

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri
Herausgeber:	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
Band:	54 (1976)
Heft:	1
Artikel:	Propos concernant la technique du son dans les studios de radiodiffusion en Suisse
Autor:	Werner, Paul-Henri
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-875816

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Propos concernant la technique du son dans les studios de radiodiffusion en Suisse

Paul-Henri WERNER, Berne

621.396.712.3(494):534.85/86:681 .84

Betrachtungen über die Tontechnik in den Rundfunkstudios der Schweiz

Zusammenfassung. Die Konzession, die die PTT-Betriebe mit der Schweizerischen Rundspruchgesellschaft verbindet, sieht vor, dass die technischen Ausrüstungen in den Rundfunk- und Fernsehstudios von den PTT geliefert werden. Der Autor beschreibt die historische Abwicklung der Tonausrüstungen, die Prinzipien der neuern Anlagen sowie die Zukunftsaussichten.

Résumé. Conformément à la concession qui lie la Société suisse de radiodiffusion aux PTT, ces derniers fournissent les équipements techniques de nos studios de radiodiffusion et de télévision. L'auteur fait l'historique des équipements du son; il décrit les principes des installations récentes et les perspectives d'évolution.

Considerazioni in merito alla tecnica del suono negli studi radiofonici della Svizzera

Riassunto. La concessione che lega la Società svizzera di radiotelevisione all'Azienda delle PTT prevede che quest'ultima fornisce le apparecchiature tecniche per gli studi della radio e della televisione. L'autore descrive lo sviluppo storico degli equipaggiamenti del suono, i principi dei nuovi impianti e le future evoluzioni.

1 Historique

11 Circuits de transmission

La conception des studios de radiodiffusion d'il y a une trentaine d'années était basée sur la centralisation des équipements techniques, en particulier des amplificateurs, qui se trouvaient tous réunis dans un même local. Un tableau de coordonnées permettait, au moyen de fiches ou de «Jacks», d'établir des circuits de transmission selon les besoins momentanés des régies. Ces commutations concernaient simultanément les circuits de la signalisation qui donnent l'ordre de départ des séquences du programme. Les pupitres des régies ne comportaient donc que des éléments passifs, potentiomètres circulaires ou rectilignes servant au réglage du gain, et un modulomètre. Cette solution était motivée par le prix et l'encombrement des amplificateurs. Elle découlait aussi un peu des habitudes des spécialistes de la téléphonie qui ne redoutaient pas les commutations complexes et les nombreuses lignes de va-et-vient entre les pupitres des régies et la station amplificatrice. Dans les studios, comme aux PTT, le gain de puissance des circuits était mesuré en népers et le niveau contrôlé était celui de quasi-crête, exprimé également en népers. Il n'y avait pas de protection contre les surmodulations jusqu'aux émetteurs où se trouvait un limiteur sur la ligne entrante. Aux studios, la courbe de réponse atteignait déjà 15 kHz, mais elle était limitée à 8 kHz par les lignes de transmission pupinisées à 15 mHy.

12 Lecture des disques de phonographe

Jusqu'en 1950, seuls des disques à 78 t/min étaient joués dans les régies au moyen de tables de lecture Neumann, dont le plateau très lourd était entraîné directement par un moteur synchrone tournant à 78 tours. Le repérage des séquences se faisait généralement à l'aide d'un crayon gras qui n'entraînait nullement le passage de l'aiguille d'un pick-up pesant 20 à 40 grammes!; pour atténuer le bruit de fond, la courbe de réponse était limitée à 4 kHz par un filtre à flanc très raide. Ce filtre éliminait en outre la résonance des pick-up qui se situait à environ 6 kHz; il était combiné avec l'accentuation des basses fréquences que requérait la caractéristique d'enregistrement des disques. Le recul du bruit de fond était de l'ordre de 35 dB et on s'en accommodait fort bien. Nous étions harcelés, à cette époque, par les fabricants d'aiguilles d'acier dont il fallait mesurer le rayon de courbure, la durée de vie et la répercussion de leurs caractéristiques sur l'usure des disques. Cette technique avait l'avantage d'un repérage facile du sillon, les équipements étaient robustes et le déraillement du pick-up était quasi inexistant. Les lecteurs étaient du type dynamique à bobine mobile.

ques sur l'usure des disques. Cette technique avait l'avantage d'un repérage facile du sillon, les équipements étaient robustes et le déraillement du pick-up était quasi inexistant. Les lecteurs étaient du type dynamique à bobine mobile.

13 L'enregistrement du son

131 Le disque de phonographe

Le mode d'enregistrement essentiellement utilisé dans les studios jusqu'en 1945 était la gravure de disques à 78 tours en matières dont la structure toujours plus fine permit un affaiblissement gradué du bruit de fond. Les derniers supports étaient constitués par une âme d'aluminium recouverte d'un vernis cellulosique dont le copeau qui se dégageait de la gravure sortait d'un fil ininterrompu, aspiré dans une tuyère. Le bruit de fond était également conditionné par la qualité des burins, la température et le degré d'humidité du milieu de conservation des disques vierges. L'amplitude de la gravure était contrôlée au moyen d'une source lumineuse à faisceau parallèle faisant apparaître la bande lumineuse dont Meyer avait établi la théorie en 1930. Cette méthode est d'ailleurs encore utilisée pour déterminer la courbe de réponse des graveurs de disques. La fréquence limite des graveurs était d'environ 6 kHz; elle correspondait généralement à la résonance du système, dont l'effet sur la courbe de réponse était atténué au moyen d'une graisse spéciale contenue dans le dispositif électromagnétique.

La durée d'enregistrement n'étant au maximum que de 5 minutes par face, il fallait, à 15 secondes de la fin, commencer à enregistrer sur le disque suivant afin de permettre, en lecture, de synchroniser puis d'enchaîner d'un disque à l'autre. Toute cette technique demandait beaucoup de doigté, en particulier lors de transmissions extérieures où les conditions climatiques n'étaient pas toujours idéales. Le prix élevé des disques et l'obligation de recommencer toute une face lorsqu'une faute grave était commise contraignait les producteurs du programme à se concentrer au moins par séquences de 5 minutes!

132 Le Philips Miller

Pour les enregistrements de longue durée, quelques studios disposaient d'une paire de machines dont le support des sons était un film transparent recouvert d'une couche noire que l'on gravait en profondeur au moyen d'un burin très obtus; les fluctuations de la modulation produisaient ainsi de fortes variations de largeur de la piste transparente.

La lecture, au moyen d'une cellule photoélectrique, pouvait se faire pendant l'enregistrement. La qualité était très bonne mais le prix d'environ 100 francs l'heure d'enregistrement limitait l'utilisation de ce procédé aux enregistrements de grande valeur. Comme pour le disque, la coupe et par conséquent le bruit de fond dépendaient de la qualité du film et des propriétés des burins.

133 L'enregistrement magnétique

Les studios qui n'étaient pas dotés d'appareils Philips Miller disposaient de machines à bande d'acier. La bande était magnétisée longitudinalement à la saturation par une première tête, puis le flux rémanent était modulé par la tête d'enregistrement, parcourue uniquement par le courant basse fréquence du programme. La tête de lecture était semblable à celle d'enregistrement. Les performances étaient bonnes en ce qui concerne la courbe de réponse et la distorsion; mais le bruit de fond, dû aux irrégularités magnétiques de la bande d'acier, était élevé. Les pôles des têtes étaient disposés de part et d'autre de la bande avec un décalage qui constituait l'entrefer, la dispersion était élevée; par conséquent, la vitesse du support avait été normalisée à 1,5 m/s pour permettre d'enregistrer jusqu'à 7 kHz. La figure 1 représente ce type de machine dont la durée d'une bobine, pesant environ 10 kg, était de 30 minutes.

14 Les microphones

Contrairement à ce que l'on peut supposer, les microphones étaient déjà de bonne qualité; ils étaient très chers mais leur courbe de réponse s'étendait à 12 ou 15 kHz avec de faibles fluctuations. Les modèles dynamiques cardioïdes étaient une combinaison d'un microphone à bobine mobile omnidirectionnel et d'un système à ruban bidirectionnel. L'inconvénient majeur résidait dans leur volume considéra-

ble et leur poids. Ce même inconvénient existait aussi pour les microphones à condensateur dont l'amplificateur était un cylindre de 10 cm de diamètre et 30 cm de hauteur, surmonté de l'un ou l'autre des modèles de capsules omnidirectionnelle, bidirectionnelle ou cardioïde.

15 L'acoustique des studios

Au début de la radiodiffusion, l'acoustique traitée empiriquement avec des rideaux, paravents et autres éléments disparates fut assez mauvaise pour que les responsables des équipements techniques s'intéressent à concilier les qualités acoustiques des studios avec celles du matériel de transmission. L'acoustique était un domaine nouveau qui nécessita bien des études au moyen d'instruments de mesure lourds et encombrants. De plus, les matériaux acoustiques utilisables pour le revêtement des studios étaient peu nombreux, de sorte qu'il n'était pas toujours facile de satisfaire simultanément aux critères techniques et esthétiques.

2 Le développement jusqu'à l'état actuel

21 Les pupitres des régies

Le développement de la technique, en particulier des tubes électroniques dont le gain est très élevé, permit, en 1952, de réaliser des amplificateurs modulaires. Dans une première étape de décentralisation, ils furent montés dans des baies placées dans les régies. Bien qu'un câblage encore important subsistât entre les éléments passifs des pupitres et les baies, il était toutefois beaucoup plus court que précédemment et, par conséquent, meilleur marché. La maison Studer à Zurich qui, au début, en 1947, s'était consacrée uniquement à l'enregistrement magnétique, réalisa un potentiomètre rectiligne comprenant un amplificateur à tubes. Une série d'amplificateurs de reportage à 6 voies fut construite selon ce principe et ils sont encore en service depuis 1959. Leurs performances sont très élevées; d'autre part, le potentiomètre étant inséré au bon endroit dans le circuit d'amplification, il n'y a aucun risque de saturation, contrairement à ce qui se produit dans des chaînes d'amplificateurs. Le mélange des voies étant asymétrique, le nombre de transformateurs insérés dans les circuits est réduit au maximum, au profit de la qualité de transmission des transitoires.

A la même époque débuta l'application des transistors; les amplificateurs de microphone, de ligne, de haut-parleur furent transistorisés en 1959 par la maison Zellweger à Uster et ils prirent place directement dans le corps des nouveaux pupitres de régie; dans une deuxième étape, le module fut encore réduit, ce qui permit à la maison Standard Téléphone & Radio SA de réaliser des pupitres à très grand nombre de voies, nécessitant toutefois un câblage coûteux. Cet inconvénient a été supprimé dans les dernières réalisations de la maison Studer, qui, modernisant ses équipements à tubes, construit des unités amplificatrices transistorisées comprenant le potentiomètre rectiligne de réglage du gain. Cette conception évolue pour aboutir à des unités enfichables complètes comprenant: un inverseur de phase, un préatténuateur à décades, un filtre variable d'affaiblissement et d'accentuation aux extrémités de la bande passante, un filtre de présence, l'introduction de la réverbération artificielle et, enfin, le potentiomètre rectiligne du régisseur. La figure 2 représente deux éléments enfichables constituant une unité de transmission. Le bruit de fond de cette combinaison n'est que 2...5 dB supérieur à la valeur théorique.

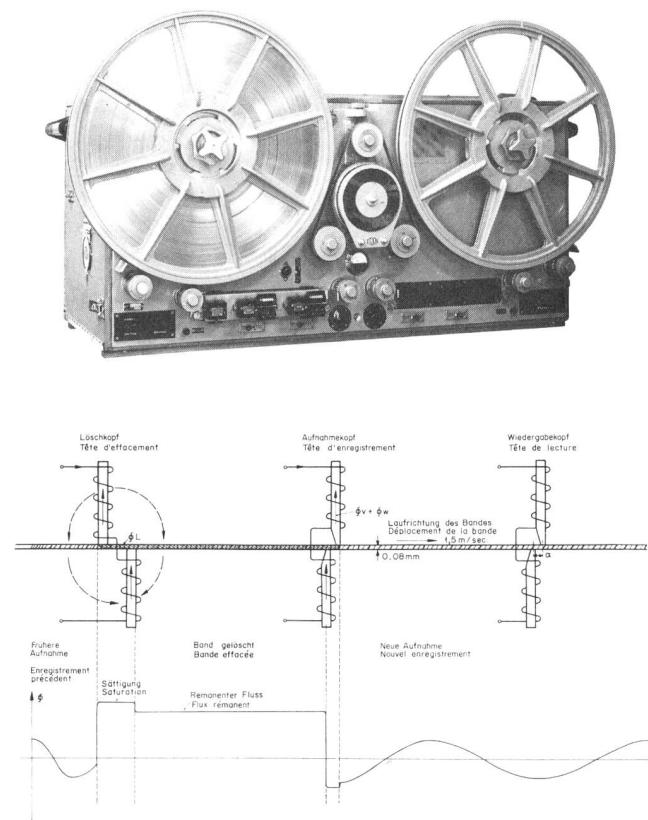


Fig. 1
Enregistreur Lorenz à bande d'acier des années 1940-1947. La partie inférieure schématise le principe de l'enregistrement

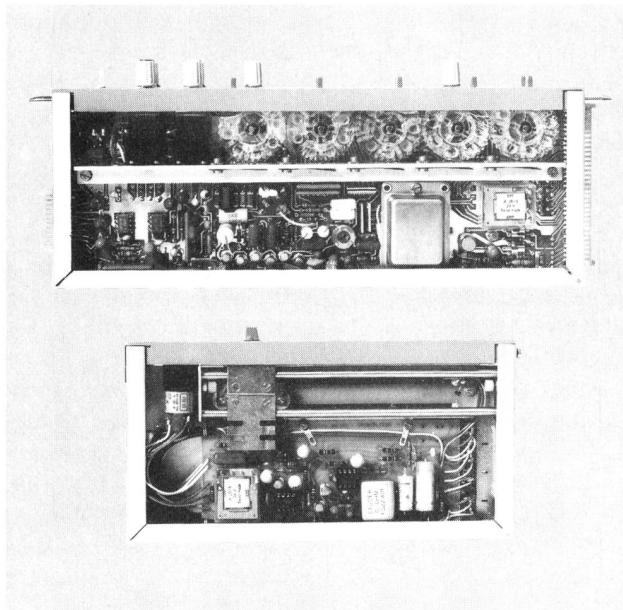


Fig. 2

Ces deux éléments enfichables constituent une voie des pupitres de régie de la maison Studer à Zurich. La commutation des filtres et des atténuateurs se fait directement sur le circuit imprimé

Ce progrès est considérable, car les unités étant montées sur circuits imprimés, le seul câblage consiste en barres collectrices sur lesquelles se fait le mélange des voies. Dans leur version actuelle, les plus petits pupitres ont 12 entrées, les plus grands 20. Quatre barres collectrices reçoivent les sorties des unités sélectionnées au moyen de boutons-poussoirs. Il est ainsi possible de transmettre en mono-, en stéréophonie ou, le cas échéant, d'enregistrer sur quatre pistes pour l'étude ultérieure du mélange. Les préatténuateurs permettent d'attribuer les voies à des niveaux d'entrée très divers: microphones, magnétophones, platines de lecture de disques, lignes entrantes, etc. La figure 3 représente un pupitre à 20 entrées. Selon une tradition qui ne se perpétue plus que dans quelques pays, le niveau de sortie est contrôlé à l'aide d'un modulomètre, dont le temps d'intégration est de 10 ms et celui de retour d'environ 1,5 sec. Comparativement au VU-mètre, dont le temps d'intégration est de 200 ms, le modulomètre a l'avantage d'assurer un contrôle exact des pointes de modulation; en tenant compte ainsi des très courtes pointes qui, en réalité, n'affectent pas le niveau moyen de la modulation, on tend cependant à sous-moduler les émetteurs. Pour cette raison, un limiteur est inséré dans les lignes sortantes des studios et on tolère à la régie un dépassement de quelques dB des pointes de la parole. Ce procédé relève le niveau moyen de la parole et assure un meilleur équilibre sonore entre les émissions musicales et parlées. Les indicatifs d'émission et certains genres de musique étant souvent très comprimés, leur niveau sonore est élevé. Toujours dans le but d'atteindre un bon équilibre des niveaux subjectifs, ces séquences sont intentionnellement sous-modulées de 5 dB, selon une directive que l'on souhaiterait parfois mieux suivie.

La qualité de transmission répond à un cahier des charges sévère de l'Entreprise des PTT; elle est toutefois soumise au goût des preneurs de sons qui disposent de filtres, de réverbération artificielle et de possibilités de mélange de nombreux microphones, qui doivent être utilisés avec beaucoup de précaution. Il faut mentionner à ce sujet les chuintements qui apparaissent dans la transmission de la parole en ondes

ultra-courtes, qui proviennent uniquement d'un niveau excessif de modulation aux fréquences élevées.

22 La lecture des disques de phonographe

En 1949, le laboratoire d'électro-acoustique de la Division des recherches et des essais de l'Entreprise des PTT recevait directement des Etats-Unis les premiers disques microsillons. Ce fut une grande révélation; le bruit de fond continu des disques en gomme-laque avait disparu, de même que les distorsions inhérentes aux fortes amplitudes du sillon des disques à 78 tours. En 25 ans, la qualité des disques microsillons s'est encore accrue, la stéréophonie a été introduite et le recul du bruit de fond dépasse 55 dB. Une étude systématique à partir de la gravure d'un disque de fréquences puis de la galvanoplastie et du pressage a démontré que la distorsion est inférieure à 1%, la courbe de réponse linéaire jusqu'à 15 kHz et que le recul du bruit de fond atteint 60 dB. Malheureusement, les disques sont toujours enregistrés à partir du procédé magnétique, étant donnée la facilité des montages et pour assurer la commande anticipée du pas variable du sillon; pourtant les performances de l'enregistrement magnétique sont moins élevées, tout spécialement en ce qui concerne le bruit de fond qui accompagne la modulation.

Les tables de lecture actuelles sont toutes de provenance étrangère. Elles comprennent un plateau très lourd sur lequel repose un plateau léger qui peut être bloqué par commande électromagnétique. En attente d'émission, le début de la modulation du disque est en retrait d'un tiers de tours; dès la commande de la libération du plateau léger à partir du pupitre de régie, la modulation est court-circuitée jusqu'à ce que le début de l'enregistrement atteigne le lecteur. Cela permet un démarrage quasi instantané exempt de bruit de fond et de pleurage. Les essais systématiques en laboratoire ont conduit récemment les PTT à remplacer les lecteurs dynamiques traditionnels du domaine professionnel par des modèles à rétardance variable dont la masse mise en mouvement par la modulation du disque est très faible. Les mesures de distorsion en fonction de l'amplitude de signaux sinusoïdaux enregistrés sur des disques spéciaux permettent de déterminer la pression nécessaire du lecteur sur le disque pour assurer un guidage parfait de la pointe de lecture et, par conséquent, exempt de distorsion. Ces essais ont permis un choix judicieux de la capsule de lecture utilisée depuis deux ans dans tous les studios. Leur impédance élevée nécessita toutefois le remplacement des amplificateurs correcteurs.

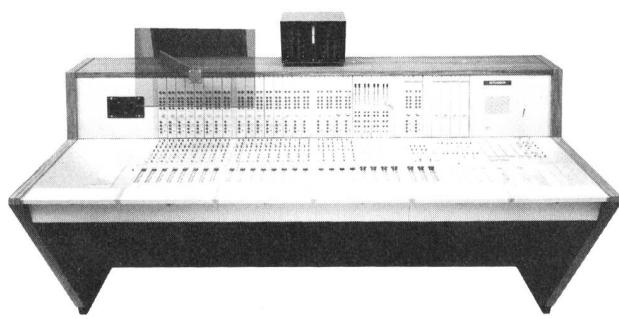


Fig. 3
Pupitre de régie à 20 entrées, type 289

Le plateau des tourne-disques est entraîné par un moteur synchrone, par l'intermédiaire d'un galet de caoutchouc. Cette solution a l'inconvénient de provoquer des trépidations (rumbel) qui ne sont aujourd'hui plus admissibles. Il est donc souhaitable que des machines professionnelles à entraînement direct, comme il en existe pour l'usage domestique, apparaissent sur le marché. Un moteur à courant continu, dont le couple de démarrage serait élevé, pourrait être asservi électroniquement; il assurerait la régularité de rotation d'un plateau assez léger pour permettre un démarrage rapide. On pourrait ainsi éviter les artifices utilisés jusqu'ici.

23 L'enregistrement du son

En 1945, l'enregistrement sur bande à couche magnétique avec prémagnétisation haute fréquence que l'Allemagne avait utilisé pendant la guerre tombe dans le domaine public. Un constructeur autrichien, auquel nous avons fourni le matériel qui faisait défaut, nous présente au début de 1947 un magnétophone dont la courbe de réponse, le recul du bruit de fond et la faible distorsion sont étonnantes. La vitesse de la bande est de 76 cm/s. Plus tard, cette vitesse sera normalisée à 76,2 cm/s pour correspondre à 30"/s. L'origine de la vitesse de 76 cm/s provient du choix arbitraire par les ingénieurs allemands d'un moteur synchrone tournant à 1500 t/min et un diamètre de cabestan de 10 mm!

La même année apparaissent des enregistreurs à fil d'acier de 0,1 mm de diamètre. La vitesse du fil est de 60 cm/s. Le petit diamètre du fil permet avec un faible encombrement d'atteindre 3 heures d'enregistrement. Le recul du bruit de fond n'étant que de 30 dB, ce genre d'appareil n'est pas introduit sur le plan professionnel. La prolifération des enregistreurs s'accentue rapidement, nous voyons apparaître encore en 1947 un appareil Brush «Soundmirror» dont la vitesse de la bande n'est que de 19 cm/s. Certes la courbe de réponse est limitée à 6 kHz et le recul du bruit n'est que de 40 dB. Tous les studios sont équipés d'un grand nombre de ces appareils en 1948, essentiellement pour les reportages; c'est le début du transport de l'enregistreur à l'emplacement de travail sans le secours d'un technicien. La bande américaine dont le support est encore en papier mais dont la couche magnétique est à haute coercivité a fait faire un progrès considérable à la réduction de la vitesse.

La mécanique du «Soundmirror» est si primitive qu'elle incite l'importateur à fabriquer des enregistreurs Dynavox puis Revox; c'est ainsi que naquit la maison Studer dont nous reparlerons. Le département d'électroacoustique de Motosacoche à Genève qui avait construit les enregistreurs de disques de nos studios nous présenta son premier magnétophone en 1948; tous les studios furent dotés d'un certain nombre de ces machines dont la mécanique était robuste et luxueuse. A cause de son prix élevé, cette machine fut rapidement concurrencée par les produits de la maison Studer.

En 1950, nos essais avec des bandes américaines à haute coercivité démontrent que l'on peut obtenir une courbe de réponse linéaire jusqu'à 15000 Hz avec une vitesse de bande réduite de 76,2 à 38,1 cm/s. L'échange des programmes avec les radiodiffusions étrangères s'intensifiant, il devient urgent d'établir une norme internationale; devant le CCIR, notre laboratoire invite des représentants de plusieurs pays à se réunir à Berne en septembre 1950. Les pays et organismes suivants prennent part à cette réunion: Allemagne - Angleterre - Belgique - France - Italie - Hollande et le secrétaire

du CCIR. Ce fut l'occasion de normaliser tous les points essentiels et c'est avec beaucoup de peine et à l'aide de démonstrations convaincantes au moyen de machines Motosacoche transformées à cet usage que nous parvenons à faire admettre que les deux vitesses de 38,1 cm/s et 76,2 cm/s sont primaires. C'est le départ d'une normalisation à laquelle nous prenons ensuite intensément part au CCIR.

A partir de cette date, toutes nos machines ont deux vitesses: 38,1 et 76,2 cm/s puis celles-ci passeront assez rapidement à 38 et 19 cm/s.

En 1953, M. S. Kudelski, jeune constructeur, nous soumet un enregistreur autonome dont le cabestan et les bobines sont entraînés par un moteur à ressort; cet appareil est rapidement introduit dans les studios. Un autre appareil, analogue, mais dont le moteur est électrique avec régulateur centrifuge de la vitesse est développé par le studio de Lugano, puis il est fabriqué par la maison Perfectone. Dès 1958, la maison Kudelski fabrique le Nagra III transistorisé à moteur électrique. L'originalité de cet enregistreur réside dans l'asservissement électronique du nombre de tours d'un moteur à courant continu au moyen d'une roue tachymétrique. La figure 4 représente ce modèle d'appareil auquel une fiabilité élevée a assuré un grand succès. Un appareil semblable est ensuite fabriqué par la maison Stellavox.

La figure 5 représente le dernier modèle des magnétophones stationnaires Studer très répandu dans nos studios; les machines stationnaires et transportables sont pour la plupart à deux pistes et les vitesses de bande sont de 38 et 19 cm/s. Quant à l'enregistreur autonome il est souvent à une piste et trois vitesses de bande; le type SN de la maison Kudelski, que le reporter peut mettre dans sa poche, fait franchir encore une nouvelle étape à la prise de son.

Pour les enregistrements spéciaux, dont le mélange des voies est encore étudié après la prise de son, chaque studio dispose d'une machine Studer à 4 pistes dont la bande a une largeur de 25,4 mm. Notre laboratoire procède périodiquement à des essais des nouvelles bandes magnétiques; les propriétés magnétiques et mécaniques se sont sans cesse améliorées de sorte que le procédé magnétique d'enregistrement à 19 cm/s assure sans difficulté les performances suivantes: Courbe de réponse linéaire jusqu'à 15 kHz.

Distorsion inférieure à 2% au niveau maximal d'enregistrement. Recul du bruit de fond supérieur à 55 dB.

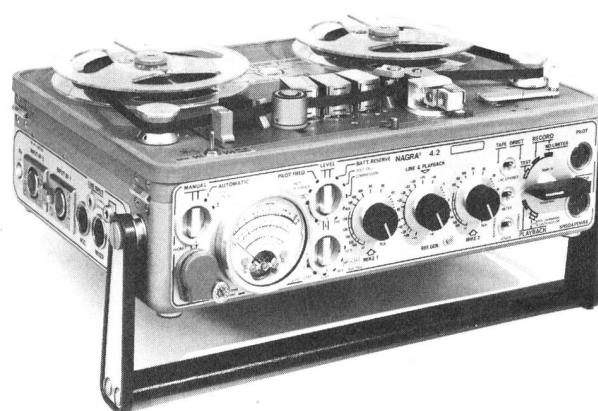


Fig. 4
Enregistreur autonome Nagra IV. Ses performances sont semblables à celles des machines stationnaires. L'appareil existe en versions mono- et stéréophonique

Fluctuations de la vitesse du support: < 1 %.

Ces performances sont atteintes aussi bien avec les appareils autonomes qu'avec les machines de studios.

Les doutes que l'on peut émettre concernant la conservation des enregistrements sont annihilés par des essais de durée que nous effectuons depuis 20 ans avec des bandes conservées dans des milieux de température et d'humidité différents. Les signaux enregistrés, même les plus petites longueurs d'ondes, ne sont pas altérés. Dans des cas exceptionnels, on a pu constater que le support devenait cassant mais depuis le remplacement du chlorure de polyvinyle et du triacétate par le polyester on peut présumer que le support est inaltérable. Malgré les hautes performances acquises, l'enregistrement magnétique conserve l'inconvénient de faire apparaître un bruit de fond dit bruit de modulation. Celui-ci se superpose aux sons enregistrés car contrairement aux séquences sans modulation pendant lesquelles la bande est complètement démagnétisée par l'effacement et la pré-magnétisation haute fréquence, un signal enregistré fait réapparaître les inévitables irrégularités de la couche magnétique. Il subsiste également «l'impression» magnétique entre spires d'une bobine magnétique dont résultent les effets bien connus d'échos. Pour ces raisons quelques rares entreprises enregistrent des disques sans passer par l'enregistrement magnétique afin de satisfaire aux hautes exigences des fanatiques de la haute fidélité.

24 Les transducteurs acoustiques

Les progrès réalisés dans le domaine des *microphones* concernent tout d'abord une très sensible réduction de leurs dimensions et une amélioration de leurs caractéristiques directionnelles. Les microphones dynamiques à bobine mobile sont spécialement utilisés pour les annonces et les reportages, vu leur robustesse et leur prix intéressant; leur courbe de réponse est horizontale à $\pm 2\text{dB}$ près entre 60 Hz et 12 kHz. On donne néanmoins toujours la préférence aux microphones à condensateur pour la musique, car la légèreté de leur membrane assure une transmission particulièrement bonne des transitoires. La capacité des microphones à condensateur étant très faible (environ 50 pF) et, par conséquent, leur impédance élevée ($32\text{ M}\Omega$ à 100 Hz), un préamplificateur doit toujours être incorporé dans le boîtier de l'appa-

reil. Avant l'apparition des transistors à effet de champ, on tournait les difficultés d'adaptation aux transistors à relativement faible impédance en modulant en fréquence un oscillateur de 1 MHz au moyen de la capsule. Les modèles électrostatiques transistorisés récents, dont la membrane est chargée statiquement en cours de fabrication (électret) présentent le grand avantage d'une alimentation très simplifiée qui concerne seulement le premier transistor monté dans le boîtier du microphone, alors que les autres modèles requièrent une tension de polarisation de 100...200 V. En plus d'améliorations indéniables de qualité, l'aspect évolue et incite les preneurs de son à désirer inlassablement des nouveaux modèles.

Les *haut-parleurs* ont été sensiblement améliorés ces dernières années; les nouveaux matériaux utilisés pour la membrane des systèmes pour basses fréquences ainsi que les enceintes bien étudiées, fermées hermétiquement, assurent une meilleure reproduction que ce ne fut le cas jusqu'ici. L'asservissement électronique de la membrane aux très basses fréquences, appliqué récemment, permet d'améliorer les performances malgré un volume modeste de l'enceinte. L'incorporation d'amplificateurs à une ou plusieurs voies facilite, d'autre part, l'équilibrage de la courbe de réponse globale, obtenue à l'aide de 3, voire 4 haut-parleurs couvrant chacun une partie de la plage audible. Les interférences qui peuvent se produire entre ces systèmes, à l'origine des irrégularités de la courbe de réponse, nécessitent un développement approfondi qui n'est plus à la portée de l'amateur.

Malgré toutes ces astuces, le haut-parleur reste l'élément le plus médiocre de la chaîne de transmission, en raison de la mauvaise reproduction des transitoires. De nombreux essais nous ont démontré que les modèles électrostatiques rendent mieux les transitoires, vu la légèreté de leur membrane. Les comparaisons subjectives entre un haut-parleur dynamique, un haut-parleur électrostatique et les sources originales de bruitage ont démontré que, dans 80% des cas, on attribuait une meilleure fidélité aux systèmes de haut-parleurs électrostatiques qu'aux transducteurs dynamiques, bien que leurs courbes de réponse fussent équivalentes. Un certain nombre de haut-parleurs électrostatiques ont été mis en service dans les régies; les sources de dérangement dues à la polarisation de 6 kV et la fragilité de la membrane nous ont malheureusement contraints à les retirer.

La figure 6 représente la chambre anéchoïque dans laquelle sont mesurés tous les microphones et haut-parleurs



Fig. 5
Magnétophone Studer A 80, modèle le plus récent, entièrement transistorisé



Fig. 6
Chambre anéchoïque de la Division des Recherches et du Développement de l'Entreprise des PTT suisses



Fig. 7
Chambre réverbérante de la Division des Recherches et du Développement de l'Entreprise des PTT suisses, permettant la mesure du coefficient d'absorption des matériaux acoustiques selon la recommandation R 354 de l'ISO

utilisés dans les studios de radio et télévision de la Société suisse de radiodiffusion.

25 L'acoustique des studios

Les progrès de la physique ont permis de concrétiser graduellement les grandeurs qui régissent la qualité acoustique des salles, parmi lesquelles il faut citer tout d'abord le temps de réverbération ou résonance. Une chambre réverbérante selon figure 7, par exemple, permet de déterminer les coefficients d'absorption des matériaux et, par déduction, de déterminer la surface nécessaire de ceux-ci pour obtenir le temps de réverbération adéquat. En outre, l'acoustique géométrique permet de prévenir des focalisations nuisibles du champ acoustique, d'éviter des échos francs ou des interférences dues au trop grand retard de l'onde réfléchie sur l'onde directe. Le retard normalement admis est de 35 ms pour la parole et 45 ms pour la musique. Se fondant sur la comparaison des caractéristiques physiques et l'appréciation subjective de salles réputées par des personnes éminentes, le professeur Beranek, aux Etats-Unis, a démontré qu'un retard inférieur à 30 ms de la première réflexion sur l'onde directe assure l'intimité acoustique généralement très appréciée par les auditeurs. Cette constatation a fait naître l'idée de suspendre des réflecteurs acoustiques au plafond des salles trop hautes sans, pour autant, en diminuer le volume. Les dimensions des réflecteurs devant être de l'ordre de plusieurs mètres pour assurer la réflexion des sons graves (longueur d'onde à 200 Hz = 1,7 m). Une étude préalable sur maquette au 1:10 des studios est indispensable. Cette technique a permis d'améliorer notablement le contact acoustique entre les musiciens dans les grands studios de Zurich, Genève et Lausanne. Les valeurs classiques de la réverbération souhaitée des salles en fonction de leur volume ne sont pas toujours valables dans les studios où il faut suivre la mode des résonances, tantôt excessives tantôt très faibles. Pour cette raison, les derniers studios construits à Zurich et Lausanne sont munis de très grands panneaux pivotants, absorbants d'un côté et réfléchissants de l'autre qui permettent d'ajuster la réverbération aux besoins momentanés.

La figure 8 représente un studio d'environ 1600 m³ à acoustique variable, réalisé à Lausanne en 1975. Le temps de réverbération peut être ajusté de 0,7 à 1,6 s. On peut encore ajou-



Fig. 8
Nouveau studio de 1600 m³ construit à Lausanne en 1975, équipé de panneaux mobiles revêtant les murs

ter artificiellement de la réverbération aux circuits de transmission, au moyen de plaques vibrantes de grande surface ou de ressorts à boudin excités par des systèmes électrodynamiques. Cette solution permet de créer des effets spéciaux dans les prises de son d'orchestres de variétés ou de modifier l'ambiance dans laquelle se trouvent les artistes du théâtre radiophonique. L'absence de définition de la diffusion acoustique dans les salles et l'empirisme des moyens servant à l'engendrer nous incitent à effectuer momentanément des recherches au moyen d'ultrasons émis dans des maquettes.

L'isolement acoustique requis entre les studios est très élevé. Pour cette raison, ceux-ci sont des blocs complètement séparés les uns des autres, dont les murs reposent généralement sur du liège. Ce genre de construction est très coûteux, vu que l'isolement dépend essentiellement de la masse des murs et de l'espace entre eux. Les valeurs limites sont fixées en accord avec la SSR, afin d'éviter une tendance perfectionniste. L'indice d'isolement demandé entre studios est de 70 dB (75 dB entre un studio de radio-théâtre et les autres) et de 55 dB entre régie et studio attenants. Ces valeurs ne peuvent toutefois pas être respectées dans les cas de façades rideau communes aux studios et aux régies. La limite tolérée du bruit de la ventilation a également fait l'objet de controverses; le bruit équivalent des microphones et de leurs circuits d'amplification étant d'environ 25 dB, il n'est



Fig. 9
Complexe de radio-théâtre de conception moderne (Lausanne 1975) vu depuis le local anéchoïque

pas opportun d'exiger que le bruit de la ventilation soit inférieur à 20 dB (A) sauf pour les cas des studios de radio-théâtre où l'on exige 15 dB (A), en prévision des progrès attendus dans le domaine des microphones pour l'enregistrement des scènes chuchotées.

26 Perspectives et conclusions

L'évolution rapide de la qualité de transmission et d'enregistrement des sons entre 1945 et 1955 a été suivie de petits pas qui ont cependant élevé la qualité au seuil de la perfection. Comme il a été dit précédemment, seul le haut-parleur laisse à désirer; mais est-il raisonnable d'exiger qu'il restitue le timbre de tous les instruments de musique, de la flûte à l'orgue et de la voix humaine sans prendre de place? L'auditeur se rend d'ailleurs bien compte qu'il faut faire un choix entre la qualité de reproduction des sons graves, l'encombrement et le prix.

Malgré la très haute qualité des équipements dont nos studios sont dotés, le résultat final est tributaire du goût et de l'ouïe des preneurs de son, qui disposent de nombreux éléments réglables pouvant aussi bien détériorer la qualité que l'améliorer. La tendance qui se manifeste d'augmenter le nombre des microphones satisfait une recherche de fidélité d'audition qui n'existe même pas pour les auditeurs dans une salle. Le succès ainsi obtenu compromet en revanche la brillance que souhaiterait une certaine catégorie d'auditeurs. Il faut également signaler qu'un excès de dynamique de la prise de son est incompatible avec l'isolement acoustique, souvent médiocre, de la plupart des appartements. Malheureusement les régisseurs ne disposent souvent des orchestres que pendant trop peu de temps pour pouvoir réaliser une qualité équivalente à celle des meilleurs disques du commerce que l'on tend à prendre pour référence.

La stéréophonie contribue également à la qualité de reproduction mais dans une moindre mesure qu'on a tendance à le croire. Nos essais systématiques avec une centaine de personnes et divers exemples musicaux ont démontré que, dans 70% des cas seulement, on a discerné la stéréophonie de la monophonie diffusée par deux haut-parleurs. Dans ce bilan, il faut tenir compte que la probabilité de donner une réponse juste est déjà de 50%. L'introduction de la technique stéréophonique en Suisse est retardée par le fait que les liaisons entre les studios et les émetteurs sont assurées par des lignes. Bien que la qualité de celles-ci soit très bonne, les déphasages entre paires sont trop grands pour satisfaire aux conditions de compatibilité de la monophonie. L'introduction de la stéréophonie que l'on serait contraint d'étendre à tous les émetteurs se heurte donc au problème financier, loin d'être négligeable, dû à la nécessité de remplacer les câbles par des faisceaux hertziens ou de coder les deux canaux pour les transmettre sur une même paire de conducteurs. Il faut encore tenir compte du fait que la portée des émetteurs est sensiblement diminuée en stéréophonie, de sorte qu'il faudrait modifier la couverture actuelle du pays.

En prévision d'une introduction de la stéréophonie, et pour l'échange des programmes avec l'étranger, les studios enre-

gistrent néanmoins, actuellement déjà, les œuvres de valeur en stéréophonie.

Quelle évolution peut-on imaginer de la technique du son dans les studios?

- Pour des raisons de simplification des pupitres de régie et afin d'éviter que la modulation puisse être perturbée par les potentiomètres de réglage du niveau, il serait souhaitable que le gain des amplificateurs soit télécommandé.
- Le rapport signal sur bruit des magnétophones est suffisamment élevé dans la plupart des cas; il est en revanche insuffisant lorsqu'on mélange le produit d'un grand nombre de pistes. Des systèmes compresseurs et expresseurs apportent une amélioration sensible mais il serait plus avantageux d'enregistrer les programmes sous forme numérique, afin de supprimer trois autres défauts inhérents à l'enregistrement magnétique: le bruit de modulation qui apporte un manque de clarté au signal enregistré; l'instabilité des fréquences élevées et enfin les fluctuations de hauteur du son. La présence d'une base de temps précise permettrait, en outre, d'automatiser le montage des bandes par copie au lieu du découpage. On peut même imaginer que, sans le recours à une piste séparée, des impulsions pourraient être enregistrées pour commander automatiquement le déroulement du programme d'un studio de radiodiffusion.

La technique de la transmission par impulsions et codage (MIC) requiert une largeur de bande de plusieurs centaines de kHz qui ne peut pas être enregistrée avec les magnétophones ordinaires; il deviendrait indispensable d'effectuer un balayage transversal de la bande magnétique à très haute vitesse comme c'est le cas pour l'enregistrement des images en télévision. Des essais effectués au Japon démontrent que le recul du bruit de fond atteint 75 dB, que la diaphonie entre canaux dépasse 80 dB et que l'écart de phase entre voies est presque nul, ce qui résout les difficultés rencontrées dans la compatibilité monophonique de la stéréophonie. Vu le prix actuel des magnétoscopes, il est peu probable que l'enregistrement du son en impulsions codées s'implante prochainement dans la radiodiffusion. Par contre, dans les applications où le nombre des machines est restreint, comme c'est le cas pour l'industrie du disque, cette solution serait un moyen de surpasser, dans l'échelon intermédiaire, les performances extraordinaires de la gravure des disques.

Un problème qu'aucun organisme de radiodiffusion n'a résolu jusqu'ici concerne le contrôle du niveau; les systèmes utilisés parviennent à tenir compte de l'amplitude mais pas de la largeur de bande du signal; or celle-ci joue un rôle déterminant sur l'impression sonore chez l'auditeur. Les appareils développés dans le cadre du CCIR consistant à additionner les composantes reçues à travers des filtres à octave n'ont pas non plus donné satisfaction. Ici également, un système numérique pourrait être une solution mais encore faut-il que son prix ne dépasse pas quelques milliers de francs, vu que les modulomètres sont très nombreux dans une maison de radio.