

Signaux horaires et fréquences-étalon

Autor(en): **Wyser, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **37 (1959)**

Heft 1: **Zeit- und Frequenzbestimmung = La détermination du temps et de la fréquence**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875423>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Signaux horaires et fréquences-étalon

389.28

Introduction

On demande aux émissions horaires une précision sans cesse accrue. Signalons que les différents centres (dont le Laboratoire suisse de recherches horlogères à Neuchâtel) s'occupant de la mise au point d'étalons de fréquence atomiques ou moléculaires, demandent des signaux leur permettant la comparaison de leurs résultats à 10^{-9} et même 10^{-10} par des mesures de quelques jours de durée.

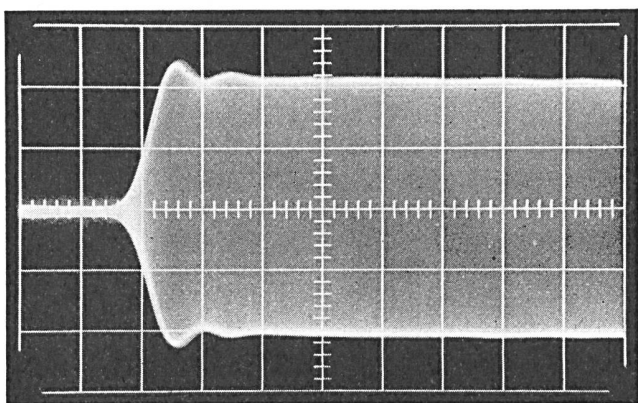


Fig. 1. Enveloppe du top-seconde du signal HBB 96,05 kHz.
Vitesse de balayage 1 ms par division

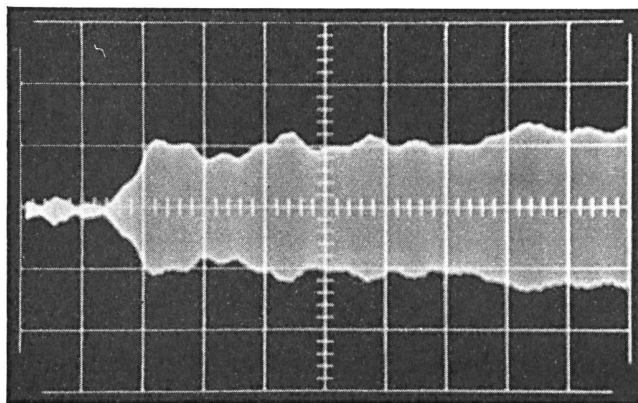


Fig. 2. Enveloppe du top-seconde du signal RWM 5 14,88 MHz.
Vitesse de balayage 2 ms par division

Cette communication a pour but la présentation de quelques problèmes et résultats ayant trait à la précision des émissions horaires, précision dépendant des conditions d'émission, de transmission et de réception. Cette communication se réfère en partie aux résultats obtenus à l'Observatoire de Neuchâtel et en partie aux travaux groupés par la Commission VII du CCIR lors de sa réunion à Genève en août 1958.

Définitions

Pour distinguer les émissions de signaux horaires de celles de fréquences-étalon, nous pouvons donner les deux définitions suivantes:

a. *Les signaux horaires* sont des émissions de battements de secondes données pendant quelques minutes en télégraphie, généralement non modulée, par des émetteurs commerciaux, et dont la porteuse n'est contrôlée qu'à 10^{-6} . Ces émissions permettent des mesures d'état. La seconde zéro est repérée par prolongation du top-seconde ou par sa suppression. Quelques émissions sont encore faites avec 61 battements à la minute, permettant des comparaisons faites directement à l'oreille, mais de précision faible.

b. *Les émissions de fréquences-étalon* sont données par des émetteurs dont la porteuse doit être précise

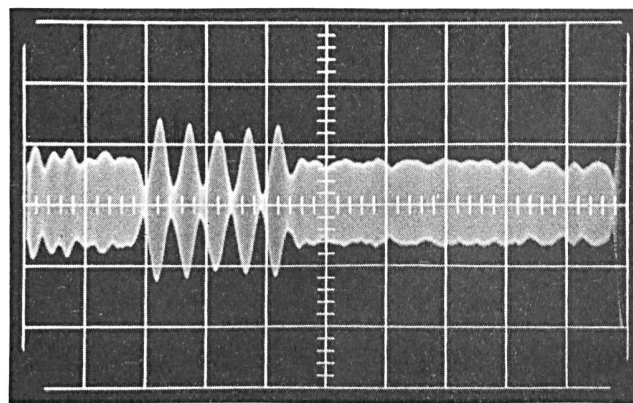


Fig. 3. Enveloppe du top-seconde du signal MSF 10 MHz.
Vitesse de balayage 2 ms par division.

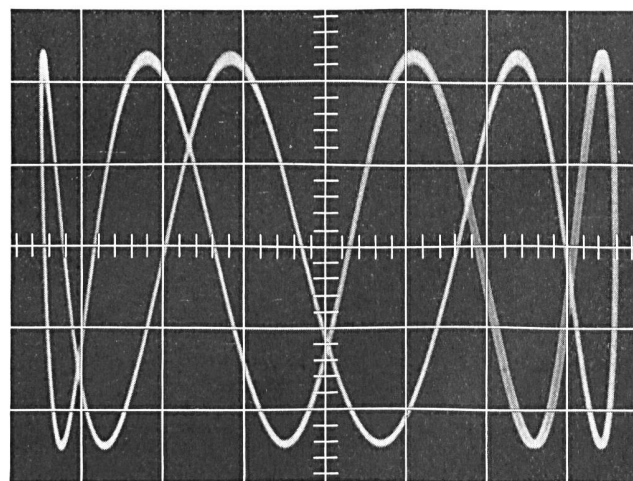


Fig. 4. Figure de Lissajous entre le 10 kHz d'une horloge à quartz et la porteuse de MSF 60 kHz, à sa réception à Neuchâtel

à $\pm 10^{-8}$ en valeur absolue avec des écarts d'un jour à l'autre plus petits que $\pm 10^{-9}$. Sur la porteuse peuvent être modulés, soit une basse fréquence-étalon (440, 500 ou 1000 Hz), soit des tops-secondes formés de 4 ou 5 oscillations de 1000 Hz ou de trous dans la porteuse. Les émissions de ce type, faites généralement 24 heures par jour, permettent soit des mesures d'état, soit des comparaisons directes de fréquences.

Réception

Etudions tout d'abord avec quelle précision on peut recevoir ces émissions.

a. *Les mesures d'état* peuvent se faire à l'aide de méthodes oscillographiques. A l'Observatoire, nous

déformer le signal et les retards introduits doivent être constants. Nous employons, par exemple, un récepteur de trafic «Collins» dont les retards mesurés sur la moyenne fréquence ont donné pour toutes les bandes les valeurs constantes suivantes:

pour bande passante de 6 kHz = $(6 \pm 1) \cdot 10^{-4}$ s
 pour bande passante de 3 kHz = $(8 \pm 1) \cdot 10^{-4}$ s
 pour bande passante de 1 kHz = $(14 \pm 1) \cdot 10^{-4}$ s

A titre d'exemple, les oscillogrammes 1, 2 et 3 montrent l'enveloppe des tops des signaux HBB 96.05 kHz, RWM 5 14.88 MHz et MSF 10 MHz, pris à la moyenne fréquence des récepteurs, à leur réception à Neuchâtel.

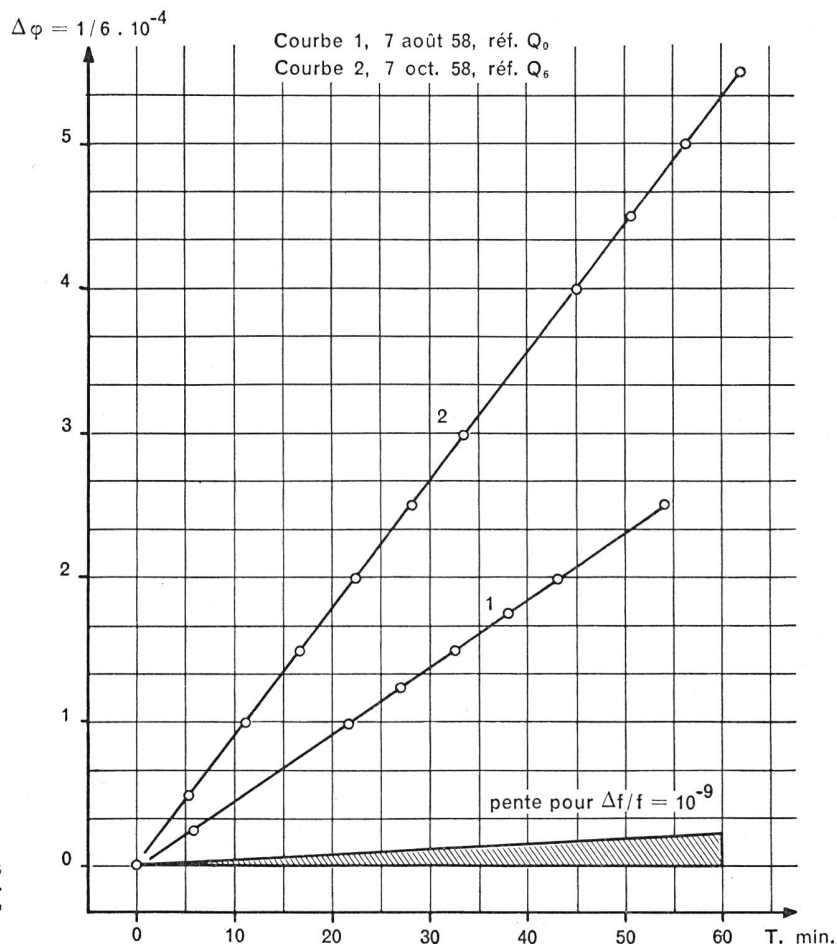


Fig. 5. Réception MSF 60 kHz: graphique donnant les écarts de fréquence mesurés sur 1 heure par figure de Lissajous, entre la porteuse de MSF 60 kHz et le 10 kHz de l'horloge directrice

employons un oscilloscope dont la base de temps est déclenchée par une impulsion de référence, retardable de 0 à 1 seconde par pas de un dix-millième de seconde, par un compteur à présélection. Le signal pris à la moyenne fréquence du récepteur (~ 400 kHz), ce qui donne l'enveloppe de la porteuse, est amené sur un repère de l'oscilloscope en déphasant l'impulsion de référence d'une quantité lue sur le compteur. Une telle méthode permet de mesurer l'état de bons signaux au dix-millième. Le récepteur doit évidemment satisfaire à certaines conditions. Il lui faut des filtres de bandes relativement larges pour ne pas trop

b. *Les comparaisons de fréquences* nécessitent l'emploi de récepteurs à amplification directe. Par figure de Lissajous, la comparaison entre la porteuse d'un émetteur étalon et la fréquence d'un oscillateur peut se faire à 10^{-9} et même quelques unités 10^{-10} par des mesures de quelques minutes à une heure. A titre d'exemple, la figure 4 montre la netteté de la figure de Lissajous photographiée sur un oscillographe et obtenue entre le 10 kHz d'une horloge et le 60 kHz de la porteuse de MSF reçue à l'Observatoire à l'aide d'un récepteur prototype. La figure 5 montre une comparaison de fréquences faite sur une heure en chrono-

métrant les temps entre deux croisements des maxima du 60 kHz. On voit qu'une telle méthode permet de mesurer des fréquences avec une précision voisine de 10^{-10} .

Emission

A partir du 100 kHz pilote d'une horloge à quartz, on peut former électroniquement, à l'aide de flip-flops, des signaux reproductibles à la microseconde

que le dix-millième de seconde à sa réception à Neuchâtel depuis plus d'une année (fig. 6).

Transmission

La précision des émissions horaires est surtout affectée par les conditions de transmission. Pour étudier les phénomènes de transmission, nous devons grouper les émissions horaires selon leurs bandes d'émission.

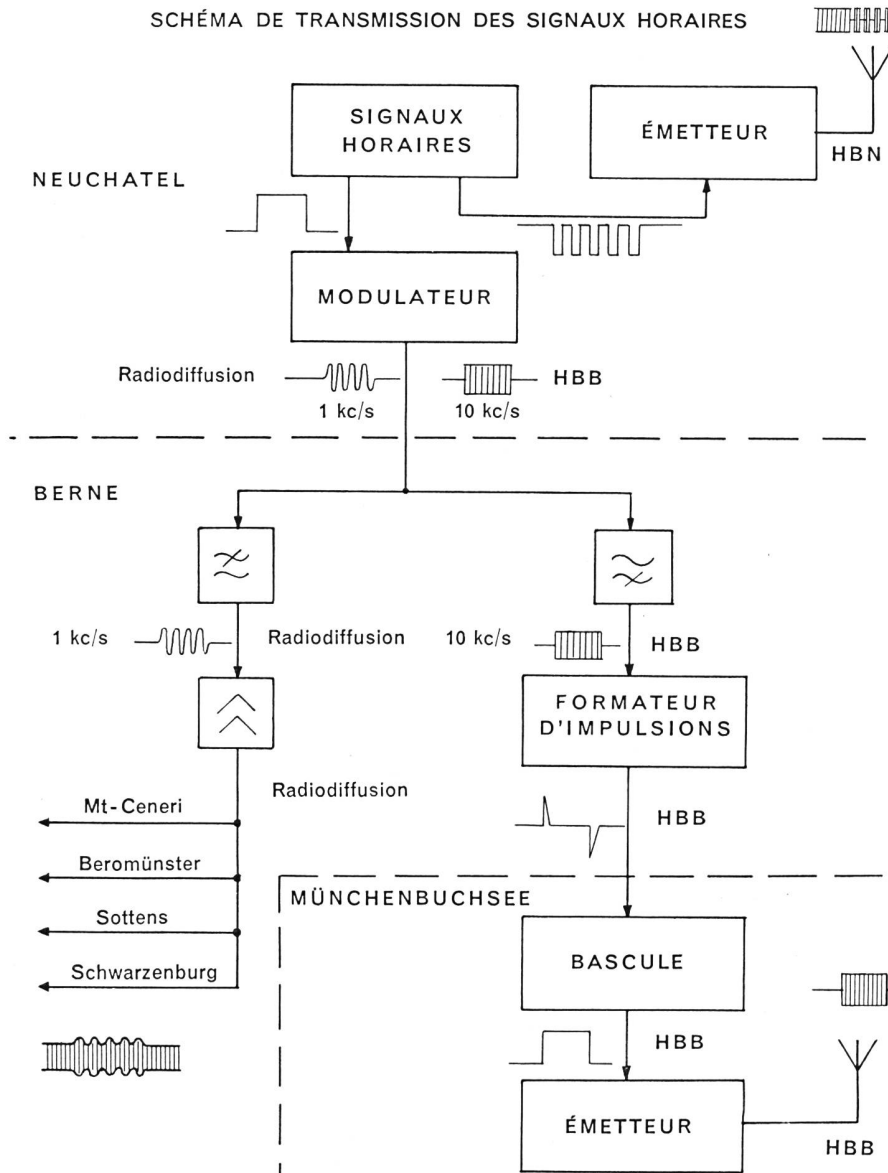


Fig. 6.
Schéma de transmission des signaux horaires entre l'Observatoire de Neuchâtel et les différents émetteurs

avec des temps de montée de quelques microsecondes. Le temps de montée est évidemment augmenté par la bande passante de l'émetteur et la reproductibilité dépend des conditions de transmission de l'appareil pilote à l'émetteur. Mais pour une transmission relativement compliquée du signal HBB de Neuchâtel à Münchenbuchsee, où nous avons dû tenir compte des installations téléphoniques existantes, la reproductibilité de ce signal est meilleure

a. Bande 4: 3...30 kHz.

Dans cette bande, seules les ondes directes sont transmises, d'où la grande stabilité de ces émissions. On peut dire que le retard d'un signal augmente d'un dix-millième de seconde chaque 30 km (27-30). Ces émissions ont, d'autre part, une grande portée. Des rapports américains remis à la Commission VII du CCIR à Genève en août 1958 prévoient qu'un seul émetteur de fréquences-étalon, éventuellement 2

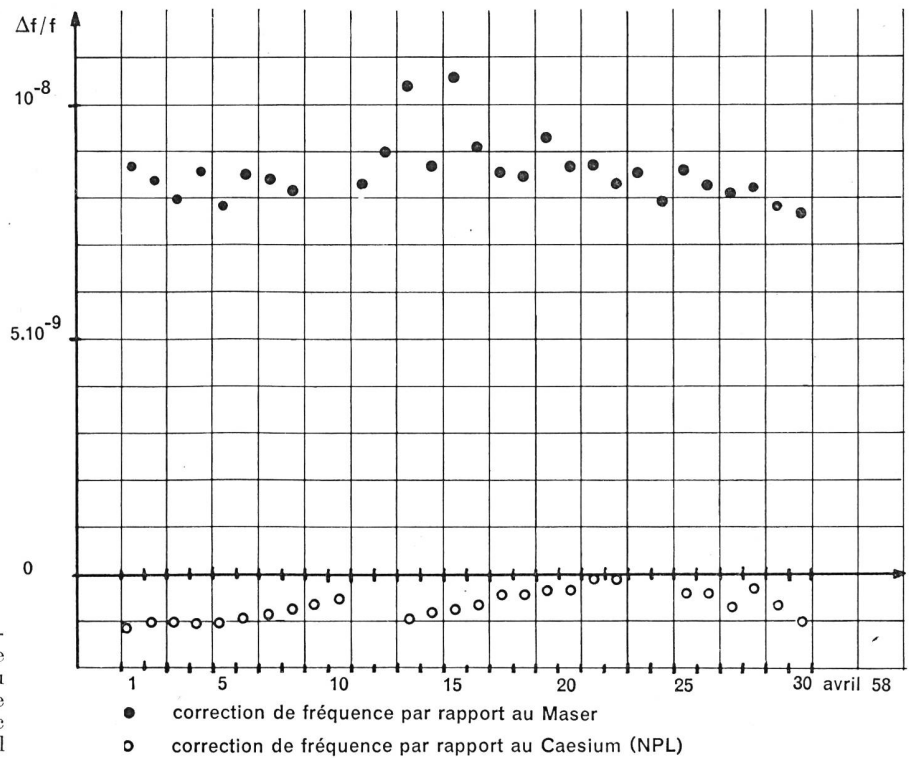


Fig. 7.

Réception MSF 60 kHz: graphique donnant les comparaisons de la fréquence porteuse de MSF 60 kHz à l'étalon au Caesium du NPL de Teddington lors de son émission et à un étalon à ammoniac du LSRH lors de sa réception à Neuchâtel

ou 3 synchronisés, suffirait à la diffusion d'une fréquence-étalon de 20 kHz pour toute la terre.

b. *Bandes 5 et 6 inférieure: 30...500 kHz.*

Dans cette bande, la stabilité reste bonne, seule l'onde directe est reçue, mais la portée reste limitée à quelques milliers de kilomètres. Pour des émissions à courte distance, c'est la meilleure bande de fréquence.

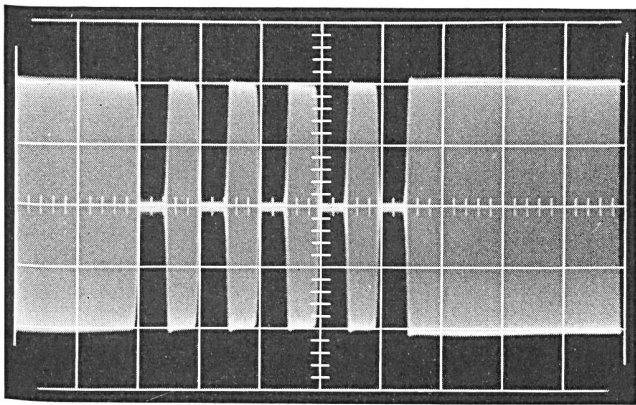


Fig. 8. Enveloppe du top-seconde de HBN lors de son émission. Vitesse de balayage 2 ms par division

À titre d'exemple, la figure 5 montre sur une heure la stabilité de la phase de MSF 60 kHz comparée à une horloge à quartz. La figure 7 montre, sur une quinzaine de jours, les comparaisons de fréquences entre MSF et le Maser de Neuchâtel à sa réception et entre MSF et l'étalon au Caesium du NPL de Teddington à son émission. La précision de cette comparaison est d'environ 10^{-9} et est limitée actuellement par la qualité des horloges à quartz.

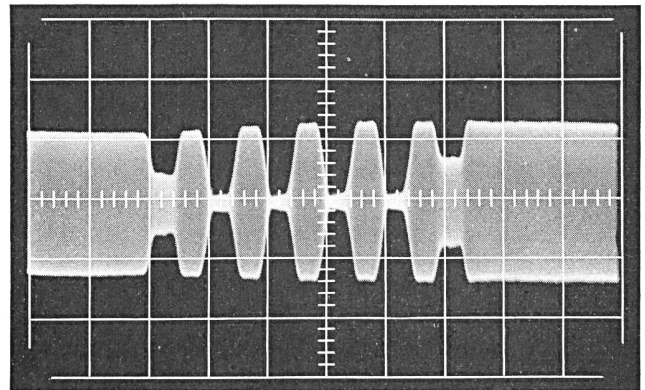


Fig. 9. Réception de HBN à la Vue-des-Alpes. On distingue deux tops, le top de l'onde directe et 2 ms plus tard le top d'une onde réfractée. Vitesse de balayage 2 ms par division

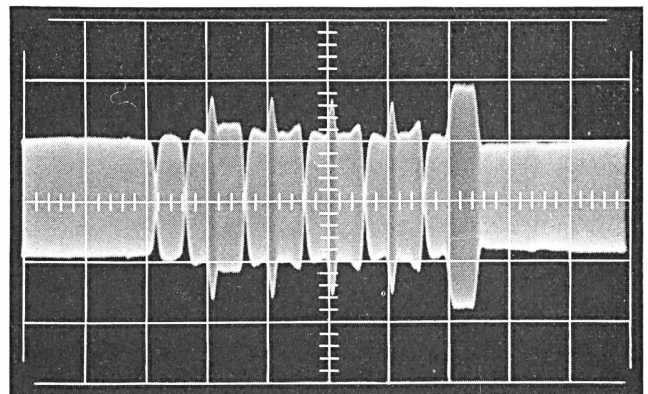


Fig. 10. Réception de HBN à la Vue-des-Alpes. Interférence destructive sauf pour la dernière impulsion, entre deux ondes de modes de propagation différents. Vitesse de balayage 2 ms par division

RÉCEPTION MSF 10 MHz

Etat des tops par rapport à directrice à 8, 14 et 20 TU

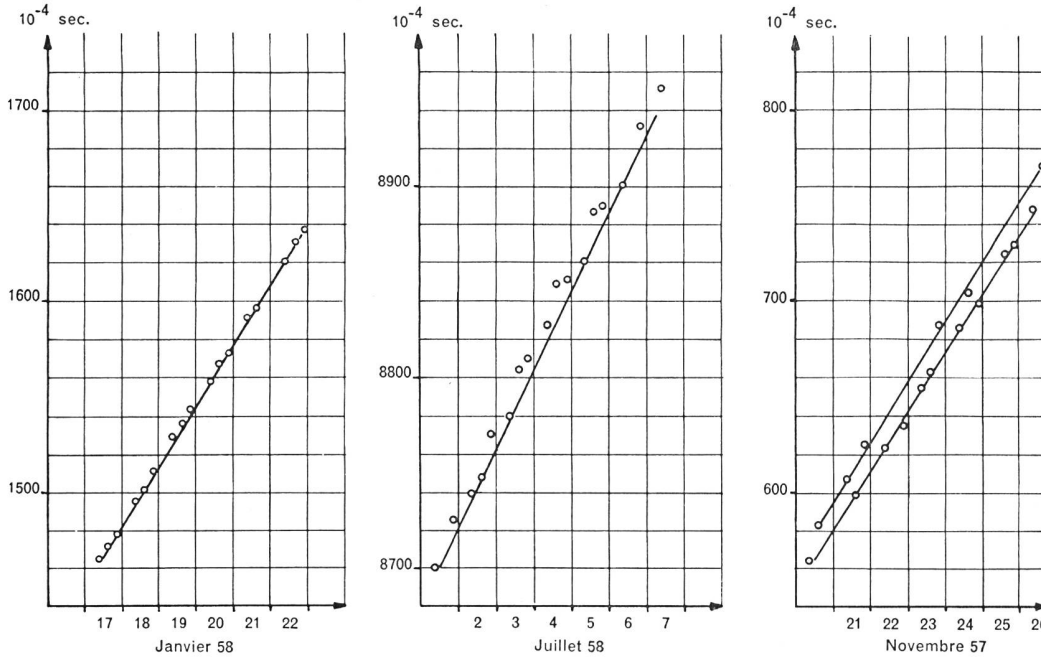


Fig. 11. Graphique des états des tops de MSF 10 MHz par rapport à l'horloge directrice, à leur réception à Neuchâtel

c. Bandes 6 supérieure et 7 : 1...30 MHz.

Dans cette bande, les fréquences 2,5, 5, 10, 15, 20 et 25 MHz sont attribuées aux émetteurs de fréquences-étalon. Si la portée est souvent très grande, les interférences entre les différentes ondes

réfractées par les couches ionisées de la haute atmosphère sont gênantes. Elles peuvent donner des écarts de plusieurs millisecondes lors de mesures d'état et des oscillations de phases dues aux variations d'altitude de ces couches (effet *Doppler*). D'autre part,

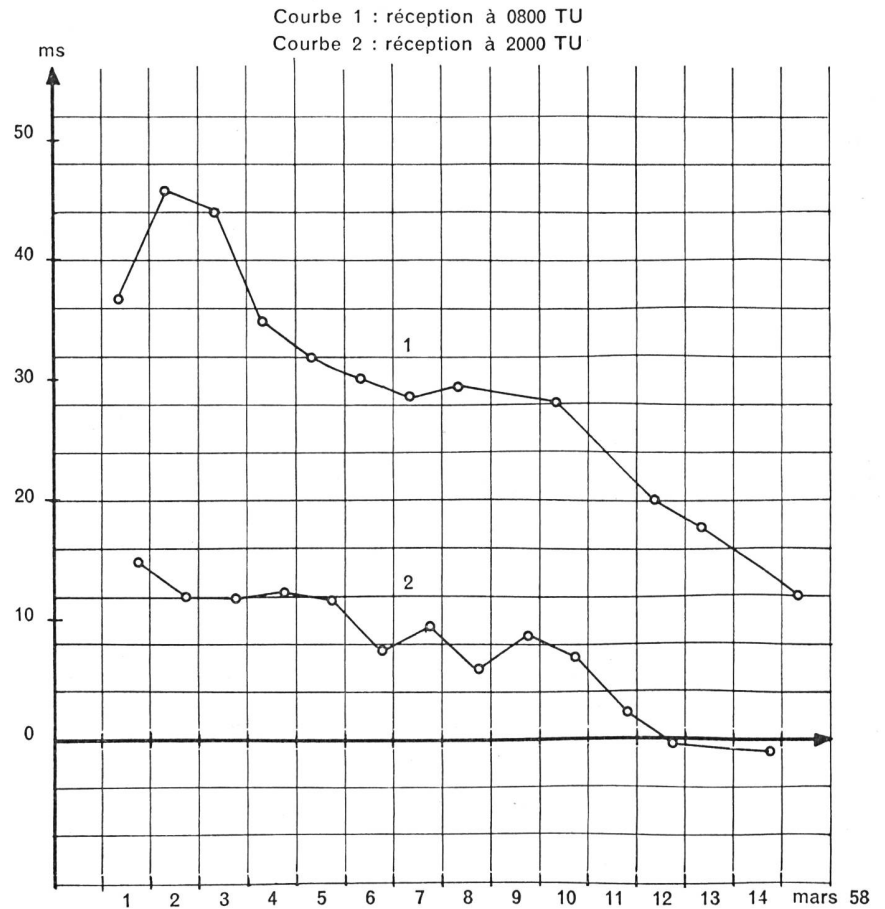


Fig. 12. Graphique des états des tops de VHP 2 12 908,5 kHz par rapport à l'horloge directrice, à leur réception à Neuchâtel

les phénomènes de superpropagation, c'est-à-dire la réception de signaux pouvant venir d'un côté ou de l'autre de la terre, donnent des différences de plusieurs centièmes de secondes.

Les figures 8, 9, 10 montrent le top d'HBN à son émission et à sa réception à la Vue-des-Alpes. Sur la figure 10, nous remarquons que seule une méthode oscillographique permet de trouver encore le début du top. Un amplificateur basse fréquence, commandant par exemple un chronographe, déclencherait celui-ci sur la dernière impulsion, c'est-à-dire avec un retard d'un centième.

La figure 11 montre, sur des périodes de quelques jours, l'état du top de MSF 10 MHz mesuré 3 fois par jour à l'Observatoire de Neuchâtel, et à différentes époques de l'année. Dans la première période, seule une des ondes a été reçue. Dans la deuxième période, on trouve nettement trois états, l'onde directe (points sur la droite) et deux ondes réfractées (peut-être une sur la même couche dont la hauteur varie suivant le jour). Dans la troisième période, seules deux ondes ont été reçues.

La figure 12 montre la réception de VHP2 (12 908.5 kHz) (Australie) faite deux fois par jour. Il met en évidence les phénomènes de superpropagation. Pour le signal de 9.00 h, c'est le trajet le plus court qui se trouve au soleil, tandis que pour celui de 21.00 h, c'est le plus long, d'où la différence d'environ deux centièmes entre les deux états mesurés.

Conclusions

Nos moyens actuels permettent des émissions et des réceptions de signaux horaires au dix-millième et de fréquences à 10^{-10} . La précision des émissions horaires dépend encore de l'étude et du choix des bandes de fréquence. Si, il y a encore quelques années, on préférait les bandes de 1-30 MHz du fait des grandes portées, on étudie actuellement plutôt les bandes de 3 à 500 kHz du fait de leur stabilité, ce qui augmente la précision. Enfin, on envisage la possibilité d'émissions locales de fréquences dans la bande 8 (30-300 MHz) par les canaux de télévision ou de modulation de fréquence. Un rapport déposé par l'Allemagne au CCIR mentionne des essais faits dans ce pays.

Adresse de l'auteur: Ch. Wyser, Observatoire de Neuchâtel.

K. J. BOHREN, BERN

Der Zeitdienst der

Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung

621.395.91

Einleitung

Auf dem Gebiet der Zeit- und Frequenzbestimmung fallen der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung vorwiegend praktisch-technische Aufgaben zu. Von Anfang an haben gerade drahtgebundene Zeitzeichenübertragungen oft nur den Zweck gehabt, Zeitangaben im Sinn eines regelmässigen Dienstes zu vermitteln, sei es etwa für die Belange von Eisenbahn und Telegraph, sei es für andere Ansprüche in allen Bereichen unserer hochorganisierten Welt.

Ausser der wissenschaftlichen Zeitsignalverbreitung ist daher eine weitläufige Technik der elektrischen Zeitvermittlung und Uhrensteuerung entstanden. In steter Entwicklung sind ungezählte öffentliche und private Uhrenanlagen geschaffen worden. Für viele unter ihnen stellt die PTT-Verwaltung Leitungen zur Verfügung. Darüber hinaus besitzt sie in der sprechenden Uhr die wohl ausgedehnteste Uhrenanlage unseres Landes.

Die *sprechende Uhr*, deren Einführung in das Telephonnetz der Schweiz bald ein Vierteljahrhundert zurückliegt, dient heute nicht nur Zehntausenden von regelmässigen und gelegentlichen Benützern, sondern sie ist auch die Zeitbasis, nach der die Grosszahl der Uhrenanlagen der Schweiz gerichtet wird.

Ihrer Bedeutung Rechnung tragend, ist in den letzten Jahren die Ausrüstung der sprechenden Uhr erneuert worden, wobei in Zusammenarbeit mit Firmen der Schweizerischen Industrie neue Wege beschritten werden konnten. Eine Verbesserung der Genauigkeit und weitere Ergänzungen erlaubten es, das frühere, durch die handbedienten Zentralen vermittelte Telephonzeitzeichen aufzuheben. Damit ist die sprechende Uhr zur alleinigen Trägerin des heutigen, vollautomatischen Zeitdienstes der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung geworden.

Nachfolgend soll die Anlage kurz beschrieben werden. Vorauszuschicken ist, dass hier nicht nur Forderungen in bezug auf Genauigkeit und Sicherheit erfüllt werden müssen, sondern ebensowohl die Wirtschaftlichkeit in der Anschaffung und im Betrieb zu gewährleisten ist.

Gesamtkonzeption

Die sprechende Uhr macht jede Minute fünf Zeitansagen, nämlich die runde Minute, ferner die 10te, 20ste, 30ste und 40ste Sekunde. Etwa zwei Sekunden nach dem Schluss der Ansage folgt ein Tonsignal von 100 ms Dauer, dessen Beginn den angesagten Zeitpunkt bezeichnet. Im Falle der ganzen Minute be-