

L'ONDE ÉLECTRIQUE

47^e ANNÉE - N° 486

SEPTEMBRE 1967

P R I X : 12 F

revue mensuelle de la

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS

PUBLIÉE PAR LES ÉDITIONS CHIRON, PARIS



LA RADIOTECHNIQUE - COPRIM - R

Tous les composants pour la
télévision en couleur

L'équipement de la télévision en couleur.
L'O.R.T.F., L. GOUSSOT. — Fidélité de la reproduction des couleurs en télévision, M. REH. — L'illuminant et l'ambiance, P. NOUCHET. — Film en couleur et la télévision, R. BUFF. — Télévision en couleur et colorimétrie, R. GLOWINSKY. — Caméra de télévision en couleur, R. CAHEN. — Analyseur de dispositifs télécinéma, M. FAVREAU. — Nouveau tube de télévision en couleur, P. BONVALOT. — Réalisation des paramètres du système de vision en couleur, J. FAROT. — Codeur et décodeur pour système SECAM, G. MELCHIOR. — Entorse par phase différentielle, Z. SOROT. — Enregistrement magnétique, C. AKRICH. — de reportage de l'O.R.T.F., L. MIGNOT. — M des caractéristiques vidéo du réseau D.R. J. GUINET.



des économies certaines...

UN NOUVEAU FRÉQUENCÈMÈTRE COMPTEUR AUTOMATIQUE

TYPE **HA 300**

avec **préamplificateur** incorporé dans le
TIROIR CONVERTISSEUR 520 MHz

0 à 51 MHz en direct (1 entrée CONTINU, 1 entrée ALTERNATIF)
jusqu'à 3 GHz avec tiroirs Convertisseurs Enrichables.
Jusqu'à 12 GHz avec Oscillateur de Transfert.

SENSIBILITÉ :

1 mV jusqu'à 50 MHz	} avec préamplificateur-convertisseur type HAF 600
10 mV jusqu'à 520 MHz	
50 mV jusqu'à 3 GHz	

QUARTZ PILOTE : Stabilité :

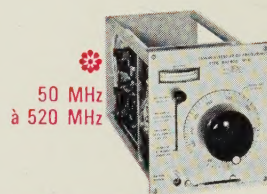
$2 \cdot 10^{-9}$ par heure, $5 \cdot 10^{-9}$ par jour, $5 \cdot 10^{-8}$ par semaine.

MÉMORISATION DES RÉSULTATS :

Commande de porte automatique, manuelle ou extérieure.
Mesures des fréquences, des périodes, des durées, des rapports de fréquences.

UTILISATION : Compteur totalisateur, standard de fréquences, chronomètre, quotientmètre, diviseur BF, etc...

Autres dispositifs auxiliaires : Enregistreur imprimant décimal type BG 200 - Convertisseur digital/analogique type HDA 100 - Transcripteur pour imprimante ADDO-X, etc...



50 MHz
à 520 MHz

TYPE
HAF 600



300 MHz
à 3 GHz

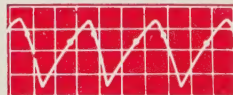
TYPE
HAF 700



MESURE
DES DURÉES
1 μ s à 10⁶s

TYPE
HAT 300

Dispositif
de
surbrillance



ETS GEFFROY ET CIE - INGÉNIEUR-DOCTEUR-CONSTRUCTEUR

Société Anonyme
au Capital de 7.160.000 F
18, Avenue Paul-Vaillant-Couturier
78 - Trappes - Tél. 923-08-00 +
Télex : 25.705
Adresse télégraphique :
Feritrappes - France
Délégation régionale :
281, Rte d'Espagne
31 - Toulouse - Tél. 42-11-88

L'ONDE ELECTRIQUE

Société Française des Électroniciens et des Radioélectriciens

RÉDACTION

S. F. E. R., 10, avenue Pierre-Larousse, 92 - MALAKOFF
Tél. 253-04-16.

Président du Comité de Rédaction, M. A. FLAMBARD,
Ingénieur Militaire en Chef.

Président du Comité de Lecture,
M. E. ROUBINE, Professeur à la
Faculté des Sciences de Paris.

Rédacteur en Chef,
M. J. DUSAUTOY, Ing. E. S. E.
Tél. 225-24-19.

*

ÉDITION

ÉDITIONS CHIRON S. A.,
40, rue de Seine, 75 - PARIS 6^e.
Tél. 633-18-93.

Abonnement (1 an, soit
11 numéros), chez l'éditeur :
France 60 F. — Étranger 72 F.
C. C. P. PARIS 53-35

Pour les membres de la S.F.E.R.
voir au verso extraits des statuts
et montant des cotisations.

*

PUBLICITÉ

Exclusivité :
M. R. G. DOMENACH,
Tél. 222-41-97 et 98

*

Sur notre couverture

LA RADIOTECHNIQUE-
COPRIM-R.T.C.

présente tous les composants
fabriqués par elle pour la
réalisation de téléviseurs
couleur

130, avenue Ledru-Rollin
Paris-11^e

Tél. 797-99-30

47^e année

Septembre 1967

12 F

N° 486

SOMMAIRE

La Télévision en couleur

L'équipement de la télévision en couleur à l'Office de Radiodiffusion Télévision Française. L. GOUSSOT	1017
Fidélité de la reproduction des couleurs en télévision. M. RÉMY	1029
L'illuminant et l'ambiance pour un récepteur de télévision en couleur. P. MOUCHEL	1041
Le film en couleur et son utilisation à la télévision. R. BUFFARD-MORET	1046
Télévision en couleur et colorimétrie, contribution des mathématiques appliquées et traitement sur ordinateur. R. GLOWINSKY	1060
Conception d'une nouvelle caméra de télévision en couleur. R. CAHEN	1069
Analyseur de diapositives T.H.T. 2100 et télécinémas T.H.T. 2300 et T.H.T. 2301 pour la télévision en couleur. M. FAVREAU	1074
Un nouveau tube image pour la télévision en couleur. P. BONVALOT	1089
Optimalisation des paramètres du système de télévision en couleur SECAM. J. FAGOT	1094
Codeur et décodeur pour le système SECAM. G. MELCHIOR	1111
Distorsion par phase différentielle dans le système de télévision en couleur SECAM. Z. SOBOTKA	1116
L'enregistrement magnétique des signaux de télévision en couleur. C. AKRICH	1124
Le premier car de reportage de télévision en couleur de l'ORTF. L. MIGNOT	1129
La technique des signaux test et le contrôle ou la mesure des caractéristiques video du réseau de l'ORTF. J. GUINET	1135
Correspondance	1143
Compte rendu Mesucora : (matériels étrangers)	1150
Informations : Documentation technique et communiqués	1158

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS

BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

Président (1967)

M. J.J. MATRAS, Ingénieur Général des Télécommunications.

Président désigné pour 1968

M. A. FESSARD, Professeur au Collège de France.

Vice-Présidents

MM. E. ROUBINE, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris (E.S.E.).
J. PICQUENDAR, Directeur du Laboratoire de Recherches Générales C.F.T.H.
M. THUÉ, Ingénieur en Chef des Télécommunications.

Secrétaire Général

M. R. CABESSA, Directeur à la Compagnie Internationale pour l'Informatique

Secrétaires Généraux Adjointes

MM. B. GAUSSOT, Chef du Service Radioélectricité et Electronique de l'E.S.E.
A. PROFIT, Ingénieur des Télécommunications au CNET.

Trésorier

M. J.M. MOULON, Directeur Général Adjoint de la Société MECI.

Secrétaires

MM. P. GUICHET, Ingénieur à la C.A.E.
M. FENEYROL, Ingénieur des Télécommunications au CNET.
J. DUMONT, Ingénieur des Télécommunications à l'O.R.T.F.

GROUPES RÉGIONAUX

GRUPE DE BOURGOGNE - FRANCHE-COMTÉ

Président. — M. J. BOUCHARD, Professeur et Directeur du Département de Physique de la Faculté des Sciences de Dijon.
Vice-Président. — M. J. PEYSSOU, Directeur du Centre R.P.C. de la C.S.F. à Dijon.
Secrétaires. — MM. L. GODEFROY, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Dijon, J.M. GRANGÉ, Ingénieur à la C.S.F.

GRUPE DE BRETAGNE

Président. — M. L.J. LIBOIS, Ingénieur en Chef des Télécommunications, Directeur du Centre de Recherches du C.N.E.T. de Lannion.
Vice-Présidents. — M. J. MEVEL, Professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.
M. G. GRAU, Directeur de la C.S.F. à Brest.
Secrétaire. — M. J.M. PERSON, Ingénieur des Télécommunications au Centre de Recherches du C.N.E.T. de Lannion.

GRUPE DE L'EST

Président. — M. R. GUILLIEN, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique de Nancy.
Secrétaire. — M. E. GUDEFIN, Maître de Conférences à l'E.N.S.E.M.

GRUPE DE GRENOBLE

Président. — M. J. BENOIT, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur de la Section de Haute Fréquence à l'Institut Polytechnique de Grenoble.
Secrétaire. — M. J. MOUSSEGT, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Grenoble.

GRUPE DE LYON

Président. — M. A. SARAZIN, Professeur de Physique Nucléaire à la Faculté des Sciences de Lyon, Directeur de l'Institut de Physique Nucléaire de Lyon.
Secrétaire. — M. R. ARNAL, Maître de Conférences à l'I.N.S.A. de Lyon.

GRUPE DE MARSEILLE

Président. — M. Th. VOGEL, Directeur de Recherches au C.N.R.S.
Secrétaire. — M. J. GIRAUD, Ingénieur des Télécommunications.

GRUPE DU NORD

Président. — M. N. SEGARD, Professeur, Directeur de l'I.S.E.N.
Vice-Présidents. — M. R. CARPENTIER, Chef des Services Techniques Régionaux de l'O.R.T.F. — M. R. GABILLARD, Professeur, Directeur de l'Institut Radiotechnique.
Secrétaire. — M. BOUVET, Secrétaire Général de l'I.S.E.N.

GRUPE DE TOULOUSE-MIDI-PYRÉNÉES

Président. — M. F. CAMBOU, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse.
Vice-Président. — M. J.-L. POURNY, Directeur général de la Société Synelec.
Secrétaire général. — M. BIREBENT, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

SECTIONS D'ÉTUDES

N°	Dénomination	Présidents	Secrétaires
1	Problèmes d'enseignement. Formation et perfectionnement des Ingénieurs et Techniciens	M. Ch. DUFOUR	M. A. PETITCLERC
2	Etudes scientifiques générales	M. J.C. SIMON	M. E. SPITZ
3	Physique de l'état solide	M. Cl. DUGAS	M. G. PARICARD
4	Tubes électroniques	M. G. MOURIER	M. A. M. SHROFF
5	Composants électroniques	M. F. DUMAT	M. J.-M. HUBERT
6	Propagation des ondes	M. F. DU CASTEL	M. BOISCHOT
7	Electroacoustique. Enregistrement des sons	M. G. FERRIEU	M. P. RIETY
8	Télécommunications - Radiodiffusion - Télévision	M. L. GOUSSOT	
9	Radiodétection et localisation. Radionavigation	M. A. VIOLET	
10	Calculateurs électroniques. Automatismes	M. J. GAUDERNAU	M. J. DUSSINE
11	Electronique nucléaire et corpusculaire	M. J. POTTIER	M. Ch. GUYOT
12	Electronique biologique et médicale	M. P.M. SCHURR	M. R. DISTEL

EXTRAITS DES STATUTS

ARTICLE PREMIER. — La Société FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS a pour but

1° De contribuer à l'avancement de la radioélectricité et de l'électronique théoriques et pratiques ainsi qu'à celui des sciences et industries qui s'y rattachent.

2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Elle tient des réunions destinées à l'exposition et à la discussion de questions concernant la radioélectricité et tout ce qui s'y rattache.

ART. 2. — La Société se compose de membres titulaires, dont certains en qualité de membres bienfaiteurs ou de membres donateurs, et de membres d'honneur.

Pour devenir membre titulaire de la Société, il faut :

1° Adresser au Président une demande écrite appuyée par deux membres, non étudiants, de la Société*.

2° Etre agréé par le bureau de la Société.

Tout membre titulaire qui, pour favoriser les études et publications scientifiques ou techniques entreprises par la Société, aura pris l'engagement de verser, pendant cinq années consécutives, une cotisation égale à dix fois la cotisation annuelle, recevra le titre de membre bienfaiteur.

Ceux qui, parmi les membres titulaires, verseront une cotisation égale à cinq fois la cotisation annuelle, seront inscrits en qualité de donateurs.

Tous les membres de la Société, sauf les membres d'honneur, paient une cotisation dont le montant est fixé par une décision de l'Assemblée Générale.

Les membres âgés de moins de 25 ans, en cours d'études, pourront, sur leur demande, bénéficier d'une réduction de 50 % sur leur cotisation. Cette réduction ne leur sera accordée que pendant cinq années au plus.

Les membres titulaires reçoivent une publication périodique ayant un caractère technique**.

Cette publication leur est adressée gratuitement. Toutefois, les membres résidant à l'étranger devront verser, en sus de leur cotisation annuelle, une somme destinée à couvrir les frais supplémentaires.

MONTANT DES COTISATIONS

à adresser à la S.F.E.R., C.C.P. Paris 697.38.

Particuliers résidant en France	40 F
Particuliers en cours d'études, résidant en France et âgés de moins de 25 ans	20 F
Particuliers résidant à l'étranger : 40 F + 5 F pour frais postaux	45 F
Particuliers en cours d'études, résidant à l'étranger et âgés de moins de 25 ans : 20 F + 5 F pour frais postaux	25 F
Sociétés ou Collectivités, à leur gré	200 F
	ou 500 F
	ou 1000 F

Changement d'adresse : joindre 1,50 F à toute demande.

*Pour les étrangers dans l'impossibilité de trouver des parrains, le Bureau pourra accorder le parrainage sur titres (diplômes, inscriptions à certaines sociétés, recommandations de personnalités scientifiques non membres de la S.F.E.R., etc.).

** Cette publication est la revue « l'Onde Electrique ».

RÉSUMÉS DES ARTICLES

EQUIPEMENT DE TÉLÉVISION EN COULEUR ★ ORTF ★
STUDIOS DE TÉLÉVISION EN COULEUR ★
CAMÉRAS DE TÉLÉVISION EN COULEUR

L'EQUIPEMENT DE LA TÉLÉVISION EN COULEUR A L'OFFICE DE RADIODIFFUSION TÉLÉVISION FRANÇAISE, par L. GOUSSOT, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1017 à 1028).

L'O.R.T.F. a suivi l'évolution de la télévision en couleur aux Etats-Unis et les laboratoires du Service des Etudes ont étudié et comparé de nombreux systèmes depuis 1957.

Après le choix officiel du système SECAM en 1966, l'activité se tourne vers l'équipement des moyens d'exploitation qui comprend en particulier trois studios de prise de vue directe, et l'adaptation du réseau à la couleur.

L'équipement technique des nouveaux studios est décrit. Certaines particularités d'installation sont nouvelles, telles la disposition relative des divers ensembles fonctionnels et l'utilisation d'un signal de base unique pour la synchronisation des sources.

A l'exception des caméras qui sont d'origine hollandaise mais adaptées en France aux normes de l'O.R.T.F. et, provisoirement, des moniteurs en couleur, tous les équipements des centres de production sont de fabrication française et répondent aux spécifications techniques fixées par les Services Techniques de l'O.R.T.F.

TÉLÉVISION EN COULEUR ★
FIDÉLITÉ DE REPRODUCTION DES COULEURS

FIDÉLITÉ DE REPRODUCTION DES COULEURS EN TÉLÉVISION, par M. RÉMY, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1029 à 1040).

Dans la première partie de cet article, l'auteur étudie quelle serait, dans les conditions d'observation des images de télévision, la meilleure reproduction des couleurs.

Dans la deuxième partie, il étudie comment on peut s'approcher de cet objectif idéal, compte tenu des servitudes et des facilités spécifiques de la chaîne de télévision.

CAMÉRA DE TÉLÉVISION EN COULEUR ★
CAMÉRA A LUMINANCE SÉPARÉE ★
CAMÉRA A QUATRE PLUMBICONS ★ MONOCANAL DE CHROMINANCE

UNE CAMÉRA COULEUR MONOCOMMANDEE A CANAL DE CHROMINANCE UNIQUE, par R. CAHEN, L'Onde Electrique SEP 1967 (pp. 1069 à 1073).

Après avoir rappelé les avantages et les inconvénients de la luminance séparée ainsi que l'intérêt d'employer le tube plumbicon dans la prise de vue couleur, les solutions propres à la caméra couleur CSF sont examinées.

Cette caméra à quatre plumbicons ne comporte que deux amplificateurs de voie, l'un pour le signal de luminance, l'autre pour l'ensemble des trois signaux de couleur multiplexés. Cette solution originale assurant une identité de traitement entre les trois signaux R, V et B évite les virages de couleur et l'altération des teintes neutres.

Pour faciliter le travail de l'exploitation, le pupitre de contrôle ne comporte qu'une seule commande. En effet le plumbicon, tube linéaire, permet un fonctionnement automatique d'iris, l'ouverture de l'objectif étant asservie au mélange non additif des trois signaux colorés. Il ne reste donc à contrôler que la commande gain-noir couplée pour assurer la pleine modulation du signal.

ILLUMINANT ★ RÉCEPTEUR DE TÉLÉVISION EN COULEUR ★
TÉLÉSPECTATEUR

L'ILLUMINANT ET L'AMBIANCE POUR UN RÉCEPTEUR DE TÉLÉVISION EN COULEUR, par P. MOUCHEL, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1041 à 1045).

Le récepteur couleur doit restituer les émissions noir et blanc comme un récepteur achrome. Cette compatibilité a imposé le choix de l'illuminant C, très bleu. Cette servitude est-elle désagréable pour le téléspectateur ? peut-il s'y adapter ? y a-t-il distorsion de la qualité des couleurs ?

L'auteur s'efforce d'apporter quelques éléments de réponse à ces questions.

FILM EN COULEURS ★ COLORIMÉTRIE ★ TÉLÉCINÉMA

LE FILM EN COULEUR ET SON UTILISATION A LA TÉLÉVISION, par R. BUFFARD, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1046 à 1059).

L'exposé comprend trois parties principales. La première est consacrée à l'étude des propriétés colorimétriques spéciales des objets « film », d'après l'étude mathématique et physique des combinaisons de trois colorants. La seconde partie expose le problème de la reproduction fidèle du film à la télévision, en tenant compte des difficultés de l'analyse colorimétrique, du changement de blanc, du rendu des valeurs. Enfin la troisième partie aborde la question des corrections électroniques et de leur utilisation pour obtenir, en conjonction avec des films spéciaux, une restitution fidèle de la scène filmée.

TÉLÉVISION EN COULEUR ★ COLORIMÉTRIE ★
APPORT DE L'ANALYSE NUMÉRIQUE ET DES ORDINATEURS

TÉLÉVISION EN COULEUR ET COLORIMÉTRIE : CONTRIBUTION DES MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET TRAITEMENT SUR ORDINATEURS, par M.R. GLOWINSKI, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1060 à 1068).

Cet article veut montrer la nécessité de l'utilisation des méthodes modernes de l'Analyse Numérique associées à l'emploi des ordinateurs pour résoudre les problèmes, assez complexes d'un point de vue mathématique, que peut poser le développement de la Télévision en couleur et l'étude de la Colorimétrie.

TÉLÉVISION EN COULEUR ★ TUBE IMAGE COULEUR

UN NOUVEAU TUBE IMAGE POUR LA TÉLÉVISION EN COULEUR, par P. BONVALOT, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1089 à 1093).

Après avoir rappelé brièvement les caractéristiques du tube-image à masque (shadow-mask) pour télévision en couleur et les inconvénients qui découlent de cette structure, l'auteur montre les avantages du remplacement du masque par une grille transparente aux électrons. Il décrit ensuite la réalisation d'un tel tube et donne divers résultats d'utilisation.

SUMMARIES OF THE PAPERS

ILLUMINANT ★ COLOUR TELEVISION RECEIVER ★ TV SPECTATOR

ILLUMINANT AND ENVIRONMENT FOR A COLOUR TELEVISION RECEIVER, by P. MOUCHEL. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1041 to 1045).

The colour receiver must reconstitute black and white broadcast like an ordinary achromatic receiver. This compatibility has driven to choose a very blue C illuminant. Is this necessity disagreeable for TV spectator? Can he adapt himself to it? Is it colour quality distortion?

Author tries to bring some response elements to these questions.

COLOUR FILM ★ COLOUR ANALYSIS ★ TELECINE

COLOUR FILM AND ITS USE FOR T.V., by R. BUFFARD. L'Onde Electrique SEP 1967 (pp. 1046 to 1059).

This paper is divided in three sections. The first one deals with the study of special colorimetric properties of the « film » object which are derived from mathematical and physical analysis of the combinations of three dyes.

The second part is about the problem of a good reproduction of colour films on a TV colour tube, taking into account such difficulties as trichromatic analysis, white changing and restitution of level values.

The third part, contains a survey of electronic corrections and of their use to obtain in conjunction with special films a true restitution of the original scene.

COLOUR TELEVISION ★ COLOUR ANALYSIS ★
NUMERICAL ANALYSIS AND COMPUTER CONTRIBUTION

COLOUR TELEVISION AND COLOUR ANALYSIS, APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTER TREATMENT, by R. GLOWINSKI. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1060 to 1068).

This paper points out the necessity to use modern methods of numerical analysis associated with computers utilization to solve problems, intricate enough from the mathematical point of view, which is set by colour television development and colour analysis study.

COLOUR TELEVISION ★ TV COLOUR TUBE

NEW TV TUBE FOR COLOUR TELEVISION, by P. BONVALOT. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1089 to 1093).

The author states in brief the characteristics of the shadowmask tube for colour TV and its main drawbacks. He shows then the advantages of the replacement of the mask by a grid of much higher transparency to the electrons and after describing the new grid-type tube developed by CFT gives different operating results.

COLOUR TELEVISION EQUIPEMENT ★ ORTF ★
COLOUR TELEVISION STUDIOS ★ COLOUR TELEVISION CAMERAS

COLOUR TELEVISION EQUIPMENT OF THE OFFICE DE RADIODIFFUSION-TELEVISION FRANÇAISE (O.R.T.F.), by L. GOUSSOT. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1015 to 1026).

O.R.T.F. has observed colour television evolution in USA and the Service des Etudes Laboratoires studied and compared several systems since 1957.

After the official choice of SECAM system in 1966, activity turns to exploitation mean equipment, particularly including three direct motion picture studios and adaptation of the network to colour.

Technical equipment of new studios is described. They are some new installation particularities, such as relative disposition of some functional devices and use of one basic signal for source synchronization.

Except cameras which are Dutch made but adapted to French ORTF standard, and temporary colour monitoring, all production center equipments are French made and agree to ORTF Services Techniques specifications.

COLOUR TELEVISION ★ FIDELITY OF COLOUR REPRODUCTION

FIDELITY OF TELEVISION COLOUR REPRODUCTION, by M. RÉMY, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1029 to 1040).

In the first part of the paper, author studies what should be the better reproduction, in the conditions of TV picture observation.

In the second part, he explains how the ideal purpose may be approached accounting for specific necessities and facilities of TV system.

TV COLOUR CAMERA ★ SEPARATED LUMINANCE CAMERA ★
FOUR PLUMBICONS CAMERA ★ ONE CHROMINANCE CHANNEL

SINGLE-CONTROL COLOUR CAMERA WITH ONE CHROMINANCE CHANNEL, by R. CAHEN. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1069 to 1073).

The author recalls advantages and disadvantages of separated luminance so that advantage to use plumbicon tube for colour recording, he investigates solutions peculiar to C.S.F. colour camera.

This four plumbicon camera has two channel amplifiers, the one for luminance signal, the other for the whole three multiplexed colour signals. This original solution ensuring the same treatment between the three R, G and B signals avoids colour distortions and neutral tint change.

In order to facilitate exploitation work, the command desk includes only one command. Indeed, plumbicon linear tube allows an iris automatic functioning, objectif aperture being connected to non additive mixing of the three coloured signals. It only remains to command the coupled black-gain control to ensure the full signal modulation.

RÉSUMÉS DES ARTICLES (suite)

ANALYSEURS DE DIAPOSITIVES ★ TÉLÉCINÉMAS ★
TÉLÉVISION EN COULEUR

ANALYSEUR DE DIAPOSITIVES T.H.T. 2100 ET
TÉLÉCINÉMAS T.H.T. 2300 ET T.H.T. 2301 POUR
LA TÉLÉVISION EN COULEUR, par M. FAVREAU.
L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1074 à 1088).

L'auteur présente un analyseur de diapositives et un nouveau télécinéma pour la télévision en couleur, fonctionnant sur le principe Flying-Spot. Les différents principes d'analyse sont discutés ainsi que les diverses solutions mécaniques envisagées pour les télécinémas.

Parmi les différents problèmes, sont traités principalement :

— L'adaptation des séparateurs trichromes aux optiques à grande ouverture.

— La sensibilité et le rendement optimal des photomultiplicateurs.

— La correction de gamma.

— Le fonctionnement en cinémascope.

— L'amélioration de la fixité par l'utilisation d'un nouveau principe de défilement du film, basé principalement sur l'isolement des couples variables des bobines et tendeurs divers, de l'entraînement principal à haute stabilité.

TÉLÉVISION ★ COULEUR ★ SECAM

OPTIMALISATION DES PARAMÈTRES DU SYSTÈME DE TÉLÉVISION EN COULEUR S.E.C.A.M., par J. FAGOT. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1094 à 1110).

On trouvera, dans cet article, les raisons du choix des valeurs numériques adoptées pour les paramètres du système SECAM définitif dit « optimisé ».

Un rappel des principes SECAM donne l'occasion de préciser quels sont les divers paramètres en cause, qui se rapportent à la transmission des deux composantes de chrominance et qui sont, en résumé :

- les lois de préaccentuation et désaccentuation video,
- les lois de cloche et de mise en forme,
- les valeurs attachées à la modulation F.M. de la sous-porteuse par les deux composantes sus-nommées.

Un premier examen du problème permet de choisir les lois des deux catégories énoncées (préaccentuation et cloche) et de confirmer le caractère de complémentarité par rapport à celles-ci de la désaccentuation et de la mise en forme, respectivement.

On examine ensuite l'influence des paramètres de la modulation F.M. liés à la chrominance « rouge » sur les performances de bruit. Ceci permet de fixer les valeurs numériques les plus favorables relatives à cette modulation.

Les caractéristiques associées à la modulation pour la voie « bleue » sont alors déterminées plutôt pour des raisons de compatibilité.

Enfin, la transmission des transistors est étudiée avec les paramètres fixés. Elle est nettement améliorée.

On note finalement que le choix de tous les paramètres n'a pas eu d'influence sur les performances de base du SECAM qui demeurent :

- la bonne résistance du système à l'amplitude et à la phase différentielle.
- son enregistrement magnétique très facile.

TÉLÉVISION EN COULEUR ★ SYSTÈME SECAM ★
CODAGE ET DÉCODAGE

CODEUR ET DÉCODEUR POUR LE SYSTÈME SECAM, par G. MELCHIOR, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1111 à 1115).

Un système de Télévision en couleur est caractérisé par le procédé de codage qui est appliqué aux trois signaux primaires résultant de l'analyse trichrome afin de permettre leur transmission de façon satisfaisante et notamment d'assurer la compatibilité du système. Cette opération est effectuée en associant dans les studios un « codeur » à chaque source de signaux d'images en couleurs. Le « décodeur » qui accomplit la fonction inverse et permet de restituer les trois signaux primaires est utilisé pour contrôler le fonctionnement des codeurs. L'article donne le principe des circuits permettant d'effectuer un codage conforme aux normes du SECAM et indique un mode de réalisation pour le décodeur correspondant.

DISTORSION ★ PHASE DIFFÉRENTIELLE ★
TÉLÉVISION EN COULEUR SECAM

DISTORSION PAR PHASE DIFFÉRENTIELLE DANS LE SYSTÈME DE TÉLÉVISION EN COULEUR SECAM, par Z. SOBOTKA. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1116 à 1123).

Dans le système SECAM, la distorsion due à la phase différentielle se manifeste lors des transitions de luminance, l'importance de cette distorsion étant inversement proportionnelle à la durée de ces transitions, si l'on néglige, dans le décodeur, les filtres que traverse le signal de chrominance.

Pour les transitions de luminance brèves, les corrections HF et vidéo agissent dans une mesure importante pour diminuer la distorsion.

TÉLÉVISION EN COULEUR ★ CAR DE REPORTAGE ★
CHOIX DU MÉLANGEUR TRUQUEUR

LE PREMIER CAR DE REPORTAGE DE TÉLÉVISION EN COULEUR, par L. MIGNOT. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1129 à 1134).

Pour compléter les expérimentations en studio, un car de reportage était nécessaire pour connaître les difficultés qui se rencontreraient en « extérieur ».

Une disposition des matériels différente de celle des cars de reportage pour la télévision achrome, a été adoptée pour tenir compte des impératifs de l'exploitation en couleur. Une description du véhicule est donnée.

Les raisons qui ont conduit au choix d'un mélangeur truqueur fonctionnant avec les signaux des trois primaires Rouge, Vert et Bleu, sont exposées. Le schéma de la partie video est décrit.

Ce véhicule a permis de déterminer la structure des futurs cars de reportage et les conditions d'exploitation en extérieur. Il constitue actuellement l'un des moyens de production qui participent à la préparation des premières émissions couleur qui seront diffusées.

SUMMARIES OF THE PAPERS (continued)

COLOUR TELEVISION ★ SECAM SYSTEM ★
CODING AND DECODING

CODER AND DECODER FOR THE SECAM SYSTEM, by G. MELCHIOR. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1111 to 1115).

A colour Television system is characterized by the coding process applied to the three primary signals, which result from the trichrome analysis, in order to allow a satisfactory transmission thereof while insuring the compatibility of the system. This process is achieved by associating in the studios a « coder » to each source of color image signals. A « decoder », which effects the inverse function and allows to restore the three primary signals, is utilized for controlling the operation of the coders. The article gives the principle of the circuits which permit to effect a coding in accordance with the SECAM standard and indicates a mode of embodiment for the corresponding decoder.

DISTORTION ★ DIFFERENTIAL PHASE ★
SECAM COLOUR TELEVISION

DIFFERENTIAL PHASING DISTORTION IN COLOUR TELEVISION SYSTEM, by Z. SOBOTKA. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1116 to 1123).

Within SECAM system, distortion resulting from the differential phase appears during the luminance transitions, importance of this distortion being in inverse ratio to transition duration, if, in the decoder, filters crossed by chrominance signal are neglected.

For brief luminance transitions, RF and video corrections consequently operate to reduce distortion.

COLOUR TELEVISION ★ O.B. TELEVISION VAN ★
CHOICE OF MIXING AND EFFECTS EQUIPEMENT

THE FIRST O.B. COLOUR TELEVISION VAN OF THE O.R.T.F., by L. MIGNOT. L'Onde Electrique SEP 1967 (pp. 1129 to 1134).

In order to complete the studio tests, an O.B. van was required in order to appreciate the difficulties encountered on exteriors.

Compared to the O.B. vans used in Black and White television, a new lay-out of the equipment was evolved in order to take into account the necessities for colour exploitation. A detailed description of the contents of the van is given.

Reasons are given which led to the choice of a Mixing and Effects equipment working the signals of the three primaries red, green and blue. The diagram of the video section is described.

This van made it possible to work out the arrangement of future O.B. vans and the exploitation conditions for exteriors. It is now part of one of the production resources which will be used in the launching of the first colour transmissions.

SLIDE SCANNER ★ TELECINE ★ COLOUR TELEVISION

THT 2100 SLIDE SCANNER AND THT 2300, THT 2301 TELECINE FOR COLOUR TELEVISION, by M. FAVREAU. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1074 to 1088).

The author presents a slide scanner and a new Telecine for color T.V. operating to the Flying-Spot principle.

The various scanning principles are discussed as well as the various mechanical solutions contemplated for Telecine equipment.

Among the various problems are the following :

- Matching of trichrome beam splitters to wide aperture lenses
- Sensitivity and maximum efficiency of photomultipliers
- Gamma correction
- Cinemascope operating capability
- Steadiness improvement by the use of a new film threading principle based mainly upon isolation of spools and stretchers variable torques from the high stability main continuous drive.

TELEVISION ★ COLOUR ★ SECAM

PARAMETER OPTIMIZATION FOR SECAM TV COLOUR SYSTEM, by J. FAGOT. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1094 to 1110).

This paper gives the reasons of numerical values chosen for parameters of the final SECAM system called « optimized ».

By this way, SECAM principles are recalled with diverse interested parameters connected with transmission of two chrominance components :

- Video preaccentuation and desaccentuation laws
- Bell and shaping laws
- Values connected to sub carrier FM modulation by the two preceding components.

A first examination allows to choose laws of these two categories (preaccentuation and bell) and to confirm complementarity character in comparison respectively with these of desaccentuation and shaping.

Influence of FM modulation parameters connected with « red » chrominance upon the noise performances are then examined. That allows to establish numerical values, the most adapted to that modulation.

The characteristics associated to the modulation for the « blue » channel are then determined rather for compatibility reasons. Finally, transient transmission is studied with determined parameters, and is plainly improved.

To conclude, the choice of all these parameters has no influence upon basic SECAM performances which are :

- good resistance of the system against amplitude and differential phase,
- its very easy magnetic recording.

RÉSUMÉS DES ARTICLES (fin)

TÉLÉVISION EN COULEUR ★ MAGNÉTOSCOPES

L'ENREGISTREMENT MAGNÉTIQUE DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION EN COULEUR, par C. AKRICH. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1124 à 1128).

La conception des magnétoscopes récents est donnée par la recherche de solutions adaptées à la reproduction correcte des signaux de télévision en couleur et en particulier du système qui présente les plus grandes difficultés en la matière, à savoir le système N.T.S.C. Les efforts se sont développés dans deux directions : d'une part l'amélioration des qualités de transmission de la chaîne traitant le signal codé, d'autre part la mise au point de dispositifs nouveaux complétant les systèmes d'asservissement.

TÉLÉVISION COULEUR SECAM ★ ORTF ★
SIGNAUX TEST ★ MESURE ET CONTRÔLE VIDEO ★
INTERPRÉTATION DES DISTORSIONS

LA TECHNIQUE DES SIGNAUX TEST ET LE CONTRÔLE OU LA MESURE DES CARACTÉRISTIQUES VIDEO DU RÉSEAU DE L'O.R.T.F., par Y. GUINET. L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1135 à 1142).

On décrit quelques unes des possibilités offertes par la méthode de mesure et de contrôle video à l'aide de signaux test. On décrit succinctement les signaux utilisés sur le réseau de l'Office, leur utilisation et la façon d'interpréter leurs distorsions de forme.

CENTRE DE DIFFUSION DE LA DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE FRANÇAISE AU QUÉBEC

Au début de 1964, dans le cadre de dispositions arrêtées par les services officiels français et québécois, une convention a été conclue entre l'ASTEF, 64, rue Pierre-Charron, Paris, et le Ministère de l'Éducation du Québec, dans le but de développer la coopération technique, économique et industrielle entre la France et le Québec.

Le Centre de Diffusion de la Documentation Scientifique et Technique Française au Québec, constitué en « Corporation » sans but lucratif, selon la troisième partie de la loi sur les Corporations du Québec, a été créé dans le cadre de cette convention.

Ce Centre, animé par un ingénieur assisté d'une documentaliste, français, a pour but essentiel d'informer les milieux québécois intéressés sur les techniques, les matériels et les réalisations françaises et réciproquement.

Il ne s'agit pas d'un organisme statique se bornant à mettre à la disposition de ses visiteurs des collections de livres et de revues. Son rôle fondamental est de mieux faire connaître les possibilités offertes par l'ensemble des branches techniques de l'économie française.

Des réunions et conférences techniques s'y déroulant périodiquement, au cours desquelles sont projetés des films cinématographiques, sont l'occasion d'échanges très intéressants et permettent aux participants de connaître plus précisément les techniques françaises.

Pour tous renseignements, vous pouvez adresser le courrier à M. E. GIROLLET, Directeur du Centre de Diffusion de la Documentation Scientifique et Technique Française au Québec, 2815, Maplewood, MONTRÉAL 26, P.Q.

SUMMARIES OF THE PAPERS (the end)

SECAM COLOUR TELEVISION ★ ORTF ★
TEST SIGNALS ★ VIDEO MEASUREMENT AND COMMAND ★
DISTORTION INTERPRETATION

TEST SIGNALS TECHNIQS AND COMMAND OR MEASUREMENT OF VIDEO CHARACTERISTICS IN ORTF NETWORK, by Y. GUINET, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1135 to 1142).

One describes some possibilities allowed by the video command and measurement method with test signals operating on Office network. Their utilization and how analyse their shape distortion are shortly described.

COLOUR TELEVISION ★ TV RECORDER

MAGNETIC RECORDING OF COLOUR TELEVISION SIGNALS, by C. AKRICH, L'Onde Electrique, SEP 1967 (pp. 1124 to 1128).

Conceiving of recent TV recorders is given by searching of solutions adapted to accurate reproduction of colour television signals and particularly to the system presenting the greatest difficulties in the matter, that is to say : NTSC system. Works have been developped in two directions. At first, improvement of transmission qualities for network operating on the coded signal, second, the tuning of new devices completing slave systems.

Il est fréquent de voir le mot “couleur” dans l’expression “télévision en couleur” écrit au pluriel et non au singulier.

La Norme Française NF-C01-066 d’août 1965 publiée par le Comité Electronique Français, prescrit le singulier pour l’expression

TÉLÉVISION EN COULEUR

dont le numéro de classification est 66-15-030.

Il y a donc lieu de se conformer à cette norme.

Dans la section 66-15 E de la Norme, on verra aussi les termes particuliers relatifs à cette technique.

L'ÉQUIPEMENT DE LA TÉLÉVISION EN COULEUR à l'O.R.T.F.

par M. L. GOUSSOT

*Ancien élève de l'Ecole Polytechnique
Ingénieur Général à l'O.R.T.F.*

1. Les études sur la télévision en couleur

Le Service des Etudes de l'O.R.T.F., en conséquence même de sa mission, s'est intéressé à la télévision en couleur depuis que cette technique s'est révélée exploitable par les travaux remarquables menés aux ETATS-UNIS entre 1950 et 1955, mais ce n'est vraiment qu'à partir de 1957 que des travaux de laboratoire ont été abordés en participant aux expériences de M. Georges VALENSI, du professeur BOUTRY et de M. Henri de FRANCE. Le Colloque sur la télévision en couleur tenu à Paris en 1957 a fait le point de ces recherches. Pour la R.T.F. il s'agissait alors d'étudier un système en couleur à 819 lignes et des essais sur le système NTSC et le système séquentiel simultané ont été ainsi effectués avec une sous-porteuse de chrominance située entre 7 et 8,5 MHz.

La décision prise en 1959 d'utiliser le système à 625 lignes pour la télévision en bandes IV et V et de limiter l'application de la couleur à ce seul système, a permis au laboratoire de se reconverter et de reprendre des études plus facilement comparables aux travaux effectués dans les laboratoires étrangers. Le laboratoire a alors participé directement aux études internationales en examinant à fond successivement les diverses variantes du système SECAM, système proposé en 1961 dans sa version I puis évoluant, en fonction des critiques et des améliorations technologiques possibles, en versions II, III, III A, III B, cette dernière version ayant été finalement retenue. Il a étudié parallèlement le système PAL, le système NTSC, qui a tou-

jours servi de système de référence, et, en début de 1965, le système dit SECAM IV ayant son origine en U.R.S.S. (système NIIR) en le poussant jusqu'à la réalisation de prototypes reproductibles en série. Le laboratoire a ainsi étudié plus ou moins complètement 14 systèmes et variantes différentes et l'expérience ainsi acquise a pu servir à la mise au point parallèle des équipements techniques d'exploitation ayant la qualité voulue pour transmettre le signal de télévision en couleur.

C'est à l'occasion de la transistorisation générale des équipements videofréquence qu'un premier travail fondamental a été effectué en vue de la transmission de la couleur en donnant aux organes de distribution et de commutation des caractéristiques techniques de haute performance valables pour la couleur. Progressivement les centres de production

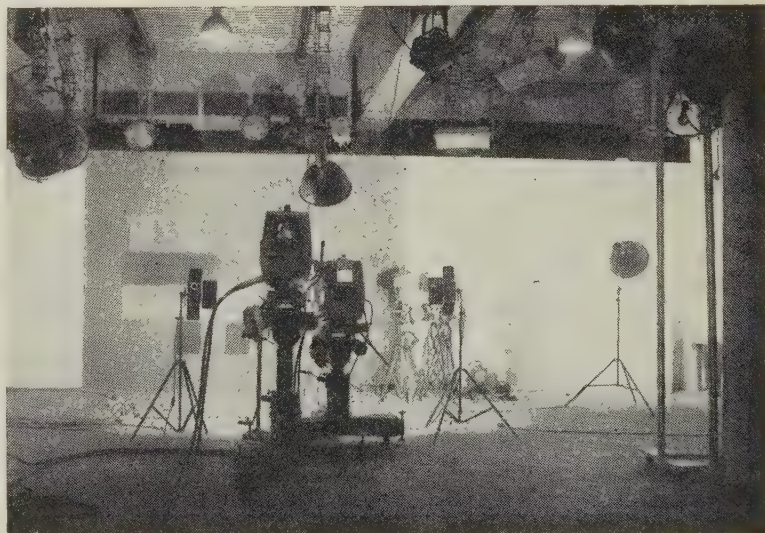


FIG. 1. — Le plateau du studio expérimental du service des études.

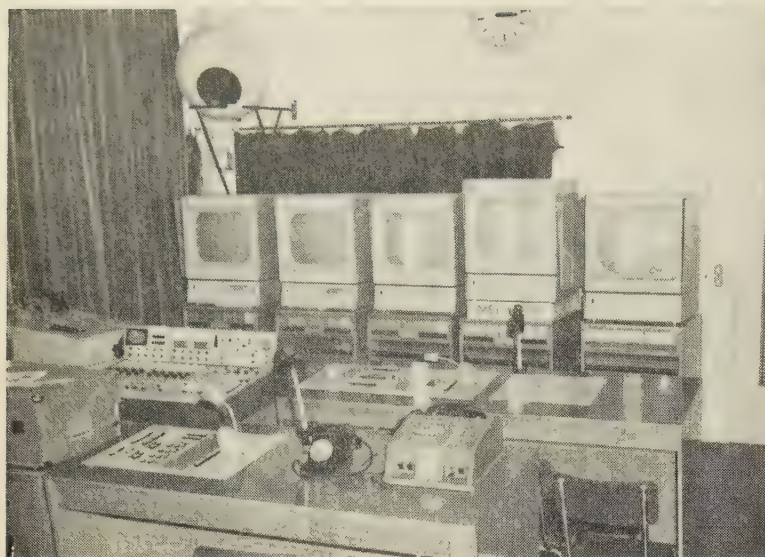


FIG. 2. — La régie du studio expérimental du Service des études.

de l'O.R.T.F. se sont modernisés et cette évolution, faite dans le cadre de la télévision en noir et blanc, permet aujourd'hui de limiter l'équipement de la télévision en couleur aux seuls organes, sources et contrôles, particuliers à la couleur, en n'apportant que des adaptations mineures au réseau complexe de distribution et de commutation.

Cependant l'avènement de la couleur à l'O.R.T.F. a pris son aspect spectaculaire par la décision de mettre en place les équipements de production afin d'introduire des programmes de télévision en couleur dans le programme général de la 2^e chaîne, en 625 lignes, à partir d'octobre 1967.

Dès le début de 1966, cette étape de l'équipement a commencé par les commandes du matériel fondamental — cameras, télécinémas — et l'étude générale de l'équipement des studios de prise de vue directe et des cars de reportage spécialisés pour la couleur (fig. 1 et 2).

2. La phase de l'exploitation expérimentale

Le Service des Etudes a fait l'expérience des premiers équipements de télévision pour poursuivre ses travaux de comparaison sur les systèmes et pour aborder l'étude de la prise de vue en studio. Dès 1964, il a pu utiliser l'une des premières cameras PHILIPS à trois tubes « Plumbicon » alors que ce tube n'avait pas encore assuré le succès que nous lui connaissons maintenant. En 1965, l'équipement a été porté à trois cameras associées à un plateau de studio nouveau de 150 m², plus facilement exploitable que le très petit studio de 100 m² qui servait aux premières expériences. Cet ensemble est complété par les organes normaux de contrôle et de mélange d'un studio, mélangeur traitant les trois signaux RVB en parallèle avant codage afin d'être indépendant du système de codage. C'est donc un studio presque normal qui, depuis le milieu de 1966, a été mis en exploitation, avec le personnel et les moyens artistiques et de décoration normaux des Services d'exploitation de l'O.R.T.F. En l'absence

d'émissions, les programmes traités par ce studio sont enregistrés sur bande magnétique par deux magnétoscopes RCA TR4 associés au studio.

L'exploitation actuelle de ce studio poursuit plusieurs objectifs :

- L'enregistrement de programmes qui seront diffusés à la fin de 1967 ;

- L'entraînement des équipes techniques et artistiques qui font ainsi connaissance avec les particularités de la prise de vue directe en couleur ;

- La poursuite des études concernant l'éclairage, les décors, les mesures utiles sur les équipements.

Cette expérience pratique complète ainsi la formation théorique et pratique qui est donnée au Centre de Formation du Personnel de l'O..T.F.

Le studio expérimental comporte également un ensemble de télécinémas composé en 1965 de deux dérouleurs 35 mm et d'un dérouleur 16 mm construits par RANK-CINTEL. Ce centre sert également pour les essais techniques des équipements qui sont commercialisés depuis cette date, les télécinémas de la Compagnie Française THOMSON HOUSTON et le nouveau dérouleur 16 mm de la Société FERNSEH.

Ce matériel est exploité, lui aussi, dans le triple but de produire des émissions expérimentales, de former le personnel et de poursuivre les études sur les équipements et les films.

L'expérience est non moins indispensable dans le domaine particulier de la prise de vue directe en extérieur, pour les reportages. La technique d'exploitation comme les particularités de la lumière diffèrent sensiblement des conditions de l'exploitation en studio. C'est dans ce but qu'un car de reportage à trois cameras a été étudié et réalisé en 1965-1966 et a été mis en exploitation dès juin 1966. Ce car sert à l'entraînement des équipes techniques du Service des Reportages depuis 6 mois et participe à certaines émissions.

3. L'équipement des centres vidéofréquence de l'O.R.T.F. — organisation générale

La production normale de programmes de télévision en couleur demande l'adaptation à la couleur de certaines parties des centres video fréquence de l'O.R.T.F. et, dans la phase actuelle, des centres de Paris.

Avant d'en décrire les détails, il est utile de rappeler l'organisation des centres video de PARIS.

La figure 3 en donne le schéma d'ensemble. On y reconnaît deux centres principaux :

- Le Centre A. LELLUCH, rue Cognacq-Jay, qui a été le premier centre important de la télévision. Il comprend quelques studios principalement affectés aux émissions d'actualité et des *Cabines de Programme*, association d'un local de contrôle de commutation et d'un studio de présentatrice, qui assu-

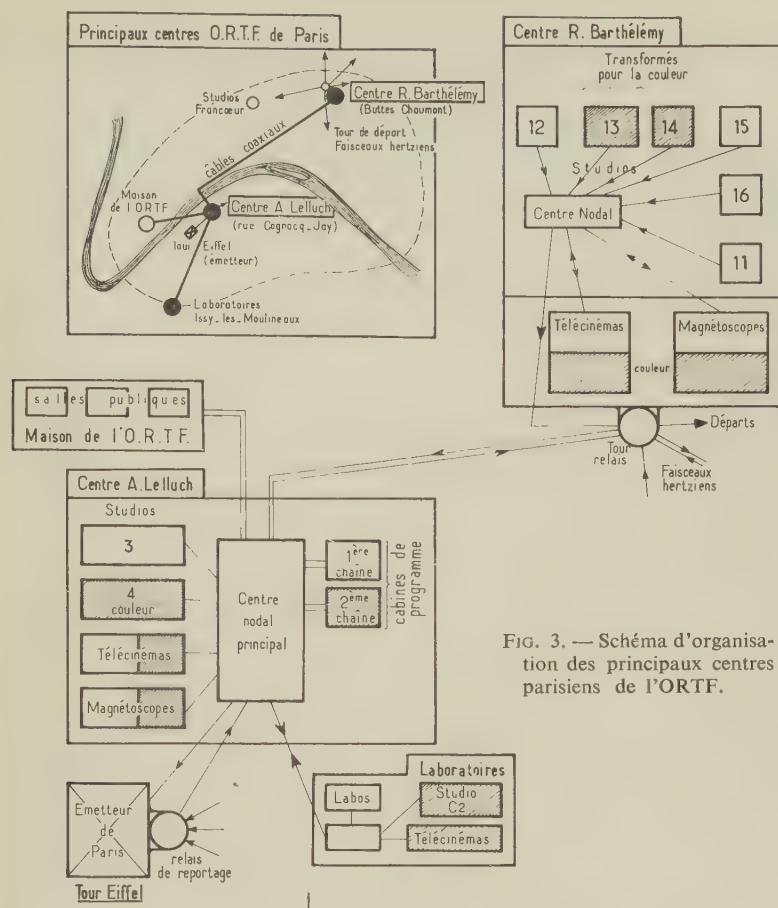


FIG. 3. — Schéma d'organisation des principaux centres parisiens de l'O.R.T.F.

Dans cet ensemble, la première étape de la transformation pour la production des programmes en couleur, étape en cours de réalisation, comporte :

— l'équipement de deux studios au Centre R. BARTHÉLÉMY, les studios 13 et 14 dont l'équipement technique, en noir et blanc, est remplacé par l'équipement en couleur ;

— l'équipement d'un studio (4) et d'une cabine de programme (2^e chaîne) au centre A. LELLUCH.

Dans chacun de ces centres sont également installés des télécinémas en couleur 35 mm et 16 mm et des magnétoscopes adaptés à la couleur.

A l'occasion de la réorganisation du centre R. Barthélemy, réorganisation consécutive à l'installation de nouveaux studios en couleur, les principes généraux de l'organisation technique du centre ont été modifiés.

3.1 CONCEPTION GÉNÉRALE DE L'EXPLOITATION TECHNIQUE DES STUDIOS DE PRISE DE VUE DIRECTE

L'organisation technique de l'équipement est liée aux fonctions des personnes chargées de produire le programme. On peut distinguer deux groupes :

1. Les personnes qui ont une *action artistique directe* et agissent en fonction du programme et de son évolution artistique et technique. Il s'agit en effet d'adapter à chaque instant la prise de vue à l'action et obtenir d'une part, sur le plan artistique, le meilleur découpage ; d'autre part, sur le plan technique, la meilleure qualité de l'image.

2. Les personnes qui ont une *action technique de contrôle* du bon fonctionnement du matériel et en particulier des réglages de la chaîne avant l'émission.

On a reconnu sans difficulté que le travail purement artistique du studio est très peu influencé par la couleur. La « mise en page » de l'émission est la même et la télévision en couleur n'entraîne aucune restriction technique dans la conception du montage électronique.

L'équipe qui collabore à cette production comprend en principe, pour la couleur comme pour le noir et blanc :

1. *Le chef d'émission* qui supervise le découpage et coordonne les liaisons avec les sources extérieures au studio.

2. *Le réalisateur* qui, placé devant le pupitre de commutation, assure le découpage et les enchaînements entre les sources en donnant des ordres aux caméramen.

3. *L'aide-réalisateur* peut seconder le réalisateur et s'occuper en particulier des effets spéciaux.

4. *La script-girl*, éventuellement.

rent la formation des programmes dans leur continuité quotidienne. Ce centre, par sa fonction de formation des programmes, comprend un important *Centre Nodal* qui associe les équipements centraux de synchronisation et les grilles de commutation permettant l'orientation des diverses sources. C'est le centre principal de commutation de l'O.R.T.F. Les signaux video venant de province ou partant vers les émetteurs aboutissent également à ce Centre Nodal :

— Le Centre R. BARTHÉLÉMY, dans le quartier des Buttes-Chaumont est le groupe le plus important de studios de prise de vue directe et de fabrication des programmes artistiques de l'O.R.T.F.

— A ces deux centres s'ajoute : Le Centre FRANÇOIS et Moulin de la Galette, comprenant trois studios.

De nombreuses liaisons, par câbles coaxiaux et par faisceaux hertziens les réunissent entre eux.

Il faut ajouter également à ces centres principaux, le groupe des salles de spectacle-studio de la Maison de l'O.R.T.F. et le centre du Service des Etudes en périphérie de PARIS à ISSY-LES-MOULINEAUX.

La Tour Eiffel est le centre émetteur de Paris, mais reçoit aussi les équipements de faisceaux hertziens mobiles associés aux liaisons de reportage de la région parisienne.

L'O.R.T.F. utilise également plusieurs studios pour le tournage de films, mais ces studios ne sont pas équipés pour la prise de vue directe en télévision.

5. *Le preneur de son* qui s'occupe du réglage des sources sonores.

6. *L'opérateur son* qui s'occupe des sources sonores enregistrées (disque ou magnétophone).

7. *Le chef éclairagiste* qui, du pupitre de commande de l'éclairage, contrôle l'évolution de la lumière sur le plateau et commande éventuellement l'activité de quelques éclairagistes réglant les projecteurs.

Alors que les équipements de prise de son n'ont besoin d'aucun réglage autre que les contrôles fonctionnels de niveau, de corrections volontaires ou de commutations, tous contrôles liés au programme, les équipements de camera sont d'un réglage plus délicat. C'est sur cet aspect de l'exploitation qu'il y a une évolution depuis quelques années.

Dans la conception des équipements de télévision en noir et blanc mis en exploitation entre 1950 et 1960, l'équipe technique vidéo se composait de la manière suivante :

● Sur le plateau :

— *N cameramen*, un cameraman par caméra, assurant le travail artistique de cadrage de l'image et le travail technique de mise au point de l'image,

— *N aides « cablemen »* pour le déplacement des caméras.

Le développement de la technique n'a changé en rien les fonctions de ces personnes.

● Pour les équipements vidéo :

1 — Un *chef d'équipement* qui a la responsabilité générale du bon fonctionnement du matériel et de l'exécution du travail de réglage en cours d'émission,

2 — *N opérateurs de voies*, un *opérateur par caméra*. Le travail de cet opérateur présente alors deux aspects. Il assure les réglages de la voie avant l'émission pour fournir la meilleure image possible et, en cours d'émission, il retouche certains réglages, qui devraient normalement ne pas être modifiés, mais qui demandent *en pratique* une telle retouche du fait de l'instabilité des circuits sur plusieurs heures de fonctionnement ou la trop faible marge d'action des réglages normaux d'exploitation vis-à-vis des variations d'éclairage du plateau.

L'opérateur de voie a cependant pour principal travail le contrôle du signal vidéo en cours d'émission. Il s'agit d'adapter l'électronique au sujet télévisé en jouant sur quelques paramètres, limités, qui sont :

— le *diaphragme de l'objectif* agissant en contrôle de gain mais influençant le « centrage » du flux lumineux sur la caractéristique du tube analyseur, réglage important en particulier pour les tubes image-orthicon. Ce réglage a ainsi une action sur la prise de vue artistique en agissant sur la profondeur de champ.

— le *gain vidéo de la chaîne*, qui permet un réglage plus simple du niveau vidéo de sortie mais agit en réglage fin vis-à-vis du réglage précédent,

— le *niveau du noir* qui assure le réglage du contraste effectif optimal de l'image reproduite,

— *les corrections de tache* (éventuellement).

On voit ainsi que ce travail est complexe. Tous ces réglages sont accessibles sur la face avant du caisson de voie qui ne fait pas réellement de distinction entre les réglages « normaux » d'exploitation et les réglages de conditionnement de l'équipement.

Les voies d'équipement sont donc placées dans la salle d'équipement sous le contrôle direct du chef d'équipement et en relation étroite avec la régie artistique.

Les progrès technologiques dans la construction des équipements de prise de vue directe ont entraîné une amélioration très importante de la stabilité des réglages de conditionnement des voies. Lorsque ce travail de réglage a été fait correctement en début de journée, de préférence sur mires, il est inutile de retoucher les réglages en cours d'émission. Il apparaît même nuisible de modifier certains de ces réglages en vue de réaliser une correction ou un effet anormal car le retour au réglage optimal est aléatoire. La constance de la qualité de l'image produite est une conséquence de cette stabilité.

Il ne reste donc à la disposition de l'opérateur de voie en cours d'émission, que les trois réglages normaux diaphragme - gain - niveau du noir. Les réglages sont devenus plus aisés et l'expérience a montré qu'un seul opérateur peut facilement assurer le réglage de deux à quatre caméras. Le travail de réglage par un opérateur unique présente un autre avantage, l'assurance d'un meilleur équilibre de l'apparence des images des diverses caméras. L'opérateur donne ainsi une certaine personnalité au réglage des signaux, ce qui n'est pas sans importance sur la qualité de l'émission.

Pour donner le maximum de confort à ce travail, les commandes utiles des voies ont été rassemblées sur un petit bloc indépendant et les *N blocs des N caméras* sont placés côte à côte sur un pupitre devant les récepteurs de contrôle et les oscilloscopes de profil correspondant. Tout le travail de l'opérateur est concentré sur le réglage optimal de l'image tant en ce qui concerne le niveau du signal vidéo (1 V crête à crête) que le contraste (par le niveau du noir). Cet opérateur travaille alors en liaison directe avec le chef éclairagiste et c'est l'association de ces deux personnes qui assure la bonne qualité de l'image produite.

Dans ces conditions, le travail purement technique de réglage des voies devient différent du précédent à la fois dans le temps (réglage hors émission) et dans sa technicité (paramètres plus délicats à régler, optimisation intelligente des réglages). Un seul opérateur est suffisant pour ce travail et il n'est pas nécessaire que le matériel soit placé dans la salle d'équipement des studios. L'évolution du matériel en noir et blanc conduit donc à centraliser les voies d'équipement dans un local unique, essentiellement technique, dans lequel le travail n'est pas associé étroitement à l'action artistique sur les plateaux. Par contre, le maintien de la qualité des équipements est assuré par un personnel hautement spécialisé.

Cette amélioration technologique dans la stabilité des caractéristiques des équipements vidéo est vraie aussi pour les équipements annexes, distributeurs, mélangeurs, etc... Tout ce matériel devient passif vis-à-vis du personnel d'exploitation et sa surveillance prend l'aspect d'une maintenance périodique organisée. Il y a donc tout intérêt à centraliser ce matériel pour faciliter cette surveillance.

On peut encore remarquer qu'une telle centralisation entraîne une diminution sensible des longueurs des câbles transportant les signaux d'image destinés à l'antenne ce qui améliore encore la qualité du produit fini.

Pour illustrer cette évolution, on a représenté sur les figures 4 et 5 une vue schématique de l'organisation des studios avant et après cette modification des principes d'exploitation de la télévision en noir et blanc.

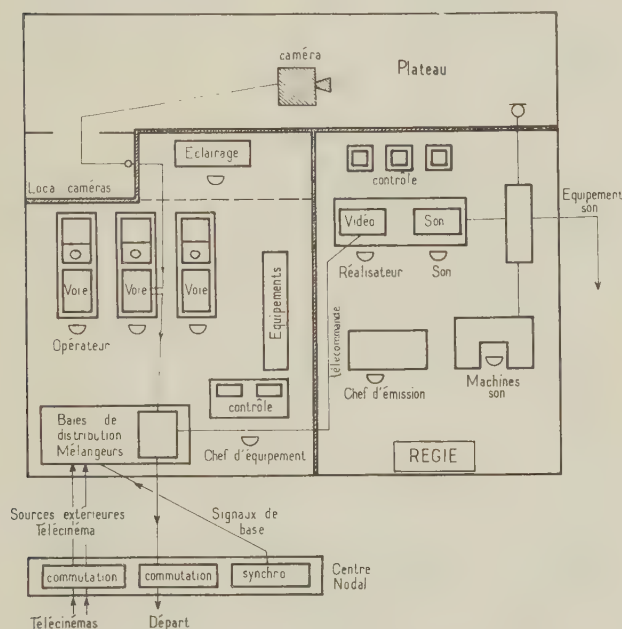


FIG. 4. — Organisation technique des studios de prise de vue directe en noir et blanc (disposition ancienne).

3.2. CONCEPTION DES ÉQUIPEMENTS DE TÉLÉVISION EN COULEUR

La télévision en couleur apparaît dans le cadre de cette évolution en posant à nouveau le problème du choix entre les deux solutions précédentes.

Dans son principe, la solution moderne du noir et blanc peut être appliquée à la couleur en admettant que les voies d'équipement des caméras ont une stabilité suffisante pour permettre un réglage préalable indépendant de la prise de vue artistique du programme. Cette solution a aussi pour avantage de spécialiser le technicien chargé du réglage préalable des voies, réglage beaucoup plus délicat qu'en noir et blanc puisqu'il comporte, en particulier, le réglage de superposition des trois images primaires de la caméra.

Si les réglages de la voie sont stables, les réglages en exploitation sont les mêmes qu'en noir et blanc,

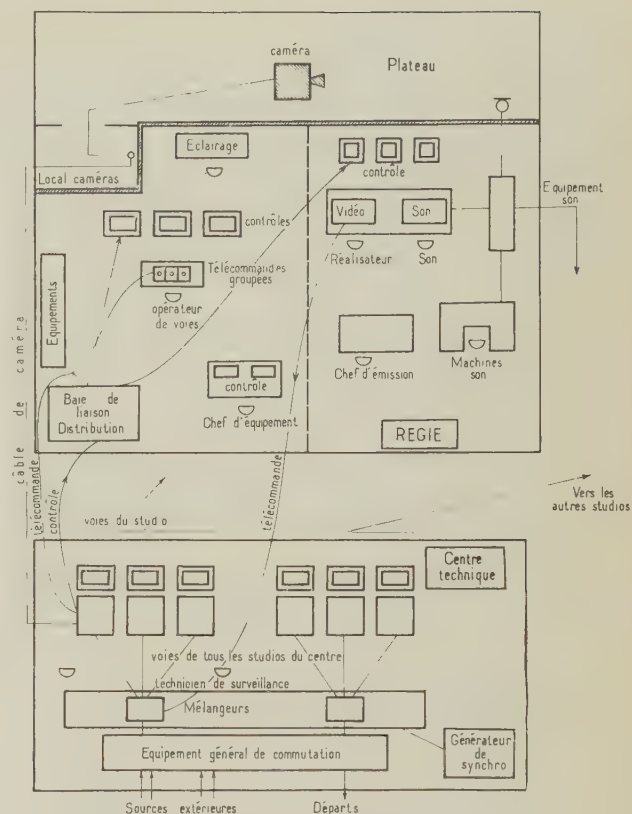


FIG. 5. — Organisation technique des studios de prise de vue directe en noir et blanc (disposition nouvelle).

diaphragme, gain général et le travail présente un aspect à la fois technique mais simple et artistique par la bonne interprétation de l'équilibrage général de l'aspect global des images des diverses caméras. C'est donc, avec un peu plus de qualité, le travail normal demandé à l'opérateur de voie en noir et blanc.

Cependant, la stabilité des réglages des équipements de couleur est encore un peu incertaine et il est prudent de réserver les temps d'arrêt entre prises de vues pour un contrôle des réglages sur mires.

Pour ces raisons, la solution adoptée pour les premiers studios équipés en couleur à l'ORTF, les studios 13 et 14 du centre R. BARTHÉLEMY, est un compromis.

La salle d'équipement associée à la régie est organisée comme pour la télévision en noir et blanc. Les voies d'équipement couleur possèdent un bloc de télécommande des réglages d'exploitation et ces blocs sont placés sur un pupitre devant des récepteurs de contrôle et des oscilloscopes de profil. Un seul opérateur contrôle deux ou quatre caméras. Contrairement au cas du noir et blanc, l'équilibrage des images des diverses caméras est réalisé en utilisant le même récepteur de contrôle, ce qui évite les erreurs dues à des réglages différents des récepteurs en couleur. Un clavier de sélection permet d'alimenter ce récepteur par le signal de chacune des sources. Un autre récepteur en couleur donne l'image retenue (finale).

Sur les récepteurs associés à chacune des caméras, l'image donne la présence de la prise de vue mais

le réglage technique et artistique n'est pas conditionné par cette image.

Les voies d'équipement sont rassemblées avec les équipements annexes de mélange, de distribution et de contrôle technique, dans une pièce différente, au niveau du plateau du studio pour faciliter la liaison avec les caméras et reliée à la salle d'équipement par un escalier direct. Ainsi, tout en étant indépendantes, ces deux salles techniques sont en relation facile.

Le travail technique sur les voies d'équipement est a priori semblable à celui qui est demandé aux techniciens des équipements centralisés du noir et blanc. Mais les voies de couleur sont beaucoup plus exigeantes et le travail de réglage sera journalier avec une surveillance constante en cours d'émission et, peut-être, des retouches. L'expérience seule permettra d'apprécier l'importance réelle des dérèglages qui apparaîtront.

La figure 6 montre le schéma de la disposition prise pour les premiers studios de télévision en couleur.

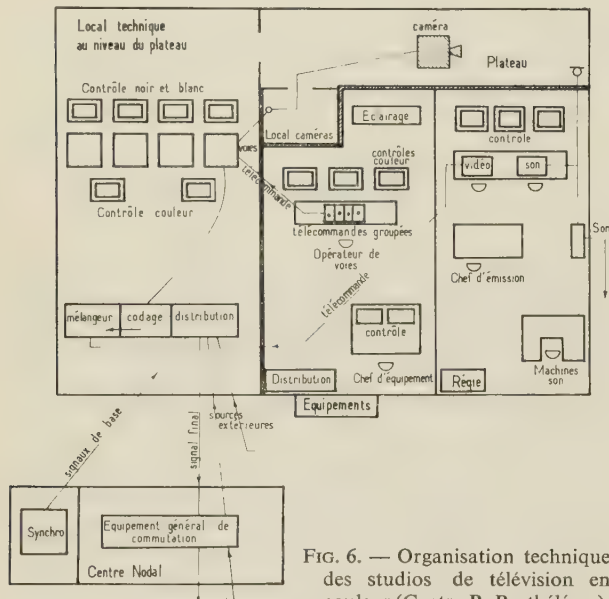


FIG. 6. — Organisation technique des studios de télévision en couleur (Centre R. Barthélémy).

3.3. EQUIPEMENT TECHNIQUE D'UN STUDIO EN COULEUR

La conception d'ensemble de l'équipement technique du studio de télévision en couleur n'est pas essentiellement différente de celle d'un studio en noir et blanc et tous les organes de distribution et de commutation, à l'exception du commutateur-mélangeur dont la conception est influencée par le système de codage SECAM, sont identiques à ceux qui sont utilisés en noir et blanc.

Le plan général de la figure 7 montre l'organisation technique de ce studio. On a souligné dans ce schéma général les appareils qui sont spécialisés pour la couleur, caméras, moniteurs couleur, codeurs et décodeurs, mélangeur, appareils de mesure. Précisons quelques aspects particuliers de cette installation.

3.3.1. Equipement du plateau

Les studios 13 et 14 ont été équipés initialement pour fonctionner avec des caméras à supericonoscopes (photicons) de sensibilité moyenne et il se trouve ainsi que la puissance d'éclairage installée reste valable pour la couleur qui, avec la caméra à 3 plumbicons et le système SECAM, demande un éclairage de la scène de 1 500 à 3 500 lx.

La puissance installée dans ces studios qui ont respectivement 330 m² (studio 13) et 600 m² (studio 14), est de l'ordre de 800 W/m². Le problème qui se pose actuellement concerne la normalisation de la température de couleur des projecteurs et le type de source lumineuse. Il semble que l'on tende vers une température de couleur de 3 000 à 3 200 °K et que les lampes à iode ont beaucoup de chance de remplacer ou de compléter les lampes normales. Le problème de l'éclairage, des décors, du choix des couleurs, des limites utiles de réflectance est actuellement étudié au studio expérimental d'ISSY-LES-MOULINEAUX et une technique de la prise de vue en studio commence à se préciser.

3.3.2. Equilibrage des images

Il apparaît bien que l'un des problèmes les plus délicats de la production des programmes en couleur concerne le réglage des sources tel que, dans leur succession, toutes les images aient même apparence moyenne.

Il est difficile d'éviter qu'une image en couleur possède une teinte générale de nuance (bleue ou rouge). Cet effet n'est pas gênant lorsqu'une telle image est regardée seule mais des différences, même faibles, sont très visibles lorsque les images se succèdent au rythme des commutations de changement de plan. Or une telle « couleur d'ambiance » peut provenir soit des caméras, soit des différences de réglage des récepteurs de contrôle sur lesquels les opérateurs apprécient leurs images.

L'équilibrage des images de plusieurs sources ne peut se faire aisément que si l'opérateur qui règle les voies d'équipement peut commuter à son aise les autres sources sur le moniteur couleur qui lui donne le contrôle.

On étudie actuellement le problème important du choix du blanc de référence du moniteur de contrôle et la tendance est d'imposer le blanc C plutôt qu'un blanc plus bleuté sur lequel semble se porter certains constructeurs de récepteurs domestiques. Cette tendance ne semble pas justifiée. Le réglage correct du blanc de référence des moniteurs de contrôle exige une référence de blanc précise et stable et il est envisagé d'associer aux récepteurs une mire en projection de diapositives susceptible de constituer un étalon pour un tel réglage. Il ne serait pas sans intérêt qu'une telle mire serve également de référence de qualité pour tous les réglages de la chaîne caméra-moniteur et une telle étude est en cours.

3.3.3. Synchronisation

On désigne par *signaux de base* les signaux qui sont produits par les générateurs de synchronisation et sur lesquels se construit le signal de télévision.

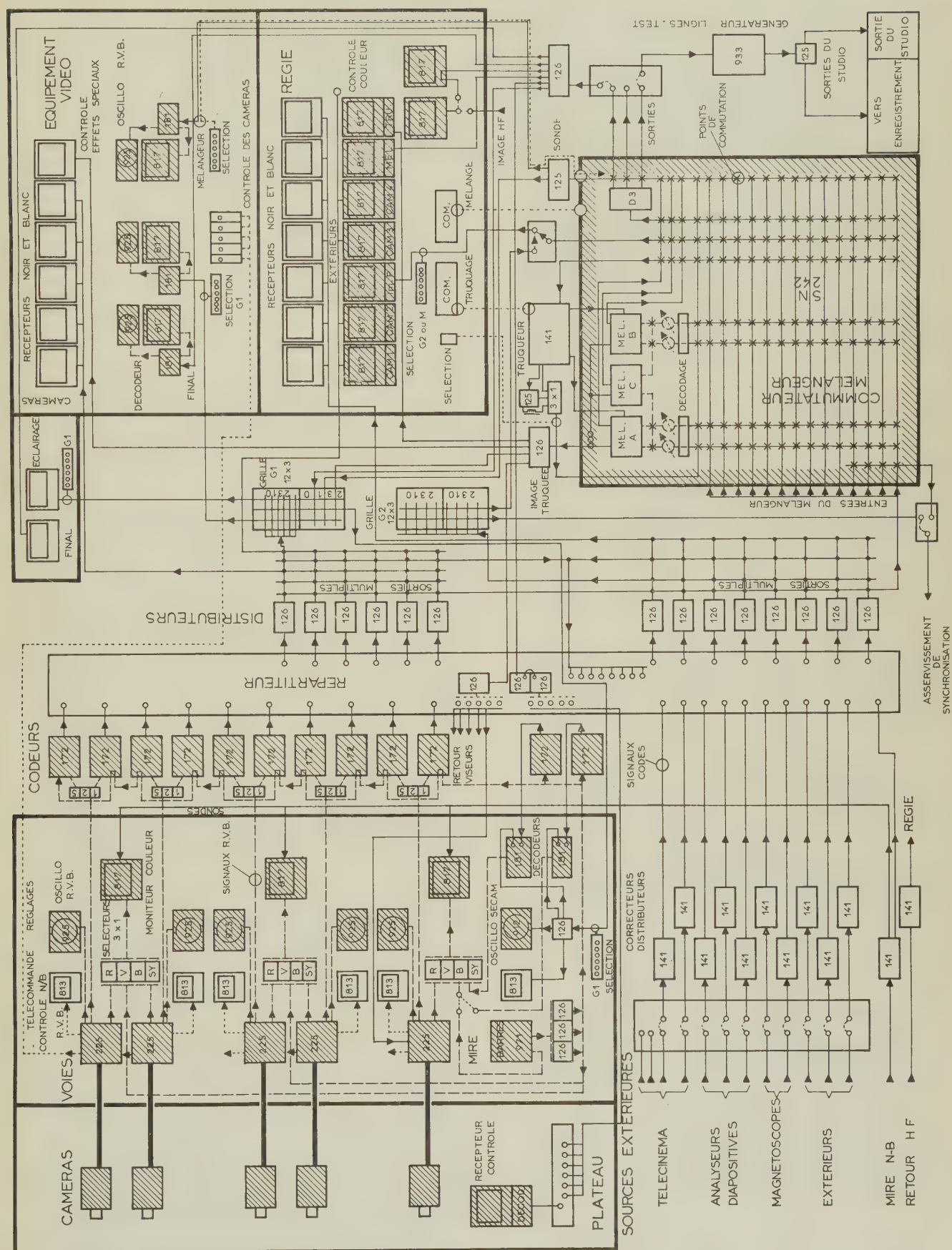


Fig. 7. — Schéma d'ensemble des équipements vidéo d'un studio de prise de vue directe en couleur.

Dans la technique de l'ORTF normalisée en 1949, les signaux de base étaient au nombre de *trois* : signal de suppression de trame, signal de suppression de ligne et signal de synchronisation ligne-trame. Le signal de « ligne-test caméra » s'est ensuite ajouté à ces trois signaux. A partir du ou des générateurs de synchronisation rassemblés dans le centre nodal du bâtiment, une distribution générale de quatre signaux est faite aux différents centres de formation des images, studios, télécinémas.

L'avènement de la couleur a conduit à repenser cette distribution et il a semblé qu'une telle distribution à 4 ou 5 signaux était extrêmement lourde et onéreuse dans un centre important. La concentration des équipements techniques, permise par la transistorisation, et les perspectives offertes dans ce domaine par l'introduction progressive des circuits miniatures, font apparaître l'intérêt d'une diminution du câblage entre les divers organes indépendants.

L'occasion ainsi offerte de changer de conception dans une perspective de profonde modification de la technologie, nous a conduit à réduire les signaux de base à *un seul signal* transportant toutes les informations utiles. Un tel signal est, en fait, le signal vidéo complet correspondant à une image blanche (fig. 9). Les sources d'image qui reçoivent ce signal, en retirent les signaux de base normaux par un découpage en amplitude du signal de base unique.

Cette solution est appliquée pour les équipements en noir et blanc et en couleur.

Pour la couleur, il est nécessaire de transmettre une information supplémentaire qui est le rythme de la transmission séquentielle des deux signaux de chrominance.

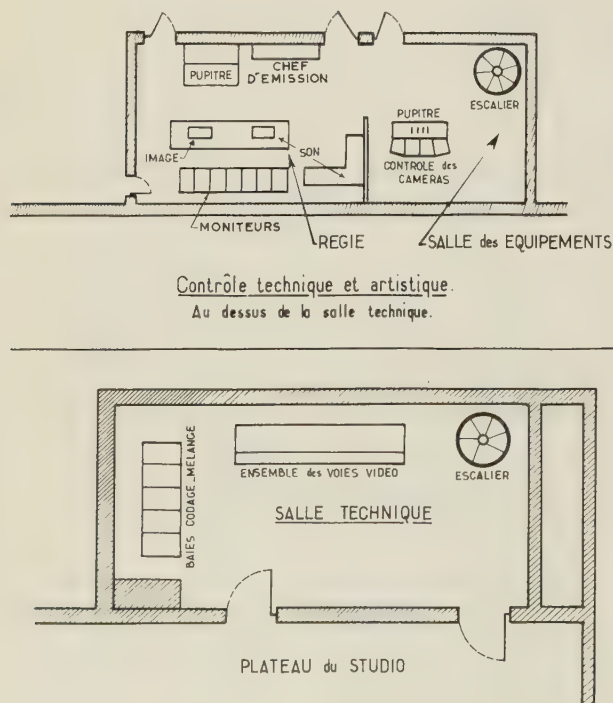
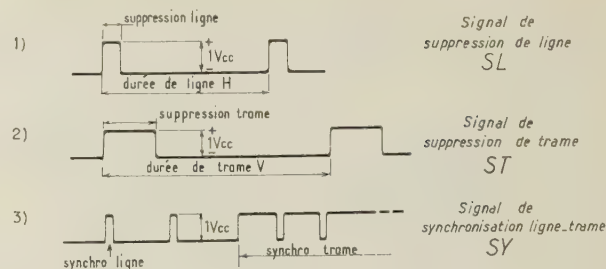


FIG. 8. — Disposition des salles techniques associées au studio 14.
a) Contrôle technique et artistique. Au-dessus de la salle technique.
b) Plateau du studio.

A - Solution O.R.T.F. ancienne



B - Solution O.R.T.F. actuelle noir et blanc et couleur

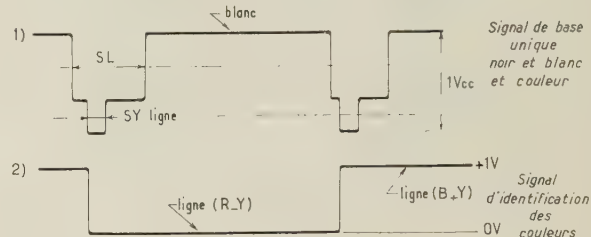


FIG. 9. — Signaux de base libres distribués dans les centres vidéo.

Il eut été possible, par l'introduction des informations de couleurs dans l'image blanche, telle que la salve à phase alternée à laquelle l'ORTF s'était intéressée et qui a été finalement adoptée par le système PAL, de transmettre ces informations dans le signal de base unique*. Pour diverses raisons cependant, c'est un signal supplémentaire en créneau, à demi-fréquence de ligne, qui est utilisé pour asservir les codeurs SECAM. La figure 9 précise les caractéristiques de ce second signal d'identification des couleurs.

3.3.4. Description générale de l'équipement vidéo du studio

Le schéma d'ensemble des équipements vidéo du studio de prise de vue directe en couleur qui est en montage au centre R. Bathelmy est présenté sur la figure 7.

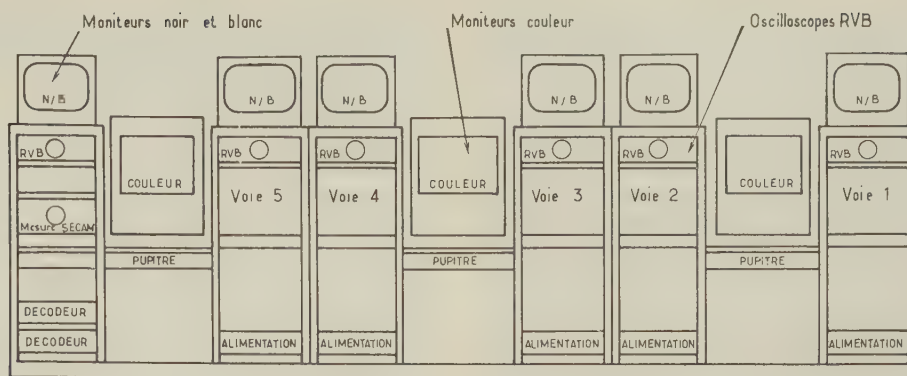
Sur ce schéma, les organes sont repérés par le numéro de la spécification technique que l'ORTF impose au constructeur dans sa normalisation des caractéristiques extérieures des organes techniques.

Un premier groupe rassemble les voies d'équipement et les moyens de mesure et de contrôle de ces voies (fig. 10).

Chaque équipement de prise de vue directe est associé à un récepteur noir et blanc sur lequel il est plus facile de contrôler la mise au point, et un oscilloscope permettant le contrôle des trois signaux primaires et de leurs combinaisons différentielles.

Un seul moniteur en couleur est associé à deux voies. Une commutation permet son attaque par chacune des deux voies voisines ou par une mire de barres, laquelle constitue une sixième source d'ima-

(*) Brevet REMY - O.R.T.F., n° 953.643 du 13 novembre 1963.



Ensemble des voies de prise de vue directe

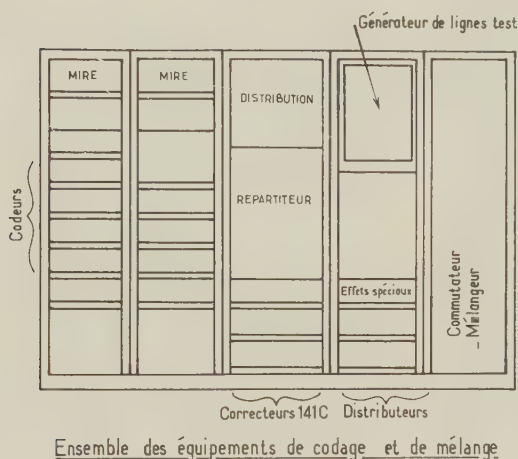


FIG. 10. — Disposition des équipements de la salle technique.

ge locale. De plus, chaque moniteur reçoit en permanence la mire de réglage distribuée dans le centre (mire noir et blanc).

Une position de mesure est prévue pour un contrôle plus complet des signaux. Elle comprend deux décodeurs permettant le contrôle de toutes les sources utilisées à partir d'une distribution par la grille G1 télécommandée.

Il est prévu également l'utilisation d'un appareil de contrôle spécialisé pour mesurer les caractéristiques des signaux codés et, en particulier, la conformité des caractéristiques du signal de chrominance modulé avec les normes du système.

Tout cet ensemble traite les trois signaux primaires de couleur séparés et ces signaux sont distribués au niveau crête à crête de 0,7 V en polarité positive, sans signaux de synchronisation. Le signal de base assurant la synchronisation est associé à ces trois signaux.

Les voies d'équipement sont, par ailleurs, télécommandées depuis la position de contrôle d'exploitation de la salle d'équipement associée à la régie.

L'ensemble de traitement de ces signaux est rassemblé dans un bloc de baie, placé près du groupe de contrôle des voies. Il s'agit d'organes fonctionnant sans intervention d'opérateurs. On trouve ainsi :

— L'ensemble des codeurs. Chaque source alimente deux codeurs en parallèle ce qui permet d'assurer la sécurité du fonctionnement et autorise l'utilisation éventuelle de schémas particuliers de fonctionnement de studio lorsque des organes supplémentaires de mélange ou de traitement des signaux sont demandés par la production.

Un grand répartiteur manuel constitue le point de coupure général entre les sources et les organes utilisateurs. Il permet de modifier, le cas échéant, la distribution des sources sur les organes utilisateurs et d'effectuer des mesures sur les circuits, de part et d'autre de ce point.

Outre les sources locales, ce répartiteur reçoit les signaux codés qui proviennent de sources extérieures : télécinémas (4 liaisons), analyseurs de vues diapositives (3 liaisons), magnétoscopes (2 liaisons) et liaisons extérieures au centre vidéo (3 liaisons).

Ces liaisons coaxiales longues sont dirigées vers des distributeurs-correcteurs qui assurent la correction du signal vidéo dégradé par les câbles coaxiaux de transmission. Une telle correction est faite dès que la longueur du câble de transmission de modèle KX 8 dépasse 20 m.

Du côté de l'utilisation, l'organe principal est le commutateur-mélangeur de studio. Cet appareil, qui est télécommandé depuis le pupitre du réalisateur

dans la régie du studio, comporte essentiellement une grille de 14 entrées et 9 sorties, associée à des circuits de mélange.

La commutation directe d'une image à la suivante s'effectue sur la grille qui assure la commutation rapide pendant la suppression de trame de l'image.

La commutation par fondu enchaîné ou les opérations de trucage (effets spéciaux) exigent des circuits particuliers. L'appareil comporte deux groupes de mélange par fondu enchaîné A et B, qui peuvent s'associer avec un groupe C de commutation rapide.

Pour le système SECAM ces opérations exigent un décodage préalable du signal en ses deux signaux vidéo luminance et chrominance. Le mélange est opéré sur les signaux vidéo. Un recodage final restitue le signal codé.

L'appareil travaille normalement avec un circuit de fabrication des signaux de découpage qui assurent les effets spéciaux de volets, incrustations, etc. Cet organe, qui s'associe à tous les mélangeurs noir et blanc ou couleur, est présenté en caisson séparé. Il est associé à un pupitre de mélange dans la régie.

Il est possible, dans certains cas spéciaux, d'associer deux organes d'effets spéciaux au mélangeur, traitant séparément les deux groupes A et B du mélangeur. Le signal vidéo qui sort de ce mélangeur est le signal de programme produit par le studio.

Ce signal passe alors dans un générateur de lignes-test. Cet appareil ajoute sur quelques lignes du signal de suppression de trame les lignes-test qui suivront le signal dans sa diffusion en dehors du centre et permettront la mesure de tous les défauts de transmission subis par ce signal.

Il a été prévu deux sorties en parallèle dont l'une est directement renvoyée à la salle des magnétoscopes, permettant l'enregistrement du programme.

Tous les autres circuits assurent essentiellement le contrôle des images.

Pour cela, toutes les sources traversent des distributeurs vidéo. Deux grilles de distribution télécommandées s'associent à ce réseau de contrôle qui intéresse les deux centres de travail d'exploitation, le contrôle technique et la régie artistique. Dans la salle de contrôle technique est placé le meuble pupitre de contrôle des caméras. Les blocs de télécommande des caméras sont rassemblés sur ce pupitre, devant trois moniteurs en couleur associés à trois oscilloscopes de profil. Des décodeurs donnent les signaux primaires utiles. Ce contrôle porte sur l'image finale retenue pour le programme et sur une image qui, par présélection, peut être celle d'une caméra quelconque. Pour permettre de choisir la caméra qui à chaque instant doit être contrôlée, des récepteurs en noir et blanc donnent en permanence les images des cinq caméras. Le troisième récepteur en couleur est plus spécialement destiné au contrôle des divers signaux qui sont utilisés dans le mélangeur. Ce sont aussi les sources, y compris les sources extérieures, mais aussi les signaux préparant les effets spéciaux, ce qui permet les réglages de ces signaux. Un récepteur noir et blanc permet aussi de surveiller certains signaux provenant des circuits de mélange et de trucage.

On notera que l'éclairagiste dispose également de deux récepteurs donnant d'une part l'image finale et d'autre part, par commutation télécommandée, l'une quelconque des caméras.

La *régie d'exploitation artistique* comprend quatorze récepteurs :

— Sept récepteurs en noir et blanc reçoivent les signaux utiles dont l'origine est extérieure au studio.

— Sept récepteurs en couleur contrôlent d'une part quatre des caméras et d'autre part une image présélectionnée sur la grille G2 ou sur le mélangeur, l'image finale après mélange et enfin l'image soumise aux effets spéciaux.

Le réalisateur travaille sur le pupitre de mélange et le pupitre de commande des effets spéciaux.

Par suite des dispositions des meubles dans la régie, deux récepteurs sont ajoutés à l'usage des opérateurs de prise de son.

On trouvera, sur les plans de la figure 8, la disposition des divers meubles techniques dans les locaux associés au studio 14.

Les deux salles principales sont placées l'une au-dessus de l'autre. Un escalier direct les relie pour faciliter les mouvements des techniciens. La salle technique vidéo sert aussi à ranger les caméras et effectuer les essais sur mires de ces caméras. Elle a accès direct au plateau.

Tous les appareils qui équipent le centre sont construits suivant des normes fixées par l'ORTF. A titre indicatif, on donne dans le tableau 1 la liste des organes et les constructeurs. On notera cependant que, pour la plupart des organes, plusieurs constructeurs français sont fournisseurs de l'ORTF et la normalisation assure l'interchangeabilité de tous ces organes, quelle que soit leur provenance.

3.4. EQUIPEMENTS DIVERS

Le studio de prise de vue constitue un ensemble technique complexe mais modelable à volonté suivant les conditions techniques et artistiques de l'exploitation. Il y a moins de diversité dans l'équipement des autres groupements fonctionnels des centres vidéo.

— Les *télécinémas*. Ces appareils sont réunis dans une même salle et les équipements de télévision en couleur prendront leur place parmi les équipements en noir et blanc sans modifications fondamentales des structures. Il en est de même des analyseurs de diapositives. Les équipements de télécinéma et d'analyse d'images fixes sont construits par la C.F.T.H.

— Les *magnétoscopes* et particulièrement les derniers modèles comme le modèle AMPEX VR 2000, sont équipés pour traiter la couleur comme le noir et blanc. L'adaptation nécessaire des machines commercialisées pour utiliser le signal SECAM sera effectuée d'après les études et réalisations faites par le laboratoire du Service des Etudes.

— Le *centre nodal*, comme il a été dit précédemment, est, dès maintenant, capable de transmettre sans distorsions sensibles le signal de télévision en

couleur. Le problème des contrôles n'exige que quelques récepteurs en couleur supplémentaires. Il en est de même des liaisons coaxiales longues, quelques kilomètres, qui réunissent les centres vidéo de Paris entre eux. Les équipements de transmission du signal vidéofréquence sur ces câbles possèdent des caractéristiques satisfaisantes pour la couleur.

— Les *équipements de reportage*. Les moyens mobiles de prise de vue sont en cours de construction sous forme de cars de reportage à quatre caméras. On trouvera par ailleurs une description de ces équipements qui utilisent le même matériel que celui des studios de prise de vue directe avec une disposition et des principes d'exploitation très voisins.

4. Le réseau des relais hertziens et des émetteurs

Le signal vidéofréquence provenant des cabines de programme du centre A. LELLUCH est transmis aux émetteurs par le réseau des faisceaux hertziens, lesquels sont également utilisés pour acheminer vers Paris les productions des centres de province. L'adaptation de ce réseau à la télévision en couleur ne pose pas de problèmes particuliers car l'ORTF profite de conditions très favorables.

Le réseau, qui est entièrement sous le contrôle de l'ORTF, a été réalisé d'une manière très homogène avec des normes de qualité adaptées à la transmission du signal à 819 lignes, donc larges vis-à-vis du signal en noir et blanc à 625 lignes. La sévérité de ces normes comme la qualité du matériel installé permettent de transmettre le signal en couleur sans distorsions sensibles. L'adaptation à la couleur consiste simplement à ajouter quelques organes de contrôles spécialisés tels les moniteurs en couleur.

Le réseau des émetteurs de la deuxième chaîne dans les bandes IV et V est également un ensemble moderne prévu dès l'origine pour transmettre le signal de télévision en couleur. Toutefois un émetteur est un organe très complexe et les performances optimales ne sont tenues que par le bon réglage de nombreux circuits et en particulier de circuits de correction qui compensent les distorsions inévitables des étages de puissance.

De tels circuits, de tels réglages, ne sont pas sans subir des dérives lentes qui exigent un contrôle suivi des performances et une organisation soignée de la maintenance. Le degré de dégradation tolérable des performances est beaucoup plus faible pour la couleur que pour le noir et blanc et les conditions de maintenance seront plus sévères. Dans certains cas, des appareils de mesure considérés comme suffisants pour le contrôle du signal en noir et blanc s'avèrent d'une précision insuffisante pour la couleur et doivent être changés.

4.1. ORGANISATION DES MESURES PAR LIGNES-TEST

La télévision en couleur, en exigeant le maintien de performances plus sévères qu'en noir et blanc, donne une importance plus grande au contrôle permanent de ces caractéristiques et la technique des lignes-test dans la suppression de trame s'avère la technique la meilleure pour assurer ce contrôle. Il s'agit en effet non seulement de corriger le réglage de circuits qui ne sont pas trop dégradés, mais encore d'apprécier les dérives de qualité de la chaîne afin de prévoir autant que possible l'urgence de corrections.

Cette augmentation sensible de la précision des mesures et de la surveillance des dérives exige la

TABEAU 1

Listes des équipements techniques entrant dans un studio de prise de vue directe en couleur

Matériel	Norme ORTF	Constructeur
Équipement de prise de vue directe en couleur à trois tubes plumbicon	SN 225 A	PHILIPS — Montage et adaptation par PHILIPS ELA France.
Oscilloscope de contrôle		PHILIPS
Moniteurs de télévision en couleurs	SN 817 A	(En cours de consultation).
Codeur SECAM	SN 172 A	CFT
Décodeur SECAM	SN 181 A	CFT
Appareil de contrôle du signal SECAM	SN 912 A	CFT
Mélangeur-commutateur de studio	SN 242 A	CFTH
Mire de barres	SN 954 A	(En cours de consultation)
Correcteurs-distributeurs	SN 141 C	ALTEX RADIO - PRODERA (licence ORTF)
Cellules de correction		LABINAL (licence ORTF)
Distributeurs à six sorties	SN 126 A	LABINAL (licence ORTF)
Sondes vidéo	SN 125 A	VELEC (licence ORTF)
Grilles de commutation 6 × 3	SN 2310 A	SOREFE (licence ORTF)
Récepteur noir et blanc	SN 813	CSF
Générateur d'effets spéciaux	SN 241 A	CFTH
Générateur de lignes test		(En cours de consultation)
Câblage et équipement général		CSF

mise en place d'un réseau de télé-surveillance qui profitera des progrès dans l'enregistrement des mesures de l'automatisation du traitement des informations recueillies par des capteurs appropriés. Des études très poussées sont en cours à l'ORTF pour automatiser le contrôle du réseau de diffusion et améliorer ainsi sa qualité sans faire appel à un nombre de techniciens sensiblement plus élevé que maintenant. Beaucoup de nouveaux centres émetteurs de puissance moyenne fonctionneront sans surveillance locale et sous le simple contrôle d'un réseau de télécommande et de télésurveillance.

5. Conclusion

La télévision en couleur s'est développée très lentement en Europe. Les quelques années d'étude et l'expérience américaine ont permis de préparer l'évolution inévitable vers la couleur de sorte que l'échéance de 1967 ne constitue pas, pour l'ORTF, un événement imprévu. Les modifications techniques des chaînes de production et de diffusion actuellement en service sont minimes et il appartient à l'industrie de fabriquer les équipements spécialisés répondant à la qualité et à la fiabilité nécessaires. Pour l'ORTF, cette évolution n'est donc pas sensiblement plus importante que celle consécutive à la

transistorisation, laquelle a entraîné en trois ans un renouvellement complet des équipements vidéofréquence.

La télévision en couleur exige cependant un niveau de qualité plus élevé que la télévision en noir et blanc et le résultat dépendra beaucoup de la qualité du travail des techniciens qui auront la lourde charge de les exploiter. Malgré une amélioration sensible de la technologie, des progrès importants sont encore à faire en ce qui concerne les performances optimales, leur stabilité et la fiabilité du matériel. Le contrôle centralisé de la qualité du réseau assurera plus efficacement que maintenant l'optimalisation des performances et la constance de cette qualité.

Certes l'ORTF n'a pas la responsabilité totale de la chaîne et le récepteur de télévision en couleur est un important maillon de cette chaîne. Or les dégradations qu'il introduit sur l'image ne sont pas négligeables. Mais on peut faire confiance aux constructeurs pour offrir aux téléspectateurs des appareils satisfaisants et assurer ainsi à la télévision en couleur le succès pratique qui peut être envisagé en reconnaissant l'incontestable attrait de l'image en couleur lorsque sont comparées une image de télévision en noir et blanc et une image en couleur obtenue dans de bonnes conditions.

FIDÉLITÉ DE LA REPRODUCTION DES COULEURS EN TÉLÉVISION

PAR

M. RÉMY

*Ancien élève de l'Ecole Polytechnique
Ingénieur en chef à l'ORTF*

En télévision en couleur, le problème de la fidélité colorimétrique se pose dans les mêmes termes qu'en cinéma. Le téléspectateur tout comme le spectateur d'un film n'a pas la possibilité de comparer directement le sujet et sa reproduction. Il est de plus « plongé » dans une lumière ambiante indépendante de celle de la scène présentée et l'on doit, comme en cinéma, produire sur l'écran du téléviseur, des images dont les couleurs auront été colorimétriquement adaptées pour être vues dans une ambiance fixe.

Dans une première partie, nous étudierons quelle serait dans les conditions d'observation des images de télévision la meilleure reproduction des couleurs. Nous verrons ensuite jusqu'à quel point, compte tenu des servitudes et des facilités spécifiques à la chaîne de télévision, nous pourrions nous approcher de cet objectif idéal.

Nous utiliserons fréquemment dans la suite de cet exposé les représentations des couleurs normalisées par la CIE* et en particulier la représentation u, v dite à chromaticité constante (CIE 1959). Le diagramme u, v , a sur les autres représentations l'avantage d'une présentation assez accessible des problèmes de reproduction des couleurs puisque, à *luminance constante*, on peut admettre que la distance séparant deux points du diagramme est proportionnelle au nombre de seuils de perception séparant les deux couleurs qu'ils représentent. On trouvera en annexe quelques rappels des principaux résultats et représentations colorimétriques.

1. Aspects colorimétriques de la reproduction des couleurs en télévision

Avant d'examiner les difficultés que l'on rencontrera dans une chaîne réelle, il nous faut tenter de

donner une réponse à la question fondamentale : qu'est-ce qu'une reproduction fidèle des couleurs en télévision ? Question que l'on peut subdiviser en deux parties :

1. Comment dans une reproduction parfaite, une couleur donnée de la scène analysée devrait-elle être restituée ?
2. Avec quelle précision cet objectif idéal doit-il être atteint ?

L'étude des conditions d'observation des images de télévision va nous donner des éléments de réponse à la première partie de cette question.

1.1. CONDITIONS D'OBSERVATION DES IMAGES DE TÉLÉVISION

Lorsque nous regardons directement sous différents types d'éclairage, lumière du jour, lumière artificielle, une même scène ou de mêmes objets, l'expérience montre qu'il y a un phénomène d'adaptation aux conditions d'éclairage qui fait que nous attachons plus aux objets et à la manière dont ils réfléchissent la lumière qu'à la couleur intrinsèque de ces objets. Sans remettre en cause la trichromie ni les expériences fondamentales de la colorimétrie (égalisation, addition), cette adaptation nous permet par exemple de considérer comme semblables les couleurs d'un même objet éclairé avec des lumières de composition spectrale aussi différentes que la lumière solaire et la lumière artificielle du tungstène à 2 800 °K.

Le mécanisme physiologique de cette adaptation est mal connu ; on admet généralement l'existence d'une sorte de commande automatique de gain qui agirait sur les trois sensations perçues par l'œil, soit en fonction de la lumière réfléchie par les objets connus comme « blancs », soit encore en fonction de la valeur moyenne dans l'espace et dans le temps des sensations perçues.

* Commission Internationale de l'Eclairage.

Cette dernière hypothèse semble confirmée par le fait qu'il faut que deux conditions soient remplies pour que le phénomène d'adaptation existe :

— les plages de la scène entourant l'objet regardé, plages éclairées par la même lumière ambiante, doivent avoir une luminance moyenne qui ne tombe pas en-dessous de 10 à 20 % de celle de l'objet.

— tous les points que l'on peut voir depuis la position occupée par l'observateur doivent aussi être éclairés par la même lumière ambiante ; l'observateur doit « baigner » complètement dans la lumière ambiante pour s'y adapter.

Lorsque le téléspectateur regarde à son domicile son récepteur de télévision, aucune de ces deux conditions n'est remplie. La lumière ambiante doit être faible, elle est mal définie mais reste fixe ; elle n'a que peu de chances d'être la même que celle qui a servi à éclairer la scène transmise.

Il n'y aura pas de phénomène d'adaptation lors de l'observation d'un téléviseur couleur, pas plus qu'il n'y a adaptation de la part du spectateur d'un film.

Si l'on veut, comme cela paraît a priori logique, donner au téléspectateur la même impression que s'il regardait lui-même directement la scène télévisée, il faut quelque part dans la chaîne de télévision (en pratique à la prise de vue) réaliser l'adaptation à sa place. On peut certes se demander si notre définition du but du spectacle télévisé est correcte, car elle ne s'applique en fait qu'aux spectacles auxquels le téléspectateur pourrait assister, c'est-à-dire aux reportages d'événements ou spectacles publics.

Dans le cas du travail en studio, on pourrait admettre que l'image se juge sur les récepteurs de contrôle de la régie et que la fidélité de la reproduction des couleurs qui existent réellement sur le plateau est un aspect secondaire. Cette remarque est dans une certaine mesure fondée ; il n'en reste pas moins qu'une reproduction fidèle des couleurs (au sens où nous l'avons définie plus haut) facilite grandement le travail artistique, en assurant la similitude entre l'observation « sur le plateau » et l'observation sur le récepteur.

1.2. RECHERCHE D'UN MODÈLE PHYSIQUE DE L'ADAPTATION

Une fois la nécessité de l'adaptation établie pour la chaîne de télévision, il faut rechercher un modèle qui nous permette de la réaliser physiquement lors de la prise de vue. Cette recherche nous conduira tout d'abord à normaliser un blanc de référence, puis à étudier plus en détail l'aspect colorimétrique de l'adaptation.

La normalisation du blanc de référence a pour but de fixer la couleur que devront avoir, à la reproduction, les objets réputés blancs, c'est-à-dire ceux qui réfléchissent la lumière qu'ils reçoivent sans en modifier la composition spectrale. On peut donner à cette normalisation un sens étroit ou un sens large.

Au sens étroit, on peut se contenter de fixer les coordonnées colorimétriques du blanc de référence sans le définir physiquement par son spectre. On peut au contraire, au sens large, fixer aussi le spectre de la

source de référence, ce qui suppose implicitement que l'on veut, à la reproduction de la scène, donner au téléspectateur la même impression que si elle était éclairée par la source de référence*.

La FFC**, lors de la mise en service de la télévision en couleur aux Etats-Unis en 1954, a normalisé comme référence le blanc *C* défini par la CIE (fig. 1). Il s'agit d'un blanc bleuté correspondant à une température de couleur d'environ 6 500 °K. En pratique ce blanc correspond à la lumière du jour par temps légèrement couvert. Bien que des études faites depuis [1] aient montré que les téléspectateurs préfèrent un

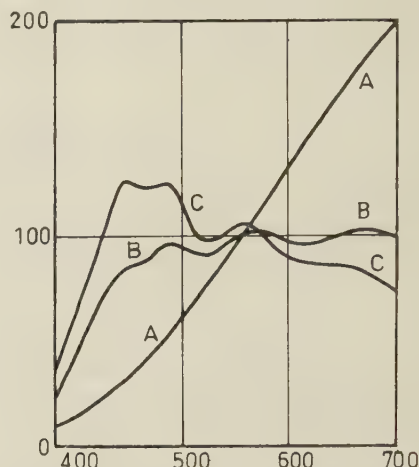


FIG. 1. — Distribution spectrale relative de l'énergie pour les sources normalisées (blancs *A*, *B* et *C*).

blanc de température de couleur moins élevée (4 500 °K environ), c'est le blanc *C* qui a été également retenu en Europe, et l'on assiste même à une tendance chez les fabricants (aux Etats-Unis en particulier) à produire des récepteurs réglés sur des blancs encore plus bleutés (9 200 à 9 800 °K). Nous verrons un peu plus loin les conséquences de ce choix sur la prise de vue en studio en éclairage à incandescence. Notons seulement ici que le blanc *C* a été retenu principalement pour sa similitude avec la couleur des écrans des téléviseurs noir et blanc. Le sens avec lequel on a pris la définition de la source de référence n'apparaît pas clairement dans les normes des systèmes de télévision en couleur. Nous supposons dans ce qui suit qu'il s'agit du sens large, puisque la CIE définit le blanc *C* d'abord par son spectre. Toutefois, nous reviendrons un peu plus loin sur la différence entre les deux interprétations.

Dans ces conditions, lorsque la scène transmise est un extérieur par ciel couvert, éclairage correspondant à la source *C* normalisée, une reproduction idéale consistera, bien sûr, à reproduire exactement les couleurs de la scène. Il s'agit en pratique du seul cas où l'on puisse faire une reproduction colorimétrique exacte.

Il est facile, dans ce cas simple, de calculer les tensions électriques E_r , E_v , E_b qui doivent être appliquées

* Cela n'implique nullement que le récepteur donne un blanc dont la composition spectrale est celle de la source de référence, ce qui serait d'ailleurs impossible compte tenu de la nature physique des primaires du récepteur.

** Fédéral Communication Commission.

aux électrodes de commande du tube image (supposé linéaire pour simplifier) lorsque l'on désire reproduire une couleur K de coordonnées X, Y, Z . Les primaires de reproduction ont été également normalisées et leurs coefficients de chromaticité sont donnés dans le tableau suivant :

	x	y	u	v
R	0,670	0,330	0,477	0,352
V	0,210	0,710	0,076	0,384
B	0,140	0,080	0,152	0,130

Sachant que, par définition, le mélange de l'unité de chacune des primaires donne le blanc de référence (blanc C : $x = 0,310$, $y = 0,316$), on peut déterminer à partir du tableau ci-dessus les coordonnées $X_r = \lambda_r x_r$, $Y_r = \lambda_r y_r$, $Z_r = \lambda_r z_r$, $X_v = \lambda_v x_v$ etc. de ces unités des primaires que nous désignerons par $[R]$, $[V]$ et $[B]$.

La couleur K de coordonnées X, Y, Z peut s'écrire :

$$K = E_r[R] + E_v[V] + E_b[B] = X[X] + Y[Y] + Z[Z]$$

avec

$$[R] = X_r[X] + Y_r[Y] + Z_r[Z]$$

$$[V] = X_v[X] + Y_v[Y] + Z_v[Z]$$

$$[B] = X_b[X] + Y_b[Y] + Z_b[Z]$$

ou $[X]$, $[Y]$, $[Z]$ sont les unités des primaires $X Y Z$ de la CIE.

On en tire trois relations entre E_r , E_v , E_b et X, Y, Z qui donnent après résolution :

$$\begin{vmatrix} E_r \\ E_v \\ E_b \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1,91 & -0,532 & -0,288 \\ -0,982 & 2,00 & -0,0283 \\ 0,0585 & -0,119 & +0,900 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}$$

Cette relation, appliquée aux coordonnées $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ des lumières monochromatiques, permet de déterminer sans difficulté les sensibilités théoriques $r(\lambda)$, $v(\lambda)$, $b(\lambda)$ des trois voies d'une caméra trichrome (voir 2^{ème} partie fig. 7).

Lorsque l'on effectue les prises de vues en studio en lumière artificielle à incandescence, ou bien en extérieur par beau temps, il faut simuler l'adaptation de l'observateur et l'on est naturellement tenté de dire : « On doit reproduire la scène comme si elle était éclairée en blanc C . » Pour la caméra, cela peut se traduire par l'interposition d'un filtre convenable devant l'objectif. En effet, si l'on a affaire à un échantillon (peinture sur décor-tissu) de coefficient de réflexion $R(\lambda)$, ses coordonnées colorimétriques X_A, Y_A, Z_A lorsqu'il est éclairé en lumière artificielle (blanc A à 2 848 °K) seront :

$$X_A = \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) R(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

$$Y_A = \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) R(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

$$Z_A = \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) R(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

où $A(\lambda)$ représente la répartition spectrale du blanc A

On veut reproduire cet échantillon comme s'il était éclairé en blanc C , c'est-à-dire par une lumière de coordonnées :

$$X_C = \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

$$Y_C = \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

$$Z_C = \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

$C(\lambda)$ étant la répartition spectrale du blanc C .

On peut bien entendu écrire les trois dernières relations :

$$X_C = \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) R(\lambda) \frac{C(\lambda)}{A(\lambda)} A(\lambda) d\lambda$$

$$Y_C = \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) R(\lambda) \frac{C(\lambda)}{A(\lambda)} A(\lambda) d\lambda$$

$$Z_C = \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) R(\lambda) \frac{C(\lambda)}{A(\lambda)} A(\lambda) d\lambda$$

On pourra donc obtenir l'adaptation souhaitée en plaçant devant une caméra conçue et réglée par un éclairage C un filtre de coefficient de transmission

$$T(\lambda) = \frac{C(\lambda)}{A(\lambda)} \text{ (fig. 2).}$$

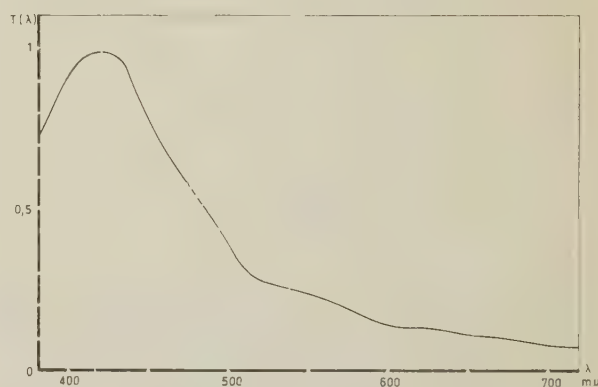


FIG. 2. — Facteur de transmission du filtre qui doit être placé devant une caméra prévue pour l'éclairage C lorsqu'on la fait fonctionner avec un éclairage A .

Il faut bien voir ici que la transformation physique d'adaptation que nous effectuons en plaçant un filtre devant la caméra n'est définie qu'à partir du coefficient de réflexion $R(\lambda)$ de l'échantillon. Elle n'est pas définie de manière précise par les coordonnées colorimétriques de l'échantillon sous l'éclairage A .

En effet deux échantillons, de coefficients de réflexion $R_1(\lambda)$ et $R_2(\lambda)$, peuvent réfléchir des lumières qui ont mêmes coordonnées colorimétriques lorsqu'ils sont éclairés en blanc A par exemple, et réfléchir des

lumières de couleurs différentes lorsqu'ils sont éclairés en blanc *C*. On a en effet, puisque les deux échantillons ont même aspect sous l'éclairage *A* :

$$X_A = \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) R_1(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

$$= \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) R_2(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

$$Y_A = \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) R_1(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

$$= \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) R_2(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

$$Z_A = \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) R_1(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

$$= \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) R_2(\lambda) A(\lambda) d\lambda$$

Cependant ces relations n'impliquent pas nécessairement que l'on ait :

$$X_C = \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) R_1(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

$$= \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) R_2(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

$$Y_C = \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) R_1(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

$$= \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) R_2(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

et

$$Z_C = \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) R_1(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

$$= \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) R_2(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

En fait, pour des échantillons de même apparence en blanc *A*, les X_c , Y_c et Z_c seront dispersés. On a cherché à évaluer par le calcul la limite supérieure des écarts colorimétriques susceptibles d'exister sous l'éclairage *C**. Les premiers résultats de ces évaluations sont donnés à la figure 3 où les zones grisées représentent les dispersions, sous un éclairage *C*, d'échantillons qui auraient différents coefficients de réflexion $R(\lambda)$ physiquement significatifs, mais néanmoins même apparence sous l'éclairage *A*. Les trois échantillons de base sont des peintures utilisées à l'ORTF pour la réalisation des décors.

On notera l'importance relative de ces zones de dispersion dont les plus grandes dimensions vont de 5 à 8 seuils de perception.

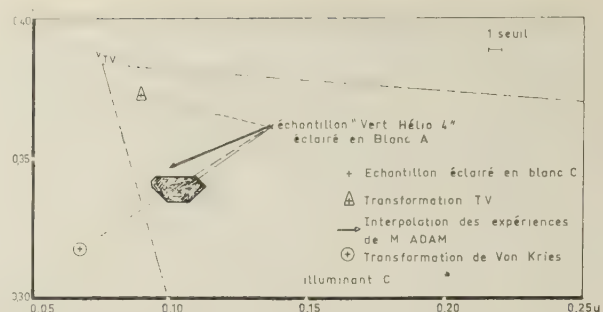


FIG. 3a. — Dispersion sous un éclairage *C* des couleurs d'échantillons ayant même apparence sous l'éclairage *A*.

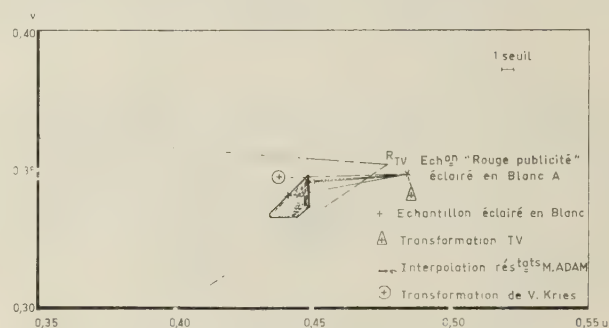


FIG. 3b. — Dispersion sous un éclairage *C* des couleurs d'échantillons ayant même apparence sous l'éclairage *A*.

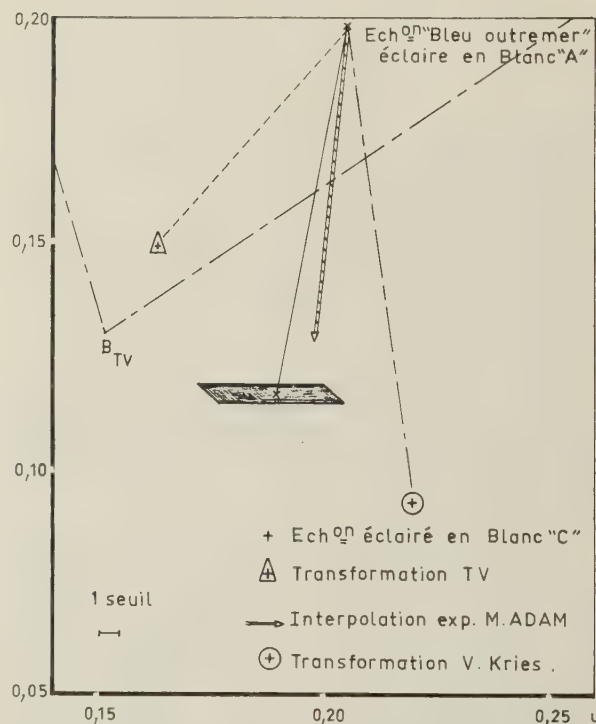


FIG. 3c. — Dispersion sous un éclairage *C* des couleurs d'échantillons ayant même apparence sous l'éclairage *A*.

Dans un certain sens, la manière très approximative avec laquelle on a pris l'habitude de réaliser la transformation d'adaptation en télévision élimine cette difficulté de la dispersion. On se contente en effet d'ad-

mettre que la fonction $T(\lambda) = \frac{C(\lambda)}{A(\lambda)}$ est constante,

* Voir dans ce même numéro l'article de M. GLOWINSKI.

pour chacune des voies primaires de la caméra agissant sur une partie limitée du spectre, ce qui veut dire qu'en pratique on modifie les gains des voies. Pour les longueurs d'ondes où deux voies interviennent, on a alors des valeurs différentes pour $T(\lambda)$ (fig. 4). Il ne s'agit plus d'une transformation par changement de la source d'éclairage, mais d'une transformation colorimétrique définie cette fois à partir des seules coordonnées colorimétriques de l'échantillon sous l'éclairage A .

Gains relatifs

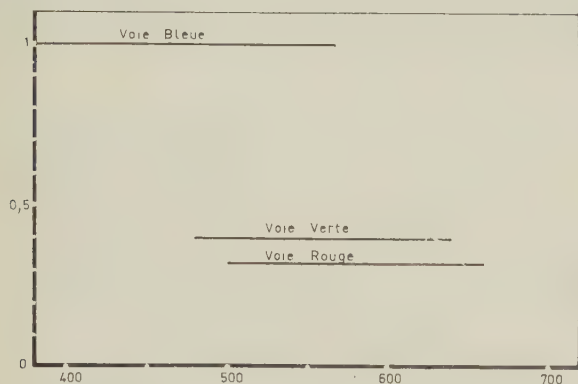


FIG. 4. — Modification du gain des voies d'une caméra pour passer du fonctionnement avec éclairage C au fonctionnement avec éclairage A ; comme on peut le constater ici cette modification n'est pas équivalente à un filtrage optique.

Cela nous amène à nous demander, d'un autre point de vue, quelle transformation traduit correctement l'effet subjectif de l'adaptation. Comme l'ont montré de nombreuses expériences, l'œil établit une correspondance bien précise entre les couleurs, sous diverses conditions d'adaptation. Le principe de ces expériences consiste, dans la plupart des cas, à présenter pendant un temps suffisamment long (10 secondes environ) des plages lumineuses correspondant à deux lumières ambiantes « blanches ».

— soit à deux parties de la rétine d'un même œil (MacAdam),

— soit à chacun des deux yeux d'un même observateur.

Au bout de cette période d'adaptation, on substitue aux lumières ambiantes deux lumières colorées K et K' pendant une ou deux secondes, et on demande à l'observateur, qui dispose des organes de réglage nécessaires, de modifier K' jusqu'à ce qu'il y ait égalité de perception entre K et K' . La substitution est réalisée un nombre de fois suffisant pour que l'observateur puisse parvenir à l'égalisation. Dans ces expériences, les lumières blanches sont définies uniquement par leurs coordonnées colorimétriques, et non par leur spectre; il s'agit de l'interprétation que nous avons appelé « étroite » de la normalisation du blanc de référence.

Nous avons reproduit (fig. 5) les résultats obtenus par McADAM [2], résultats confirmés par d'autres expériences.

On a bien sûr essayé de formuler une loi mathématique, connue sous le nom de transformation de VON KRIES qui consiste, pour rendre compte de l'adaptation :

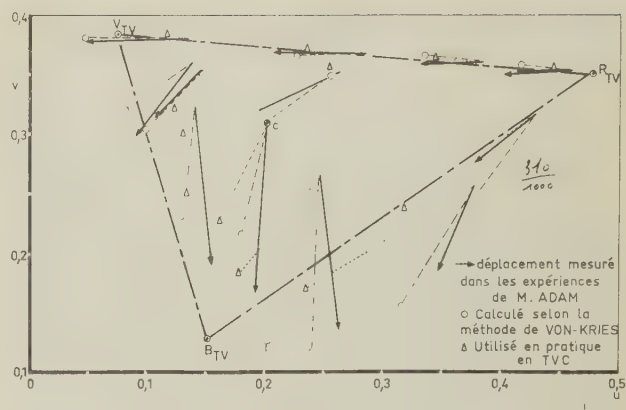


FIG. 5. — Déplacement du point de couleur dans le cas d'une adaptation Blanc $A \rightarrow$ Blanc C .

— à se ramener aux « primaires de l'œil »,

— à effectuer sur les tristimuli ainsi obtenus des homothéties définies par la correspondance entre les blancs de référence.

On peut fixer la position de ces primaires en supposant que certaines anomalies de la vision sont dues à l'absence d'une ou deux des primaires normales de l'œil. On a figuré ces primaires hypothétiques sur les représentations x, y et u, v de la CIE (fig. 6). Ce sont les invariants de la transformation d'adaptation de

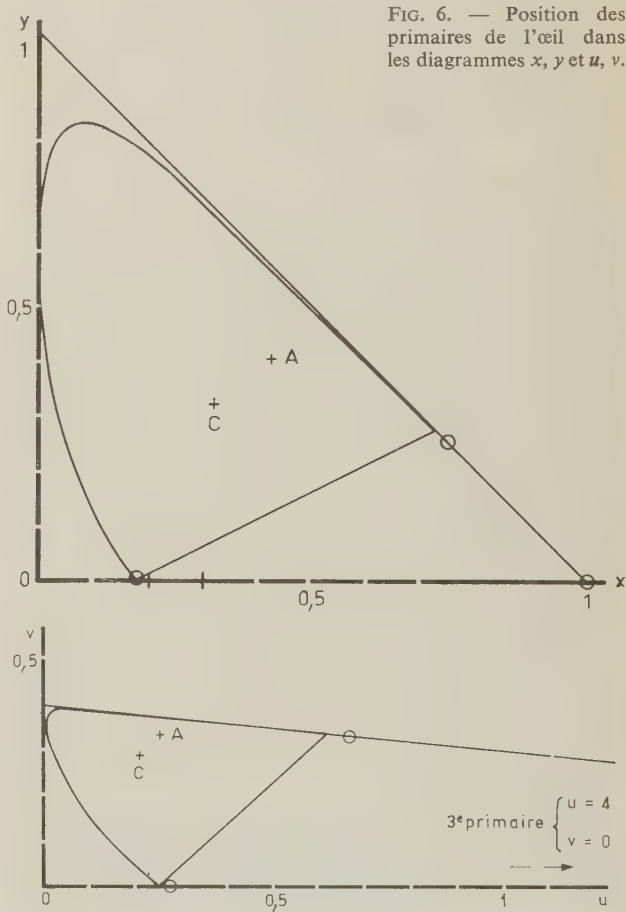


FIG. 6. — Position des primaires de l'œil dans les diagrammes x, y et u, v .

VON KRIES. Les tristimuli correspondants à ces primaires sont :

$$\alpha = Y \quad \beta = -0,66X + 1,36Y + 0,10Z \quad \gamma = Z$$

L'étude directe des phénomènes d'adaptation constitue en fait une vérification des hypothèses faites sur le fonctionnement de l'œil et sur la position des primaires. Elle donne une idée générale assez correcte du phénomène comme le montre la figure 5 ; cependant l'erreur par rapport aux valeurs mesurées est assez grande (4,5 seuils de perception en moyenne pour les couleurs représentées à la figure 5). Cette transformation constitue toutefois une base de travail utile pour la détermination de la fidélité de la reproduction des couleurs en télévision. Bien que cette transformation soit aussi une transformation colorimétrique, elle est assez différente de celle que l'on fait traditionnellement en télévision en modifiant les gains des signaux appliqués aux trois canons rouge, vert et bleu du tube image pour obtenir le blanc C. Elle donne de meilleurs résultats comme le montre la même figure 5 où l'on a représenté également l'adaptation effectuée selon la méthode usuelle (erreur moyenne 10 seuils). On a établi à titre indicatif les formules qui traduisent la loi de VON KRIES et qui, partant des signaux E_r, E_v, E_b fournis par une caméra idéale réglée pour une reproduction exacte d'une scène éclairée en blanc C, donnent les signaux E_r^*, E_v^*, E_b^* à appliquer au récepteur lorsque la caméra analyse une scène éclairée en blanc A :

$$\begin{vmatrix} E_r^* \\ E_v^* \\ E_b^* \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,922 & -0,436 & 0,217 \\ 0,042 & 1,199 & -0,565 \\ 0,003 & 0,215 & 3,347 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} E_r \\ E_v \\ E_b \end{vmatrix}$$

Nous avons reporté sur les figures 3a, 3b et 3c les résultats des trois transformations colorimétriques que nous avons envisagées, ainsi que ceux que nous permet de prédire une interpolation des expériences de MacAdam. Cette confrontation, bien que limitée à trois couleurs, est très intéressante. On y remarque que la meilleure représentation de l'effet subjectif d'adaptation est encore, malgré sa définition imprécise, la transformation physique, suivie dans l'ordre par la transformation de VON KRIES et la transformation usuelle. Bien que ces résultats soient partiels, on peut se demander s'il ne serait pas possible de trouver des échantillons pour lesquels la transformation physique coïnciderait avec l'adaptation subjective.

C'est en fait l'adaptation physique qui sert d'objectif dans la plupart des études sur la fidélité des couleurs en télévision, cependant les différents problèmes que nous venons d'évoquer montrent qu'il faut être très prudent dans ce domaine et ne pas perdre de vue :

— qu'il s'agit d'une première approximation de l'objectif à atteindre,

— que la transformation n'a de sens précis que lorsque l'échantillon est défini par son coefficient de réflexion $R(\lambda)$, et non pas par la simple donnée de ses tristimuli sous un éclairage donné.

1.3. TOLÉRANCES SUR LA REPRODUCTION DES COULEURS

Nous n'avons jusqu'ici répondu qu'à la 1^{re} partie de la question que nous nous sommes posés à propos de la fidélité colorimétrique. En ce qui concerne le deuxième aspect : la précision, les données dont nous disposons sont assez mal adaptées à notre problème. Toutes les expériences de détermination des seuils de perception des différences de couleur ont été réalisées dans des conditions idéales d'adaptation qui rendent la sensibilité différentielle de l'œil maximale, le champ de vision de l'observateur étant constitué des seules deux plages colorées à comparer.

Le cas de la télévision est bien différent. L'observateur n'a pas la référence à côté pour comparaison, il n'est pas non plus dans des conditions idéales d'adaptation ; on peut raisonnablement supposer que le seuil est plus grand. Il serait nécessaire de renouveler en couleur des expériences analogues à celles qu'avaient faites P. BILLARD en noir et blanc [3], pour déterminer avec précision l'importance de l'augmentation du seuil de perception en télévision par rapport aux conditions idéales d'adaptation.

L'autre facteur intervenant dans ces tolérances est la précision avec laquelle la transformation d'adaptation est définie. Si l'on examine la dispersion des résultats des mesures subjectives faites par différents expérimentateurs, on s'aperçoit qu'elle est de l'ordre de 5 seuils.

Il semble finalement assez illusoire d'envisager la reproduction des couleurs avec une précision beaucoup plus grande, sauf peut-être pour certaines teintes, notamment celles correspondant au bleu du ciel, aux feuilles des arbres, à la couleur de la peau (teinte « chair »), pour lesquelles intervient un phénomène de fidélité « de mémoire ». L'observateur a pour ces couleurs une idée précise de ce qu'il souhaite ou accepte de voir ; en outre, la tolérance sur ces couleurs n'est pas isotrope et, pour les visages par exemple, les virages vers les verts ou les pourpres sont moins bien acceptés que d'autres (direction jaune-orangé).

Il apparaît bien difficile, dans l'état actuel des connaissances, de fixer à coup sûr des tolérances sur les erreurs colorimétriques de reproduction en télévision. Des expériences subjectives sont nécessaires pour préciser la perception des différences de couleurs sur un écran de télévision. D'autres phénomènes dont nous n'avons pas parlé ici interviennent, par exemple :

— l'influence de la lumière ambiante par son intensité et sa couleur,

— l'influence de la luminance de la couleur reproduite*.

Nous retiendrons comme hypothèse vraisemblable (à confirmer par des essais subjectifs) que, pour les luminances moyennes, l'erreur admissible sur les couleurs est de l'ordre de 5 seuils pour les couleurs saturées et de l'ordre, peut-être, de 2 à 3 seuils pour les couleurs non saturées et les blancs, les seuils étant mesurés en chromaticité dans le plan u, v . En ce qui

* La CIE a adopté récemment une nouvelle méthode due à WYSZECKI pour l'évaluation des seuils de perception ; dans cette méthode les seuils de chromaticité dépendent de la luminance.

concerne la luminance de la couleur reproduite et son erreur relative compte tenu d'un gamma de restitution global de la chaîne de 1, il semble que les erreurs admissibles exprimées en seuils de luminance soient plus larges.

1.4. LA REPRODUCTION DES FILMS

Nous avons abordé jusqu'ici le seul cas de la prise de vues directe. Pour être complet il nous faut dire quelques mots des problèmes posés par la reproduction des films. Dans le cas du film, il faut tenir compte de plusieurs aspects :

— Théoriquement, la transformation d'adaptation est déjà faite sur le film, pourvu qu'il soit projeté avec la source de lumière pour laquelle il a été conçu : incandescence à 2 800 °K pour les diapositives 24 × 36 mm, incandescence 3 200 °K pour les films 16 mm, arc au xénon à 4 900 °K pour les films 35 mm.

— On posera comme principe qu'en télévision on s'efforce de reproduire le film aussi fidèlement que possible, sans interprétation ni correction.

— Les courbes d'absorption des colorants sont assez semblables et en tous cas identiques pour un même type de film, ce qui fait que la transformation par changement de source de projection est, mieux définie que dans le cas général exposé plus haut*.

Le rôle du télécinéma ou de l'analyseur de diapositives sera donc de délivrer des signaux électriques produisant sur le récepteur l'image transformée par adaptation au blanc C de l'image qui serait vue en projection par la source normalisée correspondant au type de film utilisé.

Deux solutions seront possibles :

— Utiliser la source de projection conforme aux spécifications du film, puis analyser avec des sensibilités des voies primaires qui tiennent compte de l'adaptation au blanc C soit directement, soit par matriçage.

— Utiliser une source de projection « C » pour tous les films, en tirant profit de ce que la transformation des couleurs due au changement de source est assez bien définie vu la similitude de forme des courbes d'absorption des colorants. Cette disposition est à compléter par des sensibilités primaires adaptées au blanc C .

2. Aspects physiques

L'étude des conditions d'observation des images de télévision nous a permis de préciser quelque peu l'objectif poursuivi :

— Reproduire les couleurs des objets et personnages de la scène comme si ceux-ci étaient éclairés avec la source normalisée (blanc C), en essayant de rendre les erreurs de reproduction de l'ordre de 2 à 5 seuils de perception.

2.1. SENSIBILITÉS SPECTRALES THÉORIQUES DES VOIES D'UNE CAMÉRA TRICHROME

Lorsque la scène est effectivement éclairée avec le blanc normalisé, il est facile de calculer les sensibilités théoriques $r(\lambda)$, $v(\lambda)$, $b(\lambda)$ des trois voies d'une caméra trichrome.

Elles s'obtiennent en appliquant à $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$, la relation définie par la matrice établie au paragraphe 1.2. Le résultat bien connu est donné à la figure 7. Les sensibilités spectrales théoriques comportent, comme l'on sait, des parties négatives qu'il n'est évidemment pas possible de réaliser directement physiquement. Ces caractéristiques sont celles globales de la caméra ; on peut à l'analyse remplacer ce jeu de caractéristiques par un autre jeu de combinaisons linéaires des $r(\lambda)$, $v(\lambda)$, $b(\lambda)$, pourvu que l'on retrouve sur les bornes de sortie de la caméra les tensions E_r , E_v , E_b , ce qui impose un matriçage électrique des signaux derrière l'analyse.

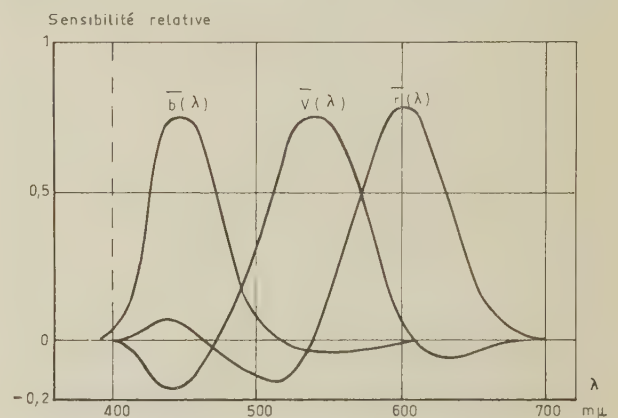


FIG. 7. — Sensibilités spectrales théoriques des voies d'une caméra analysant une scène éclairée en blanc C .

Si la caméra n'effectue pas l'analyse avec des caractéristiques qui sont des combinaisons linéaires de $r(\lambda)$, $v(\lambda)$, $b(\lambda)$ l'analyse trichrome effectuée sera différente de celle de l'œil, et deux couleurs qui pour notre œil auraient même apparence donneront à la sortie de la caméra des signaux différents. Il en résulte une dispersion d'autant plus importante et gênante que l'écart par rapport à la combinaison linéaire est plus grand et que l'on a affaire à des couleurs plus saturées.

Lorsque l'éclairage de la scène est différent du blanc C , nous avons vu plus haut qu'il est nécessaire de faire une adaptation des couleurs. On a l'habitude en télévision de modifier les gains des voies R , V , B , de telle sorte que le blanc correspondant à la source de lumière (blanc A par exemple) soit reproduit en blanc C . Nous avons montré au paragraphe 1.3 que cette transformation est très approximative et qu'il serait préférable colorimétriquement d'utiliser un filtre devant l'objectif de la caméra ; cependant, cette solution est rarement adoptée car elle conduit à une augmentation du bruit dans les signaux issus de la caméra. On pourrait également adopter l'hypothèse de VON KRIES, qui amènerait à effectuer sur les signaux E_r , E_v , E_b , le matriçage défini au paragraphe 1.2.

* Voir dans ce même numéro l'article de M. BUFFARD.

2.2. DIFFICULTÉS PHYSIQUES DE RÉALISATION DES COURBES THÉORIQUES

Les difficultés que l'on rencontre dans la réalisation des courbes théoriques ont principalement pour origine la sensibilité limitée des traducteurs lumière-courant utilisés. Cette sensibilité intervient de deux manières :

- en valeur absolue ($\mu\text{A/lm}$),
- en valeur relative pour les différentes longueurs d'onde (sensibilité spectrale relative).

Un bon traducteur a une sensibilité absolue importante et une sensibilité spectrale uniforme. Les difficultés que l'on rencontre dans la recherche de tels photomultiplicateurs ou analyseurs se traduisent par une augmentation du niveau de bruit à la sortie de la caméra ou du télécinéma. La figure 8 donne les caractéristiques spectrales des photomultiplicateurs et analyseurs qui semblent, dans l'état actuel de la technique, les mieux adaptés aux besoins de la télévision en couleur.

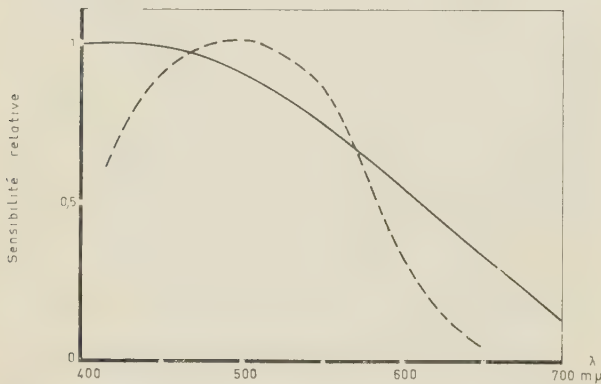


FIG. 8. — Sensibilités relatives d'une photocathode type S20 (trait plein) et d'un tube analyseur « Plumbicon » (pointillé) d'après [4].

On remarquera sur ces deux courbes la chute marquée de sensibilité du côté des longueurs d'ondes élevées (rouges), qui est toujours une source de difficultés dans l'obtention d'une caractéristique d'analyse satisfaisante pour la voie rouge.

Afin de maintenir aussi grande que possible la sensibilité globale de la caméra ou du télécinéma, on utilise des séparateurs optiques introduisant le minimum de pertes. Il s'agit de miroirs dichroïques, qui possèdent la caractéristique d'avoir entre les coefficients de réflexion et de transmission la relation :

$$R(\lambda) + T(\lambda) = 1 - \varepsilon$$

où les pertes ε sont très faibles, de l'ordre de quelques pour-cent seulement (fig. 9). Ainsi la quasi-totalité de la lumière non utilisée par une voie d'analyse pourra être utilisée par les autres voies.

En contrepartie, les points de croisement des caractéristiques de filtrage ainsi obtenues sont obligatoirement situés à 50 %. On complète certes la séparation effectuée par miroirs en ajoutant des filtres, absorbants cette fois, qui « arrondissent » les caractéristiques assez abruptes des miroirs, toutefois, tout effort pour

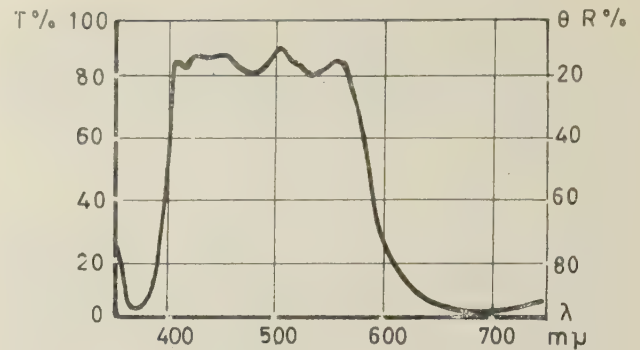


FIG. 9. — Caractéristique typique en réflexion et transmission d'un miroir dichroïque (réflexion rouge, transmission verte et bleue) [M.T.O.].

écarter notablement le point de croisement des caractéristiques de 50 % se traduira par une perte globale de sensibilité d'une ou plusieurs voies [5]. On disposera donc d'assez peu de latitude pour modeler les courbes d'analyse et, en pratique, cette latitude consiste à fixer dans d'étroites limites les longueurs d'onde des points de croisement de la caractéristique d'analyse verte avec les caractéristiques rouge et bleue.

La figure 10 donne un exemple de courbes d'analyse évidemment entièrement positives, telles qu'on les rencontre sur des caméras trichromes. Ces caractéristiques ne sont pas équivalentes à celles de l'œil car elles ne forment pas une combinaison linéaire des caractéristiques $r(\lambda)$, $v(\lambda)$, $b(\lambda)$. Il en résultera (§ 2.1), quel que puisse être le traitement des signaux effectués dans la caméra, une dispersion de la reproduction des couleurs de plages ayant pour l'œil même apparence.

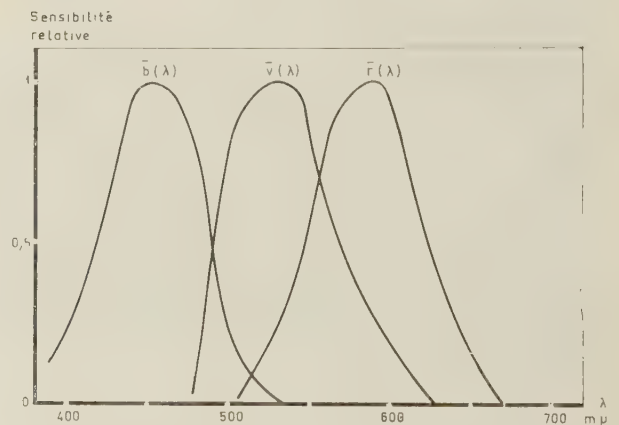


FIG. 10. — Sensibilités spectrales réelles des voies d'une caméra trichrome.

Il ne semble pas que cet effet ait été étudié jusqu'ici et vraisemblablement, compte tenu des coefficients de réflexion des matériaux utilisés en décoration et en habillage, la dispersion doit être assez faible et, par suite, cette difficulté reste du second ordre vis à vis de celles entraînées par l'absence des lobes négatifs prévus par les courbes théoriques.

Les erreurs colorimétriques que provoquent cette absence des parties négatives sont en effet importantes. On a cherché à les reconstituer électriquement par matriçage, en retranchant par exemple du signal

rouge une partie du signal vert et en lui ajoutant un peu du signal bleu :

$$E_r^* = E_r - a E_v + b E_b$$

avec $a \geq b$.

On aurait de même :

$$E_v^* = E_v - c E_b - d E_r$$

$$E_b^* = E_b - e E_v.$$

Ce matriçage apporte une amélioration sensible de la reproduction des couleurs ; toutefois, il dégrade sérieusement le rapport signal sur bruit puisque l'amplitude du signal sera plus faible ($1-a+b$ pour E_r^*), tandis que le bruit s'ajoutant quadratiquement, son amplitude sera plus grande. La dégradation est dans le rapport

$$\frac{\sqrt{1+a^2+b^2}}{1-a+b}$$

pour le signal rouge,

cette technique doit donc être maniée avec beaucoup de prudence.

Il nous reste, pour terminer ce tour d'horizon des difficultés physiques, à envisager une dernière source d'erreurs : les primaires du récepteur. Depuis la mise en service de la télévision en couleurs aux Etats-Unis en 1954, les primaires des récepteurs ont considérablement évolué, bien que leurs valeurs normalisées n'aient jamais été modifiées. A l'heure actuelle, les récepteurs utilisent les primaires de la figure 11, assez différentes, on le voit, des primaires normalisées. Les

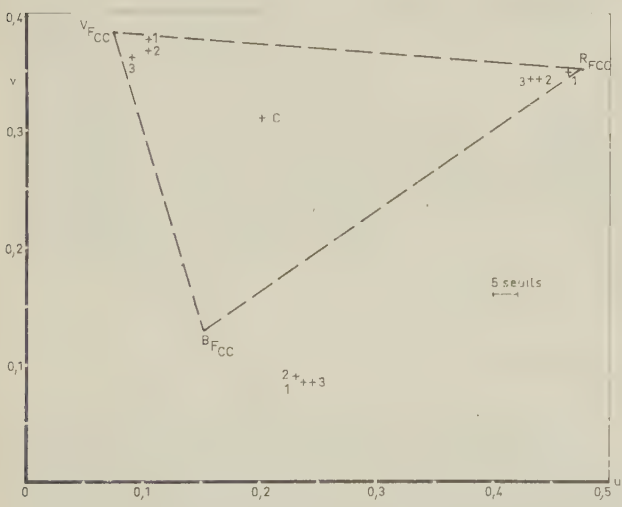


FIG. 11. — Positions des primaires réelles de trois récepteurs (1,2 et 3) par rapport aux primaires normalisées (FCC).

erreurs colorimétriques ainsi introduites sont importantes [6] et il nous faudra essayer d'en tenir compte. Il est bien évident cependant qu'aucune correction valable de cette divergence par rapport aux valeurs normalisées ne sera possible s'il existe une trop grande dispersion des valeurs réelles des primaires des récepteurs, par exemple, des primaires rouges et vertes aussi dispersées que celles indiquées à la figure 11 ne peuvent conduire qu'à de larges erreurs de reproduction.

2.3. DIFFICULTÉS D'INSTRUMENTATION

A côté des difficultés fondamentales que nous venons d'évoquer, il en est d'un autre ordre qui ont une importance *considérable* sur la qualité de reproduction. Il s'agit de toutes celles consécutives à un mauvais réglage de la chaîne et graves à tous les niveaux. Sans rentrer dans les détails, citons seulement les principales :

- le réglage de pureté du récepteur : un mauvais réglage conduit sur les primaires à des erreurs colorimétriques qui dépassent très rapidement 10 seuils de perception.
- le réglage de l'identité des caractéristiques des correcteurs de gamma (la figure 12 donne une indication sur les virages colorés provoqués par un dérèglage de 20 %).

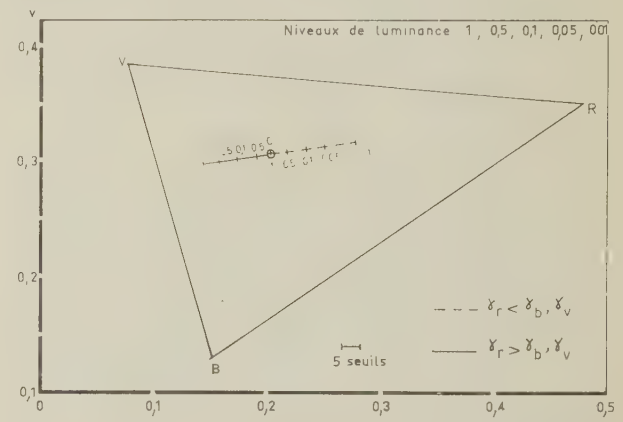


FIG. 12. — Erreurs colorimétriques provoquées dans la reproduction d'un gris par une erreur de 20 % sur l'exposant de la correction de gamma.

On rencontrera des difficultés dans un tout autre domaine lorsque l'on travaille en studio, en éclairage artificiel à incandescence. Nous savons la nécessité de l'adaptation réalisée soit simplement, comme c'est le cas à l'heure actuelle, par modification des gains RVB , soit de préférence par filtrage ou matriçage. Dans les deux cas, seule une gamme limitée de couleurs sera reproduite correctement, comme le montre la figure 13. Cette limitation est plus ou moins brutale suivant le procédé utilisé pour l'adaptation, mais elle est réelle. Le choix de couleurs situées à l'exté-

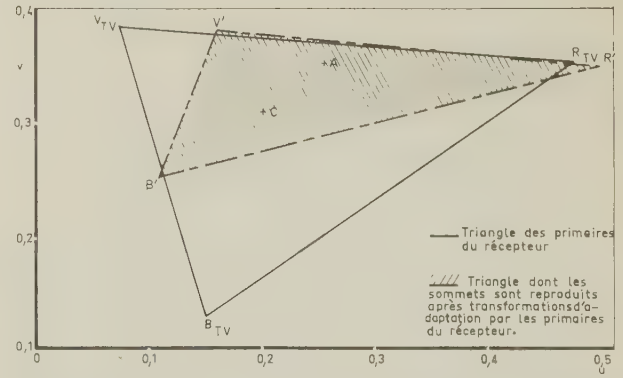


FIG. 13. — Restriction à la gamme des couleurs utilisables en studio par suite de la transformation d'adaptation (matriçage ou filtrage optique).

rieur de la zone hachurée nous entraîne hors des possibilités de reproduction du système et conduit à de très grosses erreurs. Il faudra donc sélectionner soigneusement les peintures des décors dans un catalogue limité [7] et, dans la mesure du possible, faire de même avec les tissus.

Le choix, pour le réglage du récepteur, d'un blanc de température de couleur plus élevée (plus bleuté) aggraverait sensiblement ces dernières difficultés.

2.4. LES ERREURS, LEUR CORRECTION

L'une des premières constatations que l'on fait lorsque l'on étudie les qualités de reproduction d'une chaîne de télévision en couleurs est son inaptitude à restituer simultanément, avec une fidélité même très approximative, des couleurs dont le contraste en luminance excède 30. Cette limitation a pour origines :

- la limitation du contraste du tube récepteur,
- la limitation du gain des correcteurs de gamma aux faibles niveaux,
- le bruit.

Il faut avoir constamment à l'esprit cette limite du contraste de luminance lorsque l'on parle d'erreurs de reproduction des couleurs, bien qu'il soit simple, pour fixer les possibilités d'un équipement ou d'une chaîne, de considérer des couleurs dont la luminance est située vers le milieu de la plage utilisable. La figure 14 donne, dans ces conditions, quelques résultats obtenus sur une chaîne complète (caméra + récepteur). Les échantillons étaient, pour cette mesure, éclairés en blanc *A* ; l'adaptation était réalisée par changement de gain des voies primaires et les résultats présentés comparent la couleur de la reproduction à celle de l'échantillon éclairé en blanc « *C* » (adaptation physique - § 1.3). On remarquera l'importance des erreurs dans les rouges saturés (limitation à 620 mμ de la sensibilité des plumbicons) et dans les verts saturés (limitation due à la primaire verte du récepteur). Pour ce jeu de 16 échantillons types, l'erreur colorimétrique moyenne de la chaîne est de 6,7 seuils de perception et l'erreur maximale de 16 seuils (dans les rouges).

Nous avons cherché, à partir de ces résultats, à appliquer une méthode d'optimisation par matricage, analogue dans ses principes à celle proposée par M. SPROSON [8]. Toutefois, dans nos tentatives :

- nous avons tenu compte des primaires réelles des récepteurs ;
- le matricage est effectué après correction de gamma dans la caméra ;

— les coefficients non diagonaux de la matrice ont été limités à 0,25 afin de réduire le bruit ;

— on a attaché moins d'importance aux erreurs de luminance qu'à celles de chrominance, la fonction caractéristique de l'erreur chromatique étant la moyenne, mesurée en seuils de perception, de l'écart entre la couleur reproduite et celle de l'échantillon éclairé en blanc *C*, c'est-à-dire la distance séparant les représentations de la reproduction et de l'original dans le diagramme *u, v*.

Toujours sur cette même figure 14, se trouvent représentés les résultats obtenus par la matrice optimale* :

$$\begin{vmatrix} E''_r \\ E''_v \\ E''_b \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1,230 & -0,249 & 0,019 \\ -0,115 & 1,073 & 0,042 \\ -0,032 & 0,073 & 0,959 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} E'_r \\ E'_v \\ E'_b \end{vmatrix}$$

les notations E'_r, E'_v, E'_b , etc. étant utilisées ici pour rappeler qu'il s'agit de signaux corrigés en gamma ($E'_r = E_r^{1/\gamma}$ avec $\gamma = 2,2$)

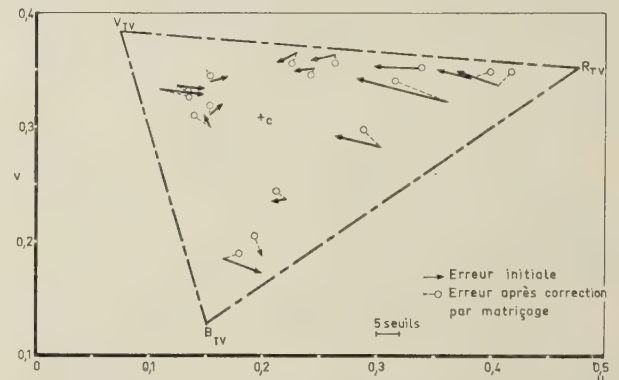


FIG. 14. — Erreurs de reproduction d'une chaîne comportant une caméra trichrome et un récepteur et optimisation par matricage.

Le matricage ramène l'erreur moyenne à 3,5 seuils et l'erreur maximale à 10 seuils. On doit payer cette amélioration d'une dégradation d'environ 2 dB du rapport signal à bruit dans la voie rouge.

Comme l'ont montré les résultats obtenus à la BBC par des méthodes voisines, l'amélioration ainsi obtenue est sensible et les perspectives prometteuses ; cependant ces techniques ne sont qu'à leur début et doivent être essayées en exploitation courante avant que l'on puisse formuler une opinion définitive à leur sujet. Notons seulement ici qu'une amélioration de la sensibilité des analyseurs vers le rouge réduirait le « prix à payer » en bruit pour toute amélioration de la reproduction.

3. Conclusion

L'évaluation de la qualité de la reproduction d'une chaîne de télévision en couleur est un problème situé au confluent du subjectif et de l'objectif. Les problèmes subjectifs liés à la perception des couleurs ont été bien étudiés dans le cas de la vision d'objets dans des conditions idéales d'adaptation et de champ de vision. On n'a pas encore fait d'études analogues complètes dans le cas de la télévision et les résultats établis dans le cas du film et de la photographie ne sont pas directement utilisables. Tant que ces connaissances de base feront défaut, il ne sera pas possible d'exploiter dans les meilleures conditions les facilités propres à la chaîne de télévision (matricages et corrections diverses). Malgré les moyens puissants du calcul électro-

* Voir dans ce numéro l'article de M. GLOWINSKI.

nique, il faut, pour effectuer une amélioration, pour optimiser la chaîne, connaître une mesure, une fonction caractéristique de la qualité de la reproduction et savoir de plus jusqu'à quelle limite il est utile de pousser notre effort.

Dans l'état actuel des connaissances nous ne pou-

vons que donner une réponse partielle à toutes ces questions.

Tout progrès dans ce domaine est lié aux études subjectives à entreprendre pour déterminer, en télévision, les conditions d'adaptation ainsi que l'importance des seuils de perception.

ANNEXE

RAPPEL DE QUELQUES RÉSULTATS DE COLORIMÉTRIE

1. Toute lumière colorée C peut généralement être reproduite à l'aide d'un mélange de trois lumières primaires convenablement dosées. On adopte généralement des lumières primaires bleue, verte et rouge (435, 541 et 700 $m\mu$ pour les systèmes CIE) dont les coefficients de dosage caractérisent la couleur, ce que l'on peut écrire $C = R[R] + V[V] + B[B]^*$. Dans certains cas cependant cette reproduction n'est pas possible et il faut pour obtenir des perceptions identiques mélanger à la lumière colorée inconnue l'une des primaires ; on écrira alors par exemple :

$$C + R[R] = V[V] + B[B]$$

ou

$$C = -R[R] + V[V] + B[B]$$

ce qui revient à admettre des coefficients R négatifs. C est toujours caractérisé par R, V, B mais n'est réellement reproductible par ces primaires que si R, V et B sont > 0 .

2. On montre facilement que si $\bar{r}(\lambda), \bar{b}(\lambda), \bar{v}(\lambda)$ sont les coefficients (on dit « tristimuli ») correspondant à une lumière monochromatique de puissance constante et de longueur d'onde λ , on a :

$$R = \int_{\text{visible}} \bar{r}(\lambda) S(\lambda) d\lambda ;$$

$$V = \int_{\text{visible}} \bar{v}(\lambda) S(\lambda) d\lambda ;$$

$$B = \int_{\text{visible}} \bar{b}(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

où $S(\lambda)$ représente la distribution spectrale de la lumière inconnue C .

La figure A donne l'allure des courbes $\bar{r}(\lambda), \bar{v}(\lambda)$ et $\bar{b}(\lambda)$.

3. Les coefficients R, V, B présentent des valeurs négatives et ne donnent pas accès directement à la luminance Y . La CIE a normalisé en 1931 le système

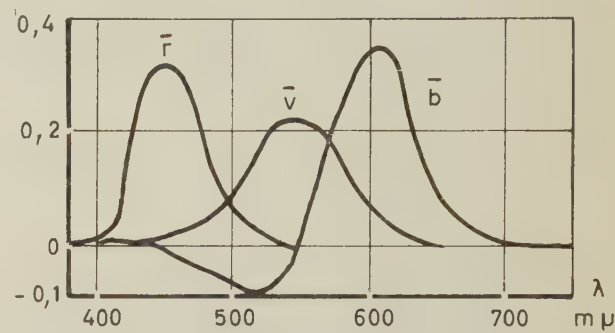


FIG. A. — Courbes de mélange normalisées correspondant aux primaires RVB monochromatiques définies par la CIE (700 $m\mu$, 546 $m\mu$, 435,8 $m\mu$).

dit $X Y Z$ qui se déduit du système $R V B$ par un changement d'axes défini par :

$$\begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix} = M \begin{vmatrix} R \\ V \\ B \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2,7690 & 1,7518 & 1,1300 \\ 1,0000 & 4,5907 & 0,0601 \\ 0,0000 & 0,0665 & 5,5943 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} R \\ V \\ B \end{vmatrix}$$

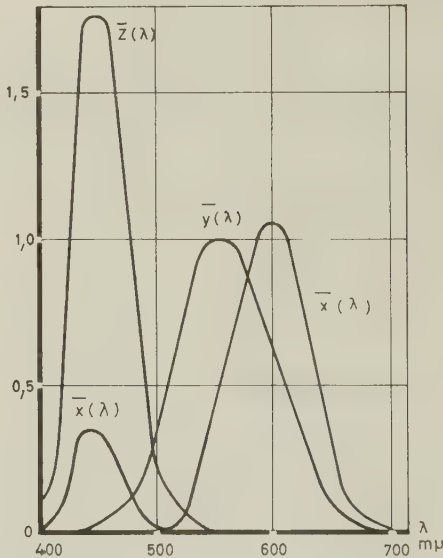


FIG. B. — Courbes de mélange pour les primaires XYZ de la CIE

* $[R]$ se lit « unité de primaire rouge »

on en déduit immédiatement :

$$X = \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) S(\lambda) d\lambda ;$$

$$Y = \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) S(\lambda) d\lambda ;$$

$$Z = \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

avec

$$\begin{vmatrix} \bar{x}(\lambda) \\ \bar{y}(\lambda) \\ \bar{z}(\lambda) \end{vmatrix} = M \begin{vmatrix} \bar{r}(\lambda) \\ \bar{v}(\lambda) \\ \bar{b}(\lambda) \end{vmatrix}$$

4. Dans le cas d'un échantillon de coefficient de réflexion $R(\lambda)$ éclairé par une source de distribution spectrale $L(\lambda)$ on a évidemment les tristimuli du point de couleur de l'échantillon en calculant :

$$X = \int_{\text{visible}} \bar{x}(\lambda) R(\lambda) L(\lambda) d\lambda ;$$

$$Y = \int_{\text{visible}} \bar{y}(\lambda) R(\lambda) L(\lambda) d\lambda ;$$

$$Z = \int_{\text{visible}} \bar{z}(\lambda) R(\lambda) L(\lambda) d\lambda.$$

5. La CIE a normalisé trois sources blanches :

Le blanc *A* correspond à la lumière d'une lampe à incandescence (tungstène) à 2 848 °K.

Le blanc *B* correspond sensiblement à la lumière solaire par beau temps $\approx 4\,800$ °K.

Le blanc *C* correspond sensiblement à la lumière solaire par temps couvert $\approx 6\,500$ °K.

6. On représente les couleurs dans l'espace par le point de coordonnées X, Y, Z ; les couleurs réelles se trouvent alors dans un cône limité par les lumières monochromatiques et les pourpres.

On obtient une représentation plane en opérant une projection conique de l'espace des couleurs à partir de l'origine, mais, dans cette représentation on abandonne l'information sur la luminance de la couleur pour se limiter à l'aspect qualitatif.

La représentation la plus courante est la représentation x, y définie par :

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

x et y sont les coefficients de chromaticité de *C*.

7. La représentation x, y ne donne pas directement accès aux seuils de perception des différences entre les couleurs (à luminance constante). Ceux-ci y apparaissent en fait comme des ellipses (ellipses de MacAdam) variables suivant les couleurs (fig. C). La représentation u, v est une transformation homographique

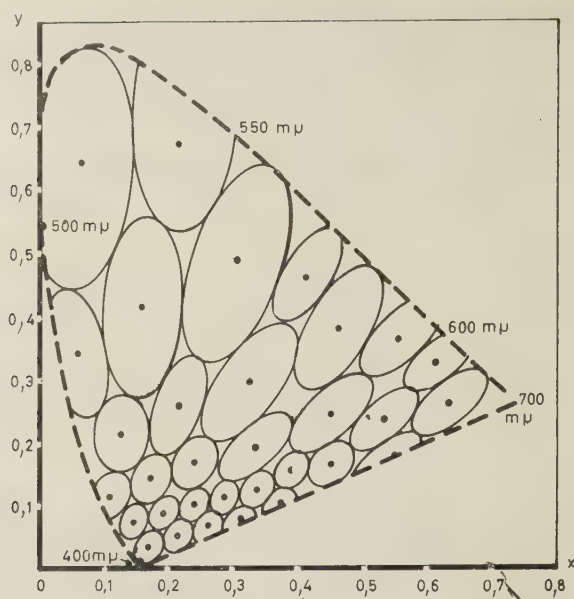


FIG. C. — Ellipses de confusion selon MACADAM (grossies 100 fois).

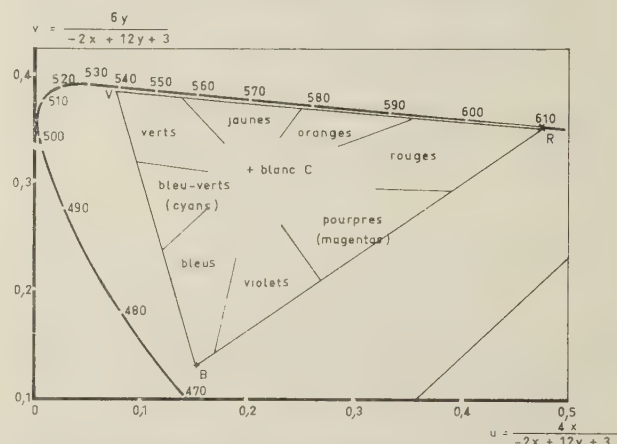


FIG. D. — Diagramme u, v et représentation des primaires normalisées en télévision.

de ce diagramme telle que les ellipses soient (sensiblement) transformées en cercles de diamètre constant. Dans ce diagramme (fig. D) la longueur d'un seuil est de 0,0038 unité.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SPROSON. — (BBC) A determination of subjective white under four conditions of adaptation, BBC report.
- [2] MACADAM D.L. — Perception of colors in projected and televised pictures. *JSMPT*, sept. 1956.
- [3] BILLARD P. — Les seuils différentiels de luminance en télévision. *Acta Electronica*, n°1 et 2, 1957.
- [4] HAAN E.F. de, DRIFT A van der, SHAMPERS P.P.M. — The plumbicon, a new television camera tube. *Philips Tec. Rev.*, juillet 1964.
- [5] JONES A.H. — Optimum colour analysis characteristics for colour television picture sources with three receptors, *BBC Research Report T.*, 175, 1966-56.
- [6] TOWNSEND G.B. — On the colorimetry of colour Television displays. *The Television Society Journal*, Vol. 10, n° 10, 1964.
- [7] AUBIN — Charte des couleurs utilisables en décoration Etude ORTF.
- [8] JONES A.H. — Use of a linear matrix to modify the colour analysis characteristics of a colour camera, *BBC Research Report T.*, 197.

L'ILLUMINANT ET L'AMBIANCE POUR UN RÉCEPTEUR DE TÉLÉVISION EN COULEUR

P. MOUCHEL,

Laboratoires Kodak-Pathé, Vincennes

1. Introduction

Le blanc émis par un récepteur de télévision en couleur est — selon la norme — l'illuminant C, très bleu (température de couleur environ 6 740 °K) tandis que les films professionnels sont généralement projetés à l'arc (température de couleur moyenne au voisinage de 5 500 °K) et les films d'amateurs au tungstène (température de couleur normalisée à 3 200 °K)

Ce choix de l'illuminant C est imposé par la compatibilité couleur/noir-blanc. Le récepteur couleur restitue les émissions noir-blanc comme un récepteur noir-blanc, c'est-à-dire avec le même illuminant C. En outre, la télévision en couleur peine pour fournir des luminosités élevées (rendement des phosphores, sensibilité des caméras électroniques et des télécinémas), d'autant plus qu'une amplification trop poussée est synonyme de bruit. Cette limite est particulièrement critique sur la voie rouge, ce qui incite les constructeurs à pousser davantage les voies bleue et verte c'est-à-dire à élever la température de couleur du blanc de référence, laquelle atteint, semble-t-il, l'ordre de grandeur de 10 000 °K dans les récepteurs américains.

Cet illuminant très bleu est-il agréable ? Le téléspectateur peut-il s'y adapter ? N'y a-t-il pas distorsion de la qualité de couleur ? Quelles sont aussi les conséquences d'un éclairage d'ambiance ?... Il y a là toute une série de questions que l'homme de télévision doit se poser, peut-être en profitant de

l'expérience acquise par les techniciens de la photographie et du cinéma. Le texte ci-dessous s'efforce d'apporter quelques éléments de réponse, puisés largement dans les travaux de MACADAM [1] et de EVANS [2] [3].

2. Adaptation à l'Illuminant d'examen

Les reproductions en couleur sont couramment examinées sous une large gamme d'illuminants depuis les micro-lampes très orangées des visionneuses à main (souvent inférieures à 2 800 °K) jusqu'au tube très bleu du téléviseur couleur (environ 6 740 °K) en passant par les projecteurs pour diapositives et films amateur (environ 3 200 °K), les arcs du cinéma professionnel (environ 5 500 °K), les négatoscopes pour grandes diapositives qui offrent toute la variation possible des tubes fluorescents (encore que l'on ait normalisé 4 000 °K), enfin les illuminants naturels auxquels sont soumises les épreuves sur papier (intérieur éclairé au tungstène de 2 800 à 3 000 °K — tubes fluorescents — lumière du jour variant de 5-500 °K en plein soleil jusqu'à 10 000 °K si elle provient d'un ciel dégagé au nord). L'expérience quotidienne prouve que ces variations n'empêchent pas les systèmes de fonctionner. Ceci est dû aux énormes possibilités d'adaptation de l'œil, qui est un instrument de comparaison et absolument pas un instrument de mesure absolue. Placé dans une situation donnée, l'observateur ajuste sa sensibilité globale (adaptation quantitative) et les sensibilités relatives de ses récepteurs trichromes (adaptation qualitative) de façon à reconstituer une situation confortable. Cette possibilité est remarquablement étendue puisqu'elle permet à l'œil de

s'adapter sans effort, en luminance depuis un intérieur peu éclairé (environ 20 lx) jusqu'au plein jour d'été à midi (environ 100 000 lx) et en couleur depuis les lampes tungstène d'appartement (environ 2 850 °K) jusqu'à la lumière du ciel au nord (environ 10 000 °K). Elle est limitée toutefois vers les luminances trop élevées (seuil de la douleur) et trop faibles (vision scotopique), et par les illuminants trop manifestement colorés (exemple des lampes au sodium ou à vapeur de mercure). Dans la vie courante, cette adaptation est tellement instinctive qu'elle échappe à la conscience, elle ne s'observe que s'il y a perception simultanée de deux situations très différentes. L'importance de l'adaptation quantitative peut être appréciée, par exemple, dans le fait que les « stop » des voitures, souvent invisibles en plein soleil, éblouissent au crépuscule. L'adaptation qualitative est bien mise en évidence dans la très belle expérience décrite par EVANS. Si on projette en repérage, dans une salle obscure, une lumière rouge peu saturée (filtre CC5OR) et une lumière jaune peu saturée (filtre CC5OY), l'écran paraît immédiatement blanc. Si on place un objet entre les deux projecteurs et l'écran, de telle sorte qu'il porte deux ombres, l'une « est » verte, l'autre « est » magenta, ce qui n'a aucun sens physique (elles devraient être jaune et rouge), mais s'explique parce que l'observateur a choisi comme blanc le jaune-rougeâtre qu'on lui présentait d'abord.

En photographie, l'observateur est placé devant deux situations extrêmes :

- L'image est un objet parmi d'autres (épreuve papier de petite taille tenue à la main) et l'observateur est adapté au milieu environnant. L'épreuve ne peut paraître bonne que si sa gamme de réflectances est analogue à celle du milieu environnant (adaptation quantitative) et si les plages reproduisant des objets connus pour être neutres sont achromatiques (adaptation qualitative). Une fois remplies ces deux conditions, l'illuminant d'examen n'a aucune importance : une bonne épreuve papier est aussi bonne en lumière du jour qu'à l'éclairage intérieur.

- L'image est le seul objet lumineux dans le champ visuel (projection ciné ou grande diapositive sur négatoscope en salle obscure) et l'adaptation est due à l'image seule, c'est-à-dire à l'illuminant de projection quel qu'il soit. Si on place, par exemple, sur un projecteur un filtre léger jaune ou bleu, le spectateur ne le voit plus après quelques secondes. De ce fait, un même film peut être projeté indifféremment à l'arc ou au tungstène. Il n'y a pas de différence densitométrique entre le neutre d'un bon Kodachrome et celui d'une bonne copie Eastman Color. L'expression « étalonnage pour l'illuminant de projection » n'a pas de sens à ce point de vue.

Ces règles générales expriment simplement le fait bien connu de la tolérance énorme des films projetés par rapport aux épreuves sur papier. Une diapositive sous-exposée ou surexposée, ou présentant une dominante importante, demeure acceptable à l'écran — parce qu'elle est seule à ajuster le niveau d'adaptation de l'observateur, en quantité et en qualité — tandis qu'une épreuve papier de petit format ne peut

supporter de telles déviations — parce que le niveau d'adaptation de l'observateur est ajusté par l'ensemble des objets environnants. C'est au point qu'en papier on sacrifie, s'il le faut, la reproduction exacte des couleurs à la pureté des blancs et à l'achromatisme des neutres. En pratique, l'adaptation dans **l'examen des reproductions photographiques** présente un certain nombre de particularités :

- L'observateur s'adapte à la luminance moyenne de son champ visuel. Si un écran de projection, ou un récepteur de télévision, occupe une part assez faible du champ visuel, l'influence de l'environnement noir rend l'image particulièrement lumineuse, contrastée et les couleurs particulièrement vives (au point d'apparaître souvent plus pures que dans la scène photographiée) bien que la luminance réelle d'un écran de projection ou d'un téléviseur soit faible en valeur absolue (environ 50 nits contre 500 en intérieur bien éclairé et 25 000 en extérieur ensoleillé). Cet effet diminue si l'image grandit jusqu'à remplir le champ visuel (Cinérama). Il est responsable de la supériorité apparente de l'image projetée dans une salle obscure par rapport à l'épreuve sur papier. Que cette différence ne dépende que de l'adaptation et non de la nature même des procédés employés apparaît bien si on projette un faisceau lumineux intense sur une épreuve papier : il devient alors impossible de la distinguer d'une excellente diapositive de même taille placée sur un négatoscope.

- Pour une image isolée dans un environnement obscur (projection, négatoscope ou téléviseur), l'observateur choisit ce qu'il décide d'appeler blanc. Ceci apporte une large tolérance et permet la représentation dans le champ de l'image de sources plus lumineuses que le blanc. Ces effets sont impossibles dans une épreuve sur papier, d'autant plus que la présence d'une marge blanche précise particulièrement le niveau d'adaptation en fournissant une référence proche et critique.

- Pour une image isolée dans un environnement obscur (projection, négatoscope ou téléviseur), l'adaptation chromatique de l'observateur est fonction de l'image seule. Ceci lui permet d'accepter n'importe quel illuminant, mais aussi d'accepter dans une certaine mesure des dominantes portées par l'image. Il en résulte le fait un peu paradoxal que si l'on projette en jumelé deux diapositives présentant une dominante, l'observateur souhaite voir l'image intermédiaire, même si les deux dominantes vont dans le même sens (dans le cas particulier d'une diapositive un peu verte et d'une seconde diapositive plus verte, la première paraît magenta). Un tel effet ne peut se produire avec des épreuves sur papier, où une bonne photo l'est en valeur absolue et le demeure même si on en place une mauvaise à côté.

- L'adaptation à la dominante de l'image isolée dans un environnement obscur prend une importance particulière dans le cas des images successives (film). Si une séquence assez longue de feuillages est suivie d'une séquence de bâtiments gris, celle-ci doit présenter une légère dominante verte

pour ne pas paraître magenta. Cet effet de contraste successif est bien connu des étalonneurs de cinéma professionnel qui retouchent leur étalonnage en fonction de l'ordre de montage des séquences.

● Une épreuve sur papier de petite taille est examinée par un observateur adapté à l'environnement. Ceci implique que les objets neutres soient reproduits de façon achromatique. A cette condition, l'épreuve accepte n'importe quel illuminant d'examen. Dans la pratique, les neutres des procédés soustractifs ne sont pas réellement achromatiques. Ils s'en écartent d'autant plus que les colorants sont plus sélectifs, ce qui est par ailleurs recherché pour améliorer la saturation des couleurs. De ce fait, les neutres ne le sont que pour un illuminant d'examen donné, et deviennent colorés sous un autre illuminant. Ces variations affectent peu les images projetées, puisque l'observateur les compense par adaptation. Même dans le cas des épreuves sur papier, elles sont généralement assez faibles pour être ignorées.

● Dans le cas d'une image isolée dans un environnement obscur (projection, négatoscope ou téléviseur), l'adaptation chromatique de l'observateur lui permet d'accepter des erreurs de balance. Cependant ces dominantes ne peuvent aller très loin car elles affectent la « fixité » de la reproduction des couleurs. Une caractéristique essentielle de l'image est que les sujets neutres soient vus neutres dans la reproduction. Ceci ne met pas en cause l'illuminant puisque l'observateur s'y adapte, mais il est non moins essentiel que les objets neutres le restent quel que soit leur niveau de luminance. Dans un procédé trichrome réel, cette fixité n'existe que pour la combinaison unique des trois colorants qui forme un neutre achromatique. S'il y a dominante, les neutres n'auront la couleur de l'illuminant que dans les lumières et s'en écarteront d'autant plus que la densité s'élèvera. Inversement il existera une couleur particulière (complémentaire de la dominante) qui sera reproduite avec la chromaticité exacte de l'illuminant. Parce qu'elle est fixe, et parce qu'elle a la couleur de l'illuminant, l'observateur tendra tout naturellement à l'adopter comme neutre et il verra alors apparaître la dominante de l'image.

Cette revue des problèmes liés à l'illuminant d'examen amène à la conclusion simple que l'observateur s'adapte, en qualité et en quantité, à tout illuminant (pourvu qu'il ne soit pas trop aberrant), le prend comme blanc de référence et juge les images par rapport à lui. On peut donc théoriquement voir et projeter les reproductions photographiques dans n'importe quelle condition. Par ailleurs, l'observateur qui accepte des erreurs importantes dans la reproduction des couleurs, exige une bonne reproduction des objets neutres tout au long de l'échelle des valeurs. Il en résulte qu'une épreuve de petite taille sur papier est peu tolérante en ce qui concerne les réflectances et la balance des neutres, puisque l'adaptation est due à l'environnement et très peu à l'épreuve elle-même. Inversement une image isolée dans un environnement obscur est beaucoup plus tolérante puisqu'elle conditionne seule le niveau d'adaptation de l'observateur. Cependant, le désir

d'une fixité des neutres interdit pratiquement les dominantes trop importantes qui entraînent un désaccord entre le blanc de référence et les gris de plus forte densité. La télévision en couleur, si elle est examinée dans une pièce obscure, ne pose pas de problème particulier. Bien que bleu, le récepteur ne l'est pas plus que la lumière du jour par temps couvert. L'adaptation de l'observateur peut s'en accommoder parfaitement. Les neutres doivent y être achromatiques, c'est-à-dire ne pas altérer la qualité de l'illuminant. S'en écarter, par exemple en étalonnant jaune les films présentés au télécinéma, fournit des densités moyennes plus conformes à celles d'un projecteur tungstène — ce qui paraît ici sans aucun intérêt — mais introduit une variation continue de dominante, bleue dans les lumières et de plus en plus jaune à mesure que la densité monte. Si ce procédé de l'étalonnage chaud est cependant utilisé, souvent avec satisfaction, c'est pour d'autres raisons qui vont être examinées dans la suite.

3. Différences entre l'illuminant d'examen et l'illuminant de prise de vue

On a parfois proposé comme idéal l'emploi à l'examen du même illuminant qu'à la prise de vue, pensant qu'on reproduirait ainsi au mieux l'impression produite par la scène photographiée. Ceci amènerait à projeter à l'arc les photos prises en plein jour et au tungstène les photos prises en studio.

Outre que la réalisation pratique n'en serait pas très simple, ce système semble en contradiction avec tout ce qui a été dit plus haut. Si l'adaptation de l'observateur à l'illuminant d'examen est totale, en qualité et en quantité, la nature particulière de cet illuminant est sans importance et l'observateur adapté éprouve la même perception, que le film soit projeté à l'arc ou au tungstène, que l'épreuve sur papier soit vue en plein jour ou à l'intérieur.

Cependant, l'hypothèse d'une similitude entre les conditions de prise de vue et les conditions d'examen ne doit pas être entièrement rejetée pour deux raisons : le métamérisme et les luminances relatives. L'adaptation à l'illuminant peut être totale pour les neutres et les couleurs peu saturées. Elle est incomplète pour les couleurs très saturées, et cette constatation doit s'expliquer par le fait que la vision n'est pas rigoureusement trichrome. La reproduction, qui l'est rigoureusement, repose sur des effets de métamérisme par lesquels deux stimuli paraissent identiques tout en étant physiquement différents. Dans une reproduction trichrome parfaite, il y a reproduction des sensations provoquées par les couleurs et non pas reproduction des caractéristiques spectrales de ces couleurs.

Lorsqu'un objet réel change d'illuminant, la sensation colorée varie et l'observateur en tient compte automatiquement par adaptation réalisant ainsi la « color constancy » qui lui permet d'attribuer aux objets une couleur fixe quel que soit l'illuminant. Lorsqu'une reproduction change d'illuminant, il peut se faire que la sensation colorée varie différemment, en grandeur et en direction, de ce qui aurait été le

cas pour l'objet dans les mêmes conditions d'adaptation. L'observateur éprouve alors un malaise, d'autant plus grand que les illuminants sont plus différents, et que les reproductions sont spectralement plus différentes des objets photographiés. Pour y pallier, on est parfois amené à faire des étalonnages légèrement ajustés selon l'illuminant d'examen, mais il n'y a pas de règle générale et les corrections peuvent être contradictoires d'un objet à un autre. En toute rigueur, les bases de la trichromie imposent de projeter l'image avec l'illuminant de prise de vue, mais c'est là un raffinement de n^e ordre.

Plus important est le fait de la luminance relative des couleurs. Un rouge de même luminance qu'un bleu en lumière du jour devient quatre fois plus lumineux au tungstène. Ces rapports ne sont pas entièrement compensés par l'adaptation si bien que les luminances relatives, et par suite les saturations, varient largement avec l'illuminant d'examen. Si la scène a été photographiée en extérieur et est projetée au tungstène (ce qui est le cas de la grande majorité des diapositives d'amateur), les rouges sont exaltés, en luminosité, en saturation, et les bleus sont assombris. Si la scène a été photographiée en studio et est projetée à l'arc (ce qui est le cas de la grande majorité des films du cinéma professionnel), ce sont les bleus qui sont exaltés et les rouges assombris. Ceci se produit en dépit de l'achromatie des neutres et malgré l'adaptation à l'illuminant. C'est à cause de ce phénomène que l'observateur non averti attribue des performances particulières au Kodachrome quant au rendu des rouges et à l'Eastman Color quant au rendu des bleus. En cinéma professionnel, les opérateurs en tiennent compte et le compensent par un choix judicieux des décors, des costumes, des maquillages et des niveaux d'éclairage.

La télévision en couleur, qui utilise un illuminant très bleu pour des scènes généralement photographiées en studio (au moins pour les émissions dramatiques) se place donc dans de mauvaises conditions de reproduction. Malgré l'adaptation du téléspectateur à cet illuminant particulier, qui lui fera trouver satisfaisants les neutres et les couleurs peu saturées, il pourra se produire des déviations gênantes de certaines couleurs (effet de métamérisme). Il y aura, en tout cas, à coup sûr une mauvaise reproduction des luminances relatives, les rouges et jaunes apparaissant trop sombres et les bleus et cyans trop lumineux. En étalonnant jaune la copie présentée au télécinéma, on compense cette distorsion mais d'une façon non uniforme qui varie avec le niveau de densité. L'expérience a montré que c'était souvent bénéfique pour les teintes chairs, dont le niveau de densité est très constant d'une scène à l'autre. Ce n'est cependant pas une solution universelle puisqu'elle détruit la fixité des neutres et que cette caractéristique est probablement la plus importante. Il faut remarquer en outre que l'illuminant télévision est particulièrement adapté aux scènes photographiées en lumière du jour (de même que l'arc des projecteurs des cinémas professionnels).

En prenant à la lettre les données de ce paragraphe, il faudrait proposer comme meilleur com-

promis un illuminant d'examen intermédiaire, au voisinage de 4 000 °K, aussi bien pour la télévision et le cinéma professionnel que pour les diapositives amateur. Incidemment, cet illuminant moyen est, dès à présent, normalisé pour les négatoscopes et les épreuves sur papier.

4. Différences entre l'illuminant d'examen et l'ambiance

Une différence de qualité entre l'illuminant d'examen et l'ambiance ne peut exister pour les épreuves sur papier puisque l'ambiance est l'illuminant d'examen. Elle n'existe généralement pas non plus au cinéma, soit que l'ambiance soit nulle (salle particulièrement bien construite) soit qu'elle provienne indirectement du projecteur par réflexions parasites. Elle existe réellement dans le cas des diapositives placées sur un négatoscope dans une pièce non obscure et dans le cas d'un téléviseur fonctionnant dans une pièce éclairée. Par rapport à l'image, cette ambiance peut être très variable, plus ou moins intense, plus ou moins différente en qualité. Sans cette ambiance, les deux exemples cités, négatoscope et téléviseur, seraient supérieurs en performance, même à l'image projetée, puisqu'ils ne sont pas affectés par un système optique et puisqu'ils remplissent généralement une plus faible part du champ visuel (un téléviseur de bonne luminance, examiné au noir à quelques mètres, est d'un éclat insoutenable, par adaptation au très vaste champ environnant noir).

Il faut mettre à part le cas où la lumière d'ambiance frappe directement l'image, provoquant une compression des valeurs (noirs percés, contraste et saturation abaissés) et une distorsion des couleurs (lumières ayant la qualité de l'illuminant, ombres ayant la qualité de l'ambiance). Ces effets désastreux s'observent au cinéma, à l'entr'acte, avec la projection à l'arc de films publicitaires dans une salle éclairée au tungstène. Ils sont également réalisés par la plupart des téléspectateurs qui allument un lampadaire quelque part, nécessairement devant le téléviseur puisque celui-ci est collé au mur. Si la lumière d'ambiance n'éclaire pas directement l'image, il n'y a pas de perturbation réelle de celle-ci mais perturbation de la sensation par variation du niveau d'adaptation de l'observateur.

● L'ambiance a la même qualité que l'illuminant d'examen. L'image projetée ou transmise perd ses caractères de brillance et de saturation et tend vers l'apparence d'une épreuve papier à mesure que l'ambiance augmente. Si l'ambiance et l'illuminant sont équivalents, l'image est indiscernable d'un papier.

● L'ambiance a une qualité de couleur différente de celle de l'illuminant d'examen. En plus des phénomènes ci-dessus s'ajoutent des effets de contraste simultané. L'observateur s'adapte au milieu total et trouve l'ambiance colorée tandis que l'image lui paraît présenter une dominante complémentaire. Cet effet est d'autant plus grand que les deux luminances sont quantitativement plus voisines l'une de l'autre.

On peut facilement visualiser l'effet de l'ambiance en projetant dans une salle au noir une diapositive avec un projecteur classique à lampe tungstène. L'image est parfaite. Si on allume un projecteur jumelé, de même nature, mais sans diapositive, l'image s'assombrit fortement, baisse en contraste et en saturation. Si au contraire on place à proximité de l'écran un négatoscope à tubes fluorescents, il se produit les mêmes effets que précédemment mais en plus l'image devient jaune tandis que le négatoscope paraît bleu.

La télévision est rarement examinée au noir, mais le plus souvent dans une ambiance tungstène. Même si celle-ci ne frappe pas directement le tube, il en résulte une perte importante de brillance, de contraste et de saturation. Il en résulte aussi une dominante bleue peu tolérable en télévision en couleur, à cause de l'énorme différence de qualité entre l'illuminant C du tube (environ 6 740 °K) et les lampes d'appartement (environ 2 850 °K). On conçoit qu'un téléviseur réglé sur un illuminant de qualité tungstène serait préférable puisqu'il ne présenterait pas ce dernier défaut. Les autres subsisteraient cependant et ne sont pas négligeables. Si l'on ne peut changer l'illuminant du tube et si l'on ne peut obliger le téléspectateur à se mettre au noir, il reste à lui suggérer de limiter l'ambiance à une lampe bleue de faible intensité placée derrière le récepteur. L'image en sera peu altérée, ne présentera pas de dominante, et la luminance apparente du tube sera abaissée jusqu'à un niveau confortable.

5. Conclusion : le téléviseur couleur idéal

Chaque fois que l'image, c'est-à-dire ici l'écran du récepteur de télévision, est unique dans un environnement obscur, l'observateur s'adapte sans difficultés à l'illuminant, quelle que soit sa qualité, pourvu qu'elle ne soit pas trop aberrante. Dans ce cas, les plages qui ont la qualité de couleur de l'illuminant apparaissent neutres. En ce qui concerne le film présenté au télécinéma, la condition nécessaire et suffisante est alors que ces plages soient achromatiques.

Toutefois, si l'illuminant d'examen est trop éloigné de l'illuminant de prise de vue, un observateur averti peut remarquer deux défauts :

— certaines couleurs saturées ont des teintes anormales (effet de métamérisme) ;

— les luminances relatives (et par suite les saturations apparentes) des couleurs saturées ne sont pas respectées.

Il y aurait donc intérêt à utiliser à l'examen le même illuminant qu'à la prise de vue. Le procédé étant peu pratique, on peut au moins imaginer un illuminant de valeur moyenne, de l'ordre de 4 000 °K.

En télévision, l'image lumineuse occupe une faible part du champ visuel. La présence du vaste champ environnant noir provoque un niveau d'adaptation pour lequel l'écran paraît trop lumineux pour être examiné longtemps sans fatigue. Une faible ambiance lumineuse est donc nécessaire. En couleur cette ambiance n'est acceptable qu'à deux conditions :

— qu'elle ne frappe pas directement l'écran, ce qui provoquerait une forte distorsion du rendu des valeurs ;

— qu'elle ait la même qualité que l'écran, c'est-à-dire l'aspect très bleu de l'illuminant (6 740 °K).

En rassemblant ces données, on pourrait proposer un illuminant télévision ayant une température de couleur de l'ordre de 4 000 °K, le récepteur étant équipé d'une lampe annexe de même qualité de couleur placée de façon à ne pas éclairer directement l'écran. Cette suggestion est toute gratuite en ce sens qu'elle ne se soucie aucunement des impératifs et des limitations techniques de la télévision en couleur. Elle se borne à présenter un modèle idéal dans lequel les difficultés d'adaptation de l'observateur et les défaillances de la reproduction trichrome seraient probablement réduites au minimum.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] MacADAM D.L. — Perceptions of colors in projected and televised pictures. *Journal of the SMPTE*, September 1956.
- [2] EVANS E.M., HANSON W.T., BREWER W.L. — Principles of color photography, Chapter 4, 1953.
- [3] EVANS R.M. — Eye, film and camera in color photography, Chapters 4 and 5, 1959.

LE FILM EN COULEUR ET SON UTILISATION A LA TÉLÉVISION

PAR

R. BUFFARD

*Ancien élève de l'Ecole Polytechnique
Ingénieur en chef à l'ORTF*

Introduction

Au moment où la télévision va se charger du fardeau de la couleur, l'expérience des techniciens du film dans la reproduction des images colorées est heureusement déjà longue et le film en couleur est en mesure de fournir à la télévision un système de base indispensable. Qu'il s'agisse de trouver dans le film, en tant qu'objet-programme, une part des sujets qui pourraient être proposés pendant les heures « couleur » qu'il s'agisse d'emprunter aux techniques du film les moyens d'enregistrer les images spécialement destinées à la télévision, le film en couleur se présente aujourd'hui comme un produit hautement élaboré, capable cependant de s'adapter à des impératifs nouveaux. La technologie du film a surmonté la plupart des difficultés et placé en fait le film en couleur dans la même position favorable qu'occupe le film noir et blanc. Il est à peine besoin de rappeler que le film a, par rapport à la bande magnétique, deux avantages essentiels :

- son indépendance à l'égard des systèmes d'analyse et, pour la couleur, à l'égard du codage,
- la légèreté de l'équipement de prise de vues, notamment pour les tournages d'actualités.

Il a contre lui la complexité des traitements chimiques du développement couleur et, si on met à part l'utilisation directe des inversibles d'actualités, la lenteur inévitable des processus de fabrication qui conduisent au produit fini.

Si nous restons sur le plan des principes techniques, la question de l'emploi du film en couleur à la télévision englobe un certain nombre de problèmes distincts. Il faut tout d'abord étudier les particularités du film en tant qu'objet coloré ; c'est l'objet de

la première partie. Nous pouvons aborder ensuite le problème de l'analyse de cet objet coloré pour les transmissions de télévision (deuxième partie). Dans une troisième partie, nous verrons quelques aperçus sur les problèmes beaucoup plus complexes de la reproduction des couleurs du sujet par le film ou par l'intermédiaire du film.

1. Le film en tant qu'objet coloré

1.1. GÉNÉRALITÉS

Dans beaucoup de cas, le film n'est pas un intermédiaire neutre dans la reproduction des scènes colorées et il faut le considérer lui-même comme un objet coloré déterminé. Il s'agit, si l'on veut, du film en tant qu'« objet programme » emprunté à un fond existant qui est celui du film cinématographique. Mais il est clair que cette notion s'applique à tous les films de fabrication élaborée, c'est-à-dire où l'équipe de production peut obtenir une certaine image sur le film, sans qu'il y ait une relation absolue avec le sujet filmé. On peut jouer sur la lumière ou les filtres au tirage des copies, ou à la prise de vues sur les éclairages, les maquillages, les décors. L'image de référence est, en définitive, celle qui est portée par le film.

En fait, une telle image n'existe qu'à partir du moment où on éclaire le film avec une source lumineuse S , et le choix de cette source est loin d'être indifférent. En matière de reproduction des couleurs, la qualité est faite de multiples améliorations de détail et, en particulier, les films sont conçus pour être projetés avec des sources lumineuses déterminées. Les films commerciaux du format 35 mm sont faits pour être projetés à l'arc, dont le spectre est en moyenne celui de la figure 1.

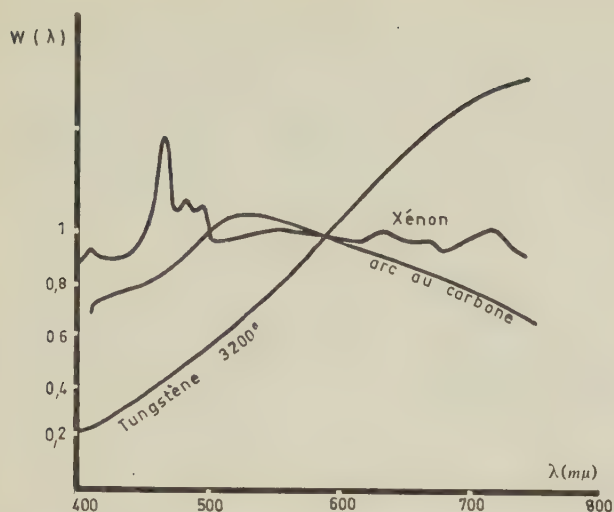


FIG. 1. — Spectres de différentes sources utilisées pour la projection des films.

Les films des formats 16 mm et au-dessous, ou les diapositives d'amateur, sont faits pour une projection à la lampe au tungstène, dont le rayonnement est assimilé à celui d'un corps noir à la température de 3 200 °K.

Éliminons pour l'instant cette difficulté et examinons les propriétés de l'objet film. Techniquement parlant, on peut caractériser le film, c'est-à-dire chaque point identifiable du film, par son seul spectre d'absorption, ce qui revient à considérer les couleurs obtenues lorsqu'on l'éclaire par une source à énergie constante en fonction de la longueur d'onde (dite source E en langage colorimétrique). L'absorption sélective d'un film en couleur est très généralement due à l'action combinée de trois courbes colorées superposées. La couche cyan absorbe le rouge, la couche magenta a son absorption maximale dans le vert et la couche jaune absorbe le bleu. Des courbes d'absorption typiques de ces trois couches sont données figure 2. Le film réalise ainsi ce qu'on appelle une synthèse « soustractive » des couleurs par opposition à la synthèse additive réalisée par exemple dans le tube trichrome. Nous allons préciser le mécanisme de cette synthèse.



FIG. 2. — Courbes d'absorption typiques des trois couches colorées pour un film inversible.

1.2. MÉCANISME DE LA SYNTHÈSE SOUSTRACTIVE

La reproduction des teintes et des valeurs est obtenue par la modulation de la densité des colorants des trois couches. Le mécanisme est relativement facile à expliquer à partir des données de base de la colorimétrie, dans le cas d'une synthèse soustractive idéale. Ce cas correspond à l'utilisation de colorants fictifs et théoriques, dont les courbes d'absorption réaliseraient idéalement les créneaux de la figure 3. Dans ce cas, les propriétés obtenues sont directement accessibles par des calculs relativement simples. Dans le choix des colorants réels (fig. 2) on essaie bien entendu de se rapprocher de la situation idéale, mais on en reste assez loin et les propriétés du film relativement à la synthèse soustractive ne sont complètement accessibles qu'à l'aide d'une installation de calcul. Nous allons essayer d'indiquer les grandes lignes de ces propriétés, en commençant par des cas simples.

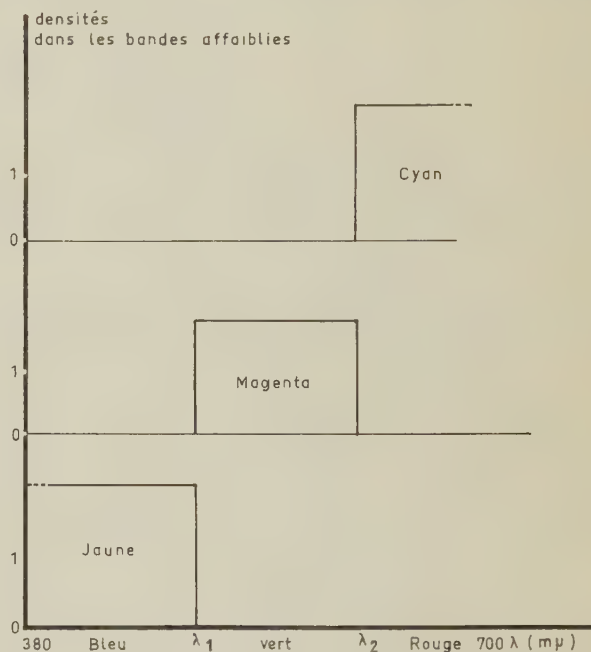


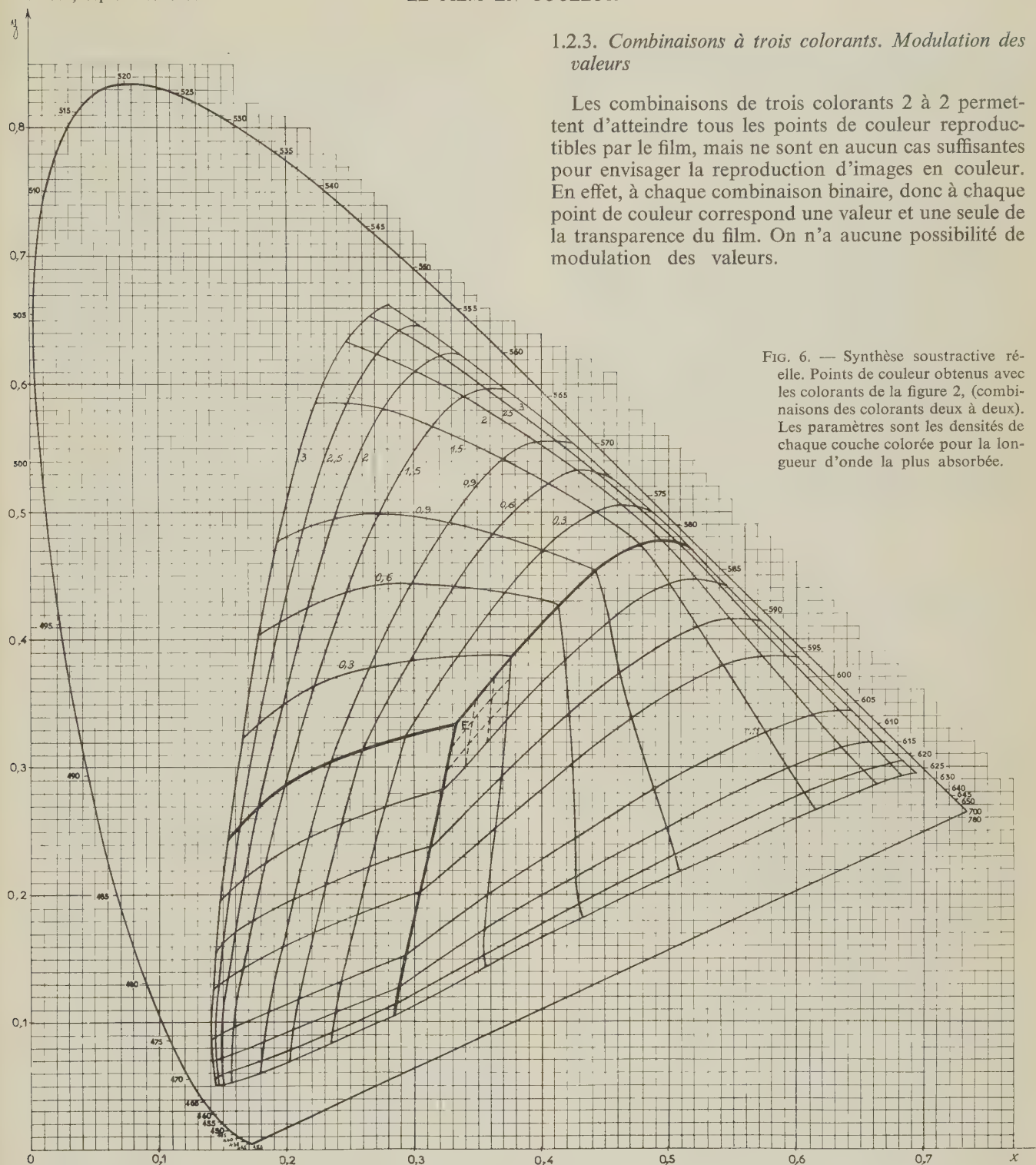
FIG. 3. — Système idéal de colorants pour une synthèse soustractive (les densités de chaque colorant sont modulables, par exemple dans la gamme de 0 à 3).

1.2.1. Mise en œuvre d'un seul colorant

Considérons par exemple une couche unique contenant le colorant jaune de la figure 3. Les propriétés de cette couche dépendent d'un seul paramètre : la concentration en colorant. Lorsque la concentration est nulle, on a une absorption nulle à toutes les longueurs d'onde, et on obtient le blanc correspondant à la couleur de la source $S(\lambda)$. Lorsque la concentration augmente, l'absorption se développe à des degrés différents suivant les longueurs d'onde. Elle se modifie selon la concentration en suivant, pour chaque longueur d'onde λ , une loi exponentielle d'exposant $a(\lambda)t$, la transparence pour la longueur d'onde λ étant

$$T(\lambda) = 10^{-a(\lambda)t},$$

le paramètre t étant proportionnel à la concentration.



combinaison des trois colorants, à densités partielles égales à d_N . Ainsi un jaune donné par le seul colorant jaune à la densité d_e (obtenue pour la densité partielle t_1), pourra être reproduit à la densité visuelle $d_e + d_N$, il suffira d'avoir pour chaque couche les densités suivantes :

Jaune $t_1 + d_N \searrow$
 Magenta $d_N \rightarrow$ Densité visuelle équivalente $d_e + d_N$
 Cyan $d_N \nearrow$

Il faut cependant noter que, pour les couleurs jaunes les plus saturées, les valeurs de t_1 seront importantes ; il est alors possible qu'on n'arrive pas à augmenter la densité partielle de la couche jaune jusqu'à la valeur $t_1 + d_N$ choisie. Autrement dit, si on fixe une densité partielle maximale $d_{\max}$ pour les couches de colorant, les possibilités de modulation dépendront du point de couleur. On ne pourra obtenir que les densités visuelles comprises entre d_e et $d_e + d_{\max} - t_1$. C'est ce qu'exprime le graphique de la figure 7, où l'axe des abscisses représente le segment EJ . Des graphiques analogues peuvent être obtenus pour toutes les teintes.

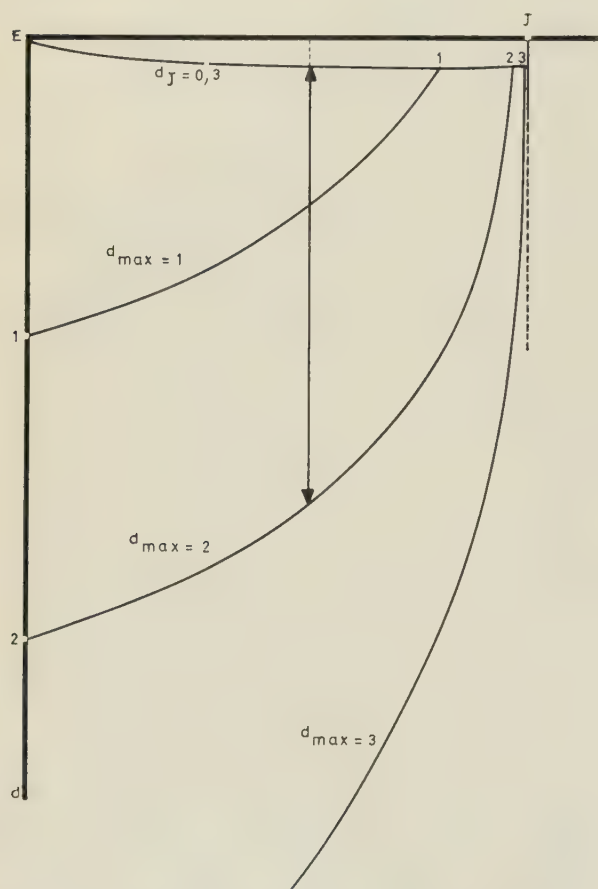


FIG. 7. — Synthèse soustractive idéale. Gamme des valeurs reproductibles pour un point de couleur jaune donné sur E.J.

La transposition de ces raisonnements dans le cas des colorants réels se heurte cependant à de très graves difficultés. Si un point de couleur donné peut être obtenu par une combinaison de deux colorants, la modulation des valeurs par des combinaisons à trois

colorants se conçoit par analogie avec ce qui a été dit plus haut, mais cette modulation n'est pas d'une expression analytique simple. Nous rencontrons ici ce que l'on peut appeler le problème du neutre.

1.3. LE PROBLÈME DU NEUTRE

Les difficultés que nous rencontrons ici résultent de l'impossibilité de réaliser par la combinaison de trois colorants réels, une absorption indépendante de λ (sauf à la limite, pour l'absence totale des trois colorants). On pourrait penser que cette difficulté n'est pas réelle, car s'il s'agit seulement de donner à l'œil une impression neutre, il n'est pas nécessaire de remplir une condition aussi difficile, il suffit que le point de couleur de la lumière transmise soit le point de couleur de la source. Cette condition est effectivement réalisable pour des densités équivalentes croissantes avec des combinaisons judicieuses de concentrations, croissantes pour chaque colorant. Les lois de croissances à réaliser sont différentes pour chacun des trois colorants, et leur détermination ne peut être obtenue que par approximations successives. Malgré ces difficultés, la chose est techniquement réalisable et on obtient ainsi une gamme de gris neutres pour la source $S(\lambda)$. Nous touchons là à un des problèmes clés du film en couleurs : ajuster les processus pour une reproduction correcte d'une gamme de gris. Toutefois nous n'avons pas résolu absolument notre problème de la modulation des valeurs par l'addition d'un neutre : les combinaisons neutres pour la source $S(\lambda)$ ne le seront plus lorsque le spectre de la source sera modifié par un ou deux colorants. En toute rigueur, il faut rechercher une gamme de combinaisons neutres pour chaque point de couleur. Ceci revient à dire qu'avec les colorants réels, les combinaisons à trois colorants doivent être traitées comme telles et ne peuvent se ramener de façon simple à des combinaisons à deux colorants, plus un neutre.

Nous conserverons malgré tout ce point de vue parce qu'il donne une bonne idée physique de la reproduction des couleurs par le film. Il faut retenir par exemple que les couleurs les plus saturées ne peuvent être obtenues que dans une gamme de valeurs de plus en plus réduite au fur et à mesure qu'on se rapproche de la limite de l'hexagone de la figure 6. Sur le contour de l'hexagone, deux des colorants sont utilisés à leur densité maximale et il n'est pas possible de maintenir le point de couleur en ajoutant un troisième colorant. La recherche d'une valeur plus sombre entraînera une désaturation par le noir (couleur « cassée »). Au contraire, la recherche d'une valeur plus claire ne peut conduire qu'à diminuer la concentration des deux colorants fondamentaux, donc à une désaturation vers le blanc (couleur « lavée »).

2. L'analyse des objets « film » à la télévision

2.1. CORRESPONDANCE DES DOMAINES REPRÉSENTATIFS

Il vient immédiatement à l'esprit, d'après les résultats de l'analyse précédente, qu'il faut étudier les correspondances possibles entre les domaines des couleurs « film » et les domaines des couleurs reproductibles sur le récepteur de télévision. Ce dernier do-

maine est parfaitement défini : c'est l'intérieur du triangle RVB dont les sommets sont les points de couleur des luminophores du récepteur.

La simple comparaison du triangle RVB avec le domaine hexagonal type d'un « objet film » est tout à fait rassurante car elle montre une assez bonne concordance entre les domaines des points de couleur offerts pour les deux systèmes. Or on connaît les règles théoriques qui permettent de reproduire par synthèse additive dans le domaine RVB le point de couleur exact que présente le film. A chaque triplet RVB correspondent en effet trois courbes d'analyse $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{v}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$. Si le film a un spectre d'absorption $\Sigma(\lambda)$, le spectre de l'objet film éclairé par $S(\lambda)$ sera $\Sigma(\lambda)S(\lambda)$ et il suffira d'appliquer sur les primaires RVB des signaux de luminances proportionnels à

$$\begin{aligned} r &= \int \Sigma(\lambda) S(\lambda) \bar{r}(\lambda) d\lambda \\ v &= \int \Sigma(\lambda) S(\lambda) \bar{v}(\lambda) d\lambda \\ b &= \int \Sigma(\lambda) S(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda \end{aligned}$$

pour retrouver le même point de couleur que celui de la lumière de spectre $\Sigma(\lambda)S(\lambda)$

Les problèmes se posent donc en principe de la même façon que pour la caméra électronique, et il ne serait pas utile d'en reprendre ici l'exposé, si l'analyse du film ne présentait, par certains aspects, des difficultés spéciales. L'expérience a prouvé que le pourcentage de résultats satisfaisants dans l'analyse des films est, dans l'état actuel des choses, nettement inférieur au même pourcentage pour des images de caméra. Il est certain qu'il faut distinguer, dans les échecs, les films déjà médiocres à la projection, les films encore acceptables à la projection, mais dont les défauts sont désagréables à la télévision, enfin les films corrects à la projection, dont les effets sont plus ou moins mal rendus sur le tube trichrome. Les difficultés se décomposent en quelques problèmes types, dont les principaux sont examinés ci-après.

2.2. LE PROBLÈME DES COURBES D'ANALYSE

2.2.1. Solution classique

Comme nous l'avons dit plus haut, il existe une solution théorique exacte au problème de l'analyse de l'objet coloré constitué par le film éclairé par une source $S(\lambda)$, pour une reproduction en synthèse additive trichrome RVB . Les signaux commandant les luminances des primaires RVB doivent être proportionnels aux intégrales r , v , b du paragraphe ci-dessus.

Les fonctions $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{v}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$ qui interviennent dans ces intégrales ont malheureusement des parties négatives irréalisables dans des domaines de longueur d'onde assez étendus ; on pourrait cependant les obtenir par des combinaisons linéaires de trois courbes toujours positives, ce qui revient, en colorimétrie, à faire une analyse avec des primaires irréelles R_i , V_i , B_i suivie d'un matriçage pour revenir aux axes RVB . Toutefois la matrice correspondante a des coefficients négatifs, le triangle RVB étant intérieur au triangle $R_iV_iB_i$, et les soustractions de signaux qu'implique un tel matriçage ne s'effectuent qu'avec des pertes notables dans le rapport signal-bruit. Sans revenir sur ces questions traitées dans l'exposé de M. RÉMY

(1), il faut remarquer que l'on adopte souvent ce point de vue classique en négligeant de faire apparaître la source $S(\lambda)$, choisie pour faire du film un objet coloré. Les courbes d'analyse des télécinémas sont dans cette conception les produits :

$$\begin{aligned} S(\lambda)\bar{r}(\lambda) \\ S(\lambda)\bar{v}(\lambda) \\ S(\lambda)\bar{b}(\lambda) \end{aligned}$$

eux-mêmes obtenus physiquement par les produits des fonctions de λ correspondant :

- à la source de lumière réelle,
- à la courbe de transmission des trois systèmes optiques complexes,
- à la courbe de sensibilité de chaque capteur.

Les erreurs colorimétriques constatées lors de la reproduction peuvent ainsi être décomposées en deux parties :

- les erreurs dues aux imperfections des courbes d'analyse colorimétrique

$$\bar{r}'(\lambda), \bar{v}'(\lambda), \bar{b}'(\lambda)$$

- les transformations dues au changement de blanc, le point de couleur de la source $S(\lambda)$ étant généralement reproduit comme un blanc C .

L'idée même de changement de blanc suggère qu'une partie (qui peut être importante) de ces erreurs colorimétriques, peut être neutralisée par le phénomène d'adaptation chromatique de l'œil. Toutefois, les transformations colorimétriques « neutres » n'ayant pu, jusqu'à présent, trouver une expression définie et précise, une étude objective des résultats de la reproduction par télécinéma est réellement difficile. Il reste l'appréciation purement subjective, qui conduit à retoucher de façon apparemment empirique les courbes d'analyse. L'exposé qui suit a pour objet de donner une base théorique aux formes de raisonnement qui guident ces retouches empiriques.

2.2.2. Autre solution du problème de l'analyse

Si la solution classique est basée sur des courbes d'analyse théoriques, donnant une solution exacte du problème, il faut remarquer tout d'abord que l'on s'est efforcé de résoudre un problème plus général que celui qui est posé par l'analyse d'un film. La solution fournie par les courbes d'analyse est valable pour un objet coloré quelconque, alors qu'il suffirait de trouver une solution pour l'objet film tel que nous l'avons étudié dans la première partie.

Or, si nous considérons un objet film idéal, dont les colorants ont les courbes en créniaux de la figure 3, il existe effectivement une solution théorique parfaite au problème de l'analyse pour une reproduction additive, en dehors de l'utilisation des courbes $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{v}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$. La figure 5 suggère en effet une équivalence complète entre la synthèse soustractive idéale et une synthèse additive à partir des primaires composites

(1) Voir dans ce même numéro « Fidélité de la reproduction des couleurs en télévision ».

de film. Cette équivalence s'exprime, comme on peut le vérifier, par la proposition suivante :

• Si on teste par une courbe d'analyse inscrite dans le crêneau, la transparence de chaque couche dans sa plage d'absorption, et si on applique à des primaires additives RVB ayant pour points de couleur les primaires composites du film, des signaux proportionnels :

- à la transparence cyan pour la primaire rouge,
- à la transparence magenta pour la primaire verte,
- à la transparence jaune pour la primaire bleue,

les points de couleur obtenus dans la synthèse additive sont les mêmes que ceux offerts par le film éclairé par la source E , et les luminances se correspondent également à un coefficient constant près.

Cette solution théorique nouvelle fournit, en définitive, un thème de travail beaucoup plus riche et fructueux que la solution classique. Il est entendu que les films réels n'ont pas la structure idéale utilisée ci-dessus, et il en résultera des imperfections notables, mais la discussion de ces imperfections est plus facile :

— les colorants réels ont des absorptions parasites, chacun étendant son domaine d'absorption dans le domaine qui devrait être commandé par ses voisins. Par exemple, on ne peut tester utilement la transparence du colorant « cyan » par une courbe d'analyse centrée sur $600\text{ m}\mu$, car les perturbations apportées par le colorant magenta sont trop importantes. Il faudra s'éloigner vers $650\text{ m}\mu$...

— les primaires composites des jeux de colorants réels sont mal définies (elles dépendent de la densité limite considérée) et le quadrillage rectiligne des lignes d'égale densité est remplacé par un réseau curviligne, alors que la synthèse additive lui fera correspondre obligatoirement un réseau rectiligne,

— dans le cas où les primaires de synthèse additive sont différentes des primaires composites du film, un matriçage est, en principe, nécessaire,

— l'application de ces conceptions conduirait constamment à un rétrécissement des courbes d'analyse, si on n'était limité par le bruit qui résulte de la diminution de l'énergie transmise aux capteurs photo-électriques.

Malgré toutes ces difficultés, cette façon de voir a incontestablement conduit à des améliorations sensibles dans le domaine colorimétrique. Elle justifie et explique des courbes d'analyse qui ont été essayées avec le meilleur succès (fig. 8), et laisse la voie ouverte à des perfectionnements nouveaux.

Il faut signaler en passant une difficulté de principe : on n'aperçoit pas bien, dans le mécanisme proposé, où intervient le choix de l'illuminant $S(\lambda)$ nécessaire pour faire du film un objet coloré. En réalité $S(\lambda)$ n'intervient qu'en modifiant les primaires composites du film, ce qui signifie que des modifications de $S(\lambda)$ n'auront pour conséquence que de modifier le matriçage final. Ceci laisse supposer que ce matriçage, souvent négligé, est un élément essentiel du processus.

Reconnaissons, en tous cas, une distinction fondamentale entre le télécinéma et la caméra électronique, distinction due aux propriétés caractéristiques des

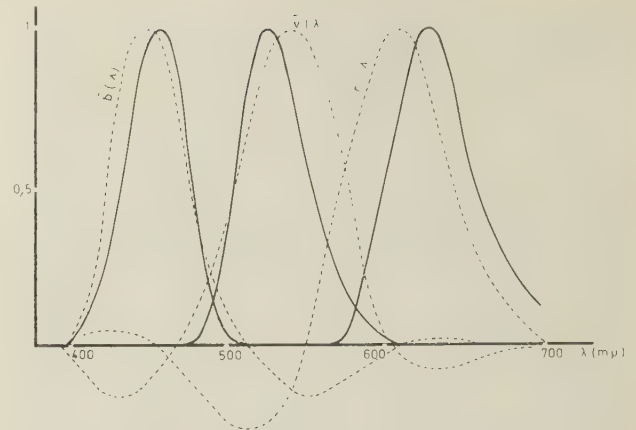


FIG. 8. — Courbes d'analyse typiques de télécinéma (traits pleins) courbes théoriques $r(\lambda)$, $v(\lambda)$ et $b(\lambda)$ (en tirets).

objets « film ». Ces objets forment un ensemble bien défini et pratiquement dénombrable, caractérisé par les trois paramètres « densité » des trois couches colorées. Les méthodes qui peuvent réussir dans l'analyse de ces objets ne sont pas valables pour la caméra qui est confrontée à des objets colorés quelconques non identifiables comme un groupe organisé.

2.3. LE PROBLÈME DU CHANGEMENT DE BLANC

C'est le problème auquel se heurte systématiquement toute reproduction sur le tube trichrome. Dans notre cas particulier, supposons que nous ayons résolu le problème des courbes d'analyse, de telle façon que, le film étant supposé éclairé par $S(\lambda)$, le point de couleur reproduit puisse, dans tous les cas, être le même que celui de la combinaison $S(\lambda) \Sigma(\lambda)$. Le blanc maximal donné par le film correspondra à la fonction $\Sigma(\lambda) = 1$ et le point de couleur obtenu sera celui de la source $S(\lambda)$. On peut concevoir par exemple, s'il s'agit d'un film 16 mm, qu'on ait voulu l'éclairer avec une source $S(\lambda)$ correspondant à une lampe à incandescence de température de couleur $3\,200^\circ\text{K}$ (fig. 1). On calcule facilement que cela revient à accepter une transmission dont les signaux maximaux sont de $0,8\text{ V}$ sur la voie verte et $0,45\text{ V}$ pour la voie bleue (1 V sur la voie rouge), la norme de transmission donnant sur le récepteur un blanc C pour les signaux égaux sur les trois voies. Cette solution serait peut-être acceptable si on disposait sur le tube trichrome d'une réserve suffisante de lumière et de contraste. Dans l'état actuel des choses, il n'en est pas question. La transmission sera donc faite de telle façon que le blanc maximal du film (absence de colorants) corresponde à 1 V sur chaque voie, donc au blanc C sur le récepteur. Dans l'hypothèse, toute théorique, où les points de couleur auraient été correctement reproduits avant modification du blanc, les points de couleur du film se trouvent alors modifiés selon le champ de vecteurs de la figure 9.

L'appréciation des défauts apportés par une telle transformation est difficile. Il est connu que le phénomène d'adaptation chromatique permet à l'œil de classer et de repérer correctement les couleurs, malgré des changements d'illuminant importants, mais ce phénomène d'adaptation ne répond à aucune loi qui

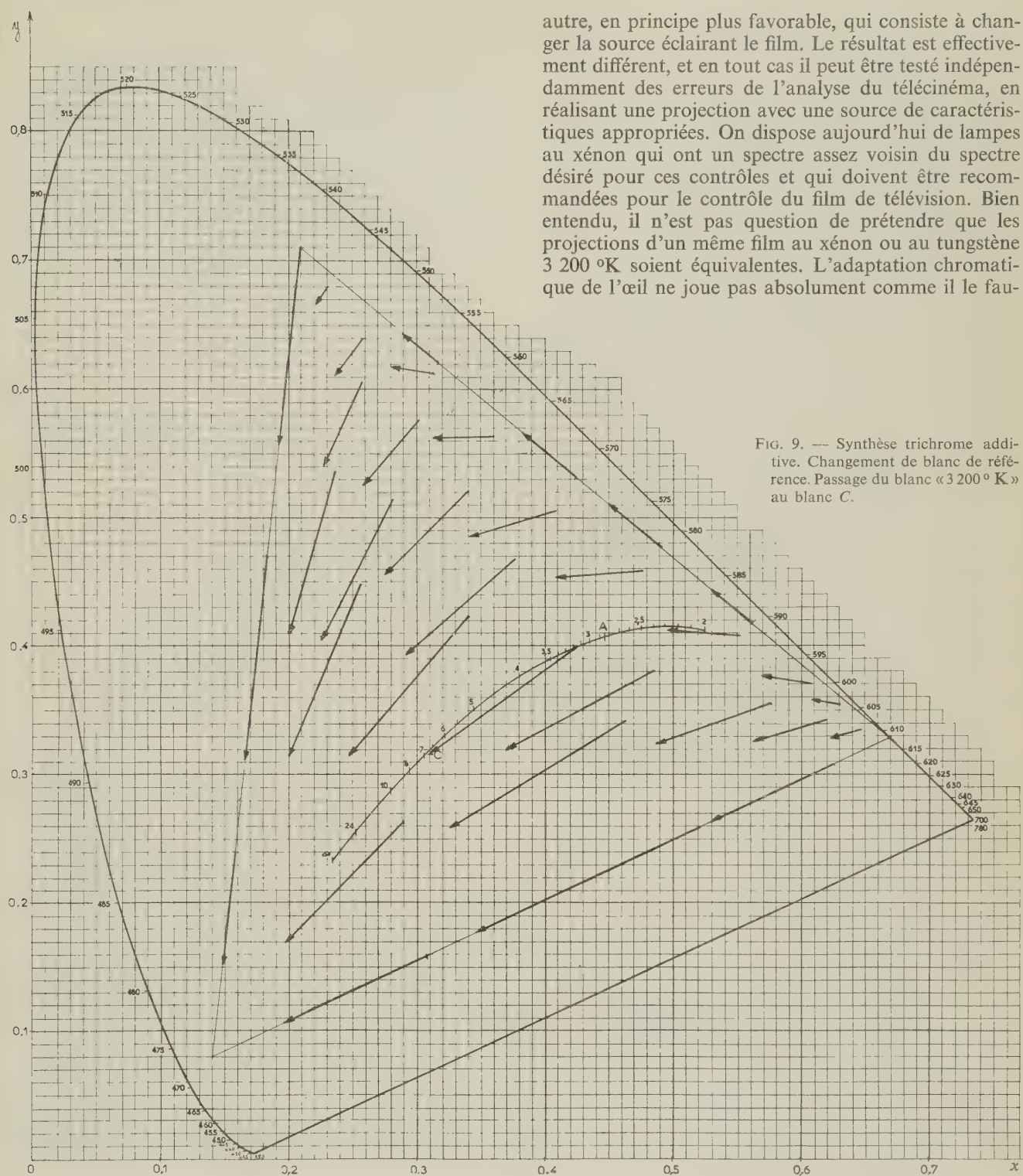


FIG. 9. — Synthèse trichrome additive. Changement de blanc de référence. Passage du blanc « 3 200 °K » au blanc C.

soit connue avec précision, et qui permette de déterminer les transformations « neutres » pour l'œil. Il est bien évident que la transformation de la figure 9 n'a d'ailleurs aucune chance d'être « neutre » pour l'œil ; le fait qu'elle conserve fixes les points $R V B$ laisse prévoir des défauts sensibles dans le domaine des couleurs saturées correspondant.

Pour éviter ce piège, une solution facile consiste à choisir, comme illuminant du film, une source $S(\lambda)$ ayant pour point de couleur le blanc C. On remplace ainsi un changement de blanc du type de la figure 9 par un

autre, en principe plus favorable, qui consiste à changer la source éclairant le film. Le résultat est effectivement différent, et en tout cas il peut être testé indépendamment des erreurs de l'analyse du télécinéma, en réalisant une projection avec une source de caractéristiques appropriées. On dispose aujourd'hui de lampes au xénon qui ont un spectre assez voisin du spectre désiré pour ces contrôles et qui doivent être recommandées pour le contrôle du film de télévision. Bien entendu, il n'est pas question de prétendre que les projections d'un même film au xénon ou au tungstène 3 200 °K soient équivalentes. L'adaptation chromatique de l'œil ne joue pas absolument comme il le faut,

et, s'il s'agit d'un film destiné par sa conception à une projection au tungstène à 3 200 °K, une telle projection sera généralement jugée meilleure et plus satisfaisante. Mais si la télévision peut prétendre à une reproduction fidèle du film, il ne peut s'agir, dans l'état actuel des normes de réglage, que d'un film éclairé par une source C.

Retenons en définitive qu'il n'est pas possible de traiter correctement la question du changement de blanc dans la reproduction des films, si la source équivalente de projection $S(\lambda)$ n'est pas clairement iden-

2.4. LE RENDU DES VALEURS

Dans des conditions convenables de projection, le contraste total des images de film atteint facilement le rapport 300 (soit un écart de densités visuelles de 2,5), ce que les photographes jugent d'ailleurs insuffisant par rapport aux contrastes rencontrés dans la nature. Pour le télécinéma, le rapport 100 est déjà très difficile à explorer, et dans les conditions d'observation les plus favorables, le tube reproducteur ne tolérera que le rapport 60 (correspondant à un écart de densité de 1,8). Il y a donc un problème d'adaptation qu'il faut

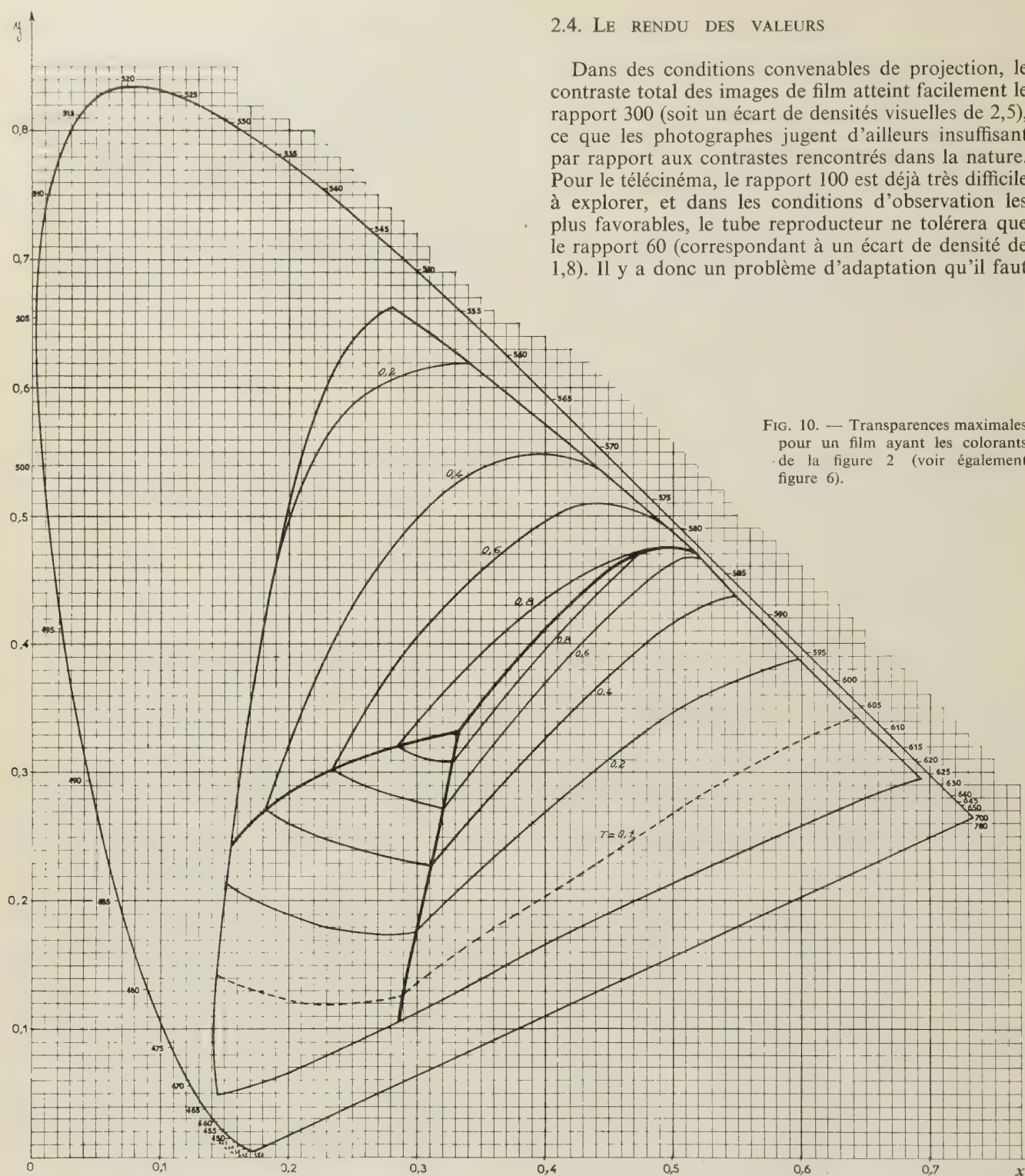


FIG. 10. — Transparences maximales pour un film ayant les colorants de la figure 2 (voir également figure 6).

tifiée lors des opérations d'analyse. Nous avons vu au paragraphe 2 précédent que cette identification n'est pas immédiate. L'usage implicite d'une source E (à énergie constante) simplifie bien des choses, mais empêche de poser correctement les problèmes de l'analyse. En cette matière, de mauvais raisonnements conduiraient à de mauvaises méthodes de réglage, plus néfastes en elles-mêmes que des courbes d'analyse imparfaites.

résoudre au mieux pour éviter de « perdre » une partie importante du contenu des images transmises. Toutes les images de film n'utilisent pas en elles-mêmes le contraste total de 2,5, mais le grand rapport de contraste utilisable à la projection, autorise le film à présenter des images dont la transparence moyenne est assez faible ; la transposition de ces images sur le tube trichrome est déplaisante parce qu'elle occupe la zone des plus faibles valeurs reproduc-

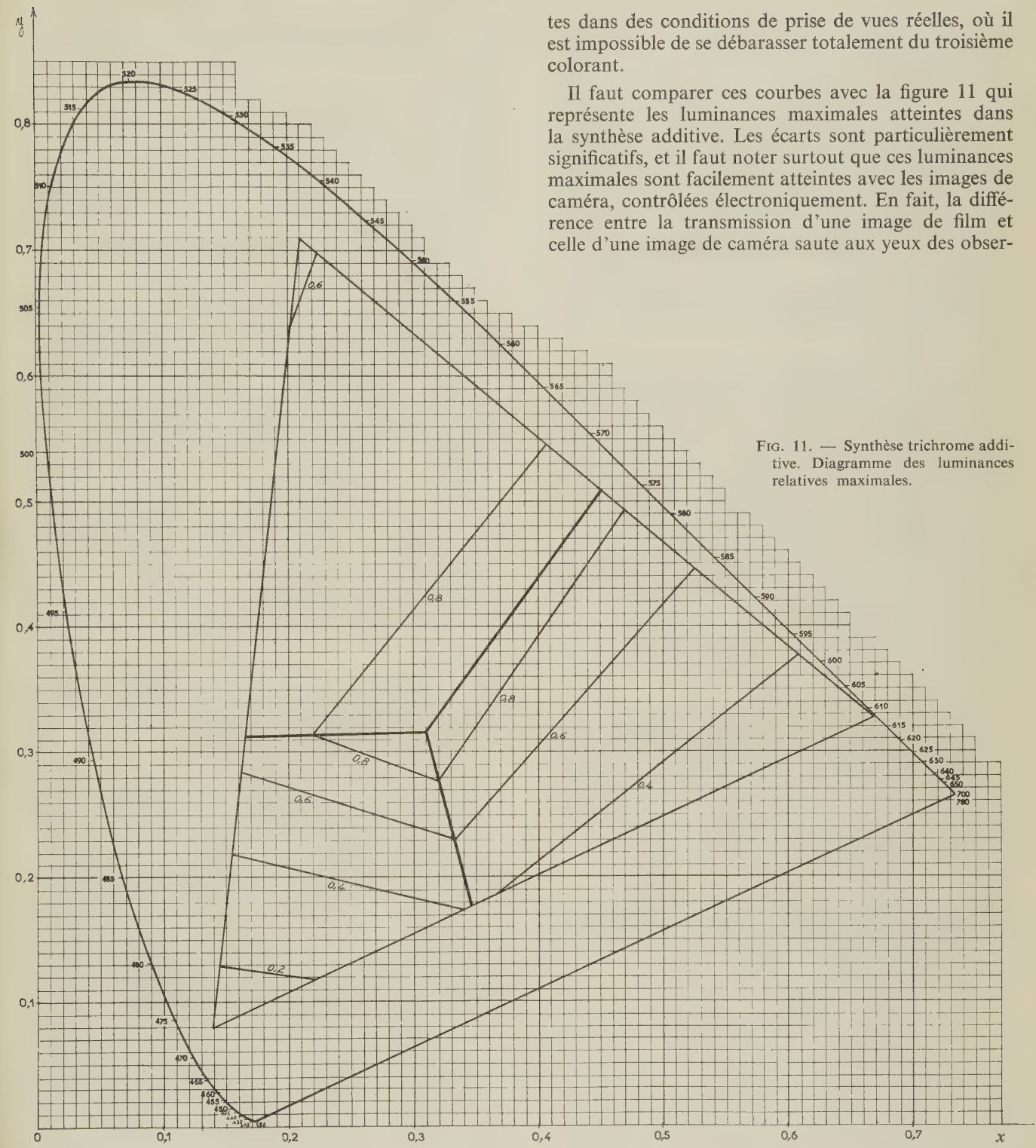


FIG. 11. — Synthèse trichrome additive. Diagramme des luminances relatives maximales.

tes dans des conditions de prise de vues réelles, où il est impossible de se débarrasser totalement du troisième colorant.

Il faut comparer ces courbes avec la figure 11 qui représente les luminances maximales atteintes dans la synthèse additive. Les écarts sont particulièrement significatifs, et il faut noter surtout que ces luminances maximales sont facilement atteintes avec les images de caméra, contrôlées électroniquement. En fait, la différence entre la transmission d'une image de film et celle d'une image de caméra saute aux yeux des obser-

tibles, sans utiliser totalement la capacité lumineuse du tube.

On peut trouver une des origines de ces difficultés dans le graphique de la figure 10 qui représente, pour les combinaisons de colorants réels de la figure 6, les transparences calculées pour chaque point de couleur. (On a tracé les courbes d'égale transparence dans le domaine reproductible). Ce sont les transparences maximales qui peuvent être atteintes pour chaque point de couleur, et en fait elles ne sont jamais atteintes

par les moins avertis ; dans les conditions de contraste offertes par un téléviseur, cette différence n'est pas en faveur de l'image film.

2.4.1. Le problème des réglages de gain

Une des premières conditions à remplir pour mettre toutes les chances de son côté est un placement correct du signal d'analyse par rapport au signal maximal.

Suivant la nature du programme et les particularités des « effets » que l'on veut conserver, les solutions applicables sont :

— *le contrôle automatique de gain* : applicable avec une bonne efficacité dans les cas concrets (film d'actualités, séquences d'extérieurs), un tel système est capable de régler simultanément le gain des trois voies de façon que la combinaison linéaire donnant la luminance totale atteigne le maximum au cours de la durée d'une image,

— *le réglage manuel en cours de reproduction* : coûteuse en personnel qualifié cette solution n'est acceptable que si l'on donne à l'agent responsable des moyens d'intervention plus efficaces qu'un simple contrôle de niveau,

— *le réglage une fois pour toutes sur des conditions nominales indépendantes du film* : il est bien entendu nécessaire de définir les conditions nominales de fonctionnement du télécinéma, et on peut espérer que si l'on fait des films spécialement pour la télévision, ils pourront être lus dans ces conditions nominales. Une norme internationale actuellement à l'étude prévoit que le signal maximal sera obtenu pour des densités de 0,3 à 0,4. Si on admet que la densité neutre du support, indépendamment de tout colorant, est de l'ordre de 0,2, ceci correspond au fait que des densités de colorant inférieures à 0,2 sont exceptionnelles et ne conduisent pas à des représentations photographiques correctes lorsqu'on les trouve sur des plages étendues.

2.4.2. Le correcteur de gamma.

Le correcteur de gamma n'est pas un organe particulier au télécinéma ; il s'agit d'effectuer avant la transmission du signal une précorrection compensant la caractéristique de luminance du récepteur. Il est facile de se rendre compte que la difficulté de réaliser cette correction augmente avec le contraste total que l'on désire respecter.

Si on considère une correction d'exposant 0,45, valeur qui correspond à un gamma conventionnel de 2,2 sur les récepteurs, le respect d'un contraste de 10 est sans doute facile (fig. 12) :

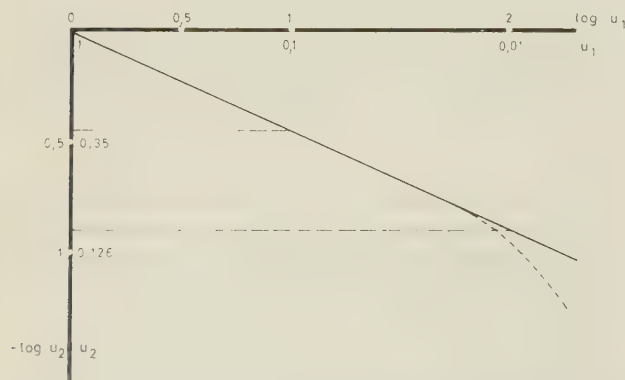


FIG. 12. — Correction de gamma $u_2 = u_1^{0,45}$ (échelles logarithmiques). La correction réelle (en tirets) s'écarte de la courbe théorique pour les petits signaux.

- à un signal de 1 V correspondra, après gamma, un signal de 1 V,
- à un signal de 0,1 V correspondra, après gamma, un signal de 0,35 V.

Pour un contraste de 100, il faut traiter correctement un signal de 0,01 V :

- à un signal de 0,01 V doit correspondre, après gamma, un signal de 0,126 V.

L'amplification du bruit dans les plages sombres est alors de l'ordre de 20 dB, ce qui est vraiment beaucoup.

Dans la plupart des cas, le signal transmis ne sera donc pas correctement traité en gamma, au-dessous de 0,15 V environ, ce qui aura pour conséquence un effondrement rapide des valeurs vers le noir, assorti pour les plages sombres, de dominantes colorées incontrôlables : la voie la plus faible étant sous-correctée, tout défaut d'équilibre des neutres se trouve accentué inévitablement.

Inversement, on conçoit qu'il soit possible, en jouant sur la correction de gamma de chaque voie, de rattraper des défauts systématiques dans l'équilibre des neutres faisant apparaître sur le film des dominantes colorées.

Ce faisant, nous entrons dans le domaine du traitement électronique de l'information contenue dans le film.

3. La reproduction fidèle de la scène filmée ; extension des buts de l'analyse

3.1. GÉNÉRALITÉS

En passant en revue les problèmes de l'analyse des films en couleur à la télévision, nous avons déjà dû prendre en considération des particularités de l'objet « film », qui sont des imperfections notables telles que le manque de transparence pour les saturations élevées, dû aux absorptions parasites des colorants. D'autres défauts, affectant la sensibilité des différentes couches à la prise de vues, et l'imperfection des mécanismes de transfert, font que l'image du film, même projetée dans des conditions idéales, ne saurait atteindre à la reproduction fidèle de la scène filmée.

D'un autre côté, nous avons découvert dans les systèmes d'analyse des imperfections qui, pour déplorables qu'elles soient, peuvent peut-être être compensées ou contournées dès l'instant qu'elles sont connues. Mieux encore, la recherche d'une analyse vraiment fidèle du film passe par des voies si complexes qu'elles conduisent fatalement à l'idée d'une analyse « améliorée » capable de compenser les défauts systématiques du film.

L'idée d'une reproduction fidèle de la scène enregistrée, à travers le système film + télévision, est évidemment très séduisante. Dans ce cas, le film ne serait qu'un intermédiaire normalisé, pas nécessairement fidèle ou même agréable en tant qu'objet film. Les photographes connaissent et utilisent de tels films dits intermédiaires, pour ne pas parler des négatifs, spécialement conçus pour servir au tirage de produits finis corrects.

Le problème d'une reproduction fidèle des scènes mérite d'être posé et il se pose d'ailleurs de plusieurs façons :

— Si on veut, par exemple, réaliser des « inserts » filmés, séquences d'émission préenregistrées sur film pour des raisons qui tiennent à la technique de production, et qui se trouvent insérées entre des prises de vues directes, la fidélité souhaitable consiste à restituer des images exactement comparables par leurs couleurs et leur structure de valeurs, à celles fournies par la caméra. C'est un problème très difficile, dont la solution ne sera atteinte qu'en donnant au système d'analyse le maximum de possibilités d'interprétation...

— Un autre cas à considérer est la prise de vues sur des sujets d'art (tableaux, etc.) où la fidélité dans la restitution des teintes et des valeurs est une chose essentielle ; fidélité peut-être toute « subjective » puisque le changement de blanc posera les problèmes d'adaptation chromatique, mais qui ouvre la porte à l'ambition légitime de reproduire autre chose que l'« interprétation film » de l'objet.

Ces problèmes difficiles peuvent être abordés de plusieurs points de vue.

a) On peut rechercher un film photographiquement idéal, et simultanément un système d'analyse idéal.

Ceci nous ramène au chapitre précédent en ce qui concerne l'analyse des films, et laisse aux photographes toutes leurs responsabilités.

b) On peut accepter les films tels que l'industrie photographique les réalise et entreprendre de corriger par des moyens électroniques :

- les défauts de structure inévitables,
- les déformations systématiques introduites en vue de la reproduction sur écran.

c) On peut aussi demander à l'industrie du film un effort d'adaptation dans lequel le film et le télécinéma se corrigeraient mutuellement pour arriver au résultat optimal.

On ne voit que trop bien, dans les deux derniers cas, les complications qui résulteraient dans l'exploitation des télécinémas, de la coexistence de plusieurs types de film exigeant des corrections variées, en admettant même que les corrections appliquées ne doivent pas être choisies pour chaque bobine, ou pour chaque séquence de programme. Mais les avantages escomptés sont si considérables que rien n'arrêtera la recherche et l'expérimentation de telles solutions.

3.2. LES CORRECTIONS ÉLECTRONIQUES

Pour préciser ce que l'électronique peut apporter au film comme contribution à la correction mutuelle des défauts, il suffit de passer en revue les points sensibles que nous avons rencontrés dans la deuxième partie. Déjà pour le problème des courbes d'analyse, nous avons montré en 2.2.2. qu'il est possible d'imaginer le film comme un film parfait, et dans la mesure, par exemple, où l'on va tester la transparence « rouge » en dehors des absorptions parasites de la couche magenta, on remplace incontestablement le film analysé par un autre film libéré de ce défaut.

3.2.1. Corrections des absorptions parasites

Cette correction est connue sous le nom de « masquage électronique », le « masquage » qui est la création d'un masque coloré complémentaire étant une technique utilisée par les photographes sur les films intermédiaires pour arriver au même résultat. C'est la généralisation de l'idée ci-dessus : pour les voies verte et bleue, on n'a pas la possibilité d'éviter que les absorptions parasites faussent le test de la transparence des couches, mais on peut apporter les corrections voulues. Il est facile d'avoir une idée des moyens à employer :

— Supposons en effet que nous ayons réduit l'analyse à trois bandes étroites centrées sur les longueurs d'onde λ_R , λ_V , λ_B ,

- les lois d'absorption des trois colorants étant connues (voir 1^{re} partie) sous la forme :

$a_J(\lambda)$ pour le jaune analysé sur λ_B

$a_M(\lambda)$ pour le magenta analysé sur λ_V

$a_C(\lambda)$ pour le cyan analysé sur λ_R ;

- les concentrations des colorants étant données par les paramètres t_J , t_M , t_C , les transparences individuelles des couches seront, pour $\lambda = \lambda_B$:

$$T_{JB} = 10^{-a_J(\lambda_B)t_J}$$

$$T_{MB} = 10^{-a_M(\lambda_B)t_M}$$

$$T_{CB} = 10^{-a_C(\lambda_B)t_C}$$

et on mesure au total :

$$T'_J = T_{JB} \cdot 10^{-a_M(\lambda_B)t_M} 10^{-a_C(\lambda_B)t_C}$$

Mais :

$$a_M(\lambda_B) = A_{MB} a_M(\lambda_V)$$

$$a_C(\lambda_B) = A_{CB} a_C(\lambda_R),$$

les paramètres constants A_{MB} , A_{CB} étant plus petits que 1 et ayant une signification évidente, de sorte que :

$$T'_J = T_{JB} \cdot T_{MV}^{A_{MB}} \cdot T_{CR}^{A_{CB}}$$

de même : $T'_M = T_{JB}^{A_{JV}} \cdot T_{MV} \cdot T_{CR}^{A_{CV}}$

$$T'_C = T_{JB}^{A_{JR}} \cdot T_{MV}^{A_{MR}} \cdot T_{CR},$$

système qui permet théoriquement d'obtenir les transparences T_{JB} , T_{MV} et T_{CR} des couches prises isolément et dans la plage d'analyse voulue. La solution exacte consiste à obtenir les transformées logarithmiques des quantités T_A (ce qui revient à travailler sur des densités) et à opérer une transformation linéaire dont la matrice sera l'inverse de la matrice des A . Une transformation antilogarithmique donnera alors les transparences cherchées.

Il est facile de voir que, si les coefficients A sont de l'ordre de 0,1, les corrections à apporter sur les densités sont de l'ordre de 0,4 à 0,5 dans les cas extrêmes, ce qui correspond à une modification très importante dans les signaux appliqués aux voies de synthèse.

Dans une telle opération, les trois couches colorées sont réduites à des supports d'information destinés aux voies d'analyse et, dans la mesure où ces informations sont correctes, l'image colorée qu'elles offrent à la projection ne peut être satisfaisante. Autrement dit, il est absurde de vouloir appliquer des corrections électroniques totales à un film dont les techniques de fabrication ont été élaborées dans le but de compenser, d'une façon ou de l'autre, l'influence subjective des mêmes défauts que l'on veut corriger. Par exemple, on a toutes chances, ce faisant, d'obtenir une gamme de gris très imparfaite avec d'énormes virages colorés ; d'autre part, l'exactitude du traitement est particulièrement importante pour les transparences faibles ; la densité utilisable est limitée par la qualité du système électronique.

Sur un film projetable, la mise en œuvre de telles corrections ne peut être que dosée avec beaucoup de prudence, et prend la valeur d'une interprétation du contenu du film. Il est encore trop tôt pour savoir si des résultats suffisamment probants seraient obtenus en réalisant des films spécialement destinés à être corrigés par masquage électronique.

3.2.2. Correction des courbes de sensibilité à la prise de vues

Nous n'avons pas parlé jusqu'ici de la façon dont on peut obtenir, pour chaque couche colorée, la densité exacte qui permettra la reproduction du point de couleur et de la valeur correspondant à l'objet photographié. On sait qu'en pratique, la mise au point d'un film en couleurs et des techniques de fabrication associées est une affaire infiniment complexe où les principes de base n'ont, somme toute, qu'un rôle très minime. Obtenir sur le film des images colorées valables, le transformer en l'objet film étudié dans la première partie, est une opération difficile à mettre en équation et qui peut justement se réclamer de l'« art photographique ». On trouvera sur la figure 13 les courbes de sensibilité d'un film inversible type.

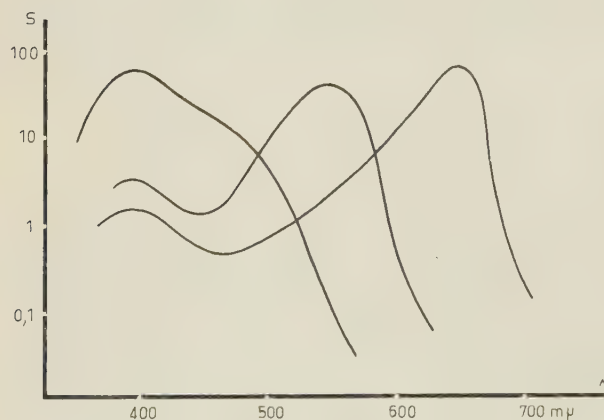


FIG. 13. — Sensibilités spectrales des trois couches d'un film inversible type.

Une première cause de faiblesse des principes théoriques est la trop grande imperfection des colorants réalisables, ce qui oblige à en compenser les défauts par de multiples astuces. Mais précisément nous venons

de découvrir le moyen d'annuler par l'analyse électronique l'influence de ces imperfections, et de faire correspondre au film un film idéal. Le contenu coloré d'un tel film est, nous l'avons vu, représentable à l'aide de trois primaires composées fixes et définies, et par conséquent, l'information portée par chaque couche doit correspondre à une analyse de la lumière reçue, par trois courbes correspondant aux primaires en question. Etant donné que le film idéal ne peut être projeté comme tel puisqu'il est fictif, et qu'il n'existe que pour le télécinéma, on arrive à la conclusion que la meilleure solution est que les courbes d'analyse correspondent aux primaires de la télévision. En quelque sorte, le film sert à enregistrer sur trois voies d'enregistrement des signaux analogues aux signaux d'une caméra électronique. Les courbes d'analyse idéales étant irréalisables, en raison principalement de lobes négatifs, il apparaît une possibilité de correction par matriçage des signaux restitués par l'analyse du télécinéma...

C'est évidemment aller très loin et en tout cas faire du film un objet dénué par lui-même d'intérêt artistique... Il est difficile d'admettre que le « film de télévision » puisse être cela, sauf peut-être pour des applications d'ordre purement technique, comme l'enregistrement par kinoscope.

3.2.3. Correction des courbes de transfert

On sait que, dans la technique cinématographique, on utilise généralement des courbes de transfert à « gamma » supérieur à l'unité, ce qui signifie que dans la représentation de la figure 14, la courbe donnant les densités en fonction du logarithme de l'exposition est relativement rectiligne dans sa partie utile, mais avec une pente supérieure à l'unité (en valeur absolue).

Cette pratique peut être justifiée en partie par la nécessité de corriger les effets de la lumière parasite

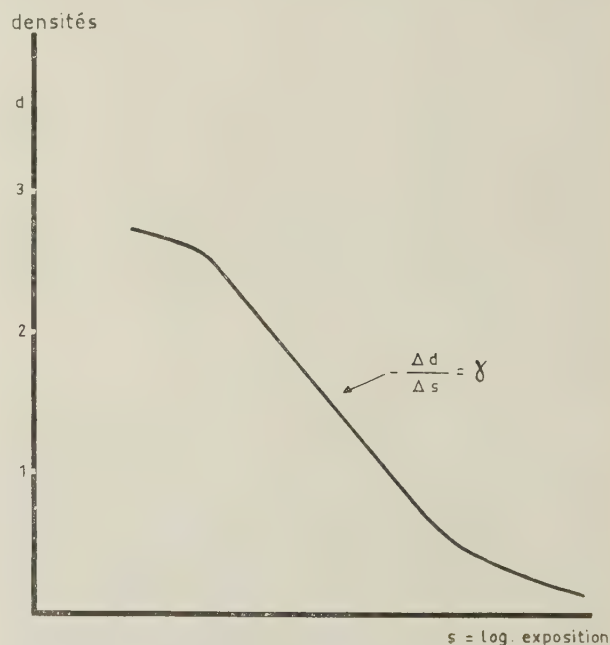


FIG. 14. — Caractéristique de transfert du procédé photographique.

tant à la prise de vue qu'à la projection. En fait, elle procure surtout une compensation physiologique au manque de luminosité et de saturation des couleurs reproduites par le film (voir première partie). Pour la reproduction au télécinéma, l'exagération des contrastes de valeurs n'est évidemment pas favorable, et si on imagine que la luminosité et la saturation normales sont rétablies par un traitement électronique, un gamma supérieur à 1 n'est plus nécessairement favorable.

La correction électronique de la courbe de transfert pour ramener le gamma à l'unité ne pose pas de problème de principe, mais elle va dans le même sens que la correction de gamma du récepteur (§ 2.4.2.) dont elle augmente singulièrement la difficulté. En toute logique, un film destiné au traitement électronique devrait présenter un gamma ramené à l'unité et peut-être même inférieur.

La correction des courbes de transfert ouvre encore d'autres possibilités ; celles-ci plus immédiatement applicables, dans la correction des déséquilibres des courbes relatives à chaque courbe colorée. De tels déséquilibres proviennent en général d'erreurs technologiques diverses. Un cas entre cent est, par exemple, celui du traitement des films inversibles surexposés ou sous-exposés. Il est impossible, dans ce cas, d'adapter le traitement de façon que les courbes de transfert gardent toutes trois l'allure idéale qui permet de respecter l'échelle des gris neutres.

En première approximation, il s'agit d'une erreur de gamma dont la correction s'imagine facilement. On sera donc conduit à installer sur chaque voie, en plus des correcteurs au gamma nominal de 0,45, un correcteur d'appoint. Il ne peut s'agir bien entendu que d'un système de correction ajustable.

3.3. L'APPORT DU FILM

En allant à l'extrême des possibilités du traitement électronique, on finit par ne plus voir dans le film que le support de trois images superposées traduisant les trois informations de couleur nécessaires à la synthèse additive. L'utilisation de couches colorées est un moyen commode pour effectuer la sélection de ces informations, et leur couleur importe peu, pourvu que la sélection soit facile. Tel est peut-être le schéma du film de télévision de demain, qui ne pourrait pas véritablement s'intituler film en couleur, mais serait en quelque sorte un procédé d'enregistrement de signaux trichromes à images visibles, utilisant les techniques du film en couleur.

Dans l'état actuel des choses, un tel système n'est qu'une vue de l'esprit et, compte tenu des difficultés du développement trichrome, il n'est peut-être pas le meilleur.

Il est plus raisonnable d'envisager des adaptations limitées pour une meilleure utilisation du film sur les télécinémas. De telles adaptations ont déjà été essayées avec les films de tirage à bas contraste, qui tiennent compte des difficultés de l'analyse des transparences faibles. En projection, les images données par ces films sont légèrement déplaisantes (surtout lorsqu'elles sont comparées aux images données par un film normal), mais leur reproduction par la télévision en couleurs est plus facile et plus agréable. Ces films sont, en outre, mieux adaptés au traitement électronique. D'autres exemples d'adaptation seront, sans doute, proposés dans l'avenir, car les techniciens du film possèdent un clavier aux possibilités très étendues.

4. Conclusion

L'utilisation du film en couleur à la télévision est, d'ores et déjà, rendue possible dans des conditions très convenables pour les télécinémas disponibles actuellement sur le marché ; des progrès substantiels ont été récemment acquis dans les résultats de l'analyse des films, par des études approfondies de l'objet « film » et des conditions dans lesquelles les techniques électroniques et les techniques cinématographiques peuvent s'associer pour un meilleur résultat global. Ces études ont ouvert un champ d'action considérable aux laboratoires de recherche de l'industrie cinématographique et de la télévision. Cependant, la voie ne sera véritablement ouverte aux corrections électroniques de toute nature que lorsqu'on aura atteint une protection suffisante par rapport au bruit, ce qui implique probablement la mise en œuvre de sources lumineuses plus intenses que celles utilisées sur nos télécinémas actuels à spot lumineux.

BIBLIOGRAPHIE

- *Principles of color sensitometry*. Edité par : Society of Motion Pictures and Television Engineers, 9 East, 41st Street, New York (N.Y.) — USA.
- *Principles of color photography*, par Ralph M. EVANS, W.T. HANSON, W. Lyle BREWER. Edité par John Wiley and Sons, New York.
- *Farbmetrik und Farbfilmabtaster*, par G. NEUHAUS. Rundfunk Technische Mitteilungen. 2.1966, pp. 49-55.
- *The use of electronic masking in color television*, par R.P. BURR. Proceedings of the IRE, janv 1954, pp.192-200.
- *Color Film for colour television*, par C.B.B. WOOD et F.A. GRIFFITHS. Journal of British Kinematography, mai 1966.
- *Elektronische Korrektur Möglichkeiten bei der Abtastung von Farbfilmen*, par G. HOGEL, A. HELLER. Rundfunk technische Mitteilungen, 1. 1967, pp. 49-55.

TÉLÉVISION EN COULEUR ET COLORIMÉTRIE :

Contribution des mathématiques appliquées et traitement sur ordinateur*

PAR

M.R. GLOWINSKI

*Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique
Ingénieur à l'ORTF*

Introduction

Dès sa création, le Laboratoire de Traitement de l'Information de l'ORTF, s'est trouvé confronté à l'aspect Mathématique de différents problèmes posés par le développement de la Télévision en couleur, problèmes dont la solution devait évidemment se concrétiser par des résultats numériques.

Citons pour mémoire :

— Etude du spectre de la salve de chrominance SECAM avec application à sa transmission par faisceaux hertziens.

— Composition des distorsions de phase différentielle sur une chaîne de Télévision en couleur, problème résolu de façon satisfaisante par une méthode de simulation du type Monte-Carlo.

— Etude comparée des bruits de chrominance de différents systèmes de Télévision en couleur [1] et [2].

Puis à ces problèmes qui sont essentiellement des problèmes de transmission, donc à caractère radio-électrique prononcé, si l'on peut se permettre cette expression, sont venus s'en ajouter d'autres, relevant beaucoup plus de la colorimétrie et de la reproduction des couleurs.

L'exposé qui va suivre se propose donc de présenter quatre exemples de problèmes qui, à notre avis, donnent une vue synthétique des activités du Labo-

ratoire de Traitement de l'Information de l'ORTF, au cours des huit mois qui viennent de s'écouler, dans le domaine de la Télévision en Couleur et de la Colorimétrie.

Il s'agit des quatre études suivantes :

- 1) Détermination des caractéristiques d'une chaîne de transmission vidéo par la méthode des transformées de Fourier.
- 2) Détermination de la sensibilité spectrale d'une voie de Télécinéma couleur.
- 3) Correction des erreurs de chrominance d'un ensemble caméra-récepteur de Télévision en couleur.
- 4) Etude de la dispersion en éclairage C , d'échantillons de mêmes coordonnées colorimétriques en éclairage A .

1. Détermination des caractéristiques d'une chaîne de transmission vidéo par la méthode des transformées de Fourier

1.1. ASPECT PHYSIQUE

Dès lors qu'il s'agit de transmettre correctement des images de Télévision en Couleur, la qualité de la ligne utilisée joue évidemment un rôle fondamental et à ce sujet chacun connaît l'influence néfaste que peuvent avoir sur l'image, d'éventuelles distorsions de phase ou, ce qui est équivalent, des variations trop rapides de temps de propagation (ou encore temps de groupe) en fonction de la fréquence.

Dans ces conditions, il est essentiel de disposer de méthodes susceptibles de fournir simplement des ren-

* Conférence prononcée le 7 juin 1967 au cours de la demi-journée d'études de la 8^e section de la SFER sur la colorimétrie en Télévision en couleur.

seignements sur les caractéristiques des chaînes de transmission et plus particulièrement sur les caractéristiques Amplitude-Fréquence et Phase-Fréquence.

A cet effet, l'ORTF a développé systématiquement depuis plusieurs années, l'utilisation des lignes-test ; cette technique est analysée en détail dans l'article de Monsieur GUINET de ce même numéro de l'*Onde Electrique* [3].

En ce qui concerne la détermination des deux caractéristiques mentionnées ci-dessus, il semble que la méthode la plus simple et la plus élégante d'accéder à leurs connaissances respectives, de façon très précise, soit la méthode des Transformées de Fourier qui sera exposée dans les paragraphes suivants, mais que nous allons résumer brièvement :

On injecte à l'entrée de la chaîne, pendant la durée de la ligne-test, une impulsion théoriquement en « Sin^2 » dont la durée à mi-hauteur est $T = \frac{1}{2F_c}$, où F_c est la fréquence de coupure du canal.

La réponse de la ligne de transmission à cette impulsion est alors échantillonnée à un pas suffisamment faible devant T , ce qui permet le calcul approché de sa transformée de Fourier avec une bonne précision.

Pour s'affranchir d'écarts éventuels entre l'impulsion en « Sin^2 » théorique et l'impulsion réellement utilisée, celle-ci est échantillonnée comme l'impulsion de sortie, ce qui permet alors le calcul de sa transformée de Fourier.

La connaissance des deux transformées détermine entièrement la fonction de transfert de la ligne dans le plan complexe, c'est-à-dire en amplitude et en phase.

Remarquons que la validité de la méthode repose sur la linéarité de quadripôle constitué par la ligne de transmission, mais qu'il est envisagé de généraliser cette étude aux quadripôles non linéaires en s'inspirant de l'étude de [9] sur les réseaux non linéaires.

1.2. ASPECT MATHÉMATIQUE

$a(t)$ et $r(t)$ étant respectivement les impulsions d'entrée et sortie, leurs transformées de Fourier $A(f)$ et $R(f)$, sont données par :

$$A(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-2j\pi ft} a(t) dt \quad (1)$$

$$R(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-2j\pi ft} r(t) dt \quad (2)$$

Et nous écrirons :

$$A(f) = |A(f)| e^{j\varphi_A(f)} \quad (3)$$

$$R(f) = |R(f)| e^{j\varphi_R(f)} \quad (4)$$

Ces notations sont évidentes :

Le quadripôle étant supposé linéaire, sa fonction de transfert $T(f)$ est donnée très simplement par :

$$T(f) = \frac{R(f)}{A(f)} = \frac{|R(f)|}{|A(f)|} e^{j[\varphi_R(f) - \varphi_A(f)]} \quad (5)$$

soit encore :

$$\left. \begin{aligned} |T(f)| &= \frac{|R(f)|}{|A(f)|} \\ \varphi_T(f) &= \varphi_R(f) - \varphi_A(f) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Enfin le temps de propagation $\tau(f)$ est déterminé par

$$\tau(f) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi_T}{df} \quad (7)$$

La détermination des caractéristiques Amplitude-Fréquence $|T(f)|$, et temps de Propagation-Fréquence $\tau(f)$, est donc bien ramenée par (S) à celle des transformées $A(f)$ et $R(f)$ des impulsions d'entrée et sortie.

1.3. MÉTHODES NUMÉRIQUES

La durée des impulsions d'entrée et sortie est suffisamment brève pour que l'on puisse les considérer comme nulles hors d'un intervalle de $1 \mu\text{s}$ autour de l'abscisse qui correspond à la crête de l'impulsion, les intégrales (1) et (2) sont alors des intégrales sur un intervalle fini, et l'on pourrait penser à utiliser une méthode de quadrature suffisamment précise pour les calculer, par exemple, la méthode de SIMPSON, en fait dès que f est un peu élevé, les méthodes de quadrature ordinaires tombent en défaut par suite des oscillations violentes de la fonction à intégrer, il est nécessaire de faire appel à des techniques plus élaborées.

Trois méthodes ont été utilisées pour le calcul approché des transformées de Fourier ci-dessus :

a) Méthode de PAPOULIS :

Cette méthode est exposée en détail dans [4].

La fonction $g(t)$ que l'on supposera nulle hors d'un intervalle borné $[t_0, t'_0]$ (i.e. à support compact) et dont on cherche la transformée de Fourier $G(f)$, est échantillonnée aux points d'abscisses t_i ; $g_i = g(t_i)$ étant les valeurs d'échantillonnage.

$g(t)$ est alors approchée sur $[t_0, t'_0]$ par $g^*(t)$ obtenue en interpolant linéairement entre les abscisses d'échantillonnage (fig. 1) $g^*(t)$ est alors dérivée deux fois au sens des distributions [5] d'où :

$$g^{*''}(t) = \sum_i \alpha_i \delta(t_i) \quad (8)$$

où les α_i sont des coefficients déterminés très simple-

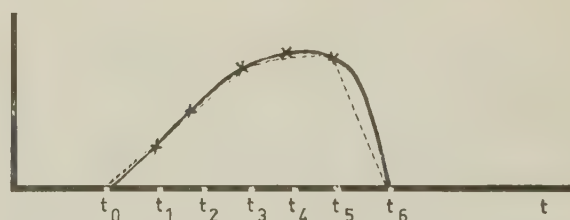


FIG. 1. — $g(t)$ est représentée par la courbe à tracé continu, $g^*(t)$ par la courbe en tireté.

ment à partir de la pente des segments d'interpolation, et où $\delta(t_i)$ sont les distributions de Dirac aux points d'abscisses t_i , et il est évident que la somme (10) comprend autant de termes qu'il y a de points d'échantillonnage.

La transformée de Fourier de $(g^*)''$ au sens des distributions [5] vaut :

$$G_2^*(f) = \sum_i \alpha_i e^{-2j\pi f t_i} \quad (9)$$

et toujours d'après [5],

$$G_2^*(f) = -4\pi^2 f^2 G(f) = \sum_i \alpha_i e^{-2j\pi f t_i} \quad (10)$$

Le calcul numérique de la transformée est basé sur (10). Il est naturel de se demander si la transformée de Fourier $G^*(f)$ de l'approximation $g^*(t)$ de $g(t)$ est aussi une approximation de $G(f)$:

La réponse est vraie en moyenne quadratique d'après la formule de PARSEVAL :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |g^*(t) - g(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |G^*(f) - G(f)|^2 df \quad (11)$$

par contre, l'évaluation de l'erreur locale c'est-à-dire de $\varepsilon(f_0) = |G^*(f_0) - G(f_0)|$ en $f = f_0$ est un problème difficile et à ce sujet on peut utilement consulter [6].

b) Méthode d'ARSAC

Cette méthode empruntée à l'ouvrage de J. ARSAC : TRANSFORMATION DE FOURIER ET THÉORIE DES DISTRIBUTIONS [6], repose sur la formule de Poisson, qui lie $g(t)$ et $G(f)$:

$$g(ph) = G(q/h) \quad (12)$$

et en pratique évaluée comme dans la méthode de Papoulis, $G(f)$ à partir de valeurs échantillonnées.

c) Méthode de FILON

Cette méthode exposée dans [7] et [8] permet le calcul approché avec une très grande précision d'intégrales du type :

$$\left. \begin{aligned} \int_{t_0}^{t'_0} \cos 2\pi f t g(t) dt \\ \int_{t_0}^{t'_0} \sin 2\pi f t g(t) dt \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

même lorsque les valeurs de f sont très grandes, d'où son emploi dans le calcul des transformées de Fourier. Elle procède aussi à partir de valeurs échantillonnées.

Comparaison des trois méthodes :

Il apparaît que les résultats donnés par les méthodes d'ARSAC et PAPOULIS sont comparables en ce qui concerne la précision, à nombre égal de valeurs échan-

tillonnées avec, malgré tout, un léger avantage à la méthode d'ARSAC qui d'autre part demande moins de temps machine.

La méthode de FILON est beaucoup plus précise que les deux autres méthodes, pour un même échantillonnage, mais est plus compliquée à mettre en œuvre d'un point de vue programmation.

1.4. RÉSULTATS NUMÉRIQUES

Les transformées de FOURIER ont été calculées par les méthodes du paragraphe 1.3., en échantillonnant l'intervalle de 1 μ s au pas de 0,2 μ s, soit 51 valeurs.

Les résultats sont donnés dans l'article de M. GUINET [3].

1.5. CONCLUSION DU CHAPITRE I

La méthode des transformées de FOURIER permet de déterminer assez simplement et avec, semble-t-il, une bonne précision les caractéristiques amplitude-fréquence et temps de propagation-fréquence d'une chaîne de transmission vidéo.

Elle est particulièrement intéressante lorsque la chaîne comprend des tronçons équipés en faisceaux hertziens qui interdisent pratiquement l'emploi d'un wobulateur par suite des préaccentuations existant dans les fréquences élevées; par ailleurs, elle permet d'accéder très simplement à la connaissance du temps de propagation.

Il semble que cette méthode soit appelée à se développer surtout dans la perspective d'une automatisation du réseau ORTF, avec traitement sur ordinateur des données captées en un point du réseau; à ce titre, il importe de développer encore l'expérience que nous avons avec cette méthode, de rechercher d'autres méthodes de transformation, d'étudier les compromis entre précision, durée de l'intervalle d'intégration, nombre de valeurs échantillonnées, temps de calcul, etc. et surtout de généraliser cette étude aux quadri-pôles non linéaires.

2. Détermination de la sensibilité spectrale d'une voie de Télécinéma Couleur

2.1. ASPECT PHYSIQUE

Le dispositif d'analyse d'un télécinéma couleur peut être schématisé de la façon suivante :

- une source de lumière,
- le film à analyser,
- un séparateur optique trichrome fournissant les trois flux lumineux R , V , B .
- un photomultiplicateur associé à chacune des voies R , V , B , et qui transforme le signal lumineux caractéristique du film et de la voie en signal électrique.

La sensibilité spectrale propre de la voie d'analyse apparaît alors comme une grandeur importante à connaître, en effet le signal électrique obtenu résultera de la composition des caractéristiques spectrales de la voie et de celles du film ou de la diapositive analysés.

La détermination de la fonction de sensibilité spectrale peut se faire à partir de filtres optiques à bande

étroite, de l'ordre de $10 \text{ m}\mu$ ($1 \text{ m}\mu = 10^{-3} \mu = 10 \text{ \AA}$), du type interférentiel.

La figure 2 représente la réponse spectrale $T(\lambda)$ d'un tel filtre.

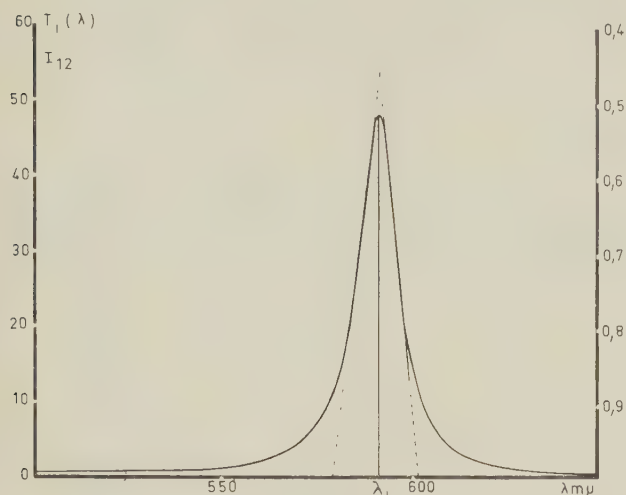


FIG. 2. — Fonction de transfert d'un filtre interférentiel.

Remarque.

La fonction $S(\lambda)$ est telle que : $S(\lambda) \geq 0$.

La méthode de mesure de la sensibilité spectrale $S(\lambda)$ par l'utilisation de filtres à bande étroite est alors la suivante :

Partant d'un jeu de N filtres optiques du type précédent, sous forme de diapositive et de réponse $T_i(\lambda)$ ($i = 1, \dots, N$) connue après mesure au spectrophotomètre, on obtient les N tensions électriques correspondantes : V_i ($i = 1, \dots, N$),

et V_i est liée à $S(\lambda)$ et $T_i(\lambda)$ par

$$V_i = K \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S(\lambda) T_i(\lambda) d\lambda \quad (i = 1, N), \quad (14)$$

K étant une constante de mesure.

La courbe $T_i(\lambda)$ est alors approchée par un triangle dont la surface est approximativement celle de l'aire délimitée par $T_i(\lambda)$ et l'axe des λ , ou mieux encore par un polygone dont la base est sur l'axe des λ , et dont l'aire représente une meilleure approximation de l'aire délimitée par $T_i(\lambda)$.

Cette mesure est facile à effectuer graphiquement et soit A_i le résultat. Si λ_i représente l'abscisse du maximum de $T_i(\lambda)$, on remplace (14) par la relation approchée :

$$V_i = K A_i S(\lambda_i) \quad (i = 1, N) \quad (15)$$

Mathématiquement cela revient à dire, que l'on a substitué à $T_i(\lambda)$ l'impulsion de DIRAC :

$$A_i \delta_i(\lambda - \lambda_i)$$

L'expression (15) fournit alors $S(\lambda_i)$ à un coefficient près et si N est suffisamment grand, on connaîtra théoriquement $S(\lambda)$ en un certain nombre de points.

Cette méthode va être systématiquement entachée des trois erreurs suivantes :

1. Erreur dans l'évaluation de A_i .
2. Erreur commise en remplaçant une fonction non infiniment étroite par une impulsion de DIRAC.
3. Le filtre étant à bande étroite, l'énergie lumineuse utile sera faible, il en sera de même pour V_i , donc cette mesure sera entachée de bruits.

Pour ces multiples raisons, il semble préférable d'utiliser une méthode basée sur l'emploi de filtres optiques à large bande car, dans ces conditions, l'énergie lumineuse transmise ainsi que V_j seront moins affectés par les bruits, mais la théorie mathématique de cette méthode est plus compliquée que la précédente.

2.2. FORMULATION MATHÉMATIQUE

$T_i(\lambda)$ désignant toujours la fonction de transfert du filtre optique utilisé, les tensions V_i mesurées sont liées à $T_i(\lambda)$ et à la fonction inconnue $S(\lambda)$ par :

$$V_i = K \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S(\lambda) T_i(\lambda) d\lambda \quad (i = 1, N) \quad (16)$$

Le problème est donc le suivant :

Connaissant V_i et $T_i(\lambda)$, calculer $S(\lambda)$ (à une constante multiplicative près, bien entendu).

Dès que N est assez grand, ce problème s'apparente à la résolution de l'Equation Intégrale de Fredholm de première espèce, et en fait la méthode numérique de résolution adoptée est celle utilisée pour les équations intégrales de ce type.

2.3. MÉTHODE NUMÉRIQUE

La méthode numérique utilisée est une variante de la méthode de TWOMEY [10].

Les intégrales (16) sont remplacées par des formules de quadrature, en l'occurrence basées sur l'utilisation de la méthode de quadrature de GAUSS composite qui est sans doute l'une des méthodes d'intégration numérique figurant parmi les plus précises.

Au sujet de cette méthode, on pourra consulter le traité d'ANALYSE NUMÉRIQUE de J. LEGRAS [11].

L'équation (16) devient dans ces conditions :

$$V_i = \sum_{j=1}^M H_j T_i(\lambda_j) S(\lambda_j) \quad (i = 1, N ; N \geq M) \quad (17)$$

L'inégalité $N \geq M$ signifiant que les données sont surabondantes par rapport aux nombres de points d'abscisses λ_j , où l'on désire connaître la fonction $S(\lambda)$, situation très fréquente en physique et qui conduit à l'emploi d'une méthode de moindres carrés pour résoudre le système linéaire (17).

Dans la formule (17), (H_j) ($j = 1, M$) et (λ_j) ($j = 1, M$) constituent les suites des poids et des abscisses des points de partage de l'intervalle d'intégration, liés à la méthode de quadrature utilisée.

$T_i(\lambda_j)$ est obtenu par échantillonnage de la fonction de transfert $T_i(\lambda)$ aux points de partage de l'intervalle d'intégration.

La figure 3 représente une courbe $T(\lambda)$ classique. Ayant posé :

$$\begin{aligned} T_{ij} &= T_i(\lambda_j) H_j \\ S_j &= S(\lambda_j) \end{aligned} \quad (18)$$

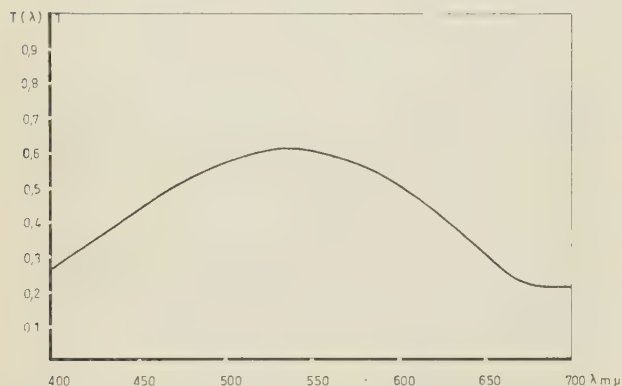


FIG. 3. — Exemple de réponse d'un filtre à large bande.

On considère les matrices suivantes :

$$\begin{aligned} T &= \|T_{ij}\| && \text{de type } N \times M \\ S &= \|S_j\| && \text{de type } M \times 1 \\ V &= \|V_i\| && \text{de type } N \times 1 \end{aligned}$$

L'expression (17) peut s'écrire matriciellement :

$$V = TS \quad (19)$$

La résolution pure et simple de (19) par la méthode des moindres carrés conduit à des solutions violemment oscillantes, l'amplitude des oscillations étant telle que les résultats sont inexploitable.

Les méthodes très proches l'une de l'autre de S. TWOMEY [10] et D.L. PHILLIPS [12] consistent alors à résoudre un problème « voisin » du problème précédent.

Au lieu de chercher à résoudre $V = TS$ par la méthode des moindres carrés, c'est-à-dire de trouver un vecteur S qui minimise la quantité :

$$\|V - TS\|^2 = (V^t - S^t T^t) (V - TS) \quad (20)$$

où $\|X\|$ représente la norme euclidienne du vecteur X définie par $\|X\|^2 = X^t X$, A^t désignant la matrice transposée de A , on va chercher le vecteur S qui minimise :

$$\|V - TS\|^2 + \gamma L^2 \quad (21)$$

L^2 est un terme de lissage qui a pour effet de régulariser la solution d'autant plus que le multiplicateur indéterminé est grand.

Exemples de quantités L^2 .

$$L^2 = \sum_{j=2}^{M-1} H_j (S_{j-1} - 2S_j + S_{j+1})^2 \simeq \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} (S'')^2 d\lambda \quad (22)$$

$$L^2 = \sum_{j=1}^M H_j (S_j - S_j^0)^2 \simeq \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} |S(\lambda) - S^0(\lambda)|^2 d\lambda \quad (23)$$

Le vecteur S^0 étant une première estimation de la solution.

La première expression ci-dessus n'est valable que si l'échantillonnage est fait à pas constant, dans les méthodes de quadrature de GAUSS où, ce n'est pas le cas, l'expression qui permet d'approcher

$$\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} (S'')^2 d\lambda$$

est plus compliquée.

La méthode numérique est alors la suivante :

On fait varier γ à partir de 0 avec un pas suffisamment petit et pour chaque valeur de γ , on cherche le vecteur S qui minimise (21), $S(\lambda)$ étant obtenue on simule le phénomène physique représenté par les équations (16), en recherchant la réponse électrique, V_k^* de filtres optiques, de fonctions de transfert $T_k(\lambda)$, non utilisés dans le calcul effectif de $S(\lambda)$, que l'on compare aux valeurs V_k mesurées.

La solution optimale est celle qui minimise une certaine fonction d'écart liée aux différences $|V_k - V_k^*|$ lorsque l'on fait varier γ .

En général, on résout le problème avec L^2 du type (22), puis la solution optimale obtenue est utilisée dans la méthode liée à (23), en tant que fonction $S^0(\lambda)$.

La recherche de la solution optimale de (21) se ramène, en pratique, à des inversions de matrice, problème sur lequel nous n'insisterons pas dans cet article.

Remarques.

1. Il est possible de résoudre ce problème en utilisant une quantité

$$L^2 \simeq \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} |S^{(3)}(\lambda)|^2 d\lambda$$

2. On peut aussi minimiser $\|V - TS\|^2$ sous les contraintes $S(\lambda_j) = S_j \geq 0$.

3. On peut minimiser une quantité qui fait intervenir les erreurs de mesures, lorsqu'elles sont estimables, par l'intermédiaire d'une matrice de variance et covariance.

2.4. RÉSULTATS NUMÉRIQUES

Le tableau ci-dessous est relatif à l'analyse d'une voie verte de télécinéma, et donne les valeurs de $S(\lambda)$ en des points d'abscisses λ_j non équidistants, ce qui est caractéristique des quadratures de GAUSS.

La deuxième colonne donne la solution non lissée

qui, on le voit, est extrêmement oscillante, la troisième donne une solution supposée optimale en ce sens que c'est elle qui permet la meilleure simulation du phénomène physique au sens de la fonction d'écart choisie et en fait, dans ce cas précis, la fonction d'écart varie très lentement avec λ , autout de sa valeur minimale.

Analyse d'une voie verte de télécinéma

λ_j en $\mu\mu$	$S(\lambda)$	
	Solution relative à $\gamma = 0$	Solution optimale
434,2	$-0,66 \cdot 10^3$	0,0
449,8	$0,63 \cdot 10^3$	0,0
470,2	$-0,33 \cdot 10^3$	0,0
485,8	$-0,16 \cdot 10^3$	0,46
499,2	$-0,32 \cdot 10^3$	0,79
509,8	$-0,20 \cdot 10^2$	8,8
530,2	$0,15 \cdot 10^3$	21,9
545,8	$-0,22 \cdot 10^3$	21,9
554,2	$-0,21 \cdot 10^3$	19,0
569,8	$0,18 \cdot 10^3$	10,2
590,2	$-0,49 \cdot 10^2$	1,3
605,8	$0,11 \cdot 10^2$	0,38

2.5. CONCLUSION DU CHAPITRE 2

Notre conclusion sera brève car elle reviendrait à répéter, presque entièrement, ce que nous avons dit sur les méthodes de la première partie, en ce sens qu'il faut, là encore, améliorer les méthodes actuelles, en trouver de nouvelles, prendre en compte les erreurs de mesures, c'est-à-dire tenir compte de l'aspect probabiliste du problème ; quoi qu'il en soit, cette méthode développée à partir des travaux de COLORIMÉTRIE de Monsieur J. GRÉGOIS, Chef de la Section film du SERVICE des ETUDES de l'ORTF semble devoir rendre de précieux services dans le domaine des études sur le film couleur.

3. Correction des distorsions de chrominance d'un ensemble Caméra-Récepteur de Télévision en Couleur

3.1. ASPECT PHYSIQUE

Il convient à ce sujet de se rapporter au paragraphe 2-4 de l'article de M. RÉMY, dans ce numéro, intitulé : LES ERREURS ET LEUR CORRECTION, où sont exposées les bases physiques du problème et de la méthode de correction.

3.2. FORMULATION MATHÉMATIQUE

On part d'un ensemble de N échantillons colorés dont les coordonnées trichromatiques (CIE 1931) — ou tristimuli — sont en éclairage C : X_i, Y_i, Z_i ($i = 1, N$) mesurées au spectrophotomètre.

On en déduit immédiatement les coordonnées U_i, V_i du diagramme à chromaticité constante (CIE 1959).

$$U_i = \frac{4X_i}{X_i + 15Y_i + 3Z_i}, \quad (24)$$

$$V_i = \frac{6Y_i}{X_i + 15Y_i + 3Z_i}.$$

Enfin X_0, Y_0, Z_0 , étant les coordonnées d'un blanc parfait (magnésie) tel que $X_0 = Y_0 = Z_0$, on calcule la réflectance ρ_i de l'échantillon :

$$0 < \rho_i = \frac{Y_i}{Y_0} \leq 1. \quad (25)$$

Les $3N$ quantités U_i, V_i, ρ_i sont alors des données numériques du problème.

La caméra va alors donner pour chaque échantillon trois tensions électriques : $(E'_r)_i, (E'_v)_i, (E'_b)_i$ disponibles en sortie de caméra.

Ces trois signaux électriques vont alors être matriciés (i.e. combinés linéairement) par une matrice à résistances, cette opération peut se traduire si $(E''_r)_i, (E''_v)_i, (E''_b)_i$ en sont les résultats par l'équation matricielle (26) :

$$\begin{bmatrix} (E''_r)_i \\ (E''_v)_i \\ (E''_b)_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (E'_r)_i \\ (E'_v)_i \\ (E'_b)_i \end{bmatrix} \quad (26)$$

avec :

$$\sum_{j=1}^3 a_{ij} = 1 \quad (i = 1, 3). \quad (27)$$

Nous poserons : $A = \|a_{ij}\|$

Les signaux électriques de la matrice colonne de gauche sont alors délivrés au récepteur couleurs qui écrête à la valeur 0 les tensions négatives et qui donne, compte tenu de son gamma, pour l'échantillon considéré, trois coordonnées colorimétriques X'_i, Y'_i, Z'_i , par :

$$\begin{bmatrix} X'_i \\ Y'_i \\ Z'_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'_r & X'_v & X'_b \\ Y'_r & Y'_v & Y'_b \\ Z'_r & Z'_v & Z'_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (E''_r)_i \\ (E''_v)_i \\ (E''_b)_i \end{bmatrix} \quad (28)$$

Les coefficients de la matrice (28) sont des données mesurables, propres au récepteur :

Posons

$$\varepsilon_i = \lg_{10} \frac{Y'_i}{\rho_i} \quad (29)$$

$$U'_i = \frac{4X'_i}{X'_i + 15Y'_i + 3Z'_i} \quad (30)$$

$$V'_i = \frac{6Y'_i}{X'_i + 15Y'_i + 3Z'_i} \quad (31)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_i &= U'_i - U_i \\ \Delta V_i &= V'_i - V_i \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

$$\text{Puis : } N_c = \frac{1}{N\theta_0} \sum_{i=1}^N \sqrt{\Delta U_i^2 + \Delta V_i^2} \quad (33)$$

$$N_1 = \frac{1}{N\mu_0} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i \quad (34)$$

θ_0 et μ_0 sont des constantes et N_c et N_L représentent respectivement les erreurs de chrominance et de luminance en seuils de perception (voir l'article de M. RÉMY).

Pour réduire les diverses distorsions de transmission, on veut rechercher une matrice A dont les coefficients sont liés par les relations (27) et qui minimise la *fonction objective* (c'est-à-dire la fonction à optimiser):

$$N_{CL}^2 = N_C^2 + N_L^2. \quad (35)$$

Remarques.

1. Des essais numériques ont porté sur d'autres fonctions objectives, mais les résultats ont été très voisins de ceux obtenus avec (33), (34), et (35).

2. La fonction objective n'est ni linéaire, ni convexe ou concave par rapport aux variables a_{ij} .

3.3. RÉOLUTION NUMÉRIQUE

La recherche de la matrice A optimale, c'est-à-dire en fait de 6 de ses coefficients, compte tenu des trois relations (27), se fait en utilisant la méthode du gradient qui est exposée en détail dans [13], mais que nous allons rappeler rapidement :

On se donne dans l'espace R^n une fonction $f(x_1, x_2 \dots x_n)$ que l'on supposera dérivable jusqu'à un ordre suffisamment élevé.

Dans ces conditions, si on considère dans R^n une direction $\vec{u}$ de cosinus directeurs $(\alpha_i, i = 1, n)$ avec

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i^2 = 1 \quad (36)$$

et un point M de coordonnées $(x_1, x_2 \dots x_n)$, on appelle dérivée dans la direction $\vec{u}$ au point M la quantité suivante notée f'_u :

$$f'_u = \vec{\text{grad}} f \cdot \vec{u} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \alpha_i \quad (37)$$

f'_u caractérise les variations de f dans la direction $\vec{u}$ à partir de M .

D'après l'inégalité de SCHWARZ :

$$|f'_u|^2 \leq \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2. \quad (38)$$

Les plus fortes variations seront obtenues si :

$$|f'_u|^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2$$

c'est-à-dire si :

$$\alpha_i = \varepsilon \frac{\partial f}{\partial x_i} / \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2}. \quad (39)$$

Nous prendrons $\varepsilon = 1$ pour rechercher un maximum, $\varepsilon = -1$, pour un minimum.

On utilise alors la méthode pratique suivante : partant d'un point M_0 initial (ici d'une matrice A_0 initiale), on détermine dans le cas présent la direction de plus forte décroissance à partir de M_0 et on se déplace jusqu'à rencontrer un point M_1 qui minimise la fonction objective f , utilisant M_1 comme nouveau point initial, on répète le processus jusqu'à ce que la fonction objective f ne décroisse plus de façon significative, ce qui correspond, en fait, à des valeurs des dérivées partielles sinon nulles, du moins très petites.

Remarques.

1. Les dérivées partielles sont calculées par différences finies, c'est-à-dire que :

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} \simeq \frac{f(x_i + h) - f(x_i)}{h} \quad (i = 1, n)$$

ou, ce qui est une meilleure approximation :

$$\frac{f(x_i + h) - f(x_i - h)}{2h}$$

avec h suffisamment petit, du moins lorsque f est compliquée comme c'est le cas ici.

2. Dans la réalité, les méthodes utilisées sur ordinateurs bien que très proches du schéma de base mentionné ci-dessus, comportent un certain nombre de raffinements destinés à économiser du temps de calcul sur machine.

Pour les résultats numériques et les conclusions, on se reportera à l'article de M. RÉMY.

4. Etude de la dispersion en éclairage C, d'échantillons ayant les mêmes coordonnées colorimétriques en éclairage A

Le problème ayant été analysé physiquement par M. RÉMY dans ce numéro de l'ONDE ELECTRIQUE, au paragraphe 1.2., on se contentera dans ce chapitre, d'indiquer rapidement les méthodes qui permettent d'estimer la zone de dispersion dans le diagramme des couleurs à la suite d'un changement de blanc.

4.1. FORMULATION MATHÉMATIQUE

Le coefficient de réflexion $R(\lambda)$ d'un échantillon coloré ayant été mesuré en fonction de la longueur d'onde, au spectrophotomètre, ses coordonnées trichromatiques en éclairages A et C sont calculées par intégration dans le spectre visible. Après normalisation par rapport au blanc idéal, on a :

$$\left. \begin{aligned} X_A &= \int_{\text{visible}} \bar{X}(\lambda) R(\lambda) A(\lambda) d\lambda \\ Y_A &= \int_{\text{visible}} \bar{Y}(\lambda) R(\lambda) A(\lambda) d\lambda \\ Z_A &= \int_{\text{visible}} \bar{Z}(\lambda) R(\lambda) A(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\} \quad (40)$$

$$\left. \begin{aligned} X_C &= \int_{\text{visible}} \bar{X}(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda \\ Y_C &= \int_{\text{visible}} \bar{Y}(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda \\ Z_C &= \int_{\text{visible}} \bar{Z}(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

$A(\lambda)$ et $C(\lambda)$ représentent respectivement les répartitions spectrales des blancs A et C , $\bar{X}(\lambda)$, $\bar{Y}(\lambda)$, $\bar{Z}(\lambda)$ les coordonnées des lumières monochromatiques, ces cinq fonctions de λ sont connues et tabulées, ce sont des données du problème.

Posons alors :

$$\left. \begin{aligned} U_A &= \frac{4X_A}{X_A + 15Y_A + 3Z_A} \\ V_A &= \frac{6Y_A}{X_A + 15Y_A + 3Z_A} \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

$$\left. \begin{aligned} U_C &= \frac{4X_C}{X_C + 15Y_C + 3Z_C} \\ V_C &= \frac{6Y_C}{X_C + 15Y_C + 3Z_C} \end{aligned} \right\} \quad (43)$$

Ces quantités représentent les coordonnées de l'échantillon coloré dans le diagramme à chromaticité constante (CIE 1959), en éclairage A et C .

Le problème est alors de rechercher les colorants qui ont les mêmes coordonnées que le colorant considéré en éclairage A , c'est-à-dire en réalité de les déterminer par leur coefficient de réflexion $R(\lambda)$.

En fait, on se contentera de rechercher dans le plan (U, V) la tache de dispersion de ces colorants en éclairage C , pour cela on est ramené au problème suivant :

Trouver les fonctions $R(\lambda)$ qui minimisent et maximisent U_c , V_c , $U_c + V_c$, $U_c - V_c$, $R(\lambda)$ étant liée à ces quantités par les relations (41).

Les contraintes sont les suivantes :

$$\left. \begin{aligned} 0 &\leq R(\lambda) \leq 1 \\ X_A &= (X_A)_0 = \text{cte} \\ Y_A &= (Y_A)_0 = \text{cte} \\ Z_A &= (Z_A)_0 = \text{cte} \end{aligned} \right\} \quad 44$$

Les quantités X_A , Y_A , Z_A sont calculées par (40).

Ceci permettra une approximation de la tache de dispersion par un octogone.

4.2. MÉTHODE NUMÉRIQUE

Le problème a été discrétisé, en ce sens que les intégrales ont été transformées en sommes par l'utilisation d'une formule de quadrature (SIMPSON), ce qui ramène le problème à une optimisation en dimension N finie, $N = 31$ dans ce cas, puisque le spectre visible de 400 à 700 m μ a été partagé en intervalles élémentaires de 10 m μ .

Après discrétisation, le problème est alors le suivant : chercher un vecteur R_i ($i = 1, N$) qui optimise une quantité W de la forme :

$$W = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i R_i}{\sum_{i=1}^N \beta_i R_i} \quad (45)$$

Sous les contraintes :

$$0 \leq R_i \leq 1 \quad (46)$$

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^N a_{1i} R_i &= (X_A)_0 \\ \sum_{i=1}^N a_{2i} R_i &= (Y_A)_0 \\ \sum_{i=1}^N a_{3i} R_i &= (Z_A)_0 \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

Les relations (47) sont la forme discrétisée de (40). Il s'agit donc d'une optimisation non linéaire sous contraintes et on utilise une méthode qui associe la technique du gradient (chapitre 3) celle du simplexe (programmation linéaire) et qui procède par linéarisations successives.

Remarque

Pour que les solutions optimales gardent un sens physique, on peut régulariser la solution comme il a été indiqué dans le chapitre 2 par addition à W d'une quantité :

$$L^2 = \sum_{i=2}^{N-1} (R_{i+1} - 2R_i + R_{i-1})^2$$

à un coefficient γ près, $\gamma > 0$ si on cherche un minimum, $\gamma < 0$ pour un maximum c'est-à-dire que l'on optimise.

$$W' = W + \gamma L^2 \quad (48)$$

5. Conclusion générale

Cet ensemble de problèmes montrent que les Mathématiques appliquées ont un grand rôle à jouer en colorimétrie en particulier, et en Télévision en Couleur, en général.

En ce qui concerne la colorimétrie, les problèmes sont généralement des problèmes spectraux donc de type intégral avec optimisation et mettent en jeu un grand nombre de variables, il est donc nécessaire de disposer pour les traiter de moyens de calcul électronique suffisamment puissants.

Ces quatre exemples ne sont nullement limitatifs des activités du Laboratoire de Traitement de l'Infor-

mation qui, outre un certain nombre d'études de fond, doit assurer les servitudes de tout Centre de Calcul en ce qui concerne un grand nombre de travaux à court terme sur ordinateur (tabulation, exploitation des

programmes de routine, etc.) ; quoi qu'il en soit, il espère pouvoir continuer de participer, même de façon modeste, aux développements et aux progrès de la TÉLÉVISION en COULEUR et de la COLORIMÉTRIE.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] RÉMY M. — Influence comparée du bruit de chrominance en SECAM 4 et en NTSC. Publication interne ORTF.
- [2] GLOWINSKI R. — Applications des méthodes de quadrature de Gauss à l'étude théorique des bruits de chrominance. Publication interne ORTF.
- [3] GUINET Y. — Article sur les lignes-test du présent numéro de l'Onde Electrique.
- [4] PAPOULIS A. — Fourier intégral. Mc-Graw-Hill.
- [5] SCHWARTZ L. — Méthodes mathématiques pour les sciences physiques. Hermann.
- [6] ARSAC J. — Transformation de Fourier et théorie des distributions. Dunod.
- [7] KOPAL Z. — Numerical analysis — Chapman-Hall.
- [8] HAMMING R. — Numerical methods for scientists and engineers. MacGraw-Hill.
- [9] *Progress in radio science* 60-63, vol. 6. Radiowave and circuits. Elsevier.
- [10] TWOMEY S. — *JACM*, 10 (1963).
- [11] LEGRAS J. — Traité d'analyse numérique. Dunod.
- [12] PHILLIPS D.L. — *JACM* 9 (1962).
- [13] WILDE D.J. — Méthodes de recherche d'un optimum. Dunod.

CONCEPTION D'UNE NOUVELLE CAMÉRA DE TÉLÉVISION EN COULEUR

PAR

R. CAHEN

CSF - Département Télévision

1. Introduction

Le plus commode pour présenter une nouvelle caméra de télévision en couleur est encore de prendre comme référence une caméra noir et blanc qui l'a immédiatement précédée.

La caméra image orthicon de 4" 1/2 équipée d'un zoom de rapport 10 (fig. 1) a permis une intense exploitation en studio depuis plusieurs années. Il convenait, à la lumière de l'expérience acquise, de repenser les problèmes propres à la couleur tout en conservant (ou en améliorant) les facilités d'exploitation du noir et blanc.

Avant de définir les solutions techniques adoptées dans la caméra couleurs, il convient d'exposer les critères retenus pour la détermination des caractéristiques de cette caméra (fig. 2).

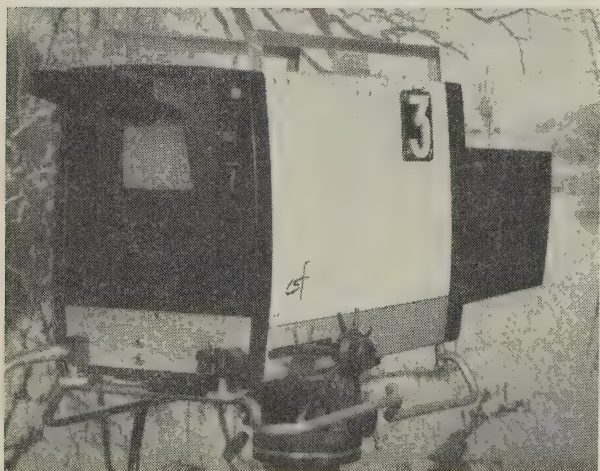


FIG. 1. — Caméra image orthicon 4" 1/2 CO 401.



FIG. 2. — Vue 3/4 avant de la caméra couleur CC 501.

2. Les critères

Ils sont de plusieurs ordres. Il y a :

— les critères de qualité technique comme :

- l'exactitude colorimétrique,
- la résolution de l'image colorée,
- le respect des tons neutres,
- la résolution de l'image noir et blanc compatible.

— les critères de qualité d'exploitation :

- la sensibilité à la lumière,
- la stabilité des performances dans le temps et en fonction des agents extérieurs (température, champ magnétique, secteur),
- la légèreté et la maniabilité,
- la simplicité d'exploitation liée à l'automatisme des commandes.

les critères économiques liés au prix de revient et au coût horaire d'exploitation.

3. Les choix

A partir de ces données très générales, ont pu être déterminés les choix fondamentaux.

3.1. CAMÉRA TRICHROME OU CAMÉRA A LUMINANCE SÉPARÉE

Comme chacun sait, il suffit de trois analyses selon les primaires rouge, vert et bleu de la scène pour obtenir l'image de télévision en couleur.

Les trois signaux obtenus corrigés en gamma

$E_V^{1/\gamma}$, $E_R^{1/\gamma}$, $E_B^{1/\gamma}$ permettent de synthétiser le signal dit de luminance :

$$E_Y' = 0,59 E_V^{1/\gamma} + 0,3 E_R^{1/\gamma} + 0,11 E_B^{1/\gamma}$$

qui porte à lui seul les informations de résolution de l'image couleur et de l'image compatible reçue par les téléviseurs noir et blanc.

Ceci implique évidemment une coïncidence parfaite des signaux d'analyse et une constance presque absolue de cette superposition en fonction du temps et des agents extérieurs.

C'est surtout pour éviter cette sujétion qu'on a choisi dans la présente caméra une solution un peu plus complexe qui consiste à utiliser un quatrième tube d'analyse. Celui-ci permet de créer un signal de luminance photométrique avec un pouvoir de résolution maximal (fig. 2).

Les trois autres tubes d'analyse se limitent aux informations de couleur, et compte tenu des hypothèses simplificatrices des procédés de codage, leurs signaux sont créés et transmis à bande étroite.

Cette méthode donne des résultats satisfaisants avec des réglages moins critiques et ainsi relativement aisés à maintenir dans le temps.

Il y a d'ailleurs deux autres avantages :

— Le fait de ne pas demander une haute résolution dans les voies colorées permet d'utiliser un véhicule optique, et ce faisant d'avoir des tubes parallèles et ainsi peu sensibles au champ terrestre.

— Tout signal parasite (tache, etc.) apparaissant dans une ou plusieurs voies couleur et non confirmés dans le signal de luminance sort avec une atténuation sensible. C'est l'avantage de la redondance amenée par le quatrième tube.

On peut concevoir deux sortes de critiques contre le principe de la caméra à luminance séparée :

a) Il y a une différence théorique non négligeable entre les signaux de luminance ainsi obtenus $E_Y^{1/\gamma}$ et E_Y' et il y a un risque important de désaturation des rouges et bleus sombres.

En fait, cette difficulté peut être pratiquement levée par le filtrage optique et par un traitement convenable du signal de luminance.

b) L'alimentation en lumière du quatrième tube se fait au détriment des trois autres. A lumière égale, on réduit le signal issu des voies colorées donc le rapport signal sur bruit des images, ou bien si on restaure la lumière, on perd en sensibilité.

En fait, il ne faut pas oublier :

— que le souffle des voies colorées est réduit par la bande étroite,

— que le bruit propre de ces voies, qui n'a pas de raison de se retrouver confirmé dans la voie de luminance est considérablement atténué.

Ainsi la sensibilité n'est-elle pas sensiblement affectée par la présence du quatrième tube.

3.2. LE CHOIX DES TUBES D'ANALYSE

Il n'y a malheureusement pas de tube d'analyse parfait pour équiper une caméra couleur.

Il n'est d'ailleurs pas évident que le même tube convienne à la fois dans la position luminance et dans les voies de couleur.

Pour ces dernières, le tube plumbicon* présente d'énormes avantages :

- par sa sensibilité,
- sa petite taille,
- et surtout, son courant d'obscurité infime.

L'utilisateur apprécierait évidemment une meilleure réponse dans le rouge, car ce tube est aveugle après 6 300 Å, ce qui n'améliore certes pas le rendu des rouges.

Mais ce tube excellent qui est encore très jeune, a sûrement de bonnes chances de s'améliorer dans l'avenir.

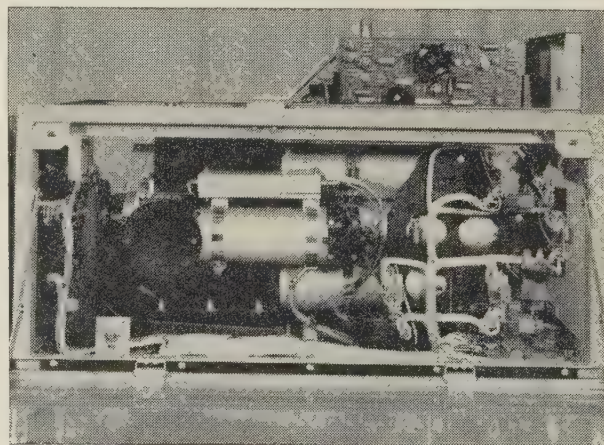


FIG. 3. — Vue du côté gauche, le tube luminance apparaît au premier plan.

En position luminance, la décision est beaucoup moins facile car on souhaiterait un tube à haute résolution et suffisamment panchromatique. Le tube image orthicon de quatre pouces et demi se comporterait certainement très bien à cette place. Mais pour des raisons de symétrie, de simplicité, de poids et d'encombrement, on lui a préféré encore le tube plumbicon.

* Plumbicon, marqué de fabrique PHILIPS.

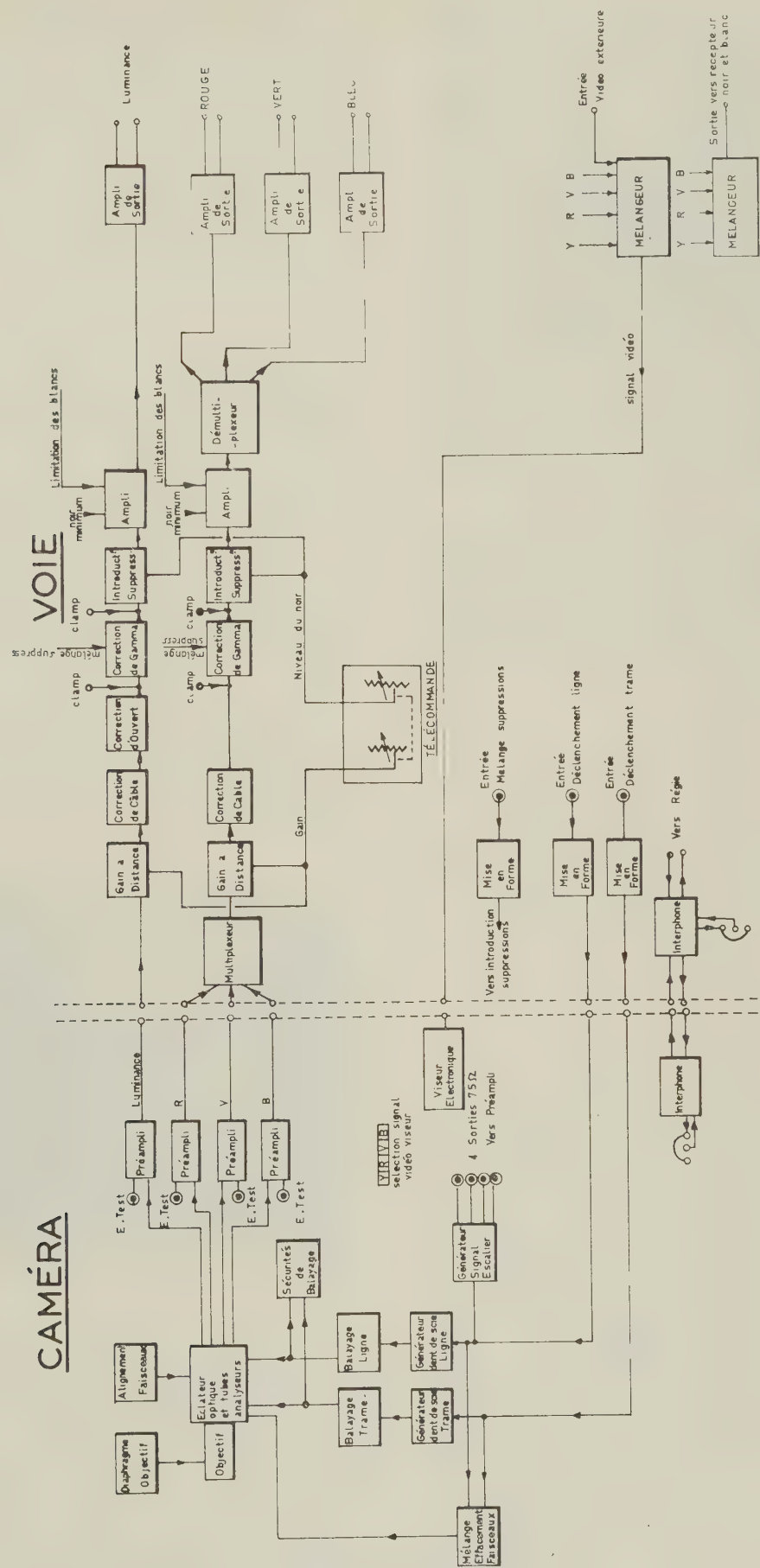


FIG. 4. — Bloc diagramme caméra couleur.

Ayant ainsi décidé que la caméra utiliserait quatre tubes plumbicon, pour résoudre au mieux les problèmes de superposition et de fidélité colorimétrique de l'analyse, il restait d'autres difficultés du même ordre à lever du côté des circuits.

4. Solutions originales aux problèmes des circuits (fig. 4)

4.1. SYMÉTRIE DES VOIES DE COULEUR

Une des principales difficultés dans l'étude d'une caméra couleur est de conserver la fidélité des couleurs et de respecter les tons neutres lorsque la lumière décroît. Pour obtenir ce résultat, il faut que la courbe de décroissance des trois signaux de couleur en fonction de la lumière soit rigoureusement superposable. Cela est assez difficile à obtenir, même avec des tubes parfaits, d'autant que des circuits non linéaires de correction de gamma entrent en jeu, ainsi que des télécommandes de gain ou de niveau de noir qui peuvent légèrement différer d'une voie à l'autre. C'est pourquoi on a adopté dans cette caméra une voie de couleur unique que traversent les trois signaux multiplexés. On est sûr ainsi que le traitement restera identique pour les signaux rouge, vert et bleu, et on peut ainsi éviter tout virage.

4.2. PUPITRE DE CONTRÔLE

Depuis de nombreuses années, on admet qu'un technicien unique puisse contrôler à partir d'un pupitre de télécommande toutes les caméras d'un studio. Pour lui faciliter la tâche, il convient de ne mettre à sa disposition qu'un nombre très réduit de boutons. Avec les caméras image - orthicon, on se limite pratiquement au réglage :

- de l'iris,
- du niveau de noir,
- et du gain.

Avec une caméra couleur à plumbicon, il y a une très légère difficulté : le tube étant linéaire, le réglage d'iris a sensiblement le même effet que le réglage de gain (au moins dans une petite plage) car il est hors de question de mesurer le bruit en exploitation.

C'est la raison pour laquelle il a été jugé préférable de rendre l'iris totalement automatique et asservi au mélange non additif des trois signaux de couleur.

Une commande unique gain/niveau de noir (que l'on pourra probablement automatiser dans l'avenir) est alors suffisante pour contrôler le niveau.

Le tube a en effet un comportement photométrique linéaire entre le noir absolu et son niveau de crête. Il suffit donc, lorsqu'on doit recoller le signal d'une certaine tension V , faute de vrai noir dans la scène,

d'expanser le signal résiduel avec un gain $\frac{1}{1-V}$ (très semblable autour de la position moyenne à la fonction $1+V$).

On conçoit ainsi que ces deux fonctions puissent être commandées à partir d'un même axe.

5. Description sommaire

L'équipement est divisé en trois sous-ensembles réunis par câbles :

- la caméra proprement dite,
- le coffret de contrôle de voie,
- le pupitre de télécommande.

Le câble caméra est unique.

5.1. LA CAMÉRA, VERSION DE STUDIO

Dans sa version de Studio, la caméra est équipée d'un zoom ANGÉNIEUX de rapport 10 (focale 18—180, ouverture $f = 2,2$) dont les deux bagues de mise au point et de distance focale sont entraînées mécaniquement par commande unique à main droite de l'opérateur. L'iris est télécommandé par moteur.

L'objectif est suivi d'un bloc séparateur optique* à 4 voies, l'une directe alimentant le tube de luminance, les autres véhiculées alimentant les tubes de couleur. Tous les tubes sont parallèles entre eux et fortement blindés pour réduire au minimum l'effet des variations de champ magnétique.

Chaque tube supporte son préamplificateur à très faible bruit réalisé entièrement en semiconducteurs.

Complètement séparé de l'ensemble précédent, se trouve le bac de circuits imprimés qui comprend surtout les alimentations et les circuits de balayage des quatre tubes (fig. 5).

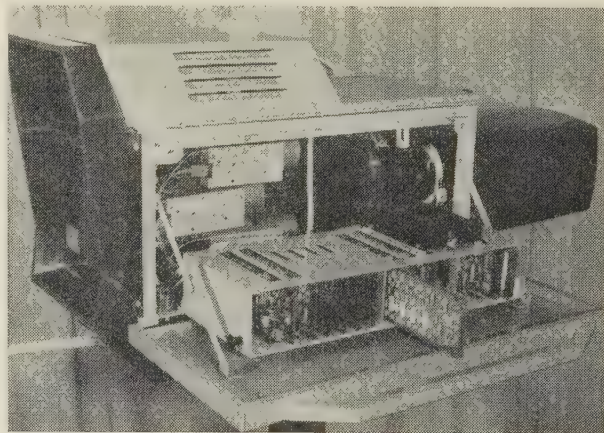


FIG. 5. — Vue éclatée du côté droit, au premier plan, le bac des circuits.

Un viseur électronique de 17 cm alimenté par sélecteur à 5 voies permet de contrôler les images intérieures (ou extérieures), l'exploitation normale se faisant à partir de l'image de luminance.

Le poids de la caméra, en état de marche, n'atteint pas 65 kg.

* Toute la partie optique du séparateur a été étudiée par les Etablissements ANGÉNIEUX que nous remercions pour leur collaboration.

5.2. LE CHASSIS DE CONTROLE DE VOIE (fig. 5).

Il se présente sous la forme d'un caisson normalisé type C de l'ORTF. Il comporte les alimentations de l'équipement ainsi que les deux amplificateurs de voie, l'un pour le signal de luminance, l'autre pour le signal trichrome multiplexé.

Un panneau avant rabattable comprend l'essentiel des réglages des tubes d'analyse accessibles pendant la maintenance.

En opération normale, le panneau est refermé et le châssis de contrôle de voie ne comporte plus, de façon apparente, que le système de mise en marche et un sélecteur de contrôle des images.

5.3. LE PUPITRE DE CONTROLE

Il a été maintenu malgré l'automatisme poussé de l'équipement. Dans les conditions normales, on utilise en tout et pour tout la commande unique niveau de noir/gain.

Mais le pupitre comprend encore une alternative possible avec un réglage manuel de diaphragme.

6. Conclusion

Une caméra de ce type doit assumer dans le proche avenir les besoins de l'exploitation de la télévision en

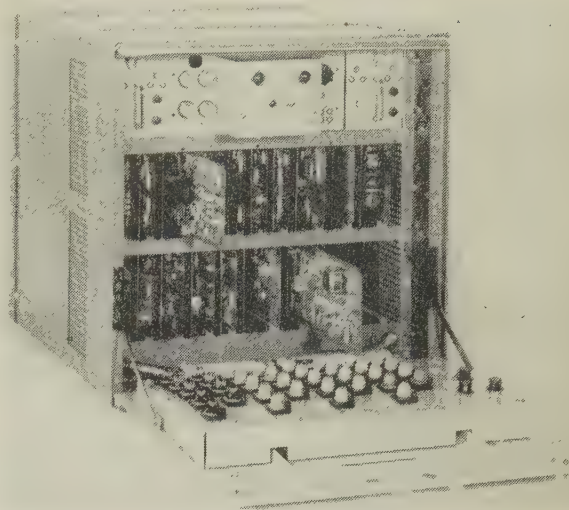


FIG. 6. — Châssis de contrôle de voie CC 501.

couleur. Grâce à sa légèreté, sa maniabilité et sa facilité d'exploitation, la prise de vue en couleur devrait devenir rapidement une technique aussi banale qu'est maintenant la télévision en noir et blanc.

Analyseur de diapositives THT 2100 et télécinéma THT 2300 et THT 2301 pour la télévision en couleur

PAR

M. FAVREAU

Département Télévision

Compagnie Française

Thomson-Houston - Hotchkiss-Brandt

I. — ANALYSEUR DE DIAPOSITIVES

1. But de cet analyseur

Les analyseurs de diapositives sont utilisés quelquefois pour des projections commentées, mais plus fréquemment dans les grands centres comme sources d'images auxiliaires pour effectuer les :

- surimpressions
- sous titrages,
- annonces,
- découpages,
- truquages divers.

Aujourd'hui, la qualité de ces appareils est telle qu'ils sont même utilisés pour la génération de signaux de mire-test destinés au réglage des émetteurs.

Devant le succès rencontré par ce type d'appareil en noir et blanc, la CFTHHB a étudié et réalisé un appareil analogue destiné à la TV en couleur.

Pour cette nouvelle technique, divers problèmes, tels que : la sensibilité, le prix de revient horaire, la complexité du matériel et sa fiabilité, et le prix de vente, ont été à nouveau considérés pour définir le choix du système d'analyse.

Alors que, pour le noir et blanc, il pouvait y avoir discussion au sujet du choix de l'analyse par tube vidicon ou par tube flying-spot, pour la télévision en couleur, aucun doute n'est possible, seul le principe d'analyse par flying-spot peut être retenu. Ce système l'emporte sur tous les plans, sauf, peut-être, sur celui de la sensibilité, mais nous verrons plus loin que ce problème est devenu mineur avec les systèmes optiques et les photomultiplicateurs que nous utilisons aujourd'hui.

2. Rappel bref du principe d'analyse par « flying spot » (fig. 1).

La source de lumière est un tube cathodique spécial à haute résolution et à très faible persistance. Ce tube est balayé selon le standard de télévision choisi et la lumière émise par le spot n'est pas modulée.

Un objectif forme l'image du spot mobile sur la diapositive à analyser. La lumière collectée derrière la diapositive par le condensateur « C » est donc modulée par les différentes plages d'opacité variable de la diapositive ; cette lumière excite le photomultiplicateur pour former le signal électrique.

On peut voir immédiatement que la qualité principale d'un tel système réside dans la simplicité et par conséquent la stabilité et la fiabilité.

En télévision couleurs, le système est complété par un séparateur optique trichrome, associé à trois photomultiplicateurs et trois canaux d'amplification.

Pour cette application, les avantages sont encore plus évidents :

— l'emploi d'une trame unique pour analyser les trois composantes simultanément élimine complètement les problèmes de superposition et réduit, dans de grandes proportions, les problèmes de taches colorées ;

— la linéarité du signal et le niveau du noir sont précis et indépendants du contenu de l'image, ce qui permet des corrections de gamma très stables et très poussées.

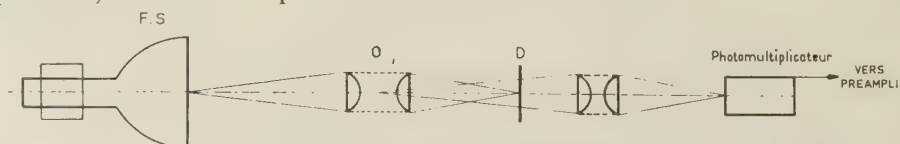


FIG. 1. — Principe d'analyse par le procédé du Flying Spot (TV noir et blanc)

3. Description de l'analyseur de diapositives couleur THT 2100

Il se présente sous la forme d'une petite baie basse comportant tous les générateurs de signaux nécessaires à l'élaboration du signal de Télévision couleur, y compris le codeur (fig. 2). Ces équipements sont entièrement transistorisés et la hauteur du bâti est assez réduite pour que l'on puisse poser sur lui un moniteur de contrôle de 54 cm qui se trouve alors à une hauteur correcte.

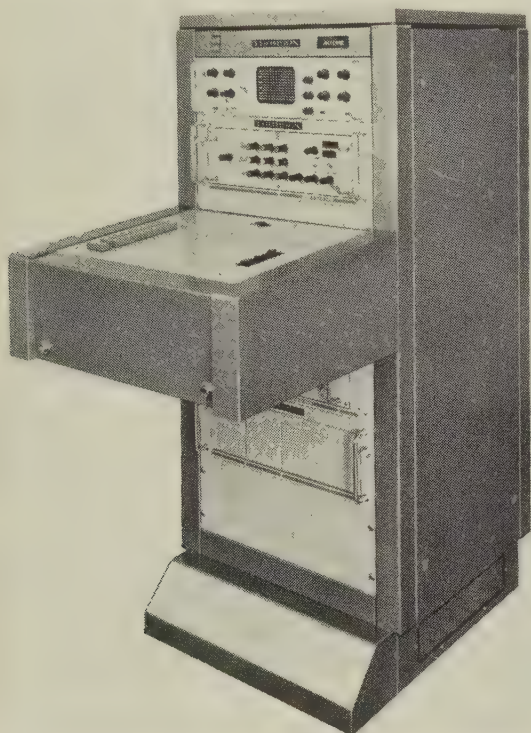


FIG. 2. — Analyseur de diapositives couleur THT 2100

L'axe optique de la partie analyse a été placé horizontalement de façon à réduire au maximum la hauteur de l'ensemble.

La partie séparation trichrome, les photomultiplicateurs et les préamplificateurs sont incorporés dans le pupitre de commande.

Sous le tube d'analyse se trouve le tambour porte-photo ; il se présente sous la forme d'un tronc de cône à axe incliné offrant ainsi un encombrement minimal. Il comporte 20 logements pour diapositives 24×36 , les vingt positions pouvant être commandées par 20 boutons poussoirs situés sur le pupitre ou télécommandés depuis un ou plusieurs postes de commande à distance.

L'unité de contrôle enfichable est placée au-dessus et facilement accessible ; tous les circuits sont imprimés et également enfichables. Les trois voies couleur réunies dans cette unité comportent chacune les réglages de gain, niveau du noir, corrections d'ouverture, correction de distorsion de phase directement accessibles sur la face avant.

L'opérateur dispose en supplément d'un réglage général du gain et niveau de noir, ainsi que d'une commande de niveau de sortie associé au fonctionnement avec CAG.

Un oscilloscope TEKTRONIX modèle 529 est placé au sommet de la baie et permet l'inspection simultanée des signaux aux fréquences ligne et trame.

Un balayage en escalier, associé à un commutateur électronique, permet la juxtaposition des signaux correspondant à chaque voie couleur et facilite ainsi leur réglage.

4. Fonctionnement détaillé de la partie analyse (fig. 3)

4.1. CIRCUITS ASSOCIÉS AU TUBE D'ANALYSE

— Après mise en forme appropriée, les signaux de base issus du générateur de synchronisation sont envoyés d'une part directement à l'amplificateur de

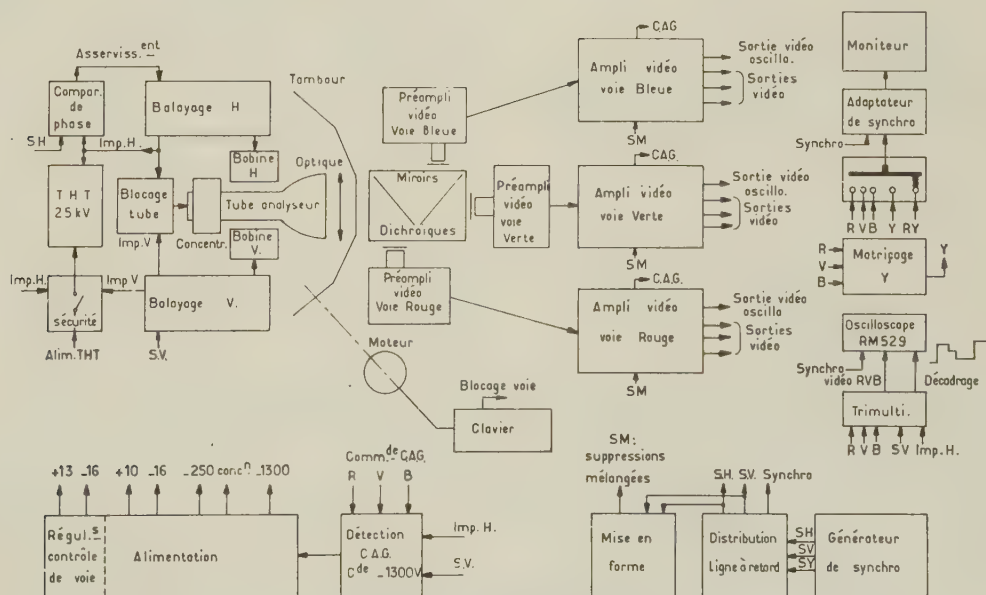


FIG. 3. — Bloc diagramme de l'analyseur.

balayage trame et indirectement, à travers un compa-
rateur de phase, à l'amplificateur de balayage ligne ;
d'autre part, mélangés à l'amplificateur video pour
former et calibrer d'une manière définitive les signaux
video délivrés par l'appareil.

— L'amplificateur de balayage trame est entière-
ment transistorisé. Il délivre un courant de balayage
même en l'absence de signaux de base.

Il est cependant complété par un système de sécurité
coupant à la fois le courant de faisceau du tube d'ana-
lyse et le générateur de très haute tension, au cas où
il se produirait une défaillance dans l'amplificateur
de puissance ou dans la circuiterie des bobines.

La distorsion de linéarité obtenue est inférieure à
5 % par la méthode de mesure ORTF et inférieure à
1 % par la méthode Retma.

— L'amplificateur de balayage ligne est associé à
un comparateur de phase. Celui-ci a pour but :

- de compenser le retard au déclenchement introduit
par le transistor de puissance,
- de permettre le fonctionnement du circuit de balayage
même en l'absence de signaux de base et également,
dans ce cas, de limiter les écarts de la fréquence
d'oscillation libre à une valeur suffisamment faible
pour éviter la destruction de transistor de puissance.

— L'alimentation THT 25 kV est fournie par un
oscillateur synchronisé sur l'impulsion ligne et entière-
ment transistorisé.

Ce circuit est muni d'une protection spéciale contre
les courts-circuits, ou simplement les courants crête
excessifs (entièrement électronique).

— Le blocage des retours du spot est effectué en
ligne et en trame, bien que ce ne soit pas théoriquement
nécessaire. En pratique, les tubes se marquent en
vieillissant et si l'on n'efface pas les lignes pendant le
retour trame, celles-ci finissent par devenir visibles
pendant la partie active du balayage simplement par
brûlures localisées.

4.2. SYSTÈME OPTIQUE

Sur la figure 4, nous montrons le schéma du sys-
tème optique et la position du séparateur dichroïque
proprement dit.

Il est placé dans la partie centrale du condensateur ;
c'est en effet dans cette zone que les rayons présentent
le meilleur parallélisme ; ainsi les risques de variation
de bande passante optique par variation d'angle
d'incidence sont les plus réduits.

Le système en V a été choisi de préférence au système
en croix car, avec ce dernier système, il est très difficile
d'éviter un léger assombrissement au centre de l'image
amené par l'intersection des miroirs.

Des filtres compensateurs complémentaires per-
mettent d'obtenir les courbes de transmission repré-
sentées figure 5.

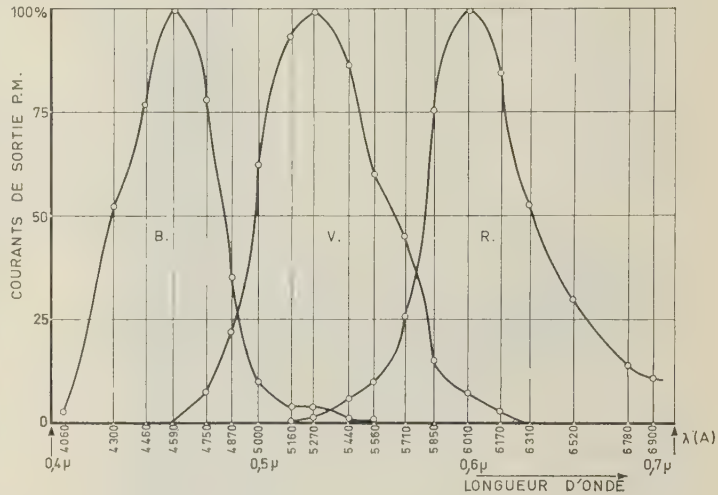


FIG. 5. — Réponse spectrale.

Ces courbes représentent la transmission globale
de chaque voie ; elles ont été relevées point par point
à l'aide de 20 filtres de mesure à bande étroite (<
100 Å à 6 dB) insérés dans la partie la plus parallèle
du flux lumineux.

En général, on utilise des photomultiplicateurs
standard à couche S 11 (sensibilité moyenne) pour les
voies vertes et bleues et un photomultiplicateur S 20
(couche multialcaline de haute sensibilité) pour la
voie rouge, cette voie étant moins favorisée que les
autres pour le spectre d'émission du phosphore du
tube analyseur.

Nous avons également utilisé ce photomultiplica-
teur S 20 sur la voie verte pour étendre la sensibilité

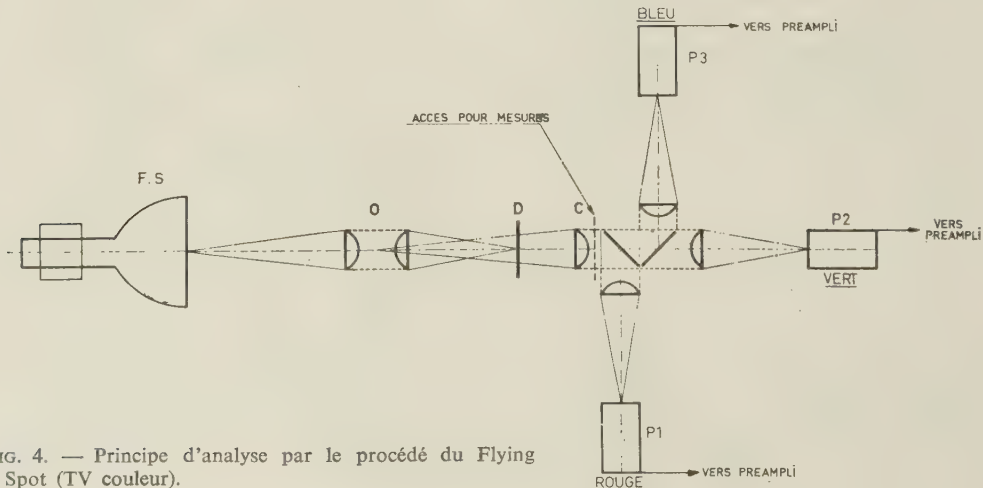


FIG. 4. — Principe d'analyse par le procédé du Flying Spot (TV couleur).

de la voie verte vers le jaune et obtenir un meilleur rapport signal/bruit sur cette voie qui, en principe, fournit le maximum des informations du signal de luminance.

5. Traduction lumière courant

Dans ces équipements, le rapport signal/bruit dépend, pratiquement, entièrement de la qualité des photomultiplicateurs et de leur mode de fonctionnement. Nous avons spécialement étudié ce dernier point et nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

Il est bien évident que pour obtenir le meilleur rapport signal/bruit, il est nécessaire d'envoyer le flux lumineux maximal sur la photocathode des photomultiplicateurs et c'est dans ce but que nous avons poussé au maximum le rendement des systèmes optiques. Toutefois, dans ces conditions, si l'on veut respecter les tensions minimales entre dynodes recommandées par le constructeur, toujours dans le but d'améliorer le rapport signal/bruit, il est impossible de ne pas saturer les deux ou trois derniers étages des multiplicateurs*.

Pour notre application spéciale, il serait donc nécessaire de trouver des photomultiplicateurs comportant moins de dynodes ou capables de délivrer, sans usure, des courants de sortie nettement plus importants.

Après consultation des fournisseurs et avec leur accord, nous avons utilisé comme anode finale une dynode intermédiaire et porté les dynodes suivantes reliées avec l'ancienne anode à un potentiel légèrement inférieur à celui de la dynode utilisée comme

sortie signal pour éviter toute collection parasite sur ces dernières électrodes.

Cette modification nous a permis de gagner encore trois décibels dans le rapport signal/bruit. Pour fixer les idées, les performances obtenues dans ce domaine sont les suivantes :

Avec la correction d'ouverture ajustée pour obtenir 100 % de taux de modulation à 5 MHz sur mire-test ORTF, on obtient :

- 33 dB pour la voie rouge,
- 37 dB pour la voie verte,
- 34 dB pour la voie bleue,

en signal crête à crête sur valeur efficace du bruit.

6. Amplificateur video (fig. 6)

A la sortie des photomultiplicateurs, le signal video est amplifié et corrigé dans un premier amplificateur. Celui-ci est identique pour chacune des trois voies et interchangeable ; seul le support des photomultiplicateurs est câblé différemment. Il comporte un correcteur de traînage à quatre constantes de temps indépendantes pour compenser l'effet de décroissance non instantanée de luminance du spot (after-glow).

Dans l'amplificateur video principal, le signal reçoit les corrections suivantes :

- a) calibration de la bande passante,
- b) correction de distorsion de phase,
- c) correction d'ouverture,
- d) correction de gamma 0,45,
- e) réglage du niveau (manuel ou automatique).

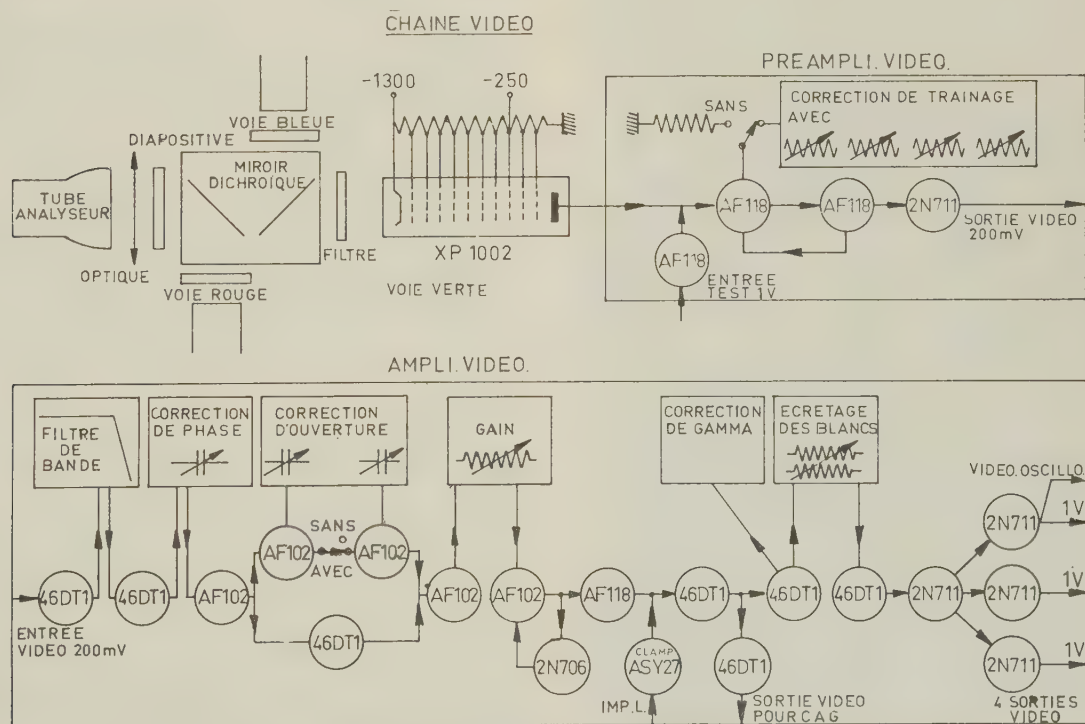


FIG. 6. — Schéma d'un canal vidéo.

* voir annexe I.

6.1. CALIBRATION DE LA BANDE PASSANTE

Les divers étages d'amplification à transistors sont calculés très largement et leur bande passante est, en général, très supérieure à la bande requise par le standard à 625 lignes.

La calibration de la bande passante de la chaîne est donc localisée sur un seul étage comprenant un filtre et un amplificateur. Ceci permet un réglage plus souple en série et une meilleure reproductibilité.

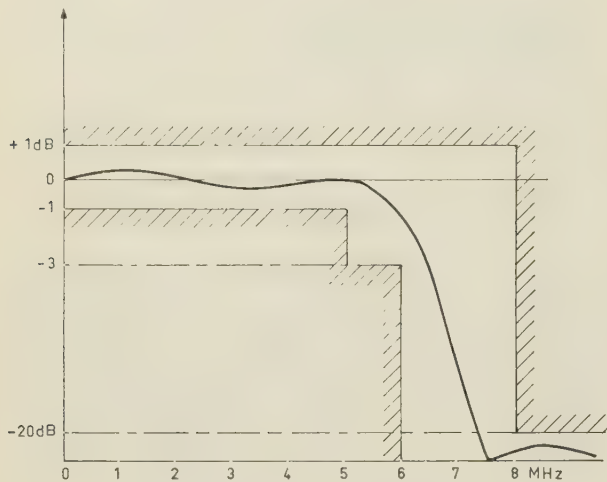


FIG. 7. — Calibration de la bande passante.

6.2. CORRECTION DE DISTORSION DE PHASE

Afin d'améliorer la réponse de l'ensemble en impulsions et de compenser les dégradations amenées principalement par la limitation de bande passante et les photomultiplicateurs, un correcteur de distorsion de phase, ajustable, est inséré dans la chaîne video.

La plage de correction est comprise entre $+45^\circ$ et $+135^\circ$ à 6 MHz. L'ajustage de la correction peut être facilement exécuté sur une mire de barres verticales.

6.3. CORRECTION D'OUVERTURE

Rendue nécessaire par pertes de résolution imposées tant par les dimensions non nulles du spot d'analyse que par les pertes dues au système optique et au film lui-même, cette correction est ajustable entre $+3$ dB et $+9$ dB à 6 MHz, la valeur normale de réglage est $+6$ dB pour obtenir 100 % de taux de modulation à 5 Hz.

Elle est du type à phase constante et sa loi de correction est fonction du carré de la fréquence.

Sur la figure 8, on peut voir les variations du taux de modulation en fonction de la fréquence pour un réglage optimal du correcteur d'ouverture.

6.4. CORRECTION DE GAMMA*

Déjà dans la télévision en noir et blanc, pour l'étude de ce problème il fallait dissocier deux sortes de correction :

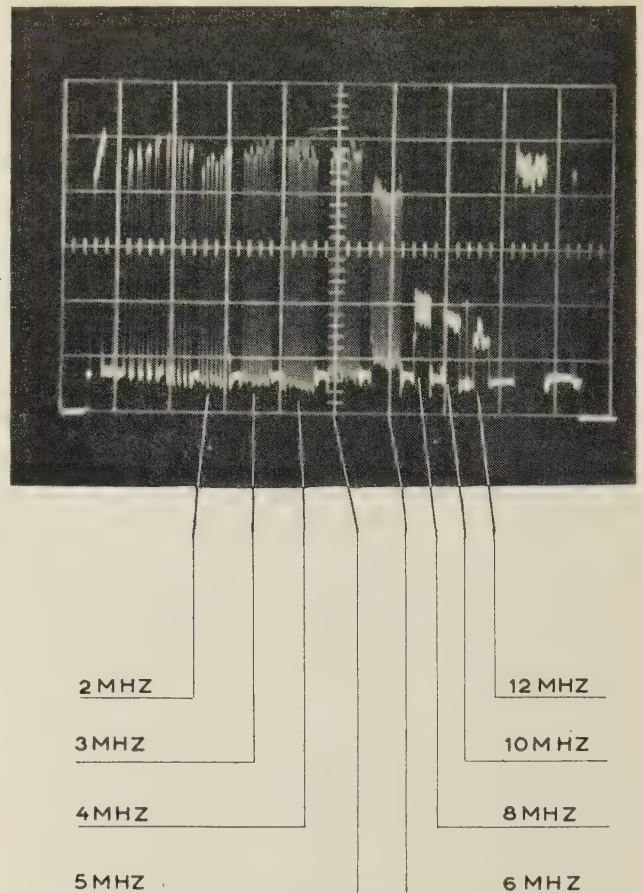


FIG. 8. — Oscillogramme du taux de modulation.

1) la précorrection à faire subir aux signaux video en vue de compenser d'une manière définitive les défauts inhérents à la non-linéarité des tubes cathodiques récepteurs.

2) une correction supplémentaire permettant de satisfaire aux goûts moyens du public, qui préfère en général voir une restitution plus dure que la réalité. Cela provient probablement des conditions de vision : dimensions limitées de l'écran, lumière parasite, distorsions dans la mémoire visuelle, etc.

En télévision couleurs, les problèmes de la correction fixe sont exactement les mêmes, mais demandent beaucoup plus de précision. Il ne s'agit plus en effet de corriger un seul canal, mais trois canaux simultanément et toute différence de linéarité entre les trois canaux se traduit immédiatement par des virages de teintes beaucoup plus gênants que les distorsions de luminance.

Le gamma des tubes trichromes disponibles actuellement peut être évalué en moyenne à 2,2 sur chaque canon.

Ce chiffre sera pris comme valeur standard, la correction fixe définie plus haut et devant être appliquée à chacun des trois canaux video sera donc de $\gamma = 1/2,2 = 0,45$

Nous avons été amenés à étudier un correcteur de gamma possédant cette caractéristique et dont les performances ont été particulièrement poussées sur les points suivants : stabilité, précision, plage d'efficacité.

* voir annexe II.

Pour obtenir ces performances, le correcteur a été réalisé à l'aide d'un amplificateur à contre-réaction variable en fonction du niveau. Il comporte quatre valeurs de gain dynamique (de 5 au voisinage du noir à 0,5 au voisinage du blanc).

L'ensemble reproduit la courbe théorique $\gamma = 0,45$ à $\pm 10\%$ près pour un contraste supérieur à 100 (fig. 9).

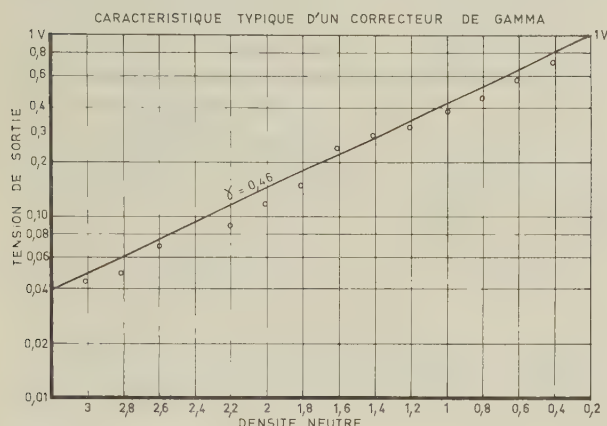


Fig. 9. — Courbe de réponse du correcteur de gamma = 0,45.

Comme nous l'avons signalé plus haut, les conditions d'observation de la télévision sont très différentes des conditions d'observation de la réalité et il est bien évident qu'en prise de vue directe, il est nécessaire d'apporter une correction supplémentaire analogue à celle qui est apportée au cinéma : gamma global voisin de 1,3.

L'analyse des films et des diapositives ne nécessite pas cette correction puisqu'elle existe déjà sur la pellicule.

Dans cette première étape, nous nous sommes donc contentés de la correction fixe avec, pour but principal, la restitution fidèle des films et diapositives tels qu'ils sont.

Si l'expérience montrait que des différences d'observation entre la télévision et le cinéma amenaient à utiliser d'autres lois de corrections pour la télévision, il est toujours possible de modifier les correcteurs qui sont réalisés en circuits imprimés enfichables indépendants, donc très facilement remplaçables.

6.5. RÉGLAGE DU NIVEAU (MANUEL OU AUTOMATIQUE)

— Commande manuelle

Un potentiomètre de gain général (pouvant d'ailleurs être renvoyé à distance) agit simultanément sur les trois tensions appliquées aux photomultiplicateurs. Le réglage individuel est effectué par trois potentiomètres montés directement en parallèle sur les fermetures (75 Ω) des câbles et amenant le signal en provenance des préamplificateurs.

— Commande automatique

Lorsque le signal atteint un niveau suffisamment élevé et juste avant la correction de gamma, il est

détecté et envoyé vers la commande automatique de gain.

Un circuit spécial permet d'asservir la commande automatique de gain, seulement sur le signal le plus élevé. Elle agit simultanément sur les tensions d'alimentation des trois photomultiplicateurs.

A la sortie des amplificateurs principaux, les trois signaux sont envoyés soit au codeur, soit au moniteur RVB et commutés séquentiellement vers l'oscilloscope de mesure afin d'en éviter la qualité.

Cet appareil présente, outre ses performances et sa fiabilité, une très grande souplesse d'exploitation, puisque l'on dispose, après codage, des signaux standard NTSC, SECAM ou PAL mais également avant codage, des trois composantes fondamentales entièrement corrigées, sur lesquelles il est possible d'effectuer toutes les mesures désirables.

Outre cette utilisation plus spécialement destinée au laboratoire, il a été conçu pour une exploitation aisée par un personnel encore peu entraîné. Sa robustesse et sa simplicité en ont fait un appareil dont la maintenance est pratiquement inexistante.

II. — TÉLÉCINÉMA COULEUR 35 mm THT 2 300 (fig. 10)

1. Principe de l'analyse

De même que pour l'analyseur de diapositives, le choix du principe d'analyse a été complètement remis en question avec l'arrivée de la couleur et les

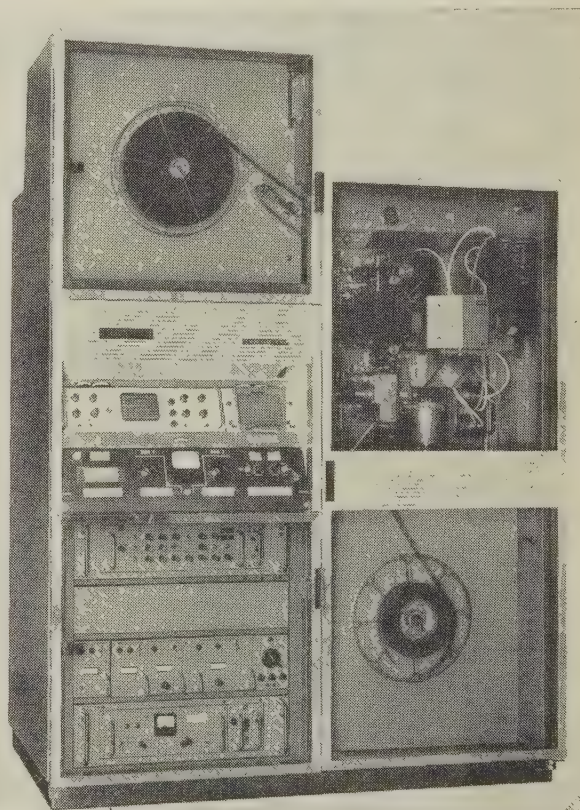


Fig. 10. — Télécine couleur 35 mm THT 2300.

arguments qui avaient milité en faveur du système d'analyse par flying spot restent valables pour le télécinéma. Toutefois, une attention particulière a dû être portée au problème de la sensibilité et du système de défilement du film.

Ce dernier problème qui n'est d'ailleurs pas nouveau avait été l'objet de nombreuses études et réalisations pour le télécinéma en noir et blanc avant l'arrivée du tube vidicon. La télévision en couleur, en remettant ces systèmes à l'honneur, nous a donné l'occasion de les perfectionner et de les adapter aux nouvelles exigences de la technique actuelle.

Le principe de l'analyse par flying spot en télécinéma nécessite l'emploi d'un projecteur spécial, fondamentalement différent des projecteurs de cinéma standards. En effet, du fait de l'incapacité de ces systèmes à fonctionner sur mémoire, les images à analyser doivent être stables ou artificiellement stabilisées pendant 97 % de la période de substitution des images.

Les divers systèmes à descente accélérée du film en moins de 3 % de la période sont délicats, en général extrêmement bruyants, et demandent au film des performances de solidité difficilement compatibles avec l'exploitation courante.

Les systèmes à stabilisation d'images par miroirs oscillants ou rotatifs sont extrêmement délicats et par conséquent extrêmement chers.

Nous avons donc choisi, pour ces télécinémas, le système classique à double trajet optique et obturation séquentielle avec défilement continu du film.

Dans ce système, l'image blanche entrelacée formée sur l'écran du tube cathodique d'illumination *T* est mise au point simultanément sur les deux demi-fenêtres superposées du couloir *C* dans le plan du film à l'aide des deux objectifs *O*₁ et *O*₂, ces deux objectifs et les prismes qui leur sont associés forment deux voies d'illumination indépendantes et identiques qui, décalées dans l'espace et obturées séquentiellement à l'aide d'un obturateur synchrone, permettent d'analyser successivement deux fois la même image du film de manière à réaliser mécaniquement, sur le film en mouvement, l'entrelacé d'ordre 2, normalisé dans la télévision radiodiffusée.

Il est bien évident que, pour conserver à cet entrelacé toute sa qualité, il est absolument nécessaire d'avoir une géométrie parfaitement identique sur les deux voies et un défilement parfaitement régulier du film.

2. Etudes nouvelles

Les études ont porté principalement sur :

- l'accroissement de luminosité des optiques en vue de l'application couleur,
- la diminution des effets de scintillement par utilisation d'objectifs et de prismes spécialement étudiés pour l'uniformité d'éclairement et la géométrie,
- l'amélioration du fonctionnement des séparateurs dichroïques,
- l'amélioration de la précision de mise au point,
- le fonctionnement en cinémascope,
- l'asservissement de l'ensemble mécanique à la fréquence trame du balayage 625 lignes couleur piloté par quartz.

2.1. AUGMENTATION DE L'OUVERTURE DU SYSTÈME OPTIQUE

Grâce à l'utilisation de procédés modernes de calcul et à l'emploi de nouveaux verres à haut indice, nous disposons maintenant d'un ensemble optique de hautes performances :

- ouverture relative de chaque objectif : 1,8
- ouverture de travail au grandissement 4 : 2,1
- atténuation de luminosité sur les bords du champ < 10 %
- taux de modulation > 80 % sur toute la surface du champ avec une mire correspondant à 5 MHz en télévision (normes 625 lignes),
- définition limite : 60 traits au millimètre.

Malgré les performances très difficiles demandées à l'uniformité d'éclairement, nous avons été amenés à réduire encore la différence entre les rayons axiaux et les rayons marginaux dans le sens vertical, car c'est dans ce sens que les atténuations ont le plus d'effets perturbateurs (la différence d'éclairement est inversée haut et bas pour les deux trames successives de l'image entrelacée, ce qui produit du scintillement).

Un diaphragme elliptique (ellipse à petit axe vertical) a permis de ramener à quelques pour cent les différences d'éclairement dans le sens vertical et à conserver l'ouverture totale dans le sens horizontal, sens

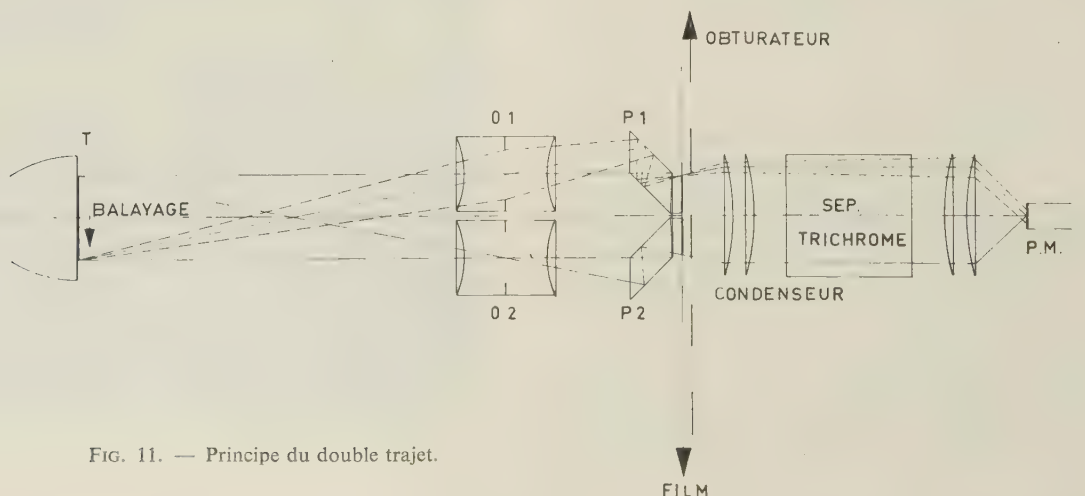


FIG. 11. — Principe du double trajet.

pour lequel les atténuations ont une importance relativement beaucoup moins grande. La perte globale de luminosité due à ce diaphragme ne dépasse pas 5 % de la luminosité initiale.

2.2. RÉDUCTION DU SCINTILLEMENT

Il est principalement dû à des occultations et quelques asymétries des systèmes de séparation trichrome par miroirs dichroïques. Ceux-ci doivent être largement dimensionnés pour laisser passer la totalité des flux lumineux et même certains rayons marginaux qui sont quelquefois considérés comme mineurs par les opticiens. Dans ce but, nous avons été amenés à placer l'ensemble de séparation trichrome dans un plan horizontal et non vertical, comme nous l'avions initialement prévu pour des raisons mécaniques, afin de traiter strictement de la même manière les deux flux lumineux décalés verticalement, issus des deux trames paire et impaire décalées dans le couloir.

D'autre part, nous avons été amenés à prendre en considération des phénomènes de taches dans les miroirs dichroïques, inhérents à leurs principes mêmes et surtout à leur association à des objectifs de grande ouverture.

2.3. AMÉLIORATION DES SÉPARATEURS TRICHROMES A MIROIRS DICHROÏQUES

L'accroissement des ouvertures nous a amenés à augmenter la distance entre le condensateur d'entrée du séparateur trichrome et le plan du film (fig. 12), ceci dans le but d'éloigner du séparateur trichrome proprement dit, la pupille de l'objectif et d'en réduire ainsi l'angle apparent. Ceci présente l'inconvénient de nécessiter une lentille d'entrée du condensateur de plus grand diamètre, mais permet de réduire notablement les variations angulaires des rayons traversant les miroirs dichroïques et d'en accroître ainsi la sélectivité ($\Delta\theta < \pm 10\%$).

Les effets perturbateurs de l'accroissement des ouvertures sur les taches sont dus à ce que les miroirs dichroïques ne présentent évidemment pas une symétrie de révolution autour de l'axe optique et que cela fait apparaître certaines dissymétries dans le flux lumineux correspondant, par exemple, aux points gauches et droits de l'image dans le cas d'un séparateur horizontal.

Ces dissymétries sont d'autant plus marquées que la pupille de sortie de l'objectif utilisé est de plus grand diamètre. Ces défauts se traduisent par un léger déplacement du spectre et une légère modulation du niveau lumineux en fonction des points de l'image.

De plus, l'utilisation de filtres complémentaires pour accroître la sélectivité des voies, produit sur la modulation du spectre la même action qu'un filtre à flanc raide sur la modulation de fréquence, c'est-à-dire, une modulation d'amplitude. Cette modulation étant liée au point d'image se traduit par une tache colorée. Pour combattre ces défauts, il est nécessaire de rétablir l'homogénéité du flux, soit à l'aide de filtres dégradés, soit à l'aide de caches appropriés placés dans une zone de lumière diffuse.

2.4. AMÉLIORATION DE LA PRÉCISION DE MISE AU POINT

Dans les dérouleurs à défilement continu et à double trajet optique, le problème de la mise au point revêt une importance particulière car toute variation de position du film dans la fenêtre se traduit par une variation de mise au point, mais aussi par une variation légère des dimensions géométriques de l'image. Ces variations sont intolérables car elles se traduisent immédiatement par une perte de l'entrelacé.

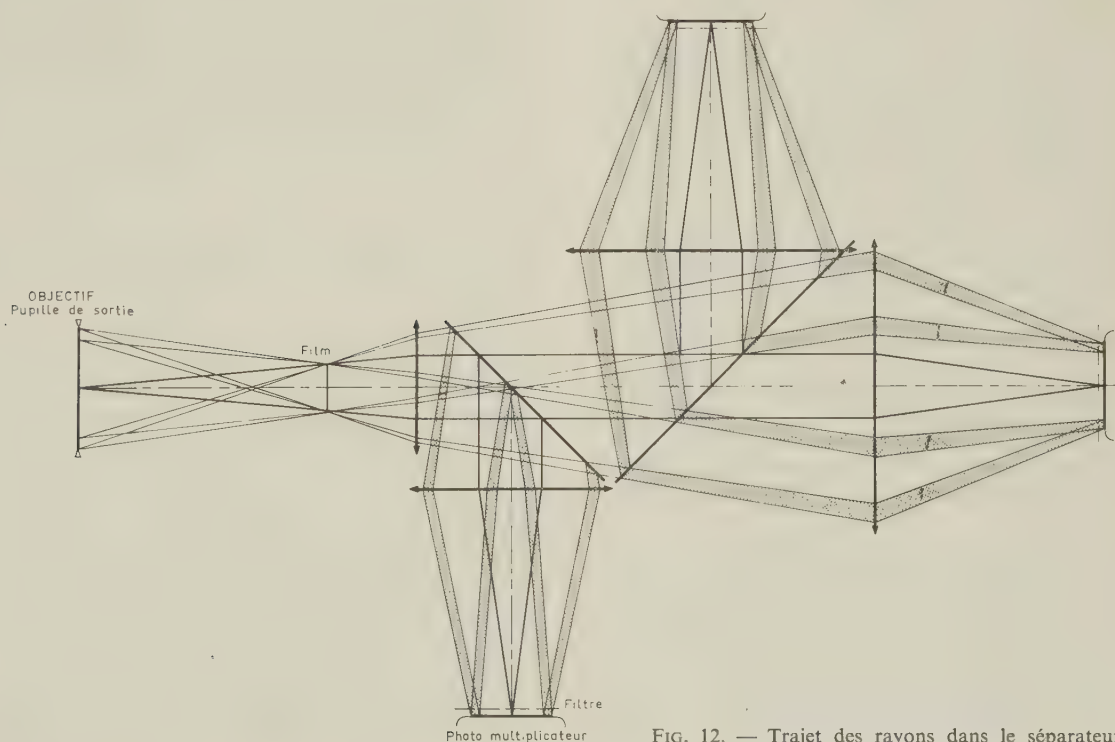


FIG. 12. — Trajet des rayons dans le séparateur trichrome.

Nous avons donc été conduits à étudier le problème du tuilage des films et, en particulier, à remplacer le couloir droit qui équipait les anciens projecteurs, par un couloir courbe, système qui est déjà employé depuis longtemps sur les projecteurs classiques de qualité.

Indépendamment de ce problème, il existe une très légère différence de mise au point entre les films originaux et les copies (position de la gélatine par rapport au support).

Nous avons conservé un réglage de mise au point pour ce dernier cas, réglage agissant sur la position du tube cathodique d'illumination.

Un système spécial de correction d'entraxe des deux voies optiques en fonction du déplacement du tube a été ajouté à cet ensemble pour éviter toute variation d'entrelacé pouvant survenir pendant l'opération de mise au point.

2.5. FONCTIONNEMENT EN CINÉMASCOPE

2.5.1. Influence sur le choix de l'emplacement de l'obturateur

Sur les appareils existant aujourd'hui, l'obturateur se trouve placé soit entre le tube analyseur et les objectifs, soit entre la sortie des prismes et le couloir du film.

Nous avons été amenés à réétudier complètement ce problème pour la raison suivante :

L'ouverture de nos objectifs a été tellement accrue que les flux lumineux entrants présentent un très grand diamètre relativement à leur entraxe.

Par conséquent, la distance entre les deux flux est très réduite et si l'on avait voulu placer l'obturateur entre le tube et les objectifs, il aurait fallu que celui-ci soit de très grandes dimensions pour réaliser l'ouverture et la fermeture des faisceaux en un temps suffisamment court et avec une tolérance de phase suffisante.

Nous n'avons pas non plus placé l'obturateur entre les prismes et le film, car cela entraînerait un accroissement important de la distance entre le film et la face de sortie des prismes et, par conséquent, des perturbations graves dans l'analyse des films dans le format cinémascope.

En effet, à la sortie des prismes (même lorsqu'ils sont juxtaposés), il existe entre les deux voies, une zone d'ombre, due à la séparation des flux et à la convergence des rayons sur le film, d'autant plus large que la distance entre le film et les prismes est plus grande.

Dans le cas du film normal, la zone d'ombre n'a pas d'importance car, compte tenu de la durée de suppression trame et de l'intervalle important (3,25 mm existant entre les images, le balayage utile ne rentre jamais dans la zone d'ombre et il n'y a aucune occultation.

Dans le cas du cinémascope, le problème est plus difficile, car l'intervalle entre les images n'est que d'un millimètre et si l'on veut balayer verticalement la totalité de la hauteur de l'image inscrite sur le film, on ne peut éviter de pénétrer dans la zone d'ombre.

Nous avons été ainsi amenés à rechercher une solution entièrement nouvelle. Celle-ci consiste à placer

l'obturateur après le film et non entre le film et les prismes. Grâce à cela, nous avons pu réduire au minimum la distance film-prismes et ainsi limiter la réduction de la hauteur d'image analysée en cinémascope à 5 % (la valeur théorique imposée par les prismes)*.

Cette solution présente de gros avantages sur le plan mécanique et simplifie considérablement le problème de la commutation des formats.

2.5.2. Commutation de format : normal-cinémascope

Dans ce nouveau plan choisi pour l'obturation au voisinage du film, le pinceau mobile à obturer présente un très petit diamètre ; c'est pratiquement l'image balayée du spot analyseur très légèrement défocalisée. Par conséquent, le rapport entre l'entraxe et le diamètre des deux spots (issus respectivement des deux voies optiques) est très grand. Il en résulte qu'un obturateur placé dans ce plan et synchrone, présente une très grande latitude de phase.

C'est en utilisant cette propriété que nous avons pu réaliser un obturateur mixte, à la fois valable en format normal et en format cinémascope. En effet, selon la norme actuelle en France, la vitesse linéaire du balayage vertical dans le format cinémascope au niveau de la fenêtre doit être environ 1,7 fois plus grande que la vitesse normale. Il serait donc nécessaire de changer l'obturateur (nombre de pales et vitesse), pour rester en phase avec le balayage.

A la suite de calculs que nous ne développerons pas ici*, nous avons pu trouver une vitesse linéaire d'obturation au niveau de la fenêtre, intermédiaire entre ces deux vitesses, et qui conserve une tolérance de phase encore très suffisante, bien que réduite par rapport au cas du monofrormat. Ainsi, la commutation de format se réduit en une simple commutation électronique sur les amplitudes des balayages.

2.6. ASSERVISSEMENT DE L'ENSEMBLE MÉCANIQUE A LA FRÉQUENCE TRAME DES BALAYAGES EN 625 LIGNES PILOTÉS PAR QUARTZ

Le pilotage par quartz des générateurs de synchronisation utilisés pour les standards 625 lignes couleur impose une fréquence trame extrêmement précise liée au quartz et qui n'est pas forcément égale à celle du secteur. Dans tous les systèmes (Kinescopes et télécinémas) où l'analyse est liée directement au mouvement du film, il est nécessaire d'asservir ce mouvement à la fréquence de trame du générateur de synchronisation formant la référence.

Certains constructeurs ont utilisé des moteurs à vitesse variable incorporés dans une boucle de contre-réaction utilisant un comparateur de phase, et divers amplificateurs ; nous avons préféré fabriquer, en somme, un faux secteur à partir d'un courant redressé, filtré et découpé par thyristors directement pilotés par l'impulsion trame ; ceci présente l'avantage outre une plus grande simplicité, d'éviter tout risque de pompage inhérent à tous les systèmes asservis.

Dans ce cas, les moteurs sont donc du type synchrone classique et présentent toute garantie quant à la stabilité de phase.

* voir calcul détaillé (annexe III).

* voir annexe III.

Ce générateur, de présentation relativement compacte, a pu être incorporé dans la baie télécinéma proprement dite après une étude fort laborieuse de déparasitage systématique.

III. — TÉLÉCINÉMA COULEUR 16 mm THT 2301 (fig. 13)

Nous avons adapté sur ce modèle toutes les améliorations apportées au 35 mm au cours de l'étude, mais comme cet appareil doit présenter des performances de stabilité environ trois fois supérieures à celle du

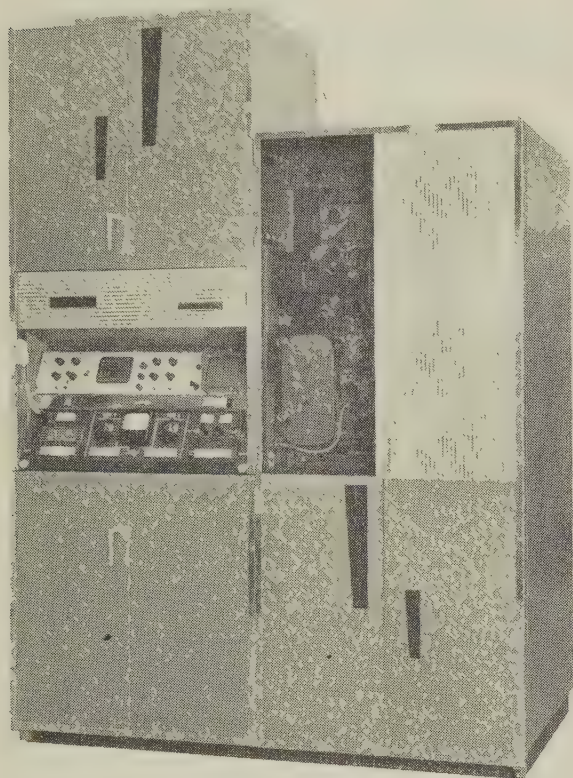


FIG. 13. — Télécinéma couleur 16 mm THT 2301.

35 mm, nous avons fait appel à de nouvelles formules pour améliorer le défilement :

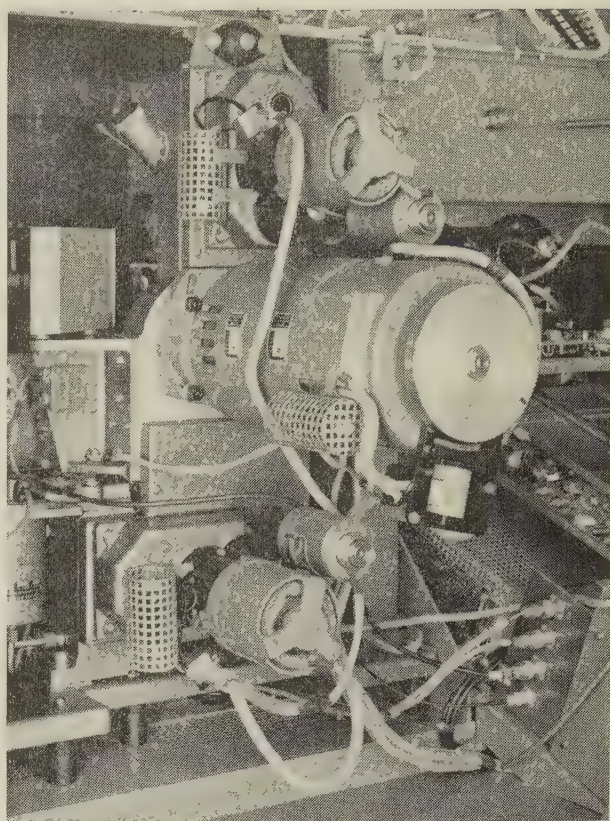


FIG. 14. — Vue arrière des moteurs du télécinéma THT 2301.

Afin d'annihiler totalement la réaction des bobines sur les débiteurs d'entrée et de sortie, ce qui nuirait à la régularité du défilement, nous avons ajouté en amont et en aval du dérouleur proprement dit des débiteurs supplémentaires entraînés par des moteurs synchrones indépendants du moteur principal. L'ensemble est couplé mécaniquement au démarrage et à l'arrêt, et découplé en fonctionnement normal (fig. 14).

En dehors de ce perfectionnement essentiel, un soin tout particulier a été apporté sur la réalisation proprement dite : resserrement des tolérances, roulements sélectionnés, pompe à huile indépendante, débiteurs taillés dans la masse, etc.

Dans ces conditions, des mesures effectuées à l'aide du film test de fixité de la CST nous ont donné un coefficient de fixité en 16 mm largement inférieur à 2 ‰ de la hauteur d'image.

ANNEXE I

TRADUCTION LUMIÈRE-COURANT : ANALYSE PAR FLYING SPOT

Formule donnant l'éclairement reçu par la diapositive :

$$E = B : \frac{\pi}{4} \frac{1}{n^2} \frac{F^2}{S'^2} T_0$$

E = éclairement de la diapositive en lux

B = brillance de l'écran en nit

n = ouverture relative de l'objectif

F = distance focale de l'objectif

S' = distance : plan principal image - image

T_0 = transparence de l'objectif

Dans le cas particulier étudié :

$$B = 400 \text{ nit (tube MK 1 316 à } 100 \mu\text{A)}$$

$$n = 2,2$$

$$F = 60 \text{ mm}$$

$$S' = 80 \text{ mm pour grandissement } 1/3$$

$$T_0 = 0,75$$

$$E = 400 \times \frac{3,14}{4} \frac{1}{4,84} \left(\frac{60}{80} \right)^2 \times 0,75 = 27,4 \text{ lux.}$$

Flux lumineux reçu par la diapositive de format $23 \times 30 \text{ mm}$:

$$\Phi \text{ lumière} = E \times S \text{ (m}^2\text{)}$$

$$27,4 \times 6,9 \cdot 10^{-4} = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ lumen}$$

En prenant pour exemple la voie verte, on peut admettre qu'entre le flux illuminant la diapositive et le flux réellement transmis au photomultiplicateur, existe un facteur K d'atténuation environ égal à 10.

Ce facteur tient compte des pertes suivantes :

— différence de réponse spectrale du photomultiplicateur en lumière blanche et en lumière verte (com-

prenant le phosphore du tube analyseur, les miroirs dichroïques et les filtres complémentaires),

— pertes dues au coefficient de transmission des lentilles du condensateur,

— densité minimale des diapositives = 0,3.

Dans ces conditions, pour un photomultiplicateur à 11 étages, du type XP 1002 (S 20) comme celui qui est employé ici, alimenté sous les tensions normales recommandées pour le meilleur rapport signal sur bruit, le niveau de sortie serait :

$$I = S_{pm} \times I \times \frac{1}{K}$$

S_{pm} = sensibilité globale du photomultiplicateur

$$I_A = 200_{A/L} \times 1,9 \cdot 10^{-2} \times \frac{1}{10} = 0,38 \text{ A,}$$

ce qui, évidemment, est incompatible avec le fonctionnement correct du photomultiplicateur, la réduction de gain de 500, nécessaire, ne peut être effectuée que par réduction du nombre de dynodes utilisées.

ANNEXE II

CORRECTION DE GAMMA

La reproduction des demi-teintes sur les récepteurs du commerce est pour tous les tubes cathodiques actuels, régie à très peu près par une loi parabolique.

Ceci se traduit par l'expression :

$$b_{im} = \mathcal{V}^\gamma \text{ ou } \log b_{im} = \gamma \log \mathcal{V}$$

expression dans laquelle :

b_{im} représente la brillance relative de l'image au point considéré :

$$b_{im} = \frac{B_{gris}}{B_{max}}$$

avec B_{gris} = brillance absolue correspondant au point gris considéré,

B_{max} = brillance absolue maximale correspondant au point le plus blanc de l'image.

$\mathcal{V}$ représente la tension relative à video fréquence appliquée au Wehneht soit :

$$\mathcal{V} = \frac{V_{gris}}{V_{max}}$$

avec V_{gris} = tension appliquée au Wehneht correspondant au gris,

V_{max} = tension appliquée au Wehneht correspondant au blanc maximal.

L'origine des tensions correspond au cut-off du tube et par conséquent à la brillance nulle sur l'écran.

γ est le facteur de contraste. Il est égal, en moyenne, à 2,2 pour les tubes cathodiques actuels. Pour un correcteur de γ , la définition du γ est analogue, mais la brillance est remplacée par la tension de sortie, il s'agit alors de sa fonction de transfert.

ANNEXE III

ÉTUDE THÉORIQUE DE L'ANALYSE DES IMAGES DANS LES TÉLÉCINÉMAS COULEUR 35 MM A FLYING SPOT

A. Remarques

Les calculs ci-dessous servent de point de départ à la détermination de tout le dispositif optique et du balayage du tube flying spot. Pour raison de clarté de l'exposé, toutes les dimensions sont ramenées dans le plan du film, ce qui permet des comparaisons directes. On suppose en outre, que les trajets optiques ne sont arrêtés que par le cadre des fenêtres d'analyse placées contre le film.

B. Principe du double trajet optique

- hauteur de l'image : EF ;
- hauteur de la fenêtre supérieure : AB ;
- hauteur de la fenêtre inférieure : $CD = AB$;
- intervalle entre les deux fenêtres d'analyse : BC .

La figure 1 représente les déplacements du film et du spot d'analyse dans un télécinéma flying spot à double trajet optique.

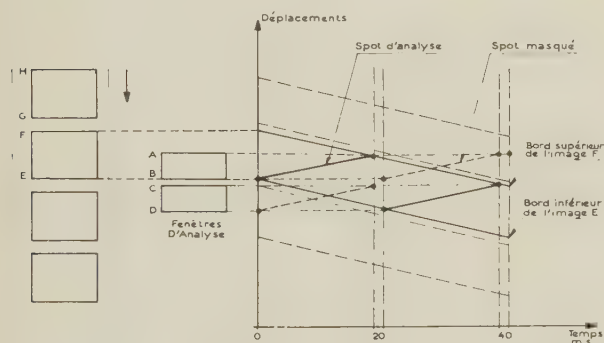


FIG. 1. A. III. — Déplacements du film et du spot d'analyse dans un télécinéma flying spot à double trajet optique.

Le film défile du haut vers le bas, le spot d'analyse du bas vers le haut. La vitesse de défilement étant de 25 images par seconde et la cadence d'analyse, de 50 trames par seconde, chaque image est analysée deux fois. Comme le défilement du film est continu, la vitesse V_r de balayage du spot sur le film est la résultante de la vitesse de défilement V_f et de la vitesse de balayage V_a du spot sur la fenêtre.

$$V_r = V_f + V_a \quad (1)$$

La trame impaire est analysée quand l'image passe devant la fenêtre supérieure, la trame paire, quand l'image passe devant la fenêtre inférieure.

— Séquence d'analyse de la trame impaire (fig. 1)

En début d'analyse, le bord inférieur E est en B , le spot en B . En cours d'analyse, l'image descend, le

spot monte et en fin d'analyse, le bord supérieur F est en A . Durant cette période, le spot inférieur est masqué par l'obturateur.

Pendant la période de suppression trame impaire - trame paire, l'image continue à descendre. Au début de la suppression, le bord F est en A . En fin de suppression le bord E est en D .

— Séquence d'analyse de la trame paire

Elle se fait comme la trame impaire, mais sur la fenêtre inférieure, le spot de la fenêtre supérieure étant masqué par l'obturateur. En début d'analyse, le bord E est en D , le spot en D . En fin d'analyse, le bord F est en C , le spot en C .

Pendant la suppression trame, le film continue à descendre. Au début de la suppression, le bord F est en C . En fin de suppression, le bord inférieur G de l'image suivante se trouve en B pour l'analyse suivante.

C. Calcul pour le film normal

1. DONNÉES SUR LE FILM NORMAL

Pas des images : 19 mm.

Dimensions de l'image sur le film : $21 \times 15,75$ (format 4/3).

Intervalle entre deux images : $i = 19 - 15,75 = 3,25$ mm.

La figure 2 représente les dimensions de l'image analysée en 35 mm.

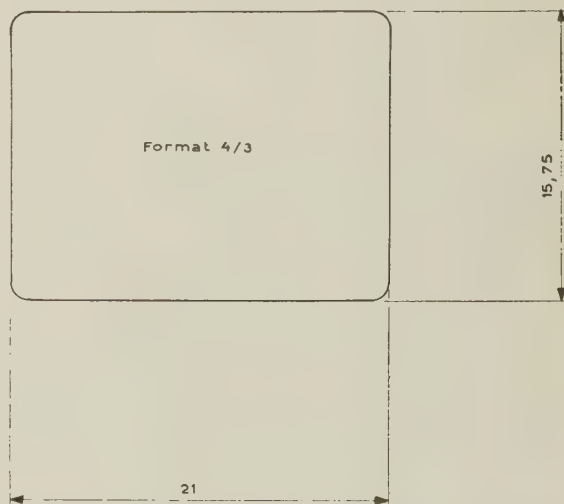


FIG. 2. A. III. — Dimensions de l'image analysée en film 35 mm

2. CALCUL DE LA HAUTEUR D'UNE FENÊTRE D'ANALYSE

Vitesse de défilement du film : (le film défile à 25 images au pas de 19 mm).

$$V_f = 25 \times 19 = 475 \text{ mm/s} = 47,5 \text{ cm/s}$$

Durée de suppression trame (norme L 625 lignes).

$$j = 1\,600 \text{ } \mu\text{s} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 1,6 \text{ ms}$$

Durée d'une analyse de trame :

$$t = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ ms soit } 18,4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Vitesse de balayage trame relative au film :

$$V_r = \frac{15,75 \times 1\,000}{18,4} = 855,97 \text{ mm/s.}$$

Vitesse de balayage réelle ou vitesse d'analyse :

$$V_a = V_r - V_f = 855,97 - 475 = 380,97 \text{ mm/s}$$

La hauteur de la fenêtre d'analyse est celle qui est balayée par le spot d'analyse en 18,4 ms, d'où la valeur :

$$AB = CD = 380,97 \times 18,4 = 7,01 \text{ mm}$$

Comme, d'une trame à l'autre, le film s'est déplacé d'un demi-pas d'image, la distance entre deux côtés homologues des fenêtres est de un demi-pas, soit :

$$AC = BD = 9,5 \text{ mm}$$

D'où la valeur de l'intervalle entre les deux fenêtres :

$$BC = AC - AB = 9,5 - 7,01 = 2,49 \text{ mm}$$

et la hauteur totale des deux fenêtres :

$$AD = AC + CD = 9,5 + 7,01 = 16,51 \text{ mm}$$

La figure 3 représente les dimensions des fenêtres d'analyse dans le cas du film normal 35 mm.

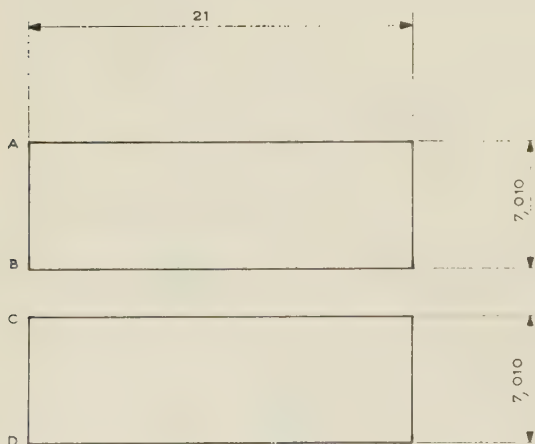


FIG. 3. A. III. — Dimensions des fenêtres d'analyse dans le cas du film normal 35 mm.

D. Calcul pour le film cinémascope

1. DONNÉES SUR LE FILM CINÉMASCOPE

Pas des images : 19 mm.

Dimensions de l'image sur le film : $21 \times 18 \text{ mm}$ (format $4 \times 3,4$).

Anamorphose normale $\times 2$.

Pour reproduire le cinémascope, on devrait donc amplifier le balayage vertical par 2, et on aurait une image ramenée aux dimensions du film, de $9 \times 21 \text{ mm}$ au lieu de $15,75 \times 21 \text{ mm}$. Une telle opération fait apparaître deux larges bandes noires sur l'écran au-dessus et au-dessous de l'image. Afin de rendre celle-ci plus agréable, généralement on préfère réduire la hauteur de ces deux bandes, quitte à recouper un peu en largeur, de sorte que l'image soit agrandie de 43 % dans les deux dimensions. On perd ainsi 30 % sur la largeur de l'image, soit 15 % de chaque côté.

2. CALCUL DE LA HAUTEUR D'UNE FENÊTRE D'ANALYSE

Hauteur de l'image correspondante sur l'écran :

$$M_2 = 9 \times 1,43 = 12,85 \text{ mm}$$

Durée de l'analyse verticale :

$$\frac{18,4 \times 12,85}{15,75} = 15,17 \text{ ms.}$$

Durée de la suppression verticale fictive :

$$j_1 = 20 - 15,17 = 4,83 \text{ ms}$$

Vitesse de balayage trame relative au film :

$$V_r = \frac{18 \times 1\,000}{15,17} = 1\,185 \text{ mm/s.}$$

Vitesse de balayage réelle ou vitesse d'analyse :

$$V_a = V_r - V_f = 1\,185 - 475 = 710 \text{ mm/s}$$

D'où la hauteur des fenêtres d'analyse :

$$AB = CD = \frac{710 \times 15,17}{1\,000} = 10,76 \text{ mm.}$$

On voit que la hauteur des fenêtres est supérieure à la distance entre deux côtés homologues, ces fenêtres se chevaucheraient de 1,26 mm. On est donc obligé d'adopter un compromis : utilisation de fenêtres jointives ayant donc une hauteur de 9,5 mm, mais il faut consentir à tronquer légèrement l'image dans le sens de la hauteur, sous peine de voir apparaître des occultations dissymétriques de trame sur les bords de l'image, engendrant un scintillement. En admettant un léger sacrifice sur la hauteur d'image utile, nous pouvons reprendre le calcul comme suit :

La figure 4 représente l'aspect de l'image en cinémascope vrai.

La figure 6 représente la surface balayée par le tube analyseur.

E. Tracé de l'obturateur

Le rôle de l'obturateur est de masquer l'image du spot qui ne doit pas analyser le film, c'est-à-dire arrêter le spot arrivant à la fenêtre correspondant à la trame non analysée. En outre, le passage du fonctionnement avec film normal au fonctionnement avec film cinémascope ne doit se produire que par une commutation électronique sans nécessité de changer l'obturateur. Ceci demande un tracé des pales et le choix d'une vitesse de déplacement tels que les deux types de spots soient masqués sans reprise de réglage.

La figure 7 représente le tracé de l'obturateur.

Dans le cas théorique où l'obturateur serait constitué de pales parallèles se déplaçant dans un plan, sa vitesse linéaire serait de :

$$19 \times 25 = 475 \text{ mm/s. Déplacement de bas en haut.}$$

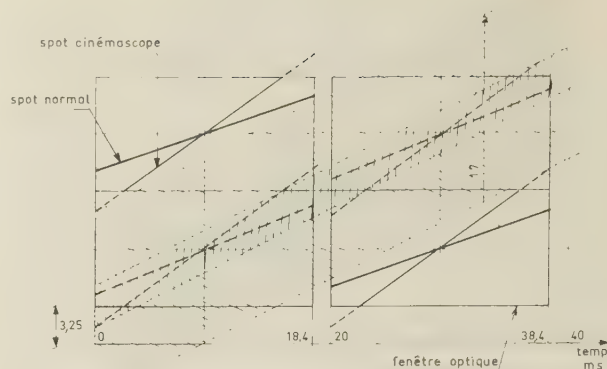


FIG. 7. A. III. — Tracé de l'obturateur : les zones hachurées sont les zones balayées par les pales de l'obturateur.

La largeur des pales peut être choisie entre 3,25 et 17 mm, ce qui permet l'occultation du spot de la trame non analysée sans déborder sur la trame analysée.

En pratique, cette tolérance autorise aisément l'emploi d'obturateurs coniques ou circulaires.

UN NOUVEAU TUBE-IMAGE POUR LA TÉLÉVISION EN COULEUR

PAR

P. BONVALOT

*Compagnie Française de Télévision
(CFT)*

1. Introduction

Des tubes-image pour télévision en couleur à rendement élevé utilisant à la place d'un masque perforé une grille à grande transparence comme organe distributeur d'électrons ont été déjà étudiés et parfois mis au point dans plusieurs laboratoires.

Les modèles généralement réalisés comportent un ou trois canons à électrons avec une face-avant et une grille cylindriques. De telles structures présentent un certain nombre d'inconvénients et de difficultés de réalisation.

Le Département « Tubes » de la Compagnie Française de Télévision s'est assigné l'objectif suivant : étude et réalisation de tubes-image pour télévision en couleur à grille, à écran plan à post-accélération et à post-focalisation des faisceaux électroniques.

En 1966, la CFT a déjà développé et présenté un tube de ce type, de 50 cm de diagonale et dont l'écran plan est porté par une glace fixée à l'intérieur de l'enveloppe. Actuellement, ce stade est dépassé et la CFT étudie un tube de 60 cm de diagonale dans lequel l'ensemble composite face-avant - glace interne est remplacé par une structure simplifiée dans laquelle l'écran est directement déposé sur la face-avant, parfaitement plane, de l'enveloppe du tube.

Après avoir décrit le nouveau tube de 60 cm et rappelé brièvement les principes de fonctionnement d'un tube à grille, nous examinerons les points suivants :

- l'utilisation d'une électrode pour corriger la pollution chromatique sur le pourtour de l'écran ;
- l'amélioration du facteur de contraste par le dépôt d'une couche de graphite poreux sur le film d'aluminium recouvrant l'écran ;
- la réalisation de la grille ;
- le renforcement du ballon à glace plane par la nappe de fils.

2. Description du tube

La figure 1 présente le nouveau tube CFT ; la figure 2 l'illustre schématiquement. On trouve successivement :

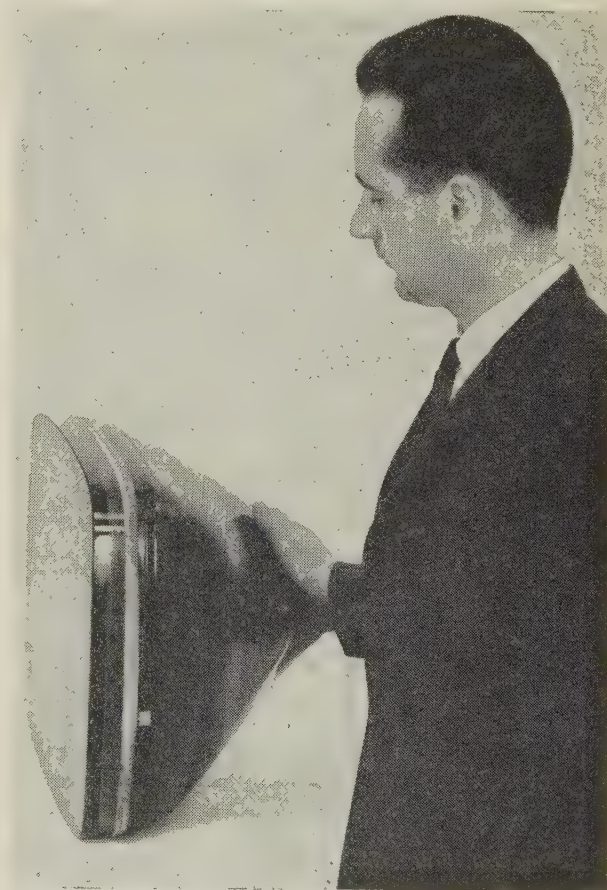


FIG. 1

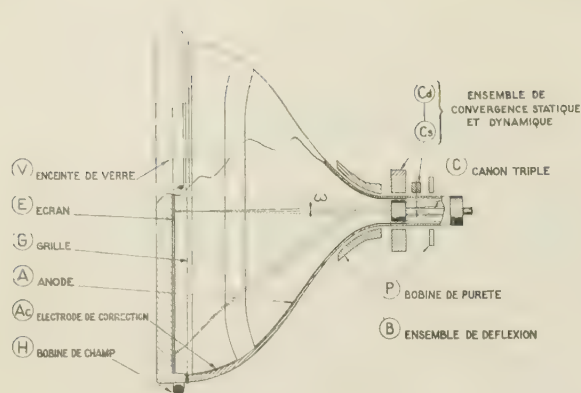


FIG. 2

— La face avant rectangulaire *V* munie de sa jupe haute de 25 mm ; la paroi interne de la glace est plane à moins de 1/10 de mm sur l'ensemble de sa surface.

— L'écran luminescent *E*, déposé directement sur la paroi interne, comporte des bandes luminescentes rectilignes de largeur constante et égale à 0,27 mm disposées verticalement. Les bandes sont jointives. Trois bandes consécutives forment un triplet et correspondent aux trois couleurs primaires. 600 triplets de 0,81 mm de largeur assurent au tube une définition adéquate. L'écran fluorescent est recouvert d'un film d'aluminium sur lequel repose une couche de graphite poreux.

— La grille *G* se présente sous la forme d'une nappe de fils métalliques fins tendus, parallèles entre eux et parallèles aux bandes luminescentes. Il y a 650 fils de 0,1 mm de diamètre, espacés de 0,76 mm. La grille est pincée entre la face plane et le cône. La transparence de la grille atteint 80 %.

— Une bobine de champ *H*, solénoïde traversé par un faible courant, permet de corriger les défauts de pureté dus aux champs magnétiques parasites (champ terrestre par exemple).

— Placé au voisinage de la grille se trouve un premier revêtement appliqué sur le bulbe : l'électrode de correction de pureté chromatique *Ac*.

— Un deuxième revêtement constitue l'anode *A*.

— Un ensemble de déviation magnétique *B* soumet les trois faisceaux électroniques à un mouvement général commun de balayage, perpendiculaire aux fils de grille et aux triplets.

— Les sources d'électrons dévolues à chacune des trois couleurs primaires sont trois canons *C* inclinés sur l'axe d'un angle de 1°, de manière que leurs faisceaux convergent au voisinage de la grille selon l'axe du tube. Les axes des trois canons forment actuellement un trièdre à base équilatérale, mais il est envisagé de les rendre coplanaires.

— L'ensemble de convergence *Cd* est constitué à l'intérieur du tube par des plaquettes en métal de grande perméabilité magnétique (deux par canon) et à l'extérieur du tube par un aimant permanent à champ ajustable couplé avec un électro-aimant à courant variable (un ensemble par canon).

— La bobine de pureté *P* permet de déplacer les trois faisceaux pour que ceux-ci tombent sur les couleurs de « phosphors » qui leur sont propres.

Les électrodes de sortie des canons et le cône sont portés à un potentiel de 8 500 V. L'électrode de pureté est portée à 10 000 V, la grille à 7 200 V, l'écran à 25 000 V.

3. Principe de fonctionnement

Le faisceau d'électrons dirigé vers une bande luminescente doit être focalisé à l'intérieur de celle-ci.

La grille portée à un potentiel inférieur à celui de l'écran, forme avec celui-ci un ensemble de lentilles électrostatiques cylindriques qui focalisent les faisceaux des canons, donnant à leur impact sur l'écran des spots légèrement elliptiques dont le grand axe est parallèle aux bandes luminescentes. La figure 3 explicite l'action de la lentille située dans l'axe du tube.

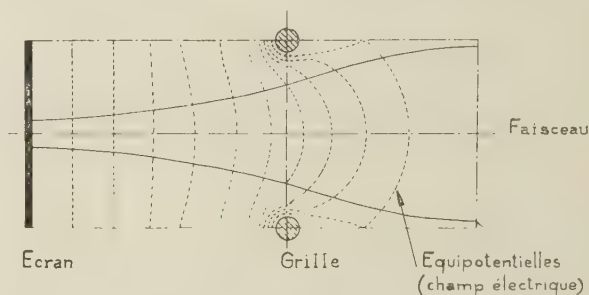


FIG. 3

La distance focale d'une lentille cylindrique dépend des tensions écran et grille et de l'angle d'attaque du faisceau sur la grille. En égalant cette longueur focale au chemin moyen parcouru par le faisceau entre la grille et l'écran, on montre que, pour focaliser correctement le faisceau sur l'écran, la tension écran doit être 3,5 fois plus grande que la tension grille.

Les canons convergeant au centre des fils de grille, les faisceaux ont des points d'impact distants sur l'écran.

L'inclinaison ω à donner aux canons pour que les trois points d'impact soient situés sur trois bandes de couleur différentes, est une fonction du pas de la bande *P_E*, de la distance grille-écran *D* et du rapport

$$K = \frac{V_{\text{écran}} - V_{\text{grille}}}{V_{\text{grille}}} \quad (\text{fig. 4}).$$

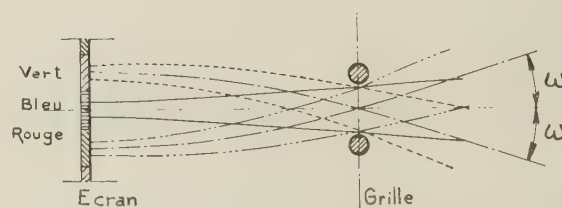


FIG. 4

Les champs magnétiques de quatre aimants permanents, réglables en position, aident à la juxtaposition des spots au centre de l'écran (ensemble de convergence statique).

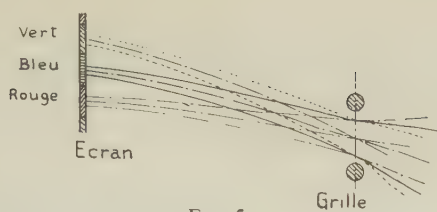


FIG. 5

Des bobines dites de « cadrage de pureté » permettent d'obtenir l'impact des trois faisceaux sur les bandes de couleurs voulues, au centre de l'écran.

Dès que les électrons pénètrent dans la grille, ils suivent des trajectoires paraboliques dont la courbure augmente avec l'angle d'incidence sur la grille (fig. 5). Comme les canons sont légèrement inclinés l'un par rapport à l'autre, leurs faisceaux arrivent sur des bandes de « phosphors » distinctes.

Par sa sélection de direction, le champ électrique permet d'associer à chaque canon un ensemble de bandes verticales de même couleur.

Un ensemble de déflexion assure le déplacement général des trois faisceaux sur l'écran du tube.

En tous points de l'écran, les trois spots « bleu », « vert », « rouge » doivent être très proches l'un de l'autre pour éviter l'apparition de franges colorées. La convergence rend possible la « registration » des trois faisceaux sur l'écran bien qu'ils soient séparés dans la bobine de déviation.

La convergence correcte des spots sur toute la surface de l'écran est assurée par l'action de champs magnétiques variables, appliqués aux faisceaux, dès leur sortie des canons.

Ces champs sont engendrés par un dispositif correcteur de convergence qui comprend, à l'intérieur du tube, des pièces polaires et, à l'extérieur du tube, des électro-aimants auxquels sont appliquées des tensions qui participent du dôme et de la dent de scie, en relation avec les fréquences de balayage ligne et image.

4. Pureté des couleurs

Une bonne pureté colorimétrique signifie que les électrons provenant du canon bleu ne frappent que les bandes bleues, les électrons du canon vert, les bandes vertes, les électrons du canon rouge, les bandes rouges.

Considérons un faisceau électronique balayant la grille à pas constant, donc tombant dans chacun des intervalles de grille.

Avec les tensions écran et grille déterminées antérieurement, la largeur du spot est de 0,22 mm au centre de l'écran, de 0,15 mm pour une déviation intermédiaire et de 0,1 mm sur le pourtour. La largeur du spot, dans le sens de la déviation « ligne », diminue donc lorsque la déviation augmente ce qui est favorable à la pureté chromatique.

Lorsque le faisceau est passé entre deux fils de grille, il est incurvé sous l'action du potentiel accélérateur de l'écran. On a représenté (fig. 6) la déviation d'un faisceau situé dans le plan horizontal passant par l'axe du col du tube et perpendiculaire aux fils de grille.

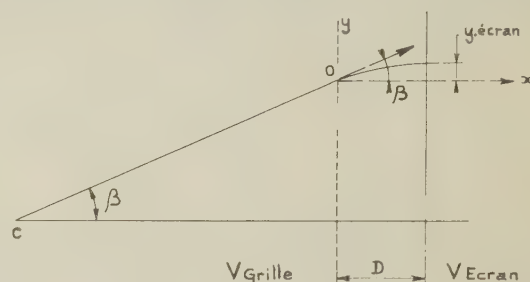


FIG. 6

Dans ce cas, la position de la trace dépend de l'angle de déviation horizontale β de la distance grille-écran D et du rapport

$$k = \frac{V_{\text{écran}} - V_{\text{grille}}}{V_{\text{grille}}}$$

La distance entre deux traces électroniques successives n'est donc pas constante, bien que la grille soit à pas constant. Nous avons cependant conservé un pas d'écran constant parce que l'écran est beaucoup plus simple à réaliser. Mais, il apparaît alors, un décalage entre le centre de chaque trace et le centre de la bande correspondante. On peut tracer la courbe donnant ce décalage ε . Pour un ensemble de valeurs choisies (pas d'écran P_E , pas de grille P_G , distance grille-écran D , distance entre le centre de déviation et la grille l , tension écran V_E , tension grille V_G) on obtient une courbe indiquée par la figure 7. Lorsque l'angle de déviation atteint une valeur de 25° , un défaut de pureté se manifeste qui peut atteindre quatre bandes de couleurs à la déviation maximale.

Pour éviter les distorsions de couleurs dans les parties marginales, il faut redresser la dernière portion

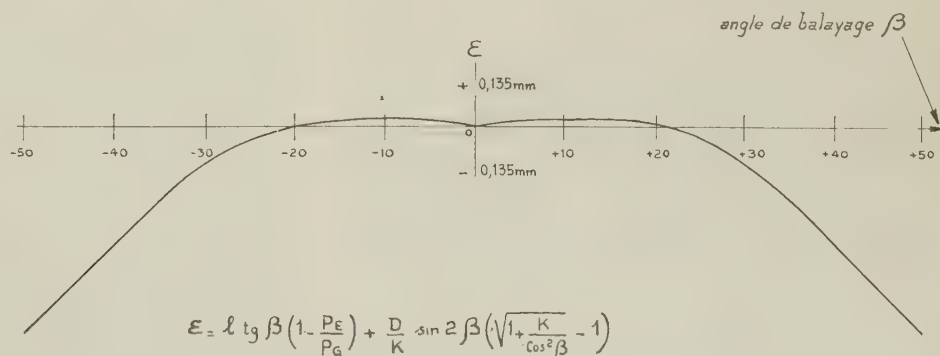
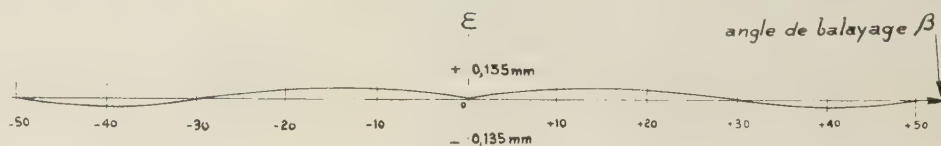


FIG. 7

de courbe. Cela est possible en faisant intervenir une électrode de correction de pureté chromatique. Cette électrode est constituée par une bande conductrice peinte sur le bulbe du tube. Cette électrode est portée à un potentiel plus élevé que celui du cône et de la grille. En attirant vers elle les électrons et en les accélérant, elle modifie les trajectoires entre grille et écran en les redressant, ce qui a pour effet de replacer le point d'impact des faisceaux sur les bandes de couleur correcte (fig. 8). L'action de l'électrode de pureté est intense sur les bords ; elle va en décroissant très rapidement vers le centre, ce qui correspond à l'action recherchée.

FIG. 8



Nous venons d'envisager une déviation horizontale dans un but de simplification. Dans le plan de l'écran luminescent, la position de la trace dépend également de l'angle de déviation verticale. La trace quitte la bande dès que la déviation devient appréciable et on observe alors, en l'absence de correction par l'électrode de pureté, des arcs colorés dont la concavité est tournée vers le centre de l'écran.

La correction se fait également par une électrode dont la forme doit être déterminée avec précision pour que son action soit correcte sur toute la surface de l'écran. Cette électrode capte les électrons secondaires provenant de la grille. Elle contribue donc à l'amélioration du contraste de l'image.

5. Le contraste

Une partie des électrons primaires qui bombardent l'écran luminescent sont réfléchis par l'écran avec des énergies comparables à l'énergie primaire. Les électrons réfléchis, ramenés vers l'écran par le champ accélérateur, viennent illuminer l'écran autour de l'impact primaire, ce qui entraîne une détérioration du contraste de l'image.

On sait que le coefficient de rebondissement des électrons varie comme le nombre atomique du matériau bombardé. On a donc cherché à abaisser le nombre d'électrons réfléchis en recouvrant de carbone la couche composite écran fluorescent-aluminium. En outre, il a été constaté qu'une couche de graphite spongieuse capte plus d'électrons secondaires qu'une couche dense.

La couche de graphite est déposée sur le film d'aluminium par pulvérisation d'une suspension colloïdale de grains de graphite dans de l'alcool éthylique, le diamètre des grains étant de l'ordre du micron. On adjoint à cette suspension une faible quantité d'un produit filmogène, afin d'assurer la cohésion des grains de graphite entre eux et avec la couche d'aluminium. Ce produit est éliminé par la suite au cours des opérations de cuisson.

Avec cette technique, les facteurs de contraste ont été multipliés par cinq. A l'heure actuelle, en salle

éclairée, le contraste du tube CFT est du même ordre de grandeur que celui du tube « shadow-mask ».

6. Réalisation de la grille

La planéité de la nappe de fils et le parallélisme de ses fils doivent être assurés avec une grande précision. La tension des fils doit être, par ailleurs, aussi élevée que possible pour éviter l'entrée en vibration. Nous utilisons l'enveloppe de verre comme cadre support pour tendre les fils en scellant leurs extrémités dans un verre céramisable servant à l'assemblage du cône et de la face avant. Cette méthode permet d'obte-

nir aisément les résultats cherchés. En effet, la nappe de fils est plane parce qu'elle prend appui sur le bord rôdé de la face avant. Elle est en outre tendue car on bénéficie de la tension importante des fils qui prend naissance au cours du refroidissement qui suit la cuisson du verre céramisable. La largeur de la pellicule d'émail interposé entre la face avant et le cône est suffisante pour que le scellement des fils et du verre se révèle efficace.

Après scellement de la face et du cône, les fils sont coupés au ras de la paroi externe de l'enveloppe de verre, puis leurs extrémités sont réunies au moyen d'une bande de peinture conductrice destinée à être connectée à la source de tension grille.

Les scellements des fils dans le verre céramisable n'étant pas étanches au vide, on revêt le pourtour de la zone de raccordement face avant-cône d'une couche de verre céramisable. Cette pâte est frittée au cours de l'opération de pompage du tube. On réalise ainsi une couche d'étanchéité qui remplit parfaitement son rôle puisque l'expérience a montré que le degré du vide à l'intérieur du tube n'évolue pas, même après plusieurs milliers d'heures.

7. La glace plane

Dans les conditions habituelles, le pressage d'ampoules de télévision à face avant plane est difficilement compatible avec une fabrication de série. Cette version conduit à adopter des épaisseurs de parois prohibitives dès que l'on veut disposer d'une sécurité suffisante dans la tenue à la pression. Il en résulte une forte augmentation de poids, une élévation de prix et un allongement des cycles de cuisson et de pompage.

La nappe de fils, tendue à l'endroit de la jonction entre la face avant et le cône, présente un renforcement notable du tube en sa tenue à la pression atmosphérique. La contre-pression qu'elle exerce à ce niveau compense les contraintes en extension qui se développent sur la paroi dans la zone de rupture constituée par cette jonction. La ceinture d'étanchéité a un effet similaire. En munissant une ampoule à glace plane d'une grille et d'une ceinture, on peut utiliser des

glaces moins épaisses (d'au moins 25 %). Le poids de l'enceinte ainsi que le temps de pompage se situent alors à des niveaux acceptables. Le tube à glace plane devient viable.

8. Caractéristiques du tube

La haute transparence électronique de la grille donne des images lumineuses pouvant présenter des zones de brillance élevée : 80 foot-lamberts par exemple. Grâce à la post accélération, les tensions de modulation excèdent rarement 30 V et la puissance à prévoir pour les deux balayages n'est que d'une dizaine de watts. Les récepteurs conçus autour du nouveau tube pourront donc être transistorisés de façon écono-

mique ; la puissance consommée par un récepteur s'élèvera à environ 80 VA. Enfin l'écran strictement plan évite les distorsions optiques marginales.

Du point de vue technologie, le positionnement des bandes luminescentes sur une glace plane s'effectue avec une haute précision. On utilise un procédé d'impression par contact d'un réseau ligné plan sur la glace. Une grille plane peut être facilement appliquée sur le bord rôdé de la jupe.

Un travail de développement non négligeable reste toutefois à accomplir avant de passer à la fabrication en grande série. Nous pensons que les avantages offerts par un tube TV couleur à grille et à glace plane justifient pleinement son développement industriel.

OPTIMALISATION DES PARAMÈTRES DU SYSTÈME DE TÉLÉVISION EN COULEUR SECAM

PAR

J. FAGOT

Directeur technique à la CSF, Paris

On se propose d'examiner, dans cet exposé, les raisons qui ont conduit le groupe de travail CSF/CFT constitué pour définir, en collaboration avec l'ORTF, les valeurs « optimales » des paramètres du système SECAM, à proposer les normes qui sont maintenant officiellement adoptées ⁽¹⁾ et ⁽²⁾.

Cette étude donnera l'occasion de passer en revue un certain nombre d'aspects et de performances du système SECAM.

1. Signaux modulants

Ces signaux sont, en fait, communs à tous les systèmes de télévision en couleur. Ce sont :

a) La LUMINANCE, signal à large bande (5 à 6 MHz en 625 lignes) formé par une addition pondérée des trois signaux de commande des couleurs primaires :

$$E'_V \quad E'_R \quad E'_B$$

L'indice (prime) signifie que les signaux engagés dans la transmission sont « précorrégés en gamma » ; c'est-à-dire qu'ils représentent la puissance $(1/2,2)$ des signaux primaires réels se rapportant à la brillance.

Ainsi :

$$E'_V = E_V^{1/2,2} \quad E'_R = E_R^{1/2,2} \quad E'_B = E_B^{1/2,2}.$$

(1) Groupe de travail organisé au sein de la CFT comprenant : M. Melchior (Président). Participants : MM. Fagot, Guendjian (brevets), Ortusi, Paquet, Mlle Sebban (Mme Clémot).

(2) Journal officiel de la République française, 24 janvier 1967, pages 899-900. Premier Ministre : Normes des émissions de télévision en couleur dans les bandes de fréquence comprises entre 470 MHz et 960 MHz (bandes IV et V).

La luminance est définie par la relation classique :

$$E'_Y (\text{LUMINANCE}) = 0,59 E'_V + 0,30 E'_R + 0,11 E'_B.$$

b) Les signaux de CHROMINANCE, ou de DIFFÉRENCES DE COULEURS :

$$(E'_R - E'_Y) \quad \text{et} \quad (E'_B - E'_Y)$$

qui sont à transmettre à largeur de bande réduite (de l'ordre de 1 MHz), à l'aide d'une « sous-porteuse » localisée par le CCIR aux environs de 4,43 MHz.

E'_V , E'_R et E'_B représentent des grandeurs normalisées : leurs valeurs maximales, qui correspondent à l'illumination de crête du faisceau qui s'y rapporte, sont égales à l'unité.

En conséquence, les différences de couleurs :

$$(E'_R - E'_Y) \quad \text{et} \quad (E'_B - E'_Y)$$

se placent d'une certaine manière lorsqu'on réalise les diverses teintes qui correspondent à la mire d'essai dite « Mire de barres ». Sur les plages colorées de cette mire, on allume soit un, soit deux faisceaux à des valeurs égales de tensions de commande qui sont le plus souvent 0,75 (cas de la mire de barres à 75 %).

On obtient dans ces conditions les valeurs indiquées au tableau I.

Il peut paraître logique (mais ceci ne correspond évidemment qu'à une convention d'écriture) de placer devant les signaux de différences de couleurs des coefficients tels que les variations se fassent à l'inté-

TABLEAU I

Cas de la mire de barres à 75 %

Teintes	E'_V	E'_R	E'_B	E'_Y	$(E'_R - E'_Y)$	$(E'_B - E'_Y)$
Blanc.....	0,75	0,75	0,75	0,75	0	0
Jaune.....	0,75	0,75	0	0,67	+0,08	-0,67
Bleu/vert(Cyan)	0,75	0	0,75	0,525	-0,525	+0,235
Vert.....	0,75	0	0	0,44	-0,44	-0,44
Violet.....	0	0,75	0,75	0,31	+0,44	+0,44
Rouge.....	0	0,75	0	0,225	+0,525	-0,225
Bleu.....	0	0	0,75	0,08	-0,08	+0,67
Noir.....	0	0	0	0	0	0

rieur de l'intervalle -1 à $+1$. C'est ainsi que les signaux de chrominance peuvent être présentés sous la forme :

$$D'_R = -1,9 (E'_R - E'_Y)$$
$$D'_B = +1,5 (E'_B - E'_Y)$$

Les signes placés devant ces expressions peuvent paraître arbitraires. Ils seront justifiés par la suite.

Le tableau II donne les variations des signaux D'_R et D'_B dans le cas de la mire de barres à 75 %.

TABLEAU II

Cas de la Mire de barres à 75 %

Teintes	$D'_R = -1,9(E'_R - E'_Y)$	$D'_B = +1,5(E'_B - E'_Y)$
Blanc.....	0	0
Jaune.....	-0,16	-1
Bleu/Vert (Cyan) ...	+1	+0,34
Vert.....	+0,84	-0,66
Violet.....	-0,84	+0,66
Rouge.....	-1	-0,34
Bleu.....	+0,16	+1
Noir.....	0	0

2. Principes généraux de la transmission SECAM

Le rappel des principes généraux de la transmission SECAM peut être fait en examinant successivement les schémas du codeur et du décodeur (fig. 1 et 2). Sur ces schémas figureront les valeurs numériques définitivement retenues (afin d'éviter toutes confusions) mais, pour le moment, nous admettrons de ne retenir que les principes.

2.1. CODEUR (figure 1)

Les signaux D'_R et D'_B , définis précédemment lui sont appliqués. Ils passent d'abord à travers des filtres

de préaccentuation. Ceci correspond à une pratique connue en modulation de fréquence, étant donné l'allure « triangulaire » du bruit présenté par ce système.

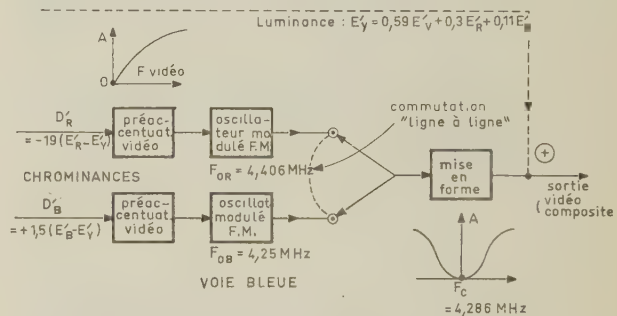


FIG. 1. — Codeur.

Chaque signal préaccentué attaque ensuite un oscillateur pour le moduler en fréquence. Les fréquences de repos de ces oscillateurs seront notées respectivement :

$$F_{0R} \text{ pour la chrominance rouge}$$
$$F_{0B} \text{ pour la chrominance bleue.}$$

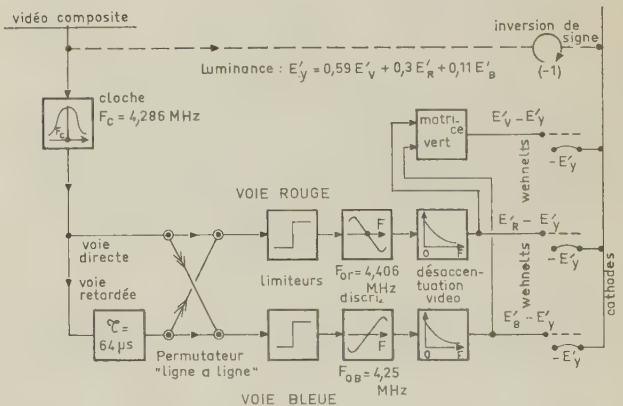


FIG. 2. — Décodeur.

Il convient de définir la « déviation nominale » réalisée par la modulation. C'est la déviation réalisée pour la valeur des D' égale à l'unité. On notera ces déviations nominales respectivement ΔF_R et ΔF_B .

Quant au sens de modulation, il fera l'objet de la convention suivante :

pour $D' > 0$	le ΔF	est	> 0
pour $D' < 0$	le ΔF	est	< 0

Les deux possibilités de signes peuvent se rencontrer avec l'une et l'autre des deux composantes (Tableau II).

Les signaux HF résultant de ces modulations sont appliqués l'un après l'autre sur la sortie, par le jeu du commutateur opérant « ligne à ligne », de façon ininterrompue, suivant le principe séquentiel du système SECAM.

Le signal transmis subit de toute manière un filtrage au moyen d'un filtre spécial dit de « Mise en forme », dont le minimum de transmission en amplitude se place à la fréquence F_C . L'amplitude remonte quasi symétriquement, de part et d'autre. Ainsi, à la modulation de fréquence s'ajoute une modulation d'amplitude de la sous-porteuse.

La luminance E'_Y est enfin ajoutée au signal qui sort du filtre de mise en forme pour constituer le « signal composite ».

2.2. DÉCODEUR (figure 2)

Le signal composite est retrouvé à la réception, à l'entrée du décodeur. On peut en tirer directement la composante E'_Y de luminance, affectée de la sous-porteuse de chrominance qui constitue une trame parasite mais qu'on élimine dans les récepteurs de couleur.

Une courbe de filtrage « en cloche » permet d'isoler le spectre de chrominance, et d'annuler sur la sous-porteuse la modulation d'amplitude pour ne laisser subsister que la modulation FM.

Cette sous-porteuse est alors appliquée à une double voie :

- une voie directe,
- une voie retardée (délai $64 \mu s$ égal à la durée d'une ligne).

À la sortie, le permutateur opérant « ligne à ligne » permet d'orienter convenablement les signaux de manière à appliquer toujours la composante « rouge » à la voie de démodulation rouge, et la composante « bleue » à la voie de démodulation bleue.

Chaque voie de démodulation comprend les organes suivants :

- un limiteur d'amplitude,
- un discriminateur, détectant le signal en fonction du ΔF ,
- un circuit de désaccentuation vidéo (compensant la préaccentuation de l'émission).

On retrouve, à la sortie, les deux signaux de différences de couleurs :

$$(E'_R - E'_Y) \quad \text{et} \quad (E'_B - E'_Y)$$

avec les signes convenables, les sens des discriminateurs ayant été prévus en conséquence.

Le signal de différence de couleurs vert est obtenu par matriçage classique, à partir des deux signaux précédents :

$$(E'_V - E'_Y) = -0,51 (E'_R - E'_Y) - 0,186 (E'_B - E'_Y).$$

On dispose ainsi de tous les signaux utiles à l'attaque du tube cathodique de reproduction de l'image :

$$E'_Y, (E'_R - E'_Y), (E'_B - E'_Y) \quad \text{et} \quad (E'_V - E'_Y).$$

3. Optimisation : les valeurs numériques à fixer

L'optimisation du système peut être définie comme la détermination des valeurs les plus appropriées pour les divers paramètres précédemment rencontrés, soit :

Loi de Préaccentuation et de Désaccentuation video.

Cloche et Mise en Forme :

- Fréquence axiale : F_C
- Courbe de sélectivité.

Modulation par D'_R :

- Repos de sous-porteuse : F_{0R}
- Déviation nominale : ΔF_R
- Sens de modulation.
- Eventuellement : écrêtages.

Modulation par D'_B :

- Repos de sous-porteuse : F_{0B}
- Déviation nominale : ΔF_B
- Sens de modulation.
- Eventuellement : écrêtages.

4. Premières orientations dans la recherche de l'optimisation

La tâche fixée au groupe de travail était la recherche des meilleurs valeurs pour les paramètres du système SECAM, tout en restant dans le cadre de la modulation de fréquence pour les informations de chrominance. Par contre, alors que dans la solution d'où l'on partait : le SECAM III, présenté à Vienne en 1965, on s'était attaché à placer sur une seule fréquence (4,43 MHz) :

- la fréquence axiale de cloche : F_C
- la fréquence de repos pour le Rouge : F_{0R}
- la fréquence de repos pour le Bleu : F_{0B}

on se donnait désormais la liberté de dissocier ces

trois fréquences, c'est-à-dire de les placer individuellement à des valeurs susceptibles de réaliser les meilleures performances.

Certains points furent rapidement éclaircis, après toutefois un examen attentif et des essais. C'était de savoir s'il fallait, ou non, réaliser des lois exactement inverses (complémentaires) entre l'émission et la réception : d'une part pour la mise en forme et la cloche, d'autre part pour la préaccentuation et la désaccentuation.

Il fut reconnu qu'il n'y avait pas de progrès à attendre dans l'adoption de lois différentes ; il fut même constaté que la non-réalisation de lois complémentaires conduisait à des distorsions inadmissibles sur les régimes transitoires.

Cette conclusion réduisait le nombre des variables, puisque seulement deux formes de courbes restaient à définir. Pour ces formes elles-mêmes, on a dégagé préalablement les orientations suivantes :

4.1. PRÉACCENTUATION/DÉSACCENTUATION (en vidéo-fréquences)

On se proposait, dès le départ, de réduire le taux de préaccentuation, c'est-à-dire, de diminuer l'importance de la remontée progressive réalisée, dans la formule SECAM III, sur les fréquences élevées du spectre de modulation vidéo.

Bien entendu, une certaine préaccentuation vidéo devait être conservée : c'est une nécessité, amenée par la loi de répartition spectrale du bruit en modulation de fréquence. Mais, compte tenu des courbes généralement conseillées (par exemple, par le CCIR, pour les faisceaux hertziens à modulation de fréquence) on jugeait devoir adopter une loi de pente de montée plus modérée. Ceci paraissait d'autant plus souhaitable qu'au stade de la haute-fréquence, la courbe de mise en forme n'avait pas seulement une action sur l'amplitude de la sous-porteuse. Elle provoquait aussi une remontée des bandes latérales de modulation FM, donc un accroissement de la profondeur de modulation. C'est-à-dire qu'elle ajoutait son action à celle de la préaccentuation vidéo.

Compte tenu de ces considérations, on s'est proposé « a priori », et sous réserve, bien entendu de vérifications expérimentales, d'adopter une loi à remontée plus douce. La figure 3 montre ainsi, en comparaison, la loi de préaccentuation du SECAM III et celle du SECAM III « optimisé » (appelé aussi III b) finalement adoptée.

Les déformations réalisées par le jeu de la préaccentuation pourraient paraître sans importance, puisqu'elles ne jouent qu'au stade intermédiaire (dans la transmission) et que finalement tout est remis en ordre et pour ainsi dire annulé par la courbe complémentaire de désaccentuation. Cela serait exact si la largeur de bande offerte au canal HF, stade intermédiaire, ne présentait pas de limitation. Mais ça n'est pas le cas ; soit qu'on opère une restriction volontaire dans la largeur de canal alloué à la chrominance (pour des raisons de sélection, et de protection contre la porteuse du son), soit qu'il s'agisse de déformations occasionnelles (effets accidentels de coupure de bande).

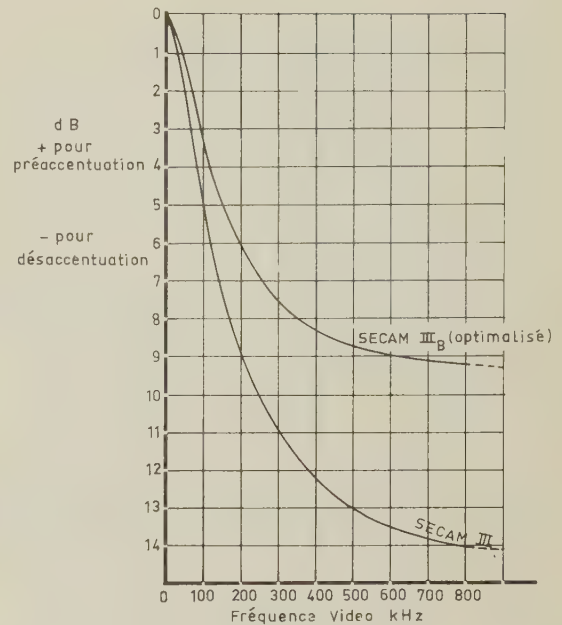


FIG. 3. — Préaccentuation/désaccentuation vidéo.

$$G(\text{dB})_{VF} = \pm 10 \log_{10} \frac{1 + (F/F_1)^2}{1 + (F/3F_1)^2} \text{ avec : } F_1 = 85 \text{ kHz}$$

Il faut, en plus, voir cela avec les conditions particulières d'occupation du spectre HF par le signal modulé en fréquence. Pour toutes ces raisons, on n'a pas intérêt à trop étaler la bande occupée au stade intermédiaire. La réduction proposée du taux de préaccentuation tend à réaliser cet objectif.

4.2. MISE EN FORME ET CLOCHE (agissant sur la sous-porteuse modulée)

Au contraire de la préaccentuation, la courbe de sélectivité pour la « Mise en forme » et la « Cloche » était considérée comme donnant satisfaction.

Cette courbe (cloche à la réception) correspond, comme on sait, au désir d'abaisser la valeur du rapport Signal à Bruit de l'image compatible, au point où apparaît, pour la démodulation de chrominance, l'effet de seuil propre à la modulation de fréquence.

Elargir cette courbe (comme c'était le cas pour des versions antérieures au SECAM III), conduisait à perdre sur cette performance. Augmenter, au contraire, la sélectivité de la cloche, paraissait devoir conduire à des ajustements trop délicats. (voir la forme de la cloche, figure 4).

On décidait donc de s'en tenir à la sélectivité de cloche (et de mise en forme) déjà utilisée sur le SECAM III.

Les investigations avaient ainsi les points suivants pour champ d'action :

Fixation des valeurs les plus avantageuses pour :

$$F_C ; F_{OR} \text{ et } \Delta F_R ; F_{OB} \text{ et } \Delta F_B$$

avec comme critères d'obtenir les performances les meilleures en ce qui concerne :

- le bruit
- la compatibilité

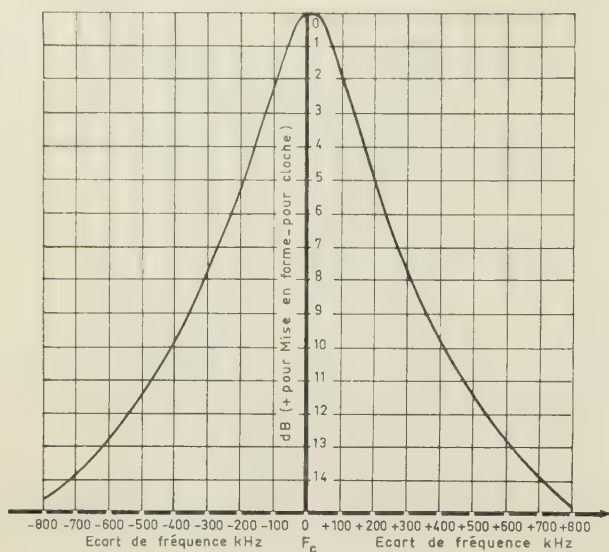


FIG. 4. — Mise en forme et cloche (courbe symétrisée)

$$G(\text{dB})_{HF} = \pm 10 \log_{10} \frac{1 + 256 X^2}{1 + 1,6 X^2} \text{ avec } X = \frac{F}{F_c} - \frac{F_c}{F} \text{ et } F_c = 4,286 \text{ MHz}$$

— les transitoires dans les couleurs (définition chromatique).

Les bons résultats, déjà acquis en ce qui concerne :

- l'amplitude différentielle
- la phase différentielle
- l'enregistrement magnétique

semblaient, de toute façon, ne pas devoir être remis en cause.

Naturellement, les valeurs numériques des divers paramètres ont leur influence sur toutes les performances à la fois (bruit, compatibilité, transitoires...). Il aurait été très difficile, même en disposant d'un grand calculateur électronique, de résoudre le problème de façon totalement mathématique, car on ne pouvait poser le problème de façon suffisamment complète à la machine. D'autre part, une partie des essais, entre autre la compatibilité, se traduisent par des expériences subjectives qu'il eut été quasi-impossible de mettre en équation.

Un mode d'approche plus réaliste a donc été adopté, s'appuyant à la fois sur le raisonnement et l'expérience, qu'on peut approximativement définir comme suit :

1° L'analyse du bruit apporté par la voie chrominance, pour la réception normale, a montré l'influence prépondérante de la composante « Rouge ». Elle a ainsi conduit à définir les valeurs optimales, pour ce point de vue, en ce qui concerne la position de F_{0R} par rapport à l'axe de la cloche F_c , et la valeur de la déviation nominale ΔF_R .

2° L'action du bruit, pour la voie « bleue » est moins importante. Elle permet de fixer les caractéristiques pour F_{0B} et ΔF_B en considérant leur influence également vis-à-vis de la compatibilité (sur ce point, les options prises pour le rouge ont imposé certaines données) et vis-à-vis des transitoires.

3° Comme, au cours de la fixation de tous les points précédents, (y compris lors de l'adoption, dès le départ,

d'une loi modérée de préaccentuation), on avait cherché à avoir de bons régimes transitoires, il restait à calculer et expérimenter ceux-ci. L'action des coupures accidentelles de bande passante, des écrêtages volontaires qu'on réalisait sur les signaux de modulation devait, en même temps, être étudiée.

Ce plan de recherche fixe l'ordre des paragraphes qui vont suivre :

- Etude du bruit.
- Examen de la compatibilité.
- Transmission des transitoires de couleurs.

5. Etude du bruit

L'origine du bruit se trouve dans les étages d'entrée du récepteur. Il perturbe à la fois la voie de luminance et la voie de chrominance. Toutefois, sa principale action se produit par le canal de la voie de luminance. La voie de chrominance ne contribue que dans une proportion relativement faible à l'effet global du bruit.

Malgré cela, l'examen de l'effet du bruit sur la voie de chrominance est un critère dans la comparaison des divers systèmes de codage pour la télévision en couleur. Cette caractéristique est en effet particulière à chaque procédé.

Pour cette raison, l'effet du bruit sur la voie de chrominance du SECAM a été examiné avec soin ; et l'on a cherché, dans l'étude de l'optimisation, à rendre cet effet minimal. Les aspects successifs suivants ont été passés en revue :

a) On se place dans le cas d'une plage de couleur uniforme. Le bruit s'ajoute au signal utile continu pour créer un spectre parasite couvrant toute la bande des videofréquences. Une analyse est faite de la répartition de la densité spectrale de ce bruit à la sortie d'une voie de détection. Les résultats dépendent de l'écart réalisé entre l'axe de la courbe en cloche et la fréquence de la sous-porteuse correspondant à l'envoi de la teinte considérée.

b) L'examen des courbes de répartition spectrale précédentes permet de choisir une fréquence de la bande video représentative de l'effet moyen du bruit. Pour cette fréquence, on analyse l'effet visuel du bruit de chrominance tel qu'il apparaît sur l'écran (essentiellement par les variations de luminance qu'il produit) au téléspectateur.

La perturbation varie suivant les teintes, cet examen étant fait sur la mire de barres colorées. La recherche d'un minimum de gêne a permis de fixer certains paramètres, soit pour une valeur de F_c donnée, les valeurs de F_{0R} et ΔF_R .

c) En dernière analyse, on évalue le rapport signal à bruit de la réception de noir et blanc compatible (le niveau de la sous-porteuse ayant été fixé à une valeur adéquate) lorsqu'apparaît, sur l'image couleur, l'effet de seuil de la modulation FM de chrominance ; et l'on vérifie que cet effet apparaît dans des conditions où la réception de noir et blanc est elle-même inacceptable.

5.1. EXAMEN D'UNE VOIE DE DÉMODULATION. LOI DE RÉPARTITION DE LA DENSITÉ SPECTRALE DU BRUIT EN SORTIE

La voie de démodulation (fig. 2), comporte les circuits successifs suivants :

- filtre en cloche,
- limiteur d'amplitude,
- discriminateur.
- circuit de désaccentuation video,

5.1.1. Action de la cloche

L'axe de la cloche est situé à une certaine fréquence F_C , à définir, et sur une plage de couleur, la sous-porteuse déviée se place à une valeur supposée égale à F_D .

A la sortie du filtre en cloche, le signal utile (F_D) est d'amplitude constante, la cloche ayant pour effet d'annuler la modulation d'amplitude provoquée à l'émission par la courbe de mise en forme. Par contre, le bruit, qui frappe avec une répartition spectrale uniforme l'entrée du récepteur, subit l'atténuation sélective de la cloche.

Pour une fréquence F de la bande video, ce sont les composantes de bruit placées autour des bandes latérales :

$$(F_D - F) \text{ et } (F_D + F)$$

qui entrent en jeu. Leurs actions s'ajoutent en puissance.

Ces composantes subissent, du fait de la cloche, des atténuations qui sont différentes, étant donné que F_D ne coïncide pas, en général, avec l'axe de la cloche F_C . D'où l'obtention de toute une famille de courbes de répartition de densité spectrale de bruit en fonction de F (video) suivant les valeurs présentées par le décentrage : $(F_D - F_C)$. La loi de sélection de la cloche pouvant être considérée comme pratiquement symétrique, les résultats seront les mêmes, que ce décentrage soit positif ou négatif.

Un premier calcul a donc été mené pour chiffrer cette action, la courbe de la cloche étant celle représentée sur la figure 4. Les résultats en sont donnés sur la figure 5b.

La loi de combinaison des bruits est la suivante :

Si G_1 et G_2 chiffreront les décibels produits par la cloche sur les bandes latérales en cause, les puissances de bruit P_1 et P_2 (valeurs relatives) sont telles, derrière la sélection, que :

$$G_1 = 10 \log_{10} P_1 \quad (P_1 < 1) \quad (G_1 < 0).$$

$$G_2 = 10 \log_{10} P_2 \quad (P_2 < 1) \quad (G_2 < 0).$$

ce qui correspond à :

$$P_1 = 10^{G_1/10} \quad P_2 = 10^{G_2/10}.$$

La puissance globale, qui résulte de l'addition des bruits en cause, est ainsi :

$$P_1 + P_2 = 10^{G_1/10} + 10^{G_2/10}.$$

Comme on ne s'intéresse qu'aux valeurs relatives, et pour retrouver dans le cas de centrage les mêmes

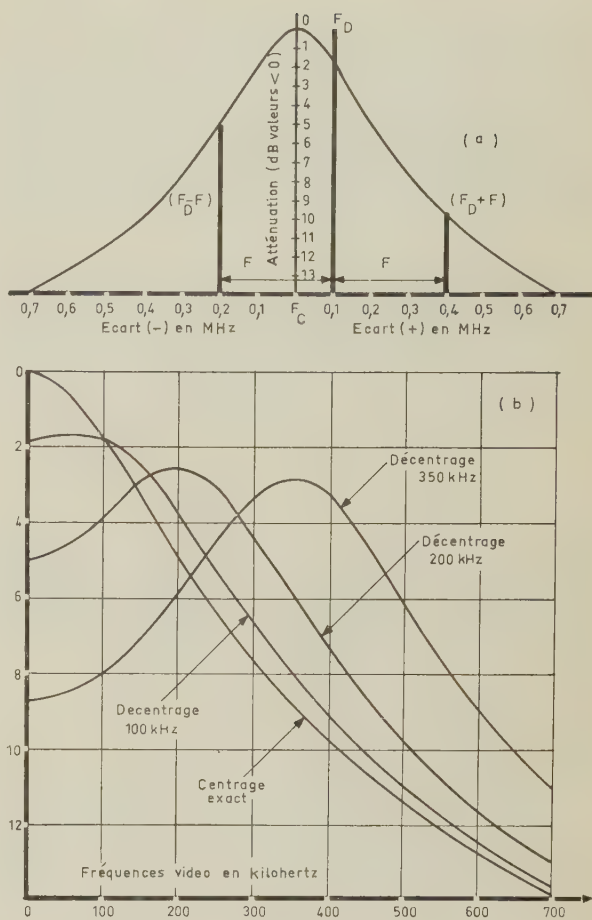


FIG. 5.

valeurs de décibels que sur les flancs de la courbe en cloche, on a chiffré :

$$G(\text{total}) = 10 \log_{10} \frac{P_1 + P_2}{2}.$$

Exemples de calcul

1° $F_{\text{video}} = 300$ kHz ; décentrage $F_D - F_C = 100$ kHz

On trouve (fig. 5a) :

$$\text{sur } (F_D - F) \quad G_1 = -4,95 \text{ dB}$$

$$\text{sur } (F_D + F) \quad G_2 = -9,65 \text{ dB}$$

d'où il résulte que :

$$P_1 = 0,32 \quad P_2 = 0,108 \quad \frac{P_1 + P_2}{2} = 0,214 \quad (\text{valeurs relatives})$$

ce qui conduit à : $G = -6,7$ dB.

2° $F_{\text{video}} = 300$ kHz ; décentrage nul.

$$G_1 = G_2 = -7,6 \text{ dB} \quad P_1 = P_2 = \frac{P_1 + P_2}{2} = 0,174$$

ce qui redonne évidemment : $G = -7,6$ dB.

5.1.2. Intervention de la loi « triangulaire » de la FM

Les atténuations représentées sur la figure 5 sont celles qui se présentent au niveau du discriminateur, et en modulation de phase. Comme on démodule suivant la déviation de fréquence, on doit opérer une première correction qui tient compte de la loi « triangulaire » de la FM d'après laquelle, pour une répartition uniforme de bruit en HF :

— l'amplitude du bruit derrière la détection croît proportionnellement à la videofréquence F .

— la puissance correspondante obéit à une loi en F^2 ce qui conduit à ajouter aux décibels représentés sur la figure 5, ceux correspondant à la loi :

$$G_{TRI} = 10 \log_{10} \left(\frac{F}{F_0} \right)^2$$

F_0 étant une fréquence repère, qu'on peut choisir arbitrairement puisqu'on ne recherche qu'une répartition relative, fréquence qu'on a prise égale à 100 kHz pour la commodité des calculs.

G_{TRI} intervient de façon identique sur toutes les courbes de la figure 5.

5.1.3. Action du réseau de désaccentuation

Il faut encore ajouter les décibels qui correspondent à la désaccentuation, intervenant en videofréquences, donc de façon identique quels que soient les décentrages. Cette loi est celle de la figure 3, soit G_{VF} .

5.1.4. Effet global

La combinaison de tous les décibels correspondant aux diverses lois énoncées plus haut conduit aux courbes de la figure 6 qui donnent la loi définitive de répartition spectrale du bruit selon les diverses valeurs de décentrage. Ces courbes montrent une bonne égalisation du bruit dans la bande passante vidéo.

Sur ces courbes, on voit qu'on peut retenir, comme fréquence typique exprimant avec une bonne approxi-

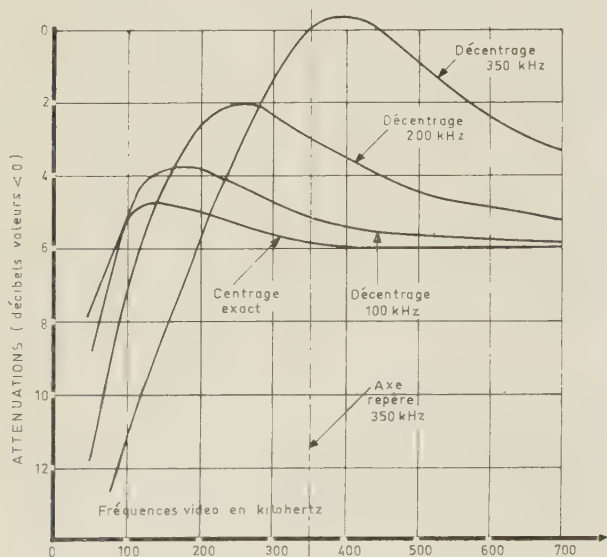


FIG. 6. — Répartition de la densité spectrale de bruit dans la bande vidéo pour divers décentrages.

mation la valeur moyenne de bruit, la videofréquence de 350 kHz. En retenant cette valeur comme représentative de l'effet du bruit, on est amené à représenter de façon simple sur la figure 7 l'effet du décentrage sur le bruit.

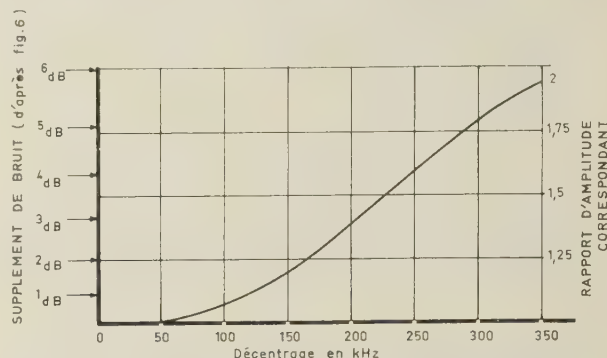


FIG. 7. — Effet du décentrage sur l'amplitude du bruit (pour la fréquence repère de 350 kHz).

C'est cette courbe qui sera utilisée au § 5.2. A cet usage les décibels sont convertis en rapports d'amplitude.

5.2. EFFET VISUEL DU BRUIT SUR LA MIRE DE BARRES. OPTIMISATION DE F_C , F_{0R} ET ΔF_R

L'effet visuel du bruit apparaît essentiellement à l'observateur sous la forme de variations erratiques de luminance. Ce fait est conforme à l'expérience.

D'autre part, la loi physiologique de FECHNER indique qu'une même variation absolue de luminance est d'autant moins apparente pour l'œil qu'elle se manifeste dans une plage de luminance moyenne élevée. Il est toutefois nécessaire, pour que cette loi puisse s'appliquer, que la luminance moyenne dont il s'agit soit suffisamment grande vis-à-vis des variations considérées. Si la luminance moyenne était très faible vis-à-vis des variations provoquées par le bruit, on conçoit qu'elle n'ait plus d'action.

5.2.1. Attaque du tube image

La figure 8 représente, à partir des deux voies de détection, les circuits d'attaque du tube image. Les tensions $(E'_R - E'_Y)$, $(E'_B - E'_Y)$ et $(E'_V - E'_Y)$ sont appliquées respectivement aux trois Wehnelts du tube ; la luminance inversée : $-E'_Y$ étant appliquée aux trois cathodes réunies en parallèle (montage dit de « matriçage par le tube image »).

Les deux discriminateurs sont supposés fonctionner de façon identique et avec des niveaux identiques de sous-porteuse.

Les signaux modulateurs sont, comme on l'a vu :

Voie « rouge » : $-1,9 (E'_R - E'_Y)$

Voie « bleue » : $+1,5 (E'_B - E'_Y)$

On suppose que le discriminateur « rouge » sort le niveau :

$$1,9 (E_R - E'_Y) \quad (1)$$

l'effet du signe « moins » étant annulé par un retournement dans le sens de détection.

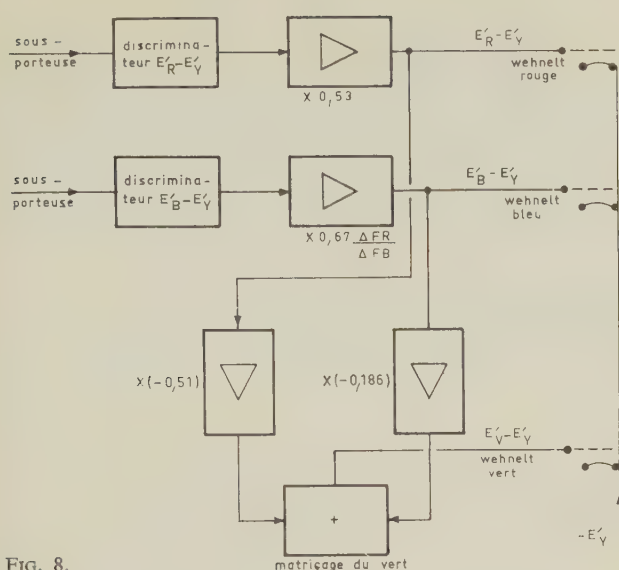


FIG. 8.
Attaque du tube image.

On doit donc multiplier par $1/1,9 = 0,53$ ce signal pour attaquer le Wehnelt « rouge ».

Si les déviations nominales ΔF_R et ΔF_B étaient les mêmes, le discriminateur « bleu » sortirait

$$1,5 (E'_B - E'_Y) ;$$

mais on se garde la possibilité de les régler à des valeurs différentes, ce qui conduit à un signal de sortie détecté de :

$$1,5 \times \frac{\Delta F_B}{\Delta F_R} \times (E'_B - E'_Y)$$

pour donner une expression comparable à (1).

D'où la nécessité de multiplier ce signal par le coefficient :

$$\frac{1}{1,5} \times \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} = 0,67 \times \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} \quad (2)$$

pour l'attaque du Wehnelt « bleu ».

Quant au Wehnelt « vert » il est attaqué par le signal $(E'_V - E'_Y)$ qu'on obtient par le matriçage classique :

$$(E'_V - E'_Y) = -0,51 (E'_R - E'_Y) - 0,186 (E'_B - E'_Y). \quad (3)$$

5.2.2. Intervention du bruit

Pour étudier l'action du bruit, qui se manifeste à la fois par des signaux erratiques (non corrélés) se développant à la sortie des deux discriminateurs, on supposera que les signaux détectés subissent, à partir de leur valeur moyenne (qui sera celle développée sur les diverses plages colorées de la mire de barres), de petites variations (sauts) qu'on notera respectivement :

- λ_1 (pour la voie rouge)
- λ_2 (pour la voie bleue).

Conformément aux résultats du paragraphe 5.1. (fig. 7), λ_1 et λ_2 présenteront des valeurs relatives qui seront fonction des « décentrages » réalisés sur les diverses teintes. Il n'y aurait, par contre, aucune raison de les supposer différents (les détecteurs étant placés dans des conditions de fonctionnement identiques) si on avait affaire à un système classique de modulation d'amplitude (NTSC par exemple).

5.2.3. Action du bruit « rouge »

Le bruit « rouge » se manifeste par le « saut » λ_1 . Celui-ci développe les signaux suivants sur les Wehnelts (fig. 8) :

Wehnelt rouge : $+0,53 \lambda_1$

Wehnelt bleu : 0

Wehnelt vert : $-0,53 \times 0,51 \lambda_1 = -0,27 \lambda_1$.

Analysons l'action de ces « sauts » sur la luminance développée sur l'écran du tube image.

Les trois signaux de commande des Wehnelts, étant « précorrégés en gamma » ont pour expression :

$$E_R^{1/\gamma}, \quad E_B^{1/\gamma} \quad \text{et} \quad E_V^{1/\gamma}.$$

La distorsion en puissance γ rencontrée sur chaque luminophore, rétablit finalement les brillances correctes, qui sont respectivement de :

$$E_R \quad E_B \quad E_V$$

correspondant à une luminance de :

$$E_Y = 0,59 E_V + 0,3 E_R + 0,11 E_B$$

Par l'intervention du « saut » λ_1 les signaux de commande Wehnelt deviennent :

$$\begin{aligned} E_R^{1/\gamma} + 0,53 \lambda_1 \\ E_B^{1/\gamma} \\ E_V^{1/\gamma} - 0,27 \lambda_1. \end{aligned}$$

Produisant, sur les luminophores, les signaux (en brillance) de :

$$\begin{aligned} (E_R^{1/\gamma} + 0,53 \lambda_1)^\gamma \\ E_B \\ (E_V^{1/\gamma} - 0,27 \lambda_1)^\gamma. \end{aligned}$$

D'où l'expression de la luminance modifiée :

$$E_Y = 0,59 (E_V^{1/\gamma} - 0,27 \lambda_1)^\gamma + 0,3 (E_R^{1/\gamma} + 0,53 \lambda_1)^\gamma + 0,11 E_B.$$

On admet généralement que $\gamma = 2,2$; mais on peut aussi, sans grande erreur (et pour simplifier ici les calculs) prendre $\gamma = 2$.

Dans cette dernière hypothèse, on voit que E_Y passe de :

$$E_Y = 0,59 E_V + 0,3 E_R + 0,11 E_B \quad (4)$$

à

$$E_Y = 0,59 (\sqrt{E_V} - 0,27 \lambda_1)^2 + 0,3 (\sqrt{E_R} + 0,53 \lambda_1)^2 + 0,11 E_B. \quad (5)$$

La seconde expression donne, en développant :

$$E_Y = 0,59 E_V - 0,32 \lambda_1 \sqrt{E_V} + 0,043 \lambda_1^2 + 0,3 E_R + 0,32 \lambda_1 \sqrt{E_R} + 0,084 \lambda_1^2 + 0,11 E_B. \quad (6)$$

Les sauts λ_1 étant supposés faibles, on pourra négliger les termes en λ_1^2 devant les termes faisant intervenir λ_1 . En retranchant (4) de (6), on trouve ainsi :

$$\Delta E_{Y(\text{rouge})} = 0,32 \lambda_1 (\sqrt{E_R} - \sqrt{E_V}). \quad (7)$$

5.2.4. Action du bruit « bleu »

Le processus du calcul sera identique. En se reportant toujours à la figure 8 et sous l'effet d'une variation λ_2 à la sortie du discriminateur bleu, les signaux de commande des Wehnelts sont accrus des quantités suivantes :

Wehnelt vert :

$$-0,67 \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} 0,186 \lambda_2 = -0,125 \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} \lambda_2.$$

5.2.5. Action combinée des bruits

Les deux bruits (voie rouge et voie bleue) ne sont pas corrélés : du fait du principe séquentiel, ils ne sont pas relatifs à la transmission de la même ligne. On ajoutera donc leur action quadratiquement, c'est-à-dire que la somme des carrés des expressions 7) et (9) donnera le bruit quadratique moyen.

$$\overline{\Delta E_Y^2} = 0,102 \lambda_1^2 (\sqrt{E_V} - \sqrt{E_R})^2 + 0,021 \left(\frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} \right)^2 \lambda_2^2 (\sqrt{E_B} - \sqrt{E_V})^2 \quad (10)$$

5.2.6. Bruit sur la mire de barres

La mire de barres fait apparaître, suivant les diverses couleurs, des valeurs particulières pour les expressions :

$|\sqrt{E_V} - \sqrt{E_R}|$ et $|\sqrt{E_B} - \sqrt{E_V}|$ (qui n'interviennent que par leurs valeurs absolues)

Pour la mire de barres à 75 %, on trouve les résultats donnés par le tableau III.

TABLEAU III

Teintes	$\sqrt{E_V}$	$\sqrt{E_R}$	$\sqrt{E_B}$	$ \sqrt{E_V} - \sqrt{E_R} $	$ \sqrt{E_B} - \sqrt{E_V} $	E_Y
Blanc.....	0,75	0,75	0,75	0	0	0,56
Jaune.....	0,75	0,75	0	0	0,75	0,5
Bleu/vert....	0,75	0	0,75	0,75	0	0,39
Vert.....	0,75	0	0	0,75	0,75	0,33
Violet.....	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,23
Rouge.....	0	0,75	0	0,75	0	0,17
Bleu.....	0	0	0,75	0	0,75	0,06
Noir.....	0	0	0	0	0	0

Wehnelt rouge : 0

Wehnelt bleu : $0,67 \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} \lambda_2$

En présence de λ_2 , la luminance devient ainsi :

$$E_Y = 0,59 \left(\sqrt{E_V} - 0,125 \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} \lambda_2 \right)^2 + 0,11 \left(E_B + 0,67 \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} \lambda_2 \right)^2. \quad (8)$$

Soit, comme précédemment, en négligeant les termes en λ_2^2 , et en faisant la différence avec la luminance non perturbée (expression (4)).

$$\Delta E_{Y(\text{bleu})} = 0,146 \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B} \lambda_2 (\sqrt{E_B} - \sqrt{E_V}). \quad (9)$$

En même temps, on a fait figurer la luminance vraie sur l'écran :

$$E_Y = 0,59 E_V + 0,3 E_R + 0,11 E_B$$

en tenant compte du fait que, dans l'application de la mire de barre à 75 %, ce sont les signaux précorrigés en gamma dont les maximums sont à 0,75. Ceux-ci se traduisent, sur l'écran, par des brillances maximales de :

$$(0,75)^2 = 0,56$$

Dans la recherche de l'optimisation des résultats, on va devoir agir sur les paramètres :

$$\lambda_1 \quad \lambda_2 \quad \text{et} \quad \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B}$$

de l'expression (10). Mais, préliminairement, on constatera les faits suivants :

a) La valeur absolue du bruit passera par un maximum pour les plages centrales : vert et violet.

Puis, les plages rouge et bleue, symétriques par rapport à la ligne médiane donneront un bruit plus réduit. Enfin les plages symétriques, encore plus éloignées du centre (jaune et bleu), donneront un bruit encore plus réduit en raison de la faible valeur du coefficient numérique intervenant dans l'expression (10).

b) Mais pour l'effet visuel ce qui compte essentiellement comme on l'a dit précédemment, c'est en vertu de la loi de FECHNER le rapport entre la valeur absolue de l'amplitude du bruit (racine carrée des valeurs données par (10)) et la luminance moyenne sur chaque plage.

En vertu de la décroissance progressive de la luminance vers la droite de la mire, on voit que l'effet du bruit ne pourra qu'aller en croissant du jaune au violet jusqu'aux plages rouge et bleue qui doivent faire l'objet d'un examen particulier.

Plage rouge — Elle présente un facteur d'aggravation par rapport au violet : la luminance moyenne passe de 0,23 à 0,17. Mais dans (10), seul le premier terme au lieu des deux termes entrera en jeu.

Il est donc a priori difficile de dire si cette plage est plus critique que le violet.

Plage bleue — La luminance moyenne y tombe à une valeur très basse, ce qui fait que la loi de FECHNER peut difficilement s'y appliquer. Seule semble devoir compter la valeur absolue du bruit qui, de toute façon sera faible.

Ainsi, les plages du violet et du rouge semblent devoir être les plus critiques et, de ce fait, devront servir de critère dans la recherche de l'optimisation.

Le bruit, dans ces plages, sera essentiellement produit (voir tableau III et relation (10)) par le terme :

$$0,102 \lambda_1^2 (\sqrt{E_V} - \sqrt{E_R})^2.$$

Ce qui montre que l'optimisation doit chercher à réaliser des valeurs particulièrement favorables de λ_1 sur ces teintes critiques, λ_1 étant relatif à la voie de modulation rouge.

5.2.7. Optimisation du bruit par les conditions de modulation de la voie rouge

On peut faire varier λ_1 dans une certaine proportion en plaçant convenablement sur l'échelle des fréquences F_C et F_{0R} pour un ΔF_R fixé, en considérant les déviations opérées sur la mire de barres.

C'est ainsi qu'on a représenté ces déviations sur la figure 9, d'abord en valeurs relatives. On voit que, fort heureusement, les déviations correspondant aux deux plages à avantager (le violet et le rouge) sont très voisines : respectivement $-0,84$ et -1 .

On aurait donc intérêt, pour diminuer le bruit par réduction du coefficient λ_1 , à placer F_C aussi près que possible de la sous-porteuse déviée sur ces plages.

On doit néanmoins, dans un souci de compromis pour les autres teintes, ne pas exagérer cet effet. C'est pourquoi on a finalement décidé, tout en plaçant F_C en-dessous de F_{0R} pour réaliser l'effet recherché de limiter le décalage $F_{0R} - F_C$ à une valeur moyenne.

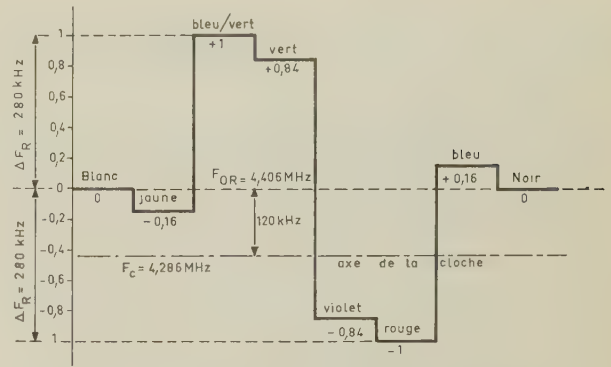


FIG. 9. — Modulation par D'_R sur la mire de barres.

On s'est fixé ainsi $F_{0R} - F_C = 0,12$ MHz compte tenu par ailleurs que la déviation nominale ΔF_R était portée à 280 kHz (ce qui correspondait au maximum possible compatible avec la largeur de bande disponible).

Quant aux valeurs absolues pour ces deux fréquences on les a choisies en vertu des critères suivants :

— ne pas placer trop haut le spectre couvert par la chrominance (à cause des effets de coupure de bande).

— ne pas le placer trop bas, à cause de la visibilité de la sous-porteuse (condition de compatibilité).

— adopter pour F_{0R} une valeur multiple de la fréquence de ligne F_H

Ceci a conduit à adopter les valeurs suivantes :

$$F_{0R} = 4,406 \text{ MHz} = 282 F_H$$

$$F_C = 4,286 \text{ MHz}$$

$$\Delta F_R = 280 \text{ kHz}$$

5.2.8. Condition de modulation de la voie bleue (fig. 10)

Dans l'expression (10), la voie bleue agit sur le bruit par le second terme soit en faisant intervenir

$$\lambda_2 \text{ et } \frac{\Delta F_R}{\Delta F_B}.$$

Mais le second terme de (10) est, du fait du coefficient 0,021 (au lieu de 0,102), beaucoup moins important que le premier. Ce ne sont donc pas les conditions

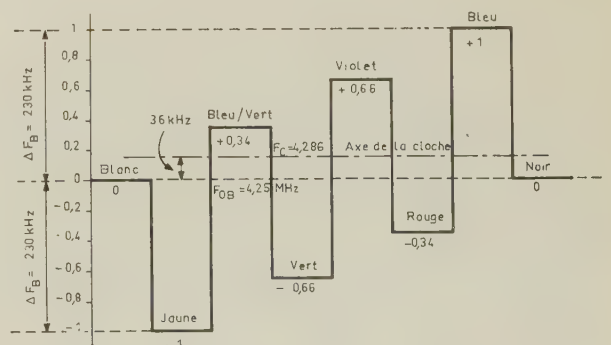


FIG. 10. — Modulation par D'_B sur la mire de barres.

du bruit mais les considérations de bande et de compatibilité qui ont fixé les caractéristiques de la voie « bleue ».

— compatibilité : elle a conduit à placer F_{0B} légèrement au dessous de F_C . On notera (ceci sera justifié plus loin) la valeur retenue de :

$$F_{0B} = 4,25 \text{ MHz} = 272 F_H$$

— bande passante : ΔF_B agit sur le bruit ΔF_R étant fixé, par le rapport $\frac{\Delta F_R}{\Delta F_B}$ dans le deuxième terme de (10).

Mais, pour des raisons d'occupation de bande, étant donné que la voie bleue intervient peu dans le bruit (faible coefficient 0,021), on a pu adopter un ΔF_B relativement réduit; $\Delta F_B = 230 \text{ kHz}$ a ainsi été choisi.

Bien entendu la valeur de ΔF_B intervient, en même temps que F_{0B} , dans la compatibilité.

5.2.9. Calcul final du bruit

Les valeurs des paramètres en cause étant fixées, on peut effectuer les calculs relatifs au bruit sur les diverses plages colorées de la mire de barres. Les valeurs

choisies pour ΔF_R (280 kHz) et ΔF_B (230) conduisent d'abord à expliciter (10) sous la forme :

$$\overline{\Delta E_Y^2} = 0,102 \lambda_1^2 (\sqrt{E_V} - \sqrt{E_R})^2 + 0,032 \lambda_2^2 (\sqrt{E_B} - \sqrt{E_V})^2. \tag{11}$$

Puis, compte tenu des valeurs trouvées au tableau III pour :

$$|\sqrt{E_V} - \sqrt{E_R}|, \quad |\sqrt{E_B} - \sqrt{E_V}| \quad \text{et} \quad E_Y,$$

on a pu représenter, au tableau IV, pour les plages considérées :

- la tension quadratique moyenne de bruit
- la tension efficace (racine carrée de la valeur précédente)
- le rapport entre cette tension efficace et la luminance.

Les résultats font intervenir λ_1 et λ_2 . Il convient de rechercher les valeurs prises par ces coefficients. Celles-ci sont données au tableau V compte tenu des valeurs adoptées pour F_C , F_{0R} , F_{0B} , ΔF_R et ΔF_B .

TABLEAU IV

Teintes	Luminance sur l'écran	Tension quadratique moyenne de bruit	Tension efficace de bruit	Tension efficace de bruit/luminance
Blanc	0,56	0	0	0
Jaune	0,5	$0,0179 \lambda_2^2$	$0,134 \lambda_2$	$0,268 \lambda_2$
Bleu/Vert ..	0,39	$0,057 \lambda_1^2$	$0,239 \lambda_1$	$0,61 \lambda_1$
Vert	0,33	$0,057 \lambda_1^2 + 0,0179 \lambda_2^2$	$\sqrt{0,057 \lambda_1^2 + 0,0179 \lambda_2^2}$	$\sqrt{0,525 \lambda_1^2 + 0,164 \lambda_2^2}$
Violet	0,23	$0,057 \lambda_1^2 + 0,0179 \lambda_2^2$	$\sqrt{0,057 \lambda_1^2 + 0,0179 \lambda_2^2}$	$\sqrt{1,07 \lambda_1^2 + 0,338 \lambda_2^2}$
Rouge	0,17	$0,057 \lambda_1^2$	$0,239 \lambda_1$	$1,4 \lambda_1$
Bleu	0,06	$0,0179 \lambda_2^2$	$0,134 \lambda_2$	$2,24 \lambda_2$
Noir	0	0	0	0

TABLEAU V

Teintes	D'_R (Rouge)		D'_B (Bleu)		λ_1 (Rouge)		λ_2 (Bleu)	
	Valeur relative	F correspondante MHz	Valeur relative	F correspondante MHz	Décentrage MHz	λ_1	Décentrage MHz	λ_2
Blanc	0	4,406	0	4,25	0,120	1,13	0,036	1,01
Jaune	-0,16	4,361	-1	4,02	0,075	1,05	0,266	1,70
Bleu/Vert ...	+1	4,686	+0,34	4,328	0,400	2,00	0,042	1,01
Vert	+0,84	4,641	-0,66	4,098	0,355	1,97	0,188	1,35
Violet	-0,84	4,171	+0,66	4,402	0,115	1,12	0,116	1,12
Rouge	-1	4,126	-0,34	4,172	0,160	1,25	0,114	1,12
Bleu	+0,16	4,451	+1	4,48	0,165	1,27	0,194	1,38
Noir	0	4,406	0	4,25	0,120	1,13	0,036	1,01

Il est alors possible de calculer les rapports valeur efficace du bruit/luminance qui représentent l'effet visuel du bruit. Ceux-ci sont donnés au tableau VI et représentés sur la courbe de la figure 11.

TABLEAU VI

Teintes	Tension efficace de bruit/luminance	
	Valeurs brutes	Valeurs explicitées
Blanc	0	0
Jaune	$0,268 \times 1,70$	0,45
Bleu/Vert .	$0,61 \times 2,00$	1,22
Vert	$\sqrt{0,525(1,97)^2 + 0,164(1,35)^2}$	1,53
Violet	$\sqrt{1,07(1,12)^2 + 0,338(1,12)^2}$	1,33
Rouge ...	$1,4 \times 1,25$	1,75
Bleu	$2,24 \times 1,38$	3,1
Noir	0	0

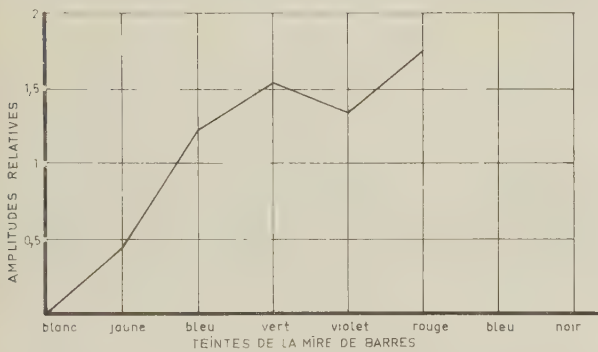


FIG. 11. — Effet visuel du bruit sur la mire de barres.

Nota : Etant donné la très faible valeur de la luminance sur la plage bleue, le chiffre trouvé pour cette plage n'a pas été retenu comme significatif.

On peut conclure, de l'examen de ces résultats, que :

— l'optimisation réduit le mieux possible la montée du bruit vers les plages de droite de la mire de barres.

Un calcul, que nous ne donnons pas ici [3], montre qu'avec le NTSC, cette montée est plutôt plus accentuée.

— l'optimisation place le SECAM le mieux possible vis-à-vis du bruit. En fait, des comparaisons faites avec le NTSC et avec l'ancien SECAM III non optimisé, ont montré :

— qu'on avait gagné entre 1 et 2 dB vis-à-vis du SECAM III, ceci malgré la réduction notable de la désaccentuation.

— qu'on se plaçait sensiblement à égalité vis-à-vis du NTSC [3].

[3] « Le Système de télévision en couleur SECAM ». Brochure (rouge) de la Compagnie française de Télévision distribuée à Oslo (CCIR) juin/juillet 1966. Cette brochure représente, en quelque sorte, le rapport du groupe de travail réf. [1].

5.3. EFFET DE SEUIL

Les calculs effectués aux paragraphes 5.1 et 5.2. ne sont valables que si la sous-porteuse présente un niveau convenable à l'entrée des discriminateurs.

Lorsque la puissance développée sur la sous-porteuse ne présente plus, comparée à la puissance de bruit en ce même point, une valeur suffisante (définie par la littérature), on passe en-dessous du « seuil » de fonctionnement correct. Les résultats deviennent moins bons, et un effet de « capture » du signal par le bruit apparaît progressivement.

On va chiffrer le rapport signal à bruit de la réception Noir et Blanc « compatible » qui correspond à l'apparition de ce seuil ; et montrer qu'il représente des conditions de réception mauvaises, qu'il n'est pas normal de prendre en considération.

Si l'on attribue 1 V à l'intervalle total de tension alloué au signal video composite, les normes optimisées du SECAM, après les essais relatifs à la compatibilité (§ 6), attribuent 0,115 V à l'amplitude de crête de la sous-porteuse de chrominance (à la fréquence F_C où ne joue pas la mise en forme). Cette amplitude se maintient du reste constante devant le discriminateur de réception à toute valeur de fréquence, par suite de l'allure complémentaire des courbes de « mise en forme » et de « cloche ». On fait le calcul en un point où est supposé se développer ce niveau.

En face du signal utile, représenté par la sous-porteuse, se trouve le bruit produit par les circuits d'entrée du récepteur et qui couvre la bande passante avec une densité uniforme. On appellera d cette densité, qu'on exprimera en volts carrés par kilohertz de bande (au même point de comparaison). Le canal de chrominance s'étendant pratiquement sur 1 600 kHz, la tension quadratique moyenne correspondant au bruit sera de :

$$d \times 1\,600\text{ kHz}$$

à l'entrée du circuit « cloche ».

Mais, par suite de l'action sélective de la cloche (voir la fig. 4), un calcul d'intégration simple montre que la puissance de bruit est divisée par 4. La tension quadratique moyenne du bruit vaut donc :

$$400 d \quad (V^2)$$

(On voit par là le rôle fondamental de la cloche dans la condition de seuil).

En comparaison, la tension quadratique moyenne correspondant à la sous-porteuse vaudra :

$$\frac{(0,115)^2}{2} = 0,0066 \quad (V^2).$$

Nous cherchons à fixer une valeur précise pour le seuil de fonctionnement du discriminateur. Dans la littérature, il est admis en général que le seuil se produit pour un rapport signal à bruit de 10 dB aux indices de modulation FM relativement élevés, et qu'on peut abaisser cette valeur à 8 dB pour les indices faibles, ce qui est le cas du SECAM. 8 dB correspondent à un rapport de 6,3 et nous écrirons ainsi :

$$6,3 = \frac{0,0066}{400 d}$$

ceci fixera la valeur de d pour le seuil :

$$d = 2,62 \cdot 10^{-6} \text{ environ}$$

Un tel chiffre n'étant pas très significatif, on évalue le rapport S/N du signal video du Noir et Blanc qui lui correspond.

Le signal video, à faire figurer au numérateur s'élève (toujours au point de comparaison choisi) à 1 V.

Le bruit se développe dans toute la bande video de luminance (5,2 MHz environ). Il vaut donc, en tension quadratique moyenne :

$$5 \cdot 200 \cdot d \approx 0,0136 \text{ (V}^2\text{)}$$

ce qui correspond à 0,117 V efficaces environ.

Le rapport S/N du seuil est donc de 1/0,117 soit de +18,5 dB.

Cette valeur est celle d'une réception Noir et Blanc déjà mauvaise, et il est prévu pour tous les points de réception situés dans la zone d'action normale des émetteurs de dépasser franchement cette valeur. *La condition de seuil ne jouera donc usuellement pas dans la réception du SECAM.*

6. Compatibilité

6.1. GÉNÉRALITÉS

Il s'agit, comme on sait, de l'étude de la gêne apportée par la présence de la sous-porteuse sur les récepteurs de Noir et Blanc captant le programme couleurs. L'existence de cette sous-porteuse se traduit par un léger « piquetage » (qui apparaît par variation de lumière) dont on cherche à minimiser l'aspect.

L'utilisation de la modulation de fréquence donne, en SECAM, un aspect particulier à ce « piquetage », étant donné l'allure variable de la période de la sous-porteuse soumise à la modulation. La structure géométrique de la « trame parasite » résultante est, de ce fait, beaucoup moins ordonnée qu'avec les systèmes à modulation d'amplitude (NTSC ou PAL).

En outre, l'utilisation de la courbe de « Mise en forme » produit, sur la sous-porteuse, une modulation d'amplitude. Ce qui fait que son niveau, variable, présente une certaine proportionnalité avec la saturation des plages colorées transmises. On rejoint ici les systèmes à modulation d'amplitude avec plusieurs particularités toutefois :

a) On ne descend pas, en SECAM, en dessous d'un certain minimum d'amplitude qui est celui fixé pour la sous-porteuse au centre de la courbe de mise en forme.

b) Les remontées maximales sont, par contre, moins grandes qu'en NTSC ou en PAL.

c) Du fait de l'allure séquentielle de la transmission en chrominance, on peut rencontrer des amplitudes de sous-porteuse inégales d'une ligne à l'autre.

Un dernier aspect particulier au SECAM concerne les régimes transitoires qui accompagnent les brusques changements de niveau dans les signaux de chrominance. Par suite de la préaccentuation video réalisée à l'émission, une pointe sur le signal modulant accompagne le front raide de transition (§ 7).

Cette pointe, par suite de la présence du filtre de mise en forme, se traduit elle-même par une remontée particulière du niveau de la sous-porteuse. Ainsi, dans toutes les parties de l'image correspondant à des « contours », voit-on se développer des amplitudes de sous-porteuse différentes de celles des plages.

Le travail réalisé au titre de l'optimisation a essentiellement consisté, dans le domaine considéré, à rechercher les valeurs de F_{0B} et ΔF_B qui permettraient, compte tenu des valeurs déjà choisies pour F_{OR} et ΔF_R (§ 5), d'obtenir la meilleure compatibilité possible.

6.2. NIVEAU DE LA SOUS-PORTEUSE AU CENTRE DE LA COURBE DE MISE EN FORME. EFFETS TRANSITOIRES

Vu notamment la réduction de la préaccentuation video (fig. 3) et l'amélioration qui en est résultée pour la compatibilité dans les effets transitoires signalés plus haut, on a pu fixer le niveau de la sous-porteuse à une valeur légèrement supérieure à celle du SECAM III. C'est ainsi qu'une amplitude maximale de : $a = 0,115 \text{ V}$ (0,230 V de crête à crête) a pu être choisie, l'intervalle total alloué à la luminance étant compté pour 1 V.

6.3. ORDONNANCEMENT DE LA PHASE AU DÉPART DES LIGNES

On a maintenu les règles déjà fixées, qui avaient donné satisfaction (on en trouve le détail à la référence [3]). Très sommairement on rappelle qu'on verrouille la phase de la sous-porteuse au départ de chaque ligne en respectant les règles générales suivantes Phase 0 ou π . Retournement de cette phase :

- à chaque trame
- une ligne sur trois.

6.4. ACTION DE LA SOUS-PORTEUSE SUR LA LUMINANCE MOYENNE. FIXATION DE F_{0B} ET ΔF_B .

On analyse l'effet de la sous-porteuse sur la mire de barres colorées déjà citée ; mais il s'agit, cette fois-ci, d'une observation sur un récepteur Noir et Blanc.

Le signal d'attaque du Wehnelt du tube cathodique présente la forme :

$$W = E'_Y + a \cos \omega t \quad (12)$$

- a : amplitude de la sous-porteuse.
- ω : pulsation de la sous-porteuse.
- E'_Y : luminance transmise.

Etant donné la loi de réponse en brillance du tube cathodique (loi en puissance gamma par rapport au signal de commande de Wehnelt), la brillance réellement reproduite sur l'écran du cathoscope a pour valeur :

$$\begin{aligned} B &= (E'_Y + a \cos \omega t)^\gamma \\ &= E_Y'^\gamma + a \gamma E_Y'^{\gamma-1} \cos \omega t \\ &\quad + \frac{\gamma(\gamma-1)}{4} a^2 E_Y'^{\gamma-2} (1 - \cos 2\omega t). \end{aligned} \quad (13)$$

Le premier terme correspond à la luminance reproduite en l'absence de sous-porteuse. Le second représente le « piquetage » lumineux, dont la valeur moyenne est nulle. Dans le troisième terme, on ne doit pas retenir la partie en $2\omega t$: la valeur moyenne en est nulle et la structure en est trop fine pour être visible. Il reste la partie :

$$\frac{\gamma(\gamma-1)}{4} a^2 E_Y^{\gamma-2}$$

(14)

de ce dernier terme qui produit un accroissement continu de brillance. C'est ce terme dont l'action

stroboscopique de défilement sur ces lignes. D'où l'utilité de rechercher une égalisation des amplitudes entre ces deux modulations en particulier sur les plages de droite.

C'est en tenant compte de tous ces impératifs que les valeurs suivantes ont été choisies pour F_{0B} et ΔF_B .

$$F_{0B} : 4,25 \text{ MHz}$$

$$\Delta F_B : 230 \text{ kHz}$$

Elles sont justifiées par les résultats obtenus, qui sont détaillés au tableau VII.

TABLEAU VII

Amplitudes (2 a) de la sous-porteuse agissant sur la compatibilité

Teintes	Modulation par D'_R (Rouge)			Modulation par D'_B (Bleu)		
	Valeur relative	F correspondante MHz	2a (mV)	Valeur relative	F correspondante MHz	2a (mV)
Blanc.....	0	4,406	304	0	4,25	237
Jaune	-0,16	4,361	262	-1	4,02	516
Bleu/Vert	+1	4,686	678	+0,34	4,328	240
Vert	+0,84	4,641	615	-0,66	4,098	399
Violet	-0,84	4,171	302	+0,66	4,402	300
Rouge	-1	4,126	358	-0,34	4,172	300
Bleu.....	+0,16	4,451	358	+1	4,48	394
Noir	0	4,406	304	0	4,25	237

subsistera même lorsque le téléspectateur sera suffisamment éloigné de l'écran pour ne plus voir la trame piquetée en ωt . Il aura pour effet de modifier légèrement la luminance qu'il y aurait en l'absence de sous-porteuse.

En posant $\gamma = 2,2$ (valeur classique), et en écrivant qu'approximativement : $E_Y^{0,2} = 1$, on trouve pour expression simplifiée de (14) :

$$0,66 a^2$$

(15)

Pour chaque plage colorée de la mire de barres, nous allons examiner l'effet de ce terme (15), en tenant compte des particularités suivantes :

- a) L'accroissement de la luminance ($0,66 a^2$) sera d'autant plus apparent, à valeur égale, que la luminance support soit E'_Y , sera faible, en vertu de la loi de FECHNER déjà citée au paragraphe 5.2. On devra donc chercher essentiellement à minimiser les remontées d'amplitudes de sous-porteuse sur les plages de droite de la mire de barres où la luminance moyenne est réduite.
- b) Etant donné la nature séquentielle de la modulation de chrominance, il y aura deux amplitudes a en cause pour chaque teinte : l'une relative à la modulation par D'_R , l'autre relative à la modulation par D'_B . Si ces amplitudes sont différentes, il en résultera une structure de lignes visible, et un certain effet

On voit de la sorte que :

- sur les plages les plus critiques (luminance faible) Bleu, Rouge, Violet, on a réalisé à la fois des amplitudes réduites et presque égales entre les deux séquences, pour les remontées de la sous-porteuse. On se place donc dans les conditions optimales, compte-tenu de la loi de FECHNER.
- pour le Vert, la situation est encore assez bonne, vu la luminance relativement élevée sur cette plage.
- les plages Jaune et Bleu/Vert sont celles qui présentent le plus d'inégalités pour les remontées d'amplitude de sous-porteuse. Ce fait est évidemment la conséquence de l'optimisation sur les plages de droite de la mire. Mais, étant donné la forte luminance développée sur les plages Jaune et Bleu/Vert, les effets visuels de ces inégalités sont atténués.

6.5. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Il est très difficile d'analyser la compatibilité uniquement sous l'angle de critère numériques. On se fait une idée précise de celle-ci seulement à la suite de longues expérimentations portant sur un très grand nombre de vues photographiques de sujets réels.

Les essais qui ont été menés dans ce sens ont montré pour le SECAM optimisé une compatibilité satisfaisante et sensiblement comparable à celle des autres systèmes.

7. Transmission des transitoires dans la voie de chrominance

7.1. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Suivant les règles communes à tous les systèmes, les détails fins des images ne sont transmis que sous la forme de variations de luminance. Les informations de chrominance sont transmises avec une définition moindre, l'œil étant peu sensible aux détails dans les couleurs.

Le signal transmis en luminance présentant la forme :

$$E'_Y = 0,59 E_V^{1/2,2} + 0,30 E_R^{1/2,2} + 0,11 E_B^{1/2,2} \quad (16)$$

ne correspond pas exactement à la luminance vraie codée en gamma, qui s'écrirait :

$$E_Y^{1/2,2} = (0,59 E_V + 0,30 E_R + 0,11 E_B)^{1/2,2}. \quad (17)$$

Il en résulte, étant donné que la luminance exacte est, malgré cela, exactement reproduite sur l'écran du tube image couleur, qu'une partie de l'information de luminance passe par la voie de chrominance.

Cette portion, heureusement assez faible, subit la limitation de bande inhérente à cette voie.

Ainsi pourra-t-on faire la remarque générale suivante, valable du reste pour tous les systèmes :

— la limitation de largeur de bande dans la voie de chrominance se répercute sur les informations chromatiques et également (mais de façon partielle) sur le rendu de la luminance.

Une transmission convenable des transitoires sur la voie de chrominance est donc un facteur d'importance non négligeable.

7.2. VOIE DE CHROMINANCE SECAM. TRANSMISSION LINÉAIRE

Le SECAM utilise, en chrominance, la modulation de fréquence avec les dispositions particulières déjà indiquées (voir § 2) :

- Préaccentuation et désaccentuation video,
- Mise en forme et cloche.

En fait, pour la transmission globale, les opérations de mise en forme et de cloche, opérées au stade de la HF, se compensent par suite de la complémentarité des courbes.

Il reste la préaccentuation qui, à l'émission, déforme le signal video appliqué au modulateur FM. C'est ce signal video déformé qui est transmis à travers la chaîne et restitué derrière le discriminateur de réception. Mais le circuit de désaccentuation intervient alors pour redonner au signal démodulé sa forme d'origine. (Cette opération de préaccentuation/désaccentuation est, du reste, de pratique courante sur les faisceaux hertziens à modulation de fréquence employés pour la transmission des programmes de la télévision en Noir et Blanc).

Une première analyse peut être faite sur la transmission d'un signal video « test », de forme rectan-

gulaire, à travers la voie de chrominance complète. La période de ce signal a été choisie égale à $4 \mu s$, de façon à bien séparer les perturbations survenant sur le front arrière et sur le front avant.

La figure 12 représente :

- le signal déformé à l'entrée du modulateur par la préaccentuation.
- le signal restitué à la sortie de la détection, après désaccentuation.

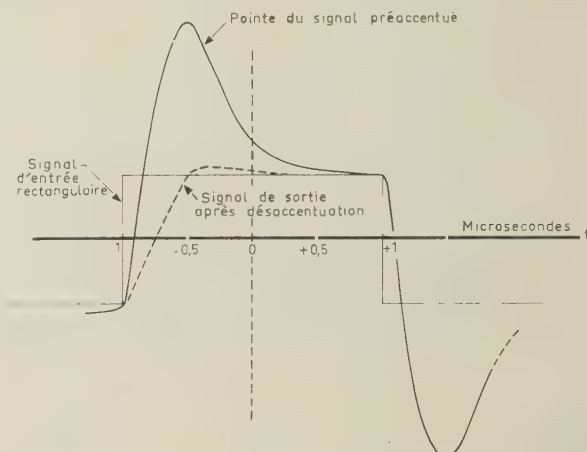


FIG. 12. — Transmission d'un signal rectangulaire dans la voie de chrominance.

A l'entrée du modulateur, la préaccentuation se répercute sur chaque transition verticale ; elle se manifeste par une « pointe » qui porte l'intervalle de tension à environ 2,5 fois la valeur de la transition initiale.

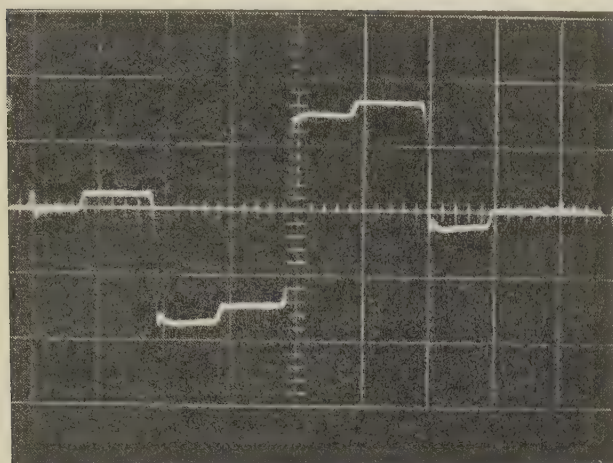
A la sortie de la démodulation, après action du réseau de désaccentuation, les choses rentrent dans l'ordre : les pointes sont résorbées. Il ne subsiste qu'un certain temps de montée sur les flancs (environ $0,5 \mu s$) du fait de la limitation en largeur de bande du canal video (3 dB à 1,4 MHz, selon les normes).

Il est évident que la diminution de la montée de la courbe de préaccentuation adoptée pour le SECAM optimisé (par rapport au SECAM III) a correspondu à une réduction des pointes citées plus haut. Avec le SECAM III, ces pointes étaient plus importantes.

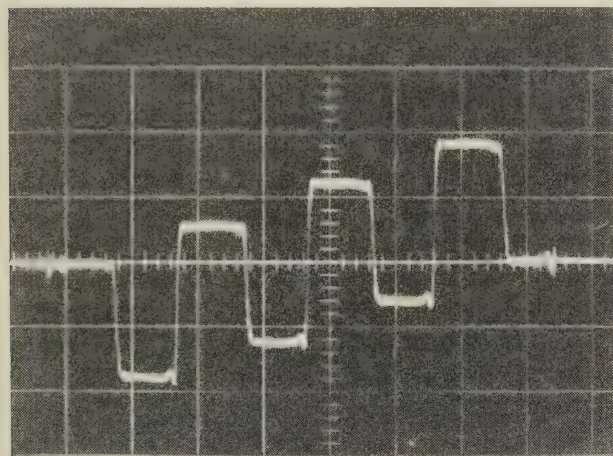
Il n'en reste pas moins que le signal modulant ainsi déformé s'étend encore sur un intervalle de tension grand, et risque ainsi d'atteindre la limite des possibilités du canal, en niveau.

Pour les teintes à faible saturation, correspondant à des signaux de chrominance d'amplitudes faibles, il n'y a pas de problème. On se trouve dans le cas linéaire de la figure 12. C'est ce qui se produit par exemple avec la mire de barres à 30 %, pour laquelle on a donné (fig. 13) les signaux après démodulation et désaccentuation. La qualité des transitoires y est excellente.

Lorsqu'on se trouve au contraire avec des signaux de chrominance à niveau élevé (couleurs très saturées) certaines pointes risquent de dépasser les limites qu'on a fixées pour l'admission d'entrée.



a) Composante $E'_R-E'_Y$ (signe retourné par rapport à D'_R représenté sur la figure 9) ;



b) Composante $E'_B-E'_Y$ (même signe que D'_B : fig. 10).

FIG. 13. — Signal vidéo à la réception, après désaccentuation sur la mire de barres à 30 %. Echelle $15 \mu s$ par division. Les écrêtages à ce taux n'entrent pas en action.

7.3. TRANSMISSION NON-LINÉAIRE

On est alors dans le cas de la transmission non-linéaire. C'est par exemple ce qui se produit lors de l'application de la mire de barres à 75 %. Certaines pointes de préaccentuation qui accompagnent les fronts les plus critiques atteignent les limites du canal. On a du reste intérêt à limiter dès le départ, au moyen d'écrêteurs, l'intervalle alloué aux signaux vidéo. On évite ainsi les surmodulations et, de plus, on arrête à des valeurs raisonnables, correspondant à une compatibilité satisfaisante, les remontées d'amplitude provoquées par la courbe de mise en forme.

C'est ainsi que le canal de chrominance est limité, par écrêtages sur le signal d'entrée, aux valeurs suivantes de fréquences formant frontière :

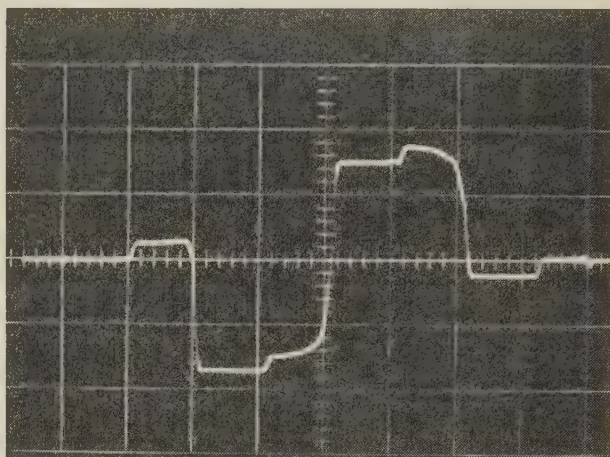
3,9 MHz (limite inférieure).

4,756 MHz (limite supérieure).

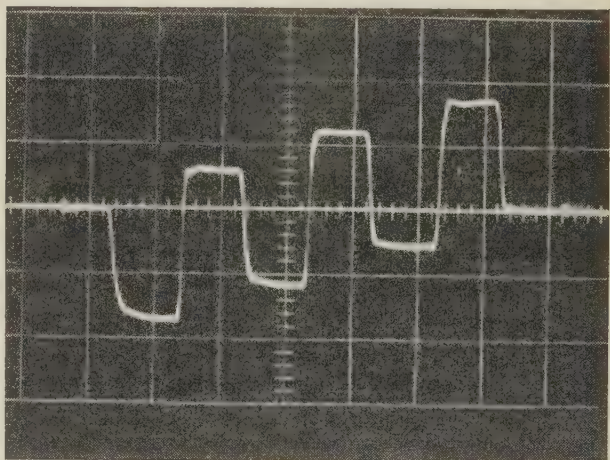
Ces écrêtages sur les pointes des signaux préaccentués se traduisent, bien entendu, après action du réseau

de désaccentuation, par des flancs à montée moins rapide que pour les signaux à faible niveau qui échappent à la limitation.

Un bon exemple est encore donné par la mire de barres, à 75 % cette fois-ci, qui représente un cas extrême. La figure 14 montre les signaux qu'on obtient sur celle-ci à la sortie de la voie de chrominance. Malgré l'entrée en action des écrêteurs sur les transitions les plus critiques, les distorsions ne sont pas très importantes.



a) Composante $E'_R-E'_Y$ (signe retourné par rapport à D'_R représenté sur la figure 9) ;



b) Composante $E'_B-E'_Y$ (même signe que D'_B : fig. 10).

FIG. 14. — Signal vidéo à la réception, après désaccentuation sur la mire de barres à 75 %. Echelle $15 \mu s$ par division.

Au codage, les écrêtages entrent en action.

Du fait des paramètres adoptés, et par la présence des écrêteurs, la plage occupée par la modulation de chrominance est plus réduite, tout au moins du côté des fréquences élevées, qu'avec le SECAM III.

Ce fait a été nettement mis en évidence par des essais de coupure de bande dans la partie supérieure du spectre. Les résultats ont montré que le SECAM optimisé avait une bien meilleure résistance à ces effets.

8. Conclusion

On peut dire que le choix judicieux des paramètres de la modulation de fréquence en chrominance : emplacement des diverses fréquences : F_{0R} , F_{0B} , F_C , ainsi que les valeurs fixées pour les déviations nominales : ΔF_R et ΔF_B , a permis de tirer le meilleur résultat possible du point de vue des effets du bruit ; ceci malgré la réduction décidée sur la loi de préaccentuation video qui, évidemment, n'était pas favorable sur ce chapitre.

La réduction de la préaccentuation a permis de gagner d'une façon sensible sur la qualité de transmission des transitoires chromatiques ; malgré la réduction de la bande occupée par le canal, qui s'est manifestée par une résistance améliorée aux coupures de bande.

On peut considérer que l'optimisation a cherché à tirer le meilleur parti possible des paramètres du SECAM, et qu'elle y a réussi.

On doit, pour terminer, rappeler des faits qui sont essentiels. Les mérites de base du SECAM n'étaient pas en cause dans cette recherche, soit :

- la simplicité du récepteur,
- la très grande résistance aux effets d'amplitude et de phase différentielle,
- les excellentes performances réalisées en enregistrement magnétique.

Tout cela a été automatiquement conservé par le maintien de la modulation de fréquence qui, si elle présente quelques aridités pour l'analyse des phénomènes, possède néanmoins de grands mérites sur le chapitre des performances : c'est évidemment l'essentiel.

CODEUR ET DÉCODEUR POUR LE SYSTÈME SECAM

PAR

G. MELCHIOR

Compagnie Française de Télévision

1. Fonction

Alors que les caméras de télévision en noir et blanc élaborent le signal vidéo sous sa forme définitive, prêt à être diffusé, la caméra de télévision en couleur se limite à fournir les trois signaux primaires E'_R , E'_V et E'_B résultant de l'analyse trichrome de l'image. Il faut donc associer à chaque caméra et plus généralement à chaque source de signaux d'analyse en couleurs (télécinéma, analyseur de diapositives, etc.), un codeur dont la fonction est d'élaborer, à partir des trois signaux primaires, un signal video composite conforme aux normes du système.

Le décodeur est l'appareil ayant la fonction inverse, c'est-à-dire qu'il permet de reconstituer les trois signaux primaires, rouge, vert et bleu, à partir du signal video composite.

Il convient de préciser la différence entre un décodeur et un récepteur video pour télévision en couleur. Celui-ci est muni d'un tube reproducteur trichrome et délivre une image. Le décodeur ne fournit que des signaux video et son utilisation n'est possible qu'associée à un oscilloscope de profil ou à un récepteur trois voies. Mais par contre, le décodeur est un appareil de contrôle précis permettant de vérifier la conformité des codages par comparaison des signaux décodés avec les signaux primaires.

2. Conception générale d'un codeur

La conception générale d'un codeur SECAM est indiquée par la figure 1.

Les trois signaux primaires précorrigés en gamma, E'_R , E'_V et E'_B , provenant de la source sont appliqués à une « matrice » c'est-à-dire à un ensemble de cir-

cuits élaborant trois combinaisons linéaires indépendantes de ces signaux.

Ces trois combinaisons sont :

a) le signal de luminance :

$$E'_Y = 0,3 E'_R + 0,59 E'_V + 0,11 E'_B$$

b) deux composantes de chrominance :

$$E'_R - E'_Y \quad \text{et} \quad E'_B - E'_Y.$$

Les signaux sortant de la matrice alimentent deux voies parallèles de luminance et de chrominance.

A un élément près, le circuit « anti-diaphotie » dont on verra plus loin l'utilité et le fonctionnement, la voie de luminance est un amplificateur linéaire muni d'une ligne à retard qui permet d'égaliser le retard de groupe de la luminance avec celui de la voie de chrominance.

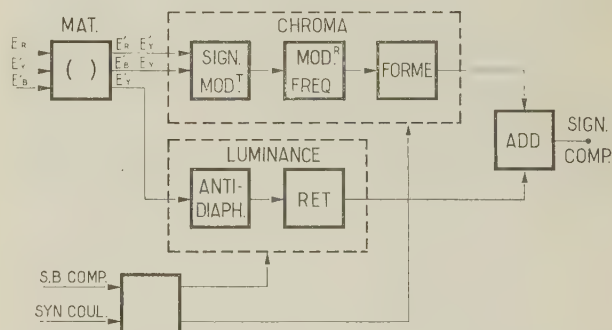


FIG. 1. — Schéma général du codeur SECAM.

La voie de chrominance a pour fonction d'élaborer la sous-porteuse de couleur qui est ensuite ajoutée à la luminance pour former le signal video composite.

Le signal video composite doit comprendre aussi, bien entendu, des signaux de synchronisation conformes aux normes. Ces signaux sont ajoutés à la luminance après avoir été élaborés à partir du « signal de base composite » émis par le générateur de synchronisation du centre.

3. La voie de chrominance

On peut distinguer les trois étapes suivantes à la transmission du signal par la voie de chrominance du codeur :

- Elaboration du signal modulant.
- Modulation de la sous-porteuse.
- Mise en forme de la sous-porteuse modulée.

3.1. LE SIGNAL MODULANT

Le schéma synoptique des circuits utilisés pour élaborer le signal modulant la sous-porteuse de couleur est illustré par la figure 2.

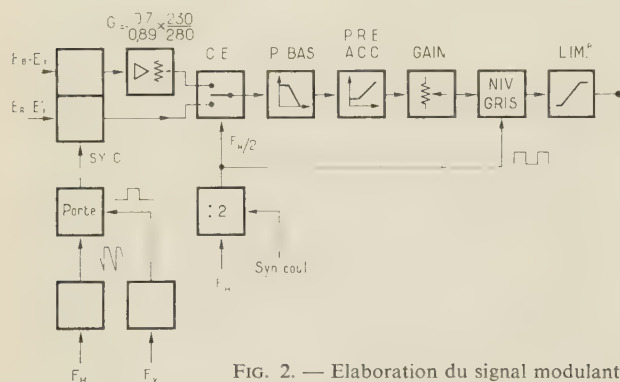


FIG. 2. — Elaboration du signal modulant.

Conformément au principe de base du SECAM, les deux signaux de couleur doivent être transmis séquentiellement. L'organe spécifique de la voie de chrominance du codeur est donc un commutateur électronique (C.E.) qui change d'état à chaque ligne et assure ainsi la transmission alternative des deux composantes de chrominance. Ce commutateur est commandé par un signal à demi-fréquence ligne obtenu à partir d'impulsions à fréquence ligne F_H à l'aide d'un diviseur 2. Ce diviseur est verrouillé en phase à l'aide d'un signal dit de synchronisation de couleur, à demi-fréquence ligne, distribué dans le centre. On assure ainsi le synchronisme entre tous les codeurs, ce qui est une condition nécessaire pour réaliser les mélanges et effets entre images.

On sait que les normes SECAM définissent les deux signaux de couleur transmis par les expressions :

$$D'_R = -1,9 (E'_R - E'_Y)$$

et

$$D'_B = 1,5 (E'_B - E'_Y)$$

et que l'excursion nominale est de 280 kHz pour la modulation par D'_R et 230 kHz pour la modulation

par D'_B . Il convient donc que la voie transmettant le signal $E'_B - E'_Y$ au commutateur ait, par rapport à celle transmettant $E'_R - E'_Y$, un gain :

$$G = -\frac{1,5}{1,9} \times \frac{230}{280}.$$

Le signal séquentiel de chrominance délivré par le commutateur doit subir ensuite, pour convenir à la modulation de la sous-porteuse, une mise en forme video comprenant :

- a) un filtrage limitant à 1,5 MHz environ le spectre des signaux de chrominance transmis,
- b) une préaccentuation video, conforme aux normes du SECAM,
- c) un décalage des tensions de gris. On désigne par « tension de gris » la composante continue correspondant à la valeur nulle de la chrominance. Il lui correspond, après modulation, la fréquence de repos de la sous-porteuse. On sait que, suivant les normes du SECAM, la fréquence de repos est égale à 4,250 MHz pour la transmission du signal D'_B et à 4,406 MHz pour D'_R . Il convient, sur le signal modulant, de décaler les niveaux de gris d'une différence de tension correspondant à cet écart de fréquence. Ce décalage est réalisé à l'aide d'un signal rectangulaire à demi-fréquence ligne, d'amplitude calibrée.
- d) Enfin le signal modulant doit subir une limitation agissant sur les crêtes d'amplitude trop importantes afin que la fréquence instantanée de la sous-porteuse se maintienne entre les limites 3,9 et 4,75 MHz fixées par les normes.

Une commande de gain permet le réglage exact des excursions de fréquence nominales.

Il est nécessaire de transmettre en outre par la voie de chrominance des signaux d'identification permettant au récepteur de reconnaître les lignes de l'image affectées à la transmission du signal D'_R de celles affectées à D'_B . Ces signaux d'identification sont transmis pendant une période de contrôle de 9 lignes incluse dans la suppression trame, à la suite de la période de transmission de la synchronisation trame.

On peut définir cette période de contrôle comme un échantillon de la future trame pendant lequel les signaux $E'_R - E'_Y$ et $E'_B - E'_Y$ atteignent la valeur négative limite.

Les signaux d'identification sont produits à partir d'un signal en forme de dents de scie négatives, à fréquence ligne qui se substitue pendant les périodes de contrôle aux signaux de chrominance $E'_R - E'_Y$ et $E'_B - E'_Y$ (en amont du commutateur électronique). Ces dents de scie sont ensuite écrêtées par le limiteur et deviennent ainsi des trapèzes. Les sens de modulation, inverses pour les deux signaux de chrominance, sont tels que le palier du trapèze correspond à la fréquence minimale 3,9 MHz pour les lignes D'_B et à la fréquence maximale 4,75 MHz pour les lignes D'_R .

3.2. LE MODULATEUR

Le signal modulant, dont on vient de décrire la formation, alimente l'entrée de modulation d'un modulateur de fréquence qui élabore l'onde sous-porteuse.

Le schéma synoptique du modulateur de fréquence est illustré par la figure 3. Il apparaît sur cette figure que les circuits sont plus complexes que pour un modulateur de fréquence classique. Il est en effet nécessaire en premier lieu d'obtenir une fréquence de repos parfaitement stable pour chacune des deux composantes de chrominance ; de plus, pour une bonne compatibilité du signal SECAM, il faut que la phase de la sous-porteuse au début de chaque ligne soit fixée par rapport aux impulsions de synchronisation.

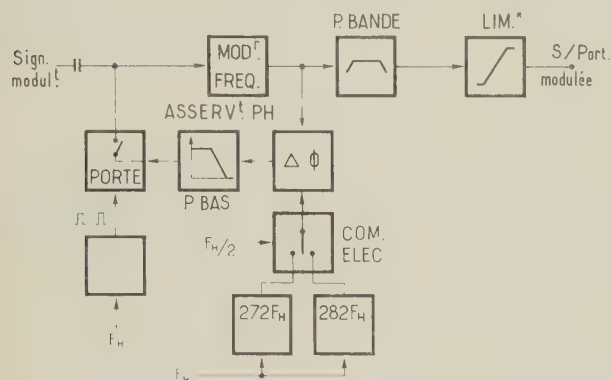


FIG. 3. — Modulateur et asservissement de phase.

On utilise à cette double fin une boucle d'asservissement en phase et deux oscillateurs de référence dont les fréquences sont respectivement égales à la fréquence de repos relative à D'_R , soit $282 F_H = 4,406 \text{ MHz}$ et à celle relative à D'_B , soit $272 F_H = 4,250 \text{ MHz}$. Ces oscillateurs de référence ne sont pas des oscillateurs libres ; ce sont en réalité des filtres à quartz très sélectifs isolant respectivement l'harmonique 282 et 272 d'un signal à fréquence ligne. On obtient ainsi automatiquement un verrouillage en phase par rapport à la synchronisation ligne.

Un commutateur électronique, commandé en synchronisme avec celui du signal modulant, transmet alternativement l'une et l'autre des deux oscillations à l'entrée de référence du comparateur de phase de la boucle d'asservissement.

L'asservissement n'est bouclé que pendant les intervalles de suppression ligne, sinon en effet il agirait comme un court-circuit pour le signal modulant. Il y a donc une porte électronique placée en série dans la boucle et commandée par la suppression-ligne.

Le modulateur de fréquence est suivi d'un filtre de bande interdisant le passage direct du signal modulant et d'un limiteur classique annulant toute modulation d'amplitude parasite qui pourrait être produite.

3.3. MISE EN FORME DE LA SOUS-ORTEUSE

Avant addition à la luminance, la sous-porteuse doit subir une mise en forme comprenant des inversions de phase, une préaccentuation HF, une suppression-ligne et trame.

Les inversions de phase ont pour objet d'assurer la compatibilité conjointement à l'asservissement de phase décrit précédemment. Elles réduisent la visibilité de la sous-porteuse sur l'écran des récepteurs en

noir et blanc en assurant une compensation optique entre trames et entre lignes au sein de chaque trame. Il est nécessaire d'inverser la phase une ligne sur trois, d'une part, et entre chaque trame, d'autre part. Ces inversions sont obtenues à l'aide de deux inverseurs électroniques successifs commandés l'un à partir des impulsions à fréquence trame F_V , par un diviseur par 2, l'autre à partir des impulsions à fréquence ligne F_H et par un diviseur par 3.

Un limiteur annule toute variation d'amplitude éventuelle pouvant provenir d'un mauvais équilibre des inverseurs de phase.

La préaccentuation HF, ainsi désignée par analogie avec la préaccentuation vidéo pratiquée sur le signal modulant, constitue une mise en forme fondamentale de la sous-porteuse SECAM puisque, combinée avec la préaccentuation vidéo, elle assure une protection contre le bruit, efficace tout en respectant les impératifs de la compatibilité. On sait qu'elle consiste en un filtrage ayant une caractéristique « anti-cloche » inverse de la courbe « en cloche » du circuit de désaccentuation HF du récepteur, celui-ci étant constitué par un circuit oscillant amorti.

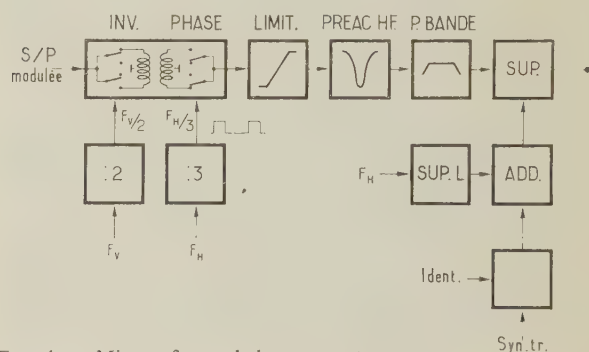


FIG. 4. — Mise en forme de la sous-porteuse.

Un filtre passe-bande est nécessaire pour arrêter les harmoniques de la fréquence sous-porteuse créés par les limiteurs, l'amplitude relative de ces harmoniques se trouvant exagérée du fait de la préaccentuation HF.

La dernière étape de la mise en forme HF est la suppression. Il est nécessaire, pendant la transmission des impulsions de synchronisations (de ligne et de trame) de supprimer la sous-porteuse qui serait susceptible de perturber le fonctionnement des circuits de balayage des récepteurs.

La suppression-ligne de la sous-porteuse a une durée plus courte que la suppression-ligne de luminance afin de ménager, avant le début de la durée active de ligne, un intervalle de garde pendant lequel la sous-porteuse est transmise avec sa fréquence de repos. Cet intervalle donne la possibilité d'effectuer à la réception la restitution de la composante continue des signaux de chrominance par un dispositif de calage ; il est, de plus, indispensable pour la protection contre le bruit, en raison de la constante de temps présentée par la désaccentuation vidéo.

La suppression trame de la sous-porteuse doit, elle aussi, prendre fin avant la suppression trame de la luminance afin de permettre la transmission des signaux d'identification.

4. Circuit anti-diaphotie

Le canal de transmission occupé par la sous-porteuse étant inclus dans la bande passante allouée à la luminance, il y a nécessairement des composantes de luminance qui pénètrent dans la voie de chrominance du récepteur où elles se présentent comme un signal parasite susceptible de créer dans l'image un effet de diaphotie.

La protection intrinsèque de la sous-porteuse SECAM contre les interférences est suffisante pour que cette diaphotie ne soit pas gênante la plupart du temps. Cependant, sur certaines images, une mire de définition par exemple, ou une grille à barreaux verticaux présentant un certain écartement, il peut arriver que l'amplitude de la composante de diaphotie dépasse celle de la sous-porteuse. Il se produit alors à la réception le phénomène de « capture » propre à la modulation de fréquence ; on sait en effet qu'en modulation de fréquence, la protection se réduit brusquement lorsque l'amplitude des perturbations dépasse un certain niveau dit « seuil de protection ».

Il est donc important que ce seuil ne soit pas franchi du fait de la diaphotie. Il est utilisé à cette fin, dans la voie luminance du codeur, un circuit dit d'« anti-diaphotie » qui doit agir selon le programme suivant :

1. Comparer à tout instant l'amplitude de la diaphotie à celle de la sous-porteuse ;
2. En cas d'alerte, c'est-à-dire si la diaphotie approche de trop près le seuil de protection, réduire la valeur relative de la composante de diaphotie.

On peut envisager pour cela soit d'accroître la sous-porteuse momentanément, soit de réduire en valeur absolue la composante de diaphotie. La deuxième solution semble préférable.

Le fonctionnement d'un tel circuit anti-diaphotie est indiqué par la figure 5.

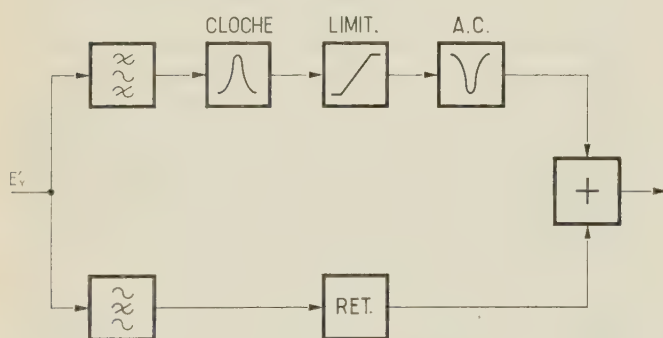


FIG. 5. — Circuit anti-diaphotie.

À l'entrée du circuit sont placés deux filtres complémentaires, passe-bande et coupe-bande alimentant deux voies aboutissant à un additionneur. La voie du passe-bande comprend successivement un circuit cloche, c'est-à-dire une désaccentuation HF identique à celle des récepteurs, un limiteur, et un circuit anticloche de caractéristique inverse du circuit cloche. La voie du filtre coupe-bande ne comprend qu'une ligne à retard égalisatrice. En faisant abstraction du limiteur, l'ensemble du circuit transmet fidèlement le

signal de luminance appliqué à l'entrée. Le limiteur n'intervient que lorsque l'amplitude qu'il reçoit dépasse son seuil.

On notera que ce limiteur transmet exactement la composante de diaphotie que reçoivent les limiteurs des démodulations des récepteurs. Pour éviter tout effet de capture dans les récepteurs, il suffit donc de régler correctement le seuil du limiteur du circuit anti-diaphotie.

Ce limiteur n'intervient en pratique que très rarement, aussi ce circuit anti-diaphotie n'a-t-il pas d'effet appréciable sur la définition de la luminance, contrairement à une trappe qui serait insérée en permanence.

5. Description du décodeur

Le décodeur (fig. 6) comporte également une voie de luminance et une voie de chrominance, cependant, à la réciproque du codeur, ces deux voies sont attaquées en parallèle par le signal video composite et elles alimentent une matrice de sortie.

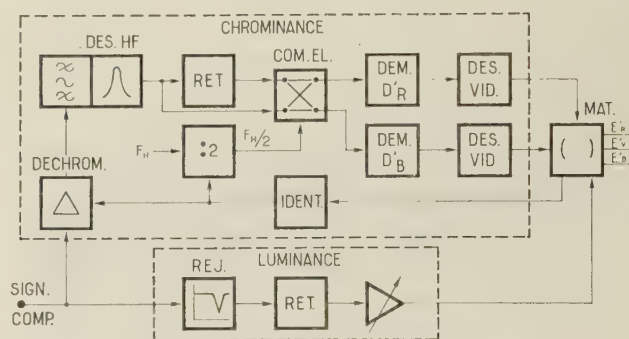


FIG. 6. — Schéma du décodeur SECAM

La voie de luminance est linéaire. Elle comporte essentiellement un circuit réjecteur qui atténue la sous-porteuse à un niveau où elle n'est plus gênante dans le signal de sortie, et une ligne à retard égalisatrice du retard de groupe de la luminance et de la chrominance.

Le décodage SECAM proprement dit s'effectue dans la voie de chrominance.

La sous-porteuse est séparée de la luminance par un filtre passe-bande et, après amplification dans un étage dit « déchromatiseur » dont le fonctionnement sera décrit plus loin, subit la désaccentuation HF (courbe en cloche). Cette désaccentuation a pour effet de réduire le bruit et d'éliminer la modulation d'amplitude produite par la préaccentuation HF du codeur. On obtient ainsi l'oscillation sous-porteuse avec sa modulation de fréquence pure. Cette onde est alors appliquée aux deux organes fondamentaux du décodage SECAM : la ligne à retard et le commutateur électronique.

La ligne à retard impose au signal un retard égal à une période de balayage ligne soit $64 \mu s$.

Le commutateur assure l'aiguillage de la sous-porteuse directe et retardée vers deux démodulateurs affectés respectivement aux signaux D'_R et D'_B de

sorte que chacun de ces démodulateurs reçoit en permanence le signal qui lui est propre. A cette fin, le commutateur est commandé à demi-fréquence ligne et il doit en outre être mis en bonne phase par rapport au commutateur d'émission ; c'est le rôle des circuits d'identification qui seront décrits plus loin.

Les signaux obtenus après démodulation subissent une désaccentuation video, inverse de la préaccentuation video du codeur. On obtient ainsi les composantes de chrominance qui, combinées avec la luminance dans la matrice de sortie, permettent de reconstituer les trois signaux primaires.

6. Déchromatiseur et identification

Le déchromatiseur a pour fonction de couper la voie chromatique lorsqu'on applique au décodeur des signaux de télévision en noir et blanc.

L'identification doit, ainsi qu'on l'a dit, assurer une phase correcte au commutateur électronique.

On va décrire une méthode avantageuse qui consiste à combiner ces deux fonctions dans un circuit unique.

En se reportant à la figure 7, on voit que l'amplificateur déchromatiseur est commandé par une bascule bistable.

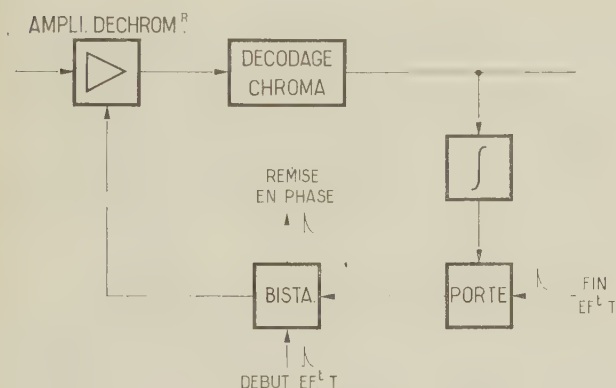


FIG. 7. — Dispositif d'identification.

On désignera par « état 1 » l'état de la bascule qui fait conduire l'amplificateur déchromatiseur et « état 0 » celui qui le bloque. Quel que soit son état précédent, la bascule est remise sur son état 1 au début de cha-

que période d'effacement trame. Il en résulte que la détection des signaux d'identification SECAM, qui sont transmis pendant l'effacement trame, est toujours assurée.

Après détection (et intégration), les signaux d'identification sont utilisés pour commander une porte. Trois cas sont alors à considérer :

a) les signaux d'identification sont présents et le commutateur du récepteur est sur la phase correcte. Dans ces conditions, la polarité des signaux d'identification détectée est telle que la porte est bloquée.

b) la phase du commutateur est incorrecte,

c) il s'agit d'une émission en noir et blanc et il n'y a pas de signaux d'identification.

Dans ces deux derniers cas, la porte reste passante.

Dans le premier cas, la porte étant bloquée, la bascule est maintenue en permanence dans l'état 1 et la réception en couleur est assurée.

Dans le deuxième et le troisième cas, la porte transmet, en fin de suppression trame, une impulsion qui a pour effet de mettre la bascule dans l'état 0. On obtient ainsi la « déchromatisation » pour toute la durée active de la trame suivante. De plus le retour à l'état 0 de la bascule produit l'inversion de la phase du commutateur.

Lorsqu'on est dans le deuxième cas (phase du commutateur incorrecte), cette phase sera ainsi inversée et, à partir de la trame suivante, la réception en couleur sera assurée.

Lorsqu'on est dans le troisième cas (absence de signaux de couleur), le processus se répète à chaque trame et la déchromatisation est assurée pendant les durées actives de trame.

7. Conclusion

La présente description montre que le système SECAM permet de réaliser des circuits de codage particulièrement simples et dont la stabilité — conforme aux normes — est obtenue aisément sans aucun recours à des artifices techniques, de sécurité douteuse.

On remarquera en outre que les signaux de synchronisation, distribués dans les centres de production, et qui sont bien entendu nécessaires au codage, n'ont pas besoin — dans le cas du SECAM — d'être plus précis que pour le « noir-et-blanc ».

Distorsion par phase différentielle dans le système de télévision en couleur SECAM

PAR

Z. SOBOTKA,

Ingénieur C. Sc.

Institut de Recherches des Radiocommunications Prague

Dans le système SECAM, la distorsion due à la phase différentielle se manifeste lors des transitions de luminance, l'importance de cette distorsion est inversement proportionnelle à la durée de ces transitions, si l'on ne tient pas compte, dans le décodeur, des filtres que traverse le signal de chrominance. Pour des transitions de luminance brèves, les corrections HF (mise en forme HF, cloche) et video (désaccentuation) agissent dans une mesure importante pour diminuer la distorsion.

1. Introduction

Le défaut principal du système de télévision en couleur NTSC est la sensibilité importante du signal à la distorsion par phase différentielle prenant naissance dans le canal de transmission, surtout lors de la transmission à longue distance ou dans l'enregistrement magnétique. Le système SECAM est le premier système qui apporte une solution réussie à l'ensemble des problèmes de la phase différentielle — en donnant en même temps des paramètres généraux comparables à ceux du système NTSC. Partant des mêmes principes fondamentaux que le NTSC (principe de luminance constante, principe du mélange des fréquences élevées « mixed highs »), le principe du codage diffère essentiellement. Le système SECAM possède deux marques caractéristiques fondamentales : la transmission séquentielle des signaux de chrominance dans la séquence des lignes et la modulation en fréquence de la sous-porteuse de couleur.

L'action de la phase différentielle se manifeste très différemment dans le cas du signal SECAM et du signal NTSC (éventuellement PAL). Tandis que, dans le

système NTSC, la teinte d'une large plage colorée dépend — sous l'influence de la phase différentielle — de la valeur du signal de luminance, la phase différentielle — dans le système SECAM — ne se fait sentir qu'au cours de la variation du signal de luminance. Ceci est dû au fait que les circuits de décodage de chrominance dans les systèmes NTSC et PAL sont sensibles à la phase ; par contre, dans le système SECAM, les circuits de décodage démodulent suivant la fréquence de la sous-porteuse de couleur.

Dans le système NTSC, la phase de référence du signal de chrominance est transmise sur le niveau des signaux de suppression, tandis que la phase du signal de chrominance — sous l'influence de la phase différentielle — est influencée par le niveau du signal de luminance. Pour ne pas arriver à une distorsion exagérée des couleurs, on a vérifié expérimentalement que la valeur maximale admissible de la phase différentielle devait être de 5° (voir le Document CCIR XI/24, avril 1962).

Si un canal de transmission a une distorsion de phase différentielle, la variation de couleur non désirée se produit, dans le système NTSC (PAL), lorsque le signal de luminance varie. La variation des couleurs ne dépend pas, cependant, de la vitesse de changement du signal de luminance, car — dans le circuit de décodage NTSC — on évalue la phase du signal de chrominance dont le changement cause la variation de la teinte de couleurs.

Le circuit de décodage SECAM évalue — à l'aide de détecteurs de fréquence — la fréquence du signal de chrominance. Puisque la fréquence est la dérivée de la phase par rapport au temps, la variation non désirée de couleur dans le système SECAM est proportionnelle à la vitesse du changement du signal de luminance (inversement proportionnelle au temps de

transition de luminance). Remarquez que la variation de couleur ne survient que justement pour les transitions de luminance, tandis que — dans le système NTSC — celle-ci arrive dans les larges plages. Etant donné que la variation de luminance est, généralement, accompagnée d'une variation de couleur, on peut supposer, même par cette simple considération, que l'influence nuisible de la phase différentielle sera plus petite dans le système SECAM que dans le système NTSC.

2. Notions fondamentales

Suivons de plus près l'influence de la phase différentielle dans le système SECAM. Superposons la sous-porteuse de couleur non-modulée au signal de luminance Y . La phase θ de la sous-porteuse, ou bien son décalage de phase sous l'influence de la phase différentielle, peut s'exprimer comme fonction du signal de luminance $Y(t)$

$$\theta = \theta(Y)$$

La variation du signal de luminance fait apparaître une déviation de fréquence $\Delta f_d(t)$

$$\Delta f_d = \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta}{dt}$$

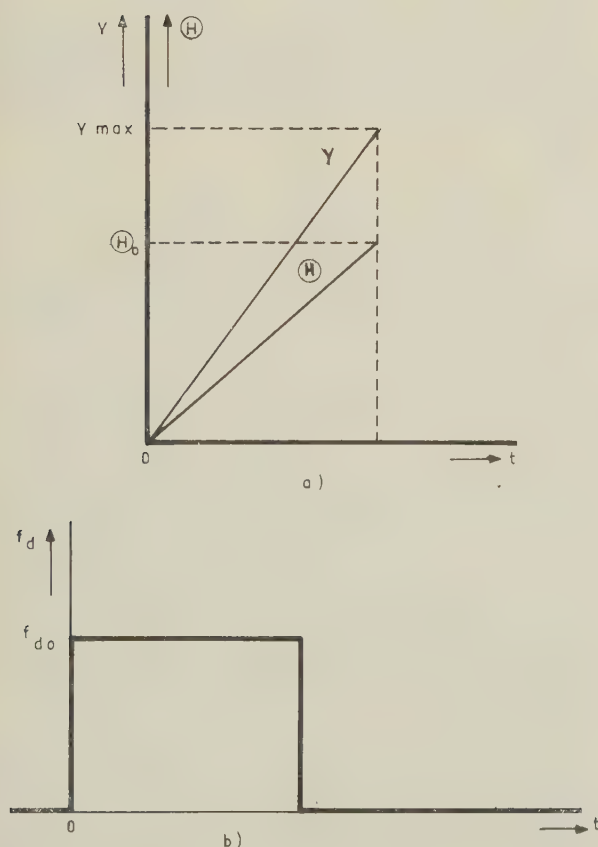


FIG. 1. — Variation de phase et de fréquence de la sous-porteuse de chrominance.

a) variation du signal de luminance Y et variation de phase ainsi produite.

b) variation de fréquence correspondante.

Considérons que le signal de luminance varie linéairement en fonction du temps. Soit τ_L le temps de variation. Puis, supposons la variation maximale du signal de luminance (du noir jusqu'au blanc) ce qui constitue le cas le plus défavorable pour la variation de couleurs. Dans ces hypothèses, soit $\theta(Y_{min}) = 0$, $\theta(Y_{max}) = \theta_0$, comme indiqué sur la figure 1.

En partant de la relation précédente, nous déterminons la déviation de fréquence

$$\Delta f_{d0} = \frac{1}{2\pi} \frac{\theta_0}{\tau_L}$$

qui se produit avec la transition de luminance. La plus grande déviation de fréquence, c'est-à-dire aussi la plus grande amplitude à la sortie du détecteur de fréquence, est obtenue pour la transition de luminance la plus courte.

Si nous prenons en considération l'excursion nominale de fréquence ± 280 kHz (SECAM 3B), on voit, d'après la formule précédente, que la distorsion en couleur sur les transitions verticales de luminance, causée par la phase différentielle, serait considérable, à moins que l'on insère, dans le dispositif de décodage, des circuits supprimant cette distorsion. Tous les circuits qui limitent la bande de fréquence dans le canal de chrominance, prennent part à la diminution de l'influence de la phase différentielle.

On examinera successivement les filtres différents que traverse le signal de chrominance dans le décodeur et l'on suivra leur effet sur la distorsion de phase différentielle.

2.1. INFLUENCE DE FILTRE PASSE-BAS A LA SORTIE DU CANAL DE CHROMINANCE.

La durée de l'impulsion non-désirée à la sortie du détecteur de fréquence correspond au temps de transit du signal de luminance. La largeur de la bande avec laquelle on transmet le signal de luminance dépasse plusieurs fois la bande passante du filtre passe-bas inséré à la sortie du canal de chrominance. Si une impulsion rectangulaire, d'amplitude unité, ayant la durée τ_L passe par un filtre passe-bas idéal (rectangulaire) à fréquence limite ω_M , on aura, à la sortie du filtre, une impulsion dont la forme est déterminée par la relation (1):

$$G(t) = \frac{1}{\pi} \left\{ S_i(\omega_M t) - S_i[\omega_M(t - \tau_L)] \right\}. \quad (1)$$

L'allure de cette fonction est déterminée (sans respecter la constante de multiplication) par la différence entre la course représentative du sinus-intégral (voir fig. 2) et de la même courbe décalée de τ_L . Par la diminution de la durée τ_L de l'impulsion à la sortie du détecteur de fréquence, on diminue également la largeur de l'impulsion à la sortie du filtre passe-bas jusqu'à ce que l'on arrive au cas où l'amplitude de l'impulsion commence à diminuer car l'impulsion ne peut plus atteindre sa valeur de crête.

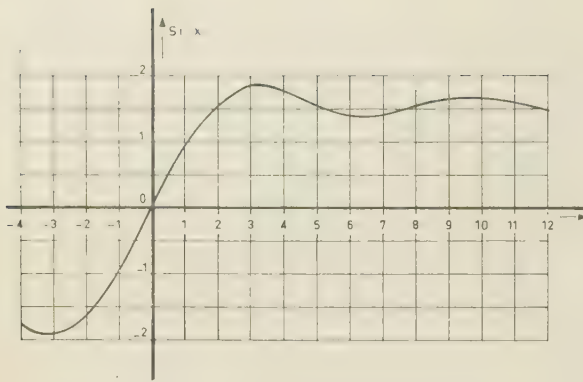


FIG. 2. — Fonction sinus intégral.

Examinons justement cette diminution de l'amplitude.

La valeur $\omega_M t$, pour laquelle on obtient la valeur extrême de la fonction précédente, sera déterminée par l'équation

$$\frac{\sin \omega_M t}{\omega_M t} = \frac{\sin \omega_M (t - \tau_L)}{\omega_M (t - \tau_L)}.$$

La solution de celle-ci peut se faire d'une façon graphique à l'aide du décalage mutuel de $\omega_M \tau_L$ entre les mêmes fonctions $\sin \omega_M t / \omega_M t$ où la valeur cherchée $\omega_M t$ peut se lire comme la coordonnée de leur intersection. En substituant le $\omega_M t$, ainsi déterminé, dans l'équation initiale (1), on trouve le maximum de l'impulsion comme fonction du produit de la largeur de bande du filtre passe-bas et de la durée de l'impulsion. Cette relation est présentée sur la figure 3. (Dans le cas qui nous intéresse, il ne convient

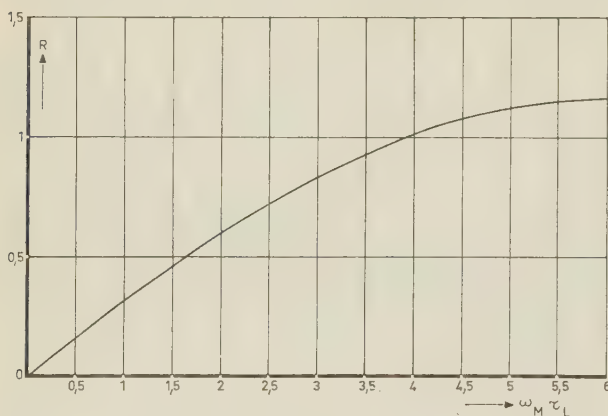


FIG. 3. — Diminution relative de l'amplitude de l'impulsion comme fonction du produit de la bande passante et de la durée de l'impulsion.

$$R = [G(t)]_{\max} = \left[\frac{1}{2\pi} \left\{ \text{Si}(\omega_M t) - \text{Si}[\omega_M (t - \tau_L)] \right\} \right]_{\max}$$

pas de considérer ce diagramme pour $R > 1$, car cela correspond à la suroscillation de l'impulsion). Il est évident que le filtre passe-bas diminue — sous certaines conditions — l'amplitude du signal perturbateur dans le canal de chrominance, autrement dit, il se manifeste par une diminution fictive de la déviation fréquentielle originale nuisible, laquelle sera

notée Δf_{dor}

$$\Delta f_{dor} = \frac{1}{2\pi} R \frac{\theta_0}{\tau_L}.$$

Voyons maintenant, comment la déviation fictive de fréquence Δf_{dor} va varier en fonction de la durée de la transition de luminance. La relation $R = R(\omega_M \tau_L)$, présentée sur la figure 3, peut être considérée comme linéaire pour des petites valeurs de $\omega_M \tau_L$, au moins avec une précision satisfaisante :

$$R = k_1 \omega_M \tau_L; \quad k_1 = 0,322.$$

Dans ces conditions, nous pouvons exprimer la relation précédente pour $\omega_M \tau_L < 3,1$ par

$$f_{dor} = \frac{0,322}{2\pi} \omega_M \theta_0$$

d'où il est évident que le signal perturbateur de couleurs, pour des transitions rapides de luminance, ne dépend pas — sous l'influence du filtre à la sortie du canal de chrominance — de la vitesse de la variation du signal de luminance. En comparant les déviations fictives de fréquence, causées par la phase différentielle, à l'excursion nominale de fréquence pour les couleurs saturées, nous pouvons exprimer l'importance du signal perturbateur en décibels.

Prenons un exemple numérique. Soit $\tau_L = 0,1 \mu s$, le temps de transition de luminance, $\theta_0 = 20^\circ$, la phase différentielle, $f_M = 1$ MHz la fréquence limite du filtre passe-bas. La déviation fictive de fréquence produite sera

$$\Delta f_{dor} = \frac{1}{2\pi} R \frac{\theta_0}{\tau_L} = 100 \text{ kHz},$$

ce qui est une valeur considérable par rapport à l'excursion nominale de fréquence pour les couleurs saturées.

2.2. INFLUENCE DE LA MISE EN FORME (CLOCHE)

Considérons séparément l'influence de la correction HF (mise en forme, cloche) sur la distorsion par phase différentielle. Sur la figure 4, on a représenté une partie du dispositif de codage (transmission entre points A, C) ainsi qu'une partie du dispositif de décodage (transmission entre points D, K). La transmission du point C vers le point D représente les éléments de transmission par lesquels passe le signal complet codé.

L'insertion de la correction HF dans le canal de transmission est — selon les auteurs du système SECAM — un circuit qui sert à améliorer la compatibilité et grâce auquel on accepte le compromis entre la visibilité de la structure ponctuelle, causée par la sous-porteuse de couleur, et les propriétés de bruit du système. Une motivation analogue est trouvée dans d'autres articles théoriques concernant le système SECAM.

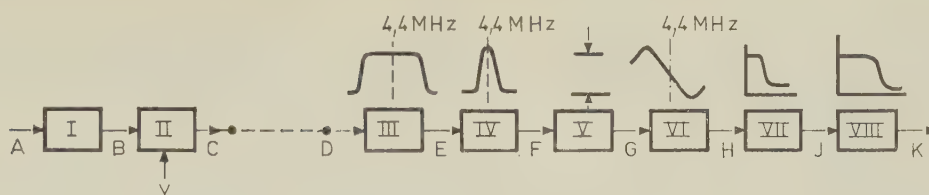


FIG. 4. — Partie du dispositif de codage et de décodage SECAM : A sous-porteuse de chrominance modulée en fréquence par signaux différentiels chromatiques ; Y signal de luminance ; A-C partie du dispositif de codage ; C-D voie de transmission ; D-K partie du dispositif de décodage ; I correction HF ; II circuit additif pour le signal de luminance et celui de chrominance III filtre passe-bande pour la séparation du signal de couleurs à partir du signal total de télévision ; IV correction HF dans le décodeur ; V limiteur d'amplitude ; VI détecteur fréquentiel ; VII correction d'image ; VIII filtre passe-bas.

La correction HF, dans le dispositif de codage, supprime sensiblement la sous-porteuse de couleur pour des couleurs peu saturées. Du côté récepteur, le signal de chrominance (après séparation à partir du signal complet codé par un filtre passe-bande) traverse de nouveau la correction HF dont la caractéristique d'amplitude est inverse de celle de la correction HF utilisée dans le dispositif de codage. La caractéristique d'amplitude de la correction HF, utilisée dans le décodeur, est représentée à la figure 5.

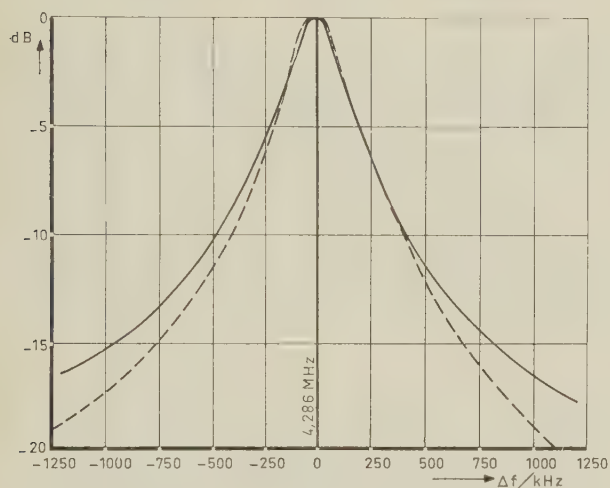


FIG. 5. — Correction HF dans le dispositif de décodage SECAM (SECAM 3B).

Si nous suivons la transmission du signal de chrominance lui-même, en partant du point A vers le point F dans la figure 4, il est clair que la caractéristique d'amplitude du canal de transmission dans la bande transmise de chrominance est droite, car les effets des deux corrections HF s'annulent ; autrement dit, la correction HF n'a pas d'influence sur la transmission du signal de chrominance.

La distorsion différentielle prend naissance dans les éléments de transmission, où l'on transmet le signal total de télévision, c'est-à-dire où le signal de chrominance est superposé à celui de luminance (transmission entre points C et D de la figure 4). La sous-porteuse de couleur qui est modulée en fréquence par l'effet de la distorsion de phase différentielle, passe par un filtre passe-bande ainsi que par la correction HF (cloche). Vu les bandes passantes réalisées par le filtre passe-bande et par la correction HF, on peut prendre en considération — lors de l'étude de l'influence de la phase différentielle — la correction HF seulement, tandis que l'effet du filtre passe-bande peut être négligé.

Si nous admettons que la distorsion due à la phase différentielle est une conséquence de la variation linéaire de la phase en fonction du temps, la tâche nous incombe d'examiner l'influence de la correction HF dans le décodeur sur la variation par sauts de la fréquence de la sous-porteuse de chrominance. La correction HF dans le décodeur sera exprimée — par approximation — par un circuit simple accordé (dans la figure 5 représenté en ligne tiretée).

Le problème, qui est à résoudre maintenant, est représenté sur la figure 6. A un modulateur idéal de fréquence, on applique à l'instant $t = 0$ un saut unitaire de tension qui a comme conséquence une variation brusque de la fréquence de ω_A à ω_B . Le filtre passe-bande produit une distorsion en fréquence du signal modulé. Cette distorsion sera évaluée par un détecteur idéal de fréquence. Ce problème a été résolu avec plus ou moins de succès par plusieurs auteurs qui — dans la plupart des cas — formulent le saut de fréquence du point de vue mathématique à l'aide de la modulation en amplitude et réalisent le calcul à l'aide de la transformation de Laplace. Vu la complexité et l'inconfort du calcul, les expressions analytiques de la réponse (la tension de sortie du détecteur de fréquence dans la figure 6) ne sont connues que pour des circuits simples accordés ou pour plusieurs circuits simples accordés séparés les uns des autres par des amplificateurs en supposant un facteur de surtension (Q) assez élevé dans les circuits, ou bien pour un filtre passe-bande idéal (caractéristique rectangulaire en amplitude). Pour

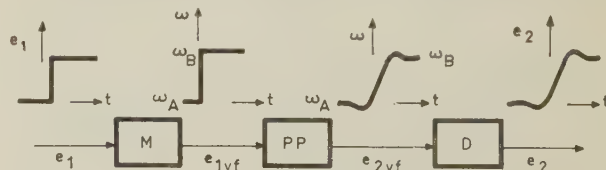


FIG. 6. — Passage d'un saut de fréquence par le filtre passe-bande.

certains cas concrets de filtres passe-bande plus compliqués, les réponses ont été obtenues à l'aide de machines mathématiques. Appliquons les résultats présentés dans [5], où on a résolu la réponse pour un circuit simple accordé, en admettant un Q élevé ce qui correspond, avec une précision suffisante, au problème que nous examinons.

Le saut de fréquence de ω_A à ω_B sera remplacé par deux sources de tension $e_A = \cos(\omega_A t + \phi_0)$ et $e_B = \cos(\omega_B t + \phi_0)$, et, en même temps, un interrupteur, inséré devant le circuit accordé examiné, assurera la commutation dudit circuit accordé à l'instant $t = 0$ de la tension e_A à la tension e_B . Si

la phase de ces deux tensions est la même à l'instant $t = 0$, cet équivalent est complètement justifié. Vu la linéarité du quadripôle examiné, la tension à la sortie de celui-ci est déterminée par la superposition des tensions provoquées par e_A et e_B .

La tension à la sortie du circuit accordé peut s'exprimer sous la forme :

$$e_{2vf} = A \cos(\omega_0 t + \phi) = 0,5 (E_{2vf} + E_{2vf}^*)$$

où A et ϕ sont fonctions du temps,

ω_0 correspond à la fréquence de résonance du circuit accordé, $E_{2vf} = A \exp[j(\omega_0 t + \phi)]$,

E_{2vf}^* est la valeur complexe conjuguée de E_{2vf} .

La réponse cherchée (la tension de sortie du détecteur idéal de fréquence) est directement proportionnelle à la déviation de fréquence instantanée ω_d de la tension e_{2vf} :

$$2\pi f_d = \omega_d = \frac{d\phi}{dt} = I_m \left[\frac{1}{E_{2vf}} \frac{dE_{2vf}}{dt} \right] - \omega_0.$$

Si nous exprimons la transmission du circuit accordé en parallèle qui est atténué par une résistance parallèle R , sous la forme (la relation approchée est valable pour les Q assez élevés) :

$$N(p) = \frac{2\alpha p}{p^2 + 2\alpha p + \alpha^2 + \beta^2} \doteq \frac{\alpha}{p + \alpha + j\beta}$$

où

$$\alpha = \frac{1}{2RC}, \quad \beta = \sqrt{\frac{1}{LC} - \alpha^2} \doteq \sqrt{\frac{1}{LC}} = \omega_0 = 2\pi f_0,$$

la tension sur ce circuit, sous l'influence de la variation brusque de fréquence de $\omega_A = 2\pi f_A$ à $\omega_B = 2\pi f_B$, est la suivante :

$$E'_{2vf} = \frac{\exp(jx_2\theta)}{1 + jx_2} + \left(\frac{1}{1 + jx_2} - \frac{1}{1 + jx_1} \right) \exp(-j\theta).$$

Dans cette relation, les substitutions suivantes sont utilisées pour la normalisation ± 1 de la bande transmise (à 3 dB) $B = \alpha/2\pi$ par le circuit accordé et pour le décalage de l'origine de l'échelle des fréquences vers le centre du circuit accordé :

$$x_1 = \frac{\omega_A - \omega_0}{\alpha}; \quad x_2 = \frac{\omega_B - \omega_0}{\alpha},$$

$$\theta = \alpha t = \pi B t; \quad E'_{2vf} = E_{2vf} \exp(-\omega_0 t - \phi_0).$$

En considérant le saut de fréquence allant de la fréquence de résonance du circuit accordé, à savoir de la fréquence $f_A = f_0$ vers la fréquence f_B ($x_1 = 0$, $x_2 = x$), on trouve la réponse dans la forme :

$$\frac{f_d}{f_B - f_0} = \frac{1 + [x \sin(x\theta) - \cos(x\theta)] \exp(-\theta)}{1 + x^2 \exp(-2\theta) + 2x \sin(x\theta) \exp(-\theta)}.$$

Cette relation est représentée à la figure 7. Pour un saut de fréquence symétrique par rapport à la fréquence de résonance du circuit accordé ($x_1 = -x$, $x_2 = x$) la réponse prend la forme :

$$\frac{f_d}{f_B - f_0} = \frac{(1 + x^2)[1 - 2 \cos(x\theta) \exp(-\theta)]}{1 + x^2 + 4x^2 \exp(-2\theta) + 4x[\sin(x\theta) - x \cos(x\theta)] \exp(-\theta)},$$

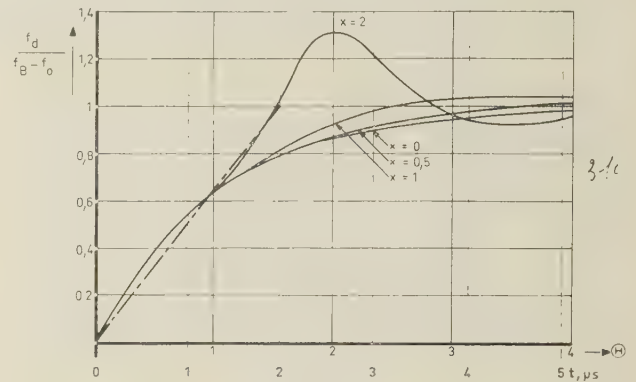


FIG. 7. — Réponse du circuit simple accordé à un saut de fréquence commençant sur la fréquence de résonance du circuit accordé.
 $f_B - f_0$ saut de fréquence ; B largeur de bande du circuit accordé :

$$x = \frac{2(f_B - f_0)}{B} \quad \theta = \pi B t$$

qui est représentée à la figure 8. Sur les figures 7 et 8, on voit également les échelles de temps en μs lesquelles répondent à l'approximation du circuit de correction HF par le circuit accordé sur $B = 250$ kHz, avec le $Q = 17,1$.

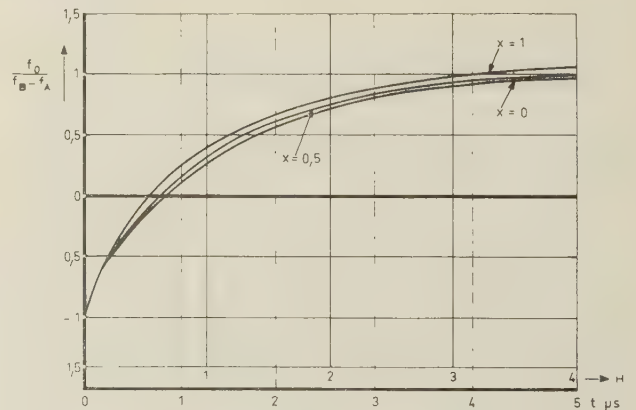


FIG. 8. — Réponse du circuit simple accordé au saut de fréquence qui est symétrique par rapport à la fréquence de résonance du circuit accordé.

$$x = \frac{f_B - f_A}{B} \quad \theta = \pi B t$$

Dans le cas considéré, il est justifié de supposer que les variations brusques de fréquence causées par la phase différentielle sont petites par rapport à la bande passante B qui traverse la correction HF. En tout cas, nous pouvons admettre $0 \leq x < 1$, valeurs pour lesquelles les allures dans les figures 7 et 8 ne diffèrent pas sensiblement.

Les allures de la réponse dépendent d'une part de l'importance du saut de fréquence $f_A - f_B$, et, d'autre

part, des fréquences f_A et f_B par rapport au centre de la bande de la correction HF, la réponse temporelle ne devant pas nécessairement être la même, s'il s'agit du saut de f_A vers f_B ou bien de f_B vers f_A . Notre tâche devrait alors être de chercher une telle réponse en fonction des fréquences f_A , f_B (la différence $f_A - f_B$ exprimant l'influence de la phase différentielle, la fréquence f_A étant fonction de la couleur transmise), fréquences pour lesquelles la réponse temporelle peut atteindre, rapidement la valeur stationnaire ; c'est le cas, où l'influence de la phase différentielle serait le moins supprimée. Il serait très laborieux d'examiner ladite relation, on peut alors se contenter des résultats présentés sur les deux diagrammes indiqués.

Pour un calcul d'orientation, on adopte l'approximation de la réponse temporelle par une ligne droite, comme elle est tracée dans la figure 8 en tireté.

$$\frac{f_d}{f_B - f_A} = k_2 \tau_L \text{ [Hz, s] pour } \tau_L \leq 2 \mu\text{s}$$

où $f_B - f_A = \Delta f_{d0}$, $k_2 = 0,5 \cdot 10^6$, τ_L étant le temps de transition de luminance.

Alors, si nous ne considérons, dans le dispositif de décodage, que l'influence de la correction HF sur la distorsion par phase différentielle, la déviation perturbatrice de fréquence prend la valeur

$$\begin{aligned} \Delta f_{d0d} &= f_d \div 0,5 \cdot 10^6 \cdot \Delta_{d0} \cdot \tau_L = 0,5 \cdot 10^6 \frac{1}{2\pi} \frac{\theta_0}{\tau_L} \tau_L \\ &= \frac{\theta_0}{4\pi} 10^6 \text{ [Hz, rd] .} \end{aligned}$$

Avec l'approximation considérée, la correction HF fera que la tension perturbatrice provoquée par la phase différentielle ne dépendra pas de la durée de la transition de luminance, à condition que celle-ci soit plus courte que $2 \mu\text{s}$; à savoir, pour des transitions rapides de luminance, la correction HF abaisse considérablement la distorsion provenant de la phase différentielle.

2.3. INFLUENCE DE LA CORRECTION VIDÉO (DÉSACCENTUATION)

L'insertion de la correction vidéo (la préaccentuation dans le dispositif de codage et la désaccentuation dans celui de décodage) dans le canal de transmission dans le système SECAM est motivée d'une façon semblable à celle de l'insertion de la correction HF : les auteurs du système indiquent l'amélioration des conditions de bruit. Pour le signal de chrominance transmis, l'action de la correction vidéo dans le dispositif de codage et dans celui de décodage se compense mutuellement. Pour le signal distordu sous l'effet de la phase différentielle, la correction d'image ne se fait sentir que dans le dispositif de décodage. Dans les normes du système SECAM 3B, la correction vidéo est déterminée par la caractéristique d'ampli-

tude (pour le gain), exprimée en décibels par rapport aux fréquences très basses :

$$g = 10 \lg_{10} \frac{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2}{1 + \left(\frac{f}{3f_1}\right)^2}, \quad \text{où } f_1 = 85 \text{ kHz .}$$

Le signal de chrominance passe par un filtre ayant la caractéristique d'amplitude définie ci-dessus, avant d'entrer dans le modulateur de fréquence du dispositif de codage. Il est évident que, pour compenser la caractéristique d'amplitude dans le canal tout entier, il est nécessaire d'insérer, derrière le détecteur de fréquence dans le décodeur, un quadripôle ayant une fonction de transfert

$$P_d(p) = \frac{1 + \tau_1 p}{1 + 3\tau_1 p}, \quad \text{où } \tau_1 = \frac{1}{3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 85} 10^{-3} \text{ s}$$

Suivons encore séparément l'influence de la correction vidéo sur la phase différentielle, si celle-ci varie linéairement en fonction du temps, sous l'effet de la transition de luminance : c'est le cas où le changement brusque de la tension représente la tension de sortie du détecteur de fréquence. En prenant ce changement brusque comme unité, on obtient — à la sortie de la correction d'image — la tension

$$e_{ok}(t) = L^{-1} \left\{ \frac{1}{p} \frac{1 + \tau_1 p}{1 + 3\tau_1 p} \right\} = 1 - \frac{2}{3} \exp \left(-\frac{t}{3\tau_1} \right) .$$

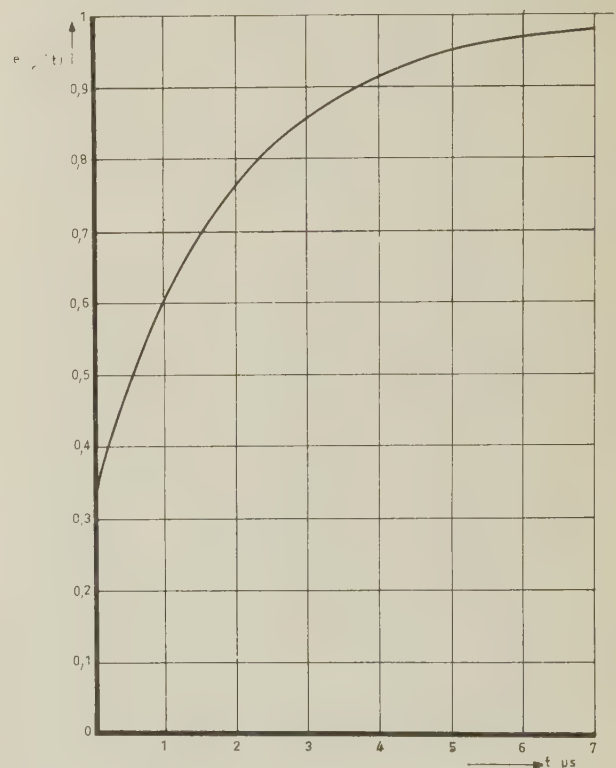


Fig. 9. — Réponse temporelle à un saut unitaire de tension, présentée par le filtre de correction d'image dans le décodeur.

Cette relation est représentée à la figure 9. On y voit que, dans le cas le plus favorable, le circuit de correction vidéo ne peut abaisser la distorsion provoquée par la phase différentielle qu'à la valeur d'un tiers.

2.4. PHASE DIFFÉRENTIELLE ADMISSIBLE

Si l'on ne prenait pas en considération — dans le système SECAM — la présence des filtres par lesquels passe le signal de chrominance, la distorsion par phase différentielle lors des transitions de luminance serait considérable, de sorte que — lors d'une évaluation détaillée — on arriverait vraisemblablement à la conclusion que le système SECAM, tellement idéalisé, serait plus sensible (à savoir, la phase différentielle admissible serait plus petite) que le système NTSC. Mais, grâce aux filtres, la situation change essentiellement. Si nous comparons les résultats précédents (fig. 3, 7, 8 et 9) nous pouvons constater que le filtre passe-bas à la sortie du canal de chrominance exerce une influence négligeable sur la diminution de la distorsion de couleur causée par la phase différentielle, par rapport à la correction HF et à la correction vidéo.

Pour des transitions de luminance très brèves, la distorsion de couleur provenant de la phase différentielle se trouve considérablement réduite par l'effet de la correction HF, la correction vidéo réduisant la distorsion à un tiers environ. Dans le cas des transitions de luminance, ayant quelques μ s de durée, l'influence de la correction HF et celle de la correction vidéo sont comparables.

Si nous voulions suivre simultanément l'action de la correction HF et celle de la correction vidéo, ou également les actions du filtre passe-bande et du filtre passe-bas sur la distorsion due à la phase différentielle, nous ne pourrions pas simplement additionner linéairement les résultats précédents, mais il serait nécessaire d'effectuer une analyse complète, analyse qui est — dans l'état actuel des méthodes — pratiquement insoluble ; on peut même douter que l'on arrive à des connaissances nouvelles, par les résultats ainsi obtenus.

Portons encore notre attention sur les influences de la correction HF et de la correction vidéo sur l'instant d'apparition de l'impulsion perturbatrice causée par la phase différentielle par rapport à la transition de luminance. La ligne à retard dans le canal de luminance du récepteur compense le retard (elle fait coïncider dans le temps les centres des transitions, c'est-à-dire des pentes de montée) qui se produit entre le signal de chrominance et celui de luminance sous l'effet de la transmission du signal de chrominance et de celui de luminance sous l'effet de la transmission du signal de chrominance par une bande de fréquence plus étroite que la transmission du signal de luminance. Puisque les influences de la correction HF et de la correction vidéo sur le signal de chrominance dans le dispositif de codage et de décodage sont annulées par compensation mutuelle, le retard de la ligne à retard dans le canal de luminance du récepteur est choisi de la façon à respecter les filtres passe-bande et passe-bas du canal de chrominance dans le récepteur, comme c'est le

cas dans le système NTSC. Pour l'impulsion non désirée, causée par la phase différentielle, on voit surgir un retard nouveau (en plus du retard dans les filtres passe-bande et passe-bas) dans les circuits de la correction HF et d'image du décodeur. Ce retard accessoire n'est pas négligeable, si l'on compare les bandes passantes. C'est pourquoi l'impulsion, provenant de la phase différentielle, se trouvera retardée par rapport à la transition de luminance et aussi par rapport à la transition de chrominance si, en même temps que la variation de la brillance, arrive aussi la variation de couleur. S'il se produit un saut vertical de brillance et de couleur, sous l'effet de la phase différentielle, on aura sur l'écran du tube image, une raie colorée nuisible qui ne coïncide pas dans le temps avec le saut, ce qui augmente la gêne.

La détermination de la phase différentielle maximale, pour avoir une distorsion de l'image colorée admissible, est insurmontable par des méthodes mathématiques rigoureuses, car on ne connaît pas l'amplitude admissible ni la forme de la tension perturbatrice. C'est pourquoi l'influence de la phase différentielle dans le système SECAM a été déterminée expérimentalement d'une façon analogue à la méthode appliquée pour le système NTSC. En comparant les deux systèmes, on constate que le système SECAM 3B tolère une valeur de la phase différentielle admissible trois fois plus grande que le système NTSC [4].

3. Conclusion

L'effet de la phase différentielle, se produisant dans le canal de transmission, se manifestera très différemment dans les systèmes SECAM et NTSC. Alors que, dans le système NTSC, la distorsion par phase différentielle sera sensible sur des larges plages colorées à deux différents niveaux de brillance, dans le système SECAM, la distorsion ne sera perceptible qu'au courant d'une transition de luminance. Généralement, ladite distorsion dépend — dans le système SECAM — de la durée, de l'importance et de l'allure de la transition de luminance.

Une influence considérable sur la valeur admissible de la phase différentielle, dans le système SECAM, est exercée par des filtres insérés dans le décodeur, le rôle décisif étant attribué à la correction en haute fréquence et à la correction vidéo. Sans ces corrections, le système SECAM serait assez sensible à la phase différentielle.

Dans le système SECAM (y compris les corrections), l'effet perturbateur le plus grave accompagnera les transitions maximales de luminance (noir-blanc) d'une durée de quelques microsecondes, car les impulsions perturbatrices colorées correspondantes atteindront leurs valeurs maximales. Les circuits de correction ne peuvent que prolonger la pente de montée desdites impulsions, ce qui peut être considéré comme une dégradation, car la raie colorée nuisible sur l'écran du tube image, ayant l'intensité maximale, arrivera avec un décalage partiel par rapport à la transition verticale de luminance. Pour des transitions de luminance brèves (plus courtes que 1 μ s), les impulsions perturbatrices auront, théoriquement (sans corrections),

leur valeur maximale, mais, grâce à la correction HF et à celle d'image, elles ne pourront l'atteindre.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GOLDMAN S. — Frequency analysis, modulation and noise. *McGraw-Hill Book Co*, 1948, page 74.
 - [2] Spravocnik po televizionnoj tehnike, Gos. ener. izdat., Moskva, 1962.
 - [3] INATSU M. — Line sequential chrominance components transmission system in color television and its application. *NHK Technical Monograph*, N° 4, January, 1965.
 - [4] Le système de télévision en couleur SECAM, littérature commerciale, Compagnie Française de Télévision.
 - [5] MCCOY R.E. — FM Transient Response of Band-Pass Circuits. *Proceedings IRE*, March 1954, pages 574-579, vol. 42.
-

L'ENREGISTREMENT MAGNÉTIQUE DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION EN COULEUR

PAR

C. AKRICH

*Ancien élève de l'Ecole Polytechnique
Ingénieur à l'ORTF*

1. Introduction

Les magnétoscopes sont utilisés pour l'exploitation de la télévision depuis une dizaine d'années aux U.S.A. En Europe, cet ensemble a été suivi avec un petit nombre d'années de décalage. Mais, depuis les premières expériences jusqu'à ce jour, l'évolution de cette technique a été considérable. En effet, les premiers appareils, très vite dépassés techniquement, ont surtout servi à lever le doute qui pouvait peser sur les possibilités de base du procédé et sur ses caractéristiques opérationnelles : les principes fondamentaux du système ont ainsi pu être énoncés.

En fait, la première réalisation pouvait légitimement être considérée, à l'époque où elle a été effectuée, comme une prouesse technique, et l'audace de l'équipe qui a su la mener à bien peut être citée en exemple. Il n'en reste pas moins que les machines d'il y a dix ans présentaient de multiples défauts : caractéristiques de transmission insuffisantes, stabilité incertaine, adaptation incomplète aux problèmes réels de l'Exploitation ; d'où les efforts considérables déployés sous diverses impulsions pour donner aux magnétoscopes une qualité globale sans cesse affinée.

Jusque dans les dernières années, l'évolution des matériels trouvait sa motivation essentielle dans les impératifs d'exploitation de la télévision en noir et blanc, malgré l'introduction de la télévision en couleur aux Etats-Unis. Plus récemment, la compétition engagée en Europe entre divers systèmes de télévision en couleur a placé les promoteurs du système N.T.S.C., particulièrement difficile à enregistrer et à reproduire, devant l'alternative suivante :

— ou bien la technique de l'enregistrement devait être adaptée,

— ou bien le système N.T.S.C. devait accepter un handicap très lourd par rapport à ses concurrents.

Or, le marché mondial était couvert de façon presque exclusive par deux constructeurs américains dont les progrès ne pouvaient que servir leur position sur leur marché national ; aussi les efforts déployés furent-ils importants. Il en résulte que les matériels présentés actuellement par les constructeurs ont été conçus en fonction des impératifs du système N.T.S.C. : tel est le trait dominant du contexte dans lequel l'étude de l'enregistrement de la télévision en couleur doit être entreprise. Cette étude peut être subdivisée en deux parties :

— l'étude des propriétés de transmission des magnétoscopes en faisant abstraction de tous les problèmes liés à leur mécanique,

— l'examen de l'incidence des solutions mécaniques de base des magnétoscopes sur leur fonctionnement en télévision en couleur et par suite, la description sommaire d'un certain nombre de dispositifs complémentaires nécessaires au traitement des signaux codés.

2. Paramètres de transmission

2.1. BANDE PASSANTE

2.1.1. Objectif

La première question qui se pose, si l'on veut transmettre un signal de télévision en couleur, est celle de la bande passante. Il est évidemment vain de tenter d'enregistrer et de reproduire un signal qui transporte des informations de chrominance dont le spectre est centré sur 4,5 MHz, si la bande passante disponible n'atteint pas 5 MHz. A vrai dire, ce chiffre est lui-même insuffisant pour la raison suivante : la bande passante est définie dans les magnétoscopes par un filtre à coupure raide, or de tels filtres présentent souvent des défauts de temps de transmission à l'extrémité de la bande passante. Pour éviter de dégrader la réponse transitoire, il est donc souhaita-

ble de se fixer un objectif plus ambitieux, par exemple 6 MHz.

2.1.2. Rôle du filtre

La présence d'un filtre à coupure raide sur la chaîne du signal video reproduit résulte de la nécessité de garantir ce dernier contre la présence de résidu de signal modulé en fréquence qui est le signal inscrit sur la bande. Il faut donc que l'énergie de ce signal modulé en fréquence soit comprise dans une bande de fréquences supérieures à 6 MHz. Autrement dit, si l'on désire augmenter la bande passante d'un magnétoscope, il faut corrélativement augmenter les fréquences inscrites sur la bande.

2.1.3. Résonance des têtes

La fréquence maximale inscrite est limitée par la résonance des têtes magnétiques, laquelle dépend de la valeur de l'inductance de la tête et des capacités parasites de la tête, du câblage et de l'entrée du préamplificateur de lecture. La première recherche consiste donc à diminuer les capacités parasites, puis on est conduit à diminuer la valeur de l'inductance, ce qui entraîne généralement une réduction de l'efficacité de la tête, c'est-à-dire de la tension qui y est induite. Comme la participation du préamplificateur de lecture au bruit résultant n'est pas négligeable, l'augmentation de la bande passante des magnétoscopes se fait généralement au détriment du rapport signal/bruit. Cet effet est d'autant plus marqué que l'amplitude du signal reproduit décroît très vite avec la fréquence, d'une part parce que la saturation de la bande est obtenue pour un courant plus faible quand la fréquence augmente, d'autre part, à cause de l'effet d'entrefer. Il est donc indispensable de rechercher des méthodes pour améliorer le rapport signal/bruit.

2.2. AMÉLIORATION DU RAPPORT SIGNAL/BRUIT

2.2.1. Excursion

Comme le bruit est ajouté à un signal modulé en fréquence, la première idée qui vient à l'esprit est d'augmenter l'excursion de fréquence ; là encore les limitations précédemment décrites se retrouvent.

2.2.2. Préaccentuation video

Une autre solution serait d'augmenter la préaccentuation, ce qui revient à n'augmenter l'excursion que pour les fréquences élevées du signal video, c'est-à-dire essentiellement pour la chrominance. Mais alors un phénomène nouveau, lié aux particularités de la modulation de fréquence utilisée, intervient. Supposons en effet que nous modulations une porteuse à 6,5 MHz correspondant à un niveau de luminance connue, par une sous-porteuse à 4,5 MHz. Tant que le signal de chrominance et la préaccentuation sont faibles, seules les bandes latérales de premier ordre sont à considérer car l'indice de modulation est très faible : par exemple pour 4 décibels de préaccentuation et pour un signal de chrominance de 140 millivolts, l'excursion sera de 450 kHz et l'indice de modulation sera 1/10.

Pour un signal de chrominance de 300 millivolts et une préaccentuation de 10 décibels, l'excursion sera de 1,8 MHz et l'indice de modulation de 0,45. Alors les bandes latérales de deuxième ordre seront

d'amplitude non négligeable. Or la bande latérale inférieure se trouve repliée : sa phase est altérée du fait que mathématiquement sa fréquence serait négative. Cette bande latérale à 2,5 MHz, dont la phase est perturbée, donne naissance, lors de la démodulation, à un signal parasite à 4 MHz qui produit des interférences avec le signal de chrominance. Si donc on augmente la préaccentuation, le brouillage dû aux bandes latérales de deuxième ordre augmente. Il en résulte que subjectivement le rapport signal/bruit est dégradé.

2.2.3. Choix des normes

Comme de plus l'effet des brouilleurs dépend de leur écart de fréquence par rapport aux signaux utiles, on voit que, en plus des limitations de préaccentuation, ce phénomène impose un choix des fréquences instantanées enregistrées sur la bande appropriée au spectre de la chrominance. Ce choix est d'autant plus difficile que le spectre de cette chrominance est plus étalé.

2.3.4. Préaccentuation FM

Il faudra rechercher l'amélioration du rapport signal/bruit par des méthodes moins classiques. L'utilisation d'une préaccentuation des bandes latérales après modulation, proposée il y a quelques années, n'a pas été retenue par les constructeurs inquiets de difficultés de réalisation qui aujourd'hui apparaissent relativement aisées à éliminer.

2.2.5. Utilisation d'un réseau correcteur

Le système qui a été retenu découle de la propriété suivante de la modulation de fréquence (fig. 1) : un signal modulé en fréquence n'est pas altéré par la transmission par un quadripôle ayant une courbe de réponse amplitude-fréquence-linéaire (mais non uniforme), pour autant que le temps de

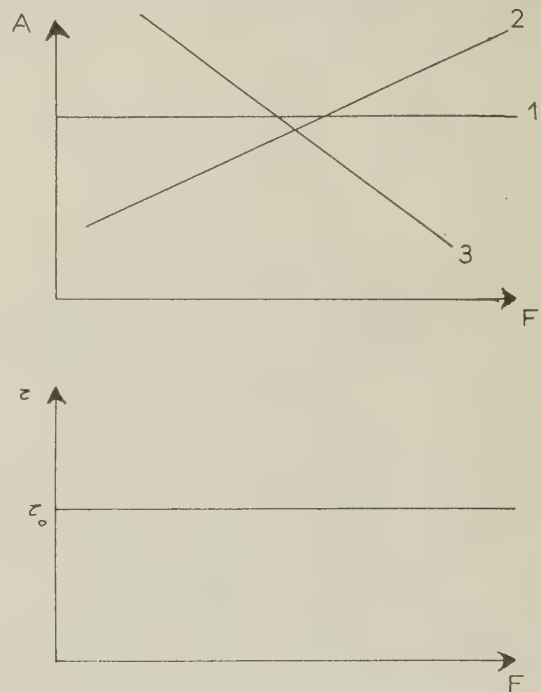


FIG. 1. — Caractéristiques de réseaux correcteurs pour l'amélioration du rapport signal/bruit.

transmission soit constant dans la bande passante. Evidemment, ceci n'est vrai que dans la mesure où le signal est limité avant d'être démodulé. Or, comme l'amplitude relative du signal lu au signal de bruit augmente quand les fréquences diminuent, un réseau ayant une caractéristique telle que la courbe n° 3 permet effectivement d'améliorer le rapport signal/bruit dans des proportions pouvant atteindre 5 à 10 dB.

Pour résumer ces considérations indissociables de bande passante et de rapport signal/bruit, disons que l'évolution motivée par ces paramètres est l'augmentation des fréquences inscrites, l'utilisation d'une préaccentuation limitée à environ 6 dB et l'utilisation de réseaux correcteurs dont la courbe de réponse est linéaire et décroissante.

2.3 GAIN ET PHASE DIFFÉRENTIEL

2.3.1. Générateur en FM

Examinons maintenant les méthodes utilisées pour réduire les distorsions plus spécialement liées aux signaux de télévision en couleur, à savoir les distorsions différentielles de gain et de phase. Les solutions connues s'appliquant à leur élimination dans les divers amplificateurs vidéo des magnétoscopes ; il reste à étudier comment de telles distorsions peuvent être produites dans le canal qui traite le signal modulé en fréquence.

Supposons que la réponse en fréquence des amplificateurs de lecture présente une anomalie décrite par la courbe a) de la figure 2. Alors l'amplitude relative de la bande latérale de premier ordre par rapport à la porteuse varie avec la fréquence porteuse, c'est-à-dire avec le niveau de luminance. L'amplitude de la chrominance démodulée est corrélativement dépendante du niveau de luminance d'où génération de gain différentiel. Le même phénomène peut intervenir si l'anomalie de la courbe de réponse

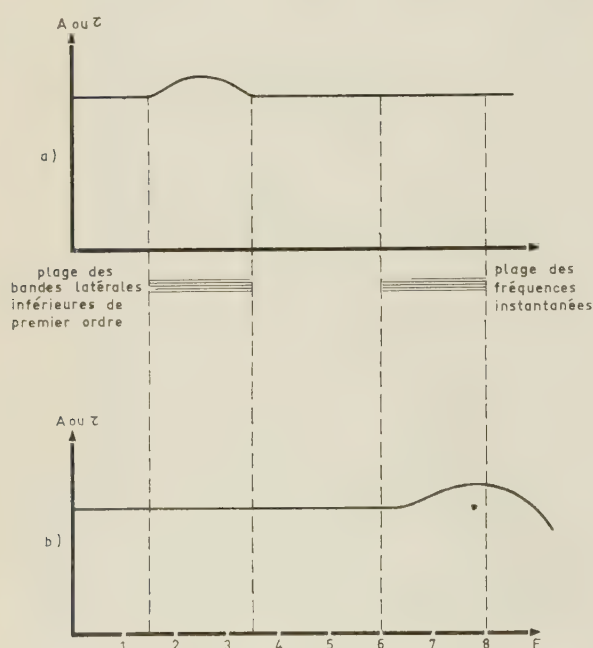


FIG. 2. — Génération de distorsions différentielles de gain et de phase.

se trouve au voisinage des fréquences porteuses puisque ce qui importe c'est le rapport entre porteuse et bandes latérales, du fait de l'intervention du limiteur (fig. 2b). Les mêmes phénomènes, intervenant non plus sur la réponse amplitude fréquence mais sur le temps de transmission de groupe, engendrent des distorsions différentielles de phase.

2.3.2. Résonance des têtes

Les têtes magnétiques produisent, lors de la lecture, des anomalies de courbes de réponse comparables à celle de la figure 2b. Cet effet est au contraire totalement amorti pendant l'enregistrement, du fait de la très faible impédance de source des amplificateurs qui alimentent les têtes.

Il faut donc introduire, à la lecture seulement, des réseaux compensateurs ajustables dont les propriétés doivent être adaptées à chacune des têtes. Leur réglage s'effectue à l'aide d'une boucle d'induction placée au voisinage de la tête et alimentée à fréquence variable.

Malheureusement, la compensation de la résonance introduit une légère dégradation du rapport signal/bruit et diminue d'autant l'amélioration due au réseau correcteur décrit au paragraphe 2.2.5.

2.3.3. Réseaux d'égalisation

La compensation de la résonance a une grande importance pour la réduction des distorsions différentielles car, tout en réduisant ces distorsions, elle permet de rendre identiques les propriétés de transmission des quatre têtes utilisées conjointement, ce qui produit une image uniforme. Toutefois cette mesure n'est pas suffisante pour assurer aux magnétoscopes des propriétés convenables pour le système N.T.S.C.

Il faut rappeler en effet que, du fait des différences de propriétés des têtes magnétiques et des différences éventuelles de réglage des machines à l'enregistrement, « l'interchangeabilité » n'est possible que grâce à l'utilisation, dans les amplificateurs de lecture, de réseaux d'« égalisation » ajustables. Ces réseaux à courbe de réponse variable ont longtemps été une source de distorsions différentielles. Dans les matériels très récents ils ne le sont plus, leur structure étant celle des classiques « correcteurs d'ouverture » dont le temps de transmission est constant (fig. 3). Le choix de la fréquence F , son ajustage éventuel permettent de réduire le gain différentiel ; la constance du temps de transmission évite la production de phase différentielle.

2.3.4. Autres précautions

Du fait de la complexité des circuits et de l'imperfection de certains organes, les précautions décrites ci-dessus doivent être assorties d'un soin extrême dans la conception de toute la chaîne du signal qui reçoit en outre des circuits de correction réduisant sensiblement les distorsions résiduelles constatées.

2.4. SPÉCIFICATIONS DES MATÉRIELS RÉCENTS

Les efforts déployés pour améliorer les propriétés de transmission des magnétoscopes peuvent être résumés brièvement par la communication de certaines spécifications.

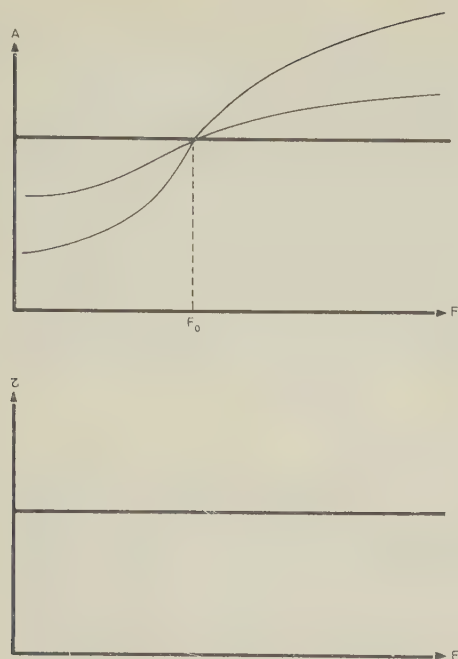


FIG. 3. — Caractéristiques des circuits d'égalisation.

Bande passante : 25 Hz à 6 MHz à $\pm 0,5$ dB.

Rapport signal/bruit (non pondéré) : 45 dB.

Gain différentiel : 2 %.

Phase différentielle : 5°.

3. Conséquences des solutions mécaniques

3.1. RÉGÉNÉRATION DES SIGNAUX DE SYNCHRONISATION

La conception mécanique de base des magnétoscopes entraîne d'autres conséquences liées à la télévision en couleurs. Tout d'abord l'utilisation de quatre têtes distinctes utilisées séquentiellement impose de résoudre le problème de la commutation qui est effectuée pendant l'intervalle de suppression ligne : on peut ainsi éliminer le parasite de commutation en réinsérant de nouveaux signaux de suppression. On rajoute ensuite les signaux de synchronisation régénérés.

Or, dans cette dernière opération, tous les signaux situés en-dessous du niveau de suppression sont écrêtés. Il en résulte que, pour tous les systèmes de télévision en couleur, il est nécessaire de séparer les signaux de luminance et de chrominance pour n'effectuer les opérations de réinsertion, de suppression et d'addition des signaux de synchronisation que sur la luminance. Les signaux de chrominance sont mélangés par la suite pour reconstituer le signal codé complet, comme le montre la figure 4.

3.2. CORRECTION DES ERREURS DE GÉOMÉTRIE ET DE BASE DE TEMPS

Le signal ainsi obtenu peut encore présenter d'autres défauts liés à l'utilisation de quatre têtes : défauts de géométrie dus au mauvais positionnement des têtes les unes par rapport aux autres ou des têtes par rapport au guide qui appuie la bande,

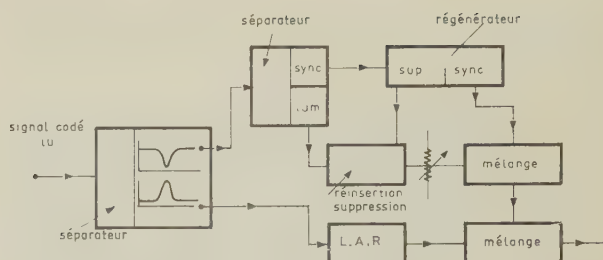


FIG. 4. — Traitements séparés de la luminance et de la chrominance.

défauts de base de temps liés aux irrégularités du mouvement de rotation des têtes. Ces défauts sensibles en noir et blanc, puisqu'ils entraînent des déformation de l'image, le sont également en SECAM ; ils sont encore plus graves dans le cas des systèmes PAL ou NTSC dont ils compromettent le décodage.

Les erreurs de géométrie sont en général compensées, même pour les signaux de télévision en noir et blanc, par un dispositif automatique comprenant une ligne à retard variable à commande électronique, commandée par un signal d'erreur provenant de la comparaison de phase entre les signaux de synchronisation lus et les signaux de synchronisation délivrés par un générateur de synchronisation (fig. 5a). Cette correction, satisfaisante en SECAM, n'est pas suffisante en PAL et en NTSC pour lesquels un correcteur analogue, fonctionnant à partir des signaux de burst, est nécessaire (fig. 5b).

La première correction permet de réduire les variations rapides de la base de temps du signal restitué à ± 30 ns, ce qui est nettement inférieur à

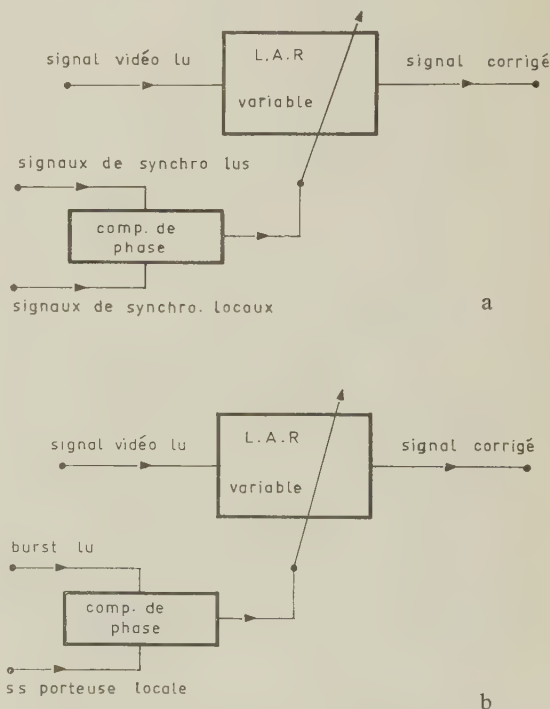


FIG. 5.
a) correction des erreurs de géométrie.
b) correction NTSC ou PAL.

la durée du point d'image. La correction plus élaborée de la figure 5b abaisse cette erreur résiduelle à ± 5 ns.

3.3. CORRECTION DES ERREURS DE VITESSE

On pourrait croire que le chiffre précédent est une garantie de la perfection des images reproduites en NTSC. Malheureusement des défauts sont encore visibles sur l'image, la raison en est que, contrairement à ce qui se passe avec les distorsions des systèmes de transmission, les erreurs résiduelles peuvent concerner deux éléments voisins de l'image, deux lignes successives par exemple. L'œil est dans ces conditions extrêmement sensible aux moindres variations de teinte ou de saturation et une nouvelle correction apparaît nécessaire, surtout si l'on désire que la qualité de reproduction soit conservée en cours de copies successives du signal.

Les signaux de correction produits par les dispositifs de la figure 5 sont en effet des signaux discontinus : à chaque ligne, les tensions à appliquer aux lignes à retard variables varient en fonction de l'échantillonnage. Or les erreurs de vitesse, produites le plus souvent par un mauvais positionnement du guide à dépression qui aspire la bande, ne varient pas par paliers. D'où la nécessité d'une correction supplémentaire décrite à la figure 6 et tirant parti du caractère cyclique des erreurs de géométrie.

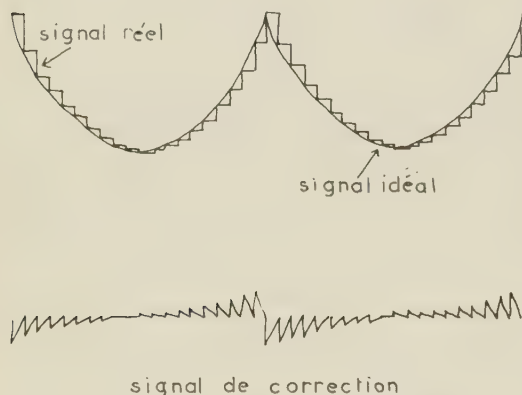


FIG. 6. — Correction d'erreurs de vitesse.

3.4. MONTAGE DES BANDES

Dans le cas du système SECAM, et également du système PAL, la période complète du signal codé, mises à part les questions d'inversions de phase pour la compatibilité, couvre deux images complètes. Ceci impose de nouvelles modifications des magnétoscopes. En effet, le montage mécanique de deux séquences s'effectue normalement en prenant pour repère des impulsions enregistrées sur la piste d'asservissement et dont la fréquence est 25 Hz. Pour effectuer une collure parfaite, il est souhaitable de réduire la fréquence de ces impulsions à 12,5 Hz.

3.5. ASSERVISSEMENTS

Cette modification fournit d'ailleurs la solution à un autre problème : en effet, on peut désirer que le magnétoscope puisse fonctionner comme une

source parfaitement synchrone vis-à-vis de signaux délivrés par d'autres sources, comme par exemple les caméras. Si l'on se contente d'asservir les signaux de synchronisation du signal lu aux signaux délivrés par le générateur de synchronisation, il peut se faire que les lignes transmises à un instant donné soient pour l'une une ligne où la modulation est produite par B-Y, et pour l'autre une ligne transportant l'information R-Y. Pour éviter une telle situation, il suffit d'asservir le magnétoscope à une fréquence de 12,5 Hz pendant la période de démarrage et les impulsions de montage enregistrées à cette fréquence constituent un signal commode pour atteindre ce but.

4. Conclusion

Nous avons essayé de décrire les matériels professionnels utilisés depuis peu pour l'enregistrement de la télévision en couleur. Cependant c'est un peu l'histoire des magnétoscopes à 4 têtes qui s'est trouvée retracée dans ses principales étapes à travers des dispositifs sans cesse mieux conçus mais aussi, de jour en jour, plus complexes et plus coûteux. Quels prolongements peut-on aujourd'hui attendre de cette évolution ?

Deux directions possibles sont à considérer :

— Les matériels à 4 têtes, solidement implantés dans les organismes de télévision peuvent encore être sensiblement modifiés par l'évolution de la technologie des têtes magnétiques et sur un tout autre plan, par l'emploi de circuits intégrés qui les rendraient à la fois plus compacts et plus fiables.

— Les matériels hélicoïdaux, qui couvrent dès maintenant une large gamme d'applications depuis l'usage domestique jusqu'à la réalisation de reportages, en passant par les applications à la médecine, à l'éducation, à l'industrie et à la science spatiale, pourraient, à la faveur de leur plus grande simplicité, s'introduire dans les studios.

A vrai dire, dans la technique en pleine évolution de l'enregistrement des images, beaucoup d'inconnues subsistent au nombre desquelles l'évolution des bandes, l'avenir des procédés récents thermoplastique, électrostatique... Par bonheur les organismes européens disposent dès l'abord d'un système satisfaisant pour l'enregistrement de la télévision en couleurs. C'est peut-être l'élément essentiel des possibilités d'avenir des magnétoscopes d'aujourd'hui.

BIBLIOGRAPHIE

Les articles les plus importants concernant l'enregistrement magnétique des images sont à rechercher dans la collection du « Journal of the S.M.P.T.E. » qui publie également les normes américaines en la matière. La documentation de base est concentrée dans les numéros suivants :

Avril 1957	Octobre 1959	Février 1962
Novembre 1958	Décembre 1960	Décembre 1964
	Juillet 1961	

Des informations concernant les matériels les plus récents peuvent être trouvées dans les communications à l'« International Conference on Magnetic Recording » (Londres juillet 1964) et en particulier dans le groupe de conférences présentées par MM. FÉLIX, COLEMAN et JENSEN sous le titre : « The theory and design of FM systems for use in colour Television tape recorders ».

LE PREMIER CAR DE REPORTAGE DE TÉLÉVISION EN COULEUR DE L'O.R.T.F.

par L. MIGNOT,
*Ingénieur des Télécommunications,
Ingénieur à l'O.R.T.F.*

1. Introduction

Dès 1965, le studio d'ISSY-LES-MOULINEAUX permettait de prendre connaissance des équipements de prise de vue en couleur. Il donnait la possibilité de déterminer des règles d'exploitation aussi bien en ce qui concerne l'éclairage du plateau que les réglages divers à effectuer sur les équipements avant et pendant la prise de vue.

Pour compléter cette expérimentation en studio, il était nécessaire d'étudier le comportement du matériel en extérieur où, dans bien des cas, l'éclairage est imposé par l'heure et les conditions atmosphériques, et ainsi de trouver les solutions donnant une bonne qualité d'image dans les ambiances très variées que l'on peut rencontrer.

C'est dans ce but que le Service des Etudes a inscrit dans son plan de travail de 1965 la réalisation d'un car de reportage équipé de trois caméras couleur. Les résultats de cette étude devraient permettre de définir la structure des futurs cars de reportage couleur. C'est à la fin du deuxième trimestre 1965 que fut établi le projet du véhicule décrit ci-après.

2. Implantation des matériels

2.1. LES PROBLÈMES POSÉS PAR LA COULEUR

L'expérience acquise au cours de l'exploitation en studio avait déjà montré que l'un des problèmes à résoudre en couleur était le bon équilibrage des caméras afin d'obtenir des images dépourvues de « dominantes colorée ». Un moyen d'atteindre ce résultat est de régler toutes les caméras sur un même récepteur, de très bonne qualité et particulièrement bien réglé. Ce point qui peut être considéré comme un point de détail a cependant des répercussions sur l'implantation des matériels dans le véhicule.

Dans les cars de reportage noir et blanc, le réalisateur et les techniciens disposent des mêmes récepteurs de contrôle : le réglage des caméras peut être fait sur un moniteur affecté à chacune d'elle. Une présélection des différentes caméras sur un même moniteur n'est pas indispensable pour obtenir un bon équilibrage des images, les récepteurs noir et blanc pouvant en effet être réglés sans difficulté de façon identique pour le rendu des demi-teintes. Le faible encombrement des voies de caméra et des moniteurs permet d'adopter cette disposition.

En couleur, l'obligation de comparer sur un même récepteur les images des caméras pour en assurer le réglage, conduit le technicien responsable à commuter fréquemment les images sur son récepteur de contrôle. Si l'on adoptait la même disposition que dans les cars noir et blanc, le réalisateur aurait devant lui un récepteur dont l'image changerait en permanence. Il éprouverait alors une gêne certaine et ne pourrait faire le choix des images dans de bonnes conditions.

En télévision en couleur, un point à prendre également en considération est l'encombrement des matériels. En effet, il faut donner au réalisateur :

- l'image de chaque caméra,
 - une image de préparation si on lui donne une possibilité d'effets spéciaux (médaillon, incrustation, volets),
 - l'image finale,
- ce qui représente cinq moniteurs couleur.

Trois autres moniteurs, qui peuvent être noir et blanc, sont encore nécessaires, l'un pour « l'image HF » (image diffusée) et deux autres qui donnent, en particulier, les images de deux véhicules qui peuvent être raccordés au car.

Compte tenu de ce que nous avons dit précédemment, des dimensions des moniteurs couleur et de la largeur maximale de 2,50 m pour un véhicule, il est difficile de retenir la même implantation que

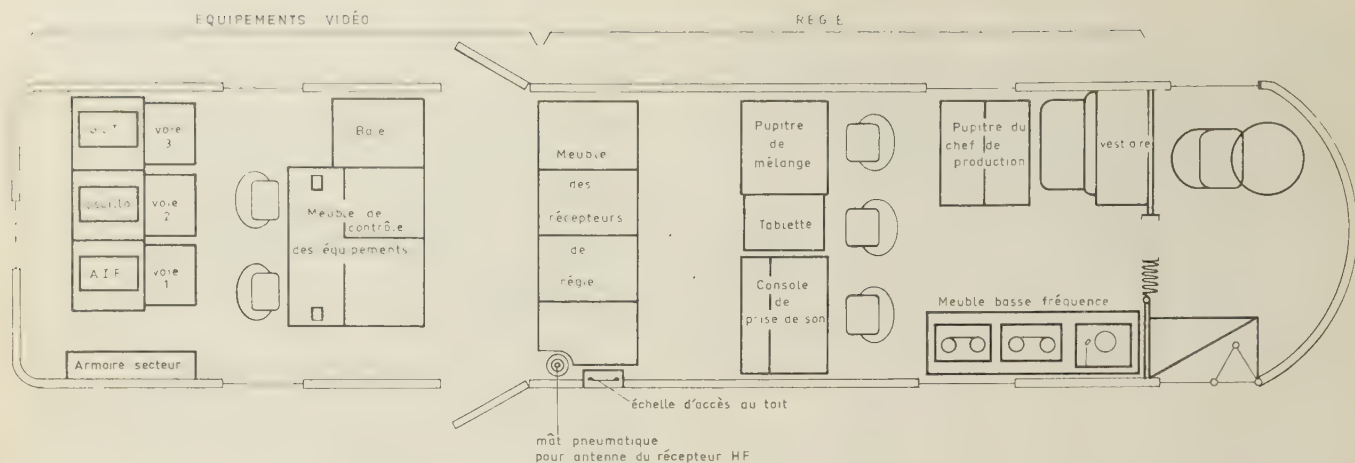


FIG. 1. — Implantation des matériels dans le véhicule.

dans les cars étudiés pour le noir et blanc, et il est avantageux d'isoler de la régie le récepteur de contrôle des caméras.

Pour ces raisons nous avons recherché une autre disposition. Celle que nous avons définie se rapproche de l'organisation des studios : le car est divisé en deux parties, la régie et les équipements (fig. 1).

2.2. DESCRIPTION DU VÉHICULE

Le véhicule (fig. 2) a été réalisé à partir d'un châssis treillis BERLIET du type PHL 10. C'est le châssis des cars de tourisme « Grand Raid » dont la suspension est souple, principale raison pour laquelle nous l'avons retenu. La carrosserie a été réalisée par les Etablissements GANGLOFF, de COLMAR.



FIG. 2. — Vue extérieure du véhicule.

Les dimensions hors tout sont les suivantes :

Longueur : 10 m.

Largeur : 2,50 m.

Hauteur : 3,47 m.

Le poids total en charge est de 15 tonnes.

La séparation entre les équipements et la régie est assurée par le meuble des récepteurs qui donnent le contrôle des images pour la régie où s'effectue le choix de l'image finale.

La console de prise de son et le pupitre mélange sont disposés devant les récepteurs. Pour la « script-

girl » une tablette abattante est fixée sur le pupitre de mélange.

Derrière le preneur de son est placé le meuble à basse-fréquence recevant les différents amplificateurs, un tourne-disques et deux magnétophones. Le pupitre du chef de production équipé d'un classificateur téléphonique est situé derrière le réalisateur.

La figure 3 donne une vue d'ensemble de la régie.

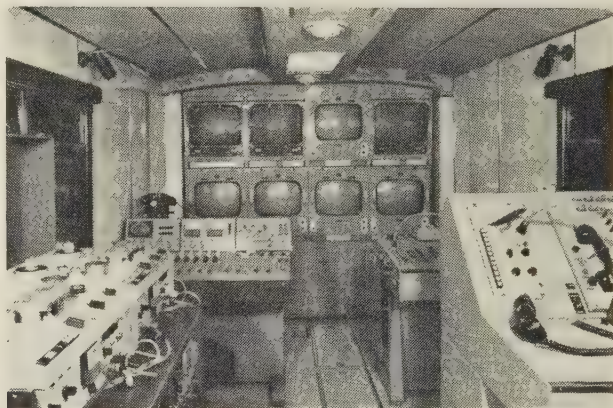


FIG. 3. — Vue d'ensemble de la régie.

Les équipements vidéo sont placés à l'arrière du véhicule. On y trouve les trois meubles des voies de caméra. Au-dessus sont disposés un analyseur d'images fixes, un générateur de lignes-test et un oscilloscope (fig. 4).

Face aux voies, le meuble de contrôle est équipé de deux moniteurs couleur, associés chacun à un oscilloscope. Quatre moniteurs noir blanc de 25 cm, placés au-dessus des moniteurs couleur donnent un contrôle de présence (fig. 5).

Depuis ce pupitre, le chef d'équipement peut contrôler tous les signaux et l'opérateur de voie règle l'équilibrage des caméras au moyen de la télécommande renvoyée sur ce pupitre (diaphragme, niveau de noir général).

Les organes de commutation, de mélange et de distribution, les codeurs et le répartiteur vidéo de

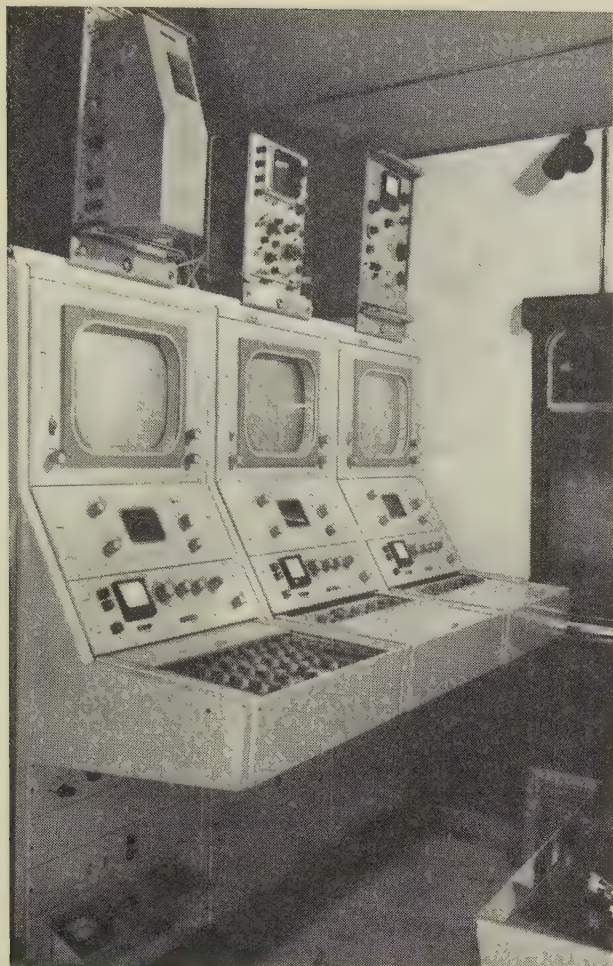


FIG. 4. — Les meubles des voies.

brassage manuel sont placés dans une baie, disposée à côté du meuble de contrôle.

Le générateur de synchronisation et les générateurs de mires sont dans la partie basse du meuble des récepteurs de régie, côté des équipements.

Les soutes ont été utilisées au maximum pour recevoir le transformateur d'alimentation, le régulateur secteur, les climatiseurs, le chauffage et les répartiteurs extérieurs video et basse-fréquence.

3. Le schéma video

3.1. CONCEPTION GÉNÉRALE

Le schéma d'un studio ou d'un car de reportage dépend, en grande partie, du « commutateur mélangeur ». Cet appareil permet de faire la sélection et l'enchaînement des images composant le programme.

En couleur, on peut envisager deux techniques pour le mélange et le truquage.

● *a* — Les sources fournissent les trois signaux primaires E'_R , E'_V , E'_B . A chacune d'elles, on adjoint un codeur qui fournit le signal video composite codé. Avec cette technique, nous aurons une interconnexion semblable à celle utilisée pour le

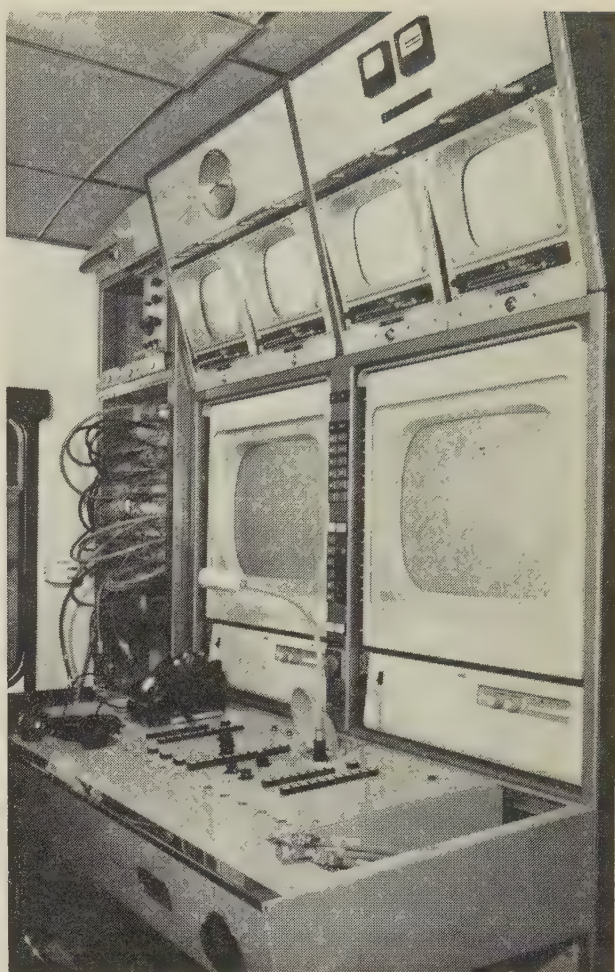


FIG. 5. — Le pupitre de contrôle des équipements de la baie vidéo.

signal noir et blanc transmis sur un seul câble coaxial. De ce fait, cette solution présente incontestablement des avantages, surtout dans un centre important où l'on trouve de nombreuses liaisons entre studio, centre nodal, télécinéma, bloc-programme, etc.

Dans ce cas, la structure du mélangeur dépend du système de codage utilisé :

— Si les signaux de chrominance modulent la sous-porteuse en amplitude, le mélangeur est, à des détails près, le même qu'en télévision achrome.

— Si les signaux de chrominance modulent la sous-porteuse en fréquence, on doit effectuer un décodage partiel pour mélanger ou truquer sur des signaux video de chrominance, puis procéder à un nouveau codage des signaux issus du mélange ou du truquage.

● *b* — Le mélangeur truqueur utilise les trois signaux primaires E'_R , E'_V , E'_B , fournis par les sources. Dans cette solution, la structure du mélangeur est évidemment indépendante du système de codage.

Ce n'est qu'en sortie du mélangeur que l'on procède au codage et le nombre des appareils spécifiques au système est réduit. Dans cette technique où l'on transmet les signaux sur trois voies, il est né-

cessaire d'utiliser des organes de commutation, de distribution dont le gain est très stable. Dans la transmission des trois signaux primaires, toute variation de gain sur l'une des voies se traduit par un virage coloré ; la tolérance est de l'ordre de 1 %.

Dans le cas du truquage, il faut également maintenir les niveaux du noir avec une précision de l'ordre de 5 %. De cela il résulte que cette méthode est considérée comme d'application difficile. En 1962 elle avait déjà été expérimentée au studio couleur d'ISSY-LES-MOULINEAUX (avec un truqueur réalisé avec des tubes à vide) pour comparer deux images sur un même moniteur couleur. Avec ce matériel, on avait pu conclure que l'appareil était utilisable pour des expérimentations avec un réglage minutieux et presque permanent, mais mal adapté à l'exploitation courante. Avec les semiconducteurs, compte tenu des résultats obtenus au laboratoire, une réalisation exploitable de mélangeur truqueur « R, V, B » semblait possible.

Au moment de l'élaboration du projet de ce car, l'étude du SECAM IV était commencée et, de ce fait, le système qui serait finalement mis en exploitation en France n'était alors pas défini. Nous avons donc adopté la solution nécessitant le minimum d'appareils propres au système de codage. Dans ces conditions, le véhicule peut être exploité dans n'importe quel système avec le minimum de modification. Il est, par conséquent, utilisable pour les débuts de l'exploitation couleur.

C'est pour ces raisons que nous avons choisi d'équiper ce car avec un mélangeur truqueur, travaillant avec les signaux des trois primaires. Le Laboratoire video du Service des Etudes de l'O.R.T.F. a pris en charge sa réalisation.

3.2. LE SCHÉMA VIDEO DE PRINCIPE

On peut distinguer deux chaînes : la chaîne « antenne », la chaîne « de contrôle ». La figure 6 donne le schéma de principe.

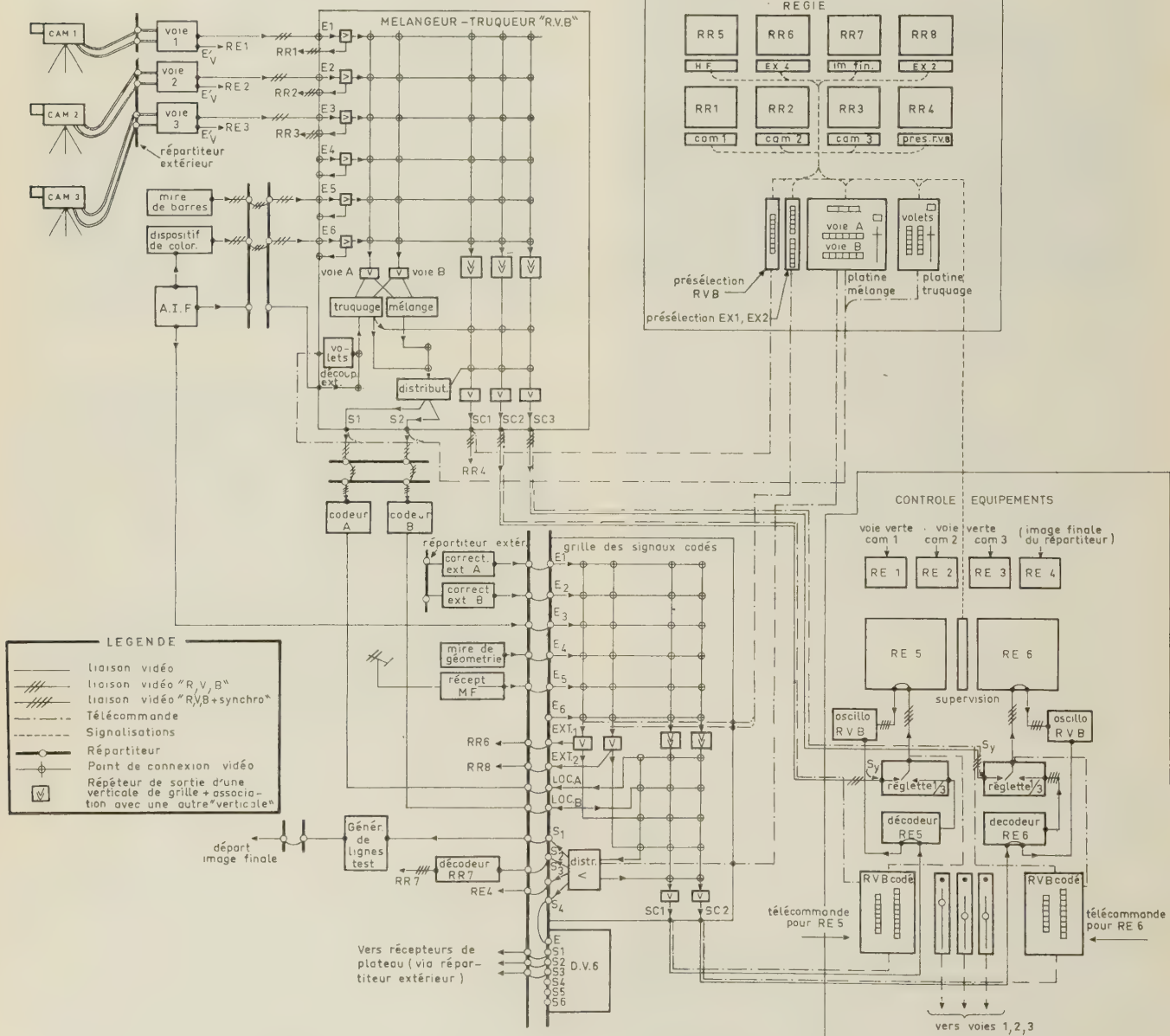


FIG. 6. — Schéma de principe.

3.2.1. La chaîne antenne

Les trois caméras PHILIPS à trois « Plumbicons » constituent les trois principales sources d'image du car. Elles alimentent, en « R, V, B », les entrées E1 à E3 du mélangeur. Les signaux présents sur les entrées du mélangeur sont répétés et acheminés vers les récepteurs de contrôle RR 1, RR 2 et RR 3 de la régie, donnant ainsi, en permanence, au réalisateur les images en couleur des trois caméras.

Un analyseur d'images fixes noir blanc (SN 283) * associé à un dispositif de coloriage permet d'obtenir des titres colorés sur fond noir, ou des titres noirs sur fond coloré. Les sorties du dispositif de coloriage sont ramenées en répartiteur. Les signaux d'une mire de barres couleur y sont également ramenés. Ces deux dernières sources peuvent être branchées par dicordage sur les entrées E 5 et E 6 du mélangeur.

Deux barres de sortie de la grille de commutation du mélangeur (télécommandées par le réalisateur) attaquent les amplificateurs de mélange et de truquage. Le réalisateur choisit le mode de fonctionnement (mélange ou truquage). Onze volets électroniques sont produits dans l'appareil. Un signal de découpage extérieur peut également être utilisé. Les signaux E'_R , E'_V , E'_B , de sortie du mélangeur truqueur sont relevés deux fois sur les sorties S 1 et S 2. Ils attaquent deux codeurs A et B, l'un est en secours de l'autre.

Nous trouvons maintenant un deuxième organe de sélection : la grille des signaux codés. Elle a été réalisée par le Laboratoire du Service des Etudes dans un caisson R 8 (normalisation ORTF). Ce type de caisson entre dans la composition même du répartiteur. Six entrées de cette grille peuvent recevoir des signaux d'image complets, noir et blanc ou couleur, synchrones ou non synchrones. Sur ces six entrées, il est possible de connecter (par dicordage sur le répartiteur) :

— les signaux « Extérieur A » et « Extérieur B » provenant de deux véhicules interconnectés à ce car ;

- une sortie de l'analyseur d'image fixe ;
- le signal de la mire de géométrie ;
- le signal video fourni par un récepteur H.F.

Deux barres de cette grille sont télécommandées par le réalisateur qui présélectionne sur ces barres les signaux appelés « Extérieur 1 » et « Extérieur 2 ». Ces signaux sont distribués en sortie pour alimenter les deux récepteurs RR 6 et RR 8.

Une autre barre qui constitue un second étage de sélection et est commandée également par le réalisateur, reçoit les signaux provenant des codeurs A et B (entrées locale A et locale B) ainsi que par liaison interne dans la grille (les signaux « Ext. 1 » et « Ext. 2 »). Le chef des équipements donne au réalisateur la télécommande soit du point codeur A ou du point codeur B.

Le signal de sortie de cette barre constitue le signal de l'image finale du car : le réalisateur choisit

ou l'image « locale » ou l'une des deux images Ext. 1, Ext. 2, présélectionnées pour composer l'image finale.

Le signal d'image finale est distribué sur quatre sorties. Un distributeur video six directions (SN 126 A) permet d'accroître le nombre des sorties image finale. Il est en effet nécessaire d'alimenter le « départ antenne » (véhicule relais hertziens ou magnétoscope), le récepteur de régie (RR 7) via son décodeur associé, un récepteur de contrôle de présence des équipements (RE 4) et les différents récepteurs de plateau, ce qui représente finalement de nombreux points d'utilisation de ce signal.

Un générateur de lignes test est inséré sur le départ antenne.

3.2.2. La chaîne de contrôle

Cette chaîne de contrôle alimente en signaux video les deux moniteurs couleur (RE 5 et RE 6) du pupitre des équipements. Les deux moniteurs peuvent recevoir, de façon indépendante, les mêmes signaux au moyen d'un clavier de télécommande affecté à chaque moniteur.

Un règlette de sélection 1/3 (SN 238 A) aiguille vers le moniteur soit la sortie contrôle du mélangeur RVB, soit la sortie du décodeur associé qui reçoit, sur son entrée, la sortie contrôle de la grille des signaux codés. Cet aiguillage est commandé automatiquement selon la sélection effectuée par l'opérateur.

La sortie contrôle du mélangeur permet de choisir l'une des six entrées E 1 à E 6, la sortie du truquage ou l'image finale locale en RVB. Sur l'un des deux moniteurs, il sera donc possible, en le destinant plus particulièrement à cette fonction, de vérifier le bon équilibrage des trois caméras et d'agir, pour qu'il en soit ainsi, au moyen de la télécommande des voies (diaphragme et niveau de noir général) ramenées sur le pupitre des équipements.

La sortie contrôle de la grille codée permet la sélection de l'une des six entrées, du codeur A, du codeur B, des signaux Ext. 1, Ext. 2, présélectionnées par le réalisateur, et de l'image finale du car.

L'ensemble de ces deux sorties de contrôle (mélangeur et grille des signaux codés) donne la possibilité de vérifier tous les signaux qui peuvent composer l'image finale et cela en différents points de la chaîne antenne.

Les moniteurs noir et blanc de petite dimension (25 cm), placés au-dessus des moniteurs couleur, sont des contrôles de présence des trois images de caméra (voie verte) et de l'image finale.

Un appareil permettant de contrôler le bon fonctionnement des codeurs a été prévu dans la baie des équipements, les entrées et sorties sondes sont ramenées en répartiteur.

4. Signalisations

Les télécommandes s'accompagnent de l'établissement de deux circuits de signalisation : un circuit de signalisation antenne et un circuit d'affichage.

* Référence de la Spécification Normalisée ORTF.

● Le circuit de signalisation antenne achemine une signalisation vers les sources choisies par le réalisateur pour composer le programme. Cette signalisation est également renvoyée :

— vers les boîtiers de signalisation des récepteurs de régie marquant ainsi la source à l'antenne,

— vers le panneau de signalisation du chef d'équipement pour lui donner les mêmes renseignements.

● Le circuit d'affichage est un circuit de supervision : il indique à l'équipement les entrées du mélangeur RVB sélectionnées par le réalisateur et le mode de fonctionnement choisi (mélange ou truquage).

Par ce circuit, le chef d'équipement est également renseigné sur les sources présélectionnées par le réalisateur sur les barres Ext. 1 et Ext. 2 de la grille des signaux codés.

En régie, le circuit d'affichage indique sur les boîtiers de signalisation associés aux récepteurs, les images présélectionnées sur les récepteurs RR 4 (présélection RVB), RR 6 (Ext. 1) et RR 8 (Ext. 2).

5. Les étapes de la construction

Le Service des Etudes de l'O.R.T.F. a établi le projet et contrôlé la réalisation à tous les stades.

La C.F.T.H. a eu la charge d'étudier et de réaliser les meubles, de préciser les détails d'implantation dans le véhicule en liaison avec le carrossier. L'installation électrique et le câblage video ont été également effectués par cette compagnie.

La fourniture et le câblage basse fréquence étaient à la charge des Etablissements L.I.E. BELIN.

L'étude a débuté dans la seconde quinzaine de juin 1965, le châssis a été livré au carrossier fin octobre 1965, le véhicule carrossé a été mis à la disposition de la C.F.T.H. au début du mois de mars 1966 et le câblage video était terminé début juillet 1966. Le câblage B.F. a été achevé en septembre.

C'est donc dans un délai très court que le premier car de reportage couleur de l'O.R.T.F., et sans doute d'Europe, a été réalisé : il s'est écoulé un peu plus d'un an entre les premiers plans et la mise en exploitation.

6. Conclusion

Les résultats obtenus avec le mélangeur truqueur RVB ont montré qu'il était possible, avec de bons résultats, de procéder au mélange et au truquage en trois voies, ce qui avait été évité jusque là parce que considéré comme très difficile.

Bien que la nouvelle disposition adoptée pour le matériel n'ait pas, en premier lieu, reçu a priori l'approbation de tous, l'expérience a montré que, finalement, elle était parfaitement justifiée : elle a été, en fin de compte, retenue pour les futurs cars de reportage couleur en cours de construction.

Des essais variés ont permis de se rendre compte des conditions limites d'exploitation, tout en permettant aux équipes des reportages de se familiariser avec le matériel couleur, et cela dans les conditions réelles de travail.

Ce véhicule a constitué un appoint non négligeable dans les moyens de production mis en service pour préparer les premières émissions qui seront diffusées à partir du mois d'octobre 1967.

LA TECHNIQUE DES SIGNAUX TEST ET LE CONTROLE OU LA MESURE DES CARACTÉRISTIQUES VIDEO DU RÉSEAU DE L'ORTF

PAR

M. Y. GUINET

*Ancien élève de l'Ecole Polytechnique
Ingénieur à l'ORTF*

1. Généralités

On assiste actuellement à une évolution importante des méthodes de mesure et de contrôle du réseau de transmission et de diffusion de l'Office,

— à court terme, la mise en exploitation de la télévision en couleur pose le problème d'un contrôle plus complet et plus précis des caractéristiques des équipements,

— à moyen terme, le développement progressif de l'automatisation pose le problème d'un contrôle permanent.

La technique des signaux test permet de satisfaire ces exigences nouvelles et, depuis quelques années, son emploi se généralise. On décrit dans cet exposé quelques aspects de cette technique.

2. La technique des signaux test et le contrôle des équipements

Il est possible de transmettre dans le même canal et dans le même temps que le signal video des informations complémentaires diverses. La technique des signaux test utilise la fin de l'intervalle de suppression trame (intervalle de temps correspondant, lors du balayage de l'écran du récepteur, au retour vertical du spot) pour insérer dans le signal video des signaux de mesure ou de contrôle de forme bien définie (les signaux apparaissant en haut de l'écran du récepteur) (fig. 3).

L'analyse des distorsions subies par ces signaux en cours de transmission permet de connaître à tout instant la dégradation du signal image depuis le point d'insertion. Les formes d'onde sont particulièrement choisies pour mettre en évidence les distorsions les plus caractéristiques (fig. 1 et 2).

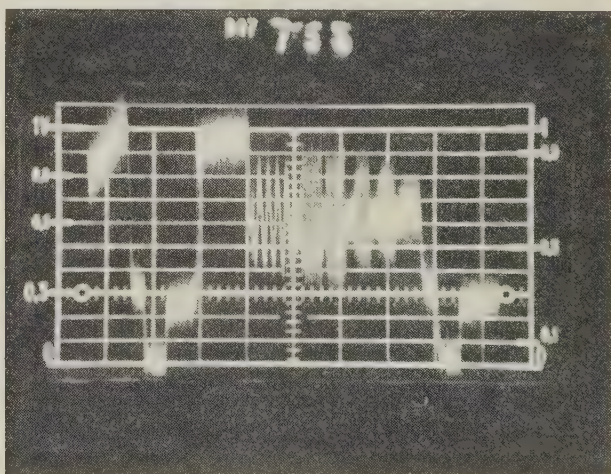
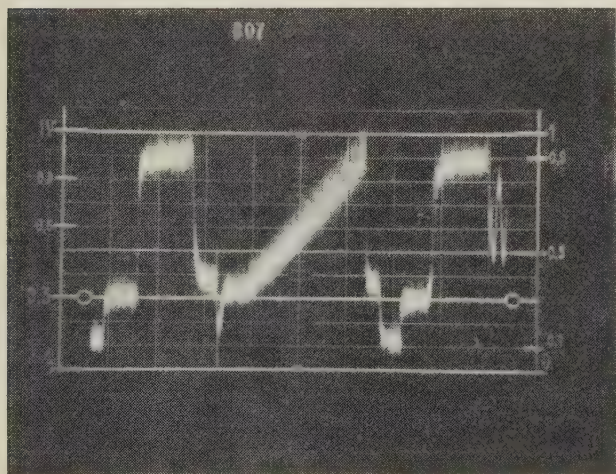


FIG. 1 et 2. — Signaux test soviétiques reçus à Paris lors d'une transmission par satellite MOLNYA 1. 24 juin 1966.
Signal en dent de scie et signal multiburst.

Il convient cependant de remarquer que ce contrôle, s'il est permanent n'est pas tout à fait complet. La durée de chaque signal étant inférieure ou égale à la durée de la ligne, il n'est pas possible de contrôler les caractéristiques du système de transmission au voisinage de la fréquence ligne ou aux fréquences inférieures. De plus, le contrôle se fait sur un signal à composante moyenne aléatoire puisque la composante moyenne dépend du contenu de l'image. Cette composante moyenne peut, dans le cas de transmissions fortement non linéaires, avoir une influence très importante sur la dégradation du signal.

3. La technique des signaux test et la mesure des caractéristiques des équipements

Il convient donc d'associer à ce contrôle permanent mais incomplet des mesures périodiques et complètes.

Pour que les résultats des mesures et des contrôles soient utilisables, il est apparu rapidement qu'ils devaient être cohérents. Il était donc nécessaire de procéder à une unification des méthodes de mesure et de conserver, lors des mesures de maintenance, les mêmes formes d'onde que lors des contrôles.

L'extension de la technique des signaux test aux mesures de maintenance consista à remplacer le signal video image par un signal de nature bien définie :

- pour les mesures de linéarité, par un signal au noir, au blanc ou à composante moyenne variable,
- pour les mesures basse fréquence et très basse fréquence, par un signal passant du noir au blanc à cadence plus ou moins rapide (50 Hz à quelques fractions de Hz).

Le générateur de signaux test dont la seule fonction était primitivement d'insérer des signaux de contrôle dans l'intervalle de suppression devient ainsi un véritable générateur de signaux de mesure video (fig. 21).

Les avantages que présente cette méthode de mesure par rapport aux méthodes classiques par signaux types sont nombreux :

— Il est possible d'effectuer sur un équipement toutes les mesures aux fréquences supérieures à la fréquence ligne sans modifier les conditions de mesure. On pourra ainsi, dans le même temps, mesurer ou contrôler toutes les caractéristiques d'un équipement. La méthode est particulièrement précieuse lorsqu'on recherche le meilleur compromis entre plusieurs types de distorsions.

— La composante moyenne du signal est parfaitement définie.

— Le résultat d'un contrôle d'exploitation est directement comparable aux résultats des mesures de maintenance.

4. Les signaux test utilisés actuellement sur le réseau de l'Office

Décrivons rapidement les signaux test et leur principale utilisation. Ces signaux sont au nombre de cinq (fig. 3) :

- le signal de positionnement et d'identification,

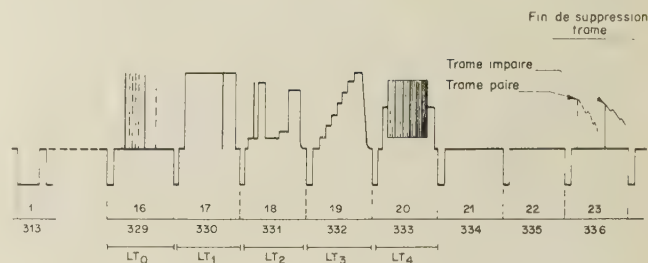


FIG. 3. — Disposition des signaux test dans le signal vidéo.

- le signal au blanc,
- les signaux impulsionnels et transitoires,
- le signal multiburst,
- le signal en escalier.

4.1. LA LIGNE DE POSITIONNEMENT ET D'IDENTIFICATION LT_0

Elle ne porte que quelques impulsions de position, d'amplitude et de durée bien définies. Ces impulsions servent à la localisation des signaux test et, par un codage approprié, à la transmission de données diverses telles que l'indicatif du générateur insérant les signaux des télécommandes ou des télésignalisations (fig. 4).

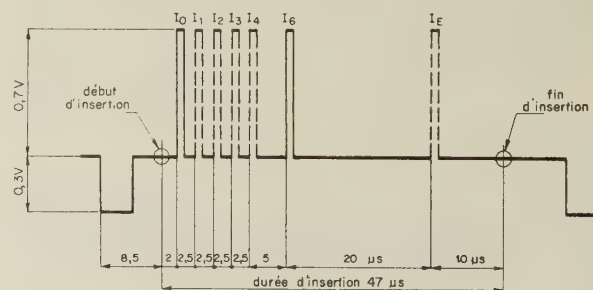


FIG. 4. — Ligne test LT_0 . Forme du signal d'identification.

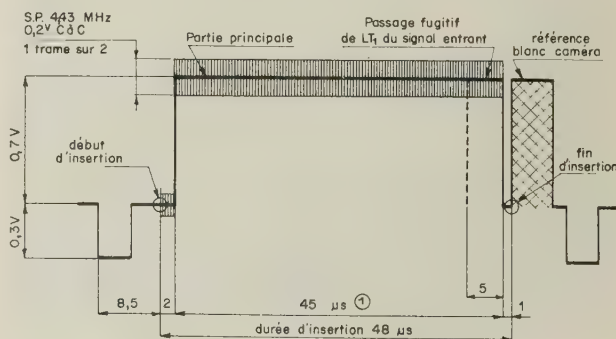


FIG. 5. — Ligne test LT_1 . Forme du signal au blanc.

4.2. LE SIGNAL AU BLANC

La ligne blanche, à laquelle on superpose, une trame sur deux, un niveau bien défini de sous-porteuse à 4,43 MHz, sert au contrôle du niveau de luminance, du rapport luminance synchro, des traînages longs et de l'équivalent à 4,43 MHz au niveau du blanc (fig. 5).

4.2.1. Le contrôle du niveau de luminance et du rapport luminance/synchro

En SECAM, les informations de chrominance étant transmises en modulation de fréquence, l'amplitude des signaux D_R et D_B de chrominance après décodage ne dépend pas du gain du système de transmission au voisinage de la fréquence des sous-porteuses. Par contre, l'amplitude du signal de luminance Y dépend du gain aux fréquences basses. Il est donc nécessaire, pour que la restitution des teintes soit correcte, d'effectuer en video un contrôle strict du niveau de luminance (fig. 6).

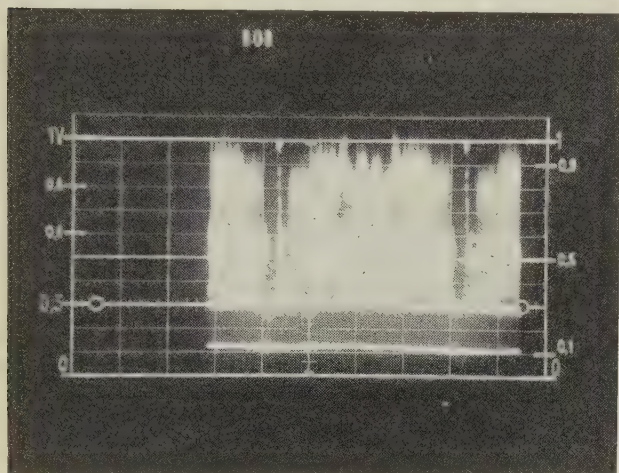


FIG. 6. — Contrôle de niveau et de rapport luminance/synchro. Signal en trame.

D'autres considérations ayant même origine imposent au technicien de contrôler aussi le rapport luminance/synchro.

4.2.2. Le contrôle des traînages longs

Les traînages longs affectent considérablement la qualité d'une image. Les systèmes d'alignement limi-

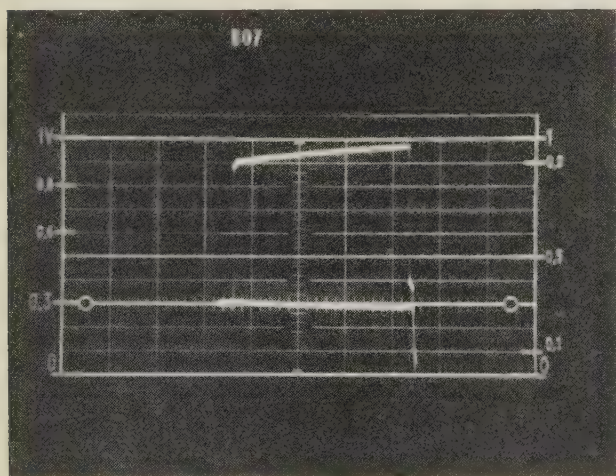


FIG. 7. — Effet d'un tramage long sur le signal au blanc. Trame sans sous-porteuse.

tent en général leur influence à la durée de la ligne. Le signal au blanc permettra de les mettre en évidence et de les corriger (fig. 7).

4.2.3. L'équivalent à 4,43 MHz au niveau du blanc

En SECAM, la présence systématique d'un niveau important de sous-porteuse au blanc rend nécessaire un contrôle particulier. On peut en effet, en exploitation, constater, notamment sur les émetteurs, des intermodulations importantes. Un écrêtage de cette sous-porteuse a pour principal effet de diminuer, au moment où il se produit, le rapport signal de chrominance à bruit.

4.2.4. Le contrôle de la phase d'intermodulation à 4,43 MHz

La sous-porteuse superposée à un signal de luminance à niveau constant peut être utilisée comme référence de phase, après retard, pour un contrôle de la phase d'intermodulation à 4,43 MHz (§ 4.5.2).

4.3. LES SIGNAUX IMPULSIONNELS ET TRANSITOIRES

Depuis quelques années, l'emploi des impulsions en sinus carré s'est considérablement développé et des méthodes de contrôle des équipements par l'utilisation du « pulse and bar » ont été mises au point. Ces formes d'onde sont en effet très caractéristiques du signal de télévision puisqu'elles représentent le point blanc sur fond noir et la transition noir-blanc.

Il peut être nécessaire, en cas de transmission couleur, de connaître les caractéristiques linéaires du système de transmission aux fréquences élevées et notamment dans le canal de chrominance. Une utilisation complète du « pulse and bar » consiste à calculer ces caractéristiques à partir des suites d'échantillonnage du signal action et du signal réponse. La mise en œuvre de cette mesure ne peut être menée à bien que moyennant certaines précautions. Il faut, bien sûr, que la transmission soit linéaire ou quasi linéaire dans le domaine de variation du signal. Il faut aussi que les états de repos puissent être définis sans ambiguïté.

Pour ces raisons, on fait précéder la barre par l'impulsion et on donne à ces deux formes d'onde l'amplitude crête à crête de 500 mV (fig. 8).

Cette mesure nécessite l'emploi d'un ordinateur. Elle apparaît néanmoins particulièrement bien adaptée

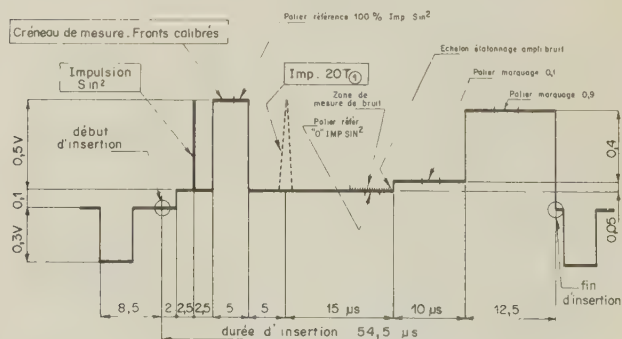


FIG. 8. — Ligne test LT2. Forme du signal.

aux mesures des caractéristiques linéaires, dans le cas des mesures automatiques par échantillonnage des signaux-test.

Afin de tester le canal de transmission aux fréquences élevées, on utilise une impulsion « T » en forme de sinus carré dont la durée à mi-hauteur est $T = 1/2 \cdot f_c$ où f_c est la fréquence de coupure du canal (fig. 9).

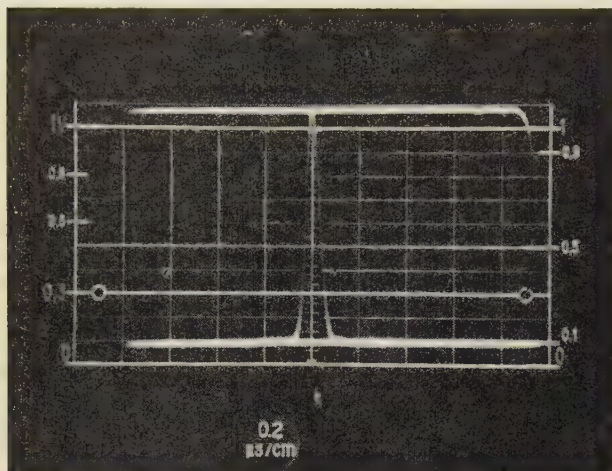


FIG. 9. — Impulsion en sinus carré. Forme du signal au départ.

Si $\delta_F(t) = \frac{\sin \pi F t}{\pi t}$ et si $a_i(iT)$ et $r_i(iT)$ sont les suites des valeurs d'échantillonnage de l'action $A(t)$ et de la réponse $R(t)$, on sait qu'il est possible, d'après SHANNON, d'écrire pour les signaux à bande limitée :

$$A(t) = \frac{1}{F} \sum_{-\infty}^{+\infty} a_i(iT) \delta_F(t - iT)$$

$$R(t) = \frac{1}{F} \sum_{-\infty}^{+\infty} r_i(iT) \delta_F(t - iT)$$

et leur transformée, sous la forme :

$$\mathcal{C}_A = \frac{1}{F} \sum_{-\infty}^{+\infty} a_i(iT) e^{-2\pi j i f T}$$

$$\mathcal{C}_R = \frac{1}{F} \sum_{-\infty}^{+\infty} r_i(iT) e^{-2\pi j i f T}$$

La fonction de transfert $\mathcal{F} = \frac{\mathcal{C}_R}{\mathcal{C}_A} = \rho(f) e^{-j\phi(f)}$ permettra de calculer les réponses amplitude fréquence ou phase fréquence (fig. 10).

Le programme mis au point par le laboratoire de traitement de l'information du Service des Etudes de l'ORTF permet de calculer ces caractéristiques sur ordinateur à partir de suites d'échantillonnage de 50 termes (fig. 11 et 12).

Les deux méthodes de transformation utilisées (ARSAC et PAPOULIS) ont donné des résultats identiques.

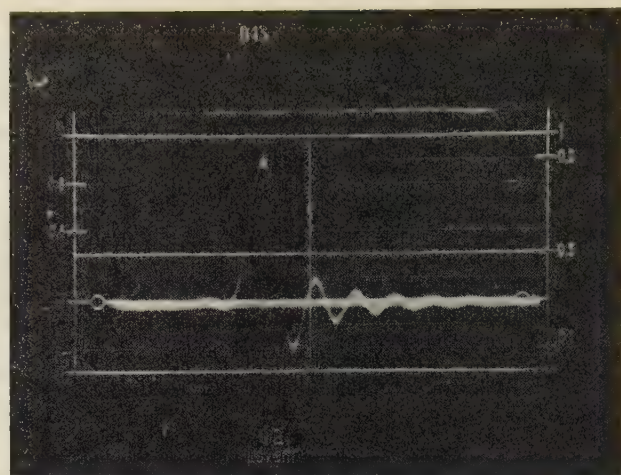


FIG. 10. — Réponse à l'action impulsionnelle en sinus carré sur une liaison Paris-Francfort-Paris le 20 janvier 1967.

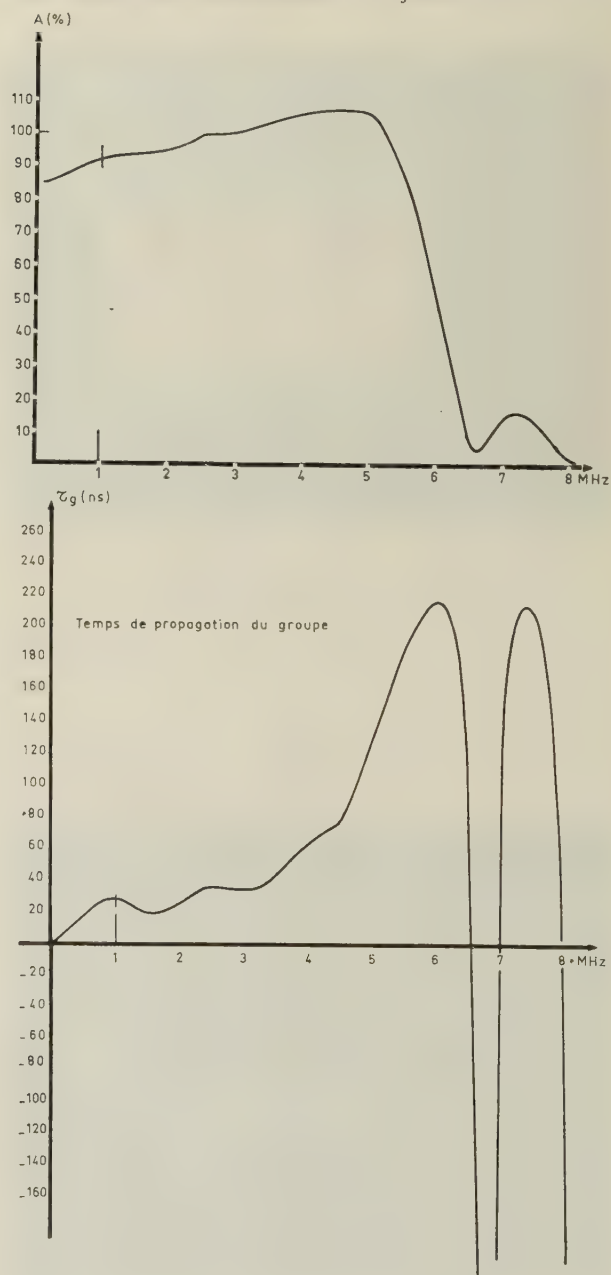


FIG. 11 et 12. — Résultats du calcul des caractéristiques linéaires de la transmission à partir de l'échantillonnage des signaux des figures 9 et 10. Caractéristique amplitude-fréquence. Caractéristique temps de propagation de groupe-fréquence.

Ces résultats sont présentés sous la forme d'un échantillonnage de la fonction de transfert $\mathcal{F}$ ou plutôt de $\rho(f)$ et de $\varphi(f)$ ou $d\varphi/df$ tous les 100 KHz.

On donne, à titre d'exemple, les résultats obtenus sur une liaison hertzienne longue. On remarquera, en haut de bande, la présence de deux trappes l'une correspondant à une onde pilote de continuité et l'autre à une voie son.

On comparera le résultat obtenu pour la caractéristique amplitude fréquence à la réponse au signal multiburst sur le même quadripôle (fig. 17).

On peut, avec le même signal, contrôler les réponses transitoires et notamment les fronts montants aux fronts descendants, ainsi que les traînages courts et moyens (fig. 13).

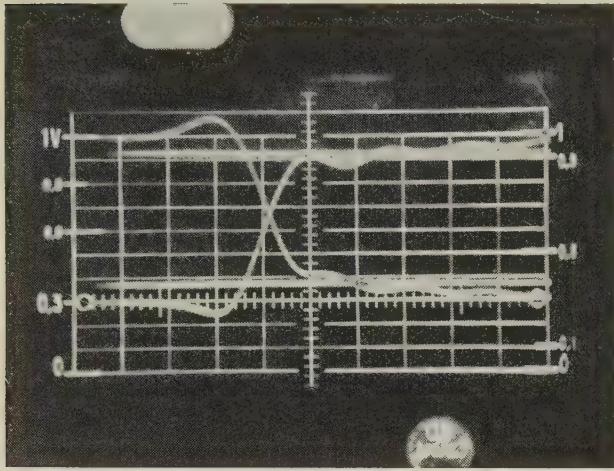


FIG. 13. — Réponse transitoire — Front montant et front descendant. Ensemble émetteur et démodulateur HF. Marquage à 10 % et 90 %.

4.4. LE SIGNAL MULTIBURST

Dans le but de contrôler plus rapidement la caractéristique amplitude fréquence aux fréquences élevées, on utilise le signal multiburst (fig. 14).

On lui associe un créneau ayant même amplitude que les salves et situé soit sur la même ligne (fig. 2) soit sur deux lignes différentes (fig. 9). On peut ainsi faire (aux erreurs de traînage et de linéarité près) des mesures d'équivalent à différentes fréquences.

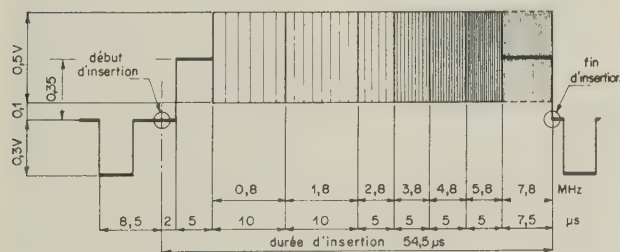


FIG. 14. — Ligne test LT₄ — Forme du signal multiburst.

4.4.1. Effet des distorsions linéaires

Comme nous allons le voir, s'il est pratique, le signal multiburst n'est pas très complet (fig. 17).

Afin de préciser la façon dont un signal multiburst teste le quadripôle de transmission on peut étudier simplement la répartition spectrale d'une salve de durée θ , d'amplitude a et de fréquence $f = \frac{\Omega}{2\pi}$

$$\text{soit } A(t) = a \sin \Omega t [V(t) - V(t-\theta)]$$

où $V(t)$ est l'échelon unité.

Sa transformée s'écrit :

$$\mathcal{C}_A = \frac{a}{\Omega^2 - \omega^2} [\Omega - \Omega \cos \Omega \theta e^{-j\omega\theta} - j\omega \sin \Omega \theta e^{-j\omega\theta}]$$

soit, en posant :

$$\Omega \theta = 2\pi v \quad \text{et} \quad \omega \theta = 2\pi s v$$

et en séparant partie réelle et partie imaginaire :

$$P_R(\mathcal{C}_A) = \frac{a\theta}{2\pi v(1-s^2)} [1 - \cos 2\pi v \cos 2\pi s v - s \sin 2\pi v \sin 2\pi s v]$$

$$P_I(\mathcal{C}_A) = \frac{a\theta}{2\pi v(1-s^2)} [\cos 2\pi v \sin 2\pi s v - s \sin 2\pi v \cos 2\pi s v].$$

Les figures 15 et 16 donnent le résultat de la tabulation de l'expression

$$100 \frac{\sqrt{(P_R(\mathcal{C}_A))^2 + (P_I(\mathcal{C}_A))^2}}{[\sqrt{P_R(\mathcal{C}_A)^2 + P_I(\mathcal{C}_A)^2}]} \text{ pour } s = 1$$

suivant les valeurs de s et pour différentes valeurs de v

$v = 8$: salve de 10 μ s à la fréquence 0,8 MHz

$v = 29$: salve de 5 μ s à la fréquence 5,8 MHz

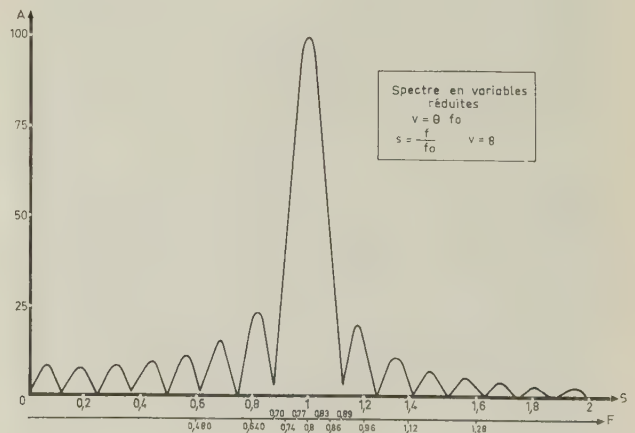


FIG. 15. — Densité spectrale d'une salve à 0,8 MHz de 10 μ s.

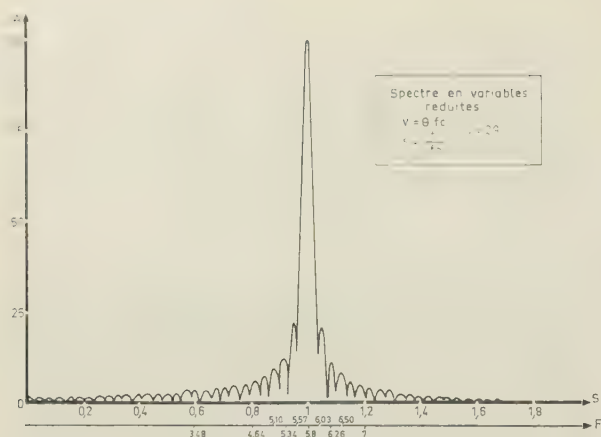


FIG. 16. — Densité spectrale d'une salve à 5,8 MHz de 5 μ s.

Cette tabulation, effectuée par le laboratoire de traitement de l'information du Service des Etudes de l'ORTF montre comment le signal multiburst teste la caractéristique amplitude-fréquence du système de transmission.

On voit que le signal multiburst ne sera sensible au premier ordre qu'aux distorsions linéaires se produisant dans une bande de $2/\theta$ autour de la fréquence de la salve.

Dans le cas où $\theta = 5 \mu$ s, $2/\theta = 400$ kHz

Un accident sélectif se produisant entre deux fréquences pourra donc passer inaperçu. On constatera néanmoins une dégradation des transitoires de la salve, dégradation d'autant plus marquée que l'accident se produira à une fréquence plus proche de la fréquence de la salve (Cf. la dernière salve sur la figure 17₁).

4.4.2. Effet des distorsions non linéaires

Le signal multiburst peut être affecté de distorsions non linéaires importantes.

Ecrivons le signal action $A(t)$ sous la forme :

$$A(t) = A_0 + \sum_i^n B_0 [\cos 2\pi f_i t (V(t-i\theta) - V(t-(i+1)\theta))]$$

où f_i est la fréquence du burst i

et B_0 l'amplitude des bursts.

La réponse $R(t)$ s'écrit généralement sous la forme :

$$R(t) = \sum_i [R(f_i, A_0, B_0) + S(f_i, A_0, B_0) \cos 2\pi f_i t] \times [V(t-i\theta) - V(t-(i+1)\theta)].$$

L'intermodulation entre les composantes à fréquence élevée et les composantes à fréquence basse est caractérisée par le fait que $R(f_i, A_0, B_0)$ est une fonction de la fréquence. La valeur moyenne de la salve dépend de la fréquence de la salve.

Ce genre de distorsion est dû notamment aux préaccentuations importantes mises en œuvre sur les faisceaux hertziens et aux limitations de bande en fréquence intermédiaire (mais on le constate aussi sur les émetteurs).

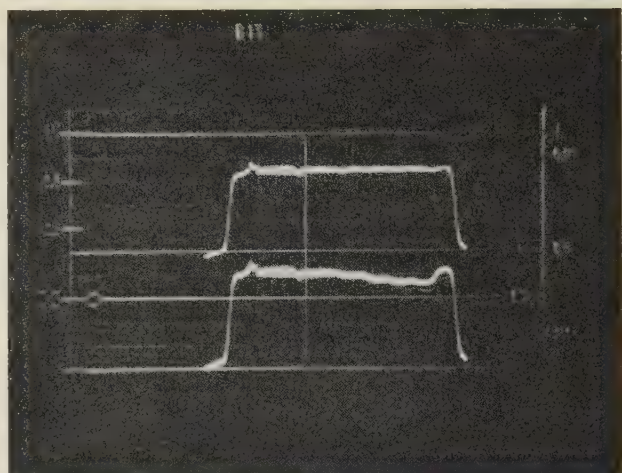
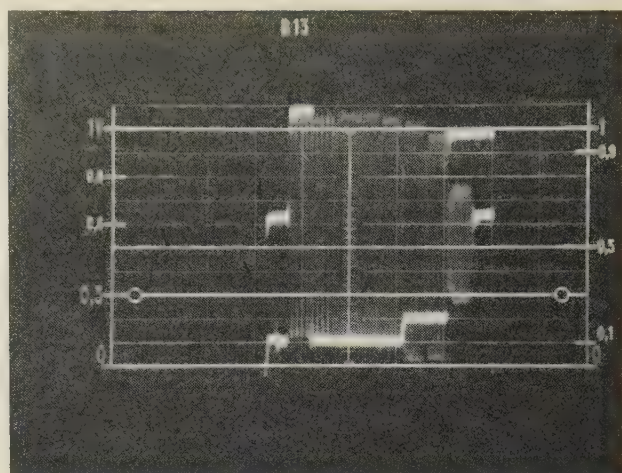


FIG. 17. — Réponse au signal multiburst sur la liaison Paris-Francfort-Paris, le 20 janvier 1967.

Effet des distorsions linéaires et non linéaires. Signal direct et filtré.

Si le signal n'est pas aligné à l'entrée du modulateur, la distorsion dépend de la composante moyenne du signal.

Ce genre de distorsion n'avait que peu d'importance en télévision noir et blanc, les taux de modulation aux fréquences élevées étant en général assez faibles. Il n'en est pas du tout de même en télévision en couleurs où la présence d'une sous-porteuse de chrominance à fort niveau, superposée au signal de luminance est systématique. Elle combinera ses effets à ceux des non-linéarités basse fréquence (§ 4.5.1.).

4.5. LE SIGNAL EN ESCALIER

Le problème de la mesure des non-linéarités est complexe. Il est nécessaire que les conditions de mesure soient parfaitement définies. On se limite, en général, à l'évaluation des distorsions ayant un effet important sur la qualité de l'image : mesures de linéarité basse fréquence et mesures d'intermodulation. La forme d'onde actuellement utilisée par l'Office est un escalier à 7 marches de 100 mV chacune auquel on superpose, une trame sur deux, 200 mV cc de sous-porteuse à 4,43 MHz (fig. 18).

4.5.1. Mesures de linéarité basse-fréquence

Supposons que l'on applique à l'entrée du quadripôle une action $a(t) = a \cdot V(t)$ où $V(t)$ est l'échelon unité.

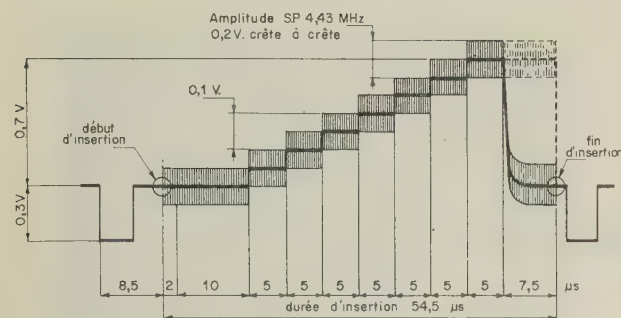


FIG. 18. — Ligne test LT3. Forme du signal en escalier.

On obtiendra une réponse $r(t)$.

Si le quadripôle est linéaire et permanent, à l'action

$$A(t) = \sum_i a \cdot V(t - iT) \text{ correspondra la réponse}$$

$$R(t) = \sum_i r(t - iT).$$

Si l'on admet que, sur la réponse, la durée des transitions est faible devant T , on peut écrire :

$$r(t) = r \cdot V(t) \text{ et } r(t - iT) = r \cdot V(t - iT)$$

En cas de transmission non linéaire, on obtient un signal réponse de la forme :

$$R(t) = \sum_i r_i \cdot V(t - iT).$$

La mesure consiste alors à évaluer la suite r_i pour une valeur donnée de $\sum_i r_i$ (amplitude crête à crête du signal réponse) ou plus simplement la suite $g_i = \frac{nr_i}{\sum_i r_i}$ pour une valeur donnée de $\sum_i r_i$ (700 mV cc) et si n est le nombre de transitions de l'escalier (fig. 19).

On utilise en fait un filtre de dérivation qui donne à chaque transition une réponse de forme impulsion-

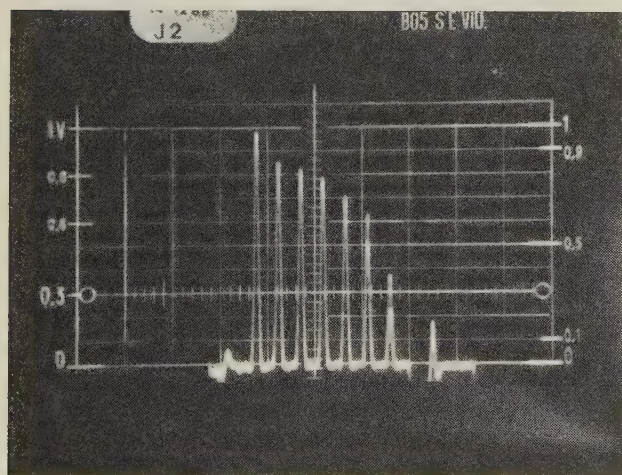


FIG. 19. — Escalier dérivé — Effet des non-linéarités basse fréquence.

nelle et d'amplitude h_i proportionnelle à l'amplitude

r_i de la transition. On évalue alors la suite $\frac{nh_i}{\sum_i h_i}$.

Un avantage important de cette méthode est qu'elle est précise et permet d'établir, au premier ordre, des lois de composition lors de la mise en chaîne de deux quadripôles.

Le filtre de dérivation est un passe bande centré vers 350 kHz.

Remarquons qu'en général, le résultat des mesures dépend beaucoup de la composante moyenne du signal.

De plus, la présence éventuelle de sous-porteuse à 4,43 MHz peut, pour les mêmes raisons que celles évoquées au paragraphe 4.4.2., modifier le résultat de la mesure. C'est ce que l'on voit sur la figure 19 où les signaux correspondant aux trames avec et sans sous-porteuse sont superposés. On voit que les saturations au blanc sont différentes dans les deux cas.

4.5.2. Mesures d'intermodulation luminance-chrominance

Supposons que l'on applique à l'entrée du quadripôle un signal de la forme :

$$A(t) = b \cos \omega t + \sum_{i=0}^n a \cdot V(t - (i+1)T)$$

entre les instants $t = 0$ et $t = (n+1)T$. On obtiendra en sortie (dans le cas où il n'y a pas d'intermodulations chrominance luminance) et sans tenir compte des distorsions transitoires, un signal de la forme :

$$R(t) = \sum_{i=0}^n \left[b_i(a, \omega) \cos [\omega t + \phi_i(a, \omega)] \right] \left[v(t - iT) - v(t - (i+1)T) \right] + \sum_i r_i V(t - (i+1)T).$$

L'intermodulation luminance/chrominance est caractérisée par le fait que les termes b_i et ϕ_i dépendent de l'indice i .

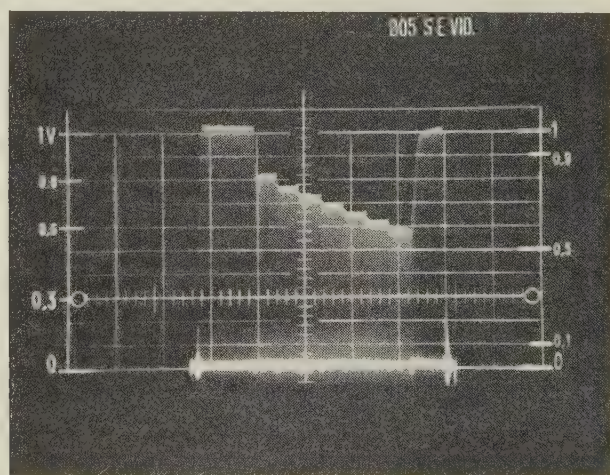


FIG. 20. — Escalier avec sous-porteuse filtrée. Effet de gain d'intermodulation.

On pourra, à l'aide d'un filtre passe-bande centré autour de $\omega/2\pi = 4,43$ MHz, éliminer le terme $\sum r_i V(t - (i+1)T)$ et faire apparaître $b_i(a, \omega, i)$ caractéristique du gain d'intermodulation (fig. 20).

Pour mettre en évidence la phase d'intermodulation, il faudra disposer d'une référence de phase et d'un détecteur.

L'obtention de la référence peut se faire de plusieurs façons :

— soit en asservissant un oscillateur local sur un burst dans l'intervalle de suppression ligne (cas des signaux PAL).

— soit en retardant localement une référence transmise précédemment à niveau de luminance constant. Une étude est en cours pour la mise au point de cette méthode de mesure.

Notons d'ailleurs que, pour ce qui concerne la phase d'intermodulation, ce n'est pas en SECAM l'écart de phase par rapport au niveau du noir qui intervient mais plutôt les valeurs $\Delta\phi_i = [\phi_{i+1} - \phi_i]$ pour une transition donnée de luminance, la phase d'intermodulation ne pouvant agir que transitoirement par la modulation de fréquence parasite de la chrominance au moment d'une transition de luminance.

Quant au gain d'intermodulation, si son effet est, en SECAM, lui aussi transitoire, il faut tenir compte, comme nous l'avons déjà signalé, de son incidence sur le rapport signal de chrominance à bruit en réception.

Notons enfin que les termes b_i et ϕ_i dépendent de l'amplitude de sous-porteuse superposé au signal de luminance et qu'il est logique, pour effectuer les mesures ou les contrôles, de prendre un niveau de sous-porteuse égal à la valeur moyenne rencontrée sur le signal couleur. C'est la raison pour laquelle on a superposé 200 mV cc de 4,43 MHz à l'escalier de luminance.

5. Conclusion. Les moyens mis en œuvre

Comme nous venons de le voir, les mesures en télévision en couleur sont nettement plus complexes qu'en noir et blanc. La technique des signaux test permet cependant de mesurer tous les paramètres importants.

Le Service des Etudes de l'ORTF a conçu et réalisé un générateur de signaux (SN 934) et un oscilloscope (SN 924) spécialement adaptés à ce besoin (fig. 21 et 22).

Les appareils de pré-série équipent d'ores et déjà les points importants du réseau. Les constructions en

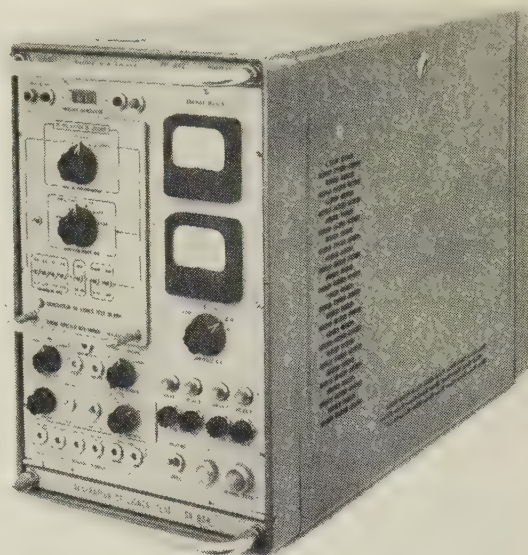


FIG. 21. — Générateur de signaux test SN 934.

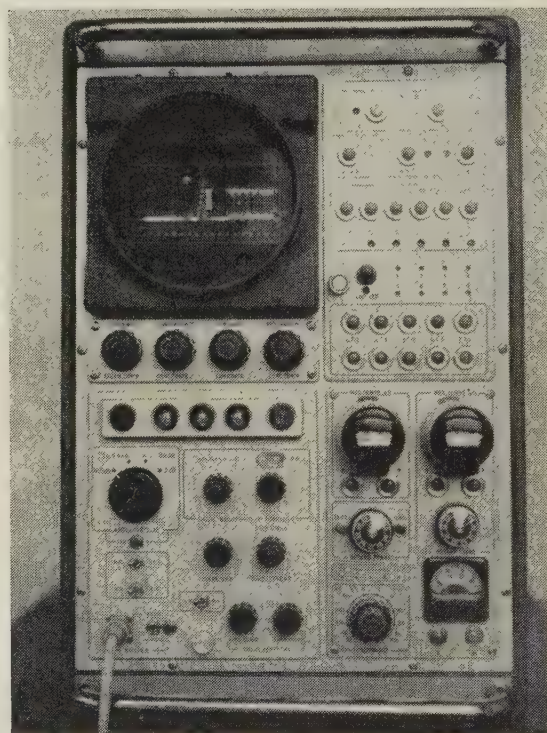


FIG. 22. — Oscilloscope de mesure vidéo SN 924.

cours permettront d'effectuer un contrôle précis et permanent des équipements de transmission et de diffusion de l'Office.

Correspondance

DISTRIBUTION DE PROGRAMMES NOIR ET BLANC ET COULEUR PAR ÉMETTEUR TV - 2^e CHAÎNE RÉALISÉ PAR LABINAL

1. Introduction

La distribution sur réseau coaxial de programmes de télévision élaborés sur place, nécessite des émetteurs plus simples que les émetteurs de télévision dans les stations d'émission. De tels émetteurs de distribution sont nécessaires en particulier pour les expositions où l'on désire alimenter en haute fréquence un grand nombre de récepteurs de télévision du commerce à partir de caméras situées à proximité du réseau de distribution.

Ce nouveau type d'émetteurs sert actuellement, entre autres, à l'Exposition de Montréal pour la diffusion d'un programme en couleur SECAM vers 50 récepteurs, et d'un programme noir et blanc vers 15 autres récepteurs installés dans le Pavillon français (voir *Onde Electrique* de juin 1967, page 763).

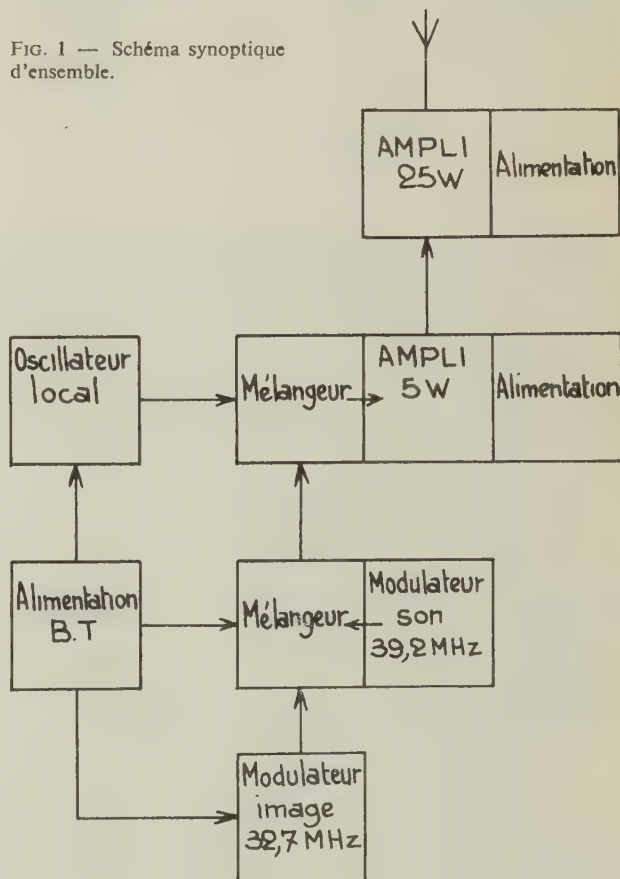
2. Description

L'émetteur de distribution LABINAL, type 6357, est dérivé de la gamme de réémetteurs 2^e chaîne qui ont été mis au point précédemment, et dont la partie réception est remplacée par des circuits modulateurs son et image. La modulation en amplitude des voies « son » et « image » est effectuée en fréquence intermédiaire. Les deux voies sont ensuite combinées et transposées simultanément dans un quelconque des canaux de la bande IV et V (canaux 21 à 69), puis amplifiées ensemble dans une chaîne d'amplification unique jusqu'à une puissance de 5 W ou de 25 W crête (fig. 1).

L'émetteur 5 W indiqué sur la figure 2 est composé, de bas en haut, des sous-ensembles suivants :

- modulateur image
- modulateur son
- oscillateur local émission
- alimentation générale
- amplificateur 5 W
- panneau de contrôle.

FIG. 1 — Schéma synoptique d'ensemble.



Un régulateur de tension peut être ajouté à l'arrière, si nécessaire.

Deux modèles de baie sont possibles :

- soit la baie de 1,25 m de hauteur pour la version 5 W (fig. 2),
- soit la baie de 1,60 m de hauteur pour la version 25 W comportant alors, au-dessus de l'amplificateur 5 W, un tiroir amplificateur 25 W autonome.

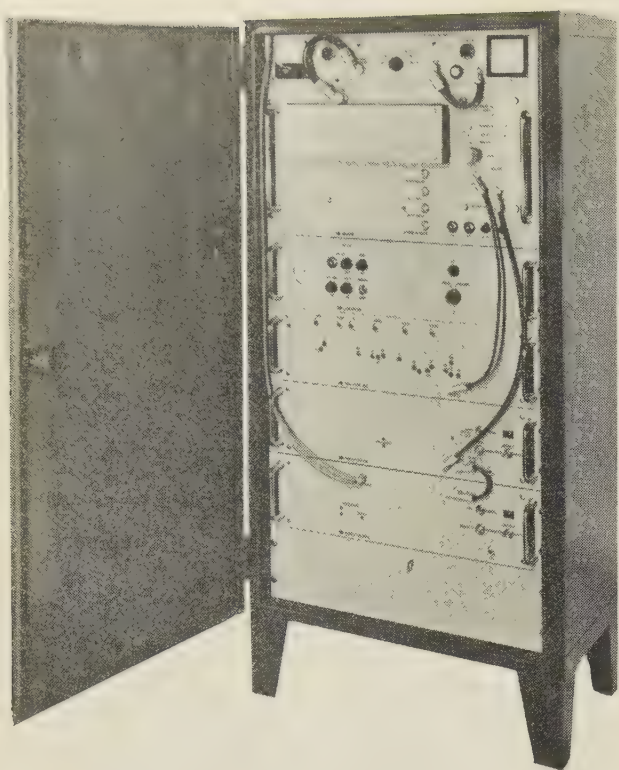


FIG. 2 — Emetteur T.V. de distribution type 6357

L'ensemble est entièrement transistorisé, sauf les tiroirs amplificateurs 5 W et 25 W où l'on trouve 5 tubes en tout. Il est évident que la fiabilité de cet appareil est élevée (MTBF supérieur à 10 000 heures non compris les tubes), et que la maintenance est réduite (durée de vie des tubes supérieure à 3 000 heures). La sécurité de fonctionnement de l'appareil est élevée, les composants ayant des contraintes faibles et les tubes travaillant sans courant grille et à faible dissipation anodique. La complexité très réduite du matériel rend son utilisation très simple et sa mise en œuvre facile.

De plus, par remplacement de deux tiroirs, et adjonction d'un autre, l'appareil peut être transformé en réémetteur bande IV et V. L'appareil est accordable dans chaque demi-bande d'émission 470-660 MHz, 660-860 MHz.

3. Performances

L'émetteur type 6357 est conforme à la spécification O.R.T.F. SN 737 A relative aux émetteurs de télévision pour stations non surveillées avec certains aménagements mineurs. Ces caractéristiques sont les suivantes :

3.1. Caractéristiques électriques essentielles :

(CCIR système L, son en modulation d'amplitude)

- signal image reçu : amplitude 1 V crête à crête, impédance 75 Ω , polarité positive ;
- signal son reçu : entrée symétrique, impédance interne de source 200 Ω , niveau maximal +12 dBm
- puissance émise : 5 W ou 25 W crête image, porteuse son 10 % à 15 % de la puissance image, impédance 50 Ω ;
- bande transmise : suivant gabarit O.R.T.F. ;
- fréquence d'émission : entre 470 et 860 MHz ;
- stabilité des porteuses : $\pm 10^{-5}$ de 10 à 40 °C d'ambiance ou 10^{-6} avec thermostat, sur demande ;
- rayonnements parasites : -40 dB maximum ;
- modulation résiduelle inférieure à -45 dB ;
- diaphonie son/image et image/son : 45 dB minimum ;
- régime transitoire : dans le gabarit standard O.R.T.F. ;
- temps de propagation : dans le gabarit standard O.R.T.F. ;
- alimentation secteur : 220 V ± 2 % sans régulateur ou 220 V ± 20 % avec régulateur ;
- consommation : 400 W pour 5 W émis, 1 kW pour 25 W émis.

3.2. Caractéristiques mécaniques :

- dimensions de l'armoire :
 - largeur : 0,60 m,
 - profondeur : 0,40 m,
 - hauteur : 1,25 m (puissance 5 W), 1,60 m (puissance 25 W) ;
- poids :
 - 120 kg environ (puissance 5 W),
 - 150 kg environ (puissance 25 W) ;
- température de stockage : -40 °C à +85 °C ;
- température d'utilisation : +5 à +45 °C
- ventilation : entrée d'air par le dessous de l'armoire, sortie d'air par l'avant ;

4. Conclusions

L'émetteur type 6357 est un nouveau type d'appareil, conçu en principe pour la distribution sur réseau coaxial de programme de TV bande IV et V. Son niveau de puissance limité à 25 W le classe parmi les émetteurs de petite puissance. Rien n'empêche d'utiliser l'appareil dans une station d'émission de télévision industrielle. En bas de l'appareil, une place libre permet d'adjoindre d'autres fonctions, par exemple, le traitement vidéo. Cet émetteur de distribution simple devient alors un réel émetteur de transmission dont le prix est modeste.

LA FABRICATION DES TUBES DE TÉLÉVISION A MASQUE PERFORÉ A LA RADIOTECHNIQUE - COPRIM - RTC

A l'usine de DREUX de la Radiotechnique Coprim RTC, la production des tubes cathodiques est caractérisée par l'automatisme très poussée des manutentions et des techniques de fabrication :

Une chaîne de 3 km de convoyeurs a été conçue pour équilibrer les postes de travail et ménager entre chaque opération des temps précis de séchage, de recuit ou de refroidissement. Les tubes ne sont jamais immobiles : entre le moment où une ampoule est chargée sur le convoyeur et celui où le tube est terminé et emballé, il s'écoule 13 heures, temps nécessaire pour parcourir tout le circuit de la chaîne et passer sur les différents manèges de traitement.

La fabrication des tubes cathodiques, tant pour la couleur que pour le noir et blanc, donne lieu à trois séries d'opérations : la préparation, le montage et la finition.

Si les opérations de montage et de finition apparaissent comme assez sensiblement les mêmes, la préparation des deux catégories de tubes présente de grandes différences : déjà délicate pour les tubes en noir et blanc, elle exige, pour la couleur, des conditions de travail, un appareillage et des techniques sans commune mesure avec le noir et blanc.

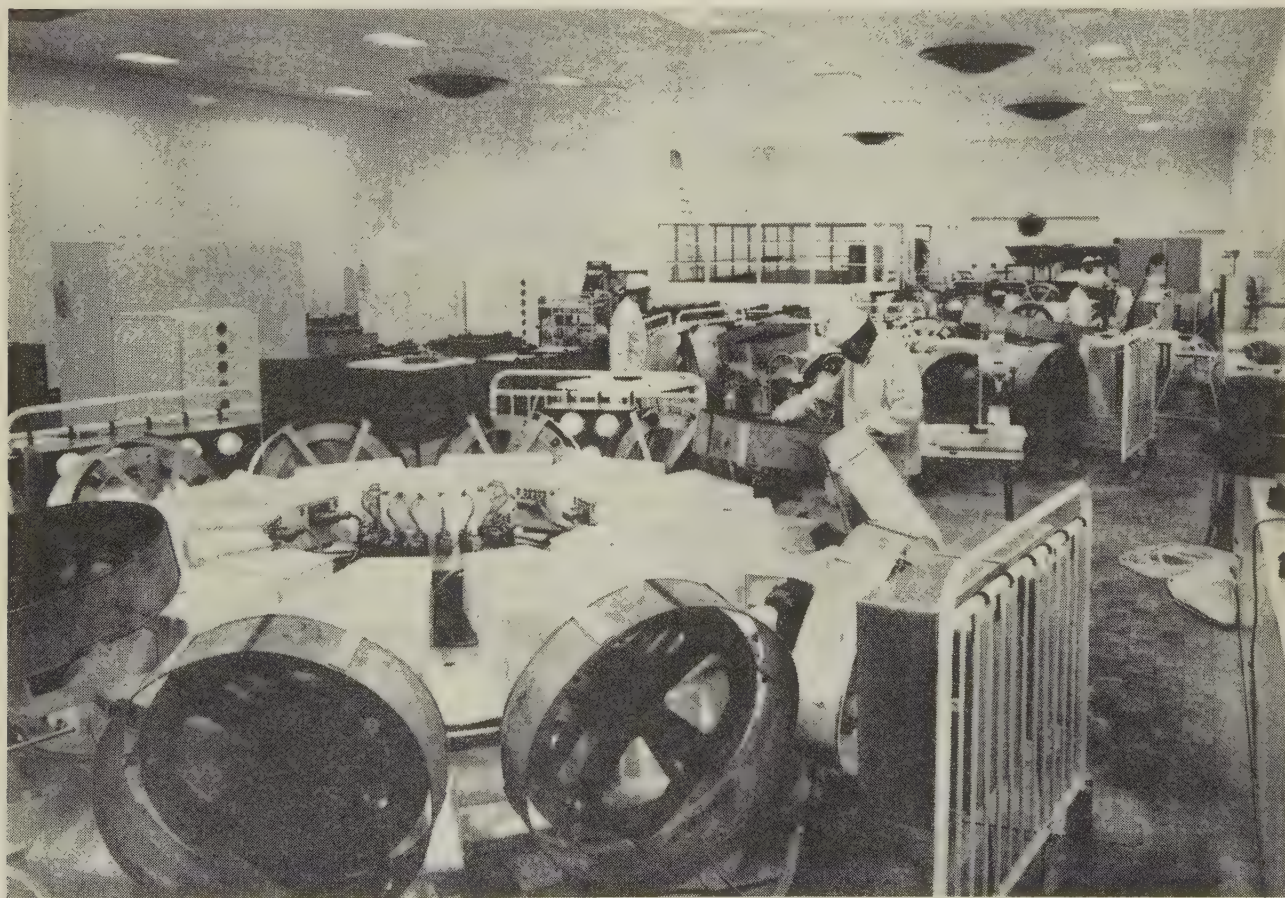
PRÉPARATION DU TUBE CATHODIQUE COULEUR

Le tube actuellement fabriqué à l'usine de Dreux de la Radiotechnique - Coprim - R.T.C. est le tube à masque perforé ou masque d'ombre, plus connu sous la désignation de « shadow-mask ».

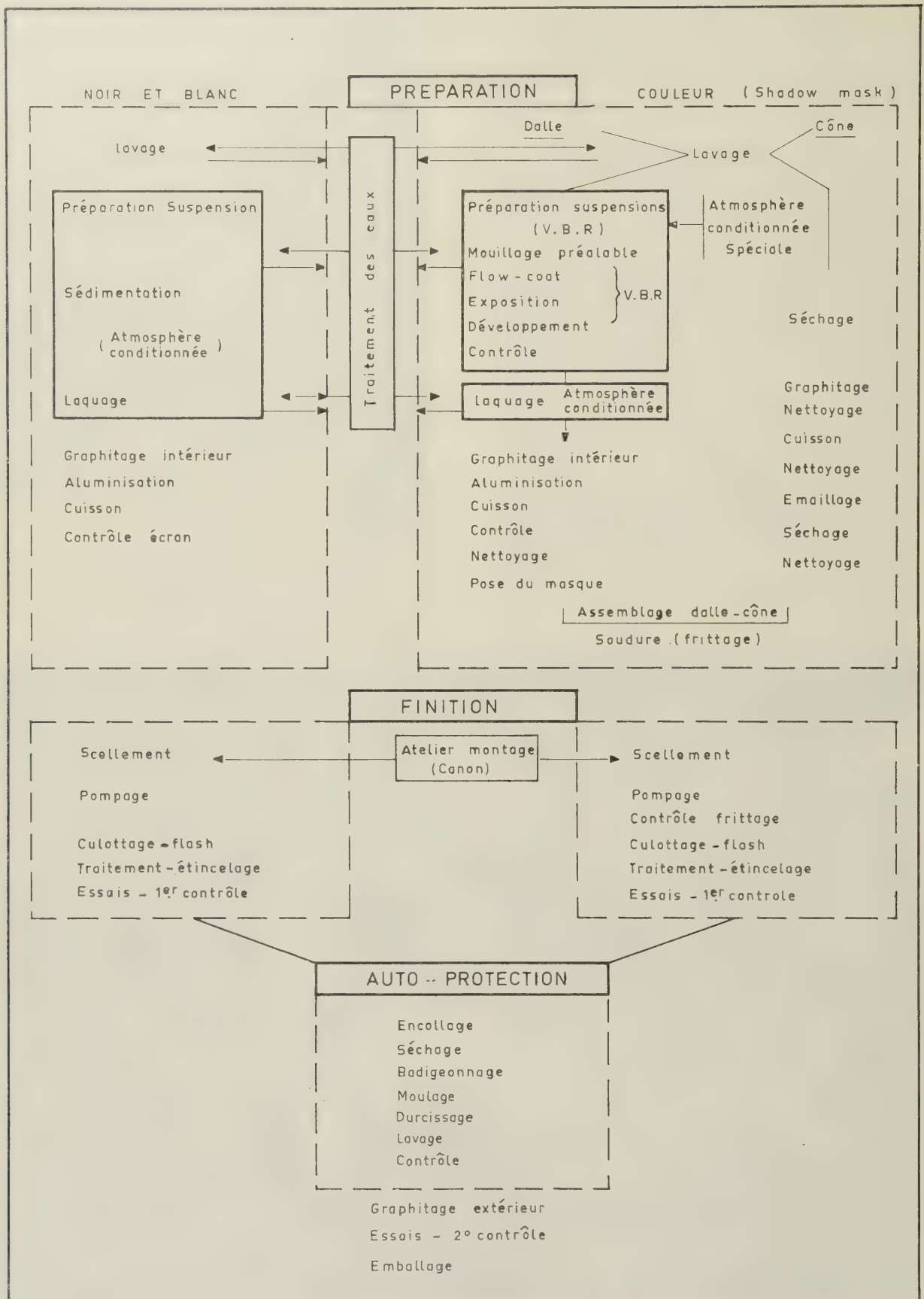
A l'émission, l'image télévisée en couleur est décomposée en trois images primaires, verte, bleue et rouge, que le tube cathodique doit restituer et superposer correctement sur l'écran.

Ce tube sera donc muni de trois canons correspondant chacun à l'une des trois couleurs composantes et disposés dans un manchon à 120 ° les uns des autres. Un masque perforé est interposé entre les trois canons et l'écran de telle façon que les électrons émis par chaque canon ne puissent frapper, à travers le masque, que les points lumineux d'une seule couleur.

L'écran est formé d'environ 1 200 000 points, appelés luminophores, soit 400 000 points pour chaque couleur. Chaque groupe de trois couleurs, ou triplet, forme un triangle équilatéral et correspond à un seul trou du masque. Afin d'obtenir une pureté totale des couleurs sur l'ensemble de l'écran, les diamètres des trous et celui des luminophores, qui sont en moyenne de 300 à 400 microns, vont en augmentant vers les bords de l'écran où les faisceaux d'électrons arrivent obliquement.



Salle " Flow-coat, Exposition, Développement "



Stades de fabrication d'un tube de Télévision

La préparation des tubes pour la télévision en couleur comporte trois phases principales :

- la fabrication du masque perforé,
- la formation de l'écran,
- l'assemblage du tube.

1° Le masque perforé

Actuellement, la COPRIM reçoit le masque directement de l'usine Philips d'Eindhoven sa fabrication n'est à envisagée à Dreux que dans un an environ.

Le masque perforé est obtenu à partir d'une plaque de tôle de 0,1 mm d'épaisseur, découpée à des dimensions légèrement supérieures à celles du masque définitif, puis soigneusement dégraissée et rincée.

Après avoir reçu une couche photosensible sur ses deux faces, elle est placée entre deux plaques de verre sur lesquelles les trous sont représentés par des points ne laissant pas passer les rayons ultraviolets auxquels elle est ensuite exposée. Ce rayonnement polymérise la couche photosensible.

Un lavage élimine les points non irradiés qui sont alors attaqués à l'acide : la tôle se trouve perforée suivant la disposition prévue. Le masque est ensuite rincé, séché, recuit, aplani, contrôlé et pressé pour prendre la forme de l'écran.

Il est enfin noirci par oxydation dans le double but d'éviter une absorption d'énergie susceptible de déformer le masque par dilatation et de contribuer à l'élimination des émissions secondaires provoquées par les gaz résiduels occlus dans le métal, élimination déjà obtenue en partie par les opérations de cuisson.

2° La formation de l'écran

En attendant que SOVIREL puisse les réaliser à Bagnaux, les ampoules de verre pour les tubes de télévision de la Radiotechnique sont importés de l'usine Corning Glass de Hollande qui les exécute également pour Philips.

Les deux parties de l'ampoule, le cône et la dalle, après avoir été lavées, suivent des chemins distincts : le cône va directement au poste de montage du tube. La dalle subit une série d'opérations conduisant à la formation de l'écran.

Il s'agit d'y déposer, dans des proportions précises, les « suspensions » constituées d'éléments infiniment petits de corps photosensibles, correspondant aux trois couleurs fondamentales.

Ces opérations sont effectuées dans une salle climatisée, dépoussiérée, et éclairée par des lampes à vapeur de sodium, où tout le personnel est obligatoirement vêtu de nylon. Entourée d'une double cloison, isolée par un sas, cette salle évoque bien plus un laboratoire qu'un atelier. Cette ambiance est imposée par la nécessité de protéger les laques photosensibles qui sont utilisées.

Les compositions photosensibles, correspondant aux trois couleurs, sont préparées dans un atelier spécial et déposées successivement sur le fond de l'ampoule, appelé dalle, dans l'ordre vert, bleu, rouge, selon un mode opératoire identique.

A l'aide d'un appareil doseur, l'intérieur de la dalle est enduit par écoulement de la suspension photosensible et l'étalement uniforme est obtenu par centrifugation ; après séchage aux rayons infrarouges, la dalle reçoit, provisoirement fixé dans sa position définitive, le masque perforé qui sera ultérieurement mis à l'intérieur du tube.

L'ensemble est disposé sur une table d'exposition qui contient une source puissante de rayons ultraviolets. Un réglage du système optique qui équipe cette table permet d'éclairer à travers le masque les emplacements correspondant aux points d'impact du faisceau électronique. Cette opération a pour effet de rendre insolubles à l'eau les parties exposées au rayonnement.

La dalle, séparée de son masque, est lavée à l'eau tiède sous faible pression. Seuls les points exposés restent fixés sur l'écran et y apparaissent en vert. Après séchage, l'écran

est contrôlé sur une table spéciale par exploration de toute sa surface au microscope.

Les opérations ci-dessus sont répétées pour les deux couleurs bleu et rouge.

Le même masque est utilisé pour une même dalle mais, sur la table d'exposition, la source de rayons ultraviolets est décalée en fonction du positionnement des canons.

Cette technique délicate est au point et permet d'obtenir à la fois la qualité et la production en série.

3° Finition de l'écran

Laquage. — Placée sur un manège de laquage, la dalle est soumise à un nouvel agent mouillant, dilué à l'eau désionisée. Une pellicule de résine acrylique colorée, diluée dans du toluène, est déposée sur sa face intérieure. Destinée à servir de support au film d'aluminium qui sera mis en place ultérieurement ; cette pellicule de résine disparaîtra par la suite. La laque est séchée dans un four muni d'une hotte destinée à évacuer les vapeurs de toluène.

Aluminisation. — L'aluminisation améliore la brillance du tube et favorise l'élimination des charges électriques développées sur les parois de l'ampoule par le fort potentiel appliqué à l'écran et au canon : elle est obtenue par évaporation sous vide d'une quantité précise d'aluminium. Un appareil électronique contrôle automatiquement l'épaisseur de cette couche et signale toute défectuosité.

En fin d'opération, un contrôle visuel est effectué par prélèvement.

Opérations de cuisson. — Ces opérations sont effectuées dans deux grands fours ou arches à température progressive et très strictement régulée. Les dalles, placées sur un tapis roulant, traversent l'arche et subissent, selon une courbe de température rigoureusement déterminée, un traitement thermique qui élimine la couche de laque. En même temps est effectué un dégazage de la dalle, destiné à faciliter l'opération de pompage.

Contrôle et fixation du masque. — Avant d'être livrées au montage, les dalles sont contrôlées en lumière transmise, puis en lumière diffuse. Tout défaut de l'écran provoque son rejet immédiat.

Puis le masque perforé est fixé définitivement sur la dalle correspondante.

4° Assemblage du tube « couleur » — Le cône, lavé, est enduit intérieurement d'une mince pellicule de graphite qui permettra de relier électriquement entre eux, la borne de très haute tension, la couche d'aluminium et les canons à électrons.

Scellement. — La dalle et le cône sont une dernière fois soigneusement nettoyés à l'eau déminéralisée, puis un ruban d'email ou de verre « fusible », c'est-à-dire dont le point de fusion est inférieur à celui du verre de l'ampoule, est déposé, sous forme de pâte, sur les bords du cône.

La dalle est ensuite appliquée très exactement sur le cône et l'ensemble est introduit dans un four. L'email fond et assure entre le cône et la dalle une liaison parfaite assurant une étanchéité totale et résistant notamment aux contraintes provoquées par le vide intérieur.

Fermeture du tube. — Le tube est placé sur un manège de scellement.

Les trois canons sont introduits et centrés automatiquement dans le col de l'ampoule. Puis des chalumeaux à gaz assurent le préchauffage, le scellement hermétique du manchon et le recuit du verre.

Pompage. — Cette opération créée à l'intérieur du tube un vide de 10^{-5} mm de mercure nécessaire au fonctionnement. En même temps qu'il est pompé, le tube est chauffé et les cathodes sont portées à haute température, opération qui provoque le dégazage et la transformation des carbonates de chaque cathode en oxydes émissifs ; les vapeurs issues de cette transformation sont pompées avec les autres gaz.

Le pompage s'achève par une mesure du vide et par le scellement du queueuxot grâce à des fours de préchauffage, de coupe et de recuit. L'ensemble de ces opérations est effectué par une seule machine (straight line).

Finition. — Les tubes sont alors placés sur un convoyeur spécial qui sert à la fois à la manutention et au traitement. Un culot autoserrant et dans lequel passent les différentes broches correspondant aux sorties d'électrodes, est fixé sur l'extrémité du manchon.

En avant des trois canons a été fixé un anneau de baryum appelé « getter ». Placé dans un champ à haute fréquence, cet anneau s'échauffe, le métal actif s'évapore, se dépose sur le verre et parfait le vide du tube jusqu'à 10^{-6} mm de mercure.

A ce stade de la finition, les cathodes du tube ne sont pas encore capables de produire une émission stable d'électrons. Il faut encore leur faire subir toute une série de traitements. Préchauffage, saturation, durcissage, étincelage et second durcissage constituent les éléments de ce traitement.

Les essais comprennent alors une série de mesure électriques effectuées à cadence rapide par des appareils entièrement automatiques : mesures de court-circuit, de l'isolement cathode-filament, de l'intensité de saturation, mesures de caractéristiques, mesures de vide.

La fabrication se termine par le dépôt d'une pellicule de graphite sur l'extérieur du cône.

En cas de choc, le tube ne doit pas exploser. Cette sécurité est assurée par la mise en place, autour de la ceinture du tube, d'une coquille protectrice servant également à la fixation du tube sur le poste de télévision.

Un deuxième contrôle s'effectue par prélèvements par les soins du laboratoire « qualité » qui opère dans l'optique d'un client extrêmement exigeant. Ce contrôle permet de suivre dans le temps l'évolution de la qualité, de mettre en relief les divers facteurs qui commandent cette évolution et d'agir sur eux pour améliorer sans cesse les produits.

TRANSMISSION D'UNE IMAGE DE TÉLÉVISION SUR UN FAISCEAU LASER A 10,6 MICRONS

PAR

J. DONJON, J.P. HAZAN, R. LE PAPE,
G. MARIE

*Laboratoires d'Electronique
et de Physique Appliquée*

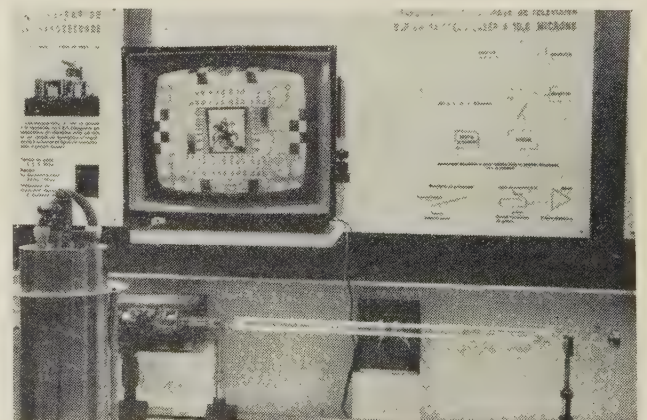
Les Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée ont présenté à la 61^e Exposition de Physique la transmission d'une image de télévision sur un faisceau de lumière infrarouge émis par un laser à CO_2 à la longueur d'onde de 10,6 μ .

La modulation du faisceau lumineux est effectuée par un modulateur à large bande utilisant l'effet Pockels transversal dans des cristaux d'arséniure de gallium à haute résistivité (cristaux produits par la Radiotechnique). L'étude de ces modulateurs infrarouges, qui peuvent fonctionner entre 1,8 et 14 μ , fait suite aux travaux précédemment effectués aux Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée sur la modulation de lumière dans le spectre visible et le proche infrarouge [1].

On a réalisé deux types de modulateurs, fonctionnant respectivement en simple et double trajet. Le premier comporte deux cristaux de Ga As de 9 mm de longueur et de section carrée de 1,5 mm de côté. Les faces d'entrée et de sortie ont reçu un traitement anti-reflet pour la longueur d'onde utilisée. Pour obtenir une caractéristique de modulation quasi linéaire, on associe les cristaux à une lame quart d'onde en sulfure de cadmium (Greenockite), matériau biréfringent et transparent à 10 μ . L'ensemble est placé entre un polariseur et un analyseur croisés, constitués chacun par une lame de germanium sous l'incidence de Brewster. Pour une longueur d'onde lumineuse de 10,6 μ , on obtient un taux de modulation de 40 % avec une tension de modulation de 2 000 V crête à crête.

Dans le deuxième type de modulateur, la lumière traverse le cristal une deuxième fois après réflexion. Le dispositif quart d'onde est alors constitué par un prisme en sel gemme utilisé en réflexion totale. Une seule et même lame de germanium fait fonction de polariseur et d'analyseur. Avec un cristal d'une longueur de 20 mm et de section carrée de 2 mm de côté, on obtient un taux de modulation de 50 % à la longueur d'onde de 10,6 μ avec une tension de 1 500 V crête à crête.

Pour transmettre un spectre vidéofréquence, il est nécessaire de s'affranchir de la modulation parasite produite par les résonances piézoélectriques des cristaux. On y est parvenu en enrobant ceux-ci dans une résine polymérisable.



La figure 1 est la photographie de l'expérience de transmission présentée à la 61^e Exposition de Physique. On distingue dans la partie inférieure de cette photographie, de droite à gauche, les divers éléments de la transmission :

— un laser à CO_2 émettant à $10,6 \mu$ avec son excitateur à haute fréquence (13,56 MHz) ;

— le modulateur et l'amplificateur vidéo fréquence qui fournit la tension de modulation ;

— le cryostat métallique contenant le détecteur (au premier plan).

Le laser à CO_2 utilisé fonctionne en continu, sans dispositif de refroidissement ni de circulation du mélange gazeux (CO_2 — N_2 — He). Il présente la particularité d'être entièrement scellé, sans colle, et d'avoir été étuvé à 300°C . Cet étuvage, rendu possible grâce aux procédés de scellement des miroirs par brasure, permet de réduire fortement le dégazage ultérieur des parois. On évite ainsi un « empoisonnement » du mélange gazeux qui serait préjudiciable à la durée de vie et au rendement du laser ; celui-ci a déjà fonctionné 1 000 heures sans modification de ses performances.

Les miroirs du résonateur Pérot-Fabry sont brasés sur les extrémités métalliques du tube à décharge dont le corps est en quartz. L'un des miroirs est en acier recouvert d'une couche d'or ; l'autre est constitué par une lame de germanium sur laquelle on a déposé un miroir multidiélectrique de taux de réflexion voisin de 70 % à $10,6 \mu$.

Le laser a un seuil d'excitation faible, ce qui permet de maintenir une émission stable sans refroidissement. Il suffit, par exemple, de 6 W de puissance haute fréquence pour obtenir 0,4 W en sortie. Le laser est en outre capable de fournir, à des niveaux d'excitation plus élevés, des puissances plus grandes avec un rendement de 10 % (4 W pour 40 W d'excitation HF avec refroidissement par ventilation).

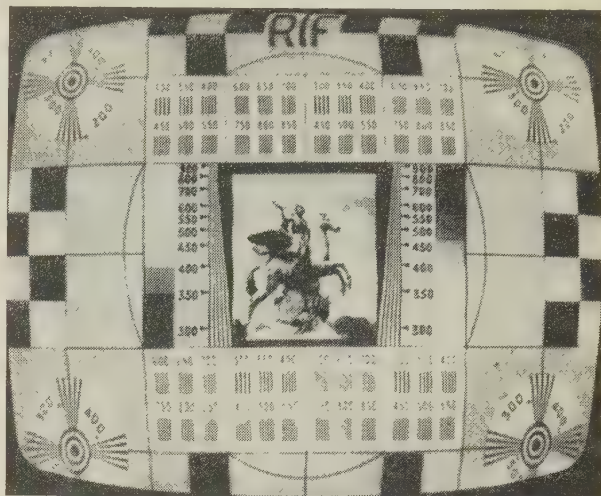
Les autres éléments importants de la transmission sont :

— l'amplificateur vidéo fréquence, qui fournit une tension de modulation de 2 000 V crête à crête et

possède une bande passante de 10 MHz ; il utilise, en sortie, deux tubes QEL 2/275 en push pull classe B ;

— le détecteur, qui est une cellule photoconductrice de germanium dopé au mercure, refroidie à la température du néon liquide (fabrication Mullard).

La figure 2 montre la qualité de l'image obtenue. La modulation parasite produite par les résonances piézoélectriques des cristaux, au voisinage de 1,6



MHz, est presque entièrement éliminée par l'amortissement mécanique de ceux-ci ; elle se manifeste sur l'image comme un très léger écho qui suit les lignes verticales ; la restitution des demi-teintes est excellente et le niveau de bruit n'est pas visible. La définition n'atteint cependant que 650 points en raison de la réduction de la bande passante de la transmission introduite par la constante de temps de réponse de la cellule détectrice (comprise entre 0,05 et 0,1 μs).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DONJON J. et MARIE G. — Modulateurs de lumière à large bande utilisant l'effet Pockels. *Acta Electronica*, Vol. 9, n° 4, 1965, pp. 315-385.

COMPTE-RENDU DE MESUCORA ET SALON DE PHYSIQUE (matériels étrangers)

ÉTALONS

● Parmi plusieurs modèles de standards de tension continue à affichage numérique E.D.C. (ELECTRONIC DEVELOPMENT CORP., représentée par Radio Télévision Française), plus précis est le modèle VS 1 000 N qui couvre la gamme 1 mV à 1 111 V avec une précision de $7.10^{-5} \pm 300 \mu\text{V}$, un débit maximal de 10 mA et des incréments de 1 mV. C'est un appareil transistorisé dont la stabilité atteint $\pm 10^{-5}$ par 8 h.

● L'horloge CAD présentée par ROHDE & SCHWARZ permet la lecture des heures, minutes et secondes sur un tableau d'affichage à 6 chiffres ou l'envoi de l'heure à distance par impulsions avec choix du code ou deux codes simultanés.

Le fonctionnement permanent est assuré par une batterie incorporée qui intervient seulement lorsque la tension secteur est inférieure à une valeur critique réglable.

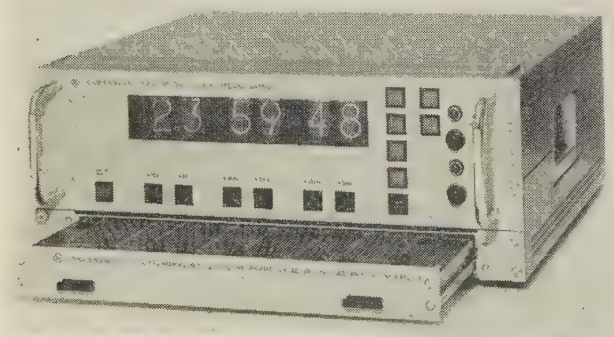


FIG. 1. — ROHDE & SCHWARZ : Horloge CAD

L'horloge CAD possède deux particularités très intéressantes :

- Elle peut admettre plusieurs modes de synchronisation au choix : secteur 50 ou 60 Hz, tops/seconde, quartz incorporé, quartz extérieur 100 kHz.

- On peut lui adjoindre un tiroir de programmation CAZD permettant l'envoi de signaux à des instants prédéterminés définis à la seconde près.

— A côté de ses étalons de fréquence à quartz de très haute qualité, la société ROHDE & SCHWARZ présente un standard de fréquence au rubidium de petite dimension.

Cet étalon a en effet la largeur d'un rack standard avec seulement 3 unités de haut et une masse de 15 kg.

L'appareil possède les trois fréquences de sortie classiques 100 kHz, 1 MHz et 5 MHz avec un niveau de 1 V sur 50 Ω .

La stabilité annoncée est de $\pm 5.10^{-11}$ pour une utilisation ininterrompue d'une année. Le fonctionnement permanent est garanti par une batterie incorporée qui remplace le secteur lorsque la tension de celui-ci baisse de plus de 15 %.

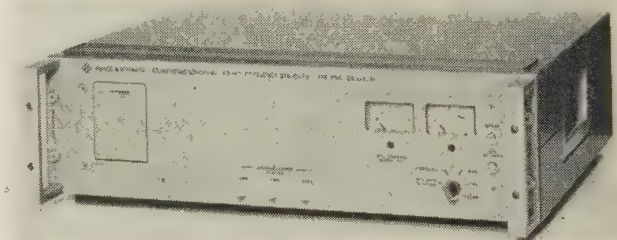


FIG. 2. — ROHDE & SCHWARZ : Standard de fréquence au rubidium

PONTS DE MESURE

● GENERAL RADIO (Radiophon) présentait le pont 1 617 A, spécialement conçu pour la mesure des condensateurs électrolytiques. Il couvre la gamme 1 pF à 1,1 F avec une précision de 1 à 2 % selon les valeurs, et mesure de la tangente de l'angle de perte de 0 à 10. L'oscillateur incorporé a une fréquence de 100 Hz. On peut lui substituer un oscillateur extérieur de 20 Hz à 1 000 Hz. Enfin l'appareil comporte une alimentation continue réglable permettant de polariser les condensateurs jusqu'à 600 V.

● Chez GUILDINE INSTRUMENTS LTD (Technique et Produits), le potentiomètre DAUPHINEE est le modèle le plus précis de tous les potentiomètres de la firme : il comporte deux gammes : 10 μV à 2,10 V et 1 μV à 0,210 V. Sa précision absolue sur la gamme 10 μV à 2,10 V est de $3.10^{-6} + 1 \mu\text{V}$ pendant un an et $10^{-5} + 0,5 \mu\text{V}$ après 5 ans.

L'appareil est blindé, isolé thermiquement et thermostaté à 28 °C au dixième de degré près. Il contient deux piles étalons ayant une précision de 10 μV , mais peut être utilisé avec pile extérieure.

Le potentiomètre 9144 peut également servir de pont de résistance et de standard de résistance à 4 bornes.

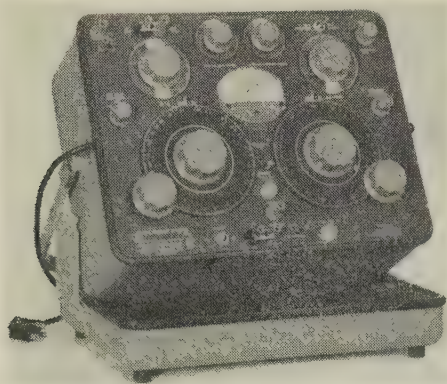


FIG. 3. — GENERAL RADIO : Pont pour condensateur électrolytique

● Le pont universel 4260 A de HEWLETT-PACKARD permet des mesures de résistances, de capacités et d'inductances avec une grande facilité. Il ne nécessite aucun tarage ; l'affichage de la grandeur mesurée est complet, avec virgule et unité. La précision des mesures est $\pm (1 \% + 1 \text{ chiffre})$ pour les valeurs les plus courantes et de $\pm (2 \% + 1 \text{ chiffre})$ pour des gammes de mesure élargies.

Pour les mesures LC, l'oscillateur 1 kHz incorporé peut être remplacé par un générateur extérieur ayant une fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz.

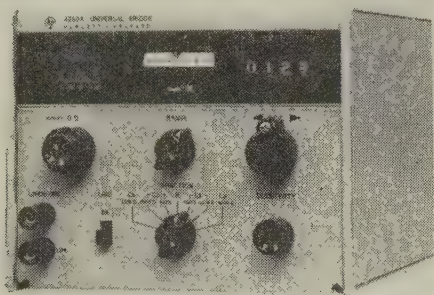


FIG. 4. — HEWLETT PACKARD : Pont universel 4260 A

● Le potentiomètre STABAUMATIC de H. TINSLEY CO LTD possède deux gammes de mesure :

- de 0 à 2,11 V avec bonds de 1 μV
- de 0 à 0,211 V avec bonds de 0,1 μV .

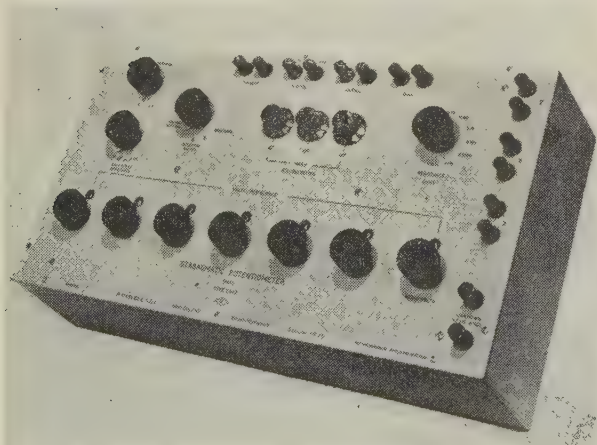


FIG. 5. — TINSLEY Co Ltd : Potentiomètre Stabaumatic

Sa précision absolue à l'origine est de $10^{-5} + 1 \mu\text{V}$ et à long terme $< 3 \cdot 10^{-5} + 1 \mu\text{V}$.

L'appareil contient une pile étalon incorporée et peut être utilisé avec une pile extérieure.

Ses deux fonctions principales sont la comparaison des piles étalons et la mesure des résistances de 0,01 Ω à 21 M Ω avec une très haute précision (par exemple $5 \cdot 10^{-5}$ de 200 Ω à 2 100 Ω).

SYNTHÉTISEURS DE FRÉQUENCE

● La gamme des synthétiseurs de fréquence GENERAL RADIO vient d'être complétée par un nouveau modèle 1164-A couvrant la plage 10 Hz à 70 MHz avec incréments de 10 Hz et vernier d'interpolation à 0,1 Hz près.

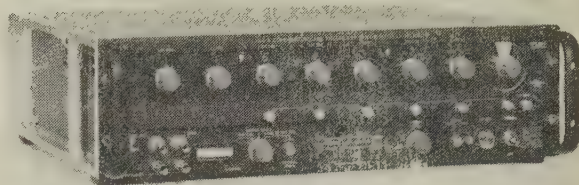


FIG. 6. — GENERAL RADIO : Synthétiseur de fréquences 1164 A

L'appareil comporte un quartz thermostaté, mais il peut être synchronisé par un étalon extérieur. Les 5 décades de plus faible poids sont commandables à distance ; on peut également télécommander le niveau de sortie entre 0 et 2 V. Enfin, une wobulation par signal extérieur est possible avec excursion en fréquence de 10 Hz à 1,2 MHz.

● Le synthétiseur de fréquence MONSANTO type 3100 A a une gamme limitée à 1,3 MHz, mais sa résolution est d'un centième de hertz. La sélection de la fréquence désirée peut être manuelle ou effectuée à distance. Une exploration de fréquence est possible par générateur interne ou externe. Le signal de sortie est modulable en amplitude, de 0 à 30 %.

FRÉQUENCEMÈTRES

● Le fréquencemètre EPUT de BECKMAN INSTRUMENTS est un compteur 50 MHz transistorisé à 8 chiffres. La stabilité du pilote à quartz incorporé est de $3 \cdot 10^{-9}$ par jour après stabilisation. L'appareil peut servir de standard de fréquence de 0,1 Hz à 1 MHz par puissance de 10.

On peut lui associer un tiroir apportant une possibilité parmi les suivantes :

- comptage direct jusqu'à 100 MHz, par division
- comptage jusqu'à 1 000 MHz par conversion de fréquence
- voltmètre numérique continu jusqu'à 1 000 V avec une précision de $2,50 \cdot 10^{-4}$ pleine échelle.

● Grâce à l'utilisation de circuits intégrés, le nouveau compteur HEWLETT-PACKARD 5216 A possède des caractéristiques très intéressantes pour un encombrement minime. Il s'agit d'un compteur à 7 chiffres couvrant la gamme 3 Hz à 12,4 MHz et pouvant servir à mesurer des fréquences, des rapports de fréquences, des intervalles de temps ou des périodes. La base de temps à quartz incorporé a une dérive de $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ par mois et peut être remplacée par un signal de référence extérieur.

Une particularité du compteur 5216 A est de permettre l'effacement des chiffres de gauche en laissant fonctionner uniquement les chiffres risquant de varier.

— Le compteur 5221 A a la même limite de fréquence et le même volume que le modèle 5216 A, mais c'est une version simplifiée, ne fonctionnant qu'en fréquencemètre.

La lecture se fait sur quatre chiffres seulement (5 ou 6 chiffres en version spéciale).

La synchronisation du compteur est effectuée par le secteur 50 Hz. L'effacement des chiffres de gauche est possible.

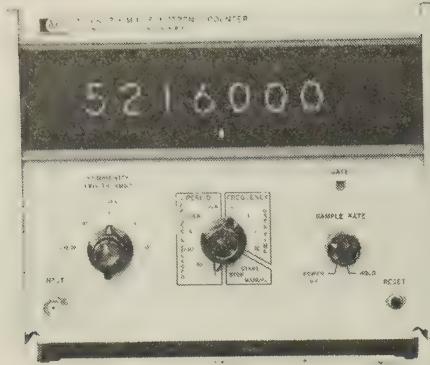


FIG. 7. — HEWLETT PACKARD : Fréquence-mètre 5216 A

● ROHDE et SCHWARZ présente une nouvelle série de fréquences-mètres transistorisés construits en rack standard avec 3 unités de haut.

Deux appareils de base comprennent l'un 6 chiffres avec fréquence maximale 2 MHz en direct, l'autre 9 chiffres avec 100 MHz.

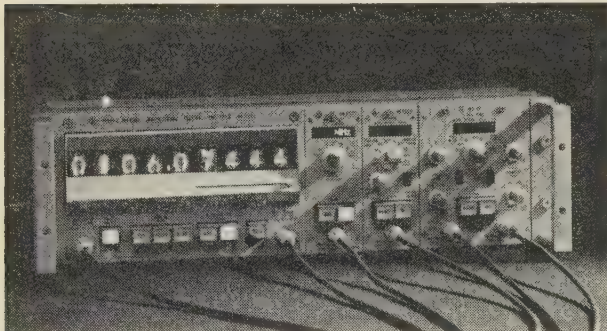


FIG. 8. — ROHDE & SCHWARZ : Fréquence-mètre 1000 MHz

La partie *compteur* proprement dite occupe la moitié du châssis ; l'autre partie peut contenir quatre tiroirs 1/8 de rack de large choisis selon les fonctions à réaliser : mesures des fréquences, des périodes, des rapports de fréquences, des intervalles de temps.

La programmation du compteur est possible en intérieur, avec un tiroir, ou à distance.

● En plus de ses modèles de compteurs à transistors maintenant classiques, SYSTRON DONNER a mis au point une nouvelle série de fréquences-mètres à circuits intégrés.

Tous les modèles : 5 MHz, 10 MHz et 100 MHz direct présentent la particularité d'être construits en une unité de haut à la largeur du rack standard. Pour chaque modèle, il existe plusieurs versions : fréquences-mètre simple ou fréquences-mètre et périodes-mètre combinés ; chaque version peut encore être dotée d'options : quartz de très haute stabilité, sorties codées, etc.



FIG. 9. — SYSTRON DONNER : Fréquence-mètre

● Le fréquences-mètre T.S.I. type 600 a la particularité de pouvoir être choisi soit en coffret portable, soit en rack standard. Dans chaque version, il s'agit d'un compteur 100 MHz direct à 8 chiffres, avec tiroir pour extension de la gamme de comptage.

L'utilisateur a le choix entre trois qualités de quartz incorporés ou une synchronisation extérieure. Le meilleur des trois quartz proposés a une stabilité de 10^{-9} par jour après 72 h.

Parmi les tiroirs proposés, nous avons noté un tiroir intervalle de temps, un convertisseur 500 MHz, un tiroir préamplificateur.

VOLTMÈTRES

● Nous avons remarqué chez AIRMEC (Antarès)

— le millivoltmètre électronique type 301 mesurant les tensions de 100 μ V (pleine échelle) à 100 V en 10 gammes. Gammes de fréquences 100 Hz à 900 MHz.

— le multimètre type 314 pour courants continu et alternatif et mesure des résistances.

● Mentionnons l'un des modèles exposés par BALLANTINE (Radio Télévision Française) : le voltmètre 323 qui indique la tension efficace vraie dans la bande 10 Hz à 20 MHz pour des tensions de 300 μ V (pleine échelle à 330 V en 12 gammes).

● Le voltmètre numérique DM 2006 de DYNAMCO (Imex-France) est un appareil intégrateur à 4 chiffres.

● E-H RESEARCH LAB (Comsatec) présentait un voltmètre à échantillonnage (modèle 153) permettant la mesure à 1 % de tensions impulsionnelles. Bande passante équivalente à 100 MHz, temps de montée < 3 ns. Échantillonnage sur signaux répétitifs.

● Parmi les quatre modèles de voltmètres numériques à circuits intégrés de FAIRCHILD INSTRUMENTATION (Radio-phon), signalons :

— le multimètre type 7050 ; voltmètre continu et ohmmètre ; 4 chiffres, précision 10^{-3} .

— le multimètre type 7200 ; voltmètre continu et alternatif, ohmmètre, quotientmètre, compteur 6 chiffres, précision 10^{-5} .

● Le multimètre « Minimeter » de H.V.L. est un appareil autonome (accumulateur cadmium/nickel) permettant la mesure :

- des tensions de 100 mV (pleine échelle) à 1 000 V en 5 gammes,



FIG. 10. — H.V.L. : Multimètre "Minimeter"

- des intensités de 100 μ A (pleine échelle) à 1 A en 5 gammes, avec une précision de 10^{-3} en continu, de 10^{-2} en alternatif,

- des résistances de 100 Ω (pleine échelle) à 1 M Ω , précision 1 à 2 %.

L'affichage se fait sur 3 tubes. Ses dimensions (65 $\times$ 200 $\times$ 150 mm) et poids (1,5 kg) sont réduits. L'autonomie est supérieure à 20 h en service continu, mais l'appareil fonctionne sur secteur, mettant automatiquement l'accumulateur en charge.

● Complétant la gamme des millivoltmètres transistorisés de LEVELL (Radiophon), le millivoltmètre à large bande TM6A permet des mesures :

- en HF : 1 mV à 3 V pleine échelle en vraie valeur efficace de 100 kHz à 1000 MHz ;

- en BF :

gamme 50 μ V de 8 Hz à 500 kHz

gamme 500 μ V de 2 Hz à 2 MHz

gammes 1 mV et au-dessus de 1 Hz à 3 MHz

en valeurs moyennes.

● De nombreuses nouveautés chez PHILIPS. Sans pouvoir tout citer, mentionnons les contrôleurs électroniques PM 2400 et 2401 et le contrôleur universel PM 2410/11.

— Le contrôleur 2400 est transistorisé et permet la mesure des tensions et courants continus et alternatifs et des résistances en 42 gammes ; échelle commune continu-alternatif, affichage automatique « alternatif, continu +, continu — ».

— Le microvoltmètre continu PM 2440 à deux entrées : entrée I : 100 μ V (pleine échelle) à 10 V dans 1 M Ω /15-20 pF ; entrée II : 10 mV (pleine échelle) à 1 000 V dans 100 M Ω /10 pF. L'appareil est protégé contre les surcharges et sa dérive est < 1 μ V/h.

— Le milivoltmètre alternatif PM 2451 (10 Hz - 7 MHz, 1 mV pleine échelle dans 1 M Ω /30 pF) est équipé d'un préamplificateur de gain 50 dont la bande passante à 3 dB est 2 Hz - 14 MHz.

— Le préamplificateur à faible bruit PM 6045 dont la bande à 0,5 dB est 10 Hz à 30 kHz. Gain 10 $\times$ ou 100 $\times$. Bruit ramené à l'entrée : 15 μ V à 500 μ V eff. Distorsion < 1 %. Linéarité : meilleure que 1 %.

● WEIR ELECTRONICS (Prâna) présentait un voltmètre numérique type DMMeter 50 à 4 chiffres, 1 mV à 1 000 V.

● Signalons chez DYMAR (Antares) l'appareil de mesure Type 70 et 70 R, multifonction grâce à 12 tiroirs interchangeables. Citons, parmi les fonctions possibles : millivoltmètre à large bande en vraie valeur efficace, microvoltmètre continu et BF, générateur BF, double BF, microvoltmètre à seuil réglable, mesure de bruit, distorsiomètre, analyseur BF, etc...

● BOONTON ELECTRONICS (Seurolec) exposait un micro-wattmètre (le modèle 41A) fonctionnant de 1 Hz à 6 GHz ; résolution 0,001 μ W.

● P.R.D. ELECTRONICS (Radiophon) présentait le micro-wattmètre PRD 6685 et la sonde calorimétrique thermoélectrique PRD 685 permettant la mesure de 0,3 μ W à 100 mW de 10 MHz à 18 GHz.

GÉNÉRATEURS WOBBLATEURS

● Chez GENERAL RADIO (Radiophon), nous avons remarqué :

— L'oscillateur BF type B09A fournissant des signaux sinusoïdaux (moins de 0,05 % de distorsion) ou rectangulaires de 10 Hz à 100 kHz.

— Le générateur HF 1026A fournissant 10 V dans 50 Ω de 9,5 à 500 MHz en six gammes. Calibration par quartz. Cet appareil est modulable en AM (BF, vidéo-fréquences jusqu'à 1,5 MHz, impulsions) et FM.

● A noter chez HEWLETT-PACKARD :

— Un oscillateur numérique de précision HP 4204A de 10 Hz à 1 MHz (4 chiffres de lecture).

— Le wobblateur à tiroirs interchangeable HP 8690A. De 0,1 à 110 MHz et de 1 à 40 GHz.

— Le wobblateur HP3211A couvrant avec six tiroirs la gamme 100 kHz - 100 MHz. Fonction balayage : tiroir convertisseur 100 kHz - 30 MHz. Fonction marqueur : tiroir recevant huit cartes enfichables avec leur propre cristal.

● JERROLD (Tranchant) propose le wobblateur type SS300 couvrant la gamme 500 kHz - 300 MHz. Les sorties sont doubles pour enregistrement XY ou observation sur oscilloscope. Marqueurs incorporés.

● Le générateur RC à gamme unique PM 5130 de PHILIPS couvre la gamme 20 Hz - 20 kHz. Distorsion < 1 %, 20 V max. Impédance 600 Ω ou 6 Ω (sortie flottante).

● POLARAD exposait les générateurs 1105 (0,95 à 2,4 GHz) et 1106 (1,95 à 4,2 GHz) fournissant 50 mW dans 50 Ω modulables intérieurement (signaux carrés 800 - 1 200 Hz) ou extérieurement (400 Hz - 1 MHz).

● Le générateur UHF SMAI de ROHDE & SCHWARZ couvre la gamme 800 - 1 800 MHz. Indication numérique de la fréquence et de l'atténuation. Puissance de sortie supérieure à 10 mW dans 50 Ω .

● TELONIC (Equipements Scientifiques) propose le wobblateur 2003 à tiroirs interchangeables couvrant la gamme 1 MHz - 1 500 MHz.

● Les wobblateurs TEXSCAN (Prâna) type HS 70, HS 75, HS 80, HS 85 couvrent les fréquences 20 MHz à 1 000 MHz avec une puissance de sortie de 4 W en modulé.

L'oscilloscope à grand écran DU17, multicanal, est utilisable avec les wobblateurs ci-dessus mentionnés.

● WILTRON (Technique et Produits) propose un wobblateur à tiroirs enfichables, couvrant la bande 50 kHz à 2 GHz. Très grande stabilité, tension de sortie nivelée à $\pm 0,2$ dB, marqueurs incorporés, verrouillage de phase très efficace, sortie blanking.

OSCILLOGRAPHES

● Chez HEWLETT-PACKARD, la nouveauté marquante est la commercialisation de l'oscillographe à échantillonnage 141 A équipé de tiroir 1411 A et de têtes de mesure 1430 A, 1431 A et 1432 A.

L'appareil 141 A, tout en étant conventionnel, présente certaines caractéristiques intéressantes telles que la persistance variable et la mise en mémoire sur tube d'informations rapides.

Cet oscillographe admet les tiroirs classiques de la série 1400 (fréquence de fonctionnement limitée à 20 MHz) :

Les deux tiroirs à échantillonnage 1410 A et 1411 A et le tiroir base de temps 1424 A balayage normal, 1425 A balayage retardé.

L'ensemble le plus intéressant reste le tiroir 1411 A qui, avec ses trois têtes à échantillonnage, présente les caractéristiques suivantes :

— Avec tête 1430 A :

● Temps de montée : 28 ps.

● Bande passante : 0 à 12,4 GHz.

● Dépassement inférieur à 5 %.



FIG. 11 — HEWLETT PACKARD : Générateur HP 4204 A

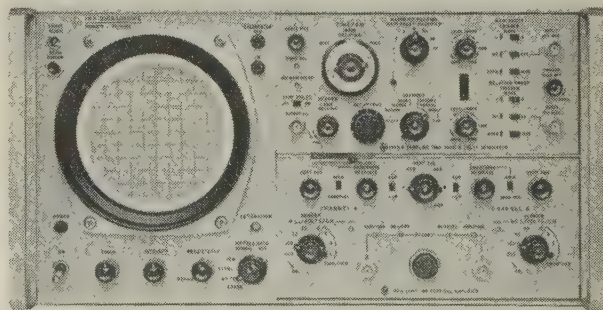


FIG. 12 — HEWLETT PACKARD : Oscillographe 1430 A

- Gamme dynamique : 1 V.

Ce modèle est spécialement destiné à la mesure des impulsions à temps de montée rapide.

— Avec tête 1431 A :

- Temps de montée : 28 ps.
- Bande passante : 0 à 12,4 GHz.
- Gamme dynamique : 1 V.

Ce modèle est spécialement destiné à des mesures en régime sinusoïdal.

— Avec tête 1432 A : Ce modèle est une version économique des deux précédents ; sa bande passante est de 4 GHz, avec un temps de montée de 90 ps.

● Chez TEKTRONIX, l'Oscillographe 454, dernier né de la gamme Tektronix, est étroitement dérivé du 453, modèle connu depuis déjà deux ans. Le bond en avant de ses performances (bande passante de 150 MHz, au lieu de 50 MHz), est dû à l'utilisation d'un nouveau tube cathodique à haute vitesse d'inscription.

La conception du 454 est monobloc. Deux canaux verticaux sont disponibles, utilisables séparément ou simultanément par alternance de balayage ou découpage (fréquence 1 MHz). La sensibilité maximale sur chaque entrée atteint 5 mV par division.

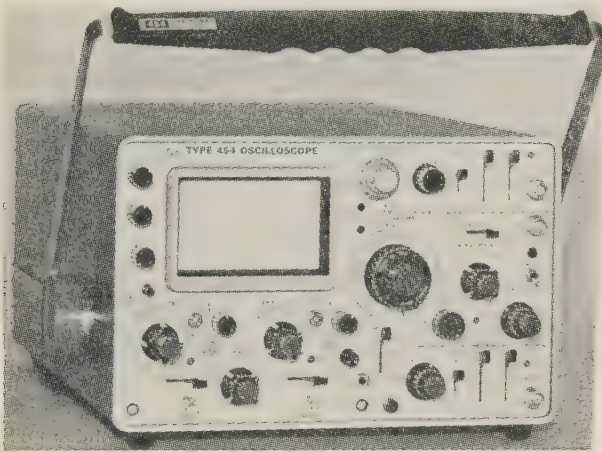


FIG. 13. — TEKTRONIX : Oscilloscope Type 454

La base de temps se compose d'un balayage allant de 0,05 μ s/div. et d'un retard calibré de 1 μ s à 50 s/div.

L'information est visualisée sur un écran plat rectangulaire de surface utile 6x8 divisions.

● Chez FAIRCHILD, l'Oscillographe modèle 777 à double faisceau 100 MHz à hautes performances peut recevoir deux tiroirs X et deux tiroirs Y donnant une grande série de possibilités.

Les tiroirs « bas de temps » comprennent soit des bases de temps simples, soit des bases de temps avec retard calibré, soit un balayage retardant avec commutation automatique des faisceaux.

Les tiroirs verticaux affichent une gamme complète allant du tiroir sensible (fréquence limitée à 0,850 MHz) au tiroir haute fréquence (fréquence limitée à 100 MHz).

ANALYSE DE SIGNAUX

ANALYSEURS D'ONDES BASSE-FRÉQUENCE

● L'analyseur de spectre TBF SP2 de FENLOW (Megex) permet l'analyse de phénomènes de 0,3 Hz à 1 050 Hz en 5 gammes. L'appareil comporte cinq largeurs de bande constantes : 0,06 Hz ; 0,3 Hz ; 1,5 Hz ; 7,5 Hz ; 37,5 Hz.

L'impédance d'entrée est >100 k Ω .

La lecture est proportionnelle à la densité d'énergie.

Une table traçante XY associée permet l'analyse automa-

tique. La fréquence est portée en X (échelle linéaire), la densité d'énergie en Y. Les durées d'analyse peuvent varier entre 10 mn et 250 mn.

Un autre modèle (le SP 3) couvre la bande 1,5 Hz à 5 200 Hz.

● GENERAL-RADIO (Radiophon) propose un analyseur BF portable : le type 1568A. Cet appareil se caractérise par la



FIG. 14. — GENERAL RADIO : Analyseur de signaux portable 1568 A

bande passante à 3 dB qui est de 1 % de la fréquence choisie (de 20 Hz à 20 kHz), l'atténuation aux fréquences moitiée et double étant d'au moins 75 dB. Etalonnage en fréquence 1 %. Tensions admissibles : de 100 μ V à 300 V (pleine échelle). Fonctionnement sur secteur ou sur batterie rechargeable incorporée.

● Chez HEWLETT-PACKARD, notons un analyseur de sonie à lecture directe HP. 8051 A analysant simultanément 20 bandes par 1/3 d'octave. Simulation de l'oreille humaine (méthode de Zwicker). Gamme de mesure : 1 sone G - 400 sonos G . Visualisation du spectre sur tube cathodique.

● L'analyseur QUAN-TECH (Mesureur) modèle 304 permet des mesures à largeur de bande constante (1 Hz, 10 Hz, 100 Hz) de 1 Hz à 5 kHz. Il comporte une sortie oscillateur à la fréquence d'accord, une sortie continue proportionnelle à la fréquence d'accord (1 mV/Hz), une sortie filtre, deux sorties fournissant les composantes en phase et en quadrature du signal d'entrée filtré. Le fonctionnement peut être manuel, automatique (un balayage ou répétitif), commandé par tension extérieure.



FIG. 15. — QUAN TECH : Analyseur 304

— L'analyseur modèle 305 couvre la bande 10 Hz - 50 kHz, les bandes passantes étant 10 - 100 - 1 000 Hz.

● L'analyseur d'ondes type FUA de ROHDE & SCHWARZ couvre la bande 100 Hz à 100 kHz. Sélectivité : 60 Hz - 300 Hz - 3 kHz. Echelles de tensions linéaires ou logarithmiques.

● L'analyseur de spectre VOICEPRINT (Technique et Produits) effectue en 80 secondes l'analyse spectrale d'une portion de bande magnétique de 2,4 secondes enregistrée à la vitesse de 19 cm/s. Trois formes de présentation sont possibles (« Sonagramme », en particulier).

● NELSON-ROSS (Quantum) propose une gamme complète de tiroirs analyseurs de spectre pour oscilloscopes Tektronix ou Hewlett-Packard, neuf tiroirs permettent de couvrir la gamme 0,5 Hz - 15 GHz.

Le modèle PSA 016, 026 ou 036 (suivant les versions), couvre la bande 0,5 Hz à 2 kHz (gamme calibrée). La dispersion (10 Hz à 600 Hz) et la résolution (0,5 Hz ou 50 Hz) sont également calibrées. Echelle linéaire ou logarithmique. Cet appareil possède deux sorties pour enregistrement XY.

● Le corrélateur type 1050 de AD-YU (Radiophon) utilise une ligne de retard continuellement variable et un ensemble multiplicateur à large bande (3 Hz - 200 kHz) dont la précision dépasse 1 % pour 40 dB de dynamique. La multiplication est effectuée instantanément et de façon continue.

ANALYSEURS EN VIDÉO-FRÉQUENCE ET HAUTES FRÉQUENCES

● L'ensemble analyseur de circuits de HEWLETT-PACKARD permet l'étude de circuits entre 0,11 et 12,4 GHz. Le châssis principal HP 8410 A peut recevoir de nombreux tiroirs permettant :

- HP 8413 A : mesure d'amplitude et de phase,
- HP 8414 A : tube cathodique pour affichage en coordonnées polaires ou lecture sur abaque de Smith,
- HP 8741 et 8742 : test de réflexion.

● L'analyseur de spectre type 2882 de POLARAD couvre la gamme 10 kHz - 42,2 GHz. Dispersion de 10 kHz à 100 MHz. Marqueurs incorporés. Cet analyseur fonctionne en direct jusqu'à 12,4 GHz.

● Chez ROHDE & SCHWARZ, le récepteur de mesure UHF type USVB couvre la gamme 170 MHz à 4,4 GHz avec une sensibilité de 1,5 μ V. Facteur de bruit 14 dB. Balayage automatique de fréquence 200 kHz/s ou 5 MHz/s. Démodulation AM et FM.

● SINGER (Audiola) présente :

- L'analyseur SSB-50 à tiroirs enfichables. Bande 2 MHz à 40,5 MHz. Résolution jusqu'à 10 Hz.
- L'analyseur SPA-100 pour hyperfréquences (0,01-40 GHz en 6 gammes). Dispersion réglable de 0 à 100 MHz, résolution réglable de 1 kHz à 1 MHz.

● Chez TEKTRONIX (Relations Techniques Intercontinentales), signalons un nouveau tiroir analyseur de spectre 50 Hz - 1 MHz pour oscilloscopes (type 1L5 ou 3L5 suivant versions). La dispersion est étalonnée de 10 Hz/cm à 100 kHz/cm, la résolution de 10 Hz à 500 Hz, la commande étant couplée à celle de la dispersion (mais débrayable). Sensibilité 10 μ V.

ENREGISTREMENT MAGNÉTIQUE DE MESURES

Dans ce domaine, nous avons remarqué les matériels suivants :

● Chez AMPEX :

— L'enregistreur-lecteur FR 1800 L qui paraît réaliser un bon compromis entre la simplicité et des caractéristiques métrologiques honorables.

— L'enregistreur-lecteur FR 1600 de technologie et de caractéristiques métrologiques très évoluées ; en particulier sa bande passante en enregistrement direct monte jusqu'à 2 MHz.

● L'enregistreur-lecteur 110 de PEMCO, de petites dimensions (volume de 10 à 20 litres selon les versions), offre des possibilités variées avec de bonnes caractéristiques métrologiques.

● Parmi plusieurs modèles exposés par THERMIONIC, l'enregistreur à boucle T2000 qui, pour un prix relativement

modeste, permet la surveillance et l'enregistrement des phénomènes survenant de façon aléatoire.

● Chez SANGAMO :

— L'enregistreur 3 500 portable (40 kg) dont la bande passante annoncée à 3 m/s est de 600 kHz.

— L'enregistreur de défaut RAS constitué de deux ensembles de bobines qui se relayent de façon à avoir un enregistrement ininterrompu.

● Chez KENNEDY (représenté par Techniques et Produits), l'enregistreur incrémental portable modèle 1500 permettant l'enregistrement dans un format directement compatible avec un ordinateur.

● Le petit enregistreur MAS 54 de TELEFUNKEN à quatre pistes sur bande de 6,25 mm de largeur.

TÉLÉMESURES RADIO

Dans le domaine des *télémesures* radio, peu de matériels étaient exposés. Nous avons toutefois remarqué :

● Chez E.M.R. (représenté par SIS diffusion commerciale), la nouvelle série 2700 qui comporte les différents modules de traitement des informations au sol : 2701 (commutateur-codeur) — 2710 (synchroniseur PAM-PDM) — 2720 (synchroniseur de bits PCM), etc. Ces équipements sont, en particulier, conçus pour être intégrés dans des stations de traitement pilotées par ordinateur et comportent les mémoires statiques nécessaires pour stocker les ordres en provenance de l'ordinateur.

● Les commutateurs mécaniques de FIFTH-DIMENSION présentés avec les conditionneurs de signaux permettant de normaliser la forme des signaux commutés.

ENREGISTREURS

● BOLT BARENEK & NEWMAN INC. (Seurolec) présentait une gamme d'enregistreurs XY : La série PLOTAMATIC 600 comprend quatre modèles format 8 1/2" x 11" d'impédance d'entrée constante 1 M Ω . Dans la série PLOTAMATIC 800 (quatre modèles) le format est 11" x 17" ; la vitesse de balayage de 20 pouces/seconde pour chaque axe. Précision 0,15 % (pleine échelle). Le modèle 800 A possède une base de temps 0,01 à 2 pouces/s et retour automatique.

Tous les modèles sont également disponibles en échelles métriques.

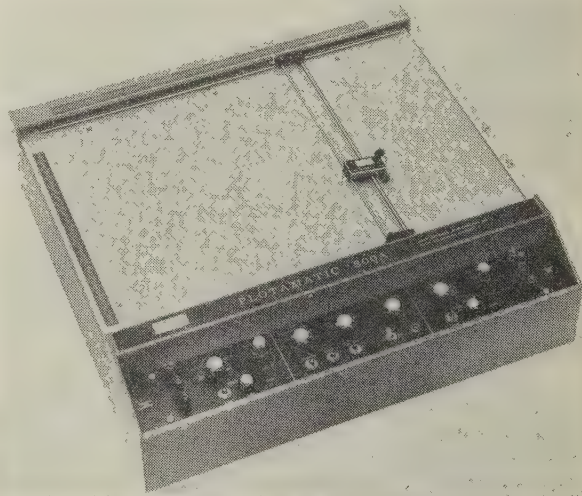


FIG. 16. — BOLT BARENEK & NEWMAN : Enregistreur Plotamatic

● De CLEVITE-BRUSH (Bureau de Liaison), mentionnons l'enregistreur à diagramme déroulant Mark 250. L'inscription se fait par encre sous pression. La réponse à un échelon unité pleine échelle (4 pouces 1/2) a un temps de montée de 40 ms. La réponse en fréquence à l'amplitude maximale est droite jusqu'à 10 Hz au moins. Douze vitesses commutables par boutons poussoirs.

Vingt et un modèles de préamplificateurs enfichables sont disponibles.

● A l'Exposition Américaine, ELECTRO-NITE ENGINEERING Co présentait l'enregistreur à bande « Nulline ». Cet appa-

reil original utilise un moteur biphasé linéaire. L'élément enregistreur; équivalent du « stator » d'un moteur conventionnel, constitue l'unique partie mobile de cet enregistreur.

● Dans la très vaste gamme d'enregistreurs ESTERLINE-ANGUS (Radiophon), notons le modèle « Speed-Servo » équipé d'un moteur linéaire. Le temps de réponse est de 1/5 s pour la largeur totale (250 mm). Sensibilités de 1 mV à 100 V pleine échelle en onze gammes, vitesses de déroulement de 18 mm/h à 150 mm/s en 14 gammes. Impédance d'entrée $>1 \text{ M}\Omega$.

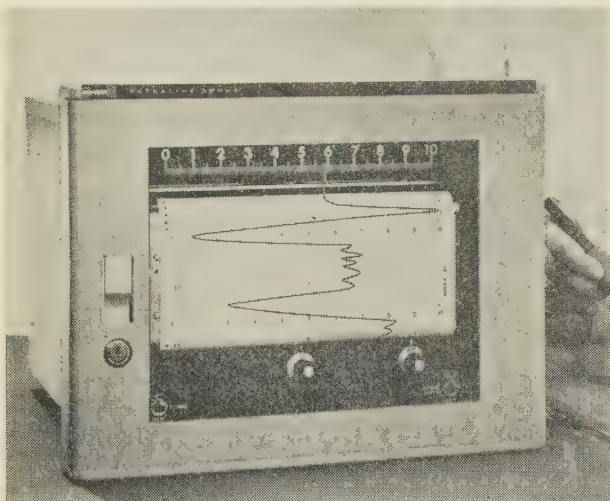


FIG. 17. — ESTERLINE ANGUS : Enregistreur « Speed Servo »

● OFFICINE GUARDIGLI présentait une gamme étendue d'enregistreurs potentiométriques. Citons la série 288 (DIN 288 x 288) de classe 0,25. 1-6-12 courbes. Equilibrage magnétique sans fil calibré.

● Chez PHILIPS, signalons l'enregistreur galvanométrique à amplificateur; monocourbe ou six courbes, le cadre est suspendu par ruban et alimenté par amplificateur transistorisé à découpage. Précision $\pm 1\%$. Mesure de tensions, courants, résistances.

● SARGENT (Radiophon) présentait des enregistreurs potentiométriques de laboratoire à table de lecture inclinée.

Ces appareils à fonctions multiples présentent comme caractéristiques générales des sensibilités partant de 1 mV et une impédance maximale de source de 50 k Ω .

● L'enregistreur XY modèle ZSK de ROHDE & SCHWARZ est un appareil à très hautes performances.

Sur un diagramme de 297 x 420 mm maximum il permet une vitesse d'écriture $>150 \text{ cm/s}$ (dans chaque direction) avec une accélération initiale $>7 \text{ g}$.

La réponse à un échelon unité présente un rebondissement $<1 \text{ mm}$ quelle que soit l'amplitude.

Quatre tiroirs d'entrée sont actuellement disponibles :

- Diviseur de tension
- Amplificateur
- Convertisseur alternatif-continu
- Convertisseur fréquence-tension continue.

Une base de temps interne peut être commutée sur l'une ou l'autre voie. Il possède des entrées flottantes à haute impédance (5 à 1 000 M Ω). Les deux voies sont entièrement séparées l'une de l'autre.

● Signalons l'enregistreur potentiométrique à une ou deux voies G.2000 de VARIAN. Cet appareil à 8 vitesses possède 10 gammes calibrées (de 1 mV à 1 V pleine échelle) et un potentiomètre non calibré.

Résistance d'entrée: potentiométrique sur les gammes 1 mV à 100 mV; 1 M Ω de 200 mV à 1 V. 50 k Ω sur échelles non calibrées. La précision: 0,25 % de la pleine échelle (10 pouces).

APPAREILS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS EN PHYSIQUE ET EN CHIMIE

SPECTROMÈTRES DE MASSE

● Sur le stand VEECO, nous avons remarqué le détecteur de fuite MS 12 (trois modèles), dont le tube spectromètre de masse est à double filament et à double déflexion magnétique. Le collecteur est à multiplicateur d'électrons.

La sensibilité est de $5.10^{-12} \text{ atm.cm}^3.\text{s}^{-1}$ pour une vitesse de pompage d'hélium de 8 l/s à l'orifice d'utilisation.

Le bloc électronique est de conception modulaire et l'appareil est entièrement protégé contre les fausses manœuvres.

— A signaler également l'analyseur de gaz GA 4 pour le vide et l'ultravide. Le tube d'analyse est un spectromètre de masse à secteur de 60° et de rayon 5 cm. Le collecteur est à multiplicateur d'électrons. La plage d'analyse des masses est comprise entre 2 et 300 avec l'aimant permanent, et de 1 à 600 avec un électro-aimant. La vitesse d'exploration peut varier entre 10 ms et plusieurs heures, l'enregistrement se faisant à l'oscilloscope ou sur papier.

● N.R.C. présente un détecteur de fuite à haute sensibilité ($2.10^{-11} \text{ atm.cm}^3.\text{s}^{-1}$ d'hélium). Il est équipé d'une source d'ions à deux filaments préalignés, auto-dégazables. Le champ magnétique est ajustable pour la focalisation électronique. La lecture de la fuite est quantitative et la vitesse de pompage est réglée automatiquement (10 à 3 l/s).

● VARIAN présente une jauge à pression partielle pour ultra-vide qui est un spectromètre de masse simplifié. Le balayage en masse de 1 à 70 se fait en deux gammes par l'intermédiaire de deux collecteurs. La configuration de la source d'ions, identique à celle de la jauge de Bayard-Alpert, permet la mesure de la pression totale.

— Nous avons remarqué aussi sur se stand un spectromètre de masse quadripolaire à séparation de masse électrostatique, permettant l'utilisation de l'appareil à haute température. Equipé d'un multiplicateur d'électrons, cet appareil peut servir à l'analyse des gaz en ultra vide.

● Vu chez EDWARDS son spectromètre de masse n° 8 pour la détection des fuites. Le taux de fuite minimal détectable est de $5.10^{-12} \text{ atm.cm}^3.\text{s}^{-1}$ avec la vanne de régulation de pompage réglée à 3 l/s et sur un courant d'émission de 1 mA. La vitesse de pompage à l'orifice d'essai est de 30 l/s, mais il est possible d'utiliser un groupe de prévidage annexe d'un débit de 600 l/mn.

● LEYBOLD présente le détecteur de fuite à hélium Ultra Test. C'est un spectromètre de masse à double focalisation avec déviation magnétique à 90° , suivie d'une déflexion électrique à 90° . L'appareil peut être utilisé soit avec une cathode en irridium avec revêtement d'oxyde de thorium, soit avec une cathode en tungstène pour le maximum de sensibilité.

La sensibilité en pression partielle d'hélium est de 0,05 ppm et la plus petite fuite décelable est de $2.10^{-10} \text{ atm.cm}^3.\text{s}^{-1}$ pour la pleine déviation de l'appareil de mesure.

● Sur le stand A.E.I., nous avons remarqué le nouveau spectromètre de masse MS 10 C2 plus particulièrement destiné aux chimistes organiciens — gamme de masse de 1 à 400, résolution 300 (vallée à 10 %), limite de détection 5.10^{-12} torr .

Equipé d'un aimant permanent à déviation de 180° et de 5 cm de rayon, cet appareil est doté d'une source à filament de rhénium. Il peut être directement couplé à un chromatographe.

CHROMATOGRAPHES

● Chez VARIAN-AEROGRAF, on remarque une gamme extrêmement variée de chromatographes en phase gazeuse, allant de l'appareil simple de contrôle jusqu'à l'appareil très perfectionné de recherche, en passant par l'appareil préparatif entièrement automatique pour la séparation et la récupération de produits très purs :

— Le HYFI III, modèle 1200, appareil simple destiné aux travaux de contrôle et de recherche, est équipé d'un électromètre transistorisé et d'un programmeur de t^0 .

— Le Mark II, modèle 713, appareil préparatif automatique permettant de récupérer de 10 à 100 g de produit pur.

— Un intégrateur-numérique électronique, modèle 475, équipé de circuits intégrés.

● BECKMAN présente :

— le chromatographe GC 5 à hautes performances, de conception modulaire avec utilisation simultanée de deux détecteurs, deux colonnes, deux introductions, un programmeur de température ;

— le spectrophotomètre infrarouge à enregistrement rapide (5 s) dans la gamme des longueurs d'onde de 2,5 à 14,5 μ , conçu pour étudier en continu les fractions sortant d'un chromatographe.

● Chez M.S.A., les chromatographes industriels sont équipés de programmeur à disque à lecture photoélectrique.

● HEWLETT-PACKARD - F ET M, présente le chromatographe modèle 5750, dernier né des appareils de recherche.

● PERKIN - ELMER expose deux nouveaux modèles de chromatographe :

- la série F 11 Mark II possédant 6 têtes analytiques ;
- le modèle compact F 20 à tête catharométrique.

SPECTROMÈTRES DE RÉSONANCE PARAMAGNÉTIQUE ÉLECTRONIQUE

● Vu sur le stand VARIAN, le RPE, modèle E3 dans lequel la HF voisine de 9 500 MHz est modulée à 100 kHz pour la détection. Le champ magnétique varie de façon linéaire jusqu'à 6 000 gauss.

La résolution permet la séparation de raies de largeur inférieur à 70 mG. La sensibilité est de 5.10^{-10} ΔH spins,

ΔH étant la largeur de raie à mi-hauteur exprimée en gauss. Les accessoires comprennent la régulation de température de l'échantillon, la cavité à irradiation, les cellules à mélanges, ainsi qu'un analyseur multicanal permettant l'augmentation du rapport signal/bruit pour les échantillons très dilués ou peu sensibles.

● Chez BRUKER PHYSIK, nous avons remarqué un RPE à hautes performances. Il comprend :

- l'unité micro-ondes avec contrôle de fréquence,
- deux canaux de détection basse fréquence (100 kHz et 713 Hz),
- un système magnétique avec alimentation et dispositif de régulation du champ par effet Hall ou résonance nucléaire,
- de nombreux accessoires (mémoire électronique).

L'emploi simultané des deux canaux donne la deuxième dérivée du signal d'absorption. La résolution limite est de 10^{11} spins par gauss à mi-hauteur.

CAPTEURS

● BUDD, spécialisé dans les capteurs à jauge de contrainte, propose des capteurs de pression à hautes performances.

● Chez BELL et HOWELL, division CEC, nous avons remarqué des capteurs de pression à fils extensométriques tendus, de très petites dimensions.

Etendues de mesure de 0,07 à 700 bars
Température de service —54 à +120 °C
Bande passante = 2 kHz
Précision limite = 1 ‰

ERRATUM

La Société FILOTEX attire notre attention sur une erreur qu'elle qualifie elle-même de *légère*, concernant le fil isolé « KYNAR » dont il a été parlé dans la rubrique « Fils et Câbles » de notre compte rendu du Salon des Composants, numéro de juin 1967 de l'Onde Electrique, page 877.

Nous avons indiqué que FILOTEX présentait un fil isolé baptisé Kynar (en réalité un mélange de FEP et de superpolyamide). En fait, FILOTEX a bien, d'une part, un fil isolé avec un produit dont la définition chimique est fluorure de polyvinylidène et la désignation commerciale est « Kynar » et, d'autre part, des fils isolés au fluoréthylènepropylène (FEP) avec revêtement extérieur en superpolyamide.

Informations

DOCUMENTATION TECHNIQUE

COMPARAISON DE FRÉQUENCES

L'obligation où nous nous sommes trouvés de faire paraître le 1^{er} septembre le présent numéro de *l'Onde Electrique* malgré la fermeture de notre imprimeur au mois d'août pour les congés annuels de son personnel, ne nous a pas permis d'y inclure le tableau des mesures journalières des phases des émetteurs de fréquence étalon pour le mois de juillet 1967, comme nous l'avions indiqué dans notre Revue de juillet-août.

En conséquence, notre numéro d'octobre comprendra deux tableaux, ceux de juillet et d'août 1967.

PUBLICATIONS TECHNIQUES

CATALOGUE COLLECTIF DES LIVRES FRANÇAIS DE SCIENCES ET DE TECHNIQUES 1965-1966

Un nouveau répertoire, contenant près de 2 000 titres d'ouvrages scientifiques et techniques, publiés pendant ces deux dernières années, constitue le panorama actuel de l'édition scientifique et technique française et facilitera les recherches bibliographiques.

Pour l'exécution de leurs travaux journaliers, les professeurs, chercheurs, industriels, ingénieurs et techniciens peuvent souhaiter se procurer un renseignement, trouver un tableau, connaître la solution à tel problème : un livre contient vraisemblablement ces précisions et lui permettra de gagner un temps précieux.

Ce livre, ils le découvriront dans ce répertoire, dont la consultation leur sera facilitée par des tables méthodiques.

On peut se le procurer chez les libraires spécialisés ou en s'adressant au Cercle de la Librairie, Groupe des Editeurs de Sciences & Techniques, 117, bd St-Germain, Paris VI^e, au prix de 5 F franco.

NORMES AFNOR

L'Association Française de Normalisation vient de mettre en vente de nouvelles normes enregistrées relatives à

l'Electricité, établies et éditées par l'Union Technique de l'Electricité, parmi lesquelles nous relevons :

NFC 97-210, mai 1967, Electroacoustique, Adaptateurs de modulation de fréquence : Caractéristiques et méthodes de mesure.

L'objet de cette norme est de fixer des méthodes de mesure permettant de déterminer de façon précise et reproductible les caractéristiques des adaptateurs de modulation de fréquence. Une annexe propose un mode opératoire indicatif qui a pour but de simplifier le processus de détermination des différentes caractéristiques.

Cette norme a été élaborée en suivant d'aussi près que possible les travaux de la Commission Electrotechnique Internationale.

Prix de l'exemplaire : 10 F à l'U.T.E. ou à l'AFNOR, 19, rue du Quatre-Septembre, Paris 2^e.

NOUVELLE PUBLICATION ITT STANDARD

ITT Standard vient de publier une brochure de 60 pages concernant ses séries de potentiomètres : type hélicoïdal de précision, type de précision à faible couple, type de précision service continu et variante céramique. Le catalogue est illustré et comporte également les spécifications d'ordres mécanique et électrique, ainsi que les divers accessoires.

On peut se procurer cette brochure en s'adressant à SICOPEL, 86, rue du Président-Wilson, 92-Levallois.

CIRCUITS INTÉGRÉS MOTOROLA

Une nouvelle brochure intitulée « Integrated Circuit Seminar Notes », éditée par le Centre Européen Motorola de Genève, donne les caractéristiques et les applications de base des circuits intégrés MOTOROLA.

Les applications des circuits intégrés s'organisent et se développent autour d'un certain nombre de circuits de base dont Motorola étudie et améliore sans cesse les caractéristiques et les possibilités de combinaison.

La description des circuits élémentaires (logique de chaque fonction binaire, courbes de transfert et caractéristiques électriques) permet de comparer l'emploi des circuits numériques MOTOROLA dans des applications courantes :

compteur, décompteur, décade, registre à décalage, additionneur.

La conception et les caractéristiques des circuits intégrés linéaires dépendent trop des exigences propres aux utilisateurs, pour qu'on puisse établir des circuits de base définis. Motorola a cependant lancé toute une série de circuits susceptibles d'être rangés dans quelques grandes catégories suffisamment homogènes : amplificateurs opérationnels, différentiels, haute fréquence et audio, dont le compte rendu détaille les caractéristiques et les applications.

Le bulletin « Integrated Circuit Seminar Notes » est disponible au Service de Presse de Motorola, 33, rue Galilée, Paris 16°.

NOUVEAUTÉS TECHNIQUES

LE MAKROFOL KG ET LES CONDENSATEURS MINIATURES

La feuille en polycarbonate de BAYER, ^RMakrofol KG, dont l'épaisseur peut atteindre 2 μ est considérée comme la feuille électro-isolante sans support la plus mince du monde. Avec du Makrofol KG métallisé, utilisé comme diélectrique, il est possible de fabriquer aujourd'hui des condensateurs qui, pour une capacité identique, sont sensiblement plus petits qu'autrefois. Les condensateurs en Makrofol KG se caractérisent par une constance très favorable de la capacité et par un angle de perte diélectrique réduit dans un intervalle de températures très étendu, allant jusqu'à 125 °C.

S'adresser à SOGEP, 5, rue Hamelin, Paris-16°.

POSSIBILITÉS NOUVELLES DANS LA RÉALISATION DES CIRCUITS IMPRIMÉS

Les circuits imprimés sont depuis longtemps employés en électronique. Normalement, ces systèmes de connexions sont réalisés selon le procédé dit de soustraction (eau-forte), dans lequel la plaque-support doublée de cuivre est imprimée *en positif* et la partie de la couche de cuivre non protégée de vernis, éliminée. Les lignes conductrices qui subsistent servent au transport du courant.

BAYER a mis au point un procédé plus rationnel, le procédé d'addition, qui fait appel à une méthode de nickelage sans courant, au Nibodur. Cette méthode permet d'obtenir en même temps une jonction transversale, c'est-à-dire une liaison conductrice avec la face opposée de la plaque-support. Cette plaque estampée et perforée est nickelée par voie chimique, imprimée ensuite *en négatif*, puis pourvue en positif, par dépôt galvanique, du schéma de connexions.

Des fabricants de récepteurs de radio et de télévision parmi les plus importants montrent un vif intérêt pour ce nouveau procédé de fabrication de circuits imprimés de faible encombrement, dans lesquels les contacts intermittents sont exclus.

ÉCHANTILLONNEURS ET ANALYSEURS INFRAROUGE « SIERRA »

● L'échantillonneur infrarouge — type 705 B SIERRA (Philco/Ford) — analyse les caractéristiques thermiques d'objets ayant des dimensions de l'ordre de 7,5 μ . Une très haute sensibilité est obtenue au moyen d'un détecteur infrarouge refroidi à l'azote liquide.

La gamme des températures va jusqu'à 600 °.

Le temps de réponse du détecteur est de 1 μ s.

La partie électronique, entièrement réalisée avec des semi-conducteurs, permet d'avoir un temps de réponse global de 0,5 ms.

● L'analyseur infrarouge — type 710 B, du même constructeur — permet de détecter le rayonnement infrarouge provenant d'un objet situé à une distance allant de 8 cm à l'infini. La résolution complète est de 750 μ à 8 cm.

Un système de balayage explore un angle solide de 20° dont l'analyse complète est réalisée en 5 secondes.

Le résultat peut être visualisé sous deux formes :

- image complète, type « télévision » ;
- trace unique de quantification sur oscilloscope.

La table de contrôle comporte deux écrans de visualisation dont l'un est équipé d'un appareil de photographie.

Applications : Contrôle non destructif et sans contact (circuits imprimés, couches minces, semiconducteurs, etc.), essais de fiabilité (métallographie, semiconducteurs), appareillage d'éléments actifs (diodes, transistors), contrôle de soudure, etc.

La représentation en France est assurée par Tranchant-Electronique S.A., 19-21, rue Madame-de-Sanzillon, 92 - Clichy.

NOUVELLES COMPOSITIONS RÉSISTIVES POUR MICROCIRCUITS HYBRIDES

La Du PONT de NEMOURS International S.A. est maintenant en mesure de livrer aux utilisateurs européens trois nouveaux types de compositions résistives destinées à la fabrication de films épais pour microcircuits intégrés hybrides, réalisés par sérigraphie. Leurs principales caractéristiques sont les suivantes :

Composition	Résistivité nominale du film de 25 μ (ohm/carré)	Coefficient de résistance de +25 à +125 °C (ppm/°C)
7822	50 à 100	< +300
7823	500 à 1 000	< +200
7837	12 000	+50

La société Du PONT fournit, depuis plusieurs années déjà, des compositions résistives utilisées dans le secteur en pleine expansion des microcircuits imprimés sur film épais.

Les microcircuits hybrides en films épais, déjà largement utilisés dans les calculatrices électroniques et le matériel de télécommunications, le sont de plus en plus dans les récepteurs de radio ou de télévision et les dispositifs de commande et de régulation pour automobiles et appareils ménagers.

Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à : Du Pont Information Service, Boîte Postale CH-1211 - Genève 24 - Suisse.

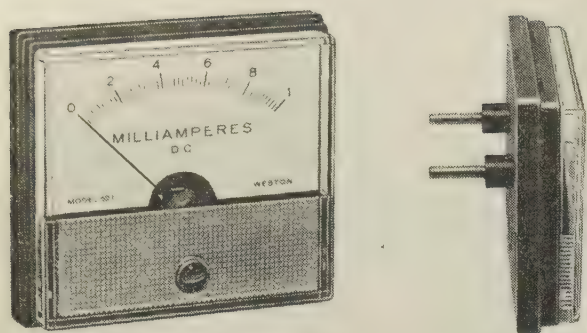
DE NOUVEAUX APPAREILS DE MESURE WESTON PLATS POUR MONTAGE SUR TABLEAU

Des appareils de mesure pour tableau, complètement libérés du fût arrière, permettent à l'utilisateur de disposer de l'espace situé derrière le tableau de montage.

Étudiés pour répondre à la demande croissante d'équipement plus compact, les modèles Weston 521 et 531 ont seulement 17 mm d'épaisseur et demandent, dans le tableau, des trous de 9,5 mm de diamètre servant à la fois au montage et aux connexions électriques.

Les modèles 521 (63 mm ϕ) et 531 (89 mm ϕ) utilisent le nouveau mécanisme Weston extra-plat Cormag. Ils ont une précision standard de ± 2 % en bout d'échelle. Leur linéarité concurrence celle de n'importe quel appareil de mesure conventionnel à mouvement classique. Le montage sur pierre précieuse absorbe les chocs et assure une longue durée de vie sous des conditions sévères d'utilisation.

Les deux modèles ont des gammes standard allant de 50 mV à 500 V et de 100 μ A à 10 A en courant continu et de 150 à 300 V en courant alternatif. Les appareils à

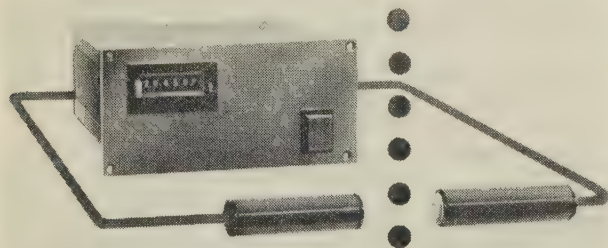


courant alternatif sont du type à redresseur avec une résistance interne de 1 000 Ω/V . Des gammes plus basses et des échelles spéciales peuvent être fournies sur demande. L'appareil est équipé d'une remise à zéro.

Renseignements complémentaires auprès de M. Naggar, Société d'Instrumentation SCHLUMBERGER, 146, rue des Blains, 92-Bagneux.

COMPTEURS D'IMPULSIONS PHOTO-ÉLECTRIQUES

Avec des cadences de comptage pouvant atteindre 90 impulsions/seconde, ces nouveaux compteurs d'impulsions photo-électriques Rogo semblent intéressants ; leur temps de réponse est inférieur à 20 μs et permet de compter avec grande précision toute pièce quels que soient sa forme, sa grandeur ou son poids.



Ces appareils sont livrables pour tension d'alimentation de 12 à 220 V 50 Hz.

Montage à encastrement, dimension normalisée de la plaque frontale 72 $\times$ 144.

Ils peuvent être fournis en trois versions :

- Type AC 6 : photo-compteur.
- Type AP 5 : photo-compteur à présélection.
- Type AT 7 : photo-compteur totalisateur.
- Type AR 2 : photo-relais.

Les projecteurs et récepteurs utilisés sont de faible encombrement et prévus pour des distances de 3 ou 6 mètres.

— Rogo, Robert Goetz et Cie, 85, rue du Château-zu-Rhein, 68 - Mulhouse-Dornach.

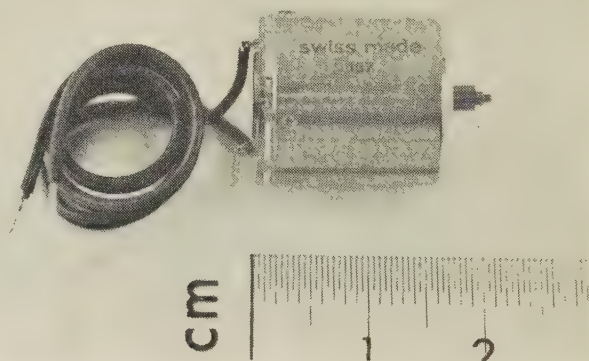
UN CRYOSTAT MINIATURE

HYMATIC ENGINEERING Co. Ltd, Glover Street, Redditch, Worcestershire, vient d'annoncer la sortie de ce qu'elle croit être le plus petit cryostat du monde fonctionnant à 21° absolu. Ses dimensions (65 mm de longueur sur 7,2 mm de diamètre) et son poids (44 g seulement) permettent de

le placer au sein même de l'appareil qui l'emploie. Les applications les plus caractéristiques comprennent le refroidissement des spécimens dans les microscopes à champ ionique, les microscopes à électrons, les aimants à champ de forte intensité et autres appareils tels que les détecteurs infrarouges, qui ont besoin pour leur refroidissement d'une puissance pouvant atteindre 2 W. Le cryostat est à deux étages : un mini-cryostat est placé à l'intérieur d'un autre. Le premier étage liquéfie de l'azote ou de l'argon qui circule et pré-refroidit l'hydrogène ou le néon du second étage. L'appareil est absolument complet par lui-même et n'exige aucune source de puissance extérieure.

UN NOUVEAU MICROMOTEUR

Nouveau produit de l'industrie horlogère suisse, nous présentons à nos lecteurs le moteur Escap type 15, de taille particulièrement réduite et d'un poids de 12 g. Son grand couple de démarrage et son temps de lancement extrêmement court sont dus à une construction originale : le rotor, en forme de cylindre ouvert à une extrémité, est constitué uniquement par le bobinage dont les spires étant obliques et croisées n'ont besoin d'aucun support. L'entrefer est ainsi extrêmement réduit, ce qui confère au moteur un rendement élevé. De plus, comme le rotor tourne autour du stator constitué par un aimant permanent bipolaire, on a pu donner au rotor un diamètre exceptionnellement grand eu égard aux dimensions totales du moteur.



Le palier est en bronze fritté autolubrifiant, les balais en alliage d'or et le collecteur en alliage d'argent.

Caractéristiques techniques :

Tension d'alimentation : 2 V continu maximum.

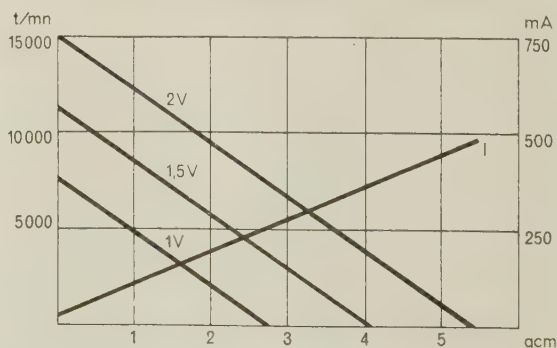
Tension minimale de démarrage à vide : 60 mV.

Vitesse de régime : environ 10 000 tr/mn.

Couple de démarrage : 5,5 gcm.

Rendement : >55 % à 10 000 tr/mn et 1,75 gcm.

Durée de vie : >1 000 h dans les conditions normales d'utilisation.



Courbes caractéristiques du micromoteur ESCAP 15.

Les applications de ce moteur se trouvent dans les télécommandes, la régulation par circuits transistorisés, les caméras et appareils photographiques, les enregistreurs miniatures.

Les moteurs Escap sont fabriqués par Portescap à La Chaux-de-Fonds, Suisse, représenté à Paris par MEGEX, 105, quai Branly, Paris-15°.

MACHINES-OUTILS POUR LES FABRICANTS DE PIÈCES ÉLECTRONIQUES

SOUTH LONDON ELECTRICAL EQUIPMENT Co Ltd., Lanier Works, Hither Green Lane, Londres S.E.13 vient de mettre sur le marché un choix d'installations pour le traitement et le montage des microcircuits utilisés en électronique.

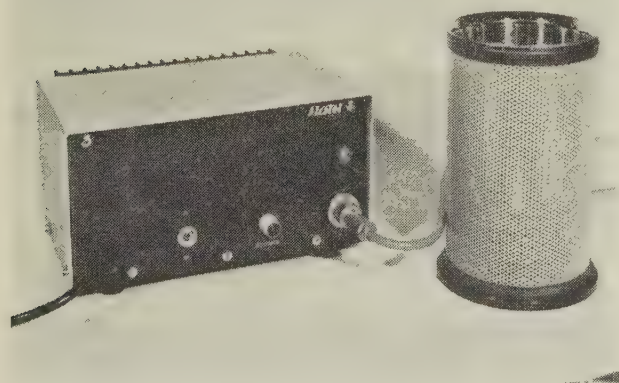
Les outils de précision ont été étudiés à l'origine par la Marconi Company de Chelmsford, Essex pour faciliter les fabrications de sa division d'électronique, qui prenait une grande extension. Les outils ont, par conséquent, l'avantage d'avoir été étudiés par un fabricant de microcircuits possédant une grande expérience du sujet; ils ont fait leurs preuves dans des conditions de fabrication en grandes séries.

Le choix comprend des machines à aligner les masques pour le transfert des circuits aux lamelles de silicium; des styles de diamant pour diviser les lamelles en circuits séparés; un outillage pour le montage des fragments de lamelles; des colleuses à bille, à cale et ultrasons pour fixer les contacts et relier les conducteurs aux circuits.

Ces machines complètent le choix déjà existant de matériel construit par la société, pour la fabrication de semi-conducteurs, ce matériel comprend des soudeuses à projection de précision pour le soudage des microcircuits et des capsules, ainsi que des boîtes sèches et des fours à vide.

NETTOYAGE PAR ULTRA-SONS : UNE GAMME D'APPAREILS ALCATEL

Les laboratoires d'ALCATEL viennent de développer une gamme d'appareils de nettoyage par ultra-sons, capables de couvrir tous les besoins depuis la cuve de 1 litre à l'installation de plusieurs centaines de litres mise en service à l'usine de séparation isotopique de Pierrelatte pour le nettoyage des pièces de grandes dimensions de compresseurs.



Les techniques ultra-sonores ne sont pas une nouveauté pour Alcatel qui, outre son activité dans le domaine de la détection sous-marine, fabrique depuis plusieurs années des céramiques piézo-électriques, des transducteurs de nettoyage et de soudage, des appareils de contrôle non destructif par ultra-sons. Quant au nettoyage ultra-sonore lui-même, les appareils présentés ne sont que l'aboutissement d'une longue lignée d'appareils et d'installations, rodés dans les laboratoires et usines d'Alcatel et de ses filiales.

Les générateurs à *haut rendement* sont entièrement transistorisés au silicium. L'accord sur la fréquence de réso-

nance des vibreurs est automatique. Ils sont munis de dispositifs de sécurité qui les protègent contre tout régime de fonctionnement accidentel à vide ou en surcharge.

Les transducteurs associés sont de fabrication standard Alcatel, ils fonctionnent à 20 et à 60 kHz.

Caractéristiques	Type du générateur		
	60-50	20-100	20-1000
Fréquence de travail ...	60 kHz	20 kHz	20 kHz
Puissance moyenne	50 W	100 W	1 kW
Puissance de crête	100 W	150 W	2 kW
Capacité de la cuve ...	1 l	1 l	50 à 60 l

Le générateur du type 20-1000 est prévu pour la réalisation d'installations importantes. Sa charge normale est constituée de 10 vibreurs Alcatel N20 branchés en parallèle et montés sur une cuve.

Plusieurs générateurs de ce type peuvent être associés pour assurer l'alimentation de cuves de plus grande capacité.

TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE DE LA PAROLE ET DE L'IMAGE

A la foire de Hanovre 1967, SIEMENS a présenté son nouveau téléphone-téléviseur.

Le nouvel appareil « téléphono-viseur » présenté par SIEMENS apporte un élément dans les discussions faites à propos du téléphone de l'avenir. Cet appareil permet déjà de recueillir d'intéressantes expériences dans le cadre d'une exploitation en circuit fermé.



Il y a déjà longtemps qu'on désire voir le correspondant auquel on téléphone et de nombreux essais pratiques ont déjà été réalisés. Mais la prise de vues, la transmission et la

reproduction de l'image demandaient un équipement trop complexe pour qu'on puisse, dans le passé, penser à une exploitation sur une grande échelle.

Pour la réalisation de leur nouveau système, les ingénieurs de SIEMENS ont utilisé les tubes de prise de vue et de projection habituels, mais ils ont consciemment renoncé au procédé d'analyse normal, jugé trop complexe. La réduction de l'image reçue à un format de 8,5 sur 11,5 cm a permis de se contenter de 225 lignes, sans entraîner la réduction de la qualité. La bande de fréquence nécessaire à la transmission a pu être limitée à 400 kHz, si bien que des câbles téléphoniques normaux permettent de réunir des correspondants jusqu'à 3 km de distance. Les centraux téléphoniques modernes peuvent, sans difficulté, recevoir les dispositifs de commutation nécessaires, ainsi qu'on a pu le voir à Hanovre.

Le correspondant émetteur est placé à environ 1 mètre de l'appareil émetteur et un miroir inverseur, incorporé dans l'appareil du correspondant permet à celui-ci de ne voir que l'image, sans être vu lui-même, lorsqu'il se trouve dans le champ visuel de son propre appareil. Pour la réalisation matérielle, il a été jugé préférable de séparer l'appareil téléviseur de l'appareil téléphonique. L'utilisateur a ainsi la possibilité de combiner l'appareil téléviseur avec n'importe quel type d'appareil téléphonique convenable.

UN POSTE DE RADIO A BANDE LATÉRALE UNIQUE DONNE HUIT CANAUX DE COMMUNICATION

Un système de radio à bande latérale unique construit par la firme britannique LABGEAR Ltd., Cromwell Road, Cambridge, procure huit canaux de communication qui ne peuvent être mis en écoute que par d'autres appareils à bande latérale unique ayant des cristaux à fréquence de spot identiques.

On règle d'avance pour le client quatre canaux de fréquence principaux. Par suite des propriétés de la bande latérale unique, on dispose alors de huit canaux en se servant de la partie inférieure ou de la partie supérieure de la bande.

Un modèle portatif permet d'obtenir des portées de 2 400 km du fait de l'absence de distorsion de la bande latérale unique et le poste peut fonctionner sur de grandes distances même à faible puissance.

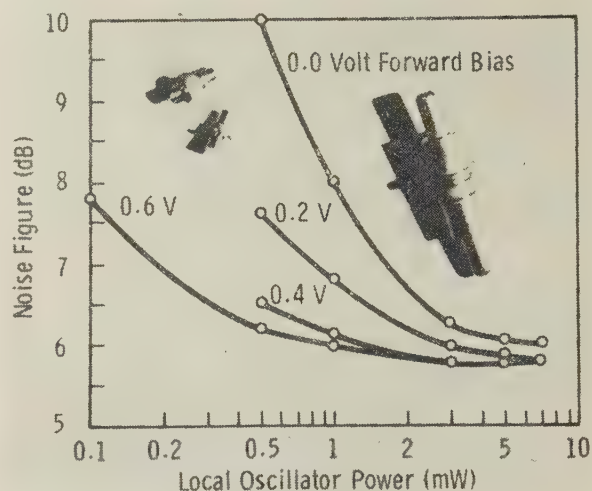
Les organes de commande sont simples, des opérateurs relativement peu expérimentés peuvent donc utiliser les postes. On choisit les fréquences simplement en manœuvrant un commutateur. L'appareil portatif comporte une antenne accordable à la main. Il existe un modèle déplaçable avec

une antenne automatique à moteur qu'on peut accorder à distance.

Le poste portatif a une échelle de fréquences de 2 à 11 MHz ; l'échelle de fréquences du poste déplaçable va de 2 à 15 MHz. Un modèle de récepteur à bande latérale unique a même une échelle de fréquences allant de 2 à 20 MHz.

DIODE A EFFET SCHOTTKY A TRÈS BAS FACTEUR DE BRUIT

Une diode mélangeuse à effet Schottky à l'arséniure de gallium, TIXV 08 à 19, avec un facteur de bruit de 6,0 dB à 9,375 GHz, vient d'être présentée par TEXAS INSTRUMENTS.



C'est, dit le constructeur, le premier semiconducteur fonctionnant dans la gamme 8,2 - 12,5 GHz qui ait un tel facteur de bruit. Le courant direct maximal est de 100 mA, la capacité typique du boîtier varie de 0,18 à 0,55 pF, suivant le type du boîtier. Avec une puissance en oscillateur local de 4 à 7 mW, le facteur de bruit total, y compris les 1,5 dB de l'amplificateur IF, est de 6 dB. Il est possible de réduire la consommation de 1 à 2 mW par polarisation directe avec une faible incidence sur le facteur de bruit.

La série TIXV 08 à 19 est principalement conçue pour l'étage mélangeur dans les radars, les télécommunications et la télémétrie.

COMMUNIQUÉS

LA JOURNÉE DE L'ÉLECTRONIQUE 30 mai 1967

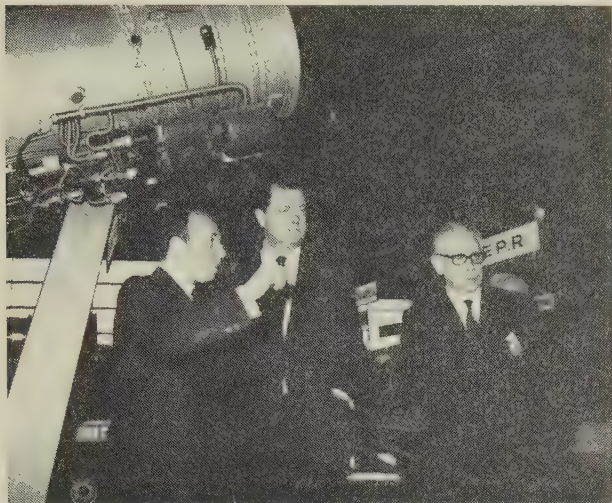
AU SALON DU BOURGET

Au XXVII^e Salon de l'Aéronautique et de l'Espace, la Journée du 30 mai était consacrée à l'Électronique et placée sous le Haut Patronage du Ministre de l'Industrie, Monsieur Olivier Guichard. Accueilli par Monsieur Dontot, Président de la F.N.I.E. et par Monsieur Bigard, Président du S.P.E.R., Monsieur Blum, Président de l'U.S.I.A.S. et Monsieur Maillet, Commissaire Général du Salon, le Ministre a longuement parcouru les stands des 54 exposants de l'Industrie Electronique, et s'est intéressé aux réalisations présentées, ainsi qu'aux travaux des laboratoires. Il s'est entretenu avec les Présidents des principales Sociétés, avant de visiter les installations du C.N.E.S. dans lesquelles les

matériels électroniques trouvent une large place, comme dans le stand des Armées et l'exposition statique d'avions et engins.

Au cours de la même matinée, la Fédération Nationale des Industries Electroniques réunissait quelque 400 invités, représentant les grandes Administrations tant militaires que civiles. Un lunch était offert à l'issue de la visite des stands, qui permet, dans une ambiance détendue, de resserrer les liens qui unissent désormais les Chercheurs et Techniciens de l'Industrie à ceux des Administrations et des Universités.

A 13 heures, Monsieur le Président Bigard tenait une Conférence de Presse, en présence de Monsieur Dontot, au cours de laquelle il devait rappeler toute l'importance des liens unissant les industries Electroniques et Aéronautiques. Il a notamment indiqué :



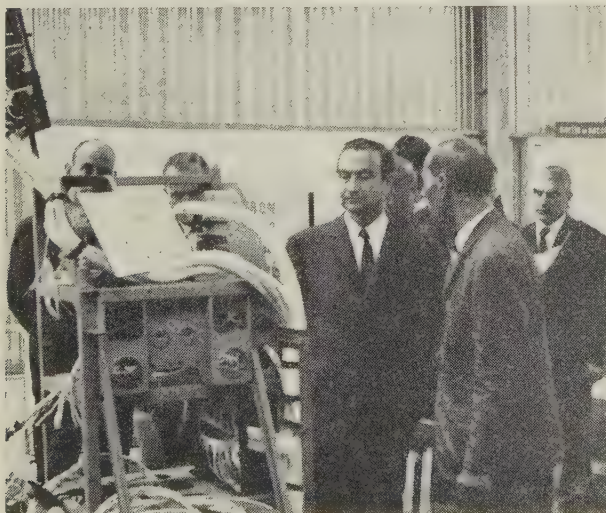
Visite du Ministre de l'Industrie, Monsieur Olivier GUICHARD.

« L'Industrie Electronique française a réalisé en 1966 un chiffre d'affaires de 8 600 millions de francs, en progression de 10 % sur l'année précédente. Les exportations, avec 2 130 millions interviennent dans cette activité pour 30 % (par rapport au chiffre d'affaires hors taxes). Les effectifs sont restés stables autour de 130 000 personnes. Ces chiffres ne tiennent pas compte de la commutation et de l'électronique médicale.

« Le secteur des Matériels Professionnels, si l'on ajoute aux ensembles d'équipement (y compris l'informatique) les composants professionnels, représente avec un peu plus de 5 000 millions, 60 % environ de l'activité de notre industrie.

« La participation de l'Electronique française au Salon du Bourget double chaque année ses surfaces et son rayonnement. Cette année, 54 exposants (38 en 1963) appartenant à la Fédération Nationale des Industries Electroniques occupent quelque 3 000 m² pour la présentation de leurs matériels contre 680 m² en 1963. La Fédération elle-même anime un stand d'orientation et de renseignement.

« Cette progression concrétise la contribution toujours croissante de l'Electronique à l'Aéronautique, de même d'ailleurs que l'influence de la recherche aéronautique et spatiale sur le développement de l'Industrie Electronique. Ces deux Industries sont maintenant inséparables et, dans toute l'histoire des techniques, il y a peu d'exemples d'association plus fructueuse que celle de ces deux Industries. Leur développement parallèle, leur nécessaire solidarité devant le problème global de l'Espace, imposent plus que jamais un



Visite du Délégué Ministériel pour l'Armement : le Général d'Armée Aérienne FOURQUET, sous la conduite de M. Jean BIGARD, Président du Syndicat des Industries de Matériel Professionnel Radioélectrique et Electronique (S.P.E.R.)

continuel et persévérant travail en commun et expliquent l'existence d'un Bureau Inter-syndical réunissant la F.N.I.E. et l'U.S.I.A.S.

« On soulignera à cette occasion que dans les matériels professionnels d'équipement électronique, les fabrications pour l'Aéronautique et l'Espace représentent environ le tiers de l'activité de ce secteur.

« Sans qu'il soit possible d'établir une statistique exacte, on peut estimer à quelque 1 200 millions de francs le montant des fabrications effectuées pour l'Aéronautique et l'Espace par les Constructeurs d'Electronique (Equipement et Composants — matériels d'informatique non compris). Les exportations représentent environ 250 millions, soit le 1/4 du chiffre d'affaires hors taxes.

« Les passagers d'un long courrier ne se doutent pas qu'un imperceptible réseau les prend en charge totalement et les guide aussi sûrement, aussi rigidement qu'un train sur ses rails.

« L'Electronique a aussi apporté son plein concours aux succès remportés la saison dernière par le Centre National d'Etudes Spatiales, succès qui ont donné à la France le rang de troisième puissance spatiale ; dans ce domaine, d'une sévérité et d'une rigueur totales, notre Industrie a démontré qu'elle avait acquis d'ores et déjà la qualité spatiale. Dans la grande révolution qui se prépare, l'Electronique Française est prête à tenir un rôle qu'elle sait fondamental ».

De son côté, Monsieur Dontot, après avoir répondu aux questions des Journalistes devait confirmer :

« L'Electronique attend et reçoit beaucoup du développement d'un programme spatial. La qualité spatiale est un remarquable stimulant pour l'Industrie Electronique et les résultats acquis retombent en pluie bienfaisante sur tous les matériels, y compris les appareils les plus courants, mis à la disposition du public. C'est grâce aux exigences imposées par les progrès de l'Aéronautique et la conquête de l'Espace qu'ont été mis au point les composants d'une haute valeur technique dont les performances sont chaque jour plus « pointues » et dont la « fiabilité » s'accroît sans cesse. Puis, la fiabilité des systèmes électroniques tout entiers a été en cause pour permettre des durées de vie de plusieurs années, dans les conditions de marche difficile des satellites tournant sur orbite. C'est là qu'est la mesure de la qualité exigée et atteinte de l'électronique de bord, et le point de la recherche mise en œuvre non seulement en électronique, mais également dans le domaine de la physique des solides, de la cristallographie, des plasmas, etc.

Pour faire face à ces impératifs, pour poursuivre ces recherches très poussées sur le choix des matériaux, leur pureté, leur agencement et leurs dimensions, l'Industrie Electronique a dû mettre en œuvre des Centres de Recherches considérables.

Au début de 1965, ces Centres comptaient 4 800 Ingénieurs de Haute Technique ajoutés aux 3 300 de l'Aéronautique, c'est-à-dire plus de 8 000, soit 43 % du total des chercheurs de la France. Et les dépenses en 1965, pour ces deux secteurs, représentent, avec 2 200 millions de francs, près de la moitié de l'ensemble de l'effort de recherche de notre Industrie nationale ».

La parfaite compétitivité des matériels français par rapport aux matériels étrangers a été explicitement confirmée. Il n'existe pas d'écart technologique dans le domaine des matériels professionnels. L'importance des quantités fabriquées seule est variable en raison des dimensions différentes des marchés nationaux. Au moment où la compétition internationale se fait particulièrement âpre, il est réconfortant de constater, en les comparant dans le cadre du Salon, que nos matériels n'ont rien à envier à ceux que présentent les autres Pays.

« FIRATO 67 »

Amsterdam, 21 septembre - 1^{er} octobre 1967

La Firato 67, 15^e exposition internationale de l'électronique, aura lieu du 21 septembre au 1^{er} octobre 1967 inclus, dans le Palais du RAI à Amsterdam, de 10 à 17 heures

et de 19 à 22 heures 30 : le dimanche de 10 à 17 heures seulement.

Plus de 140 exposants y donneront, sur une superficie de 27 000 m², une vue d'ensemble de tout ce qui se rapporte, tant aux Pays-Bas qu'à l'étranger, aux domaines de la radio, de la télévision, de l'enregistrement et de la reproduction du son et de l'image, ainsi qu'aux instruments de musique électroniques.

Parmi les nombreux stands, on trouvera des envois britanniques et français. Dans plusieurs salles du Centre des Congrès du RAI divers exposants organiseront des démonstrations d'appareillage HiFi et stéréo.

Cette exposition sera celle de l'introduction de la télévision en couleurs aux Pays-Bas. Dans le Hall Est sera aménagé un studio réservé à cette fin, où l'on pourra suivre régulièrement des démonstrations de télévision en couleurs. Dans ce studio, le public aura accès à un « train de reportage » de la télévision néerlandaise comportant deux cars de portage munis de l'appareillage pour émission en couleurs hors du studio permanent.

Le centre d'information éducatif dans le domaine de l'électronique, « l'Elektron », très connu en Hollande, aura son stand spécial dans le Hall Nord. C'est ici que les adolescents auront l'occasion de s'orienter sur le choix d'une profession. Dans plusieurs salles (« rue des Connaissances ») on élucidera la théorie, tandis que la pratique en sera faite dans le « Jardin des Applications ». Cette manifestation a pu être réalisée grâce à la coopération et aux envois des autorités militaires néerlandaises (marine, armée de terre et de l'air), ainsi que par plusieurs grandes entreprises. La participation du Ministère de l'Instruction Publique et des Sciences souligne l'intérêt de ce centre d'information.

Une des attractions de la Firato 67 sera le fonctionnement d'un émetteur de radio FM-stéréo ; plusieurs stands organiseront également des démonstrations d'appareils d'enregistrement HiFi, stéréo et vidéo.

COLLOQUE : ÉLECTRONIQUE NUCLÉAIRE ET RADIOPROTECTION

Toulouse 5, au 8 mars 1968

Dans le cadre des Journées d'Électronique de Toulouse, un colloque sera consacré, du 5 au 8 mars 1968, à l'électronique nucléaire dans ses rapports avec la radioprotection.

On trouvera ci-dessous le *programme scientifique* provisoire de ce colloque :

● 1^{re} partie : Les détecteurs (spectromètres et dosimètres) et leurs circuits associés.

1 - Détecteurs électroniques basés sur l'ionisation (chambres d'ionisation, jonctions PN, compteurs, détecteurs à étincelles, etc.).

2 - Détecteurs électroniques basés sur l'excitation (scintillateurs, effet Cerenkov, etc.).

3 - Spectrométrie et dosimétrie des rayons γ , des neutrons et des particules de haute énergie.

4 - Dosimètres à milieu équivalent au tissu biologique.

5 - Circuits associés ; systèmes portables ; dispositifs électroniques de lecture des doses intégrées obtenus par les dosimètres physiques (émulsions, verres radiophotoluminescents, cristaux thermoluminescents, ionographie, etc.).

6 - Problèmes d'étalonnages des détecteurs et des dosimètres.

● 2^e partie : Les dispositifs de mesure de la radioactivité ambiante.

1 - Mesure de la radioactivité naturelle et de la radioactivité artificielle de l'air.

2 - Mesure des caractéristiques des aérosols atmosphériques.

3 - Systèmes de mesure à bas bruit de fond.

SALON DES COMPOSANTS ET COLLOQUE SFER 1968

Le prochain *Salon International des Composants Electroniques* se tiendra à Paris du 1^{er} au 6 avril 1968 dans le Parc des Expositions de la Porte de Versailles, comme le Salon de 1967.

La date du Salon reste donc pour 1968 fixée au mois d'avril. On notera, cependant, que cette manifestation, rompant avec ses habitudes antérieures, ouvrira un lundi pour se terminer le samedi soir de la même semaine, donc pas de dimanche dans la durée du Salon.

Autre modification qu'il importe de noter :

Le *Colloque International* qui vient traditionnellement compléter le Salon des Composants aura lieu en 1968 aux mêmes dates que le Salon, du 1^{er} au 5 avril.

Il s'agit d'un *Colloque portant sur la Télévision en couleurs, aspects scientifiques et techniques* ; il se tiendra dans le Bâtiment des Conférences de la Maison de l'UNESCO, sous le double patronage de la Fédération Nationale des Industries Electroniques (F.N.I.E.) et de la Société Française des Electroniciens et Radioélectriciens (S.F.E.R.). L'Union des Associations Techniques Internationales (U.A.-T.I.) participe, comme précédemment, à l'organisation du Colloque.

RÉALISATIONS TECHNIQUES

LA 1^{re} CHAÎNE INDUSTRIELLE FRANÇAISE POUR LA FABRICATION DES TUBES-IMAGES POUR RÉCEPTEURS DE TÉLÉVISION EN COULEURS

L'usine de Dreux de LA RADIOTECHNIQUE-COPRIM- R.T.C. est spécialisée dans la fabrication des tubes à rayons cathodiques. Depuis 1956, année de sa mise en service, elle a produit 6 millions de tubes-images pour récepteurs de télévision en noir et blanc, se plaçant ainsi au premier rang de la production française en ce domaine.

A la suite d'études entreprises dès 1963, une chaîne pilote de fabrication de tubes-images pour récepteurs de télévision en couleurs y a été mise en place. A la fin de l'année dernière, dans la nuit du 31 décembre 1966 au 1^{er} janvier, le premier tube « bon » issu de cette chaîne sortait en production. Les premières livraisons à la clientèle étaient effectuées dès le mois de mars 1967.

La chaîne pilote a été remplacée depuis lors par une chaîne industrielle de production en série des tubes-images couleurs que la Presse Technique a pu voir en fonctionnement le 15 juin : d'ici à la fin de l'année, cette chaîne aura produit plusieurs dizaines de milliers de tubes ; à la fin de 1967, sa capacité de production sera de 100 000 tubes par an ; en 1968, sa production dépassera ce chiffre.

Nous donnons dans la partie « Correspondance » de ce numéro de *L'Onde Electrique* des renseignements sur la fabrication de ces tubes.

L'usine R.T.C. de Dreux emploie actuellement 660 personnes, la moitié de ses 18 500 mètres carrés de surface de planchers est en cours d'affectation aux laboratoires, ateliers et services de fabrication des tubes-images couleurs.

Enfin, on sait qu'un très important pourcentage de la production de cette usine est, en ce qui concerne le noir et blanc, destiné à l'exportation. Il en sera de même de la production des tubes-images couleurs, ce qui confirmera la vocation exportatrice du centre industriel de Dreux ; à ce jour, plusieurs centaines de ces tubes ont été livrés en U.R.S.S.

NOUVEAU FAISCEAU HERTZIEN CSF-SAT 1 800 VOIES ENTRE PARIS ET BORDEAUX

L'administration des Postes et Télécommunications vient de conclure avec la CSF (Compagnie générale de télégraphie Sans Fil) et la SAT (Société Anonyme de Télécommunica-

tions) un marché de fourniture et d'installation d'un faisceau hertzien entre Paris, Poitiers et Bordeaux.

Cette liaison, la première de ce genre en France, permettra de transmettre simultanément 1 800 communications téléphoniques. Elle facilitera le trafic téléphonique entre la région parisienne et celles du Poitou et de l'Aquitaine.

Le matériel, du type SH 6 - 1 800 dont la capacité peut être portée à 10 800 voies par adjonction d'équipements complémentaires, est entièrement transistorisé sauf, bien entendu, le tube à onde progressive. Il a été étudié conjointement par la CSF et la SAT sous la haute direction du C.N.E.T. et fonctionne en modulation de fréquence dans la bande des 6 GHz.

Ce même matériel permet, au lieu des 1 800 communications téléphoniques, de transmettre un programme complet de télévision en noir ou en couleurs avec l'image et jusqu'à 4 voies « son ».

Ainsi se voit maintenue la confiance que l'administration française des Postes et Télécommunications, comme celle de nombreux pays étrangers, accorde à la technique CSF. Dans le domaine des faisceaux hertziens multicanaux, la CSF est, depuis l'origine, c'est-à-dire depuis plus de vingt ans, l'un des leaders de cette technique. En effet, outre la presque totalité du réseau français des Postes et Télécommunications, elle a réalisé dans une trentaine de pays et continue d'implanter dans le monde, des réseaux hertziens de tous types, dont la capacité totale se compte par dizaines de millions de kilomètres de « voies téléphoniques ».

250 CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES PRIVÉS MAROCAINS UTILISENT LE « PENTACONTA »

250 centraux privés ont été installés au Maroc par la Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques (CGCT) depuis la création du système de téléphonie automatique Crossbar « PENTACONTA ».

L'ensemble de ces équipements représente 12 780 lignes téléphoniques réparties de la façon suivante :

- 115 centraux de 4 850 lignes dans le centre de Casa-blanca (Casa-Ville, El Palida, Mohamedia),
- 92 centraux de 5 970 lignes dans le centre de Rabat (Fez, Rabat, Meknès, Al Hoceima, Nador, Restinga, Larache, Oujda),
- 44 centraux de 1 960 lignes dans le centre de M'Keck (Beni Mellal, Agadir, Sofi, Mogador).

De plus, CGCT a réalisé les installations de 50 hôtels marocains, des rives de la Méditerranée aux confins de l'Atlas et du Sahara.

CGCT, qui a mis récemment en service le central de Salé, a livré sept centraux publics « PENTACONTA », représentant 19 100 lignes, au Ministère des PTT du Royaume du Maroc.

LA SERI, LES SOCIÉTÉS DUCELLIER, BENDIX ET JAEGER INSTALLENT EN ROUMANIE UNE USINE D'APPAREILS ÉLECTRIQUES AUTOMOBILES

La SERI Renault-Engineering, et les Sociétés DUCELLIER, BENDIX et JAEGER ont signé à Bucarest avec INDUSTRIALIMPORT, Entreprise d'Etat pour le Commerce Extérieur, un contrat qui marque un nouveau pas sur le chemin de la collaboration technique et industrielle entre la France et la Roumanie.

Ce contrat porte sur l'équipement d'une usine de 20 000 m² environ, destinée à la fabrication d'appareils électriques automobiles pour camions et tracteurs. Cette usine sera implantée à Sacele près de la ville de Brasov. La production envisagée est de 100 000 jeux d'appareils par an comprenant des démarreurs, alternateurs, régulateurs, distributeurs, bobines instruments de bord et flexibles, construits sous licence DUCELLIER, BENDIX et JAEGER.

L'intervention du groupe français porte essentiellement sur les études d'installations, des fournitures d'équipement, et l'assistance technique jusqu'au démarrage des fabrications inclusivement.

COOPÉRATION TECHNIQUE FRANCO-POLONAISE DANS LE DOMAINE DU VIDE

Un important accord franco-polonais vient d'être conclu dans le domaine du vide, il assure à la SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DU VIDE, filiale de la Compagnie Française THOMSON HOUSTON - HOTCHKISS BRANDT, l'exclusivité de la production et de la vente du manomètre à ultra-vide récemment mis au point par le Professeur J. Groszkowski, Président de l'Académie des Sciences de Pologne.

Ce manomètre, qui a fait l'objet de plusieurs brevets, rend désormais possible la mesure aisée des basses pressions jusqu'à des valeurs atteignant 10⁻¹³ mm de mercure. Sa mise au point marque un progrès décisif dans la métrologie des très basses pressions.

Cet accord témoigne des possibilités offertes par la coopération scientifique et technique franco-polonaise, en particulier dans des domaines de pointe.

ACCORD DE RECHERCHES CGE-SIEMENS

Par suite d'un accord récent, les laboratoires de recherches de la CGE et de SIEMENS vont désormais collaborer dans deux domaines appelés prochainement à un grand avenir : les cellules ou piles à combustibles et les supraconducteurs.

DIVERGENCE DE CÉLESTIN 1 A MARCOULE

En collaboration avec la Société ALSTHOM, ALCATEL (Société Alsacienne de Constructions Atomiques, de Télécommunications et d'Electronique) a réalisé l'Installation électrique générale du réacteur CÉLESTIN 1 qui a divergé le 14 mai 1967 au Centre Nucléaire de Marcoule.

L'Architecte Industriel, GAAA (Groupement Atomique Alsacienne Atlantique) ayant défini les principes généraux de fonctionnement du contrôle commande du réacteur, ALCATEL fut chargé de l'étude et de la réalisation des différents ensembles suivants :

- Barres de Contrôle et les asservissements,
- Mesures de puissance neutronique,
- Mesures du bloc pile,
- Détection de rupture de gaine,
- Salle de contrôle principale et salle de radioprotection.

Rappelons qu'ALCATEL avait déjà réalisé le contrôle commande des réacteurs ESSOR et RAPSODIE qui ont divergé dans les premiers mois de 1967.

CARNET DES SOCIÉTÉS

CRÉATION DE RTC-LA RADIOTECHNIQUE-COMPÉLEC

LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, d'une part, LA COMPAGNIE FRANÇAISE PHILIPS et LA RADIOTECHNIQUE, d'autre part, ont décidé de regrouper leurs activités dans un vaste secteur des composants électroniques : semiconducteurs, circuits intégrés, condensateurs, résistances, microélectronique en général.

Se trouveront ainsi réunies au sein d'une société commune, RTC-LA RADIOTECHNIQUE COMPÉLEC :

1°) Les activités du Groupe C.G.E. actuellement exercées par la Compagnie Générale des Composants Electroniques (COMPELEC),

2°) Les activités composants électroniques de la Compagnie Française PHILIPS et de LA RADIOTECHNIQUE actuellement exercées par « LA RADIOTECHNIQUE COPRIM ».

3°) Les activités des deux Groupes actuellement exercées par la Compagnie Générale des Condensateurs (COGECO) société dont la C.G.E. possède 60 % du capital, le solde étant détenu par la Compagnie Française PHILIPS et RADIOTECHNIQUE.

Au moment où les Pouvoirs Publics insistent sur le regroupement nécessaire de l'industrie française des composants électroniques, l'ensemble constitué par « RTC-LA RADIO-TECHNIQUE COMPELEC » avec ses 8 centres industriels, ses 7 000 personnes et un chiffre d'affaires d'environ 500 millions de francs, constituera en France une des plus importantes entreprises européennes dans ce domaine.

Cette Société qui disposera des importants laboratoires de ses divers centres industriels, bénéficiera de l'appui scientifique et technique du Centre de Recherches de la C.G.E. de Marcoussis, des Laboratoires d'Électronique et de Physique Appliquée (L.E.P.) et des Laboratoires de PHILIPS en Hollande.

La concertation au niveau des études menées dans cet ensemble de Laboratoires de recherches permettra une harmonisation et une coordination qui représenteront un atout majeur pour la technique française et la technique européenne dans un secteur où la concurrence internationale est particulièrement vive.

LE CENTRE INDUSTRIEL DE LA SOCIÉTÉ « HYPERELEC » A BRIVE-LA-GAILLARDE

La Société HYPERELEC a été créée le 1^{er} janvier 1963. Elle dispose à Brive-la-Gaillarde d'un centre de production construit l'année précédente sur un terrain de six hectares et demi et auquel est associé un Laboratoire d'Études et de Mesures Photoélectriques (L.E.M.P.) qui entretient des relations très étroites avec les Laboratoires d'Électronique et de Physique Appliquée (L.E.P.) de Limeil-Brevannes.

Le Centre industriel de Brive, dont les effectifs sont de l'ordre de 750 personnes, est spécialisé dans l'étude et la fabrication de deux grandes familles de produits destinés, soit aux Administrations de l'État (Défense Nationale, Énergie Atomique, Télécommunications, O.R.T.F.), soit à l'industrie privée :

- les antennes professionnelles,
- les tubes électroniques professionnels (tubes émetteurs conventionnels, tubes pour hyperfréquences, tubes pour



usages industriels, tubes à rayons cathodiques pour appareils de mesure, photomultiplicateurs).

L'activité de ce centre dans le domaine des tubes photomultiplicateurs est unique en Europe Occidentale. En particulier, le quart des photomultiplicateurs produits à Brive est exporté vers les États-Unis pour les besoins de l'industrie atomique et de l'industrie spatiale. Rappelons que c'est un photomultiplicateur fabriqué à Brive qui a permis de réaliser l'expérience de localisation d'un satellite à l'aide d'un rayon laser, expérience qui a eu lieu le 24 janvier 1965 à Saint-Michel-de-Provence.

Le centre industriel de Brive collabore étroitement avec différents établissements d'enseignement : il prend une part active à la marche de l'École de Maîtrise de la Corrèze et du Centre Associé du Conservatoire National des Arts

et Métiers ; un certain nombre de ses ingénieurs professent au Lycée Technique de Brive et, dans l'enseignement supérieur, à l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Toulouse.

RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES SUR LA FUSION LCC-CICE

Dans le monde, L.C.C.-STEAFIX a une position clef en matière de condensateurs céramique, puisque, outre des licences cédées aux U.S.A., en Inde, en Australie, en Allemagne, en Espagne, en Grande-Bretagne et en Italie, entre autres, un tiers de la fabrication est exporté vers les cinq continents. Le département Céramiques de C.I.C.E. ajoute à cette spécialité, des traversées étanches métallisées et des pièces de précision en alumine, mais surtout, complète la technologie Céramique par une grande maîtrise du verre fritté O : les « embases » C.I.C.E. équipent nombre de productions européennes de semiconducteurs et de relais.

C.I.C.E. est aussi le premier fabricant de thermistances : son domaine s'étend des téléviseurs et récepteurs à transistors à la thermométrie d'automobiles, à la régulation de fours, et bientôt aux applications spatiales. Les thermistances viennent s'ajouter aux composants passifs, aux côtés des résistances EURISTA, commercialisées par L.C.C.-STEAFIX et des condensateurs que produisent les usines de Dijon et de Seurre : condensateurs au tantale et à diélectrique mica ou film plastique.

Une mention particulière doit être faite à la micro-électronique, où la position prise par L.C.C.-STEAFIX dans le secteur des circuits hybrides, se confirme comme une excellente base de départ. Les réalisations présentées au Salon des Composants Electroniques n'ont rien à envier aux productions d'Outre-Atlantique, aussi bien par les techniques de base que par la qualité des composants rapportés : rien ne peut remplacer le savoir-faire du spécialiste en Composants et un simple examen à la loupe montre que les éléments adaptés, soudés par L.C.C.-STEAFIX sur ses circuits sont le fruit d'une collaboration étroite et permanente entre deux équipes, celle qui crée les éléments et celle qui les utilise. Le renforcement de la collaboration avec l'équipe de C.I.C.E. qui produit les substrats et les boîtiers de semiconducteurs « CERATAB » achèvera la symbiose totale, le rôle du substrat étant essentiel dans un circuit plan.

TRANSITRON ÉLECTRONIC

TRANSITRON ÉLECTRONIC a fêté la sortie des premiers composants semiconducteurs fabriqués dans son usine de Normandie : ces dispositifs avaient subi avec succès tous les tests de fiabilité les plus sévères.

Lors du cocktail qui a été offert à cette occasion, les perspectives d'avenir de la Société ont été envisagées, en particulier l'implantation d'une chaîne complète de fabrication de circuits intégrés T.T.L.

L'Usine de Saint-Marcel, près de Vernon, ouverte en janvier 67, poursuit son programme d'implantation, son effectif dépassera bientôt la centaine.

CONCOURS D'ADMISSION A L'ISEN ET A L'ISEP

Le concours d'entrée en première année (2^e cycle), commun aux établissements ci-dessus, ouvert aux jeunes gens et jeunes filles ayant suivi deux années d'enseignement supérieur, soit en Faculté, soit dans le cadre des classes de Mathématiques Supérieures et de Mathématiques Spéciales (A et B) aura lieu les 6, 7 et 8 septembre 1967 dans les centres de Lille et de Paris.

Renseignements et inscriptions :

— Secrétariat de l'ISEN, 3, rue François-Baës, 59-Lille. Tél. 57.23.77 et 57.65.88.

— Secrétariat de l'ISEP, 21, rue d'Assas, 75-Paris 6^e. Tél. 548.24.87.

Nouveauté à paraître incessamment :

Dans la collection technique et scientifique du Centre National d'Etudes des Télécommunications

MESURES SUR LES TRANSISTORS

PAR

H. ARCISZEWSKI

*B.Sc. (Eng.) Université de Londres, C.Eng., M.I.E.E., A.M.I.E.R.E.
Chef du Laboratoire Assistance Technique et Contrôle
de la Compagnie Générale des Composants Electroniques C.G.E. Compelec*

préface
de

J. ELDIN

*Ingénieur en Chef des Télécommunications
Directeur du Centre de Fiabilité du C.N.E.T.*

Un ouvrage de 700 pages 16×24,5 cm, relié pleine toile, 595 schémas, 711 courbes, 53 tableaux. Description d'environ 230 méthodes de mesure détaillées portant sur plus de 130 paramètres de transistors. Prix spécial de souscription valable avant parution 60 F.

EDITIONS CHIRON, 40, rue de Seine, PARIS VI^e, CCP PARIS 5335

« La mesure » est le seul guide dont dispose le technicien pour avancer dans la compréhension des phénomènes qu'il essaie de maîtriser.

Le but de cet ouvrage, qui traite des concepts fondamentaux des transistors, des paramètres qui les caractérisent, des besoins auxquels ces paramètres répondent, est surtout de décrire comment les mesurer et les utiliser de façon rationnelle.

Dans cet exposé, l'effort a porté tout particulièrement sur la possibilité de permettre aux techniciens ne disposant que d'un appareillage de base (voltmètre, générateur, etc...) d'effectuer les mesures les plus diverses. Il s'adresse à toute personne utilisant les transistors (ingénieurs, agents techniques, étudiants, dépanneurs).

On trouvera pour chaque type de paramètre :

- a) des analyses mathématiques,*
- b) des descriptions détaillées de montages, des considérations sur les variations possibles des paramètres en fonction des conditions différentes du fonctionnement et les précautions à prendre éventuellement.*

Ainsi, chaque utilisateur sera capable de réaliser des mesures en toute sécurité sans risquer de détruire partiellement ou totalement les transistors en essais.

Monsieur H. Arciszewski réussit à concilier l'originalité des méthodes d'exposition d'un sujet énorme, avec la clarté d'une logique pleinement assimilable, faisant ainsi un ouvrage d'une remarquable densité d'information où tout ce qui concerne les mesures est dit, depuis les indispensables théories de base jusqu'à l'étude détaillée de méthodes opératoires.

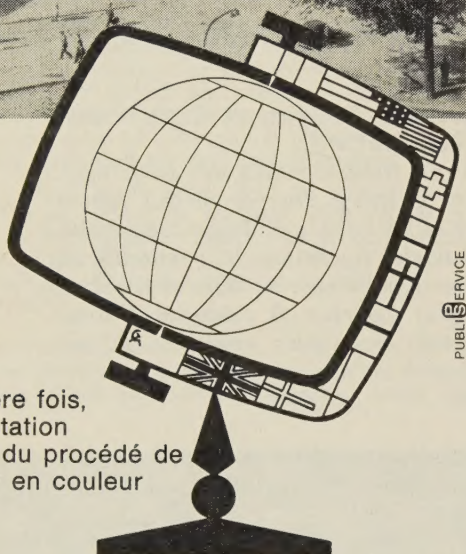
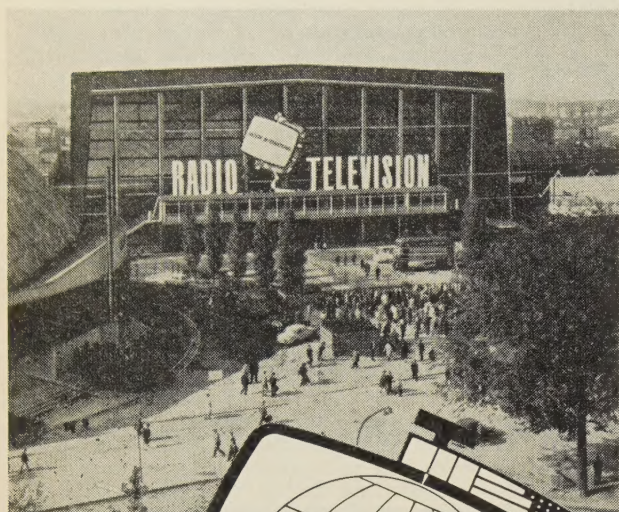
C'est ainsi un ouvrage de référence de grande valeur, aussi bien sur le plan national que sur le plan international, qui vient s'ajouter à la Collection Technique et Scientifique du C.N.E.T. Chacun pourra y trouver dans un langage à la fois clair et concret le rappel des principes physiques sous-tendant chaque mesure, les précautions à prendre, les montages employés, les variations que l'on peut attendre des paramètres mesurés en fonction de diverses conditions extérieures.

C'est aussi un ouvrage d'enseignement, dont l'intérêt didactique sera apprécié, nous n'en doutons pas, aussi bien par les étudiants que par les techniciens. Pour tout dire, un ouvrage indispensable à quiconque s'intéresse aux transistors.

Au moment où se développent de manière extraordinaire les échanges commerciaux à l'intérieur d'un même pays et entre les différents pays, il est particulièrement agréable de saluer la parution d'un livre de référence permettant aux techniciens de parler ce langage commun qu'est celui de la mesure. Monsieur Arciszewski, par son expérience professionnelle au sein de sa Société, par la part active qu'il a prise aux travaux des différentes instances de normalisation en France (SITELEC - CCT) et internationales (NATO, CEI) était particulièrement qualifié pour écrire ce livre.

EDITIONS CHIRON - 40, rue de Seine - PARIS-6^e

toutes les grandes marques
françaises et étrangères



et, pour
la première fois,
la présentation
publique du procédé de
télévision en couleur
SECAM

au

SALON INTERNATIONAL RADIO TÉLÉVISION ÉLECTROACOUSTIQUE

du 1^{er} au 10 septembre 1967
Paris (Porte de Versailles)

Un nombre record de visiteurs
y est attendu...

S.D.S.A. RELATIONS EXTERIEURES
16, RUE DE PRESLES
75 PARIS 15^e - TEL. 273.24.70



*Première revue française
consacrée aux sciences et
aux techniques de l'espace*

LA REVUE FRANÇAISE D'ASTRONAUTIQUE

Organe de la Société Française d'Astronautique

Fondateur : **Général BERGERON**

PARUTION BIMESTRIELLE

— Le numéro **6 F** —

Abonnements six numéros : **FRANCE 32 F**

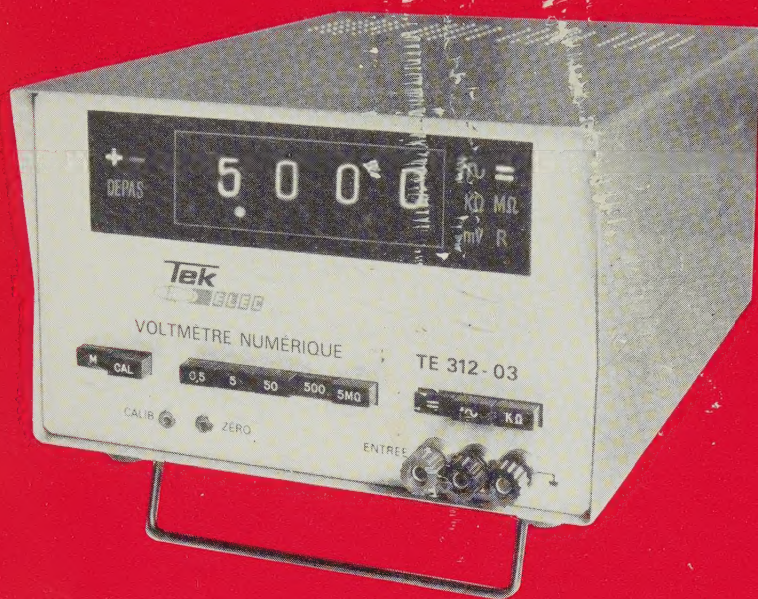
ÉTRANGER : 36 F

ÉDITIONS CHIRON

40, rue de Seine, **PARIS-6^e**

Téléphone **DAN. 47.56** • **C.C.P. Paris 53.35**

VOLTMETRES NUMERIQUES INTEGRATEURS TE 312



3 MODELES : UNE MEME PRESENTATION

MODELES	TE 312-01	TE 312-02	TE 312-03
TYPES	- CONTINU	- CONTINU - ALTERNATIF	- CONTINU - ALTERNATIF - OHMMETRE

- PRECISION : $\pm 5 \cdot 10^{-4}$
- RESOLUTION : 100 μ V
- IMPEDANCE D'ENTREE : 1000 M Ω
- PRIX INDUSTRIEL



TEK ELEC • AIR TRONIC

USINE ET SERVICES COMMERCIAUX Cité des Bruyères - Rue Carle Vernet 92-SÈVRES

Téléph. : 626-02-35 (10 lignes groupées)
626-24-38 (6 lignes groupées)

Belgique : Technique et Produits - 16 rue Marcel - Bruxelles 1 - tel: (02) 18.76.74 • Allemagne: Tek Elec - Air Tronic - Gesellschaft gmbh
Alte Post strasse 5 - 7 Stuttgart - tel: 22.53.15 •

47TP Éditions T. et P.

LES OSCILLATEURS R-C SYNCHRONISABLES

**Peuvent être asservis
en phase sur un
signal extérieur**

Une fois synchronisé l'oscillateur possède la stabilité à long terme du signal injecté et se comporte comme un amplificateur très sélectif, dont le niveau de sortie est indépendant des variations d'amplitude du signal de synchronisation.

◆ Fournissent aussi un signal sinusoïdal de synchronisation dont l'amplitude est indépendante des réglages du niveau de sortie du signal principal.

 Permettent des applications plus nombreuses que les oscillateurs R-C de conception traditionnelle :

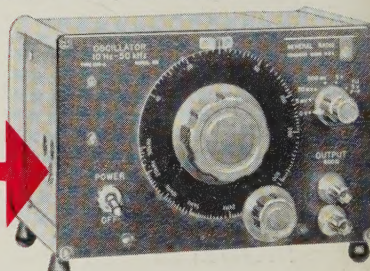
- Filtre suiveur à bande étroite pour réduire les bruits, les modulations parasites et les distorsions d'un signal.
- Source de fréquences modulées en amplitude.
- Oscillateur asservi permettant de réduire les instabilités à court terme du signal de synchronisation.
- Amplificateur accordé à niveau de sortie constant.
- Multiplicateur de fréquence asservi en phase.
- Réseau déphaseur réglable.
- Amplificateur à bande étroite utilisé en étage d'isolement.
- Filtre éliminateur de modulation d'amplitude...



Fréquences 2 Hz - 2 MHz
Stabilité de fréquence 0,001 %
Stabilité d'amplitude 0,02 %
Niveau 20 Volts f.e.m. 600 Ω
Distorsion $< 0,25$ % même sur C.C.



Fréquences 10 Hz - 100 KHz
DISTORSION < 0,05 %
 Bruit < 50 μ V
 Atténuateur étalonné 60 db
 Niveau 5 volts f.e.m. 600 Ω
 Délivre également des signaux carrés
 40 ns de temps de montée.



Fréquences 10 Hz - 50 KHz
EN UNE SEULE GAMME
 Distorsion < 0,5 %
 Bruit < 0,05 %
 Atténuateur étalonné 60 db
 Niveau 5 Volts f.e.m. 600 Ω
 Délivre également des signaux carrés
 40 ns de temps de montée.



11 Fréquences fixes : 50, 60, 120, 200, 400, 500, 1 000, 2 000, 5 000, 10 000 Hz. Vernier de fréquence régle sur $\pm 2\%$.
Puissance de sortie : 1 W par transformateur isolé de la masse, Tension réglable de 0 à 100 Volts en circuit ouvert.
 Courants réglables de 0 à 4 ampères en court-circuit.
 Distorsion inférieure à 0,1 %.

RENSEIGNEMENTS ET DEMONSTRATION

☎ 553 32-50



ETS RADIOPHON

148, AV. DE MALAKOFF - PARIS 16° • TELEX 25849 RDIOPHON-PARIS
SUD-EST : 78, MONTÉE DES SOLDATS - CALUIRE (RHONE) • TÉL (16.78) 29.50.12
AUX U.S.A. : RADIOPHON CORP. - 509, MADISON AVENUE - NEW-YORK