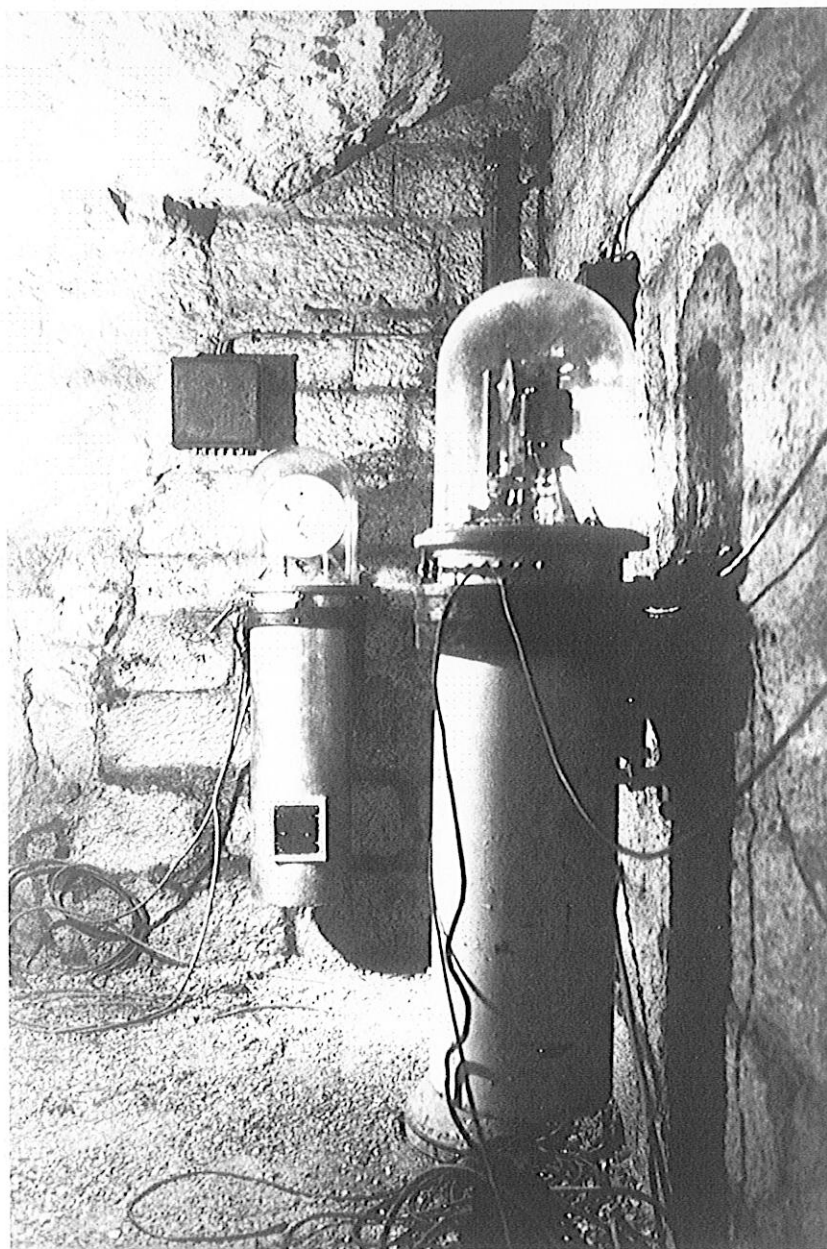
Ce système a été mis au point afin d'économiser l'énergie et les tubes électroniques des amplificateurs qui ne sont donc pas sous tension en permanence.

C'est ainsi que le 14 février 1933, après trois mois d'essais, fut installée à l'Observatoire de Paris **la première horloge parlante au monde** reliée au réseau téléphonique sous le numéro ODEon 84 00.

Ernest Esclangon en fit une présentation à l'Académie des Sciences un an plus tôt dans une note intitulée « Sur les horloges parlantes destinées à la distribution téléphonique de l'heure ». Il y disait « **la connaissance de l'heure exacte est devenue pour le public une nécessité de plus en plus impérieuse** »

Le succès de l'Horloge Parlante fut considérable : les vingt lignes prévues pour ce service furent immédiatement saturées ; plus de 140 000 demandes se produisirent 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.





*Pendule de précision à pression constante servant à synchroniser le système. Cette horloge qui servait de garde temps a été utilisée à l'Observatoire de Paris à partir de 1911, en 1934 une horloge à Quartz l'a remplacée. Plus tard, une horloge à Césium prendra le relais.*

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.

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.

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.

## **LES VERSIONS SUIVANTES**

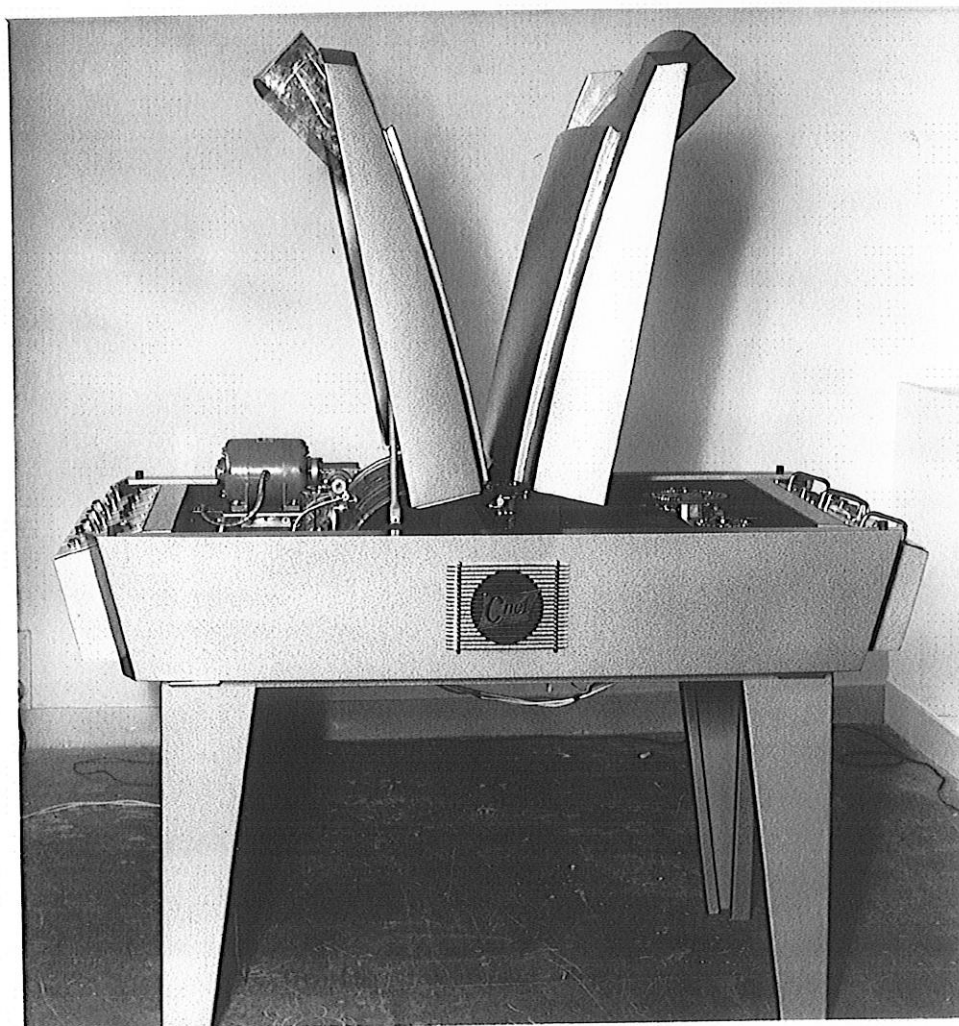
Les principes mis au point par les ingénieurs de la maison Brillié ont été utilisés jusqu'en 1991 avec cependant des modernisations progressives.

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 lecture est ajouté. Pour des raisons de sécurité, les horloges sont alimentées à partir de batteries d'accumulateurs.

## HORLOGE 1965

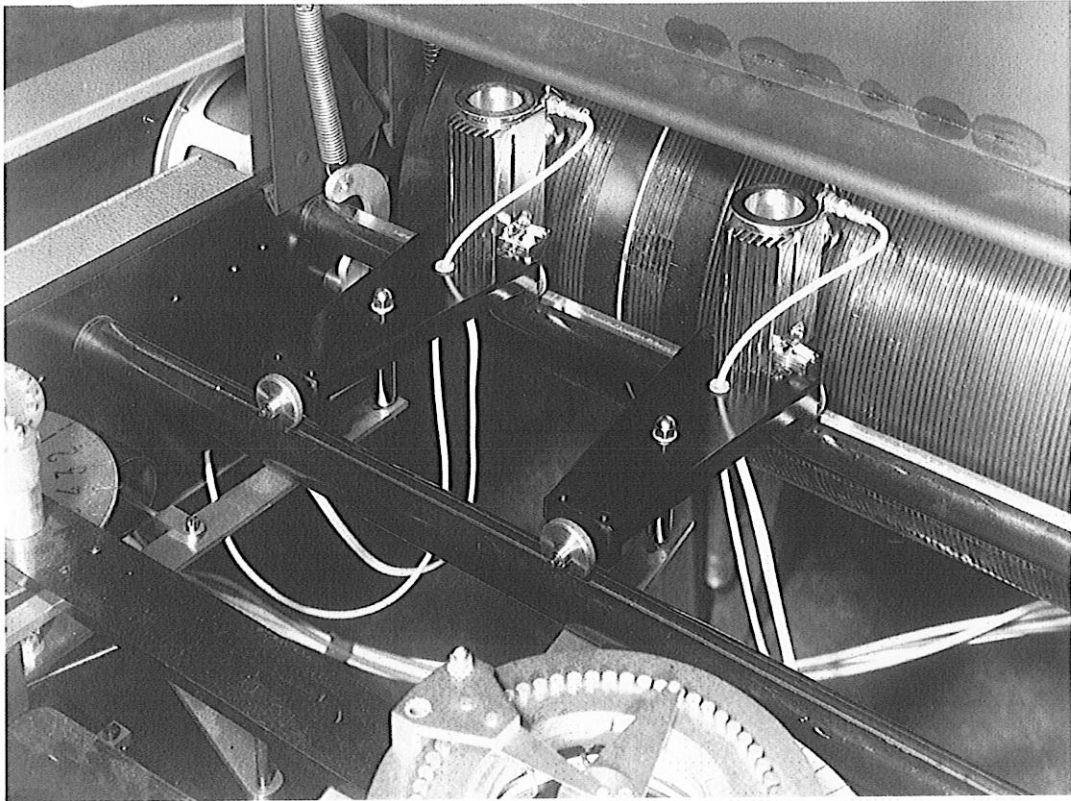
**En 1965 une nouvelle génération d'horloges parlantes** mise au point par le CNET (Centre National d'Etudes des Télécommunications, devenu France Télécom Recherche et Développement) est mise en service.



*Horloge 1965 (taille en centimètres : H 100, L 140, l 85)*

L'entraînement de la partie mécanique de l'horloge s'effectue alors à l'aide d'un moteur synchrone alimenté par un courant alternatif de fréquence 50 Hz obtenu 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.





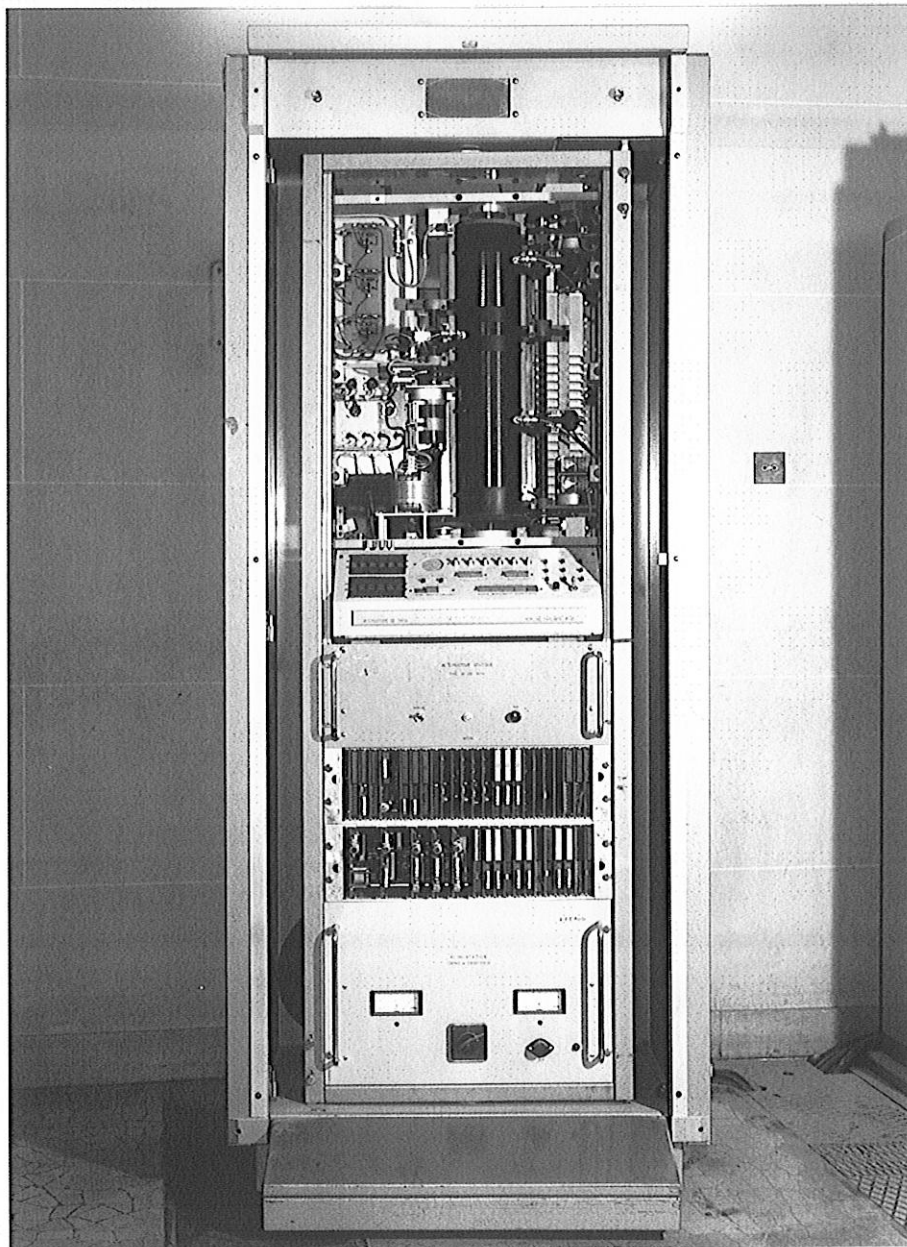
*Horloge 1965, on voit la cellule de reproduction des heures à gauche et des minutes à droite, ainsi que le système de positionnement des cellules face aux pistes*

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 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 plus tard le Laboratoire Primaire du Temps et des Fréquences, puis le Laboratoire National d'essais - Systèmes de Référence Temps-Espace).



*Horloge 1975 Le cylindre de plus petit diamètre est positionné verticalement. L'horloge tient dans une baie standard.  
(taille en centimètres: H 180, L 80, l 50)*



*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)*

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. Les pistes sonores de chaque groupe des heures, des minutes et des secondes sont montées sur le cylindre dans un ordre alterné : par exemple pour les heures 0h, 23h, 1h, 22h, 2h, 21h ...etc. Les lectures s'effectuent en sautant une piste sur deux ; aux extrémités le lecteur n'avance que d'une piste, inverse son sens de déplacement et poursuit alors ses lectures alternées continuant ainsi à égrener les annonces dans l'ordre chronologique. Le déplacement de chaque lecteur reste donc toujours de faible amplitude. 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. Deux convertisseurs de courant électrique alimentés par des batteries d'accumulateurs fournissent l'un un courant alternatif de fréquence de référence 50 Hz avec la puissance nécessaire à l'alimentation d'un moteur asynchrone, l'autre les diverses tensions d'alimentation nécessaires aux circuits électroniques de l'horloge. L'ensemble de l'horloge (partie mécanique et partie électronique) est contenu dans une baie métallique verticale.

Dans toutes ces horloges, les têtes de lecture lisent en permanence une piste, par exemple le lecteur des heures lit la même annonce toutes les deux secondes (durée nécessaire pour que le cylindre fasse un tour sur lui même) et cela pendant une heure. Il en est de même pour les minutes et les secondes. Pour ces dernières, on a enregistré seulement la modulation correspondant aux secondes 10, 20, 30, 40 et sur les deux autres pistes la phrase « au 4<sup>e</sup> top, il sera exactement ».

Pour reconstituer l'annonce, on prélève à des instants précis la modulation correspondant aux heures, aux minutes et aux secondes que l'on met bout à bout. Ceci est obtenu par des circuits électroniques qui ouvrent et ferment des « portes » durant le temps de la modulation. Quand aux « tops », ils proviennent d'horloges à césium, et sont placés à la suite de l'annonce vocale.

En plus des trois horloges parlantes et des horloges à césium, l'installation comprend une **armoire horloge de référence**, une **armoire de génération de « tops »**, une **armoire de contrôle et de commutation** ainsi qu'un **système de détection de pannes**.

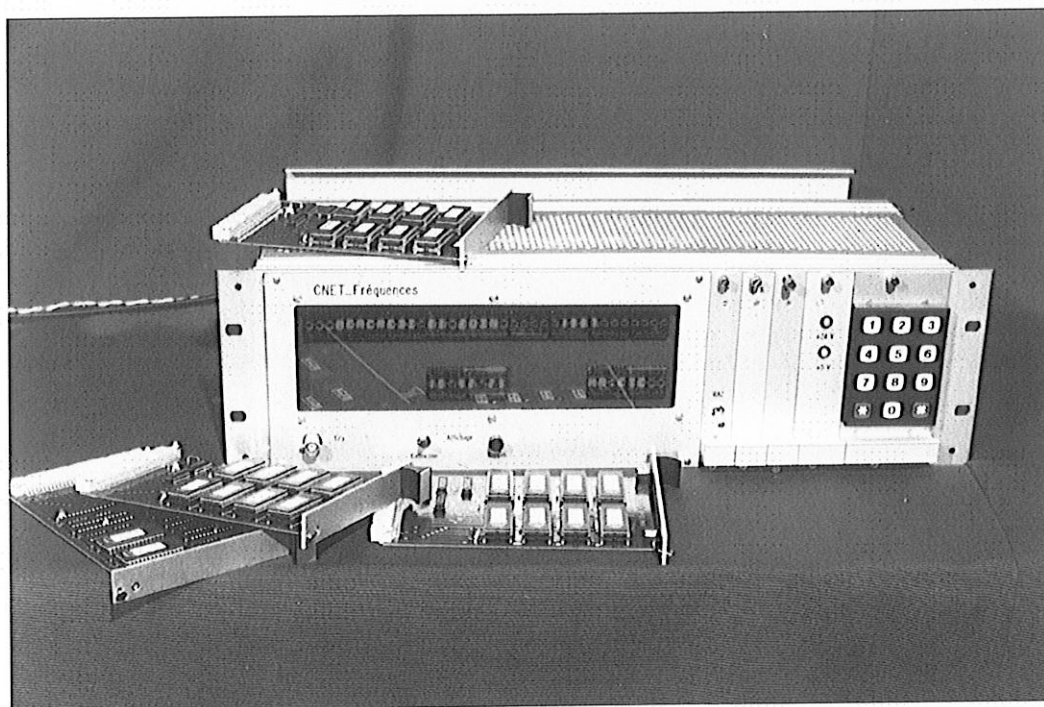
Les trois horloges fonctionnent simultanément. L'armoire horloge de référence donne des signaux qui permettent de contrôler la position des têtes de lecture et des cylindres. En cas de non concordance, l'horloge parlante « fautive » est automatiquement mise hors circuit, laissant à l'une des deux autres la charge d'assurer la continuité de la diffusion de l'heure. L'armoire de génération des « tops » utilise un système de sécurité à détection majoritaire qui compare les « tops » fournis par des horloges à césium. En cas d'incident grave, l'un des trois oscillateurs à quartz de secours contenus dans l'armoire peut également délivrer des « tops ».

L'armoire de contrôle et de commutation vérifie l'exactitude des annonces émises et les fait passer sur le réseau téléphonique. Cette armoire est constituée de quatre modules dont trois sont associés aux trois horloges parlantes et permettent, en liaison avec l'armoire horloge de référence, de localiser immédiatement les défauts. Ceux-ci sont traités par le système électronique de détection des pannes. Le quatrième module sert à la sélection et au contrôle ; c'est là que manuellement on décide quelle sera l'horloge qui diffusera en priorité les annonces. On y contrôle aussi, par un décibelmètre, le niveau de la modulation à envoyer dans le réseau téléphonique.



## L'HORLOGE ACTUELLE

L'heure fournie actuellement par le **36 99** est le résultat d'une série de recherches qui ont abouti en 1991.



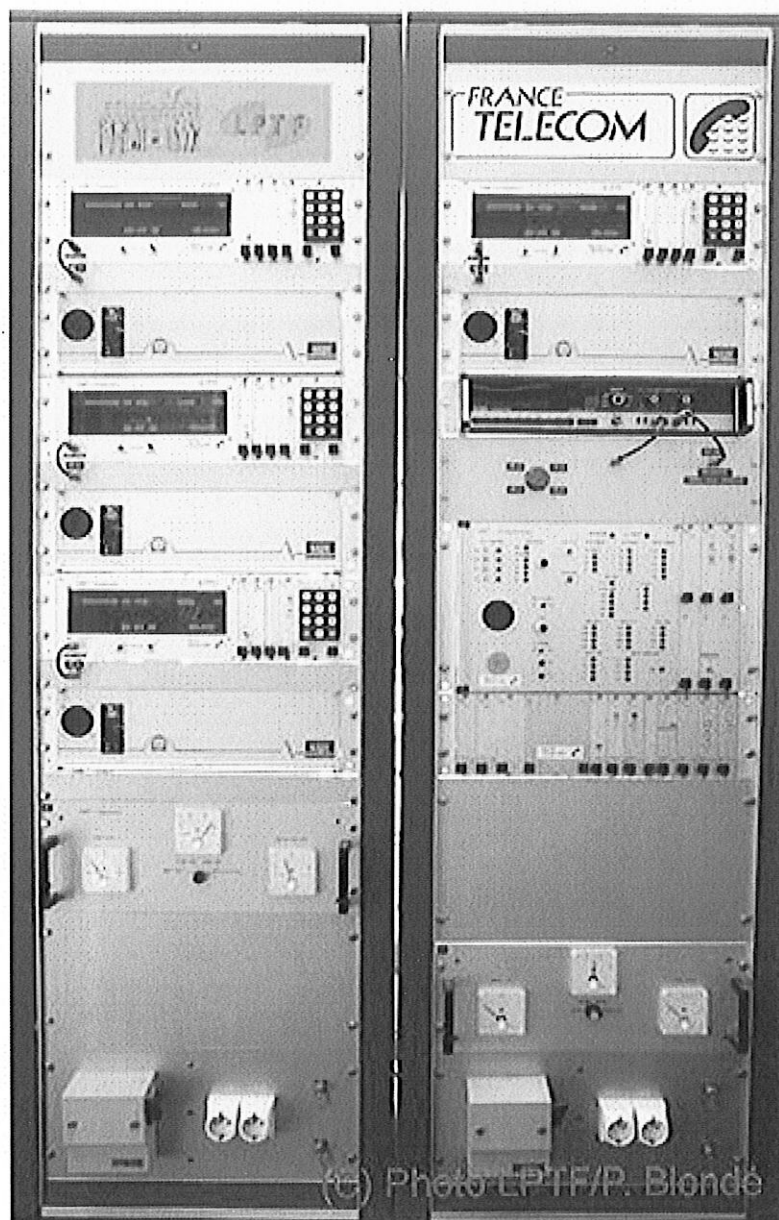
*Détail de la machine parlante.*

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 4eme top, il sera ». Le mot « exactement » (auparavant l'horloge annonçait « au 4eme 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.

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**).





*horloge 1991Le système total tient dans deux baies standard  
(taille en centimètres : H 196 x L 120 x l 60)*

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 élimine automatiquement la machine dont les informations ne sont pas conformes aux trois autres et sélectionne automatiquement l'horloge à diffuser sur le réseau téléphonique.

Une **carte Modem** complète le système en assurant une fonction de surveillance à distance de l'équipement par minitel.

Ce nouveau système porte remède aux inconvénients du système antérieur (processus électromécanique comportant des pièces en mouvement) en apportant les améliorations suivantes :

- Une plus grande facilité d'exploitation par une souplesse de fonctionnement accrue, obtenue entre autres par la programmation des différentes remises à l'heure (changement d'heure saisonnier, saut de seconde pour ajustement à l'UTC) et par une centralisation des commandes de fonctionnement au niveau d'un clavier propre à chacune des 4 horloges parlantes en service.

- Une augmentation de la fiabilité et une diminution de l'entretien journalier (système totalement électronique, aucune pièce en mouvement)
- Une utilisation d'un système vocal existant, non vraiment spécifique à l'application horloge parlante, mais permettant toutefois une amélioration de la qualité d'écoute des messages (messages numérisés) et un remplacement plus aisé de la voix du locuteur, par changement de cartes électroniques contenant le vocabulaire.
- Une possibilité de choix entre les voix de deux locuteurs et la programmation de leur diffusion : toutes les minutes, toutes les heures, tous les jours, tous les mois, ou au changement d'heure saisonnier.
- Un énoncé de la date (jour de la semaine, jour du mois, mois et année) une fois par minute, en plus du message horaire.
- Une augmentation de la résolution de synchronisation des « tops » sonores en sortie de l'horloge.
- Une diminution notable du volume occupé.

## CONCLUSION

En un peu plus de 70 ans, les techniques ont beaucoup progressé et l'horloge actuelle est très différente de celle conçue en 1933.

Les pièces en mouvement ont été supprimées (moteurs, films). Le volume est passé d'une pièce de 6,50 x 4,50 mètres à celui de deux baies standard soit 120 x 60 centimètres.

L'horloge est entièrement électronique et dotée de microprocesseurs sur lesquels sont stockés les messages enregistrés.

Sa précision en France métropolitaine est passée du **dixième de seconde** (ce qui était déjà un exploit en 1933) à sensiblement **20 millièmes de seconde** actuellement (la précision au départ de l'observatoire est de **30 millionièmes de seconde** mais est dégradée par le retard accumulé dans les lignes téléphoniques, elle était de l'ordre du **trentième de seconde** en 1933).

Le succès de l'horloge Parlante ne se dément pas (on compte environ 200 000 appels quotidiens) bien que l'incertitude des horloges et des montres se soit améliorée à la longue. **Elle est la référence légale du temps en France pour le grand public.**

## QUELQUES RAPPELS SUR L'HEURE LEGALE

Il est important de rappeler que **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 Internationale 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** (soit l'heure de Greenwich, mais on reste français).

**L'unification mondiale de l'heure** est confiée depuis 1913 à un organisme créé spécifiquement : Le **Bureau International de L'Heure (BIH)**. Ce service apparemment technique s'installe à l'Observatoire de Paris sous la responsabilité du Directeur de l'Observatoire. Ce sont les astronomes qui déterminent l'heure et qui sont les seuls à pouvoir étudier la qualité des garde-temps, des transmetteurs de signaux et des anomalies de la propagation des ondes. Jusqu'en 1967, l'heure était officiellement donnée par des observations astronomiques faites sur toute la terre et dont le BIH faisait la synthèse. A cette date, 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.**

Définition officielle de la seconde du Système International d'unité jusqu'en 1960 : La seconde est la  $1/86400^{\text{ème}}$  partie du jour solaire moyen.

Deuxième définition de la seconde (de 1960 à 1967) : La seconde est la fraction  $1/31.556.925,9747$  de l'année tropique pour 1900 janvier 0 à 12 heures de temps des éphémérides.

Depuis 1971, le BIH établit la référence mondiale, le **Temps Atomique International TAI**, d'après les lectures d'horloges atomiques. En 1985, 150 horloges atomiques réparties dans 38 laboratoires de 24 pays participaient à cette activité. En 2005, le nombre d'horloges dépasse 350 réparties dans 58 laboratoires. Dans la pratique, le BIPM fournit aux laboratoires l'avance ou le retard de leurs horloges par rapport au TAI avec des incertitudes de l'ordre de quelques milliardièmes de milliardième de seconde en 2005.

L'existence du BIH s'est achevée le 1<sup>er</sup> janvier 1988. Deux organismes lui sont désormais substitués : le Bureau International des Poids et Mesures section Temps (**BIPM**) situé au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, chargé de l'élaboration du temps atomique international, et le service de la rotation terrestre dont le bureau central a son siège à l'Observatoire de Paris.

On rappelle que la base des temps légaux n'est pas le TAI, mais un Temps Universel Coordonné, UTC, qui en diffère d'un nombre entier de secondes, fixé par le BIPM (33 secondes au 1<sup>er</sup> janvier 2006). UTC est souvent appelé, à tort, GMT.

**L'heure légale diffusée par l'horloge parlante est la représentation Française de l'UTC [UTC(OP)] réalisée à l'Observatoire de Paris à laquelle on ajoute une heure ou deux selon la saison.**