

La notion de l'heure et l'heure universelle

I - Distribution de l'heure par air comprimé

II - Distribution de l'heure par télégraphe

III - Distribution de l'heure par téléphone

IV - Distribution de l'heure par tsf

VI - Début de la transmission de l'heure par tsf

La notion de l'heure, c'est-à-dire de la subdivision du temps, est aussi ancienne que l'homme : elle a dû s'imposer à son esprit dès qu'il s'est aperçu que les choses ont une « durée » et que la nuit succède au jour. Aussi, est-ce aux astres, régulateurs de la succession des jours, des mois et des années, c'est-à-dire au soleil et à la lune tout d'abord, qu'il s'est adressé pour mesurer le temps. Les cadrans solaires, les clepsydres ou « horloges d'eau » furent ses premiers chronomètres.

Le problème de l'heure est capital pour les conditions mêmes de la vie courante : il est essentiel de savoir subdiviser le temps que l'on doit consacrer à son travail, à ses plaisirs, à son sommeil. Aussi le problème, dès que la construction mécanique se fut perfectionnée suffisamment, se posa-t-il sous ses deux faces bien distinctes : la détermination de l'heure et la conservation de l'heure.

En Angleterre, en 1833, c'est une time-ball ou boule de grand diamètre qui, en tombant à midi d'un point très haut, signale l'heure dans les environs de l'Observatoire de Greenwich. Des systèmes similaires sont installés dans de nombreuses villes.

Déjà en 1840, en Angleterre, on expérimente déjà le premier réseau de distribution de l'heure par télégraphe.

Dès 1852, Bruxelles, comme le rappelle Le Génie civil, s'est dotée d'un **réseau électrique** de 220 horloges, dont 170 sur la voie publique, réglées et mises à l'heure simultanément.

Une des missions de l'Observatoire de Paris, fondé en 1666, est de donner l'heure exacte.

Dès 1867 à Paris, le directeur de l'Observatoire, Urbain Le Verrier propose la synchronisation de différentes horloges parisiennes, plan qui se concrétise finalement en 1880 ...

Dès 1877, une horloge est visible à la porte de l'établissement.

A New York, dans les années 1870 une boule chute de 8 mètres tous les matins à 9h depuis la tour de l'Hôtel des télégraphes. L'indication de l'heure exacte est fournie par liaison télégraphique avec l'Observatoire de Washington. Un mouchoir agité permet d'attirer l'attention sur la chute imminente afin que tous soient prêts à régler leur montre. La classe est même interrompue dans les écoles de New-York et aux alentours pour que les élèves puissent assister à la chute de la time ball.

Déjà en 1876, l'horloger **Lesieur** s'occupe déjà de synchroniser des horloges de la Bourse et du ministère de l'Intérieur avec le poste central des lignes télégraphiques.

Depuis 1879, existe pour Paris et dans les plus grandes villes d'Europe munies d'un observatoire un service de distribution de l'heure par transmission électrique. Les principales horloges sont reliées électriquement au régulateur des observatoires.

De nombreux brevets sur la synchronisation sont déposés à cette époque. La paternité du procédé de synchronisation électrique finalement mobilisé pour le service horaire de Paris est revendiquée par l'horloger Vérité, alors qu'elle est attribuée à MM. Foucault et Froment par un numéro de la Revue chronométrique. La question ne relève pas simplement d'enjeux de réputation, elle soulève des problèmes juridiques et économiques. Un autre horloger, Armand-François Collin, menace ainsi d'entamer des poursuites judiciaires à l'encontre de tout confrère qui appliquerait un procédé de son invention dans le service de la ville. La Direction des travaux et le Conseil municipal choisissent d'empêcher ces prétentions monopolistiques en favorisant les expériences d'autres horlogers, comme Henry Lepaute. La concurrence ainsi favorisée empêche une dépendance manifeste à l'égard d'un seul horloger.

La question des brevets se trouve également au centre de la constitution de la Compagnie générale des horloges pneumatiques. Le procédé pneumatique qu'elle mobilise fonctionne à grande échelle à Vienne depuis 1877. Dès l'année suivante, la société propriétaire de la concession d'exploitation du brevet en France engage les procédures pour appliquer le même procédé à Paris. Elle entame alors une importante campagne de publicité. Selon elle, le système « résout le problème de l'heure unitaire, vainement demandé à d'autres moyens ; il a la faculté de donner la même heure, à la minute, sur tous les points de la ville, gare, usine, administration, école, appartement, etc.. Elle affirme donner l'« heure exacte de l'Observatoire et vante les mérites de son système pneumatique, notamment dans un livret richement illustré qui met en scène ses installations et explique leur fonctionnement. La commercialisation de la synchronisation pneumatique s'appuie sur une stratégie éditoriale visant le grand public, mais aussi la Direction des travaux. La Compagnie publie ainsi une liste de ses abonnées de manière à démontrer le succès de son système pneumatique et, par là, le sérieux et la solidité de l'entreprise.

LA NOTION DE L'HEURE.

La notion de l'heure, c'est-à-dire de la subdivision du temps, est aussi ancienne que l'homme : elle a dû s'imposer à son esprit dès qu'il s'est aperçu que les choses ont une « durée » et que la nuit succède au jour. Aussi, est-ce aux astres, régulateurs de la succession des jours, des mois et des années, c'est-à-dire au soleil et à la lune tout d'abord, qu'il s'est adressé pour mesurer le temps. Les cadrans solaires, les clepsydres ou « horloges d'eau » furent ses premiers chronomètres.

Le problème de l'heure est capital pour les conditions mêmes de la vie courante : il est essentiel de savoir subdiviser le temps que l'on doit consacrer à son travail, à ses plaisirs, à son sommeil. Aussi le problème, dès que la construction mécanique se fut perfectionnée suffisamment, se posa-t-il sous ses deux faces bien distinctes : la détermination de l'heure et la conservation de l'heure.

La détermination de l'heure se fait dans les observatoires astronomiques. Grâce à la précision toujours croissante avec laquelle sont construits les instruments, on peut garantir l'heure exacte à un dixième de seconde près, et l'on peut espérer l'obtenir avec la précision d'un centième de seconde.

Quant à la conservation de l'heure, c'est un problème tout à fait différent de celui de sa détermination : il se résout par les horloges.

Toutefois, ces horloges en réception ont un inconvénient, elles sont essentiellement fixes et ne sont pas portatives. Aussi leur emploi était-il impossible à bord d'un navire, et les horlogers cherchèrent-ils de tous côtés à réaliser des « horloges portatives » dans lesquelles le Poids moteur se trouvait remplacé par un ressort. Ce n'est qu'au commencement du XVII^e siècle que la construction de ces « montres » devint assez précise pour qu'on pût les employer à des usages astronomiques. A partir du XVIII^e siècle, grâce à l'émulation suscitée entre les horlogers par le concours qu'avait institué l'Académie des sciences de Paris, on voit apparaître de véritables « chronomètres », qui illustrèrent les noms de leurs constructeurs, Leroy et Berthoud ; au XIX^e, au XX^e siècle, ces chronomètres, jusque-là très coûteux, devinrent d'un prix plus abordable, et l'on peut avoir aujourd'hui, pour 300 francs, une « montre de torpilleur » assez portative pour être mise dans le gousset, et assez précise pour être un excellent « garde-temps ». C'est en « transportant l'heure » par des chronomètres que les marins, jusqu'à ces derniers temps, pouvaient déterminer la longitude en mer, que les compagnies de chemins de fer réglaient, au début de leurs exploitations, les horloges de leurs gares, qui doivent toutes indiquer la même heure et la même minute pour assurer la précision du service des trains.

L'HEURE UNIVERSELLE.

La forme même de la terre, qui est, à très peu de chose près, une sphère, le mouvement de rotation dont elle est animée autour de son axe, font que chaque point de la terre défile à son tour devant le soleil. Au moment où il passe devant l'astre, il est midi vrai, et il en résulte forcément qu'il ne peut être midi que pour un seul point de la terre à la fois. Chaque point du globe a donc son heure locale ; quoi que l'on puisse faire ou penser, quand il est midi à Paris, il y a cinquante-cinq minutes que la ville de Vienne, en Autriche, a passé devant le soleil au cours du mouvement diurne de la terre, et il ne peut être à la fois midi dans ces deux stations.

Tant que les communications entre les peuples furent peu rapides, tant que les voyages sur terre se faisaient par des véhicules marchant lentement, ayant leurs itinéraires indépendants les uns des autres et assez clairsemés sur les routes, on se contenta de l'heure locale de chaque endroit. Mais, quand l'invention et la généralisation des chemins de fer vinrent poser le problème de la circulation rapide des trains sur une voie unique, il fallut songer à unifier l'heure des diverses stations. Ce fut l'époque où l'on avait, dans chaque ville de France, deux « heures » différentes : l'« heure de la ville » et l'« heure de la gare », qui était celle de Paris, transmise télégraphiquement. L'heure de la ville avançait sur l'heure de la gare pour les stations situées à l'Est de Paris ; elle retardait, en sens contraire, pour les stations situées à l'Ouest. La différence des heures n'était pas d'ailleurs sans atteindre une valeur relativement importante pour les points extrêmes du territoire : elle atteignait vingt-sept minutes à Brest et vingt minutes, en sens contraire, à Nice.

Les inconvénients de cette double numération furent si manifestes que, dès 1891, une loi rendit réglementaire pour toute la France l'heure de Paris. Les divers États du monde avaient d'ailleurs pris des mesures analogues, chacun pour l'étendue de son territoire. Cela allait très bien tant qu'on ne sortait pas d'un État déterminé, mais l'inconvénient devenait grave quand il fallait passer d'un État dans un autre, et, pour en citer un cas typique et demeuré classique, sur le bord du lac de Constance, dont les rives baignent cinq États différents : la Suisse, le Duché de Bade, la Bavière, la Wurtemberg et l'Autriche, on ne comptait pas moins de cinq heures différentes ! De là une confusion, tout au moins

une complication extrême dans les horaires des bateaux et des chemins de fer.

Ainsi l'heure nationale, suffisante pour un même pays de peu d'étendue, devient insuffisante quand il s'agit de plusieurs États ; elle le devient même pour un seul pays, si l'étendue de celui-ci de l'Est à l'Ouest est considérable....

Voilà posé tous les problèmes à résoudre avant de distribuer l'heure dans le monde entier.

Les réseaux de distribution de l'heure utilisés :

I - Distribution de l'heure par l'air comprimé

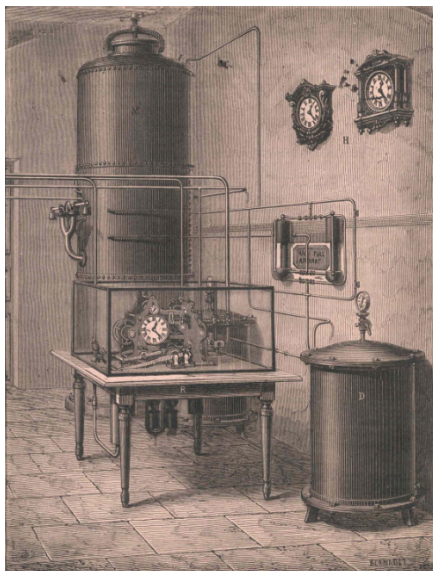
- Dans l'ouvrage "L'unification de l'heure à Paris et dans toute la France" Collin, s'exprimait ainsi :

L'unification de l'heure est à l'ordre du jour ! C'est une grande question qui m'est devenue familière, grâce à des recherches que je poursuis sans relâche depuis plus de quinze ans.

En 1865 Collin dépose un brevet de système pneumatique.

Victor Popp est à l'origine du réseau pneumatique fournissant une énergie régulière pour les horloges.

La Compagnie générale des horloges pneumatiques, originaire de Vienne, s'implante à Paris à la fin des années 1870. Cette compagnie avait déjà mis en place 4500 mètres de canalisations à Vienne. Elle fonda en **1879** la Société des horloges pneumatiques, renommée Compagnie parisienne de l'air comprimé en 1927 puis Société urbaine de distribution d'air comprimé (SUDAC).



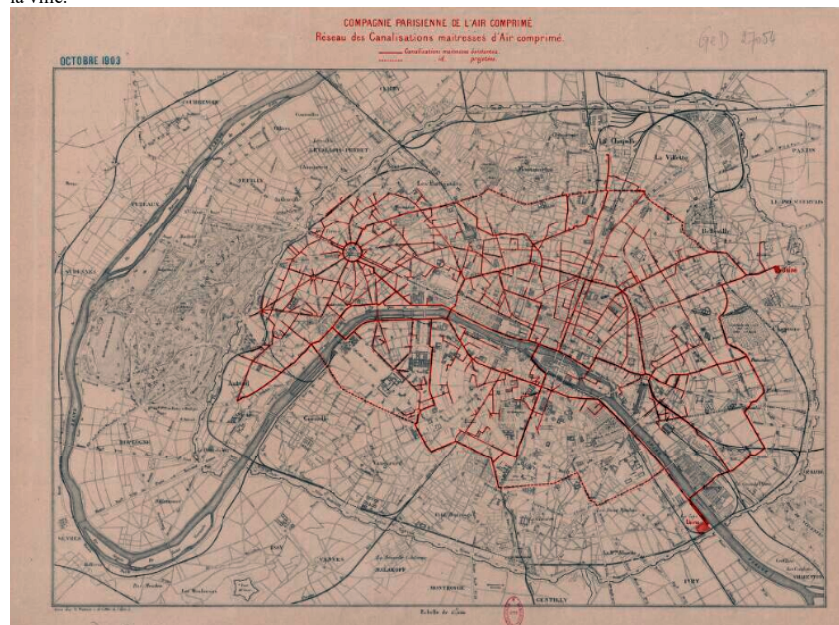
(Un magnifique document de la [Sudac est disponible ici en pdf](#))

Elle obtient en 1881 une concession de 50 ans avec la ville de Paris pour "établir ou conserver sous la voies publiques des tuyaux pour la conduite d'air comprimé". L'usine de l'entreprise, située Saint Fargeau à Paris, dispose d'une horloge mécanique sur laquelle sont effectués les réglages, comme l'explique Henri de Graffigny dans le Manuel de l'horloger et du mécanicien amateur.

Le cadran de cette horloge actionne une tige qui conduit à l'envoi d'air comprimé par pulsations dans les conduites.

Le réseau pneumatique se développe en empruntant les conduites des égouts.

La société indique en 1888 qu'elle dispose, pour les horloges pneumatiques, de 65 kilomètres de canalisations et fournit de l'air comprimé pour 7800 pendules et 95 cadrans de la ville.



Cependant, l'utilisation du réseau décline progressivement au début du XXe siècle.

La Centrale de l'heure pneumatique fut installée vers 1880, dans un immeuble de la rue Sainte-Anne, et les passants peuvent voir au rez de chaussée de cet immeuble, les deux horloges distributrices du temps, qui fonctionnent à tour de rôle. Au sous-sol, de gros réservoirs reçoivent l'air comprimé à cinq kilogrammes, de l'usine de Bercy ; cet air est détendu dans d'autres réservoirs pour ramener la pression de travail à 750 grammes, pression largement suffisante au fonctionnement des appareils. Deux détendeurs interviennent : l'un, branché sur la canalisation à cinq kilogrammes, ne laisse pénétrer dans le réservoir d'arrivée que de l'air à la pression de deux kilogrammes. De ce réservoir, une canalisation conduit l'air à un robinet automatique à mercure dont l'échappement est relié à deux autres réservoirs où la pression est maintenue normalement à sept cent cinquante grammes.

C'est cette pression que le système de transmission automatique, commandé par l'horloge-mère, envoie dans tout le vaste réseau de canalisations commandant les horloges.

Dès l'année 1866, comprenant que le **système pneumatique**, que Collin a breveté en 1865, était insuffisant, il prenait un brevet qui m'assurait la propriété d'un système de remise à l'heure par l'électricité, que M. Th. du Moncel, membre de l'Institut, a jugé digne d'être décrit dans son Traité des applications de l'électricité. Il est cependant bon,

dans certaines conditions. C'est ainsi que le grand cadran de l'orgue de Notre-Dame de Paris, et les cadrans intérieurs et extérieurs du casino de l'établissement thermal de Vichy fonctionnent très régulièrement, depuis 1865, par ce système pneumatique.

Si l'accès à l'heure est relativement facile à Paris dans la première moitié du XIXe siècle, les horloges publiques sont inégalement précises et appartiennent à des propriétaires variés. Cette diversité pose et complexifie la question de la synchronisation des horloges, d'autant plus que l'exigence du public atteint un seuil inédit à partir de la seconde moitié du siècle. L'accélération des réseaux postaux et l'introduction des chemins de fer expliquent en partie cette nouvelle exigence, de même que l'intensification du quadrillage du temps individuel qui l'accompagne, à des degrés divers, dans tous les domaines de la vie quotidienne.

La Compagnie estime que les horloges, « au lieu de marquer l'heure exacte, avancent ou retardent, ce qui crée des incertitudes très-désagréables au moment des départs, des repas, des rendez-vous, etc. Le succès de l'entreprise parisienne est, dans un premier temps, au rendez-vous. En 1880, cent vingt personnes travaillent pour la compagnie. Elle règle deux mille cent pendules dans six cents maisons en juin 1881. La valorisation de la discipline horaire touche des milieux variés, de la fonction publique au commerce en passant par la restauration, où la compagnie souhaite qu'il n'y ait plus une seule pièce où des employés et clients n'aient constamment l'heure exacte sous les yeux », mais au foyer, « où la connaissance constante de l'heure exacte aurait une sérieuse influence sur la régularité du service, si précieuse aux yeux des maîtresses de maison. Discipliner des employés, des clients, des maîtresses de maison qui repose sur des dispositifs techniques parfois très spécifiques, comme ce procédé inventé par l'horloger Collin pour s'assurer des heures de passage des veilleurs de nuit sur les différents points qu'ils doivent traverser.

La liste des abonnés de la compagnie permet d'ailleurs de situer socialement les premiers clients de la compagnie dans les arrondissements centraux de Paris. Près de la moitié sont des artisans et commerçants. S'il est difficile de restituer l'utilisation effective de ces horloges, on peut supposer qu'elles étaient d'abord un moyen d'organiser et de surveiller leur propre activité, révélateur d'une certaine éthique du travail passant par la discipline horaire, avant d'être un objet pratique et de prestige à destination des clients. Le service public de synchronisation de l'heure qui prend forme au début des années 1880 à Paris répond donc à des besoins en précision, synchronisation et discipline horaires. Mais le projet débute grâce à l'action énergique des astronomes de l'Observatoire de Paris.

II - LA TRANSMISSION DE L'HEURE PAR LA TELEGRAPHIE

Ce n'est qu'à partir du milieu du XIXe siècle que l'accès à l'heure de Paris, calculée par les astronomes et jusque-là réservée aux ports et observatoires, subit un mouvement inédit de démocratisation grâce au développement de la télégraphie électrique.

La première idée qu'on avait eue était d'unifier l'heure par le télégraphe électrique. A Paris, le directeur de l'Observatoire, Urbain Le Verrier propose dès 1867 la synchronisation de différentes horloges parisiennes, plan qui se concrétise finalement en 1880.

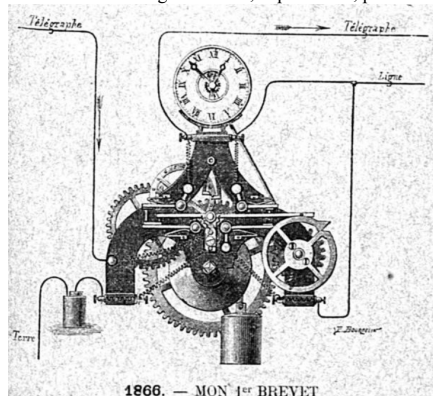
L'horloge de référence est celle de l'Observatoire dont les battements sont synchronisés avec des centres secondaires grâce à l'électricité. Les horloges de plusieurs mairies, de la Sorbonne ou du Conservatoire des arts et métiers sont ainsi synchronisées avec celle de l'Observatoire.

L'Observatoire propose alors la constitution d'un service public de distribution de l'heure à la minute pour les horloges publiques, en province et dans la capitale, dont il serait le centre névralgique. Ce sont toutefois la Direction des travaux de Paris et ses ingénieurs qui gèrent au quotidien le réseau et ses dysfonctionnements. Ces derniers, issus de l'École des ponts et chaussées créée en 1747, participent activement à la formation des services publics, et notamment des réseaux routiers, depuis le XVIIIe siècle. Leur corps est organisé au niveau départemental, sous l'autorité des préfets, à partir de 1804.

Revenons à l'ouvrage de Collin : L'unification de l'heure

C'est une grande question qui m'est devenue familière, grâce à des recherches que je poursuis sans relâche depuis plus de quinze ans.

Dès l'année 1866, comprenant que le système pneumatique, breveté par moi en 1865, était insuffisant, je prenais un brevet qui m'assurait la propriété d'un système de remise à l'heure par l'électricité, que M. Th. du Moncel, membre de l'Institut, a jugé digne d'être décrit dans son Traité des applications de l'électricité. Il est cependant bon, dans certaines conditions. C'est ainsi que le grand cadran de l'orgue de Notre-Dame de Paris, et les cadrans intérieurs et extérieurs du casino de l'établissement thermal de Vichy fonctionnent très régulièrement, depuis 1865, par mon système pneumatique.



Mes travaux incessants sur l'unification de l'heure m'ont amené à créer un grand nombre d'appareils qui, tous, ont satisfait, non seulement à des expériences diverses et longtemps continuées, mais encore à des applications en grand, dont certaines datent de plusieurs années. Je crois remplir un devoir en faisant connaître au public ce qu'une longue pratique m'a appris, et en exposant, aussi nettement et aussi méthodiquement que je le pourrai faire, les moyens les meilleurs d'unifier l'heure à Paris et dans toute la France.

L'expérience a démontré que l'électricité est un agent trop peu puissant, trop capricieux et trop infidèle pour qu'on puisse en user comme moteur d'horloges ou de compteurs. Il faut donc, pour arriver à l'unification de l'heure, renoncer à l'emploi de l'électricité en tant que force motrice. Il faut conserver les horloges anciennes avec leurs moteurs mécaniques, poids ou ressorts, et ne se servir de l'électricité que pour les régler, automatiquement et périodiquement, de façon à les contraindre à donner l'heure exacte. Le réglage électrique, qui est le seul moyen d'arriver, économiquement et sûrement, à l'unification de l'heure, est, depuis de longues années, l'objet de mes études, ainsi que le constatent les divers brevets que j'ai pris de 1866 à 1880. Dans une brochure, publiée au commencement de 1877, j'ai dit qu'il était inutile, pour les besoins de la vie ordinaire, que l'unification de l'heure se fit à chaque seconde, parce que, d'une part, le public n'a guère besoin d'avoir l'heure à la seconde et que, d'autre part, les horloges ne donnent pas la seconde et ont, d'ailleurs, dans leurs aiguilles, des jeux qui rendent impossible la constatation d'une différence d'une ou de quelques secondes.

Cela est vrai et doit être maintenu pour les horloges publiques ou particulières, qui n'ont à satisfaire qu'aux besoins de la vie civile, mais il est bien entendu que les pièces de quelque précision doivent donner la seconde et qu'il est extrêmement désirable que le public puisse se procurer, au besoin, l'heure exacte à la seconde. Or, il est facile d'arriver à ce résultat. Voici comment : A l'Observatoire, on obtient astronomiquement, chaque jour ou, du moins, à des intervalles de temps très rapprochés, la détermination exacte de l'heure pour le méridien de Paris. Cette heure obtenue sera conservée à l'aide de pièces de très-haute précision placées sous les yeux des astronomes dans les conditions les plus favorables. Ce seront les Garde-Temps. L'heure des Garde-Temps sera confiée à des Régulateurs-types de précision, qui, par l'emploi des courants électriques, régleront et maintiendront réglées d'autres horloges qui, elles-mêmes, seront construites avec soin et qui deviendront, sous le nom de Centres-horaires, des types chargés de régler les diverses horloges qui leur seront reliées électriquement. Les Centres-horaires donneront la seconde, et les horloges réglées par les Centres-horaires donneront l'heure avec toute la précision que comporteront la disposition et le jeu de leurs aiguilles; en tous cas, avec beaucoup plus d'exactitude qu'il n'en faut pour la vie civile. Comme mon système de remise à l'heure ne demande l'emploi de l'électricité que pendant un petit nombre de secondes, soit toutes les heures, soit toutes les six heures, toutes les douze heures ou toutes les vingt-quatre heures, on conçoit qu'il sera facile d'emprunter pour le service de l'unification de l'heure les lignes télégraphiques existantes, sans nuire en rien au service des dépêches. On arrivera donc à l'unification de l'heure, non seulement à Paris, mais encore, si on le veut, dans toute la France, par des moyens sûrs et peu coûteux. Les bases principales de l'organisation que je propose sont, en effet, les suivantes :

1° L'emploi des lignes télégraphiques existantes ou même des Lignes téléphoniques ;

2° L'emploi des horloges existantes qui, qu'elles soient bien ou mal construites, régulières ou non, seront toujours contraintes, par ma remise à l'heure électrique, à donner l'heure exacte. Ceci indiqué, je vais entrer dans quelques détails qui permettront de bien comprendre mes idées.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME

Des Garde-Temps.

— A l'Observatoire de Paris on installera deux régulateurs de très haute précision, que j'appelle les Garde-Temps. Ces deux Garde-Temps seront remis à l'heure d'après les observations exécutées par les astronomes en vue de la détermination de l'heure exacte. Ils seront placés à l'abri des trépidations du sol, à l'abri de l'humidité, dans un local spécial dont la température sera aussi constante que possible. En un mot, on réalisera pour eux toutes les conditions qui leur permettront de conserver l'heure exacte. O

servira que pour garder le temps. Des **Régulateurs-types**.

— A côté de ces deux Garde-Temps, dépositaires de l'heure, on placera ce qu'on pourra appeler les têtes de ligne de transmission de l'heure. Ces têtes de ligne seront constituées par six bons régulateurs de précision que j'appellerai Régulateurs-types. Ces six Régulateurs-types devront avoir une très bonne marche se rapprochant le plus possible de celle des deux Garde-Temps sur lesquels ils seront réglés. Ces Régulateurs-types seront munis de divers contacts électriques nécessaires pour donner la seconde, la minute ou les autres intervalles de temps qu'on voudra. Le contact donnant la seconde sera employé, si on adopte le système de réglage des Centres-horaires à la seconde par le pendule. Le contact à minute sera plus spécialement employé si l'on s'en tient complètement à mon système. En tous cas, les Régulateurs-types auront un contact spécial se faisant cinq secondes avant l'heure et cessant à l'heure juste. On verra plus loin dans quel but éminemment utile ce contact spécial est institué. Sur les six Régulateurs - type: quatre seulement seront en usage effectif; les deux autres, constituant un corps de réserve, ne seront mis en service qu'en cas d'accident nécessitant la réparation d'un ou de deux des quatre premiers. Voyons ce qu'on fera de ces têtes de lignes constituées par les Régulateurs-types.

Usage des Régulateurs-types.

— Les quatre Régulateurs-types en service distribueront ou rompront, soit par eux-mêmes soit au moyen de relais, des courants électriques rayonnant dans un certain nombre de directions de façon à régler les Centres-horaires dont il va être parlé. A cet effet, si les transmissions s'opèrent à chaque seconde, c'est-à-dire d'une façon presque continue, on devra employer nécessairement des fils spéciaux ou lignes spéciales. Si, au contraire, on adopte complètement mon système, si on se contente de régler les centres-horaires d'une façon intermittente, c'est-à-dire à des intervalles de temps d'une heure ou plus, on pourra user des lignes télégraphiques existantes.

Des Centres-horaires.

— Les Centres-horaires seront les intermédiaires entre les Régulateurs-types de l'Observatoire, faisant tête de ligne, dont, il vient d'être parlé, et les horloges ou pendules à régler. Ces Centres-horaires seront des régulateurs ou, pour mieux dire, de très petites horloges, bien et fidèlement construites, établies de façon à pouvoir donner une bonne marche dans tous les endroits où il sera nécessaire de les placer. Ils donneront au public, à l'extérieur, l'heure, la minute et la seconde.

Emplacements des Centres-horaires

— On les placera à la façade des bureaux télégraphiques et de poste. Cette place est nécessairement indiquée :

1° Parce que c'est aux bureaux télégraphiques que se trouvent les fils avec lesquels les Centres-horaires devront être mis en rapport pour remettre à l'heure les horloges.

2° Parce que les employés des postes et télégraphes constitueront un personnel tout formé, pouvant surveiller et entretenir les piles et, au besoin, le mécanisme de remise à l'heure.

3° Parce que c'est à ces bureaux que le public aura le plus besoin de trouver l'heure exacte.

Réglage ou mise à l'heure des Centres-horaires.

J'ai indiqué déjà que l'on pouvait envoyer un courant, à chaque seconde, des têtes de ligne de l'Observatoire à chaque Centre-horaire, pour régler, à chaque seconde, chacun des Centres-horaires par le pendule. Mon opinion n'est pas favorable à ce système de réglage presque continu, et, pour ma part, je préférerais qu'on se contentât de remettre les Centres-horaires à l'heure à des intervalles rapprochés, par exemple, toutes les heures ou même toutes les six heures. Je vais exposer ici les inconvénients du réglage des Centres-horaires à toutes les secondes et, ensuite, je reviendrai à mon système.

Des inconvénients du réglage des Centres- horaires à chaque seconde.

— Si, contre mon espoir, on réglait les Centres-horaires à chaque seconde il faudrait établir de l'Observatoire à chacun des Centres horaires des lignes spéciales, ce qui occasionnerait de grandes dépenses d'établissement et d'entretien. Les piles travailleraient constamment, elles s'épuiserait et s'useraient vite.

— De là des dépenses pour le renouvellement et l'entretien continu de ces piles. La nécessité où l'on serait d'avoir des lignes spéciales restreindrait l'unification de l'heure à la Ville de Paris et rendrait impossible la réalisation de l'idée, très pratique et éminemment utile, de l'unification de l'heure dans toute la France.

Ajoutons que, dans le réglage à chaque seconde, faut compter avec une difficulté pratique, celle des contacts. Pour obtenir, à chaque seconde, le passage d'un courant électrique, on adapte sur les Régulateurs- types deux séries de trois contacts qui doivent être soulevés par le pendule à la fin de chacune de ses oscillations. Or, quelques soins minutieux qu'on apporte à l'exécution de ces séries de contacts, il est certain que le travail qu'on impose au pendule peut altérer la marche du Régulateur-type. On est, d'ailleurs, si peu sûr des contacts qu'on les multiplie pour pouvoir, pendant la marche, les soulever et les nettoyer souvent. Ainsi, en vue de rechercher une exactitude absolue, on complique le Régulateur-type et on le charge, au risque de le rendre infidèle et de perdre, par les irrégularités de marche qui peuvent se présenter, ce qu'on espère obtenir par la transmission à chaque seconde. Il vaut mieux, selon moi, ne pas faire de contact toutes les secondes et n'avoir qu'un contact, soit toutes les heures, soit moins souvent encore. Sans doute, il peut, à la rigueur, se faire qu'en agissant ainsi on n'ait l'heure qu'à une fraction de seconde près ; mais cette fraction de seconde, qui représenterait la variation de marche du Centre-horaire en une heure, restera toujours inaperçue et on réalisera une économie énorme tout en gagnant en sûreté. On peut m'objecter qu'avec la transmission de l'Observatoire à chaque Centre-horaire à chaque seconde, 011 pourrait, puisqu'on aurait des lignes spéciales, user de ces lignes pour recevoir à l'Observatoire des signaux des Centres-horaires;... que, même, on pourrait disposer les choses de telle sorte que les pendules des Centres horaires fissent agir des galvanomètres ou des compteurs indiquant à l'Observatoire leur marche et le 013 arrêts... Certes, ce serait faisable ! Mais ce serait très cher, très compliqué et médiocrement utile. Il est clair que les Centres-horaires étant aux bureaux télégraphiques, l'employé surveillant enverra de suite, en cas d'accident, une dépêche à l'horloge chargée de l'entretien qui viendra, aussitôt, réparer le désordre.

En résumé, les inconvénients principaux du système de réglage presque continu ou de transmission à chaque seconde sont les suivants :

1° Obligation d'avoir des lignes spéciales, très coûteuses d'établissement et d'entretien.

2° Dépense pour le remplacement des piles qui, travaillant sans cesse, s'useront vite.

3° Obligation de restreindre, de peur de trop dépenser, le nombre des Centres-horaires.

4° Impossibilité d'unifier l'heure dans toute la France.

5° Obligation de surveiller et d'entretenir, sans cesse, a l'Observatoire, les contacts des Régulateurs-types.

Je dois faire ici une observation qui a son utilité. J'ai, pendant des années, mis en expérience des contacts de tous genres, en vue de faire la transmission a chaque seconde. J'ai obtenu des résultats excellents en procédant, à chaque seconde, non pas par émission du courant comme on le fait dans le système que je viens de discuter, mais, au contraire, par rupture du courant. Il faut rompre le courant au moment même où le pendule du type passe dans la verticale. Cela affecte bien moins la marche que quand on agit à la fin de l'oscillation.

Des Centres-horaires remis à l'heure par mon système.

— Je crois que mon système qui, je le répète, consiste à remettre les Centres-horaires à 1 heure, toutes les heures, devrait être adopté de préférence à celui dont il vient d'être parlé. On aurait l'heure à une fraction de seconde près, et on réaliserait les avantages suivants :

1° On se servirait des lignes télégraphiques existants. On ferait, de ce chef, une énorme économie.

2° On pourrait, à raison de l'économie indiquée ci- dessus, multiplier les centres-horaires et régler automatiquement, non seulement toutes les horloges de Paris, mais bien toutes les horloges de France.

3° On conserverait longtemps les piles, puisqu'elles n'agiraient que toutes les heures ou même, si on voulait et ce qui vaudrait mieux selon moi, à des intervalles plus éloignés. Ce serait encore une très notable économie.

4° On n'aurait que peu de chose à faire pour l'entretien des contacts. En effet, en réglant toutes les heures, on aurait un contact par heure, au lieu des 3,600 contacts par heure que nécessiterait le région 6 à chaque seconde. Et si on ne réglait que toutes les six heures, on aurait un contact en six heures au lieu des 1,600 contacts que nécessiterait le réglage à chaque seconde.

Tous ces avantages sont certains. Le principal est la possibilité d'arriver aisément à l'unification de l h heure dans toute la France. J'y attache une extrême importance, et je veux montrer comment on atteindra ce but

Unification de l'heure dans toute la Franc par mon système.

— Nous savons déjà que les Régulateurs-types de l'Observatoire régleront les divers Centres-horaires, placés aux bureaux télégraphiques, ou ils donneront l'heure au public. Les Centres-horaires régleront eux-mêmes, autour d'eux, les horloges diverses qui leur seront reliées. C'est ainsi que l'unification de l'heure se fera à Paris.

* A Paris, l'Observatoire pourrait envoyer l'heure exacte de ses régulateurs types à un centre-horaire principal placé à l'Hôtel de Ville, qui enverrait l'heure aux bureaux télégraphiques des vingt mairies, par les lignes déjà existantes.

Voici maintenant comment on agira pour l'unification de l'heure dans toute la France.

A l'administration centrale des télégraphes, rue de Grenelle, endroit où aboutissent toutes les lignes télégraphiques, on établira un Centre-horaire réglé par l'un des régulateurs-types de l'Observatoire. De ce Centre-horaire partiront des courants qui suivront les voies ferrées par les fils dits omnibus, qui desservent télégraphiquement toutes les stations. On remettra ainsi à l'heure, au grand avantage des compagnies, toutes les horloges des stations de chemin de fer. On unifiera donc l'heure sur tous les chemins de fer. L'horloge de chaque station enverra elle-même, par les fils télégraphiques existants, l'heure au bureau télégraphique de la ville voisine. Là, un Centre-horaire remettra à l'heure toutes les horloges de la ville. On voit que l'unification de l'heure en France est bien loin d'être une utopie!... C'est, au contraire, une œuvre très réalisable et très pratique, et nous

pouvons affirmer qu'un jour on unifiera l'heure dans toute la France. c'est certain !

* Il est bien entendu que, pour les horloges autres que celles des chemins de fer, on pourrait tenir compte, par les aiguilles, des différences d'heures résultant de la situation géographique.

Après deux ans d'essai qui garantissent « toute la sécurité nécessaire à un service public, le Conseil municipal vote en 1880 le projet définitif de douze centres horaires par télégraphie à quarante horloges du réseau secondaire, pour une dépense totale de quatre-vingt mille francs. Les principes d'accessibilité et de visibilité guident la disposition des centres. Dès janvier 1880, sept d'entre eux, construits par Bréguet, fonctionnent à la porte extérieure de l'Observatoire, aux mairies des IIe et VIe arrondissements, au presbytère rue de la Trinité, aux écoles près de Saint-Philippe du Roule et de Saint-François-Xavier, et au pavillon du Bureau des Ponts et Chaussées. Le réseau secondaire comprend vingt horloges de mairies et vingt horloges d'établissements publics et semi-publics, principalement des églises, mais aussi la Bourse, le Palais de justice, l'hôpital Beaujon, le marché aux chevaux et la prison Mazas. Bien que les centres horaires se situent dans les arrondissements centraux, Wolf et Tresca, rapporteurs de la commission, insistent sur l'extension du réseau secondaire qui amènera « l'heure exacte à la minute en tout temp à « tous les quartiers de la Ville, même les plus excentriques ». La synchronisation s'insère dans un projet d'intégration des arrondissements périphériques depuis leur annexion en 1860 : dès 1882, les horloges des vingt mairies d'arrondissement sont reliées entre elles.

L'unification de l'heure en France sera terminée en 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 1891, l'heure de Paris, calculée par l'Observatoire, devient l'heure légale et est diffusée grâce au télégraphe.

La pendule de l'Observatoire est munie d'un dispositif qui envoie dans des lignes télégraphiques des signaux très courts, à des heures convenues. Ces signaux sont reçus dans les stations intéressées ; suivant les cas, ils sont enregistrés graphiquement ou simplement perçus à l'oreille, et permettent aux observateurs de ces stations de connaître exactement la « marche » de leur pendule ou de leur chronomètre, c'est-à-dire l'écart qu'ils présentent avec la pendule type du premier méridien.

Ce procédé permet la précision du dixième de seconde, ce qui est déjà bien ; mais il a l'inconvénient d'exiger un « fil », et, par conséquent, de ne pouvoir s'appliquer ni à l'envoi de l'heure aux navires en mer, ni à cet envoi aux explorateurs qui parcourent des contrées inconnues. De plus, en ce qui concerne la distribution de l'heure, celle-ci ne pouvait être faite qu'à quelques centres importants, qui devaient, à leur tour, la transmettre à des stations secondaires. De là des complications et des introductions de cause d'erreurs inévitables.

Mais les nombreux dysfonctionnements, notamment dans les années 1886-1891, posent rapidement la question de la responsabilité du réseau et mettent au jour la complexité de sa cogestion. Si l'Observatoire de Paris est bien à l'initiative du projet, c'est la Direction des travaux qui se charge de sa mise en place, de son entretien et de sa surveillance pour le compte de la ville. La Direction devient l'interlocuteur privilégié de tous les participants au service. Mais elle n'intervient pas directement sur les douze centres horaires, sous la responsabilité de la maison Bréguet. Différents horlogers s'occupent ensuite des horloges du réseau secondaire. L'Observatoire, quant à lui, veille au bon fonctionnement de l'horloge régulatrice entreposée dans ses murs. Il est également en capacité de surveiller la marche de certains centres, puis de leur totalité à partir du milieu des années 1880. Cet investissement croissant de l'Observatoire dans la supervision technique fait suite à des plaintes du public. Une enquête interne diligentée en 1887 rejette la faute sur la maison Bréguet et propose une révision complète des horloges. La collaboration entre les horlogers, les ingénieurs de la Direction des travaux, et l'Observatoire de Paris se révèle problématique quand il s'agit d'identifier l'origine des accidents et de désigner des responsables. Les modalités de fonctionnement du service ne sont pas toujours clairement établies. De plus, le service horaire de la ville ne couvre qu'une petite partie des horloges publiques et ne résout donc pas la question de leur synchronisation à grande échelle. Le Conseil municipal s'appuie alors sur des initiatives privées pour reprendre l'initiative et compléter le réseau public.

1894 Les horloges strictement municipales, c'est-à-dire destinées à l'usage du public et à la charge du service d'architecture de Paris, peuplent les églises, les établissements scolaires et universitaires, les mairies, halles et marchés. On en dénombre cent trente-trois en 1894 :

Les horloges des bureaux des surveillants de voiture de place, au nombre de cent soixante en 1888, et celles des différents services techniques municipaux, au nombre de quatre-vingts, sont également à la charge de la ville. Ces petites horloges sans sonnerie représentent « les indicateurs du temps les plus fréquemment consultés ». Elles font partie d'une catégorie plus vaste, les horloges publiques, qui recouvrent tous les instruments de mesure du temps, de propriété privée ou publique, dont les indications, visuelles ou auditives, sont accessibles aux citoyens.

Un inventaire partiel à l'initiative de la Direction des travaux en 1882 permet d'apprécier la diversité des propriétaires de ces horloges. Les cinq horlogers ayant répondu à l'invitation (Garnier, Lepaute, Borrel, Verdavanne, Detouche) comptabilisent deux cent quatre-vingt-onze grosses horloges à sonnerie dont ils ont la charge de l'entretien. On y retrouve des horloges municipales, mais aussi des horloges étatiques situées dans les différents ministères, dans des casernes, prisons, asiles, etc. Dans une moindre mesure, ces horloges appartiennent à des individus ou des sociétés privées, comme des sociétés bancaires et financières, des journaux, des ateliers ou des raffineries.

III - DISTRIBUTION DE L'HEURE PAR LE TELEPHONE

Déjà en 1884 aux Etats-Unis, lors de l'exposition internationale d'électricité ou la Téléphoné Bell C° se trouve réunie à celle de la Société de construction la Western Electric C°, l'on remarque dans cet espace un système fort ingénieux pour la distribution de l'heure par le téléphone, un appareil pour l'allumage électrique des becs de gaz, des appareils avertisseurs d'incendie, ... et différents types de sonneries, de tableaux indicateurs, etc.

Etant donné un réseau téléphonique, une idée qui se présente naturellement à l'esprit est de l'utiliser à transmettre l'heure au lieu de recourir à un réseau spécial. On peut transmettre l'heure aux abonnés par deux procédés différents, les signaux optiques et les signaux acoustiques. Dans le premier cas il faudrait que chaque abonné reçoive une horloge sympathique mue par l'électricité dont la marche serait réglée par des émissions de courant venant du bureau central. On pourrait dans ce cas graduer les impulsions de courant par la méthode de van Rysselberghe, en sorte qu'elles n'affecteraient pas les téléphones. Ce mode de transmission de l'heure ne présenterait aucune difficulté sérieuse. Si cette idée n'a pas encore reçu d'application pratique cela tient sans doute uniquement à ce que les frais de première installation seraient considérables ; le service serait également assez onéreux car il faudrait, par suite de la grande résistance des lignes, de fortes batteries de piles.

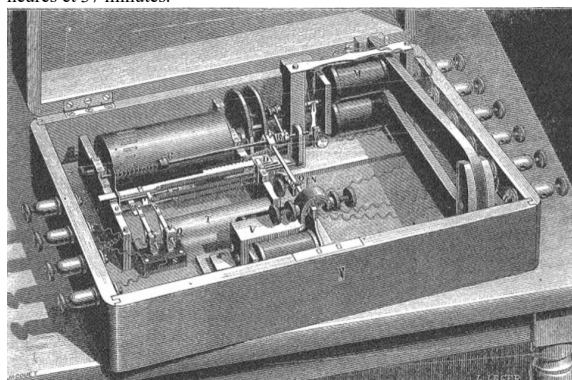
Ces inconvénients disparaissent quand on a recours aux signaux acoustiques.

1886 La distribution de l'heure dans les réseaux téléphoniques aux Etats-Unis.

A l'exposition d'électricité de Philadelphie M. Oram a exposé dans l'enceinte de l'étalage de la « Western Electric C° » un petit appareil que l'on adjoint à un bureau central téléphonique pour donner l'heure et la minute exactes aux abonnés.

Cet appareil envoie toutes les minutes des courants interrompus sur tout le réseau, assez faibles pour ne pas gêner la conversation, mais suffisamment forts pour produire des bruits secs et courts très distincts et espacés par des intervalles réguliers.

L'abonné, pour savoir l'heure qu'il est, n'a qu'à décrocher son téléphone et le mettre à l'oreille. A chaque minute il entend un faible bourdonnement qui le prévient de faire attention, et aussitôt après il entend des interruptions successives qui donnent l'heure et les minutes. Supposons, pour fixer les idées, qu'il ait entendu deux coups, suivis d'un petit intervalle, puis trois coups, encore un intervalle, et enfin sept coups. Ces signaux lui indiqueront qu'au moment du signal prochain, c'est-à-dire dans une minute, il sera 2 heures et 37 minutes.



L'appareil complet se compose d'une horloge qui donne le contact toutes les minutes et qui fait marcher l'appareil distributeur représenté par la figure I. Un relais qui fait un

contact à chaque minute, quand le courant lui est envoyé de l'horloge. L'établissement de ce contact fait embrayer le tambour avec l'axe du moteur électrique qui est toujours en mouvement, alimenté par une pile spéciale. Sur la surface du tambour sont fixées, comme sur le tambour d'une boîte à musique, plusieurs séries de pitons représentant les heures, les dizaines de minutes et les minutes. Ces pitons font marcher pendant la rotation du tambour le levier qui porte le marteau qui frappe pendant une révolution du tambour autant de coups qu'il y a de pitons actifs sur la circonférence. Ce marteau se trouve établir chaque fois un contact pour une pile spéciale, et un courant de courte durée est envoyé sur la ligne.

En 1888 La méthode des signaux acoustiques est employée par la National Time Regulating C^o de Boston et la New England Téléphoné C^o de Lowell (Massachusetts) frotteur est relié à la ligne de terre de tous les abonnés au téléphone, qui sont en même temps abonnés à la distribution de l'heure. Si donc un de ses abonnés porte à l'oreille son téléphone, au moment où le cylindre tourne, il entend trois groupes de signaux brefs, mais faciles à distinguer et séparés par des temps de pose, relativement longs. Supposons par exemple qu'il compte deux, puis trois, puis neuf : il sait que cela veut dire 2 heures 39 minutes. Cette opération a lieu une fois par minute.

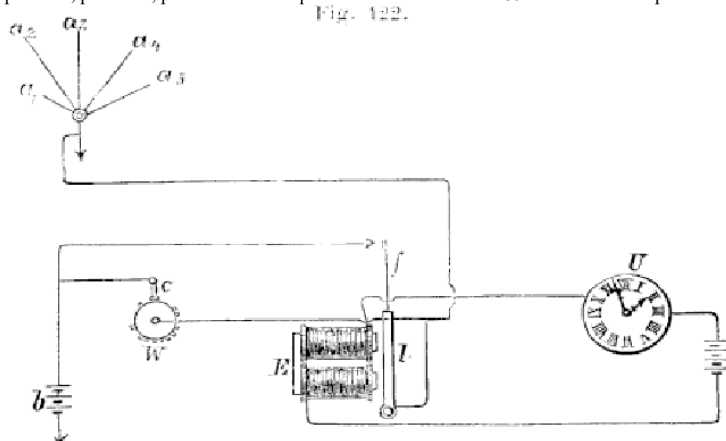


Schéma du système.

Dans cette figure, U représente l'horloge qui toutes les minutes envoie un courant dans l'électro-aimant E. L'électro-aimant attire son armature I et celle-ci en se déplaçant fait avancer, par l'intermédiaire d'une transmission très simple (cette transmission n'est pas représentée sur la figure), le frotteur C d'une dent le long du cylindre W. En même temps, une lame élastique f fixée à l'armature I, met à la ligne la pile b. Comme cette lame est élastique et que l'attraction de l'armature se fait brusquement, elle vibre pendant un laps de temps très court, ce qui produit une succession rapide d'ouvertures et de fermetures du circuit; l'abonné qui a le téléphone à l'oreille, entend un bruit sourd, indiquant que l'heure va être immédiatement transmise. L'armature I a encore une troisième fonction ; elle déclenche le moteur qui fait faire un tour complet au cylindre ; toutes les dents viennent successivement frotter contre le levier de contact et envoient dans la ligne le nombre voulu d'émissions de courant.

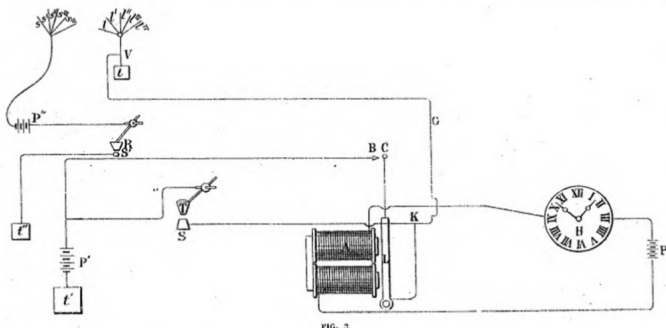
Les coups que l'on entend dans le téléphoné doivent naturellement être assez faibles pour ne pas nuire à la transmission de la parole.

Les Compagnies font payer un dollar par an pour l'abonnement à l'heure.

La pratique a démontré, selon l'inventeur, que la séparation de la terre n'a pas d'inconvénient pour le bureau central téléphonique, et que par conséquent la terre peut être prise sur les lignes allant chez tous les abonnés.

La distribution du système Oram est appliquée à Lowell (Massachusetts) par la « New England telephone Co. Mais en pratique il s'est rencontré une difficulté, qu'on a éliminée d'une façon simple et ingénieuse.

On a remarqué que quand on transmettait des signaux aux abonnés qui payaient leur redevance annuelle, beaucoup d'autres, dans tout le réseau, entendaient la transmission de l'heure, sans rien payer, et ils l'entendaient sans que leur fil fut réuni à l'appareil Oram. C'était l'effet bien connu de l'induction.



Pour empêcher les gens non abonnés de connaître l'heure par le téléphone, on a ajouté encore un marteau R (fig. 2), qui donne des signaux additionnels, produisant une confusion. A cet effet, toutes les lignes s s' s" etc. des abonnés qui ne payent pas la distribution de l'heure sont réunies ensemble après leur passage par le tableau annunciateur, et mises en communication à travers une pile P" avec le marteau « confusionniste » R. Le tambour fait marcher ce marteau à tort et à travers, à chaque coup un courant est envoyé sur la ligne, qui produit un bruit que l'on fait aussi semblable que possible au bruit régulier que l'on entend par induction de la vraie distribution.

En France, Guyou entreprend en 1903 des démarches auprès de la chambre syndicale de l'horlogerie de Paris, afin d'établir un « service de l'heure donnant l'heure temps moyen de Paris, par le téléphone », soit au domicile des horlogers, soit auprès d'un bureau voisin.

Transmettre les longitudes au téléphone

Quand l'invention et la généralisation des chemins de fer vinrent poser le problème de la circulation rapide des trains sur une voie unique, il fallut songer à unifier l'heure des diverses stations. Ce fut l'époque où l'on avait, dans chaque ville de France, deux « heures » différentes : l'« heure de la ville » et l'« heure de la gare », qui était celle de Paris, transmise télégraphiquement. L'heure de la ville avançait sur l'heure de la gare pour les stations situées à l'Est de Paris; elle retardait, en sens contraire, pour les stations situées à l'Ouest. La différence des heures n'était pas d'ailleurs sans atteindre une valeur relativement importante pour les points extrêmes du territoire : elle atteignait vingt-sept minutes à Brest et vingt minutes, en sens contraire, à Nice.

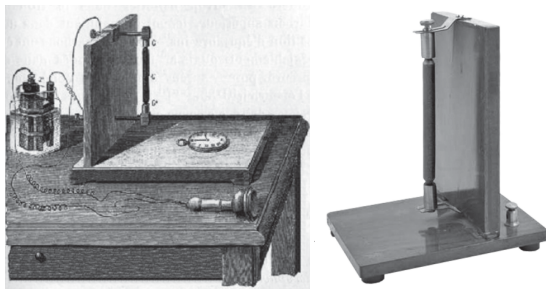
Les inconvénients de cette double numération furent si manifestes que, dès 1891, une loi rendit réglementaire pour toute la France l'heure de Paris. Les divers États du monde avaient d'ailleurs pris des mesures analogues, chacun pour l'étendue de son territoire. Cela allait très bien tant qu'on ne sortait pas d'un État déterminé, mais l'inconvénient devenait grave quand il fallait passer d'un État dans un autre, et, pour en citer un cas typique et demeuré classique, sur le bord du lac de Constance, dont les rives baignent cinq États différents : la Suisse, le Duché de Bade, la Bavière, la Wurtemberg et l'Autriche, on ne comptait pas moins de cinq heures différentes ! De là une confusion, tout au moins une complication extrême dans les horaires des bateaux et des chemins de fer.

Ainsi l'heure nationale, suffisante pour un même pays de peu d'étendue, devient insuffisante quand il s'agit de plusieurs États ; elle le devient même pour un seul pays, si l'étendue de celui-ci de l'Est à l'Ouest est considérable.

Puisque le téléphone est installé au centre de Montsouris, Auguste Claude et Émile Guyou peuvent se lancer dans des expériences scientifiques, notamment sur la suppression du chronographe et son remplacement par le téléphone dans les déterminations des différences de longitudes entre deux stations.

L'observatoire de Montsouris entreprend, au printemps de 1903, la détermination de la différence de longitude entre Paris et Brest, en utilisant l'astrolabe à prisme pour les observations d'heure en chaque station, le téléphone et une méthode de coïncidences sonores très ingénieuse pour l'échange des signaux.

Ces expériences sont décrites en 1907 avec grand enthousiasme par le commandant R. Bourgeois, successeur des géodésiens de l'armée Perrier et Bassot, à la direction de la section de géodésie au service géographique de l'armée.



A droite : Microphone de type Hughes, vers 1900, construit par Pericaud ou Radiguet.

Les vibrations de la montre font vibrer le barreau de charbon très sensible CC'C". Dispositif inventé par D.E. [Hughes](#) en 1878.

Dans la méthode ordinaire, explique Bourgeois, les secondes de l'horloge locale s'enregistrent sur une bande de papier sur laquelle s'enregistrent aussi simultanément les signaux reçus par chaque station d'échanges. La différence de longitude s'obtient par différence de ce signal d'échange avec la seconde la plus proche (sous réserve de vérifier l'instantanéité ou non de la transmission). Dans la méthode employée par Guyou et Claude dans leur détermination de la longitude Paris-Brest, deux chronomètres sont employés, l'un de temps sidéral, l'autre de temps moyen, battant la demi-seconde et donc en coïncidence toutes les trois minutes. Sur la vitre de chaque montre est placé un microphone sensible (de type Hughes) relié à la ligne téléphonique.

Les observateurs perçoivent alors simultanément les deux signaux ; un système potentiométrique permet d'égaliser l'intensité des battements reçus. Les observateurs notent les coïncidences entre les battements. L'heure locale est obtenue à l'aide de l'astrolabe à prisme, en observant les hauteurs égales de quelques étoiles brillantes. Moyennant des corrections et de petits calculs, les différences de longitude entre les stations sont ainsi obtenues.

En 1906, le projet de service de l'heure par téléphone basé à l'Observatoire de Paris (Montsouris) est abandonné car un projet de radiodiffusion de l'heure à partir de la tour Eiffel voit peu à peu le jour.

Le 5 mars 1907 paraît le décret qui classe les stations radiotélégraphiques en catégories et qui prévoit des autorisations accordées par l'administration des PTT pour l'installation des stations privées et d'installations des stations temporaires.

On commence les échanges de données météorologiques avec les États-Unis, la Russie et l'Asie de l'est, permettant d'avoir une meilleure analyse des systèmes en amont.

Le projet de Guyou resurgira en 1910, en vain, sous la houlette du nouveau directeur de l'observatoire, l'amiral Ernest Fournier (1842-1934), alors que la France est en pleine discussion pour l'adoption d'une heure légale. La loi du 9 mars 1911 fixera l'heure légale comme « l'heure du temps moyen de Paris retardée de 9 minutes 21 secondes », c'est-à-dire le temps universel.

En 1933, c'est un nouveau service, téléphonique, que met en place Ernest Esclançon (1876-1954), le directeur de l'Observatoire : l'horloge parlante. Le principe en est détaillé par le Bulletin d'informations du Ministère des Postes, télégraphes et téléphones. Un enregistrement, réalisé sur le modèle des films parlants, annonce toutes les dix secondes l'heure à venir sous la forme heure /minutes/secondes suivie d'un top musical qui correspond à l'heure exacte. Trente abonnés peuvent alors être simultanément raccordés à l'horloge parlante.

Il faudra attendre le **14 février 1933** pour qu'une [horloge parlante](#) soit mise en service à l'**Observatoire de Paris** par son directeur Ernest Esclançon (1876-1954) et que selon ce dernier, « se développe dans le public, une sorte d'habitude de l'heure exacte, [...] le besoin de l'heure précise ».

LA TSF

De même que pour le téléphone, l'invention de la Télégraphie Sans Fil, ne peut revenir à un seul chercheur.

Il est apparu très vite que les moyens de transmission par fil étaient un handicap de taille au développement universel de la communication, en particulier avec les navires ainsi que dans tous les endroits géographiquement difficiles d'accès.

Heureusement, la réunion des techniques de télégraphie, puis plus tard de téléphonie, avec la découverte des ondes radio fit sauter les dernières barrières ouvrant la voie aux communications modernes.

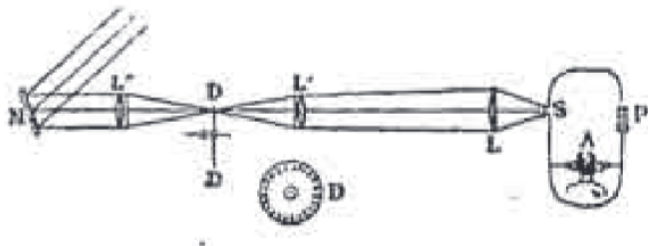
C'est ce que nous allons étudier maintenant.

[Le Radiophone](#). (par le comte Th. Du Moncel.)

La première expérience de transmission de la parole sans l'utilisation d'un fil fut conduite par [Graham Bell](#) en 1880. Il avait étudié les propriétés du **sélénium** dont il disait ceci : « Quand il est à l'état vitreux, il est de couleur brun foncé, presque noir à la lumière diffuse, et a une surface extrêmement brillante. Réduit à l'état de pellicule fine, il est transparent, et paraît d'un beau rouge quand il est frappé par la lumière. Quand, après avoir été fondu, il est refroidi très lentement, il présente un aspect tout différent ; il devient d'un rouge pâle, avec aspect granuleux et cristallin, ayant l'apparence métallique. Il est alors parfaitement opaque, même en pellicules minces. Cette variété de sélénium a été longtemps connue sous le nom de granulaire ou cristalline ou métallique, ainsi que l'a appelée M. Regnault. C'est cette variété de sélénium qu'Hittorf trouva être conductrice de l'électricité à la température ordinaire, et il trouva également que sa résistance diminuait constamment en la chauffant jusqu'au point de fusion, mais qu'elle augmentait ensuite subitement en passant de l'état solide à l'état liquide. On a vu d'ailleurs que la lumière agissait d'une manière considérable sur cette substance. »

Dans le numéro du 1er octobre 1880, du journal « La Lumière électrique », il disait : « Il est aisé de comprendre que si le [photophone](#) pouvait être mis en action à une distance un peu grande, ce qui n'est pas facile à admettre en raison de l'affaiblissement rapide de l'intensité lumineuse avec la distance, il pourrait rendre quelques services pour la défense des places assiégées, dans certains travaux de géodésie, et peut-être même à la guerre, comme complément de la télégraphie optique... »

Dans son premier mémoire sur le « Radiophone », Graham Bell détaillait ses expériences avec des figures que nous reproduisons ci-dessous, accompagnées du commentaire suivant : « Je fus alors frappé de l'idée de produire des sons sous l'influence de la lumière, et, en étudiant plus à fond la question, je pensai que tous les effets d'audition produits sous l'influence électrique pouvaient être obtenus par des changements d'intensité d'un rayon lumineux projeté sur le sélénium, et qu'ils ne pouvaient avoir pour limite que celle à laquelle s'arrête l'action de la lumière sur cette substance ; or, comme cette limite peut être assez reculée par la projection de rayons parallèles concentrés sur la plaque sensible par un réflecteur parabolique, je pensai qu'il serait possible d'établir, par ce moyen, des communications téléphoniques d'un point à un autre sans le secours d'aucun fil conducteur, entre le transmetteur et le récepteur. Il était évidemment nécessaire, pour rendre cette idée pratique, de construire un appareil susceptible d'actionner la lumière sous l'influence de la parole, et c'est ainsi que je fus conduit au système dont je parle aujourd'hui. »



La figure ci-dessus montre la manière de reproduire des sons par la rotation d'un disque muni de trous et interceptant le faisceau lumineux agissant sur le disque de sélénium. L'auditeur est en A, ayant un téléphone à chaque oreille ; le disque de sélénium est en S, la pile en P, et le disque tournant en DD, au point de croisement des rayons réfléchis. Ces rayons tombent sur un miroir M, qui les réfléchit à travers une première lentille L', d'où ils sortent pour se projeter, après s'être croisés, sur une seconde lentille L' qui les rend parallèles pour atteindre une troisième lentille L ; celle-ci les concentre sur le disque de sélénium, et c'est au point de croisement D des rayons qu'est placé le disque percé de trous DD que l'on aperçoit vu de face au bas de la figure.

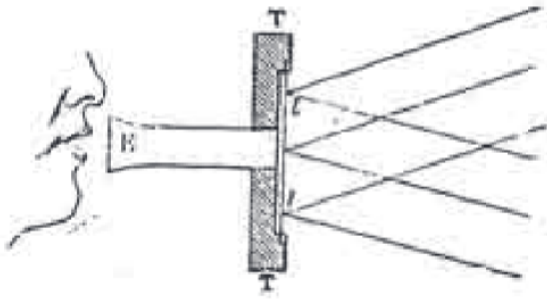


fig. 36

La figure 36 représente le miroir téléphonique derrière lequel on parle pour transmettre la parole par l'action des rayons lumineux ; la lame de mica argenté II forme, comme on le voit, la lame vibrante d'un téléphone TT, ayant, une longue embouchure E, et les rayons lumineux projetés angulairement sur cette lame se trouvent déviés de leur direction normale de réflexion par les vibrations de la lame, ce qui équivaut à des extinctions proportionnelles à ces vibrations.

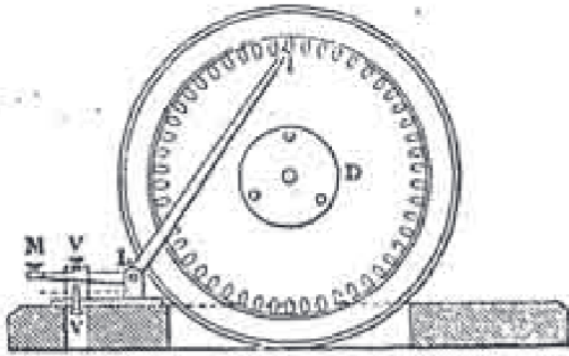


fig. 37

La figure 37 montre le disque tournant D sur une plus grande échelle que dans la figure 35. Devant les trous de ce disque se trouve un levier obturateur articulé LI dont la branche la plus courte, LM, constitue une clef Morse, mobile entre deux butoirs V. En effectuant avec la poignée la manœuvre du Morse, on obtient une obturation saccadée et plus ou moins longue des rayons lumineux, et par suite les sons longs et courts des parleurs télégraphiques dans le système Morse.



fig. 38 et 39

Les figures 38 et 39 représentent la disposition de la première expérience sans l'intervention du circuit téléphonique, et par conséquent les sons produits dans ces conditions résultent de l'action directe de la lumière sur les plaques où elle se trouve projetée ; l'auditeur a alors, comme on le voit, la plaque appliquée à l'oreille.

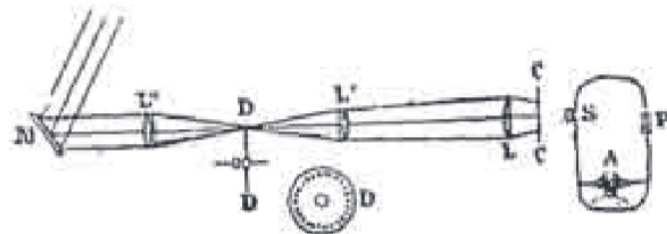


fig. 40

La figure 40 représente la première expérience avec l'interposition du disque mince de caoutchouc durci CC sur le trajet des rayons lumineux avant leur concentration sur le sélénium S.

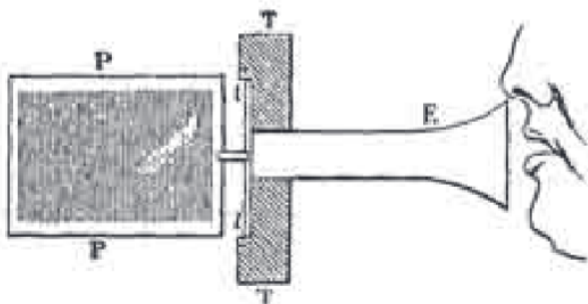


fig. 41

La figure 41 représente le premier dispositif au moyen duquel le rayon lumineux se trouvait actionné par la voix pour reproduire la parole ; la plaque percée de fentes longitudinales se voit en PP, et elle est, comme on le remarque, fixée à la membrane vibrante II d'un téléphone T. C'est derrière cette plaque PP que se trouve la seconde plaque percée qui doit être fixe. D'après cette disposition, on comprend facilement que si deux plaques sont disposées de manière que les fentes se correspondent à l'état normal, les vibrations de la voix agissant sur le diaphragme, et par suite sur la plaque mobile, devront provoquer des extinctions plus ou moins grandes de la lumière, en rapport avec l'amplitude des ondes sonores.

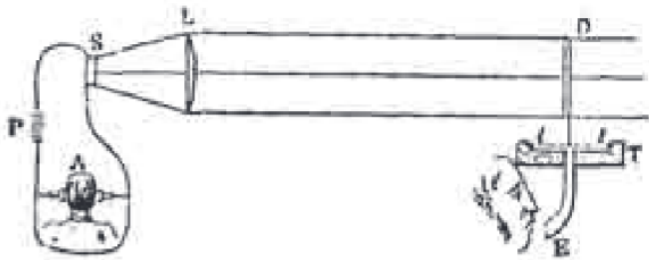


fig. 42

La figure 42 indique comment ce système est disposé pour actionner la plaque de sélénium S en rapport avec le circuit des téléphones. Les deux plaques sont représentées en D vues sur la tranche.

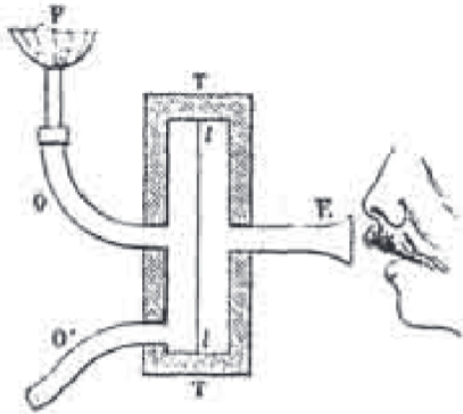


fig. 43

La figure 43 représente le moyen employé par M. Bell pour impressionner par la voix la flamme d'un bec de gaz. Le jeu du système est facile à comprendre par l'inspection de la seule figure.

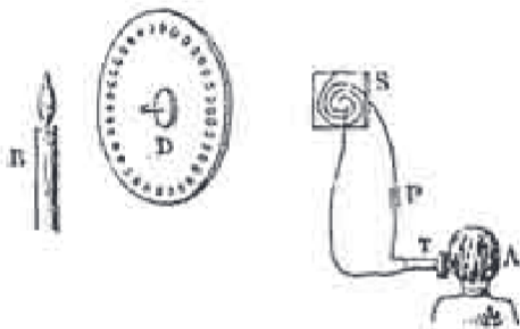


fig. 44

La figure 44 montre la disposition de l'expérience au moyen de laquelle on prouve que la lumière d'une bougie peut produire des sons en agissant sur un système à sélénium. Il suffit, comme on le voit, de placer, entre ce système et la bougie, le disque percé de trous dont nous avons parlé.

Tel est le résumé du premier travail de M. Bell sur la radiophonie, travail déjà bien riche, comme on le voit, en observations curieuses et nouvelles, et qui a provoqué immédiatement l'étude des savants des différents pays sur cette nouvelle branche ouverte à la science.

Ce système avait peu d'avenir en l'état des connaissances de l'époque. Sa portée était limitée, mais l'idée était là : transporter les sons à distance sans fil !

Bien que de nombreuses découvertes dans le domaine de l'électricité aient été nécessaires au développement de la radio, celui-ci commença réellement en 1873, avec la publication, par le physicien britannique **James Clerk Maxwell** (1831-1879) de son « Traité d'électricité et de magnétisme ». Par raisonnement mathématique, il établit que toute perturbation électrique donne naissance à des oscillations électromagnétiques de fréquences diverses, non perceptibles par nos sens, qui rayonnent dans l'espace, comme le son, la lumière et la chaleur.

Quelque quinze ans plus tard, le physicien allemand **Heinrich Hertz** générait, pour la première fois, de telles ondes avec une source électrique.

Il chargea électriquement un condensateur, puis le court-circuita à l'aide d'un éclateur. Dans la décharge électrique qui s'ensuivit, la quantité de charges électriques déplacées dépassa le point neutre, développant une charge de même valeur et de signe opposé sur les armatures du condensateur, puis ces charges électriques continuèrent de passer par va-et-vient d'une armature à l'autre du condensateur, créant ainsi une décharge électrique oscillatoire apparaissant sous la forme d'une étincelle. Une partie de l'énergie de cette oscillation fut rayonnée par l'éclateur sous forme d'ondes électromagnétiques, que l'on nomma ondes hertziennes.

Les travaux de Hertz comprenaient plusieurs montages qui allaient constituer pour longtemps la base technologique du développement de la radio. Son expérience, réalisée en 1887, s'organisait autour des deux éléments fondamentaux d'un système radioélectrique, l'émetteur et le récepteur.

Le premier était constitué d'un générateur d'oscillations de haute fréquence, ou « excitateur », dans lequel des étincelles étaient produites par un éclateur à boules. Le second, dénommé alors « résonateur », éloigné de plusieurs mètres, permit à Hertz d'observer une étincelle témoignant de l'existence d'oscillations de haute fréquence induites à distance. Il en mesura diverses grandeurs, dont la longueur d'onde et la vitesse de propagation.

Ce fut sur cette base que de multiples éléments vinrent progressivement se greffer pour déboucher sur une utilisation pratique des ondes hertziennes. L'apport du physicien Édouard Branly fut fondamental en ce domaine.

En 1890, il réalisa un tube radioconducteur à limaille métallique qu'il impressionna jusqu'à 30m avec les ondes produites par un appareillage de Hertz. Ainsi fut réalisé le premier détecteur d'ondes électromagnétiques.

Le « radioconducteur » de **Branly** est constitué d'un tube de verre d'environ 3 mm de diamètre dans lequel sont introduits deux pistons métalliques distants d'environ 1 mm. L'espace disponible est rempli partiellement d'une limaille métallique (fer ou métal inoxydable).

Le dispositif est monté dans un circuit électrique alimenté par une pile de faible voltage. Sous l'effet d'un rayonnement électromagnétique le tube devient conducteur et laisse passer le courant dans le circuit.

Sir Oliver Lodge eut aussi l'idée d'utiliser ce dispositif à l'étude des ondes hertziennes. Les Anglo-saxons disent que la limaille a été « cohérente ». Il faut pour la « décoherer » donner un petit choc sur le tube. De ce fait le tube portera le nom de « cohérent » qui sera francisé en « **cohéreur** » malgré les protestations de Branly qui tenait au terme de radioconducteur.

La grande contribution de Sir Oliver Lodge au développement de la TSF est souvent largement passée sous silence. Bien qu'il fut très apprécié de ses pairs, à l'inverse d'un Marconi, il est resté, en pur scientifique qu'il était, éloigné des turbulences médiatiques et son absence de la grande presse fait qu'il est aujourd'hui quasi inconnu du grand public.

Ce fut l'élément central de tout appareil récepteur de télégraphie sans fil pendant plusieurs années. Aux travaux de Hertz et de Branly, il conviendrait d'ajouter ceux de **Nicolas Tesla** et d'**Alexandre Popov**.

"Parmi les nombreuses inventions de Tesla, on peut citer les générateurs à haute fréquence (1890) et la bobine qui porte son nom (1891) et qui a eu des applications importantes dans le domaine des communications radio. Il est considéré comme l'un des principaux pionniers dans le domaine de l'énergie électrique. L'unité appelée Tesla est l'unité (Système international, symbole T), de l'intensité d'un champ magnétique.

Popov réalisa la première expérience attestée de « télégraphie sans fil », à Saint-Petersbourg, le 7 mai 1895.

Apport fondamental à cette histoire du télégraphe fut l'ajout d'une antenne aux systèmes de réception et d'émission, ce qui lui permit des résultats extrêmement encourageants. Il transmet des messages en code Morse et démontra ainsi la portée pratique de l'utilisation des ondes hertziennes. On lui doit également la « prise de terre »

Guglielmo Marconi, physicien et inventeur italien né à Mazabotta près de Bologne le 24 avril 1874 et mort à Rome le 20 juillet 1937. À l'été 1894, il apprend la mort de Hertz et imagine d'utiliser ses travaux comme moyen de communication sans l'aide de fils. Guglielmo MARCONI a juste 20 ans. Avec son frère Alphonso, il s'installe dans le grenier de la maison familiale et construit un appareillage qui permet de faire tinter une sonnette deux étages plus bas. Il associe bobine de Ruhmkorff, éclateurs, manipulateur télégraphique de Morse, cohéreur de Branly, antennes verticales de Popov pour concevoir un ensemble émetteur/récepteur complet.

Il avait organisé de manière plus rationnelle ces différents éléments, constatant alors le rôle essentiel joué par la prise de terre et révélant l'influence de la hauteur de l'antenne. À quelques mois d'écart, il obtint des résultats très sensiblement supérieurs à ceux de Popov, transmettant ainsi, à la fin de l'année 1895, un message en morse à une distance de 2 400m. L'année suivante, à 22 ans, il propose son invention au Ministère des Postes

italien qui ne le prend pas au sérieux. Il faut dire qu'à cette époque, la télégraphie conventionnelle à fils est parfaitement au point en Europe et que des câbles sous-marins relient l'Europe aux États-Unis.

En 1897, il transmet des signaux de la côte jusqu'à un navire situé en mer, à 29 km de là. Le 16 juin 1897, suite à ses premiers succès, il est convié à faire une présentation devant la Royal Society sous couvert de son protecteur Sir William Preece. Sir Oliver Lodge assiste à cette présentation. Cette même année, le gouvernement italien informé des succès de Marconi revoit son attitude et l'invite, en juillet, à une démonstration à bord d'un navire militaire le San Martino. On peut dire que ce navire sera le premier bateau équipé d'une station de TSF.

Au mois de novembre, Marconi construit sa première station fixe de TSF à Needles sur l'île de Wight. Le 3 juin 1898, il transmet le premier message radio payant entre l'île de Wight et Bournemouth. Son premier client n'est autre que Lord Kelvin qui débourse un penny pour le service !

Il établit entre l'Angleterre et la France une communication commerciale, fonctionnant quel que soit le temps. Le 28 mars 1899, la première liaison télégraphique entre Douvres et Wimereux (50 km) franchissait la Manche avec ce texte : « *MR MARCONI ENVOIE A MR BRANLY SES RESPECTUEUX COMPLIMENTS PAR LE TELEGRAPHE SANS FIL A TRAVERS LA MANCHE ? CE BEAU RESULTAT ETANT DU EN PARTIE AUX REMARQUABLES TRAVAUX DE MR BRANLY* » * (le E n'était pas inscrit sur le message d'origine...)

Mais Marconi, homme de recherches ne s'en tint pas là. Le 12 décembre 1901, avec la collaboration de l'anglais J.A. Fleming, il réussit à envoyer un message d'une seule lettre à travers l'océan Atlantique, entre les Cornouailles (émetteur de 10 kW à Poldhu) et Terre-Neuve (Signal Hill) soit 3 400 km.

En France, Eugène Ducretet réalisa avec ses appareils la première émission télégraphique au dessus de la capitale. Le 5 novembre 1898, après quelques mois d'essais, ce fut, entre la tour Eiffel où l'assistait Ernest Roger, et le Panthéon, la première liaison. Ce fut le départ de la télégraphie sans fil en France. Des 4 km entre la tour Eiffel et le Panthéon, on passa vite à 7 km entre le Sacré Cœur et l'église sainte Anne (tousjours en novembre 1898). Enfin, en septembre 1899, une liaison maritime de 42 km avait lieu en Bretagne, à cette occasion, Ducretet télégraphia à Tissot : « *RETOUR VOYAGE – DITES A MINISTRE QUE NOUS FERONS AUSSI BIEN QUE LES ANGLAIS – AVEC CREDITS... AMITIES – DUCRETET* », car déjà, il y avait des problèmes de crédits...

À partir de 1902, des messages furent régulièrement envoyés à travers l'Atlantique et, dès 1905, de nombreux bateaux utilisaient la radio pour communiquer avec les stations côtières. Pour son travail de pionnier dans le domaine de la télégraphie sans fil, Marconi partagea, en 1909, le prix Nobel de physique avec le physicien allemand Karl Ferdinand Braun.

Pendant cette période, différentes améliorations techniques furent réalisées. Les circuits résonants, constitués d'une impédance et d'un condensateur, furent utilisés pour accorder les appareils.

Les antennes furent améliorées, et leurs propriétés directionnelles furent découvertes et utilisées. On employa des transformateurs pour augmenter la tension transmise à l'antenne. D'autres détecteurs furent développés pour remplacer le cohéreur, peu pratique en raison de la nécessité de lui imposer une secousse pour libérer la limaille. On citera le détecteur magnétique, qui utilisait la capacité des ondes radio de démagnétiser les fils d'acier ; un bolomètre, mesurant l'augmentation de température d'un fil fin lorsqu'il est traversé par des ondes radio ; la valve de Fleming, le précurseur du tube thermoélectronique ou tube à vide.

Le développement du tube à vide remonte à la découverte par l'inventeur américain Thomas Edison qu'un courant passe entre le filament chaud d'une lampe à incandescence et une autre électrode de cette même lampe, et que ce courant passe dans une seule direction. La valve de Fleming n'était pas fondamentalement différente du tube d'Edison.

Développée par le physicien britannique John Ambrose Fleming en 1904, ce fut la première des diodes, ou tubes à deux électrodes, à être utilisée dans les matériels radio. Ce tube servit alors de détecteur, de redresseur et de limiteur.

Un progrès révolutionnaire, rendant possible l'avènement de l'électronique, fut réalisé en 1906, lorsque l'inventeur américain Lee De Forest monta un troisième élément, la grille, entre le filament et la cathode d'un tube à vide. Le tube de De Forest, qu'il nomma « audion » mais que l'on désigne de nos jours sous l'appellation de triode (tube à trois électrodes), ne fut d'abord utilisé que comme détecteur, mais ses possibilités comme amplificateur et comme oscillateur furent rapidement découvertes, et lui donnèrent un rôle décisif. Historiquement, les développements de la radio et de l'électronique furent toujours liés.

...

IV - DISTRIBUTION DE L'HEURE PAR LA TSF

Un service de l'heure pour les horlogers parisiens.

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.

Pourquoi vouloir transmettre l'heure dans le monde entier ?

En présence de l'impossibilité de trouver une heure vraiment « universelle », on pensa alors à se plier aux exigences solaires : puisque les points de la terre défilent en vingt-quatre heures devant le soleil, divisons le globe, comme un énorme melon, en vingt-quatre tranches égales ; décidons que, dans chacune de ces tranches, on emploiera une seule heure, celle de son méridien central. Dans ces conditions, quand on passera d'un fuseau dans un autre, la différence sera exactement d'une heure « ronde ». Il suffira d'avancer ou de reculer d'une heure exactement la petite aiguille de sa montre : la grande aiguille restera en place, et les minutes seront les mêmes sur toute l'étendue de la terre.

Le problème depuis que l'homme naviguait sur les mers était "Comment déterminer la longitude d'un bateau" ?

La latitude peut être déterminée à partir de la hauteur du Soleil dans le ciel lorsqu'il culmine, c'est-à-dire lorsqu'il est midi au Soleil; ceci est connu depuis très longtemps.

En ce qui concerne la longitude, c'est plus complexe. *Il faut utiliser la différence entre l'heure locale et l'heure de référence.*

On se base sur la rotation moyenne de la Terre. Celle-ci tourne, d'ouest en est, en moyenne de 360° en 24 h, soit 15° par heure ou 1° tous les 4 minutes. Le problème en embarquant des pendules mécaniques à bord des bateaux, on était pas vraiment certain du bon fonctionnement de la pendule, des pannes mécaniques ...

Alors en 1875, La création de l'observatoire de la marine au parc montsouris s'inscrit dans un contexte très particulier pour le Bureau des longitudes. Le Bureau des longitudes a été institué par la loi du 7 messidor an III (25 juin 1795) afin de résoudre les problèmes astronomiques que posait, à l'époque, la détermination de la longitude à la mer.

Chargé dès sa création de la rédaction de la **Connaissance des temps** et du perfectionnement des tables astronomiques, ses missions ont évolué au gré de l'histoire, par des décrets successifs, mais elles ont toujours comporté des fins de connaissance scientifique et d'utilisation opérationnelle. Le Bureau des longitudes a ainsi tenu un rôle de premier plan dans l'organisation et le développement de l'astronomie en France, l'adoption du système métrique, la réalisation d'éphémérides planétaires et lunaires, l'organisation de grandes expéditions scientifiques de mesures géodésiques et d'observations astronomiques, ainsi que la fondation de plusieurs organismes scientifiques, tels que le **Bureau international de l'heure** (1919), le Groupe de recherche de géodésie spatiale (1971) et le Service international de la rotation de la terre et des systèmes de référence (1988). Le Bureau des longitudes s'est adapté en permanence aux évolutions dans les domaines scientifiques qui sont issus de son histoire. Tout en assumant toujours la responsabilité scientifique des éphémérides astronomiques de caractère national ayant l'appellation d'« éphémérides du Bureau des longitudes », le Bureau fonctionne actuellement comme une académie scientifique dans le domaine des sciences de l'univers.

À sa création, le Bureau des longitudes a eu sous sa responsabilité l'Observatoire de Paris, ainsi que tous les instruments d'astronomie de la nation. À la suite du décret du 30 janvier 1854, qui a redonné son indépendance à l'Observatoire de Paris, la composition, les responsabilités et le fonctionnement de ces deux institutions scientifiques ont été reprécisées. Puis, le décret de réorganisation du Bureau des longitudes du 15 mars 1874 a introduit une nouvelle clause concernant la formation des géographes voyageurs, marins et explorateurs, à qui le Bureau a été chargé d'assurer, sur demande, une préparation scientifique nécessaire à l'accomplissement de leur mission, ainsi que l'étude et la vérification de leurs instruments. L'observatoire destiné à améliorer et répandre les techniques de l'astronomie d'observation dans la marine et développer le goût de

l'astronomie nautique chez les marins est lancée par l'amiral Mouchez.

L'installation d'un observatoire de la marine à Montsouris marque une étape importante dans les relations entre astronomie et marine, dans un contexte plus général de diffusion des connaissances, des méthodes et des pratiques des techniques de l'observatoire au plus grand nombre des navigateurs. En effet, à l'époque où cet observatoire est créé, la navigation astronomique est en pleine mutation méthodologique.

La complexe et fastidieuse méthode des distances lunaires est progressivement remplacée par la méthode dite de la « droite de hauteur » qui exige moins d'observation astronomiques délicates et moins de calculs. De nouvelles tables de navigation voient le jour, simplifiant ainsi les longs calculs de trigonométrie sphérique.

Les techniques de navigation astronomique développées depuis la moitié du XVIII^e siècle vont être bouleversées par l'apparition de la **télégraphie sans fil (TSF)** au début du XX^e siècle puis de la **radiodiffusion** réduisant ainsi la nécessité d'une astronomie de pointe.

Enfin, les marins ont aussi à apprendre de nouvelles disciplines pour conduire leur navire, l'électricité et la science des machines notamment, ce qui rend plus lourde leur instruction scientifique et demande de nouveaux aménagements des programmes des écoles d'hydrographie et des écoles navales. Mais les marins ne seront pas les seuls concernés par la formation qui sera mise en place à l'observatoire de Montsouris : les officiers et géographes de l'armée de terre ainsi que les explorateurs coloniaux compteront parmi ses visiteurs.

En 1884, la Conférence de Washington avait décidé de diviser la Terre en 24 fuseaux horaires de 15° chacun, fuseaux horaires avec le méridien de l'Observatoire de Greenwich comme origine.

C'est ce système, appelé système des fuseaux horaires, qui a prévalu pour l'heure universelle : la France l'a adopté officiellement depuis 1911. La carte de la planche hors texte en montre la réalisation sur la surface de la terre entière. Chaque fuseau occupe 15° de longitude et prend l'heure du méridien qui est à son centre, le méridien originaire étant celui de Greenwich. Les pays de petite ou de moyenne étendue adoptent, pour tous les territoires, l'heure du fuseau correspondant ; ceux qui sont coupés par plusieurs fuseaux répartissent leurs provinces suivant les diverses heures des fuseaux qui en coupent la surface la plus grande.

...

Le désengagement de la marine de Montsouris

Dans les années 1890, pour des raisons à la fois politiques et budgétaires, l'État réorganise progressivement le ministère de la Marine et des Colonies. La pensée navale française évolue. La marine semble moins prioritaire sur une armée de terre qu'il faut entièrement reconstruire après les désastres de la guerre 1870-1871 et le tribut qu'il faut encore payer à la Prusse. La politique navale est en pleine redéfinition, stratégique et politique ; différents ministères de sensibilités distinctes se succèdent et entreprennent des actions contradictoires.

L'une des principales conséquences de cette réorganisation du département de la marine et des colonies est, paradoxalement, son désengagement de la formation scientifique, technique et professionnelle des marins, excepté celle dispensée à l'École navale de Brest et dans les écoles de guerre. Depuis 1886, pour des raisons principalement budgétaires, l'État s'était déjà lancé dans une réduction du nombre des écoles d'hydrographie placées, depuis le XVIII^e siècle, sous la responsabilité du ministère de la Marine. Entre 1905 et 1912, ces écoles vont passer sous la tutelle du ministère de l'Industrie et du Commerce et changer de nom : d'écoles d'hydrographie, elles deviendront en 1920 les écoles nationales de navigation maritime. Les professeurs d'hydrographie changent de statut : d'officiers, ils deviennent fonctionnaires civils.

Par ailleurs, *en raison de la mutation technique de la navigation, l'émergence des techniques de télégraphie avec et sans fil, et de la radionavigation naissante*, l'exigence d'une formation de pointe en astronomie pour les marins semble moins se justifier.

C'est ce système, appelé système des fuseaux horaires, qui a prévalu pour l'heure universelle : la France l'a adopté officiellement depuis 1911. Chaque fuseau occupe 15° de longitude et prend l'heure du méridien qui est à son centre, le méridien originaire étant celui de Greenwich. Les pays de petite ou de moyenne étendue adoptent, pour tous les territoires, l'heure du fuseau correspondant ; ceux qui sont coupés par plusieurs fuseaux répartissent leurs provinces suivant les diverses heures des fuseaux qui en coupent la surface la plus grande.

Mais il restait à « réaliser » cette conception de l'heure universelle, à assurer qu'effectivement, sur toutes les horloges précises de la Terre, l'aiguille des minutes et celle des secondes indiqueraient, au même instant, le même chiffre.

Montsouris vieillit : En quelques années, la marine se désengage de l'observatoire de Montsouris.

Devant le recul du principal ministère de tutelle de Montsouris, la Ville de Paris réduit aussi sa subvention de 3 000 à 2 500 francs en 1901.

C'est à Émile Guyou qu'échoit la redoutable tâche de devoir gérer les conséquences dramatiques de ce désengagement de la marine de Montsouris : comment justifier alors l'existence d'un tel établissement dont l'objectif initial était la formation des officiers de marine ? Certes un très grand nombre d'explorateurs et d'ingénieurs sont déjà venus se former mais il faut trouver d'autres ressources et d'autres activités. Émile Guyou va donc tenter de développer et diversifier les activités de l'observatoire de Montsouris.

Entre formation et science : la nouvelle « école pratique d'astronomie » du commandant Émile Guyou.

Depuis le vote du parlement en mars 1902 qui supprimait les subventions de la marine à Montsouris, le fonctionnement de l'observatoire devient très délicat. Après l'échec de l'école d'astronomie de l'Observatoire de Paris que Mouchez avait mise en place en 1879, Guyou rappelle au Bureau en 1902 que Montsouris demeure la seule école pratique d'astronomie existante. Si l'on envisage le problème de la surveillance et de la garde des instruments, qui étaient auparavant assurée par un retraité de la marine, de la réaffectation et du réaménagement des locaux, les besoins s'élèvent à un budget annuel de 6 500 francs. L'aide de la Ville de Paris ayant été réduite à 2 500 francs, l'apport du Bureau s'élevant à 3 000 francs, le budget actuel de 5 500 francs s'avère insuffisant au fonctionnement de l'observatoire. Le personnel d'encadrement est ainsi brutalement réduit : ne restent qu'un astronome chargé du service scientifique et administratif et un employé unique pour le service d'entretien et d'assistance aux observateurs. À l'aide d'allocations secondaires, la marine payait les dépenses de chauffage, d'éclairage des bureaux de leur équipement, pour une somme d'environ 900 francs. Le Bureau des longitudes, disposant lui-même de ressources limitées et devant assurer prioritairement la parution de la Connaissance des temps et de son Extrait, ne peut pas prendre en charge le surcoût occasionné par le départ de la marine de Montsouris.

Émile Guyou doit donc gérer la pénurie de moyens et assurer une certaine reconversion de l'observatoire : « Il faut donc, ou organiser l'établissement sur de nouvelles bases ou se résigner à sa suppression ». Sous la direction de Guyou, Montsouris reprend son intitulé non officiel et sa vocation d'« École d'astronomie pratique de l'observatoire de Montsouris ». Son rôle sera désormais clairement de développer les applications de l'astronomie à la géographie, d'assister les géographes et les explorateurs pour le maniement des instruments portatifs et d'accueillir les étudiants en astronomie de la Sorbonne.

En 1903, le Bureau des longitudes détache Auguste Claude (1858-1938), employé au service des calculs, comme conservateur des instruments et instructeur pour les observations et les calculs faits à Montsouris. Il recevra de temps en temps l'aide de l'astronome de l'Observatoire de Paris Guillaume Bigourdan. Guyou décide aussi de rédiger un rapport annuel sur la situation de l'observatoire au 1^{er} novembre de chaque année.

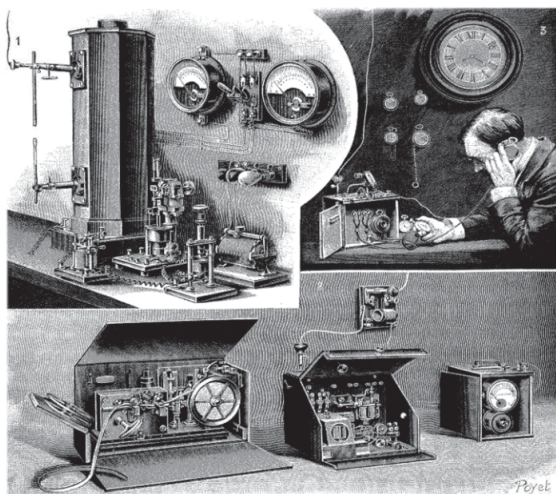
Montsouris est encore, temporairement, un lieu de science.

Les distances lunaires pour la détermination des longitudes sont depuis longtemps tombées en désuétude et Guyou lui-même est l'un des artisans de la suppression de ces tables dans la Connaissance des temps et de son Extrait, qu'il dirige au sein du Bureau des longitudes. Il en va de même avec les méthodes qui ont, dès les années 1870, remplacé les distances lunaires. Le « point Marcq Saint-Hilaire » et la « droite de hauteur » sont aussi en passe d'être mis au panthéon des méthodes oubliées ou obsolètes, devant l'arrivée des nouveaux moyens technologiques que sont la télégraphie sans fil et le téléphone : les premières stations de radionavigation maritimes sont opérationnelles dès 1904 sur la côte atlantique française.

(Le premier essai de communication sans fil a lieu en 1898 dans la rade de Brest et est l'œuvre d'un professeur à l'École navale, le lieutenant de vaisseau C. Tissot. Marconi réalise plusieurs essais en mer entre 1897 et 1899 à bords de navires de guerre britanniques.)

Guyou et Claude s'attachent à mettre à jour leurs pratiques et leur enseignement ; ils sont aussi inventeurs et promoteurs de nouvelles méthodes de navigation. Mais il leur faut trouver de nouvelles sources de financement extérieures au Bureau des longitudes.

C'est d'abord **Guillaume Bigourdan** qui a eu, au début du siècle, l'idée de *relier les horloges par la télégraphie sans fil*, à l'aide d'un éclateur connecté à une grande antenne et rayonnant une onde électromagnétique.



1. Poste transmetteur. — 2. Appareils récepteurs. — 3. Horloger réglant une montre à l'aide d'un récepteur.

Après des essais fructueux réalisés par Bigourdan à Montsouris, les applications de ce système se tournent, dès 1904, vers la mise à l'heure des chronomètres de marine .

En 1903, le général **Gustave Ferrié** perfectionne la télégraphie sans fil (TSF) en inventant un nouveau récepteur électrolytique associé à sa proposition d'installation d'une antenne au sommet de la tour Eiffel, donnant ainsi avec cette utilisation une raison supplémentaire pour le non-démantèlement de la tour, qui était prévu à la fin de l'Exposition universelle de Paris de 1889.

On considère que le premier signal horaire radio a été diffusé en 1903 par la marine américaine (US Navy), à l'aide d'une horloge située à l'Observatoire naval des États-Unis (USNO) à Washington, D.C. Au moins une source indique que le premier site d'émission se trouvait à Navesink, dans le New Jersey, mais les diffusions régulières auraient débuté le 9 août 1904 depuis le chantier naval de la marine (Navy Yard) à Boston .

La Chronologie en 1904

Sur la distribution de l'heure à distance ait moyen de la télégraphie électrique sans fil. — Un grand nombre de villes ont fait installer des appareils qui distribuent la même heure dans tous les quartiers. *A Paris, par exemple, quinze horloges, reliées à l'Observatoire par des fils électriques*, sont disséminées dans les divers arrondissements et donnent partout l'heure du premier méridien français.

En raison même des circuits qu'il a été nécessaire d'établir, ce système est coûteux et d'un usage limité. Ces inconvénients peuvent être beaucoup atténués aujourd'hui par la télégraphie électrique sans fil, dont l'emploi permet de simplifier considérablement l'envoi de l'heure à distance.

M. Bigourdan a fait dans cette voie quelques essais qu'il a fait connaître par la note ci-après qu'il a adressée à l'Académie des Sciences.

Une horloge directrice, ouvrant un contact électrique à chaque seconde, commande un relais qui, à son tour, lance un courant dans le circuit primaire d'une bobine d'induction munie d'un oscillateur; le circuit induit de cette bobine fournit ainsi une décharge oscillante de durée très courte qui éclate régulièrement à chaque seconde. Les deux pôles du fil fin de la bobine sont reliés, l'un à la terre, l'autre à une antenne de quelques mètres. Par le moyen de cette antenne, les étincelles commandent à distance des récepteurs d'ondes électriques, et ainsi tous ces récepteurs battent, à un intervalle constant près, chaque seconde de la pendule directrice. J'ai essayé deux récepteurs différents ; le plus simple est un radiotéléphone du système Popoff-Ducretet. On y entend très nettement chaque seconde battue par la pendule directrice. Le second, qui est inscripteur, se compose d'un poste récepteur ordinaire de télégraphie sans fil ; pour avoir des signaux plus nets, j'y ai parfois remplacé le récepteur Morse par un chronographe à bande et à plume. Avec ce chronographe, qui débite environ 1 cm. de bande par seconde, les signaux obtenus sont bien nets, et l'heure de chacun d'eux peut être relevée à 2/100 ou 37/100 ième de seconde près.

Quoique les moyens employés dans ces essais fussent bien modestes, on obtenait une très bonne transmission dans une station éloignée de 2 km.,

et certainement on aurait pu aller à une distance notablement plus grande s'il avait été facile d'y installer des appareils de réception. Aussi nous paraît-il hors de doute qu'avec des moyens peu coûteux on pourrait distribuer ainsi l'heure dans tous les points de Paris et même de la banlieue.

Pour numérotter les . minutes et secondes, on conviendrait de commencer les émissions à la seconde zéro de telle minute et de faire des interruptions, par exemple, de 10 en 10 secondes.

D'ailleurs, pour la minute, il ne saurait y avoir d'erreur, car lorsqu'on a besoin de l'heure exacte, on dispose généralement de garde-temps qui ne laissent aucune incertitude de plus de quelques secondes.

Il est inutile d'insister sur les avantages que présenterait cette distribution de l'heure, non seulement pour les usages de la vie courante, mais surtout au point de vue scientifique et industriel ; par ce moyen, les laboratoires, les établissements scientifiques en général, les horlogers, les constructeurs d'instruments de précision, etc., pourraient, sans déplacement, avoir l'heure avec la plus grande exactitude.

Parmi les opérations scientifiques appelées à bénéficier immédiatement de ce mode de transmission de l'heure, on peut citer les déterminations de l'intensité de la pesanteur avec le pendule et même les déterminations de longitudes, surtout quand la portée de la télégraphie sans fil aura été augmentée.

Pour les usages courants, la précision demandée ne dépasse pas 0,3 à 0,4 seconde, et, comme il est relativement facile de maintenir au-dessous de cette quantité la correction d'une pendule, celle-ci servirait à distribuer l'heure qui serait dite sans correction. Mais quand on voudrait la plus haute précision, on ferait distribuer l'heure par l'horloge même sur laquelle on observe les passages des étoiles ; alors on pourrait donner immédiatement la correction approchée de cette horloge, et l'on ferait connaître plus tard sa correction exacte, quand on aurait réduit les observations astronomiques destinées à donner cette correction avec précision.

En quelques années, la marine a diffusé des signaux horaires depuis plusieurs autres sites, notamment Washington, New York, Norfolk, Newport, Cape Cod et Arlington (Virginie), ville située de l'autre côté du fleuve Potomac par rapport à Washington. Le premier signal horaire radio en dehors des États-Unis proviendrait de la station VCS à Halifax, en Nouvelle-Écosse (Canada). Les diffusions y ont commencé en 1907, en se calant sur l'horloge de l'observatoire de St. John.

Guyou fait valoir l'équipement de l'observatoire de Montsouris, tout désigné pour assurer ce service.

Pour un abonnement de 1 200 francs, Guyou propose que l'heure serait donnée « par l'adaptation d'un microphone faisant entendre les battements du régulateur ; la voix donnerait la minute et le numérotage des premières secondes ». Une personne serait de permanence pour répondre aux abonnés. Les démarches sont entreprises entre la chambre syndicale et le ministère de l'Instruction publique pour que Montsouris soit équipé du téléphone en plus de la télégraphie avec et sans fil.

Courant 1905, tout se met en place malgré des travaux toujours plus nombreux à réaliser dans l'observatoire ; les quatre pendules en service sont conservées dans une pièce insalubre qui nuit à leur fonctionnement. Plusieurs essais ont lieu sur le réseau parisien puis sur le réseau général français. L'heure est transmise au service des chronomètres de la marine et à plusieurs horloges de précision. La marine profite pleinement de ce service : le 25 mai 1905, un contre-torpilleur basé à Brest peut régler ses chronomètres sur le pendule de l'observatoire de Montsouris.

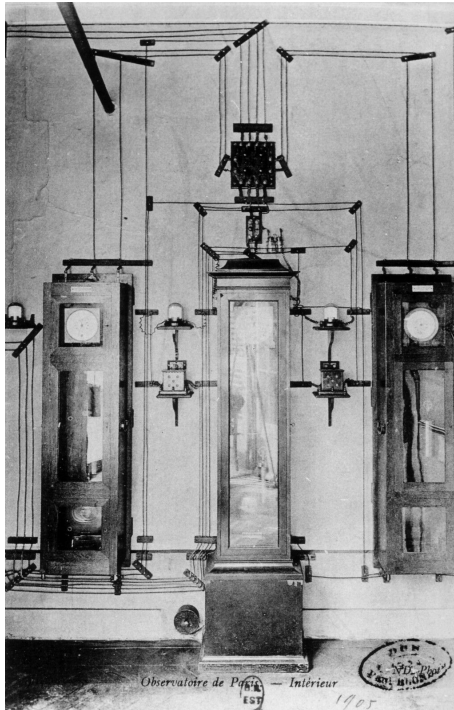
Le lendemain, le lieutenant E. Perret, directeur de l'observatoire de la marine à Lorient, effectue une comparaison de son heure à celle de Montsouris : la différence de longitude adoptée, les pendules des observatoires de Lorient et de Montsouris sont d'accord à 0,15 seconde près.

Mais toutes ces idées ne connaîtront pas le succès escompté. Les systèmes de diffusion de l'heure ne seront pas installés à Montsouris ; c'est l'Observatoire de Paris qui héritera dès 1908 de tous les systèmes d'essais de **diffusion de l'heure et de détermination des longitudes par TSF**.

La première activité de la TSF a été la radiotélégraphie. La transmission était faite en morse.

La première contribution de la TSF à la sécurisation de la navigation remonte sans doute à 1899. Le East Goodwin lightship, un bateau-feu équipé d'une installation de télégraphie sans fil Marconi lança un message de secours après sa collision avec le R.F. Matthews qui permit l'assistance d'un bateau qui croisait dans les environs et sauva des vies humaines.

La réception d'une heure de référence à bord des navires va permettre un recalage des chronographe et une amélioration considérable de la précision de la navigation. .



La méthode est éprouvée avec le téléphone, il reste à l'évaluer avec les ondes amorties du poste à étincelles de la Tour.

Les signaux horaires automatiques sont envoyés par un dispositif spécial installé dans la salle des pendules de l'Observatoire de Paris.

Des signaux analogues sont envoyés par divers postes étrangers par le Bureau international de l'heure. Les émissions sont exécutées par ondes amorties musicales. Les signaux horaires scientifiques ou rythmés sont effectués à l'aide de battements, chacun de une seconde sidérale, moins 1/50 de seconde sidérale. Ces battements sont écoutés à l'Observatoire de Paris et sont radiotélégraphiés par le poste lui-même. On peut à l'aide de ces indications déterminer à 1/100 de seconde de temps près la longitude d'un lieu où l'on détermine directement l'heure sidérale locale.

L'action de Mouchez est relayée par le commandant Émile Guyou qui a tenté de sauver l'activité de l'observatoire malgré des contraintes administratives fortes pendant les années 1896-1910.

L'observatoire a continué de remplir sa mission originelle : former plusieurs générations d'officiers de marine et de l'armée de terre, d'explorateurs coloniaux et d'ingénieurs divers. Sous la direction de Guyou, l'observatoire de Montsouris et le Bureau des longitudes ont été impliqués dans des développements scientifiques importants : la diffusion de l'heure par télégraphie sans fil, les longitudes par le téléphone, les essais sur l'emploi de l'Invar pour la conception de nouvelles horloges astronomiques toujours plus fiables, le développement de l'astrolabe à prisme, instrument de campagne destiné aux voyageurs géographes et aux officiers de la marine et de terre. De nouveaux choix scientifiques, de nouvelles contraintes administratives et matérielles ont conduit à l'abandon rapide de cet observatoire en tant que lieu de science à partir des années 1920.

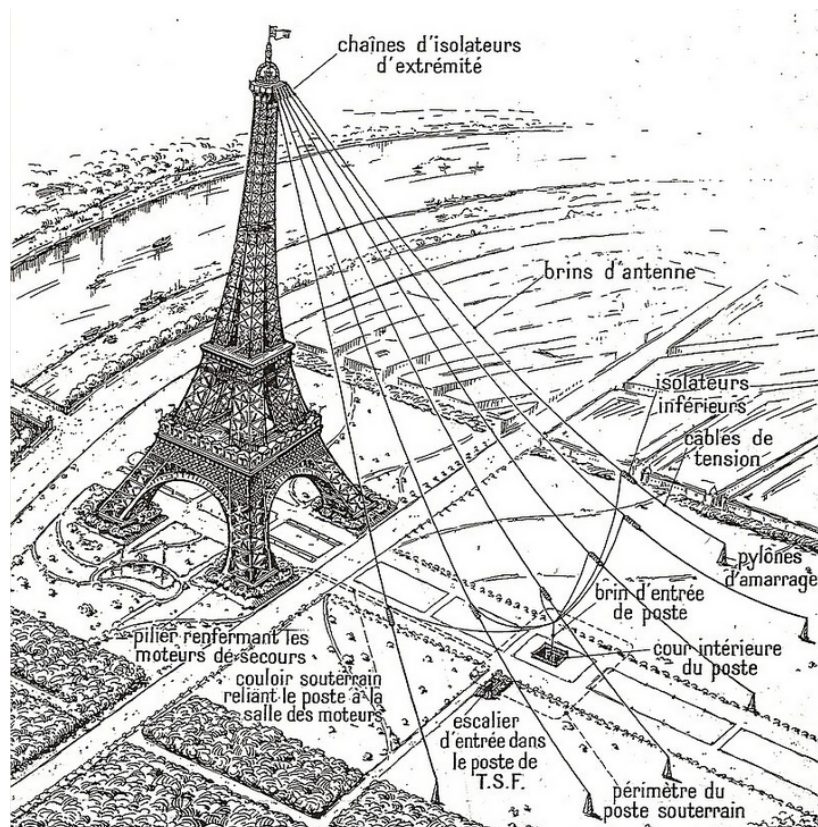
DEBUT DE LA TRANSMISSION DE L'HEURE PAR T.S.F.

Le 30 novembre 1908, le ministre de la marine, convaincu des premiers essais et conscient des avantages que la marine pourrait tirer de ce nouveau service, avisait l'Académie des Sciences que la station radio télégraphique du Champ de Mars était autorisée à recevoir les appareils de transmission de signaux horaires.

Le lieutenant de vaisseau Camille TISSOT est chargé de la création d'un service de transmission de l'heure par TSF.

La diffusion de signaux horaires bénéficie de ces progrès pour s'effectuer sur des distances de plus en plus grandes.

En liaison avec le Bureau des longitudes, **Ferrié** met ses connaissances de la TSF au service de la standardisation de l'heure sur tout le territoire français : **à partir de 1910**, l'émetteur de la tour Eiffel émet à intervalles réguliers des signaux qui permettent de rectifier l'« indication des horloges dans les différentes provinces »



Le 23 Mai 1910, la station radiotélégraphique du Champ-de-Mars transmet l'heure du méridien de Paris à la moitié du monde. C'est le début du service régulier de transmission de signaux horaires depuis la Tour Eiffel. Elle émet avec une puissance de 20 à 60 kW, les signaux horaires sur 2600 m. (soit 115 kHz). Ce système permet aux navires de recalculer leur chronomètre et ainsi de déterminer avec précision leur position en longitude. La station, dont l'indicatif était **FL**, visait à permettre aux navires en mer de régler leurs chronomètres de marine. Cependant, elle a rapidement suscité un vif intérêt de la part des compagnies ferroviaires, des horlogers, des bijoutiers et d'autres acteurs, qui ont commencé à décoder les signaux pour obtenir l'heure exacte.

La télégraphie sans fil a reçu, cette année, en France, deux nouvelles applications très intéressantes : la détermination de l'heure, la mesure des différences de longitude. Toutes deux sont définitivement entrées dans la pratique et ont déjà donné des résultats supérieurs à ceux que les plus optimistes espéraient. C'est au poste de la Tour Eiffel qu'ont été réalisées les diverses installations nécessaires. Les études d'ensemble, comme les réglages de détail, ont été l'œuvre commune de l'Observatoire de Paris, du Bureau des Longitudes et du Service Radiotélégraphique de l'Etablissement Central de la Télégraphie militaire.

L'organisation qui a été réalisée à la station de la Tour Eiffel permet l'envoi quotidien de signaux caractéristiques à des heures déterminées, exactes à moins d'une demi-seconde.

Les signaux émis devant être perçus par les navigateurs au moyen d'un téléphone associé à un récepteur de télégraphie sans fil, absolument comme les signaux habituels, il était nécessaire de les diviser en deux parties : signaux d'avertissement destinés à appeler l'attention, suivis du signal horaire.

De plus, il était à craindre que certains bâtiments ne reçoivent aussi, volontairement ou non, des signaux télégraphiques au moment de l'émission de signaux horaires, et ne puissent par conséquent percevoir correctement ces derniers.

Aussi a-t-on pris le parti d'envoyer deux séries de signaux par vingt-quatre heures, chaque série comportant l'envoi de trois heures différentes, mais très rapprochées.

Les heures choisies ont été, pendant le jour, 11 heures, 11 h. 2 minutes, 11 h. 4 minutes; pendant la nuit, 12 heures, 12 h. 2 minutes, 12 h. 4 minutes.

Les signaux d'avertissement sont différents pour chacune des émissions, afin de permettre aux observateurs de reconnaître aisément les heures envoyées, le signal horaire proprement dit restant toujours le même.

Pour la première émission, les signaux d'avertissement, commencés une minute avant minuit, comprennent de longs traits qui cessent deux ou trois secondes avant minuit. Le signal horaire, lancé à minuit précise, est constitué par un seul point assez bref.

Pour la deuxième émission, les signaux d'avertissement, commencés à minuit 1 minute, consistent en une série de signaux comprenant : un long trait, deux points, un long trait, deux points... etc. Ils cessent 2 ou 3 secondes avant minuit 2 minutes. Le signal horaire de minuit 4 minutes consiste encore en un seul point.

Pour la troisième émission correspondant à minuit 4 minutes, les opérations effectuées sont semblables. Les signaux d'avertissement consistent en une série de signaux comprenant un long trait, quatre points.

A 11 heures du matin, les envois de signaux sont faits de façon identique.

L'heure envoyée est celle du méridien de Paris.

En même temps que la Tour Eiffel, le grand poste allemand de Norddeich (embouchure de l'Elbe) a commencé également des envois de signaux horaires. L'heure envoyée est celle... du méridien de Greenwich.

Les signaux lancés par la station radiotélégraphique de la Tour Eiffel sont émis de l'Observatoire, par un astronome secondé d'un « sans-filiste » de la station.

Deux lignes souterraines, non représentées sur la figure 1, relient directement la station souterraine de la Tour Eiffel à la salle des pendules de l'Observatoire.

L'une de ces lignes est affectée normalement à la liaison téléphonique, l'autre aux signaux horaires. Un commutateur double C (fig. 2) permet toutefois, en cas de rupture d'une ligne, d'utiliser l'autre, soit pour le téléphone, soit pour l'envoi de l'heure.

La pendule envoyeur de signaux (fig. 1) peut, à l'heure choisie, fermer le circuit d'une petite pile qui envoie son courant dans un relais disposé dans la station du Champ-de-Mars (fig. 1 et 2).

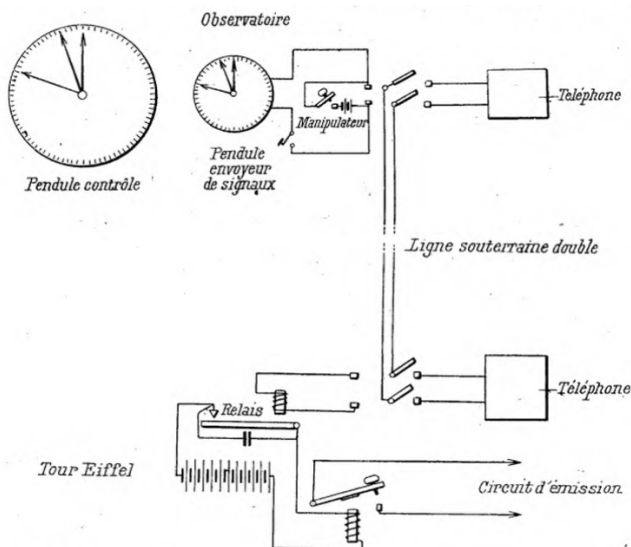


Fig. 1. - Schéma des connexions des appareils utilisés pour l'envoi de l'heure (Observatoire et Tour Eiffel.

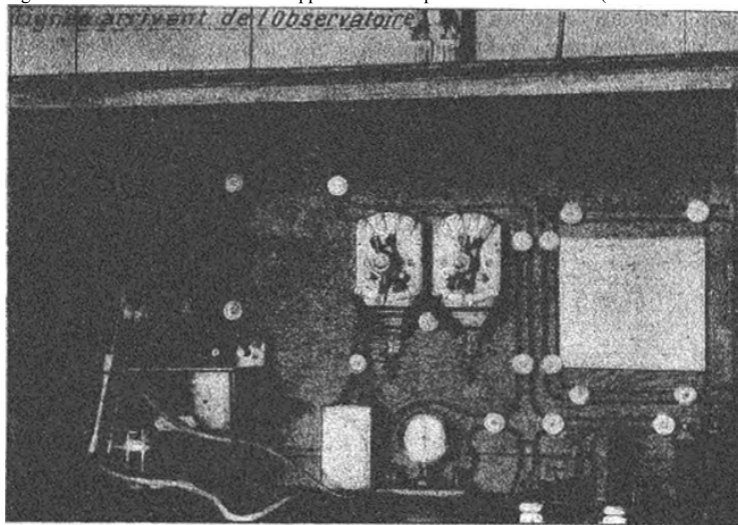


Fig. 2. - Appareils de liaison entre l'Observatoire et le poste de T. S. F. de la Tour Eiffel (C, commutateur double.)
(Station souterraine du Champ-de-Mars.)

Ce relais ferme un second circuit qui actionne un interrupteur, ou manipulateur, déclenchant les appareils de transmission.

Si la pendule, au moyen d'un contact glissant quelconque, ne ferme le circuit que pendant un temps assez court, les appareils de transmission, actionnés de façon brève, ne lanceront dans l'espace qu'un point.

Il y a évidemment un temps mort qui sépare le moment où le courant est fermé de celui où le signal est lancé dans l'espace, ou même perçu par les observateurs.

Ce temps mort dépend du nombre de relais, de l'organisation de ces appareils, du procédé et des réglages de transmission employés, du procédé de réception, de toutes les inerties mécaniques et électriques à vaincre. On peut négliger le temps qui correspond à la propagation de l'onde.

Il est facile de corriger en grande partie l'erreur qui pourrait résulter de ce temps mort. Pour cela, l'astronome dispose d'un récepteur de télégraphie sans fil relié à une petite antenne installée sur les bâtiments de l'Observatoire. Au moment où il voit la pendule battre minuit, par exemple, il entend le signal que lance la Tour Eiffel et qu'il reçoit dans son appareil à réception auditive. Il peut donc par tâtonnements faire déplacer le contact commandé par la pendule jusqu'à ce qu'il y ait coïncidence suffisante entre le son perçu et le battement correspondant à l'heure envoyée. Le réglage, fait une fois pour toutes, est stable.

L'erreur totale dans l'application de la méthode est inférieure à une demi-seconde.

Les signaux d'avertissement pourraient être très facilement envoyés au moyen d'un mouvement d'horlogerie. Cela n'a pas semblé utile : un opérateur est en effet toujours de service près des appareils ; d'autre part, la manipulation des signaux d'avertissement ne nécessite aucune précision et ne présente pas de difficulté.

Elle est faite de l'Observatoire au moyen d'un petit manipulateur monté en dérivation sur la pendule envoyeur de signaux (fig. 1).

Un quart d'heure avant chaque émission quotidienne, on vérifie à la Tour Eiffel et à l'Observatoire le fonctionnement et le réglage de tous les appareils employés.

Dans toute station disposant d'un poste de télégraphie sans fil, il n'est évidemment besoin d'aucun appareil spécial pour la réception de l'heure.

Un navire, qui ne veut pas faire les frais d'une installation complète, peut organiser, pour quelques centaines de francs, un petit poste récepteur suffisant pour l'application envisagée. La complication et la dépense résultantes sont insignifiantes en présence des services que l'on peut attendre d'une telle installation.

Comme complément à la description qu'on vient de lire, nous publions la note ci-dessous dont la substance a fait l'objet d'une communication présentée par M. Lippmann à l'Institut, le 5 décembre dernier.

Il importe de savoir avec quelle facilité ces signaux hertziens peuvent être captés.

En principe, tout bon récepteur de télégraphie sans fil est évidemment susceptible de recevoir parfaitement ces signaux dès lors, comme on le sait, qu'il est relié à une antenne de hauteur convenable, d'autant plus élevée que le poste d'observation est plus éloigné de Paris. Pour fixer les idées sur le développement que doit présenter l'antenne pour percevoir les signaux de la Tour, il nous suffira de dire qu'une antenne de 18 à 20 mètres est suffisante à une distance de 250 à 300 kilomètres de Paris.

Mais la réception de l'heure est une question évidemment intéressante à bien des points de vue, car elle peut rendre des services aux horlogers à la campagne, aux îles etc... et surtout à bord de tous navires voyageant au long cours.

Il était naturel de se demander alors si, pour cette application nouvelle des ondes hertziennes, il n'y avait pas lieu de créer un récepteur spécial satisfaisant à certaines conditions que ne réalise pas le récepteur courant de télégraphie sans fil.

Tout d'abord un récepteur horaire doit être autonome, c'est-à-dire qu'il doit pouvoir se suffire à lui-même, puisqu'il est destiné à fonctionner tout seul. C'est là un cas tout différent de celui de la télégraphie sans fil, car, dans ce cas, chaque poste comprend une réception et une émission. Cette émission, il est facile de s'en rendre compte, vient au secours de la réception: le récepteur de télégraphie sans fil exige, en effet, pour fonctionner, quelques accumulateurs (au moins un accumulateur double) qu'il faut surveiller et tenir toujours en état de charge. Cette charge ne peut pratiquement être effectuée que par une dynamo actionnée par un moteur, et elle est facilement réalisée en télégraphie sans fil avec l'énergie nécessaire pour l'émission; mais on avouera que c'est là un inconvénient sérieux pour un récepteur qui peut être installé sur un voilier ou sur des bateaux non munis de l'éclairage électrique. L'inconvénient est presque aussi sérieux pour les installations à la campagne et à domicile, dans la majorité des cas.

De plus, pour répondre aux multiples applications que nous avons exposées, il est nécessaire de se préoccuper de créer un récepteur simple et dont le prix modéré soit en rapport avec ces diverses utilisations.

L'appareil que nous avons réalisé se présente sous l'aspect de la photographie ci jointe (fig. 2); il diffère notablement comme dispositif du récepteur ordinaire. Tout d'abord il n'utilise plus d'accumulateurs comme source d'énergie auxiliaire, nécessaire pour faire fonctionner le détecteur « électrolytique », mais simplement deux éléments Leclanché ou éléments secs Delafond (P) (fig. 1 et 2.)

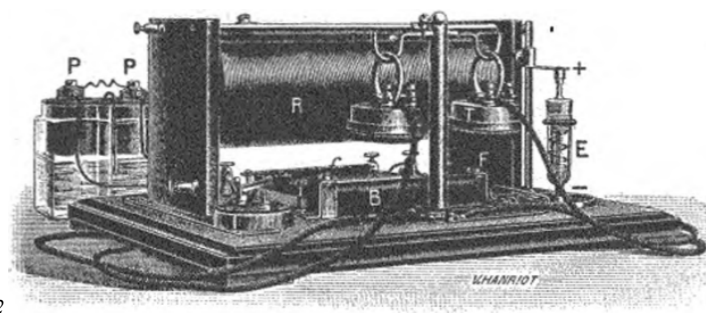
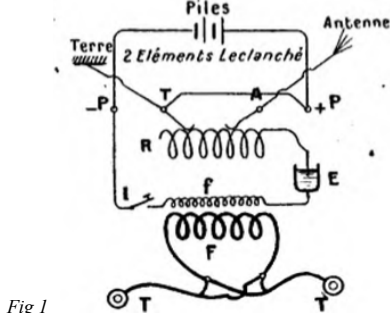


Fig 1. — Schéma des connexions du récepteur horaire. Fig. 2. — Vue d'ensemble du récepteur horaire.

Ceux-ci, grâce aux détecteurs électrolytiques tout à fait spéciaux (E), caractérisés par la constitution de la cathode en un serpentín de plomb, peuvent débiter directement sur le détecteur sans crainte d'électrolyse. Automatiquement, il se trouve que la tension critique de ces détecteurs, avec un électrolyte d'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, est légèrement supérieure à celle que réalise l'association en série des deux éléments Leclanché. La possibilité de pouvoir appliquer directement les deux éléments Leclanché sur le détecteur est une simplification. En effet, avec des accumulateurs, le récepteur ordinaire exige une résistance dite « potentiométrique » destinée à permettre de régler la tension appliquée au voisinage de la tension critique ou d'électrolyse. On évite en même temps une fatigue des éléments qui ne débitent ainsi qu'un courant infime à travers le détecteur, courant incapable de « polariser » les éléments qui conservent toujours la même tension à leurs bornes. Ceux-ci peuvent alors fonctionner des années, d'autant plus que le récepteur horaire ne fonctionne utilement qu'aux instants de la perception des signaux, ce qui ne dure que peu de temps. L'appareil est encore caractérisé par l'usage d'une bobine transformatrice (/ , F) qui a deux fonctions: elle rachète, comme des expériences très nettes nous l'ont prouvé, la légère diminution de sensibilité due à ce que la tension appliquée sur le détecteur n'est pas égale mais légèrement inférieure à la tension critique du détecteur. Cette bobine a son primaire, en fil fin et long, connecté en série entre le détecteur et la pile et c'est aux bornes du secondaire, en fil gros et court, que l'on branche les récepteurs téléphoniques. De plus, les éléments de cette bobine, soigneusement déterminés, permettent d'employer des récepteurs téléphoniques (T) de fabrication courante (150 w) beaucoup moins coûteux que les récepteurs spéciaux de haute résistance (7 000 w) généralement utilisés à cause de la réelle sensibilité qu'ils procurent à la réception. Enfin, le résonateur de syntonie ou d'accord (R) est branché en série avec le détecteur et les éléments Leclanché, entre la pointe positive du détecteur et le pôle positif correspondant des éléments. De cette façon, on supprime le condensateur employé, dans le montage classique, pour éviter la dérivation du courant amené au détecteur, aux bornes duquel est branché le résonateur. C'est encore là une simplification qui ne nuit aucunement au fonctionnement, bien au contraire. Toutes ces considérations font ressortir comment ce récepteur est tout indiqué par les qualités qu'il possède pour être utilisé avantageusement pour l'application en vue de laquelle il a été créé.

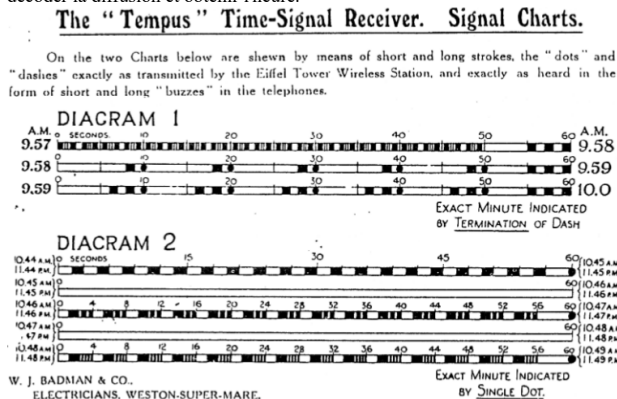
Il est intéressant de noter que les signaux horaires diffusés par radio ont probablement sauvé la tour Eiffel .

La Conférence Internationale de l'Heure qui s'est tenue à l'Observatoire de Paris du 15 au 23 Octobre 1912 (6 mois après le drame du TITANIC) va normaliser le découpage de l'heure suivant les fuseaux horaires et fixer définitivement le méridien de Greenwich comme référence universelle. La station radiotélégraphique reliée à l'horloge de référence de l'Observatoire de Paris va transmettre l'heure exacte deux fois par jour : à midi et minuit. On voit immédiatement les avantages de cette méthode. La portée actuelle des ondes longues émises par la Tour Eiffel est de 6 500 kilomètres environ. Les signaux envoyés par la Tour pourront donc rayonner, non dans une direction unique, mais dans toutes les directions dans la limite de cette portée considérable.

La France abandonne le méridien de Paris et s'aligne sur celui de Greenwich (temps universel). Les pendules de tout le territoire français sont retardées de 9 minutes et 21 secondes. Plusieurs pays vont reprendre les propositions de la France de transmission de l'heure par radiotélégraphie. Dès 1908, le poste Marconi de Camperdown près de Halifax transmet des signaux horaires qui permettent aux bateaux de régler leur chronomètre à plus de 250 miles au large du Canada. En 1912, la station radiotélégraphique navale d'Arlington, transmet des signaux horaires sur l'Atlantique Nord et le continent américain, en provenance de l'observatoire de Washington.

1912, le Bureau International de l'Heure (BIH) installé à l'Observatoire de Paris a pour mission de déterminer les paramètres qui définissent l'orientation de la Terre pour les analyses de stations d'observation. La volonté politique d'imposer une heure légale est atteinte, il reste à l'harmoniser sur tout le territoire. Cela commence dans les grandes villes françaises, qui pour la plupart, ont encore deux heures, celle de Paris et la leur, avec parfois, des différences de quelques minutes entre deux villes françaises situées à quelques kilomètres l'une de l'autre. Dès lors, il ne restait plus qu'à réglementer l'envoi de l'heure par T. S. F. C'est ce que fit la Conférence de 1912 et celle qui vient de se réunir à nouveau en octobre 1913. Il a été décidé, d'abord, de créer à Paris un Bureau international de l'heure, qui devra centraliser les observations faites par tous les observatoires correspondants.

En 1913, la longueur d'onde de diffusion était passée à 2 500 m et le format avait été normalisé . La figure 1 présente un tableau utilisé par les premiers opérateurs radio pour décoder la diffusion et obtenir l'heure.



1913 L'astronome français Guillaume, est nommé premier Directeur du BIH. Il réalise quelques expériences préliminaires à l'aide d'appareils construits par MM. DUCRETET et ROGER à partir de la station du Parc MONSOURIS à PARIS.

Témoignage vu dans le Journal de Saint-Quentin de 1912

Je viens de régler ma montre sur la tour Eiffel.

Tout simplement!

Vous savez que la tour Eiffel deux fois par jour envoie l'heure au petit bonheur. Le tout c'est d'attraper une onde hertzienne au passage.

Eh bien: Voilà, j'ai attrapé une onde. C'est chez M. Paul Lelong, horloger, 4 rue Saint-Jean, que cette aventure m'arriva tout à l'heure. Oh! Ça n'est pas bien compliqué! On est devant une petite planchette, au milieu de laquelle est un tube rempli d'un liquide jaunâtre. Au bas, un récepteur téléphonique habituel. Pan! Un petit coup sec; il est 10 heures 15 à l'observatoire de Paris où j'ai vu jadis un véritable savant s'arracher les cheveux parce que l'horloge, la fameuse Horloge, retardait de trois dixièmes de se – Mais enfin, disait-il pour se consoler, on le sait et on peut faire la correction. Cela pourtant peut avoir des inconvénients et pas plus tard qu'hier, j'ai manqué un train de trois dixièmes de secondes mais de tout un compartiment de secondes que je n'ai pu rattraper.

Revenons chez M. Paul Lelong et opérons.

Dans le grenier, sous le toit, il y a un treillage de 4 mètres de long relié au tube en question, qu'on appelle un détecteur par fil métallique; un autre fil se prolonge jusqu'à la terre. Le détecteur est en outre relié à un récepteur téléphonique, comme je viens de le dire.

Tout cela coûte 67 francs et s'appelle un «**horophone**», nom affreux et de composition barbare.

Rien comme on voit, n'est visible à l'extérieur et l'antenne grillage n'en arrête pas moins la fameuse onde hertzienne au passage. Attention. La voilà!

A 10 heures 44, avertissements reproduisibles par des points en alphabet Morse pendant 55 secondes.

Arrêt de 5 secondes environ pour un point à 45 minutes.

De 45 m. à 46 m. silence.

A 10h. 46 m. avertissement – ...-... (Le D. Morse) (5 sec. silence). Un point, – 47 m.

De 47 à 48 silence

A 10h 48 m. avertissement -...-... (Le 6 Morse) (5 secondes, silence). Un point, -49 m.

Cela recommence avant minuit à 23h 45 minutes, 23h 47 m, et 23h 49 m.

Il faut avoir une montre à régulateur à sa portée qu'on déclenche au point (coup sec) et l'on vérifie les deux fois subséquentes.

Ici ce n'est qu'intéressant et à l'Hôtel de Ville il serait bien urgent d'avoir un horophone pour régler l'horloge municipale, mais pour les navires en mer cela est d'importance.

Quand ils sont à moins de 2500 kilomètres de la tour Eiffel, ils font leur point sur l'heure envoyée et il faut que celle-ci soit d'une extrême exactitude d'où les précautions détaillées plus haut, car l'erreur est de 25 kilomètres par minute.

La gare de Saint-Quentin est un centre horaire et l'horophone y est installé depuis un mois. On peut voir l'antenne horizontale accrochée au dessus des trois poteaux télégraphiques à gauche au sortir de la gare sur la ligne de Guise.

Oh! Ça n'a rien d'impressionnant. M. Paul Lelong nous disait qu'après l'heure chaque jour l'observatoire de la tour Eiffel donne un bulletin météorologique qu'on peut relever avec la connaissance de l'alphabet morse.

Dans la journée, on peut entendre souvent des signaux musicaux, particulièrement le soir de 20 à 21 heures.

Ce printemps sur la «république» en rade de Toulon, un officier électricien m'offrit comme cela un petit concert: il paraît que c'étaient des nouvelles d'une escadre opérant dans les Echelles du Levant.

Les matelots de service dans l'étouffante et sourde cabine électrique n'avaient même pas besoin du Morse: ils traduisaient la musique directement en phrases! Opéra ...tion dans le Levant, paroles et musique de la T.S.F

Très content d'avoir vu ça avant de mourir.

LEBADAUD

Le principal marché pour les récepteurs de signaux horaires était la France ; c'est d'ailleurs là que Hope-Jones fit fabriquer son modèle de « Horophone » (versions 1913-1914). En France, l'usage du détecteur électrolytique était courant pour ce type de récepteur ; ainsi, l'un des modèles présentés par Synchronome montre un Horophone équipé à la fois d'un cristal de galène et d'un détecteur électrolytique.

LES HOROPHONES SYNCHRONOME

« L'Horophone » inventé par Frank Hope-Jones est la marque commerciale sous laquelle la [société Synchronome](#) (Clerkenwell Londres) a commercialisé ses récepteurs de signaux horaires.



Ces postes de radio autonomes ont été spécifiquement conçus et vendus aux horlogers pour capter les signaux horaires transmis depuis la tour Eiffel et depuis Norddeich, en Allemagne ; ces signaux étaient émis sous une forme codée simple en morse et reçus au moyen d'un casque.

Frank Hope-Jones, directeur général de la société Synchronome, était un radioamateur passionné et un fervent défenseur de la diffusion de l'heure par voie hertzienne.

Les premiers signaux horaires ont été transmis depuis la tour Eiffel en 1910.

En 1913, la génération des signaux horaires à l'Observatoire de Paris a été automatisée et, plus tard cette même année, deux modèles d'Horophone ont été lancés par la société [Synchronome](#). Ils étaient fabriqués par l'entreprise parisienne [A. L. Chaudet](#) (ALC), qui commercialisait également ses propres récepteurs de signaux horaires similaires équipés du détecteur à galène OMNIUM N°1 (figure 1). Modèle qui a équipé plusieurs postes horaires comme par exemple le Radiophone et l'Horophone..



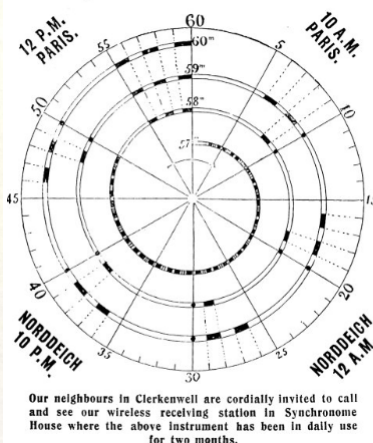
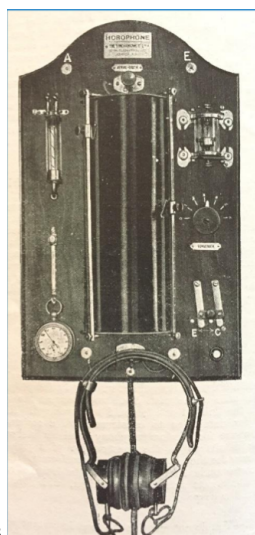
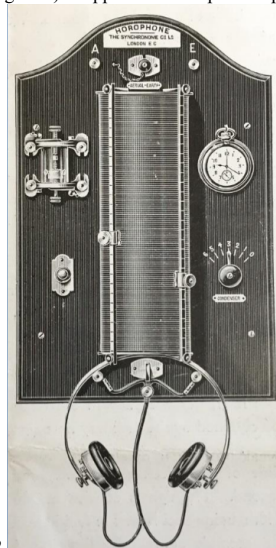
Figure 1 Omnimium 1 Chaudet

L'Horophone de type A était un poste de radio autonome (ce qui était inhabituel à l'époque), exception faite, bien entendu, des connexions nécessaires pour l'antenne extérieure, la prise de terre et le casque

La grande inductance d'accord, montée au centre, est flanquée à gauche d'un détecteur à cristal ALC « Omnimium n° 1 » et, à droite, d'un crochet pour suspendre une montre de poche. Sous la montre se trouve le condensateur d'accord variable. Au-dessus de la bobine se situent les bornes d'antenne et de terre, reliées par une fiche de court-circuit permettant de relier l'antenne à la terre lorsque l'appareil n'est pas utilisé. Sous le détecteur se trouve un bouton-poussoir commandant un vibreur interne. Le but de ce vibreur n'est pas d'émettre un signal sonore, mais de servir d'émetteur d'étincelles miniature permettant de régler le détecteur pour obtenir une sensibilité maximale. Une pile sèche interne était nécessaire pour faire fonctionner le vibreur. Le détecteur Omnimium était également vendu par ALC comme composant séparé (voir figure 2).

Il s'agissait d'un composant bien conçu et mécaniquement rigide afin de réduire les vibrations, tout en étant facile à régler et à démonter.

Il existait également un **Horophone de type B**, doté d'un détecteur électrolytique supplémentaire et d'un commutateur permettant de choisir entre les deux détecteurs (voir figure 3). L'appareil ne comportait apparemment pas de vibreur, bien qu'il ait tout de même nécessité une pile sèche pour faire fonctionner le détecteur électrolytique.



Time Signals by Wireless

On and after July 1st
the International Service
of Time Signals will be
transmitted according to
— this spiral design. —

Cut it out for reference and get a

Horophone

A cheap and simple
Receiving Outfit which
will enable you to take
— the Signals clearly. —

THE . . .
Synchronome Company,
Limited,
32 & 34, CLERKENWELL ROAD, E.C.

Figure 2: Horophone de type A ; Figure 3 : Horophone de type B et un survivant Figure 4: Advertisement for The Horophone

Bien qu'aucun exemplaire de Horophone de type B ne soit connu à ce jour, il subsiste un Horophone de type A dont la provenance est connue et intéressante. La société **North Eastern Instrument Company Limited** (NEIC) a été fondée au début du XXe siècle et était basée à Gateshead, dans le nord-est de l'Angleterre. L'entreprise fabriquait des composants radio, notamment des manipulateurs Morse, mais ses produits les plus célèbres aujourd'hui sont sans doute de petites boîtes métalliques contenant divers types de détecteurs pour postes à galène, commercialisés sous la marque Cymax (par exemple : Cymosite, Permanite, Hertzite).

Vers 1913, le propriétaire de la NEIC, Norman Hall, a fait l'acquisition d'un Horophone de type A et a mis en place un service par abonnement permettant aux bijoutiers et horlogers locaux de contacter l'entreprise par téléphone pour obtenir une heure exacte. L'appareil est resté au sein de la société jusqu'à la disparition de celle-ci, à la fin du XXe siècle. Il figurait parmi les objets sauvés de l'entreprise en 1980 par M. Geoff Robinson, qui avait auparavant fourni des composants à la NEIC à l'époque où celle-ci fabriquait des pièces pour orgues à tuyaux. L'Horophone est resté en possession de M. Robinson pendant quelques années avant qu'il ne l'offre à son fils, Simon, en 1991.

La commercialisation des Horophones de type A et de type B s'est poursuivie après la Première Guerre mondiale jusqu'à l'annonce d'une nouvelle version, fin 1919. Il s'agissait d'un récepteur de table modernisé et plus compact, utilisant un accord par variomètre et deux détecteurs « Perikon ». Un détecteur Perikon se compose de deux cristaux différents (généralement de la zincite et de la bornite) en contact électrique. Ce modèle ultérieur d'Horophone intégrait également un vibreur, dont le bouton-poussoir était situé sous le support du casque. Tout comme pour le modèle antérieur de type A, il subsiste un exemplaire de cet Horophone plus récent (voir figure 5).



Figure 5: Surviving Type B Horophone

Dès 1920, d'autres récepteurs sont apparus sur le marché et, en septembre 1922, les premiers postes destinés aux émissions de la BBC étaient commercialisés ; ils permettaient de capter aussi bien les signaux horaires que les futures émissions de la BBC.



T.S.F. Exiger de vos fournisseurs les **Postes horaires A.L.C. déposés T.S.F.**
Horophones et Radiophones

Appareils pour la réception des Signaux horaires et Bulletins météorologiques
de la Tour Eiffel aux navires et observatoires du monde entier par Télégraphie sans fil.

Horophone
(petit)

Horophone
(grand)

Radiophone
(petit)
longues distances

Boîte portative
longues distances

Ces appareils scientifiques sont posés en 5 minutes, sans antennes extérieures, et marchent à Paris et aux environs, rattachés simplement aux conduites d'eau et de gaz.

Les plus simples
les moins coûteux

Service de pose organisé pour Paris et la Province

les mieux faits
Absolument garantis

Service de pose organisé pour Paris et la Province

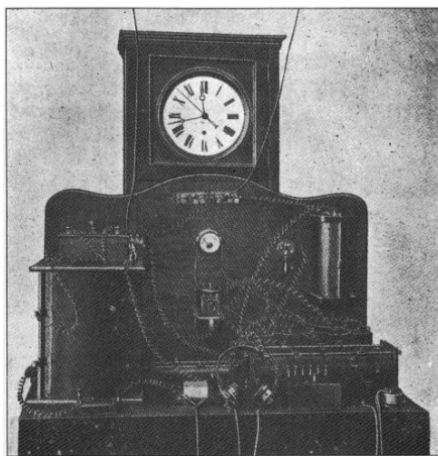
En tous lieux 500 attestations à communiquer.
Ils ont fait leurs preuves Paris, Anvers, Lyon, Marseille, Madrid, Oran, De d'Yeu, Biarritz,
Chacun en est satisfait Angleterre, Suisse, Algérie.
 Indiquez la région où vous habitez, il vous sera désigné un poste fonctionnant à proximité.

Catalogues et Renseignements franco, sur demande adressée à :

A.-L. CHAULET, seul Fabricant, Ingénieur breveté, Elève de l'École d'Horlogerie
 Directeur des Dessins théoriques d'Horlogerie
 10, Rue Dupetit-Thouars (Paris-III^e)

Changement d'Adresse en janvier 1913 : **19, Rue du Colonel-Moll (Paris-XVII^e)**

J. LACOSTE, Agent, 30, Boulevard de Strasbourg, PARIS



Modèle 1910 du livret "TSF Traité pratique ..."



Les premiers utilisateurs de cette "nouvelle technologie" sont les horlogers, qui s'enorgueillissent de pouvoir régler les montres et horloges de leurs clients sur l'heure exacte de l'observatoire de PARIS.

Ainsi un célèbre horloger d'AMBOISE (Indre et Loire), Abel GODY, construit pour lui-même et quelques confrères des récepteurs horaires.

Ayant acquis une certaine notoriété dans le domaine, il fondera en 1912 sa propre entreprise et fabriquera des récepteurs réputés jusqu'en 1955.

Le premier signal horaire américain de grande notoriété provenait de la station de radio NAA, située à Arlington, en Virginie. La station NAA a commencé à diffuser des signaux horaires en code Morse en 1913, à l'aide d'un émetteur à éclateur rotatif fonctionnant sur une longueur d'onde de 2 500 m et avec une puissance de sortie d'environ 54 kW. L'heure était fournie par une horloge de l'USNO ; on disait que le signal transmis depuis Arlington conservait une précision d'« un vingtième de seconde » à son arrivée à San Francisco. . Aujourd'hui, l'indicatif NAA est attribué à une station utilisée pour les communications avec les sous-marins, située à Cutler, dans le Maine.

La généralisation du service de l'heure, de cette façon, ne comporte plus de limite, les signaux étant reçus par les observatoires, par les stations de T.S.F., par les navires et même par les simples particuliers. Les résultats en furent confirmés par la détermination précise des différences de longitude entre Paris et Bizerte et entre Paris et Washington. Dès lors, il ne restait plus qu'à réglementer l'envoi de l'heure par T.S.F. C'est ce que fit la Conférence de l'année 1912 et celle qui vient de se réunir à nouveau en octobre de l'année 1913. Il a été décidé, d'abord, de créer à Paris un Bureau international de l'heure, qui devra centraliser les observations faites par tous les observatoires correspondants. Ce n'est pas trop, en effet, de plusieurs observatoires pour avoir, à chaque instant, l'heure la plus exacte. Si l'observatoire de Paris pouvait, chaque jour, observer les astres, il connaîtrait rigoureusement la marche de sa pendule. Mais les jours nombreux où le ciel est nuageux, les observations astronomiques sont impossibles. Heureusement, le ciel n'est pas couvert à la fois sur toute la terre, et les observatoires plus favorisés peuvent envoyer par télégramme, à Paris, le résultat de leur observation de l'heure : le Bureau central en déduit, alors, l'heure la plus probable, et, à son tour, par l'intermédiaire de la Tour Eiffel, il la fera connaître aux stations correspondantes.

A cet effet, on a désigné un certain nombre de postes radio-télégraphiques puissants pour émettre, deux fois par jour, à des heures « rondes » déterminées, des signaux horaires analogues à ceux de la Tour, dont ils auront, eux-mêmes, reçu l'heure exacte :

Voici ces stations, avec l'indication des heures où elles émettent leurs signaux :

Paris (Tour Eiffel), minuit ou 00
 San-Fernando (Brésil) 02
 Arlington (Etats-Unis) 03
 Mogadiscis (Somalie italienne) 04
 Manille (Philippines) 05
 Tombouctou (Soudan) 06
 Paris (Tour Eiffel) 10
 Norddeich (Allemagne), midi ou 12
 San-Fernando (Brésil) 16
 Arlington (Etats-Unis) 17
 Massouah (Erythrée) 18
 San-Francisco (Etats-Unis) 20
 Norddeich (Allemagne) 22

Quant aux modes d'émission des signaux, ceux-ci sont faits dans les trois dernières minutes de l'heure qui précède l'heure indiquée par le fuseau, Voici les raisons qui ont milité en faveur de cette combinaison.

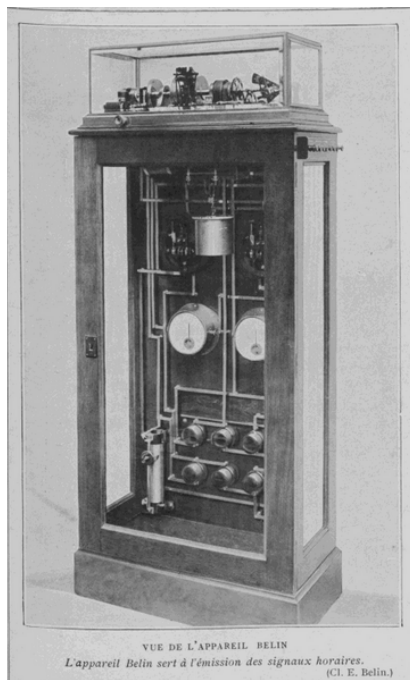
Évidemment, un point bref et sec est un signal facile à percevoir et à noter exactement, surtout quand on est prévenu de son arrivée prochaine par une série de signaux dits « d'avertissement ».

Mais nous avons vu qu'il existe en permanence, dans l'atmosphère, des signaux parasites dus aux orages, aux manifestations électriques, aux courants telluriques et à d'autres causes sans doute inconnues ou même insoupçonnées. Le résultat pratique de ces causes dépendantes d'ondes diverses se traduit, dans le téléphone, par des crachements, des bruits rauques, analogues au bruit de « friture » des téléphones. Ces crachements, secs et brefs eux-mêmes, peuvent parfaitement masquer les signaux formés eux-mêmes d'un point sec et bref, tandis qu'ils ne masqueront pas un trait, d'une durée d'une seconde, qui continuera d'être perçu nettement, surtout s'il provient d'un poste à émission musicale, c'est-à-dire donnant une note de hauteur donnée. L'opérateur apprécie alors soit le commencement, soit la fin du trait, et si celui-ci dure exactement une seconde, l'appréciation du signal horaire se fait avec toute la précision désirable.

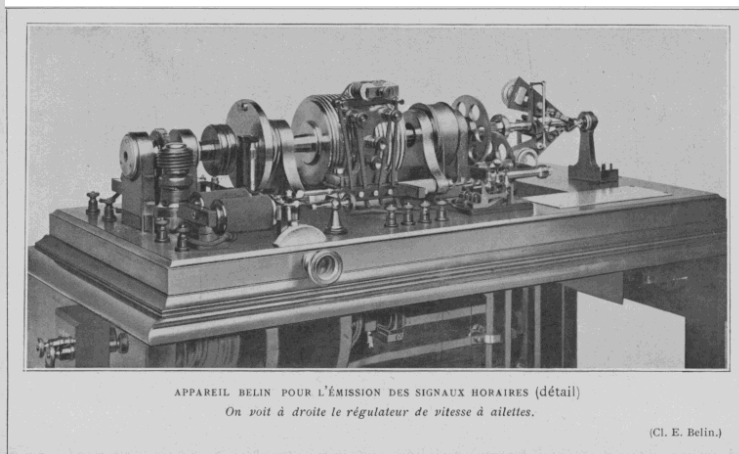
ENVOI AUTOMATIQUE DES SIGNAUX HORAIRES.

Quand la Conférence de l'heure décida d'émettre des signaux horaires, il devint évident qu'il était difficile de charger un observateur unique d'émettre, à la main, cette longue série de signaux : cela eût exigé de lui qu'il observât, d'une part, la pendule et que, d'autre part, il actionnât un manipulateur. Il fut donc décidé que des appareils spéciaux seraient mis à l'étude, pour permettre à la pendule directrice de l'Observatoire d'envoyer elle-même, automatiquement, les signaux radiotélégraphiques suivant la règle adoptée pour le service international de l'heure.

C'est l'ingénieur français Édouard Belin qui a résolu le problème de la façon la plus élégante et la plus précise, par son appareil émetteur de signaux horaires, qui fonctionne à l'Observatoire de Paris depuis le 31 juillet 1913.

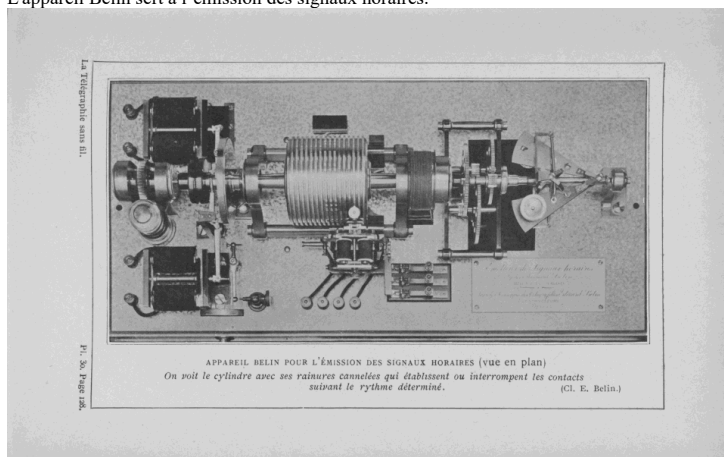


VUE DE L'APPAREIL BELIN
L'appareil Belin sert à l'émission des signaux horaires.
(Cl. E. Belin.)



APPAREIL BELIN POUR L'ÉMISSION DES SIGNAUX HORAIRES (détail)
On voit à droite le régulateur de vitesse à ailettes.
(Cl. E. Belin.)

L'appareil Belin sert à l'émission des signaux horaires.



APPAREIL BELIN POUR L'ÉMISSION DES SIGNAUX HORAIRES (vue en plan)
On voit le cylindre avec ses rainures cannelées qui établissent ou interrompent les contacts suivant le rythme déterminé.
(Cl. E. Belin.)

On voit le cylindre avec ses rainures cannelées qui établissent ou interrompent les contacts suivant le rythme déterminé.

Cet appareil met en jeu une énergie locale : celle d'un Poids moteur, qui est simplement déclenché par la pendule, à l'aide d'un contact électrique, au moment voulu. La chute de ce poids met en marche, avec une vitesse rigoureusement uniforme, maintenue constante par un régulateur centrifuge de haute précision, un cylindre sur lequel sont des disques « distributeurs de signaux ». Ces disques Portent, sur leur circonférence, des dents espacées suivant les Intervalles qui séparent les points et les traits des signaux horaires, et un contact, au moment où ces dents passent devant lui, actionne un relais et émet directement les signaux horaires par l'intermédiaire des ondes électriques de la Tour Eiffel avec laquelle l'appareil est relié par une ligne télégraphique directe.

Ce qu'il y a de remarquable dans cet appareil, c'est qu'il n'est ni une pendule, ni un garde-temps. C'est un engin automatique qui se met en mouvement par la commande précise d'une pendule directrice ou intermédiaire synchronisée, munie de dispositifs convenables de déclenchement. Il ne nécessite normalement aucune mise à l'heure spéciale, et son fonctionnement est exact si la pendule directrice est, elle-même, rigoureusement mise à l'heure.

Le système, purement mécanique, est synchronisé toutes les dix secondes par une pendule produisant une rupture de circuit toutes les deux secondes : le moment de la fonction de synchronisme a été choisi entre les signaux, et l'arrêt qui se produit à cet instant n'est perceptible que pendant les appels. On peut ainsi s'assurer de la régularité de marche de l'appareil avant l'émission des signaux horaires proprement dits. Du reste, bien que le régime de marche des cylindres distributeurs de signaux ne soit pas modifié, il a cependant été tenu compte du temps d'arrêt de synchronisme lors de la construction, et la précision exacte est rigoureusement entretenue.

L'émission est produite par l'ouverture brusque d'un interrupteur de haute précision, dont le fonctionnement ne nécessite qu'un effort négligeable, incapable d'apporter à la marche de l'appareil la plus petite perturbation. Quand cette émission est terminée, le poids moteur est automatiquement remonté par un moteur électrique dont la mise en route est réglée par un contact de « fin de course », et l'appareil revient de lui-même à sa position d'origine. A ce moment, tous les circuits sont automatiquement coupés, et l'appareil, remis à l'heure pour l'envoi suivant, ne consomme, entre temps, absolument rien. Ramené à l'insensibilité complète, il ne risque, entre deux séries d'émission, ni dérangement ni dérèglement.

La mise à l'heure peut être assurée avec une précision toute particulière de l'ordre du millième de seconde. Elle peut être effectuée soit à l'arrêt, soit pendant la marche, par la manœuvre d'un bouton extérieur, et la lecture se fait sur un tambour micrométrique. La durée absolue des signaux peut, s'il est nécessaire, être modifiée par un bouton à division micrométrique.

Le fonctionnement de l'appareil est assuré par deux petites batteries d'accumulateurs, qui, pour une capacité de 20 ampères-heure, doivent être chargées seulement deux ou trois fois par mois. La première, de 8 volts, est destinée aux relais ; la seconde, de 12 volts, est destinée à l'électro-aimant de synchronisme ainsi qu'au moteur qui sert à remonter le poids.

Enfin, ajoutons que, indépendamment des signaux d'appel et des signaux horaires prévus par la Conférence, l'appareil peut envoyer, pendant la minute précédente, des signaux préalables facultatifs ayant chacun la durée d'une seconde ronde. Ces signaux, destinés au contrôle des relais et aux réglages qui pourraient sembler nécessaires, ne sont émis que si l'on presse sur un bouton extérieur à l'appareil, et tant que l'on presse sur ce bouton : il est ainsi impossible de commettre le moindre oubli, et ces signaux spéciaux ne risquent, en aucun cas, d'être émis involontairement.

Tel est, dans ses grandes lignes, l'appareil émetteur de signaux de l'ingénieur Édouard Belin. Il a été placé à l'Observatoire de Paris, le 28 juillet 1913 ; une vérification de son fonctionnement fut faite le lendemain, 29 juillet, et, en raison de la précision du résultat, l'appareil fut mis en service effectif le 31 juillet. Depuis ce jour, l'appareil a assuré le service de l'heure sans nécessiter la moindre retouche technique de la transmission des signaux Horaires.

Enfin, disons un mot des conditions techniques dans lesquelles ces signaux sont envoyés : car il ne suffisait pas d'unifier le mode de leur envoi, mais il fallait réglementer du même coup les caractéristiques de leur émission au point de vue radiotélégraphique.

Il fallait, d'une part, faciliter à tous la réception de l'heure en permettant l'installation de récepteurs aussi simples que possible et d'un prix de revient aussi réduit que possible. Il était nécessaire, d'autre part, afin d'éviter la perturbation provenant d'ondes similaires, de décider l'adoption d'une ou de plusieurs longueurs d'onde déterminées pour

transmettre les signaux horaires. La Conférence de l'heure s'est rangée à l'avis le plus simple : celui de l'adoption d'une longueur d'onde unique de 2500 mètres. Certes il eût pu paraître désirable d'employer, pour les signaux horaires, une longueur d'onde plus courte, dans le but de faciliter leur réception par les navires qui fonctionnent habituellement avec la longueur d'onde de 600 mètres; mais il faut bien remarquer que le matériel radiotélégraphique s'est grandement perfectionné pendant les dernières années : on ne peut plus considérer l'emploi d'ondes de grande longueur comme une complication, et l'on peut toujours organiser à bord les dispositifs nécessaires à leur réception. D'autre part, ces ondes de grande longueur ont bien des avantages : elles se propagent plus loin et mieux, surtout dans les pays tropicaux, où, au cours de la , les ondes courtes sont vite atténuées.

Enfin, grâce à l'étude que nécessite la transmission précise des signaux horaires à grande distance, des expériences décisives vont être instituées pour élucider diverses parties encore obscures en matière de T. S. F., en particulier sur le rôle, encore bien mal connu, de l'antenne : les expériences faites en Allemagne, où l'on a pu recevoir les ondes de Glace-Bay, au Canada, simplement avec des fils nus couchés par terre, montrent qu'il y a encore beaucoup à apprendre dans cette voie.

Ce sera la Conférence de l'heure qui aura eu le mérite de tracer la route à suivre.

Quoi qu'il en soit, les avantages de la transmission radio-télégraphique de l'heure commencent à éclater à tous les yeux; on commence à s'en préoccuper dans divers pays, et notamment chez nos voisins les Belges : à la date du 21 février dernier, le ministre des postes et télégraphes vient de décider l'organisation régulière de la transmission de l'heure effective deux fois par jour par la station de la Tour Eiffel. A cet effet, trente-quatre bureaux de télégraphe vont être munis d'antennes et de postes de réception des signaux. Ces bureaux pourront ainsi recevoir les signaux horaires leur fournissant l'heure exacte et transmettre cette heure, télégraphiquement cette fois, aux bureaux secondaires.

Pendant la Première Guerre mondiale, **Ferrié** développe la radiotélégraphie pour les unités d'infanterie et d'artilleurs et devient ainsi l'un des artisans de la victoire de 1918.

Cette démarche est concrétisée en mars 1918 par sa nomination, par l'intermédiaire du général Henri Mordacq, à la tête de l'Inspection des télégraphies militaires.

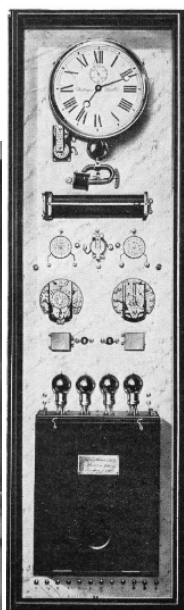
Concrètement, dès 1914, il propose des modifications techniques permettant un meilleur échange entre l'émetteur et le récepteur, doté d'une triode. Durant la guerre, ses postes de radio sont construits à plus de 10 000 exemplaires.

Lorsque les États-Unis entrent en guerre en 1917, le plan des installations de l'émetteur de Lafayette est confié au colonel Ferrié, dans le cadre de la Radiotélégraphie militaire française.

Le Bureau International de l'Heure (BIH) crée en 1919 à la suite de la première assemblée générale du Conseil International des Recherches, fonctionne depuis cette date à l'Observatoire de PARIS.



Poste opérateur de la tour Eiffel.



Le régulateur à balancier Brillié® synchronisé sur la TSF.

Brillié® conçoit et fabrique un amplificateur qui règle automatiquement la précision de ses régulateurs à balancier par les signaux horaires T.S.F (Télégraphie Sans Fil).

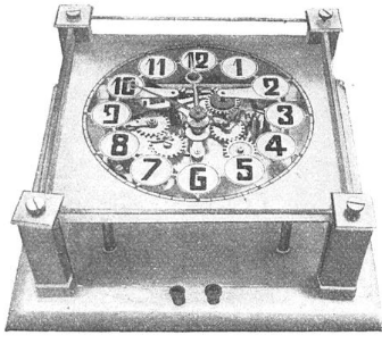
Cette synchronisation hertzienne permet un recalage de l'heure plusieurs fois par jour, et évite les remises à l'heure manuelles.



LE POSTE DE LA TOUR EIFFEL

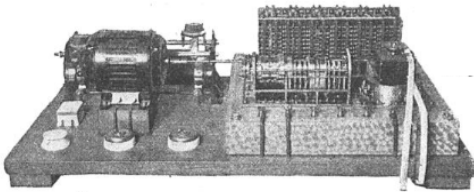
1924 L'horloge de la remise à l'heure automatique par les signaux horaires, construite par M. **Lipmann**.

Disons d'abord que les horloges électriques Lip sont à remontage automatique simple par le courant de lumière. L'horloge comprend deux parties distinctes : le rouage et le mécanisme électrique de remontage. Le premier est constitué comme un rouage ordinaire ; il porte en plus, sur le barillet, un dispositif spécial qui commande un contact chargé de fermer le circuit électrique toutes les quatre heures, six heures ou vingt-quatre heures, à volonté. L'échappement à ancre, adopté pour ces horloges, a l'avantage de pouvoir fonctionner dans toutes les positions.



HORLOGE LIP DE REMISE A L'HEURE AUTOMATIQUE PAR LES SIGNAUX HORAIRES DE LA TOUR EIFFEL.

Le mécanisme électrique de remontage comprend un moteur universel pouvant marcher sur courant continu ou sur courant alternatif à tous voltages au-dessus de 90 volts. Le moteur entraîne le barillet lorsque celui-ci l'a mis en circuit. Une horloge ainsi construite peut marcher soixante-douze heures consécutives sans remontage. Si le remontage s'effectue automatiquement, toutes les vingt-quatre heures, par exemple, il reste constamment une réserve de marche de quarante-huit heures, qui permet, si, pour une cause quelconque, le courant vient à manquer au moment du remontage, d'assurer la marche normale jusqu'au prochain remontage. Pour remettre à l'heure ces horloges par les signaux horaires de la tour Eiffel, à 9 h. 26' 30", un relais retardé spécial suffit. Afin de les soustraire à toutes les autres émissions d'une durée égale à 5 secondes, le mécanisme ferme lui-même le circuit des lampes amplificatrices quelques minutes avant l'heure officielle, puis le coupe immédiatement après la remise à l'heure en remettant l'antenne à la terre. Dans le cas où, pour une raison quelconque, la remise à l'heure par T. S. F. n'aurait pu s'effectuer, la pendule coupe elle-même le circuit et remet l'antenne à la terre.



Le morse imprimeur de M. R. Pénot est une vraie petite merveille, qui fera, plus tard, l'objet d'une étude approfondie. En voici le principe :

Rappelons d'abord qu'en télégraphie sans fil, on utilise, à la réception, divers appareils enregistrant les signaux Morse soit sur des cylindres de phonographe, soit sur des bandes de papier, soit sur des films photographiques. Ces signaux, reçus à une très grande vitesse, sont ensuite traduits par les opérateurs à des vitesses réduites. Un autre appareil, le Creed, que nous avons décrit ici même, traduit les signaux en une bande perforée, laquelle les transforme ensuite en caractères typographiques.

L'appareil Pénot se distingue de ce dernier en ce sens que la traduction en caractères d'imprimerie s'effectue directement à la réception. Dès qu'un signal, qui peut comporter jusqu'à cinq points ou traits, est terminé, le « traducteur » l'imprime aussitôt sur la bande, et cela quelle que soit la vitesse d'émission. Toute perte de temps entre la réception et la traduction est donc supprimée, avantage énorme qui permet de rectifier, pour ainsi dire instantanément, toutes les erreurs.

Trois organes interviennent : un régulateur qui prend la vitesse de l'appareil d'émission et qui reçoit les signaux par l'intermédiaire de l'antenne, des amplificateurs et de relais ; un sélecteur-distributeur dans lequel s'effectue la classification des points et des traits constituant chaque signal Morse ; enfin, un « traducteur » commandé électriquement par le distributeur et transformant les signaux Morse en lettres ou chiffres imprimés sur une petite bande de papier.

1929, une horloge à pression constante.

Cette horloge de haute précision développée par le fabricant français Leroy est installée dans une salle souterraine creusée à 5 mètres sous la bibliothèque de l'Observatoire de Besançon afin de garantir une température stable. Elle participe avec d'autres Observatoires à la constitution d'un réseau du temps.

1956, le Temps Universel (TU).

Le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) propose la nouvelle définition de la seconde dite "secondes éphémérides". On définit ainsi le Temps Universel (TU) comme le temps solaire moyen de Greenwich augmenté de 12 heures : lorsqu'il est midi TU, il est 0 heure GMT. Basée sur la rotation de la Terre, sa mesure est effectuée en observant chaque jour le passage d'étoiles hors du système solaire.

Ceci apporte une précision de l'ordre de la microseconde. La durée d'une seconde est la fraction d'1/86400 du jour solaire terrestre moyen. Cette durée est proche de la période moyenne du battement normal du cœur humain au repos. En France, l'heure légale est obtenue en rajoutant 2 heures en été et 1 en hiver à l'heure TU. Mais rapidement les astronomes remarquent que le TU n'est pas assez précis.

La rotation de la Terre est assujettie à de trop nombreux phénomènes imprévisibles : marées, ouragans, éloignement de la lune, etc. Les astronomes retiennent le mouvement orbital de la Terre autour du Soleil comme nouvelle échelle de temps. La notion de Temps Éphémérides (TE) est mise en

place afin de tenir compte des imperfections de la rotation de la Terre. L'observation de la longitude du Soleil dans le ciel au cours de l'année telle qu'elle a été adoptée en 1952 par l'Union astronomique internationale est proposée.

1967, la définition de la seconde.

Lors de la treizième Conférence Générale des Poids et Mesures, la seconde est définie comme "la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux hyperfins F=3 et F=4 de l'état fondamental 6S1/2 de l'atome de césium 133". Cet atome possède un isotope extrêmement stable permettant de définir une oscillation parfaite.

Ceci signifie que la division d'une seconde grâce à la stabilité du césium 133 permet une exactitude jamais atteinte avec le temps défini par l'astronomie. Lorsqu'un des électrons change de niveau d'énergie, il produit des oscillations d'une stabilité remarquable, absolument identiques partout dans le monde et totalement indéfectibles.

2013 En France, le SYRTE a mis au point deux horloges optiques à atomes neutres (limite ultime 10-18).

Celles-ci surpassent en précision et stabilité les fontaines atomiques Césium. Une radiation du domaine optique a une fréquence 100 000 fois plus élevée que celle du Césium 133. Cette première mondiale est une étape importante et devrait permettre à l'horizon 2026 une redéfinition de la seconde au niveau international ...



La salle d'exploitation du temps légal français au SYRTE

l'heure légale est fabriquée et diffusée par le laboratoire SYRTE de l'Observatoire de Paris -

Un autre signal horaire radiophonique célèbre a vu le jour en 1924 : le système des « six tops » (ou *six-pip*) de la British Broadcasting Corporation (BBC) à Londres.

Les cinq premiers « tops » étaient des signaux sonores marquant le compte à rebours des secondes jusqu'au sixième « top ».

Autrefois connu sous le nom de « Greenwich Time Signal », ce système de « tops » est toujours diffusé aujourd'hui sur les programmes de la BBC.

Le NIST (alors appelé National Bureau of Standards, ou NBS) a commencé des diffusions expérimentales depuis la station WWV à Washington, D.C., en 1920, et a débuté une exploitation en continu en 1923. La station, désormais située à Fort Collins (Colorado), diffuse des signaux horaires sur les fréquences de 2,5, 5, 10, 15 et 20 MHz, et demeure le signal horaire sur ondes courtes le plus connu au monde. Une station similaire, WWVH, est entrée en service à Hawaï en 1948. À ses débuts, WWV servait principalement de référence de fréquence permettant aux autres diffuseurs radio d'étalonner leurs émetteurs. Des repères de seconde ont été ajoutés à la diffusion en 1937, mais un cod télégraphique n'a été intégré qu'en 1945.

Les premières stations émettaient des repères temporels selon un calendrier établi, sous la forme d'un code télégraphique. Par exemple, si un signal était émis à 10 heures (heure de Paris), les horloges pouvaient être synchronisées sur 10 heures au moment de sa réception. Une séquence de signaux codés précédait le repère temporel pour en marquer le compte à rebours.

Les codes horaires entièrement numériques, modulés sur une onde porteuse continue et indiquant l'heure, la minute, la seconde et la date, ne sont apparus que bien plus tard. Aux États-Unis, la diffusion de codes horaires numériques a débuté sur WWV en 1960, sur WWVH en 1971 et sur WWVB en 1965...

LA SECURISATION DES ROUTES MARITIMES

Le premier navire marchand à être équipé de T.S.F. est vraisemblablement le transatlantique Kaiser Wilhelm der Grosse (Empereur Guillaume Le Grand), en 1900. En 1903, moins de 50 navires sont équipés de la radio et en 1907 le nombre n'atteint pas 150. 5 ans plus tard, la TSF à bord des navires reste encore un investissement jugé non indispensable. Parmi les 23 217 navires enregistrés et en service en 1912, seulement 1000 (dont 400 britanniques) sont équipés de radio et naviguent sur les lignes de l'Atlantique Nord.

Jusqu'au naufrage du Titanic, peu de compagnies maritimes avaient donc pris conscience de l'importance de la radio pour la sécurité en mer.

Pourtant, la T.S.F. a déjà, à cette époque, sauvé de nombreuses vies humaines : Le premier sauvetage maritime de grande ampleur assisté par la TSF restera sans doute, dans l'histoire, celui du SS REPUBLIC qui, le 23 janvier 1909, était entré en collision avec le vapeur italien FLORIDA au large de la côte Est des États-Unis. Pendant 2 jours, l'opérateur radio Jack Binns, dans des conditions très difficiles de froid et de brouillard avait aidé les secouristes de LA LORRAINE et du BALTIC. La T.S.F. avait contribué à sauver 760 personnes parmi les 1700 passagers à bord.

Ce bâtiment était équipé d'une installation Marconi. Mais le système de Marconi n'est pas à cette époque le seul à être utilisé sur les mers. Il existe d'autres procédés brevetés et rivaux tels ceux commercialisés par Telefunken, la Western Electric ou la United Wireless par exemple.

La concurrence entre les procédés et les compagnies exploitantes est telle à cette époque que les opérateurs radio ont pour instruction de ne pas traiter ou relayer les messages concernant les compagnies rivales !

À bord des navires, l'utilisation de la télégraphie manque encore de règles de déontologie : les opérateurs radio ont pour mission essentielle d'envoyer les messages personnels des passagers (messages payants), ce qu'ils ne peuvent faire qu'à courte distance des côtes et le reste du temps, ils s'amuse parfois à perturber les transmissions des radios rivales. Ils ne sont pas tenus, en tout cas, à une veille permanente qui pourrait contribuer à sécuriser le trafic maritime.

L'aventure malheureuse du TITANIC sera un argument de poids pour obliger les compagnies maritimes récalcitrantes à s'équiper en matériel de T.S.F. et les pays à mettre en place une réglementation maritime cohérente.

On se souvient que le naufrage survenu dans la nuit du 14 au 15 avril 1912 fit plus de 1500 morts malgré un signal de détresse lancé vers 0h30 et capté par le Carpathia qui fonça vers les lieux du drame. On n'oubliera pas non plus les autres événements dramatiques survenus en mer au début du 20^{ème} siècle et le grand nombre de victimes évitées lors de naufrages, grâce à l'utilisation de la T.S.F. pour alerter les secours.

Beaucoup de radiotélégraphistes laisseront leur vie en mer pour sauver des naufragés.

Pratiquement tous les pays industrialisés vont à cette époque renforcer leur législation dans ces domaines.

En France, par exemple, le décret du 24 février 1917 publié au J.O. du 6 mars, autorise les Directeurs départementaux des postes à délivrer aux particuliers des licences d'installation d'appareils récepteurs de signaux horaires et de télégrammes météorologiques

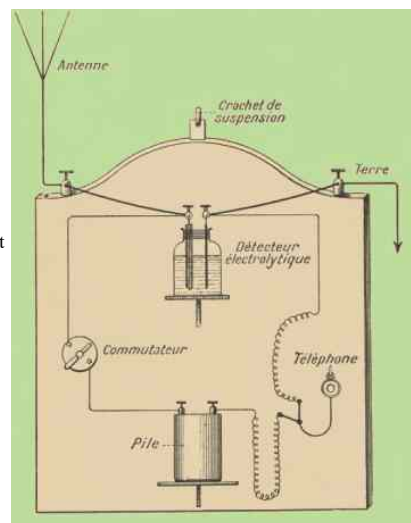
Les mairies, les écoles, les industries horlogères, les compagnies de chemin de fer, la marine marchande vont profiter des renseignements horaires et météorologiques transmis par les stations radiotélégraphiques.

Le détecteur électrolytique a remplacé le radioconducteur, cohéreur d'Édouard Branly. Le détecteur électrolytique et le détecteur magnétique étaient les premiers dispositifs capables de rendre les signaux radios de TSF audibles avec une paire d'écouteur ou un casque audio.

L'image ci-contre montre un exemple de récepteur horaire à détecteur électrolytique utilisé à cette époque. L'appareil était monté sur une planchette de bois fixée au mur. L'écoute des signaux morse se faisait à l'aide d'un écouteur téléphonique.

En 1903, le général Gustave Ferrié met au point un détecteur électrolytique. La station Ouessant TSF créée par Camille Tissot au côté du phare du Stiff à l'île d'Ouessant effectue des liaisons radiotélégraphiques avec la Marine nationale de Brest. En 1904, cette même station Ouessant TSF FFU effectue des liaisons radiotélégraphiques avec une flotte de 80 paquebots.

Dès 1907, dans les stations TSF, le détecteur électrolytique est progressivement remplacé par le détecteur à galène pour sa simplicité.



Des essais, calculs et mesures furent réalisés tout au long de l'année 1906 et aboutirent à la mise au point d'un premier **dispositif capable d'identifier la position azimutale d'un navire en mer**.

Bellini qui cherchait un nom pour son invention proposa d'abord le terme de Radio-Clinomètre puis choisit en définitive celui de Radio-Goniomètre (du grec gonia : angle). À l'époque, dans les milieux scientifiques comme dans l'industrie de la T.S.F. l'invention fut plutôt connue sous le nom de Compas Azimutal Hertzien Bellini-Tossi ou encore de boussole Hertzienne.

Toutes les expériences avaient été si probantes que le Gouvernement Français adopta cette invention pour les navires militaires et certains sémaphores. Le poste de Boulogne sur Mer en fut équipé à partir du 15 mai 1910.

La marine marchande suivit par la Cie Générale Transatlantique fit installer la Boussole Hertzienne sur ses bâtiments dès 1910...

Revenons sur la détermination de la différence de longitude par transport de chronomètre.

La détermination de la différence de longitude entre deux lieux, Neuchâtel et Greenwich par exemple, comporte trois opérations distinctes :

1. On détermine l'heure à Neuchâtel;
 2. On détermine l'heure à Greenwich;
 3. On compare les heures obtenues aux deux stations et leur différence est égale à la différence de longitude.
- Nous ne voulons pas traiter ici le problème de la détermination de l'heure que nous avons exposé dans de nombreux articles. Nous nous arrêtons seulement au problème de la comparaison des heures obtenues aux deux stations.

À l'heure actuelle, il existe un moyen moderne très rapide : la T. S. F. Une station d'émission diffuse le battement d'une pendule. Pratiquement, ce battement est enregistré en même temps par les deux stations qui ont ainsi un moyen très simple de comparer leurs heures. Mais la T. S. F. est d'invention très récente et un grand nombre de déterminations de différences de longitudes ont été faites par d'autres méthodes dont il est intéressant de connaître la précision.

On compare souvent des observations modernes de différences de longitudes à d'autres plus anciennes qui n'ont pas la même exactitude. Avant de tirer des conclusions des résultats de ces comparaisons, il importe de fixer l'erreur des anciennes observations.

Il existe une méthode de comparaison des heures des deux stations qui intéresse spécialement les chronométriers : c'est la méthode par transport de l'heure au moyen de chronomètres.

Pour obtenir la différence de longitude Neuchâtel-Greenwich par exemple, on compare un certain nombre de chronomètres à la pendule de Neuchâtel, on les transporte à Greenwich en tenant compte autant que possible de leurs variations de marche pendant le transport et on les compare à la pendule de Greenwich dont la différence avec la pendule de Neuchâtel donnera le résultat recherché. Pendant le transport, les chronomètres sont soumis à de nombreuses causes perturbatrices dont il n'est pas toujours facile d'évaluer l'effet; c'est l'inconvénient de la méthode. Mais les résultats des recherches de certains savants comme M. Paul Ditisheim ont prouvé que la précision de cette méthode dépasse largement celle à laquelle on pourrait s'attendre.

Dans les « Annales Françaises de Chronométrie », deuxième trimestre 1942, on trouve quatre articles consacrés à cette intéressante question:
« Méthodes de détermination de différences de longitudes radiotélégraphiques, par transport de temps et par signaux », par M. René Baillaud.
« Essai d'une détermination de la différence de longitude Paris-Neuchâtel (1902-1903), avec transport de l'heure par rail », par M. Paul Dirisheim.
« Détermination de la différence de longitude Greenwich-Paris par transport du temps par avion », par M. Dirisheim.
« Comparaison des résultats obtenus en 1907 et 1908 dans la détermination des longitudes par transport de l'heure et par l'observation d'occultation d'étoiles par la Lune, au cours d'un voyage en Afrique (Centrale) », par le général J. Tilho.

De ces quatre articles nous tirons une partie des renseignements qui suivent en espérant intéresser les lecteurs de la « Fédération Horlogère » à cette belle application de la chronométrie à la science géodésique.

Avant l'invention des chronomètres, on ne connaissait pas de garde-temps susceptibles de conserver l'heure sur les routes maritimes et terrestres. Dans le but de remédier à cette carence, des concours dotés de prix importants furent créés en Espagne, en Hollande et en France. En Angleterre, un prix de 20,000 livres sterling fut offert en 1714 par le parlement à celui qui découvrirait le garde-temps capable de fonctionner sur mer. Il fut versé à John Harrison en 1773 seulement. En France, Pierre Le Roy reçut à la même époque le prix de l'Académie des Sciences pour ses montres marines qui avaient fait leurs preuves sur la frégate « La Flore » en 1771.

Pendant longtemps, seuls les chronomètres de marine volumineux à échappement à ressort furent utilisés sur mer. Ils permirent de déterminer avec exactitude les longitudes des ports importants et de réviser les cartes qui contenaient de nombreuses erreurs.

Au début du vingtième siècle, les observatoires chronométriques créent les épreuves pour chronomètres de bord avec échappement à ancre.

Ces nouveaux garde-temps font bientôt leurs preuves et ne tardent pas à être utilisés dans les déterminations des différences de longitudes par transport de l'heure sur terre puis plus tard par avion.

Le premier essai est tenté par M. Paul Ditisheim en 1902. Il dépose cinq chronomètres de bord à l'Observatoire de Neuchâtel où on étudie leur marche très sérieusement jusqu'au 15 décembre 1902. On vérifie le réglage aux températures. Le 15 décembre, les chronomètres sont transportés par chemin de fer à l'Observatoire de Paris où on les observe jusqu'au 24 décembre 1902, date à laquelle ils sont ramenés à Neuchâtel. Lors du deuxième voyage, les cinq pièces sont de nouveau transportées à Paris le 13 février 1903. Trois d'entre elles reviennent à Neuchâtel le 19 février, les deux autres le 28 juin 1903. Tous calculs faits, il résulte de ces deux voyages pour la différence de longitude Neuchâtel-Paris le chiffre de 18m28s,80. Or, les déterminations les plus modernes de différences de longitudes Neuchâtel-Paris sont celles faites par T. S. F. en 1926 (18m28s,852) et en 1933 (18 m 28s,855) qui donnent en moyenne 18 m 28s,858.

(Lire [Essai d'une détermination de la différence de longitude Paris-Neuchâtel \(1902-1903\), avec transport de l'heure par le rail](#))

Le résultat de 1902-1903 par transport de chronomètres ne diffère donc des résultats modernes que de 0s,058.

Du 18 au 27 mai 1920, 12 chronomètres de bord de M. Paul Ditisheim furent transportés cinq fois de Greenwich à Paris ou de Paris à Greenwich par avion. Toutes les précautions avaient été prises pour caler les chronomètres et tenir compte des variations de température et de pression atmosphérique au cours du voyage. Le premier voyage fut d'une durée anormale par suite du manque d'essence. Pour les quatre autres le trajet s'accomplit en 2 h 45 m en moyenne. La différence de longitude trouvée fut de 9 m 20s,947. Les opérations par T. S. F. de 1926 et de 1933 ont donné respectivement comme résultats 9 m 10s , 9 1 3 et 9 m 10 s , 9 4 6 dont la moyenne vaut 9 m 20s,929. La moyenne obtenue par M. Ditisheim grâce au transport par avion n'en diffère que de 0s,018.

Au cours d'un voyage en Afrique Centrale, le général Tilho a utilisé des chronomètres pour contrôler les différences de longitude. Nous tirons de son article cité plus haut les renseignements suivants qui intéresseront certainement les horlogers:

« Dans les pages qui précèdent, nous nous sommes borné à donner les renseignements généraux et les principaux résultats d'ensemble qui montrent le degré de perfectionnement qu'ont pu atteindre les constructeurs de ces admirables chronomètres de petit format que les marins appellent «montres de torpilleur». Puis plus loin: « De ces écarts remarquablement faibles, on peut conclure que l'on doit avoir plus de confiance, au cours de longs voyages à terre, dans les déterminations de longitude par les transports du temps convenablement exécutés, que dans les longitudes provisoires calculées sur place par la méthode des occultations. Mais il est bien évident que cette conclusion ne présente plus maintenant le moindre intérêt (sinon peut-être d'ordre historique) au point de vue de la solution du problème des longitudes en exploration: depuis 1916, en effet, la télégraphie sans fil a réalisé de tels progrès qu'en tous les points de la terre on peut maintenant recevoir les signaux horaires que les grands postes radiotélégraphiques du monde entier transmettent chaque jour à heures fixes, avec une précision de l'ordre de deux à trois dixièmes de seconde de temps, poulies signaux usuels et de deux à trois centièmes, pour les signaux scientifiques. De telle sorte que tout explorateur un peu entraîné, muni d'une petite antenne et d'un appareil récepteur de T. S. F. simple et peu encombrant, peut régler facilement ses garde-temps sur l'heure du premier méridien avec toute l'exactitude désirable.

La pensée ne me serait donc pas venue de rédiger, en 1942, une notice sur les déterminations de longitudes effectuées entre le Niger et le lac Tchad au cours de nos deux missions de 1903 et 1907, si je n'en avais été prié de la façon la plus flatteuse et la plus pressante par M. Paul Ditisheim, le savant chronométrier qui compte parmi les plus érudits de nos contemporains en matière de science et d'histoire chronométriques: le degré d'exactitude des différences de longitudes que les « montres de torpilleur » permettent de calculer au cours d'une exploration étant le plus sûr critérium de leur précision, je ne pouvais guère hésiter à faire enregistrer par les « Annales de Chronométrie » les témoignages que je viens de présenter ci-dessus. C'est en même temps pour moi une heureuse occasion d'apporter mon modeste hommage de gratitude et d'admiration aux grands horlogers dont les persévérantes recherches ont abouti à la création de ces véritables chefs-d'œuvre de conservation de l'heure que sont les actuels chronomètres de petit format, du volume et de la forme, des montres ordinaires avec échappement à ancre, au lieu de la forme classique des gros chronomètres de marine à échappement libre, lesquels n'en restent pas moins (il est à peine besoin de le dire) les instruments par excellence de réception des signaux rythmés internationaux de T. S. F., quand il s'agit de mesures très précises de longitude. » il n'y a rien à ajouter de plus à ce grand hommage rendu par un militaire à la science chronométrique.

E. GUYOT

Mais en 1906, ce projet de service de l'heure par téléphone à Montsouris est abandonné car un projet de **radiodiffusion de l'heure** à partir de la tour Eiffel voit peu à peu le jour. *

Le projet de Guyot resurgira en 1910, en vain, sous la houlette du nouveau directeur de l'observatoire, l'amiral Ernest Fournier (1842-1934), alors que la France est en pleine discussion pour l'adoption d'une heure légale. La loi du 9 mars 1911 fixera l'heure légale comme « l'heure du temps moyen de Paris retardée de 9 minutes 21 secondes », c'est-à-dire le temps universel.

Il faudra attendre le **14 février 1933** pour qu'une [horloge parlante](#) soit mise en service à l'Observatoire de Paris par son directeur Ernest Esclanton (1876-1954) et que selon ce dernier, « se développe dans le public, une sorte d'habitude de l'heure exacte, [...] le besoin de l'heure précise ».

** Pour sauver la Tour Eiffel de la destruction, le capitaine Ferrié proposa en 1903 à Gustave Eiffel d'installer un réseau militaire de TSF (Télécommunication Sans Fil). La Tour Eiffel était à l'époque la plus haute construction au monde. Elle permettait d'installer de grandes antennes du sommet jusqu'au sol, en plein Paris, pour envoyer ou recevoir des ondes électromagnétiques.*

Gustave Eiffel accepta le 15 décembre 1903 de financer le projet à hauteur de 40 000 francs. Dès 1908, on découvrirait que la portée des ondes pouvait atteindre des distances considérables, de l'ordre de 6 000 km. Henri Poincaré demanda alors à la Chambre des députés de créer un service commercial radiophonique au sommet de la Tour Eiffel. Le projet fut voté le 17 juillet 1909.

Les premiers signaux horaires officiels par TSF datent du 23 mai 1910. En 1911, 6 câbles de 425 m de long partent du sommet de la Tour Eiffel pour atteindre la station souterraine située sous le Champs de Mars à environ 150 m du pilier est. La Tour Eiffel émettait, à 12 h et à 24 h, des signaux horaires donnant exactement l'heure de Paris. Ces signaux étaient extrêmement utiles pour les bateaux en haute mer pour déterminer avec précision leur longitude.

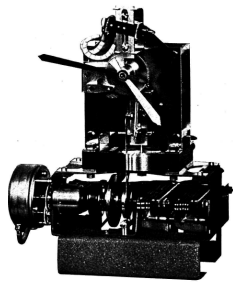
...

1938 Horloge orthochrone de «mise à l'heure» automatique par radio 1er Prix le la Société Suisse de Chronométrie. Brevet Suisse Ch. Piton No. 223349. 24 décembre 1938, 20 h. — Dispositif pour la mise à l'heure automatique d'une horloge au moyen de signaux électriques horaires.

L'horloge orthochrone se compose en principe de 4 parties principales:

- 1) Un récepteur radiotélégraphique,
- 2) Un sélecteur de signaux,
- 3) Un correcteur,

4) Le mouvement d'horlogerie.



Récepteur radiotélégraphique

Puisque l'horloge orthochrone est une "horloge qui se « met à l'heure » par les signaux horaires transmis par radio, il s'agit de recevoir ces signaux et de leur faire subir certaines transformations pour les rendre propres à agir sur les organes de l'horloge chargés de faire la correction ou la « mise à l'heure ».

C'est au récepteur radiotélégraphique qu'est réservé ce rôle. Dans ce but il est basé sur le principe du superhétérodyne ou changement de fréquence avec l'utilisation d'une moyenne fréquence spéciale permettant de recevoir simultanément les émissions de Sottens et celles de Beromunster.

Ceci est la condition nécessaire si l'on veut pouvoir mettre en service le même type d'horloge orthochrone à n'importe quel endroit du territoire Suisse, c'est-à-dire indifféremment à portée de l'un ou de l'autre des deux émetteurs nationaux sans être obligé de construire le récepteur avec des étages d'amplification particulièrement puissants ni de réglage spécial pour Sottens ou pour Beromunster.

Cette propriété du superhétérodyne, de pouvoir recevoir ensemble deux émissions distinctes, qui est gênante dans le cas de la radiophonie, est au contraire très utile pour le récepteur radiotélégraphique pour l'horloge orthochrone qui doit pouvoir être commandé indifféremment par l'un ou l'autre des émetteurs transmettant le signal horaire.

Le récepteur ne possède ni haut-parleur ni cadran, son accord est fixe sur la fréquence de 556 kc/sec. (fréquence de Beromunster) avec une fréquence image de 677 kc/sec. (fréquence de Sottens).

Le récepteur comporte en plus d'un étage changeur de fréquence un étage d'amplification moyenne fréquence, un étage détecteur et un ou deux étages d'amplification basse fréquence avec des circuits accordés sur la fréquence de 1000 p.p. sec. environ (fréquence musicale du signal horaire).

L'étage de puissance attaque un transformateur de sortie suivi lui-même d'un redresseur oxydometal pour fournir une tension puisée à l'un des deux relais du sélecteur et provoquer ainsi l'attraction de ce relais à chaque son transmis par l'émetteur, son qui d'ailleurs reste sous forme de variation électrique.

Le récepteur radiotélégraphique se branche sur le réseau de courant de lumière avec une prise de terre et éventuellement une petite antenne intérieure. Il est, par décision de l'administration des P. T. T., exonéré de la taxe annuelle sur les récepteurs de radio.

Sélecteur de signaux

Le sélecteur de signaux remplace le haut-parleur habituel d'un récepteur radiophonique et a comme fonction principale de faire un tri de ce que lui fournit le récepteur. Ce tri a pour effet de séparer le signal horaire des autres émissions, de l'enregistrer et de déclencher au moyen de cet enregistrement le correcteur pour faire la « mise à l'heure ».

Le sélecteur de signaux agit donc à la façon d'un cerveau qui, par l'entremise de l'oreille perçoit les émissions et qui, à la fin du signal horaire transmet à la main l'impulsion nerveuse qui lui fera corriger la position de l'aiguille de la pendulette pour ce cas habituel où la « mise à l'heure » se fait à la main d'après le signal horaire transmis par radio.

Le sélecteur de signaux est construit de façon à restreindre l'effet perturbateur des parasites radioélectriques qui peuvent atteindre le récepteur, il est placé dans la cage même de l'horloge; Horloge **orthochrone** de démonstration (mouvement d'horlogerie et sélecteur] de l'Exposition Nationale de Zurich il est de dimensions réduites et son fonctionnement est sûr et éprouvé. Il se compose en principe d'un [relais téléphonique](#) double, d'un embrayage magnétique entraînant un groupe de contacteurs rotatifs et un ressort spiral dont la tension s'opère pendant la réception du signal horaire et qui fournit par sa détente l'énergie mécanique nécessaire pour la correction de l'horloge.

Correcteur

L'énergie mécanique emmagasinée dans le ressort spiral du sélecteur est transmise à l'aiguille de l'horloge pour la « mettre à l'heure » par l'intermédiaire du correcteur placé devant la platine d'avant, sous la cadrature. Il agit sur un « V » fixé à la roue de chaussée et a pour effet d'avancer l'aiguille des minutes quand l'horloge retarde et la reculer quand l'horloge avance.

La correction peut se faire pour une avance ou un retard allant jusqu'à 5 minutes; toutefois le cas d'une correction de 5 minutes ne se présentera pas car l'échappement de l'horloge étant réglé le plus exactement possible la variation de l'horloge entre deux émissions du signal horaire ne dépassera probablement jamais une minute.

Si, pour une cause étrangère à l'horloge la correction n'a pas pu se faire un jour donné, soit qu'il y ait eu une panne de courant au moment précis de l'émission du signal, soit qu'il y ait eu un orage et que des parasites trop intenses aient empêché la correction, celle-ci s'effectuera le jour suivant pour le double de l'erreur quotidienne de l'horloge.

Quelles que soient les causes qui pourraient exceptionnellement gêner la « mise à l'heure », le sélecteur ne risquera jamais de faire faire une fausse correction à l'horloge, c'est-à-dire la « mettre à l'heure » à un moment autre que celui qui est choisi à l'avance et d'après lequel est établi le schéma du sélecteur. En général, la correction se fera au premier des six tops qui terminent le signal horaire à midi 29 minutes 55 secondes ou à 16 heures 59 minutes 55 secondes.

Une seule « mise à l'heure » par jour suffit. En conséquence, on pourra régler l'horloge pour qu'elle fonctionne soit au signal de 12 heures 30 soit à celui de 17 heures.

Mouvement d'horlogerie

L'horloge est du type à réserve de marche pour le cas de pannes éventuelles du courant électrique et à remontage automatique par le moyen d'un petit moteur synchrone qui fournit d'ailleurs également l'énergie mécanique pour la tension du ressort spiral du sélecteur dont la détente provoque la correction.

Lorsque le ressort du barillet est tendu, un frein vient automatiquement arrêter le moteur et l'effet de ce frein est supprimé pendant l'émission du signal horaire, la rotation du moteur étant nécessaire pour tendre le ressort spiral du sélecteur.

Une came faisant 1 tour en 24 heures et en liaison avec le rouage de l'horloge par l'intermédiaire de l'axe de la roue de minuterie provoque 5 minutes avant et 5 minutes après l'émission du signal le basculement brusque d'un interrupteur à mercure. Cet interrupteur enclenche pendant 10 minutes le courant d'alimentation du récepteur de radio qui se trouve ainsi en état

de recevoir le signal horaire et les émissions le précédant et lui succédant.

C'est au sélecteur qu'incombe le soin de faire le tri parmi les émissions et d'en extraire le signal horaire.

L'horloge peut posséder également une aiguille des secondes et dans ce cas la correction affectera à la fois la position de l'aiguille des minutes et celle de l'aiguille des secondes.

Pour une horloge de précision dont on désire connaître la variation diurne, le correcteur au lieu de déplacer les aiguilles mettra en marche une aiguille trotteuse qui permettra de mesurer aisément l'écart de marche diurne.

Le cabinet de l'horloge a approximativement le même encombrement que celui d'une horloge courante et il renferme tout l'ensemble de l'horloge orthochrone, récepteur radiotélégraphique compris.

Les aiguilles de l'horloge ne sont pas accessibles, le cabinet est plombé et le fonctionnement de même que la marche sans variation (l'erreur diurne exceptée) est garanti par le constructeur pour un certain nombre d'années.

CONCLUSION

Les épreuves subies par le prototype d'horloge orthochrone amènent à la conclusion que cette horloge sera dans un avenir prochain indispensable à quiconque voudra l'heure exacte, son prix de revient et ses caractéristiques en font une horloge courante de grande précision.

L'horloge orthochrone marque du reste une étape dans le développement de la radio et démontre les possibilités d'applications des derniers perfectionnements techniques dans le développement conjuré de l'horlogerie et de la radioélectricité.

Charles PITON.

Charles Piton (1907-1997), est un technicien-électricien. En 1940 il met à point la première horloge radio contrôlée.

Documents techniques produits par Charles Piton, portant surtout sur son appareil pour la correction automatique de l'heure et sur les signaux horaires en général.

Correspondances (avec la SSR, l'Observatoire cantonal de Neuchâtel, Adolf Ogi, etc.), des coupures de presse relatives à Charles Piton et au système CORIC.

Sa pendulette électrique qui est une preuve nouvelle que l'industrie suisse est toujours à l'avant garde dans le domaine de l'horlogerie. Cette pendulette a la propriété d'être pilotée par l'observatoire chronométrique de Neuchâtel, lequel la remet à l'heure journalièrement de façon absolument automatique et cela sans fil. Elle est dotée d'un cerveau électro-mécanique qui réagit au signal horaire et qui déclenche le mécanisme de correction des aiguilles. Au 10ème de seconde, s'il vous plaît.

Note. — La majorité des pièces détachées du prototype d'horloge orthochrone ont été exécutées par l'Ecole de Mécanique et d'Horlogerie de St-Imier qui avait, d'autre part, exposé une horloge à «mise à l'heure» automatique de démonstration à l'Exposition Nationale de Zurich dans le stand des Ecoles Techniques.