

l'onde électrique

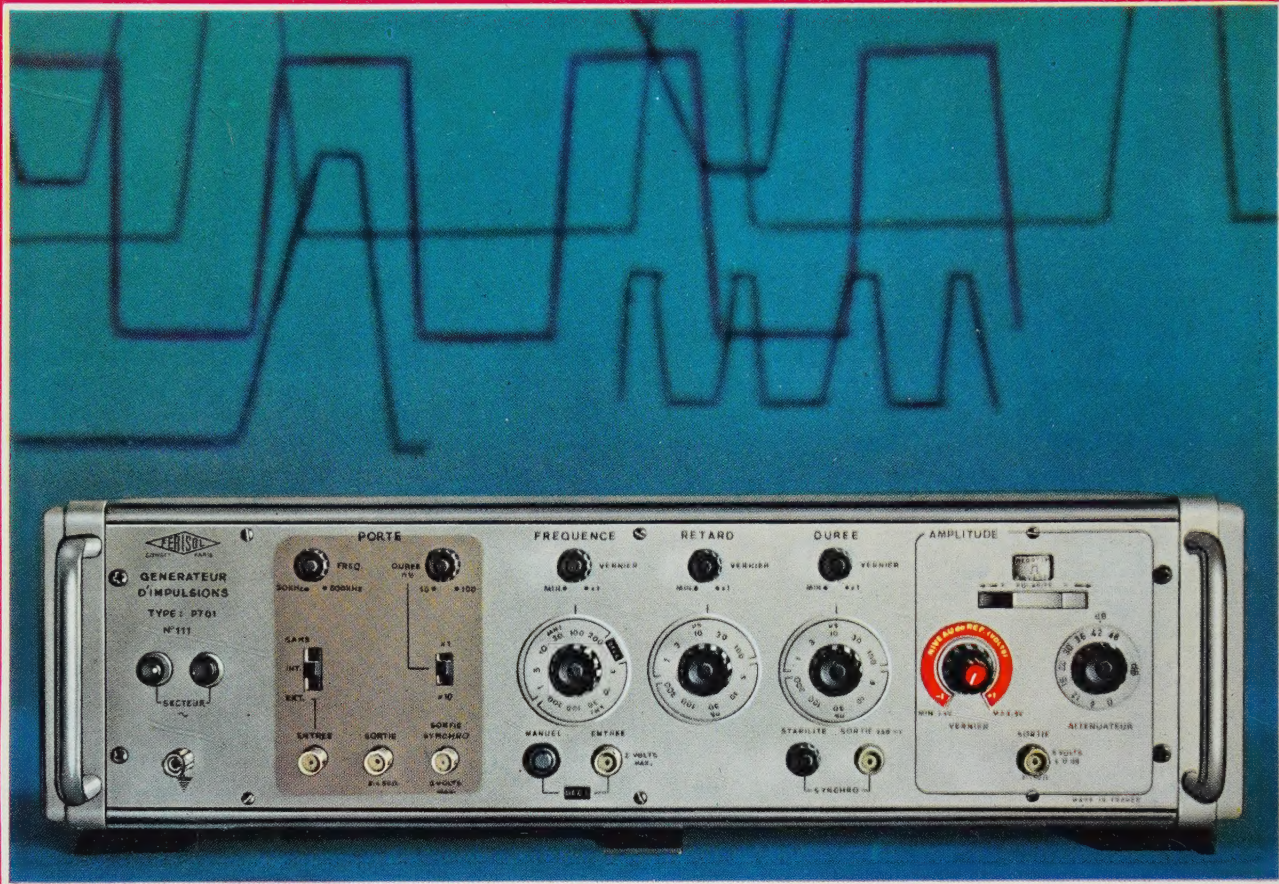
revue mensuelle
de la
Société française
des électroniciens
et des radioélectriciens



générateur d'impulsions rapides... plage de fréquence 1 kHz à 200 MHz

type : P 701

temps de montée et de descente
1,2 ns $\pm$ 0,2 ns



*Traitement de
l'information
à grande rapidité*

*Systèmes
de transmission
de données*

*Techniques radar,
télévision, etc...*

*Recherche
nucléaire*

*Comptage d'impulsions
et de particules*

Paramètres des impulsions réglables

Largeur : 2 ns à 100 μ s - Amplitude : 2,5 V à 5 V/50 Ω - Niveau de référence : ajustable de ± 1 V autour de la ligne de base - Polarité : + ou -, en direct ou en inverse - Retard : réglable de 2 ns à 100 μ s par rapport à une impulsion de synchronisation.

Porte électronique avec oscillateur incorporé

Récurrance : 50 kHz à 500 kHz - Ouverture : 10 ns à 1000 ns.

Dispositifs particuliers

Sorties : "synchro-porte" et "enveloppe-porte" - Entrées : "porte extérieure" et "synchro-extérieure" - Commande monocoup.

DOCUMENTATION FRANCO SUR DEMANDE

Ets GEFROY & Cie

S.A. CAP. 9.300.000 F



18, AVENUE PAUL VAILLANT COUTURIER - 78 TRAPPES - TÉL. 462.88.88
TÉLEX : 25705 - CABLE : FERITRAPPE (FRANCE)
DÉLÉGATION RÉGIONALE : 151, CHEMIN NICOL - 31 TOULOUSE - TÉL. (61) 48.72.07

COLLOQUE INTERNATIONAL

SUR LA TÉLÉVISION EN COULEUR *

EXPOSÉ DE SYNTHÈSE

Les bases physiologiques de la télévision en couleur

Yves LE GRAND

*Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)
Vice-Président de la Commission Internationale de l'Éclairage*

C'est un grand plaisir et un honneur pour moi que de parler devant un auditoire de techniciens aussi éminents, d'un problème qui m'est cher : celui de la vision des couleurs et des théories actuelles qui en expliquent les modalités.

1. Nature de l'information colorée

La couleur n'est pas un luxe inutile ; certes elle a chez les animaux une valeur d'attrait esthétique (plumage des oiseaux, poissons, insectes, etc.), mais elle ajoute une information ; laquelle ?

Les sens peuvent être classés en deux groupes selon qu'ils nous renseignent sur le monde extérieur par un contact direct (mécanique et thermique par le toucher, chimique par le goût et l'odorat, ce dernier sens étant déjà un avertissement à distance) ou par une analyse d'une forme d'énergie transmise à distance (l'audition par les ondes élastiques, la vision par certaines radiations). Limitons-nous au second groupe. L'audition et la vision sont complémentaires comme principe : l'audition assure une analyse spectrale excellente au dépens d'une très mauvaise localisation ; au contraire la vision est le sens spatial par excellence mais n'assure qu'une discrimination spectrale rudimentaire (remarquer à ce propos qu'en optique, la notion de spectre de fré-

quences spatiales est une notion courante maintenant, permettant une analyse bien meilleure des possibilités de résolution que l'ancienne imagerie avec ses « aberrations ») ; en gros, l'oreille analyse les fréquences temporelles et l'œil les fréquences spatiales.

Pourquoi la Nature n'a-t-elle pas rassemblé ces deux analyses dans un seul sens ? C'est une impossibilité anatomique. Rappelons que, dans l'œil, la rétine qui est la surface réceptrice, ne contient qu'environ 7 millions de cellules sensibles à la lumière, les cônes (nous ignorons ici la vision nocturne, dont le mécanisme tout autre fait intervenir plus de 100 millions d'autres cellules, les bâtonnets, mais ils n'interviennent pas dans la couleur : la nuit tous les chats sont gris). Si on demande une résolution angulaire de une minute, ce qui est médiocre (l'œil fait mieux), un calcul immédiat montre qu'il faut 3 600 cônes au degré carré et les 7 millions de cônes seront déjà insuffisants pour analyser 2 000 degrés carrés, soit un champ de 45° qui serait dangereusement étroit pour apprécier les dangers venant latéralement (le champ visuel total de l'homme est de l'ordre de 180°, c'est un très « grand angulaire »). En outre, pour transmettre au cerveau les informations des 7 millions de cônes il n'y a qu'à peine 1 million de lignes de transmission (fibres du nerf optique).

Un mot, à ce propos, sur la pauvreté de ce que transmet une fibre du nerf optique : elle fait un « Morse » rudimentaire en émettant uniquement des « points » (ondes de potentiel toutes de même amplitude) et la seule variable transmise est donc la fré-

* Les discours et allocutions d'ouverture ont été publiés dans *L'Onde Electrique* de mai 1968, pp. 515 à 520.

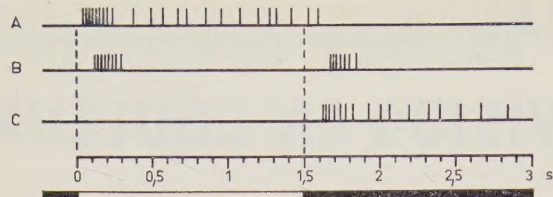


FIG. 1. — Enregistrements électriques des ondes de potentiel le long des fibres du nerf optique chez la grenouille. En abscisses le temps ; le trait blanc représente l'éclairement de la rétine, le noir l'obscurité. En ordonnées, les potentiels recueillis, chaque décharge étant de l'ordre de 0,1 à 0,2 mV. Toutes les décharges sont très brèves et identiques, seule leur fréquence varie. On remarquera qu'il existe plusieurs types de réponses : celle du type A, les plus fréquentes, sont dites des réponses « on » ; elles existent seulement pendant l'éclairement, avec un petit retard au début (latence) et une légère prolongation à la cessation ; on remarquera l'effet d'adaptation (maximum de réponses au début de l'éclairement, puis stabilisation à un niveau inférieur). Le type B est dit « on-off » et ne répond qu'à l'éclairage et à l'obscurité. Le type C « off » démarre après l'obscurité et continue un moment dans l'obscurité (images consécutives).

quence de ces points (fig. 1). La valeur maximale de cette fréquence ne dépassant guère 100 par seconde, on devine la faible capacité d'information qui en résulte par fibre ; il est vrai qu'en compensation, le rapport signal/bruit de fond est excellent (la Nature a inventé bien avant nous la modulation de fréquence et s'en sert dans la transmission nerveuse, justement pour éliminer les parasites).

Les 7 millions de cônes ne sont déjà pas indépendants, il y en a en moyenne 7 qui parlent en même temps sur chaque ligne. La Nature s'en est tiré élégamment : d'une part, elle a spécialisé une région de la rétine, la fovéa, où elle a groupé 50 000 cônes très effilés et serrés dans un diamètre de l'ordre de 1,5 degré, chacun de ces cônes fovéaux ayant sa ligne personnelle de transmission jusqu'au cerveau ; les autres se groupent d'autant plus nombreux sur la même ligne qu'on s'écarte davantage de la fovéa (d'où l'explication de la baisse d'acuité en vision latérale ; l'imagerie n'y est pour rien, elle est aussi bonne à 15° du centre de la fovéa qu'en ce point central). D'autre part, elle impose à l'œil des mou-

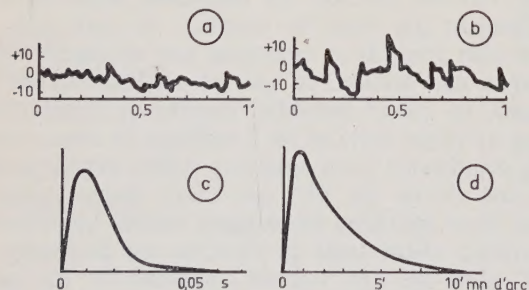


FIG. 2. — Enregistrement des mouvements involontaires de l'œil (micronystagmus). En a, cas normal, avec en abscisses le temps en seconde et en ordonnées, les angles de déplacement en minutes d'arc. En b, enregistrement analogue sur un sujet fatigué ; les mouvements s'amplifient. En c, répartition statistique des mouvements normaux en fonction de leur période en seconde de temps ; le maximum est voisin de 0,01 (soit 100 secousses par seconde). En d, répartition statistique normale en fonction de l'amplitude en minute d'arc (le maximum est voisin de 1 mn).

vements constant (« micronystagmus » de quelques minutes d'angle à une fréquence qui peut atteindre 100 par seconde) ce qui rafraîchit constamment l'image en évitant que les mêmes cônes ne reçoivent longtemps de suite la même image (fig. 2) : si on arrête artificiellement les déplacements de l'image sur la rétine (par un verre de contact portant un petit miroir sur lequel le faisceau donnant par projection le point qu'on regarde s'est réfléchi), l'image s'efface en quelques secondes. L'œil fait donc de la télévision déjà, et ce balayage constant est même poussé à l'extrême chez un petit crustacé, le copilia, dont l'œil n'a qu'une seule cellule sensible qu'un muscle agite sans cesse dans le plan de l'image.

Pour en revenir à la couleur, on comprend que toutes les possibilités d'analyse spatiale ayant déjà épuisé à peu près la capacité de transmission du nerf optique, il reste très peu de place où loger un supplément d'information colorée, celle-ci sera donc rudimentaire ; c'est très heureux d'ailleurs pour la TV en couleur dont toute la largeur de bande est déjà occupée pour transmettre l'image en blanc et noir, ou presque.

Alors que l'oreille analyse très finement le spectre acoustique et que, dans un accord d'une dizaine de notes, par exemple, une oreille exercée distingue sans peine les composantes, l'œil n'analyse absolument pas les longueurs d'onde lumineuse. La vieille expérience de Newton dispersant la lumière solaire par un prisme et décrivant 7 (?) couleurs dans ce spectre risque de donner des idées fausses : c'est un artifice et il n'existe pas dans la Nature de radiations « monochromatiques ». Les contemporains de NEWTON ne s'étaient pas gênés pour lui dire que les « fausses » couleurs du spectre n'avaient rien de réel et ne valaient pas les couleurs « vraies et solides », celles de la surface des objets. Or la couleur n'est, sur un objet, que l'expression subjective des courbes d'absorption et de diffusion de sa surface : un objet est rouge parce que le corps retient les courtes longueurs d'onde en les absorbant et diffuse les grandes, mais cette analyse n'est que très grossière. En un sens, l'œil ne fait pas du tout une étude spectroscopique de la lumière qui lui parvient de l'objet, il fait une étude chimique assez grossière de la substance même de l'objet, grâce aux bandes d'absorption très larges qui caractérisent les corps. L'information colorée est donc simplement un moyen d'ajouter à la reconnaissance par la forme, une reconnaissance par la composition chimique de la surface de l'objet. Et en fait, les animaux qui voient les couleurs, sont ceux (insectes et oiseaux par exemple) qui ont besoin de distinguer de loin entre des objets de formes voisines (fleurs, fruits, graines), mais de compositions différentes. Chez les mammifères, la vision des couleurs est exceptionnelle : l'herbivore n'en a guère besoin, il broute et son odorat l'écarte des plantes nuisibles ; le carnassier encore moins, il reconnaît sa proie au mouvement. Les seuls mammifères qui voient la couleur sont des arboricoles frugivores comme l'écureuil, et si aujourd'hui nous parlons de TV en couleur c'est que l'homme, évolutivement descend de primates qui vivaient dans les arbres et mangeaient des fruits.

2. Le trichromatisme

Dans cette reconnaissance visuelle de la chimie des pigments, comme les bandes de ceux-ci sont habituellement très larges et diffuses, une analyse rudimentaire suffit : on découpera le spectre visible en quelques larges régions et la couleur sera l'expression de ce découpage. Combien de régions faut-il ? En principe deux suffisent à donner déjà des renseignements utiles, mais c'est un peu sommaire : nous le constatons chez les daltoniens qui possèdent justement ce découpage et leur pauvreté vis-à-vis des sujets normaux montre bien le gain énorme que l'on obtient par un découpage en trois zones (l'univers coloré, au lieu d'être linéaire, devient une surface, donc un volume si l'on ajoute l'information « luminosité », c'est-à-dire le niveau, plus ou moins intense, de la lumière). En fait, c'est à ce découpage en trois du spectre visible que la Nature s'est arrêtée pour les espèces douées d'un bon sens de la couleur ; chez les insectes, ces trois bandes correspondent à peu près à ce que nous appelons jaune, bleu et ultraviolet, tandis que chez les vertébrés, c'est le rouge, le vert et le bleu (à cause de l'aberration chromatique, notre acuité aurait été déplorable si l'ultraviolet nous était visible ; cela ne gêne pas l'insecte dont l'œil composé n'a pas d'image).

Ce trichromatisme est connu de toute antiquité, mais, jusqu'au début du 19^e siècle, on y voyait une propriété de la lumière elle-même (théorie de LOMONOSOV, par exemple, décrivant trois types de « particules » lumineuses, les grosses donnant la sensation de rouge, les moyennes de jaune, les petites de bleu). C'est au crédit de Thomas YOUNG, amateur de génie qui toucha à tout et innova partout (hiéroglyphes, interférences, vision, etc.), qu'il faut placer la première définition du trichromatisme, en 1802, en tant que propriété physiologique de la rétine et non propriété de la lumière. Il a fallu plus d'un siècle et demi pour que l'idée de YOUNG fût prouvée irréfutablement, en démontrant, il y a quatre ans, chez le poisson rouge, qu'il existe bien trois types de cônes ayant des absorptions spectrales différentes (fig. 3).

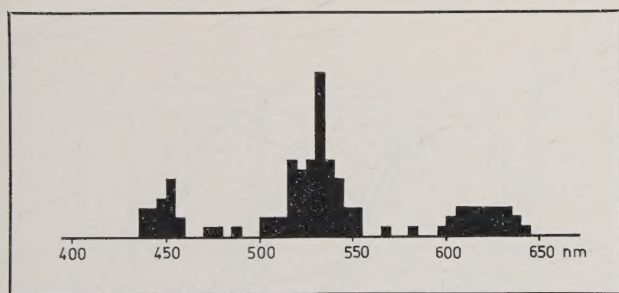


Fig. 3. — Histogramme du maximum d'absorption spectrale des cônes du cyprin doré ; on voit nettement trois groupes distincts présentant respectivement leur maximum d'absorption vers 450, 530 et 620 nm (le nm ou nanomètre est l'ancien millimicron), soit dans le bleu, le vert et le rouge.

Rappelons rapidement les lois expérimentales du trichromatisme, qui datent d'un siècle environ (MAXWELL, GRASSMANN et HELMHOLTZ) :

a) Distinction entre mélanges soustractifs et additifs ; par exemple, le « mélange » de rouge et de vert sur une palette donne un brun sale, très foncé ; au contraire, l'addition de lumière rouge et verte donne du jaune. Seuls les mélanges additifs conduisent à des lois simples, parce qu'en fait, dans la rétine, les trois types de cônes sont juxtaposés et ajoutent leurs effets.

b) Lois linéaires des mélanges additifs (parce que les réponses électriques des trois types de cônes s'ajoutent dans le premier stade, ainsi qu'il a été découvert récemment par microélectrodes). Ce caractère linéaire permet la célèbre représentation du triangle des couleurs (MAXWELL) où les variables colorées se composent suivant la règle des centres de gravité.

c) Synthèses trichrome : beaucoup d'erreurs dans les énoncés courants. On dit, par exemple : « Il est possible de reproduire une couleur quelconque par mélange additif en proportions convenables de trois « primaires » bien choisies ». C'est doublement faux. La seule forme correcte du trichromatisme est de dire : entre quatre lumières colorées quelconques, il existe toujours une relation linéaire telle que l'une d'entre elles puisse être équivalente visuellement à la somme des trois autres :

$$L_1 = L_2 + L_3 + L_4 \quad (1)$$

ou que la somme de deux d'entre elles soit équivalente visuellement à la somme des deux autres :

$$L_1 + L_2 = L_3 + L_4 \quad (2)$$

et cette équivalence est rigoureuse (on dit alors qu'il y a métamérisme entre les deux membres de l'équation qui sont identiques à l'œil, mais peuvent différer physiquement du tout au tout). L'énoncé incriminé ne retient que l'équation (1) et suppose, d'autre part, que le choix des « primaires » L_2, L_3, L_4 est forcé alors que les relations sont générales.

Pratiquement le choix des primaires est empirique et fondé sur une seule considération : que pour le plus vaste choix possible des couleurs L_1 à reproduire, la relation soit de la forme (1). Or quelles sont les couleurs importantes à reproduire ? Le bleu du ciel, le vert des feuillages, le jaune de certaines fleurs, le rose de la peau féminine. Dans ces conditions, un certain choix de primaires (rouge, verte et bleue) est satisfaisant ; bien sûr, certaines teintes échapperont à la synthèse (1) et nécessiteraient l'équation (2), par exemple des bleu-vert très saturés, mais il n'y a guère que les Anglaises pour aimer les robes canard (que nos collègues britanniques m'excusent de ce « joke »).

Physiologiquement, certaines primaires sembleraient tout indiquées, on les appelle « fondamentales » ; ce sont celles qui sont liées aux trois pigments des cônes ; mais aucune lumière n'excite un seul type de cônes, une primaire réalisable excitera au moins deux types et par conséquent, on retombe sur une indétermination qui n'est soluble que par des considérations pratiques. C'est très heureux pour la TV qui a ainsi une certaine liberté de choix de ses primaires.

3. Métrique des couleurs

L'univers tridimensionnel de la couleur (réduit à deux dimensions si on fixe la luminance à un niveau donné) possède, par les lois rappelées ci-dessus, une géométrie affine, mais pas de métrique ; pour lui en donner une, il faut définir l'élément de longueur. On y arrive par la notion d'échelon coloré, deux couleurs représentées par deux points du diagramme chromatique étant séparées par l'échelon unité quand l'œil fait tout juste la distinction entre elles. On conviendra que l'unité de longueur est représentée par cet échelon. On tombe malheureusement sur des difficultés : cet univers des couleurs n'est certainement pas euclidien, ce qui est gênant parce qu'aucun diagramme ne peut aboutir à des cercles de rayon constant pour représenter le lieu des couleurs écartées d'un échelon de la couleur placée au centre du cercle (en fait, on trouve des ellipses de tailles et d'orientation très variables). Le problème pratique de tolérance dans la reproduction trichrome est rendu plus ardu à représenter. En outre, j'ai montré que vraisemblablement l'espace des couleurs n'est même pas riemannien (ds^2 n'est pas une forme quadratique des dx_i^2). Monsieur PARRA en a donné récemment une démonstration expérimentale dont il vous parlera cet après-midi : les classiques « ellipses » de tolérance sont en réalité des courbes plus contournées ⁽¹⁾.

4. Problèmes perceptifs

Dans la colorimétrie telle que nous venons d'en résumer les lois, l'œil ne fonctionne que comme un appareil de zéro, on lui demande seulement d'apprécier un métamérisme, ce qu'il perçoit n'intervient pas. Mais pour la TV en couleur, cela risque de n'être pas suffisant parce que, même s'il y avait métamérisme entre le bouton d'or réel et son image sur le petit écran, cela n'impliquerait pas la satisfaction de l'utilisateur ; on le sait bien en photo où, par exemple, on déforme systématiquement la représentation colorée de la peau humaine qui ne plairait pas si elle était fidèlement rendue ; l'œil n'est pas, en effet, dans les mêmes conditions d'adaptation quand il regarde une scène réelle et sa représentation en projection ou en TV, ne serait-ce que parce que les niveaux lumineux et l'ambiance diffèrent. Il y a des effets considérables qu'on range sous le terme général d'adaptation visuelle.

Un exemple assez frappant est fourni par le procédé LAND, du nom d'un Américain qui a redécouvert, il y a quelques années, un vieux procédé décrit par DUCOS DU HAURON dans son ouvrage célèbre « La triplique photographique » au siècle dernier. On projette en superposition deux clichés photographiques impressionnés respectivement par les deux

moitiés du spectre visible. Le cliché des grandes longueurs d'onde est projeté en lumière rouge, l'autre en blanc. Dans ces conditions, il n'y a physiquement sur l'écran que des blancs, des rouges et tous les roses intermédiaires. Invinciblement, l'œil voit apparaître des verts complémentaires, par un effet de contraste que le vieux CHEVREUL avait longuement décrit du temps lointain où il dirigeait les Gobelins. On peut, par ce procédé simple, réaliser des images assez amusantes, mais qui n'ont aucune prétention à l'exactitude. A l'époque, la presse avait prétendu que le procédé LAND était en contradiction avec le trichromatisme, il n'en est rien ; il prouve seulement que la colorimétrie n'épuise pas le problème, et on s'en doutait bien.

5. Codage de la couleur

Pour terminer, je voudrais vous dire quelques mots du codage que la Nature a utilisé pour transmettre l'information colorée, le long du nerf optique, jusqu'au cerveau. Dans les cônes eux-mêmes, on retrouve le trichromatisme dans le signal électrique comme dans les pigments photochimiques. Récemment TOMITA et ses collaborateurs ont pu enregistrer avec des microélectrodes très fines les potentiels qui prennent naissance dans les cônes par suite de l'absorption de lumière dans les photopigments ; on retrouve bien trois courbes en fonction de la longueur d'onde (fig. 4). Mais, dès la rétine, ce codage est modifié par les deux relais nerveux (la rétine est un petit cerveau périphérique) et un troisième relais, dans un organe appelé corps genouillé, modifie encore ce codage : chez le singe, on a montré que certaines cellules du corps genouillé produisaient des ondes de potentiel correspondant à un signal incolore (luminance), tandis que deux autres types de cellules manifestent des réponses antagonistes (couple bleu-jaune et vert-bleu (fig. 5) qui constituent les signaux de chrominance. Ce changement de codage explique heureusement certaines particularités de la vision colorée : par exemple, que le jaune

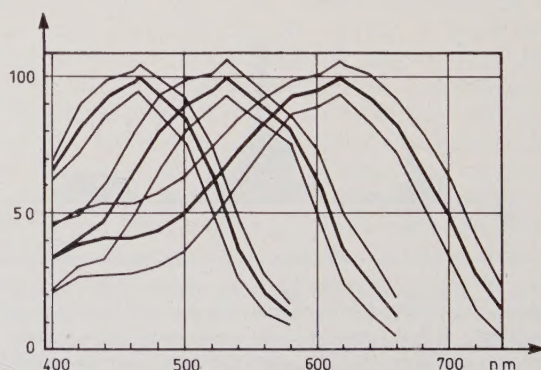


Fig. 4. — Potentiels électriques des cônes de carpe. Pour les trois types de cônes sont données les valeurs maximales, moyennes et minimales du potentiel (en ordonnées) en fonction d'énergies égales de diverses longueurs d'onde en nanomètres (en abscisses).

⁽¹⁾ On peut se procurer au prix de 2 F le texte de cette conférence, non reproduite dans *L'Onde Electrique*, en s'adressant à la FNIE, 12 rue de Presles, Paris-15^e.

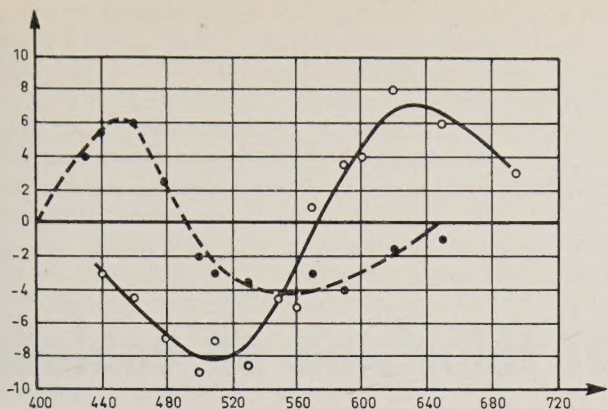


FIG. 5. — Potentiels électriques recueillis dans le corps genouillé du singe, en fonction de la longueur d'onde en nanomètres ; on voit l'existence de deux mécanismes antagonistes, l'un rouge-vert (trait plein), l'autre bleu-jaune (trait tireté).

semble une couleur « simple » et non un mélange de rouge et de vert ; et aussi le fait que, tandis que les luminances s'ajoutent, il y a, dans les mélanges

de couleurs, une perte de couleur qui est même totale dans le cas des complémentaires qui, par leur addition, donnent du blanc.

Enfin le message visuel atteint la région occipitale du cerveau et nous voyons alors les formes et les couleurs. On peut enregistrer ces potentiels cérébraux, que l'on retrouvera pendant les rêves également. Pendant des opérations sur le cerveau, il est possible, par excitation mécanique ou électrique, de faire apparaître ces sensations, ce qui permet (puis-que tout à l'heure on vous a déjà parlé un peu de « science-fiction ») ⁽²⁾ d'imaginer la TV en couleur de l'avenir, non plus sous la forme de ces encombrantes boîtes avec leurs phosphores dans ces tubes énormes, mais comme un petit appareil qu'on posera contre son crâne et qui, par induction, produira directement dans le cerveau les sons, images et couleurs du spectacle de demain...

⁽²⁾ Voir le texte de l'allocution de M. J.-J. MATRAS dans le numéro de mai 1968 de *L'Onde Electrique*, pp. 517-518.

Le film pour télévision en couleur

P. MOUCHEL

Laboratoires Kodak-Pathé, Vincennes

1. Introduction

L'utilisateur du film de cinéma en couleur, qu'il soit professionnel ou amateur, impose au fabricant de surfaces sensibles un cahier des charges, certes de plus en plus exigeant à mesure des progrès techniques, mais toujours précisément orienté vers l'obtention d'une image agréable à voir quand elle est projetée sur un écran à peu près blanc dans une salle à peu près obscure. Avec la télévision en couleur les exigences se multiplient, et peut-être se contredisent, puisque l'utilisateur souhaite alors, en plus, que l'image demeure agréable à voir quand elle est reprise par un télécinéma et qu'elle apparait sur le tube d'un récepteur de télévision en couleur.

Devant ce nouveau problème, la première attitude possible consiste à *voir dans le film en couleur une reproduction physique de l'objet photographié*. Le télécinéma enregistre alors cette image comme la caméra électronique enregistre l'objet lui-même. Les deux instruments jouent le même rôle et la qualité obtenue ne dépend plus que de la plus ou moins grande exactitude atteinte par cette « reproduction physique ».

Cette attitude simpliste pêche en supposant l'identité entre l'image projetée et le sujet photographié. Au sens physique du terme, le film est une mauvaise « reproduction » de l'objet. D'abord parce qu'il présente des défauts que l'on ne sait pas toujours, ou pas encore, corriger, ensuite parce qu'il ne cherche pas même à reproduire l'objet, mais à l'interpréter,

en fournissant au spectateur une impression vraisemblable et agréable. L'introduction de paramètres psychologiques dans cette interprétation lui donne un caractère subjectif, qui ne peut être traité que par tâtonnements, ou de façon statistique. En couleur, la trichromie, adoptée par tous les procédés de reproduction, ne vise pas l'identité physique, qu'elle n'atteint en aucun cas, mais l'identité psycho-physiologique. Ce sont les sensations qui sont reproduites, et non les attributs physiques qui leur donnent naissance. En d'autres termes, la caractéristique spectrale d'une plage colorée que l'on projette sur un écran n'a pas lieu d'être physiquement identique à celle de la plage-objet photographiée et elle ne l'est aucunement. Par contre, les sensations éprouvées doivent être identiques, et elles le sont raisonnablement lorsque le procédé de reproduction est correct, ou plutôt elles le seraient rigoureusement si le procédé n'introduisait pas volontairement une interprétation désirée par le spectateur.

L'image projetée sur un écran n'est pas une reproduction physique de l'objet photographié. Dans un premier stade, qui fait intervenir la physiologie de la vision, c'est une reproduction objective des sensations visuelles, qui repose sur l'hypothèse trichrome, universellement adoptée pour sa simplicité, bien qu'elle ne soit que partiellement satisfaisante. Dans un deuxième stade plus raffiné, qui fait intervenir la psychologie du spectateur, c'est une reproduction subjective des perceptions cérébrales, qui introduit des notions de jugement, de mémoire, de goût... L'image projetée est ainsi une interprétation extrêmement élaborée. La considérer comme identique à l'objet serait une erreur grave que commettrait un télécinéma qui se comporterait simplement comme une caméra électronique. Il faut donc adopter une deuxième attitude dans laquelle *le télécinéma diffère radicalement de la caméra puisqu'il n'enregistre pas un objet à interpréter mais une interprétation toute faite*.

* Conférence prononcée à l'Ecole Supérieure d'Electricité, le 7 juin 1967, dans le cadre d'une demi-journée d'études organisée par la S.F.E.R. sur le thème : « Colorimétrie en Télévision en Couleur », puis reprise au Colloque International sur la Télévision en Couleur. Paris 25-29 mars 1968.

Cet article fait suite à celui du même auteur paru dans l'*Onde Électrique* de septembre 1967, pp. 1041 à 1059 sous le titre : « L'illuminant et l'ambiance pour un récepteur de télévision en couleur ».

Si on admet que le film contient toute l'interprétation souhaitable, on doit alors admettre que le télécinéma n'a plus qu'à transférer cette image, telle quelle, à travers le tube récepteur, jusqu'au cerveau du téléspectateur. L'opération est difficile à réaliser, sinon impossible, à cause des principes techniques différents mis en œuvre par le film et par la chaîne de télévision, et en particulier le fait que celle-ci est additive tandis que celui-là est soustractif. Serait-elle possible qu'elle ne serait pas pour autant souhaitable, puisqu'il est assez probable que l'image préférée sur un écran de projection n'est pas l'image préférée sur un tube récepteur, l'ambiance et les conditions d'examen étant très différentes.

On en vient alors à adopter une troisième attitude qui perfectionne la précédente en retirant au film son rôle privilégié et *en lui attribuant des caractéristiques qui permettent le meilleur transfert d'informations depuis la caméra de prise de vue jusqu'au tube récepteur*. C'est considérer le film et le télécinéma comme deux éléments successifs d'une chaîne de contre-typage, leur couple étant un intermédiaire sans autre fonction que celle de transférer sans déformer. Cette hypothèse suppose un ajustement rigoureux entre les deux éléments, possible au prix d'efforts technologiques de part et d'autre. Elle suppose surtout de considérer la chaîne complète comme un ensemble, le film de prise de vue (qui concerne le fabricant de surfaces sensibles) et le tube récepteur (qui concerne le fabricant d'appareils électroniques) étant alors conçus l'un par rapport à l'autre. Cela signifie, par exemple, que les sensibilités spectrales du film de prise de vue correspondent colorimétriquement aux émissions spectrales des phosphores du tube récepteur. Cela signifie encore que l'interprétation psychologique nécessaire est envisagée au niveau de la chaîne complète. Si cette conception du « contre-typage » paraît satisfaisante pour l'esprit, elle est aussi probablement la plus difficile à réaliser, d'abord pour des raisons techniques, puis pour des raisons commerciales. Dans les conditions actuelles de l'exploitation en télévision, il est difficile de retirer au film son rôle personnel de moyen de projection cinématographique.

Les problèmes du film en couleur pour télévision, ou si l'on regarde les choses par l'autre côté, les problèmes du télécinéma couleur, ne sont pas simples. L'aperçu qui vient d'en être donné laisse entendre que leur solution nécessitera des compromis. En adoptant les chapitres classiques en photographie, on peut en étudier les aspects de reproduction des valeurs et ceux de reproduction des couleurs. A côté d'eux les questions de structure d'image (définition, granulation) demeurent encore secondaires.

2. Le transfert des valeurs

Les luminances d'une image projetée dans une salle obscure diffèrent physiquement de celles de l'objet photographié. C'est évidemment vrai en valeur absolue, puisque la luminance d'un écran de projection normal est plusieurs centaines de fois inférieure

à celle d'une scène extérieure en plein soleil. Une telle différence est sans doute secondaire, grâce à l'adaptation du spectateur. Mais les rapports de luminances, eux non plus, ne sont pas respectés. En représentation logarithmique la reproduction objective des écarts de luminance serait une courbe rectiligne, de pente -1 . La densité minimale de la reproduction (en principe zéro) correspondant au blanc du sujet à reproduire. Les courbes caractéristiques réelles des procédés diffèrent de ce type, d'abord par la présence à peu près inéluctable d'un « pied de courbe », zone de plus faible contraste, par ailleurs largement justifiée par la tolérance de prise de vue qu'elle apporte. Elles en diffèrent surtout volontairement. L'expérience de la photographie et du cinéma a prouvé qu'une reproduction objective des valeurs n'était pas souhaitable. Le spectateur recherche une sensation de rendu des valeurs vraisemblable, et les conditions d'examen propres au cinéma, les interventions de la mémoire et de l'imagination, peut-être plus encore l'habitude... l'amènent à préférer *une courbe caractéristique qui diffère de la droite à 45° par un excès de contraste dans les ombres, un adoucissement des hautes lumières, et une densité générale trop élevée*. C'est là l'interprétation cinématographique des luminances. Il faut d'ailleurs remarquer en passant que l'interprétation donnée par une épreuve sur papier est toute autre (fig. 1).

Cette courbe caractéristique optimale, construite empiriquement, le procédé de reproduction la réalise en tenant compte de phénomènes physiques annexes, mais importants, qui n'apparaissent souvent pas en sensimétrie traditionnelle. C'est en premier lieu la lumière parasite due aux réflexions multiples sur les interfaces des lentilles de l'objectif et sur les parois de la chambre photographique. Ce phénomène général qui comprime l'écart des luminances est peu sensible dans les lumières mais déforme considérablement les ombres. Il intervient à la projection comme à la prise de vue, avec des proportions très variables puisqu'il dépend de la nature de l'objet — son écart

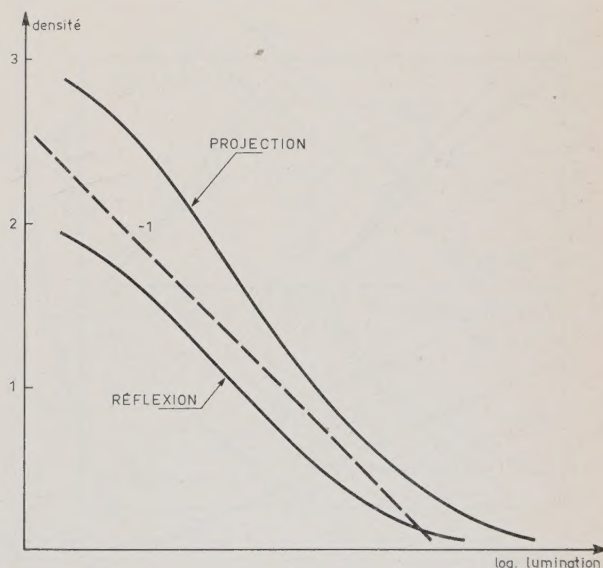


FIG. 1. — Courbes optimales de reproduction des valeurs.

de luminances propre et la répartition géographique de celles-ci — de la qualité de l'objectif et aussi du pouvoir réflecteur des parois, souvent non négligeable dans une salle de spectacle. Une deuxième déformation, qui n'apparaît de façon sensible qu'en noir et blanc, est l'augmentation globale du contraste due à la diffusion de la lumière par le dépôt argentique non homogène. Cet effet Callier élève de 20 à 30 % le contraste à l'écran des films noir et blanc.

Le fabricant de surfaces sensibles fixe une valeur moyenne aux effets parasites et réalise alors la forme de courbe optimale à l'écran par un raisonnement explicite par le diagramme de Jones qui relie les logarithmes des luminances entre le sujet et l'écran de projection (fig. 2). Le premier quadrant, en bas à droite, rend compte de la déformation due à la lumière parasite à la prise de vue, le troisième quadrant, en haut à gauche, des déformations dues à la lumière parasite et à l'effet Callier à la projection. Le quatrième quadrant, en haut à droite, fixe la courbe optimale à l'écran. Il reste à faire une construction géométrique simple pour obtenir dans le deuxième quadrant, en bas à gauche, la courbe sensitométrique du film. Ce que voit le télécinéma est une courbe intermédiaire, telle qu'elle serait obtenue par une projection sans effets parasites, c'est-à-dire la courbe en pointillé du quatrième quadrant dans le cas simple d'un film inversible couleur. Si le télécinéma se comporte comme une caméra électronique, c'est cette courbe qui apparaîtra sur le tube récepteur, ou plutôt qui apparaîtrait si ce dernier était capable de la restituer. En pratique, l'écart des densités d'une bonne copie de projection en Eastman Color atteint 2,40 dans le cas d'un sujet extérieur moyen ou d'une scène de studio normalement éclairée, l'objectif de prise de vue n'étant pas exagérément corrigé contre la lumière parasite. Quant à lui, le tube récepteur de télévision en couleur ne fournit qu'un écart de luminances de l'ordre de 40, soit 1,60 en logarithmes. Cette dernière valeur risque le plus souvent d'être encore inférieure, à cause de l'éclairage d'ambiance. De ce fait, les performances du tube sont celles d'un papier mat, et l'image résultante offre un contraste exagéré dans

les densités moyennes, une suppression des détails dans les ombres « bouchées » et dans les hautes lumières « percées ». Cette image, réduite aux seules régions moyennes de la courbe de reproduction des valeurs, est ressentie comme désagréable par le télé-spectateur, sans doute parce qu'elle exagère le contraste et paradoxalement qu'elle limite les valeurs extrêmes.

Il faut remarquer ici que *la limitation de l'intervalle des luminances imposée par le tube récepteur est, jusqu'à présent, un impératif de la télévision en couleur.* Le même problème se retrouve dans la prise de vue en direct. Puisque la chaîne de télévision choisit de fonctionner avec un gamma global égal à l'unité, c'est-à-dire adopte une interprétation strictement objective des valeurs, il faut bien que l'opérateur de télévision limite à la prise de vue par un artifice d'éclairage, l'écart des luminances de l'objet photographié, ou sinon qu'il accepte de le voir se limiter ensuite par la force des choses. Ce serait là « l'interprétation » des valeurs par la télévision, plus subie que désirée. Elle peut sembler primitive, mais le téléspectateur dispose déjà de nombreux moyens pour la modifier — ou détériorer — à son gré (réglage d'intensité, réglage de contraste, lumière ambiante...).

Pour résumer tout ce qui précède, il suffit de noter que *l'interprétation faite par le film consiste à s'écarter de l'objet photographié dans le sens le plus défavorable à la télévision.* On peut concevoir un télécinéma qui s'en accommoderait en en faisant l'interprétation inverse, de façon à forcer le trop grand écart de luminances du film dans le plus faible écart du tube. Cet abaissement de contraste est réalisable électriquement. Le correcteur de gamma, qui adapte au tube récepteur le signal fourni par l'analyseur de façon à produire une caractéristique globale unitaire, peut être altéré pour offrir des images plates mais complètes. On peut évoquer ici les appareils du type Logetron, largement utilisés en reproduction graphique. Mais parce que ces techniques de « masking électronique des valeurs » imposent des amplifications élevées et sont génératrices de bruit, *la télévision s'y refuse et préférerait voir le film s'écarter de l'objet photographié dans un sens qui lui soit plus favorable, celui d'un abaissement du contraste et d'une forme de courbe rectiligne.* Le mode de raisonnement est simple : puisqu'on ne retrouve sur le tube récepteur qu'un faible écart de luminances, et puisque le télécinéma répond mal aux fortes densités, autant réduire au préalable, au niveau du film, les écarts de densités. Pour ce faire, il suffit par exemple d'adopter en studio un très faible contraste d'éclairage, comme le font couramment les opérateurs de télévision américains, et en extérieur de choisir les sujets particulièrement plats (ciels couverts, faibles écarts de réflectances...). Avec des conditions normales de prise de vue, on peut réduire l'écart des densités de l'image en utilisant des films à bas contraste. C'est le cas des « inversibles TV noir-blanc », Plus-X 7726 et Tri-X 7727, adoptés en France depuis plusieurs années. En couleur, des films comme l'Ektachrome Commercial 7255 et l'Eastman Color Positive bas contraste 5744 permettent d'atteindre un résultat analogue. L'écart normal des densités utiles d'une copie de projection

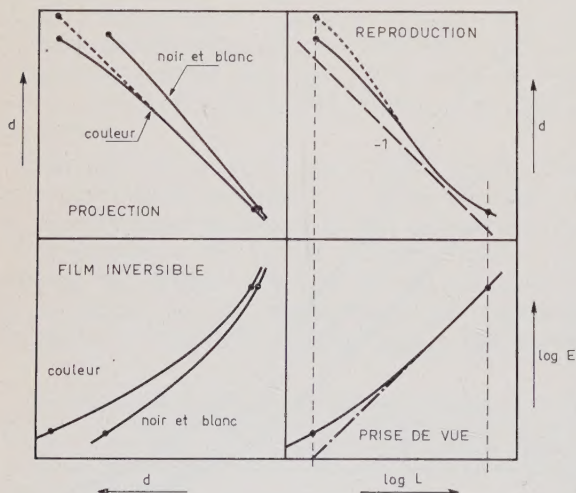


FIG. 2. — Diagramme de Jones pour des films inversibles de projection.

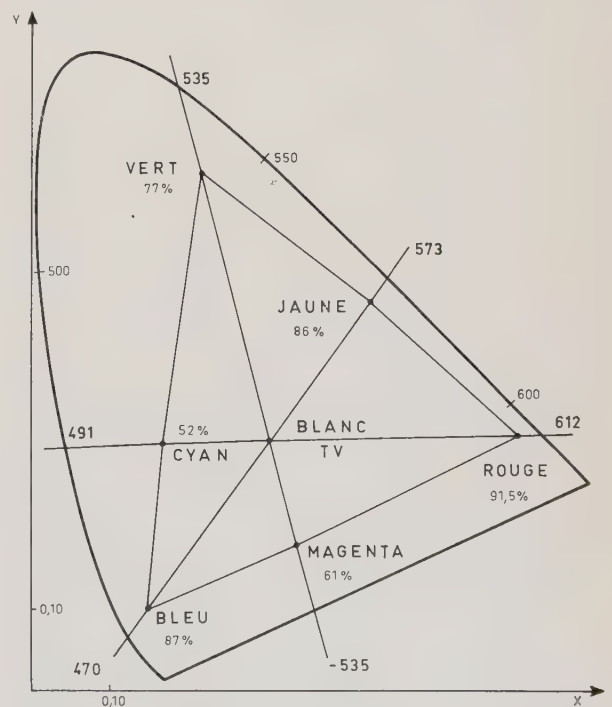
Le film est ainsi capable de fournir à la télévision ce qui lui convient le mieux en ce qui concerne le rendu des valeurs. Mais à quel prix ? En perdant partiellement ses qualités d'image projetable. Que l'objet ait été éclairé de façon particulièrement plate ou que le film ait été abaissé en contraste, il s'agit d'un même artifice qui rend l'image peu agréable en projection. C'est d'ailleurs là une démonstration par l'absurde de la validité pratique de la courbe cinématographique optimale.

Les couleurs projetées sur un écran cinématographique diffèrent très largement de celles de l'objet photographié. Pour le physicien, et pour le puriste, le film est une mauvaise reproduction des couleurs. Son domaine de reproduction est loin de coïncider avec celui des couleurs réelles, et d'abord parce que si la trichromie est le système le plus économique, il lui faudrait des primaires irréelles (comme celles de la C.I.E.) pour englober le lieu du spectre. Bien plus, les primaires réelles utilisées par les procédés sont le plus souvent non spectrales, pour des raisons purement industrielles qui tiennent au prix de revient, à la facilité de réalisation et à la reproductibilité. Enfin les primaires du film sont obtenues par mélange soustractif de colorants. Ceux-ci présentent des absorptions indésirables dans les zones spectrales où ils devraient être transparents, réduisant ainsi la luminance et la pureté des couleurs reproduites (1).

Ce domaine, qui exprime les performances du procédé en ce qui concerne les teintes et les saturations, peut être figuré sur le diagramme de chromaticité de la CIE (fig. 3). En synthèse soustractive il doit être calculé point par point, à partir des courbes spectrales, puisque les combinaisons de colorants n'obéissent pas à des lois géométriques simples. Les primaires sont déterminées par le mélange des colorants deux à deux, avec leurs concentrations maximales, le magenta et le cyan formant la primaire bleue, le cyan et le jaune la primaire verte, le jaune et le magenta la primaire rouge. Le domaine total est un hexa-

- l'intensité, attribut quantitatif
- la teinte { attributs qualitatifs, formant la « chromati-
- la saturation { (ce que le langage vulgaire appelle couleur).

gone curviligne, dont la forme et l'étendue dépendent du film particulier, c'est-à-dire de son jeu de colorants, mais aussi de l'intervalle de densités utilisé. Ce dernier point, moins évident, s'explique par l'impossibilité physique d'annuler complètement une primaire. En synthèse soustractive, lorsque deux des trois colorants présentent la concentration maximale



- LE FILM POUR TÉLÉVISION EN COULEUR 859

autorisée par la courbe caractéristique du procédé, leur densité n'est jamais assez élevée pour arrêter totalement la lumière dans les régions spectrales qu'ils contrôlent. Cette lumière parasite désature la primaire qu'ils forment, la lave de blanc, d'autant plus que l'écart des densités du procédé est plus faible. Pour un même jeu de colorants, un film de projection offre un domaine de chromaticité plus grand que celui d'un film à bas contraste, lui-même plus grand que celui d'une épreuve sur papier. En télévision additive, un phénomène analogue se produit quand le tube est « décroché » c'est-à-dire réglé de façon à fournir une faible émission lumineuse même en l'absence de signal. La figure 3 correspond à un film de projection vraisemblable. Le sujet photographié étant normal, l'écart des densités est de 2,40 et les points particuliers du domaine ont les caractéristiques données par le tableau I.

TABLEAU I

Couleur	x	y	λ dom.	pureté	densité visuelle
Blanc	0,335	0,354		0	0
Noir	0,335	0,354		0	2,40
Bleu	0,148	0,072	467 nm	92 %	1,68
Vert	0,298	0,633	542 nm	80 %	0,81
Rouge	0,662	0,318	617 nm	93 %	1,01
Jaune	0,506	0,476	581 nm	93 %	0,16
Magenta	0,367	0,166	—545 nm	74 %	0,91
Cyan	0,167	0,302	488 nm	60 %	0,46

En télévision, les lois du mélange additif permettent un calcul simple du domaine de chromaticité (fig. 4). A partir de phosphores normalisés et de l'illuminant C, en supposant un écart de luminances de 1,60 en logarithmes et un léger décrochage du tube récepteur, on obtient les caractéristiques données par le tableau II.

TABLEAU II

Couleur	x	y	λ dom.	pureté	densité visuelle
Blanc	0,310	0,316		0	0
Noir	0,310	0,316		0	1,60
Bleu	0,149	0,093	470 nm	86,8 %	0,88
Vert	0,218	0,676	535 nm	77 %	0,23
Rouge	0,640	0,329	612 nm	91,5 %	0,50
Jaune	0,446	0,503	573 nm	86 %	0,05
Magenta	0,349	0,182	—535 nm	61,1 %	0,37
Cyan	0,172	0,316	491 nm	52 %	0,15

La comparaison des deux domaines est satisfaisante. Celui du film est un peu plus étendu en jaune, rouge, magenta et bleu, plus restreint en vert, encore que cette restriction disparaisse si on remplace la primaire verte théorique par un phosphore réel. Le domaine chromatique du film, même en réduisant l'écart des densités à 2,00 est pratiquement celui de la télévision en couleur. Leur ressemblance permet de prévoir un transfert des informations colorées

sans perte de part et d'autre. Cependant, cela ne signifie pas que le télécinéma puisse se comporter comme une caméra et voir le film comme un objet. La caméra embrasse le domaine des couleurs réelles et le réduit pour l'amener à être contenu dans le domaine de chromaticité du tube récepteur. C'est une compression, grossièrement proportionnelle aux saturations. Cette compression a déjà été faite par le film, d'une manière presque identique, on vient de le voir. Le télécinéma ne doit pas la faire à nouveau. Pour transférer les informations colorées, du domaine du film à celui du tube, sans compression supplémentaire, il lui faudra des sensibilités spectrales sélectives, adaptées aux colorants qui lui sont présentés. Les sensibilités spectrales de la caméra électronique sont colorimétriquement liées aux phosphores du tube récepteur, celles du télécinéma en sont parfaitement indépendantes.

3.2. Le domaine luminance-pureté

Le diagramme de chromaticité manifeste une ressemblance entre film et tube qui est trompeuse parce qu'il néglige de montrer comment la chromaticité est reliée à la luminance, ce qui apparaît dans la dernière colonne des deux précédents tableaux. Le diagramme luminance-pureté, d'un emploi moins habituel, met en évidence des différences significatives (fig. 5). C'est un plan vertical, perpendiculaire au plan du diagramme de chromaticité, passant par l'illuminant et par conséquent par deux teintes complémentaires. L'axe vertical est celui des luminances. De part et d'autre de l'axe, la pureté croît de 0 à

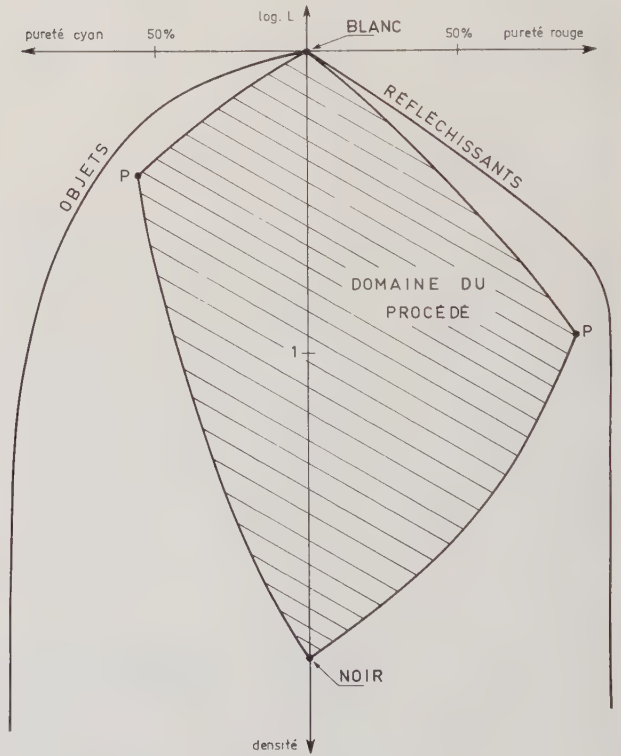


FIG. 5. — Diagramme luminance-pureté d'un procédé de reproduction.

100 %. Chaque moitié de la figure est ainsi le schéma d'une planche du système Munsell présentant l'ensemble des luminances et des puretés pour une longueur d'onde dominante donnée. Un objet coloré, représenté par un point sur le diagramme de chromaticité, est figuré ici par une droite verticale, plus ou moins loin de l'axe selon la pureté de l'objet. Cette droite s'étend indéfiniment vers le haut et vers le bas puisque la luminance possible d'un objet n'est pas limitée. Cependant, le principe même de la photographie suppose que l'on fixe l'intervalle des luminances que l'on cherche à reproduire, par exemple au voisinage de 2,00 en logarithmes. Ceci revient à limiter volontairement le diagramme luminance-pureté vers le haut et vers le bas, en considérant comme sans intérêt tout ce qui est en dehors de ces limites. Du côté des fortes luminances, la limite ainsi fixée n'est pas une droite horizontale mais une courbe concave vers le bas, qui exprime simplement le fait que la luminance d'un objet réfléchissant diminue lorsque sa pureté augmente. La concavité de cette courbe-limite est fonction de la sensibilité de l'œil, elle est très peu marquée pour les jaunes qui restent très lumineux à forte saturation, faiblement marquée pour les verts et beaucoup plus marquée pour les bleus, cyans et magentas qui s'assombrissent fortement aux puretés élevées.

Le système de reproduction (additif ou soustractif, film ou télévision) découpe dans le diagramme luminance-pureté son propre domaine curviligne, dont trois points ont déjà été définis : le blanc maximal du procédé (*W*), son noir maximal (*N*), et son point de pureté maximale (*P*) auquel correspond une luminance et une seule. Quel que soit le procédé, pour éclaircir ou assombrir la reproduction à partir du point (*P*), il faut nécessairement diminuer la pureté (c'est-à-dire visuellement la saturation). En comparant le domaine objet au domaine curviligne du procédé, on retrouve les défauts classiques de la reproduction trichrome. Les objets ne peuvent être exactement reproduits que là où les deux domaines coïncident. C'est parfaitement le cas pour l'échelle des neutres. Par contre, à mesure que croît la pureté d'un objet, ses chances d'être reproduit au bon niveau de luminance décroissent. En (*P*) il n'y a plus qu'un niveau de luminance possible pour la reproduction. Au-delà de (*P*) il n'y a plus de reproduction exacte possible.

C'est dans le diagramme luminance-pureté que la télévision diffère largement du film, non parce qu'elle est additive alors qu'il est soustractif, mais parce que ses primaires sont indépendantes et non affectées d'absorptions indésirables. De ce fait, le vert le plus pur de la télévision a une densité de 0,23 tandis qu'en film, le vert de pureté équivalente a une densité de 0,70 (fig. 6). Comme l'observateur confond facilement les notions de pureté et de luminance, la télévision lui paraît simplement capable de produire des couleurs plus « vives » que le film. Du côté des fortes densités, le film prend sa revanche en restituant des couleurs plus pures que la télévision. Mais il faut bien distinguer entre la différence du côté des hautes lumières qui est inhérente aux principes mis en œuvre — le film a des absorptions indésirables alors que le tube récepteur n'en a pas — et la différence du côté

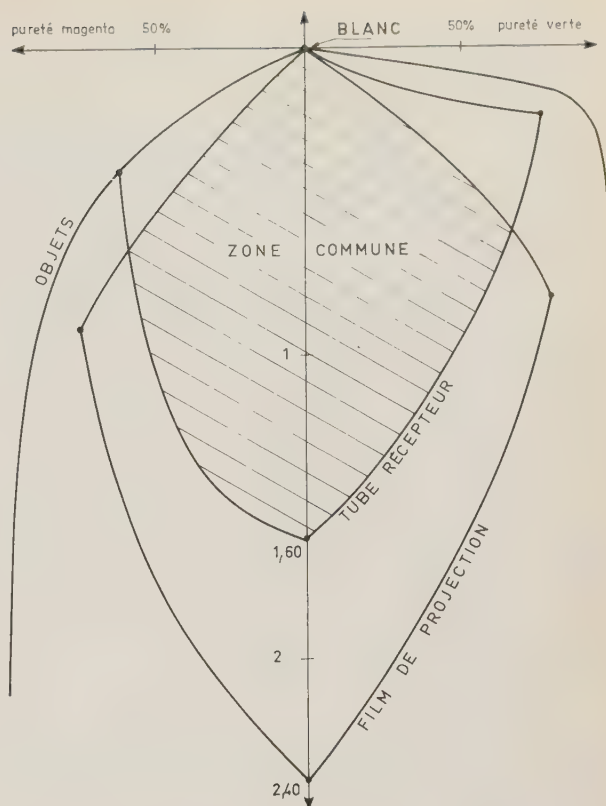


Fig. 6. — Diagramme luminance-pureté du film de projection et du tube récepteur.

des ombres qui est accidentelle — la télévision est limitée dans son intervalle de luminances par les performances actuelles des tubes et les conditions d'examen.

Quand on transfère un système sur l'autre, le film sur le télécinéma — mais ce serait aussi vrai de l'inverse, le kinescope recording — seule est correctement enregistrée la partie commune aux deux domaines (fig. 6). L'avantage du film est perdu du côté des ombres, l'avantage de la télévision est perdu du côté des hautes lumières. La perte est considérable, même si le télécinéma s'est comporté en bon transporteur d'informations, comme il a été dit au paragraphe précédent. L'image ne garde que les défauts des deux systèmes mis en œuvre.

3.3. Les handicaps du film

A cause des absorptions indésirables de ses colorants, le film semble particulièrement handicapé. Et pourtant les images projetées sont bonnes. Leur qualité, la satisfaction qu'elles fournissent au spectateur, viennent en partie de l'interprétation que le procédé a introduite. Les couleurs les plus importantes, les plus répandues, ont été choisies pour être bien reproduites au détriment des moins critiques. On a privilégié les jaunes et les rouges, et sacrifié les cyans et les vert-cyans. La télévision fait de même. Les couleurs de mémoire, celles que l'observateur préfère voir, même si elles ne correspondent pas à la réalité, sont atteintes grâce aux virages de teinte appropriés.

Ces choix, qui flattent le goût du spectateur, font passer au second plan les défauts résiduels. En outre, la très désirable « vivacité » des couleurs ⁽²⁾ est recherchée grâce aux progrès continuels des chimistes organiciens quant à la réduction des absorptions indésirables des colorants. Dans le même but, divers trucages sont utilisés. Les forts contrastes, qui exaltent les saturations, sont autorisés en cinéma par le grand écart de densités et le rendu des valeurs souhaité. Les sensibilités spectrales de prise de vue, plus sélectives que ne l'indiquent les courbes de mélange des primaires, atteignent le même résultat en élevant artificiellement la saturation propre des objets photographiés. Enfin certains effets de développement accroissent la vivacité des couleurs reproduites, à la manière d'un masking qui serait proportionnel à la fois à la luminance et à la pureté. Tous ces artifices, qui donnent à l'image projetée une qualité pratique qui semble difficile à surpasser, sont le fruit d'une élaboration progressive dictée par le souci d'une « interprétation » optimale à partir de moyens limités.

4. Les solutions possibles

Revenant au transfert du film à la télévision, ce qu'on sait de la reproduction des couleurs par le film de projection permet de le considérer comme une bonne interprétation dont le manque de vivacité demeure le point faible. C'est un défaut mineur en cinéma, faute de comparaison, ce peut être objecté en télévision à cause de la comparaison avec les émissions en direct. S'il en est ainsi, il est possible de profiter des moyens électroniques de la télévision pour annuler les absorptions indésirables des colorants du film. C'est le « masking électronique des colorants » réalisable par un matricage convenable des signaux B , V , R à la sortie des trois photomultiplicateurs. Dans une autre conception on peut considérer le film comme un intermédiaire sans valeur propre. C'est le mode de raisonnement qu'utilise le cinéma dans ses opérations de contre-typage, cherchant alors uniquement le transfert rigoureux des informations, depuis les sensibilités de prise de vue jusqu'aux primaires de restitution. Tous les colorants intermédiaires sont alors corrigés par un masking convenable pour être rendus sélectifs, toutes les sensibilités intermédiaires sont elles-mêmes sélectives. Cette technique est parfaitement applicable au film et au télécinéma.

Les deux remèdes proposés ci-dessus sont identiques à cela près que le travail est fait par le télécinéma ou par le film. Dans les deux cas le résultat obtenu serait parfait, en ce sens qu'il exploiterait au maximum les possibilités du tube récepteur, mais laisserait évidemment subsister ses propres faiblesses, l'absence

de densités élevées, les faibles saturations des densités moyennes. Si ce transfert sait garder présente l'interprétation apportée par le film, le résultat peut être supérieur à celui des émissions en direct — qui jusqu'à présent ne savent pas interpréter — et supérieur à celui du cinéma — qui ne sait pas éliminer les absorptions indésirables de ses colorants de projection. Le prix qu'il faut payer ce résultat est élevé. Le masking électronique est signe de bruit et de complexité, d'autant qu'il faudra l'adapter à chaque film particulier. Le film masqué est impropre à la projection. A défaut, l'emploi d'un film normal et d'un analyseur à sensibilités sélectives serait déjà un compromis acceptable.

5. Conclusion

Les nombreuses difficultés qui ont été évoquées, les diverses tentatives de solution qui ont été proposées, ne facilitent pas une conclusion. Le film et la télévision ont des défauts, des limites, qui ne coïncident pas. Passer de l'un à l'autre, c'est risquer de les voir s'accumuler avec un résultat inférieur aux performances de l'un et de l'autre. Eviter cette détérioration est le problème du télécinéma en couleur.

Le film a introduit des défauts, faute de savoir tous les corriger, auxquels il a superposé une « interprétation » qui est à la fois une compensation de ces défauts et une orientation vers les préférences du spectateur. C'est une « traduction » de l'objet photographié. La télévision opère une traduction différente, et le télécinéma doit être capable de transposer l'une en l'autre. Il peut le faire seul, par des méthodes de masking électronique et de corrections de contrastes, ce qui garde au film ses propriétés d'image projetable. Les développements technologiques à venir diront si une telle technique est valable, sans bruit de fond, sans complexité exagérés. On peut aussi répartir les fonctions de transfert entre le film et l'analyseur, raisonner sur la chaîne globale et donner au film un caractère arbitraire (comme c'est le cas d'un négatif couleur) axé sur le meilleur transfert des informations depuis la prise de vue jusqu'au tube récepteur. Par analogie avec le contre-typage en cinéma, il faudrait alors utiliser un film à forme de courbe convenable et masking incorporé et un télécinéma à sensibilités étroites et convenablement placées dans le spectre. Un tel film risque d'être peu acceptable en projection, et peut être un peu trop spécifique.

Aujourd'hui, on ne peut encore envisager que des solutions de compromis. Elles doivent donner satisfaction, d'autant plus qu'il s'agit ici surtout de perfectionnement. Les principes trichromes mis en œuvre dans le film et dans la télévision sont assez voisins pour ne pas introduire de différences qualitatives. Quant à l'exigence du téléspectateur, elle est toute relative. En télévision, comme au cinéma, le fond du problème n'est pas la reproduction exacte des couleurs.

(2) Une teinte qui est à la fois lumineuse et saturée est dite « vive » (comme les vitraux traversés par le soleil). Son contraire est « rompu ». Une teinte saturée mais peu lumineuse est « sombre » (comme les olives vertes), tandis qu'une teinte lumineuse de faible saturation est « pâle » (comme le pastel).

Corrections photographiques et électroniques des films pour la télévision en couleur

B. GAGNY

Centre de Recherches Kodak-Pathé

J. GRÉGEOIS

Service des Etudes de l'ORTF

1^{re} Partie — CORRECTIONS PHOTOGRAPHIQUES DES FILMS

1. Difficultés de la synthèse soustractive

La reproduction des couleurs se fait toujours en deux temps : analyse du sujet par sélection trichrome puis restitution d'un mélange de trois lumières primaires, une bleue, une verte, une rouge. Cette restitution peut être obtenue par mélange additif ou soustractif.

Grâce à leur simplicité d'exploitation, les systèmes soustractifs sont généralement utilisés en photographie en couleur. Ces procédés font appel à un jeu de trois colorants : un jaune, un rose-violet appelé magenta et un bleu-vert appelé cyan. Ces trois colorants modulent respectivement les fractions bleue, verte et rouge de la lumière blanche qui les éclaire. Pris deux à deux, ils constituent des primaires bleue, verte et rouge. Les sensibilités du film de prise de vue, qui effectuent la sélection trichrome, sont déterminées à partir des courbes de mélange de ces trois primaires [1].

Le fabricant d'émulsion est maître du jeu de sensibilités du film. Il met à la disposition de l'utilisateur des émulsions équilibrées pour un certain illuminant de prise de vue, émulsions qui fournissent des images colorées destinées à être projetées dans des conditions précises, afin de fournir une restitution qui paraisse fidèle et agréable au spectateur.

Les colorants utilisés pour la synthèse soustractive doivent répondre à des impératifs colorimétriques mais également à des conditions de stabilité au cours du temps et de facilité d'obtention pendant le développement chromogène. Ces multiples conditions limitent le jeu de colorants disponibles.

La principale difficulté de mise en œuvre du système soustractif provient des absorptions indésirables des colorants. Ces colorants présentent une coupure franche du côté des fortes longueurs d'onde, ce qui n'est pas le cas du côté des faibles longueurs d'onde (fig. 1). Ce phénomène est limité pour les colorants jaunes, mais les colorants magenta, absorbant principalement dans le vert, absorbent une certaine fraction de lumière bleue et les colorants cyan absorbent des radiations bleues et vertes en plus de leur absorption principale dans le rouge.

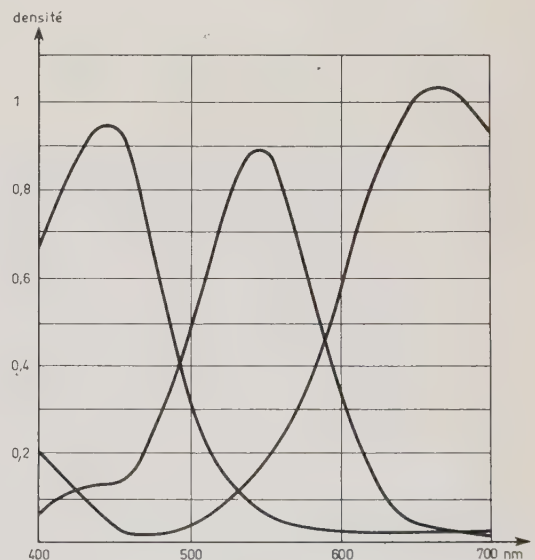


FIG. 1.

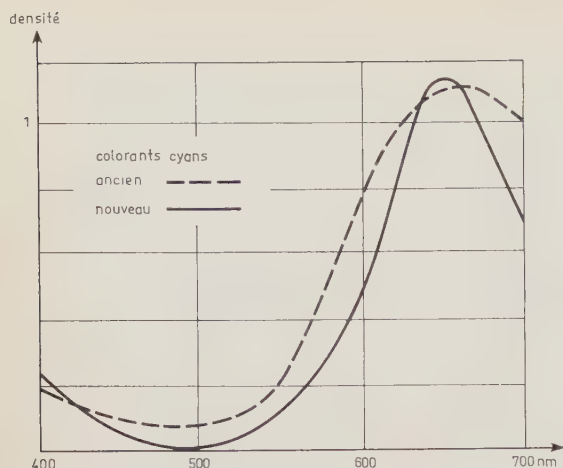


FIG. 2.

Il en résulte une désaturation et une distorsion des couleurs reproduites. Les teintes mauves contiennent trop de jaune et tendent vers l'orangé. Les verts et les bleu-verts sont assombris. Les Laboratoires de Recherches améliorent constamment la qualité des colorants qui présentent de moins en moins d'absorptions indésirables. Par exemple, les colorants cyans actuels présentent une coupure beaucoup plus franche du côté des faibles longueurs d'onde que ceux qui étaient disponibles il y a seulement quelques années (fig. 2).

Aux faibles concentrations auxquelles ils sont utilisés, les colorants suivent la loi de Beer, c'est-à-dire que leur densité est proportionnelle à leur concentration. Dans la pratique, la mesure des densités des colorants est effectuée à l'aide de trois filtres, un bleu, un vert et un rouge, associés à un récepteur photosensible. Cette mesure fournit des densités intégrales, sommes des densités principales et des densités parasites. Par exemple, la densité intégrale D_B est la somme de l'absorption du colorant jaune en lumière bleue J_B , du colorant magenta en lumière bleue M_B et du colorant cyan en lumière bleue C_B . Ceci peut être écrit pour D_B , D_V et D_R [1].

La loi de Beer permet d'écrire $M_B = aM_V$ et $C_B = bC_R$.

M_V et C_R étant respectivement l'absorption des colorants magenta en lumière verte et du colorant cyan en lumière rouge.

Il est donc possible, à partir des mesures des densités intégrales en trois couleurs D_B , D_V et D_R , d'obtenir des valeurs des densités analytiques J_B , M_V et C_R représentatives de la participation de chaque colorant. Pour cela, il suffit de résoudre le système suivant :

$$D_B = J_B + aM_V + bC_R$$

$$D_V = cJ_B + M_V + dC_R$$

$$D_R = eJ_B + fM_V + C_R$$

2. Systèmes de corrections

Un premier système de correction des absorptions indésirables des colorants fait appel aux coupleurs

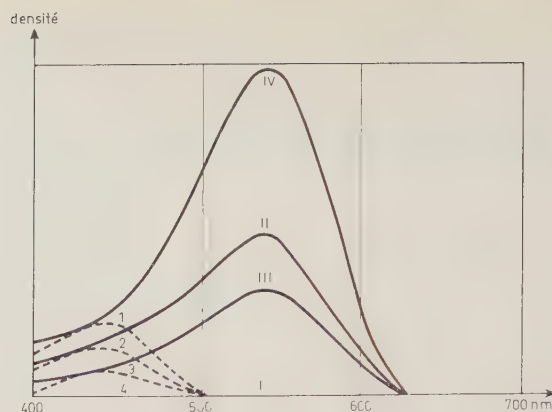


FIG. 3.

colorés. Mis au point par les américains HANSON et VITUM [2], ce type de correction est appliqué dans les films Eastman Color et Kodacolor. Le principe en est le suivant : faute de pouvoir supprimer les absorptions indésirables, il est possible de les rendre constantes.

Les émulsions contiennent habituellement des coupleurs incolores. Les coupleurs sont des composés chimiques susceptibles de réagir avec la forme oxydée du révélateur chromogène pour former un colorant. Avec un coupleur donnant un colorant magenta qui, au lieu d'être incolore, serait coloré en jaune mais disparaîtrait pour donner un colorant magenta [3], il est possible d'avoir un système de correction. Il suffit pour cela que la somme des densités lues en lumière bleue due à la couleur jaune du coupleur coloré et à l'absorption indésirable du colorant magenta reste constante (fig. 3).

Pour le colorant cyan, un coupleur coloré jaune et un coupleur coloré magenta sont utilisés de la même manière. Les parties de la photographie qui n'ont pas été exposées présentent, dans ces conditions, une coloration jaune-orangée provenant de la somme des densités dues aux coupleurs colorés. Il est évident que la correction par coupleurs colorés ne peut être utilisée pour les films de projection. Elle est utilisée pour les négatifs et les films intermédiaires.

Un second système de correction fait appel à l'effet inter-image [4]. L'effet inter-image est un effet de développement analogue à l'effet de bord qui apparaît dans les films noir et blanc [5].

L'effet de bord apparaît lorsqu'un film noir et blanc comporte une plage sombre à côté d'une plage claire. Après traitement dans un révélateur conventionnel, la plage claire est plus claire au voisinage de la plage sombre et la plage sombre est plus sombre au voisinage de la plage claire. Au niveau de la limite des deux plages, la composition du révélateur est modifiée ; il y a sous-développement de la plage claire par le révélateur usagé provenant de la plage sombre et sur-développement de la plage sombre par le révélateur neuf provenant de la plage claire (fig. 4).

Dans un film multicouche tel qu'un film pour photographie en couleur, il peut se produire un effet de développement analogue appelé effet inter-image. Un film à deux couches A et B présente cet effet

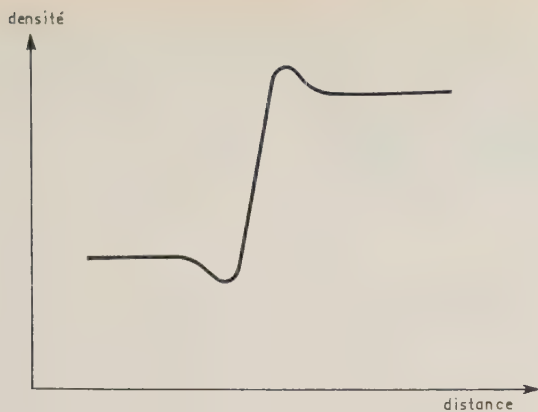


FIG. 4.

de développement si la couche inférieure *B* a été seule exposée ; il disparaît si les deux couches sont exposées. Il est donc possible d'obtenir pour la couche *B* deux courbes caractéristiques différentes selon que la couche *A* est exposée ou non. L'effet inter-image entraîne une augmentation du contraste de la couche *B*, qu'il s'agisse d'un film négatif ou d'un film inversible (fig. 5).

Les saturations obtenues avec un jeu de colorants donnés seront d'autant plus grandes que le contraste du procédé est élevé. Cependant, si on augmente trop le contraste d'un film, le rendu des valeurs devient mauvais. L'effet inter-image permet de concilier ces deux notions qui paraissent incompatibles. Le contraste des sujets neutres et peu saturés est normal, donc le rendu des valeurs de la plus grande partie de l'image est correct, celui des sujets fortement saturés est plus élevé donc la reproduction des teintes vives est améliorée.

Si l'on photographie, par exemple, un sujet rouge, seule la couche sensible au rouge est exposée. Après traitement inversible, les colorants magenta et jaune sont formés au maximum et le colorant cyan est

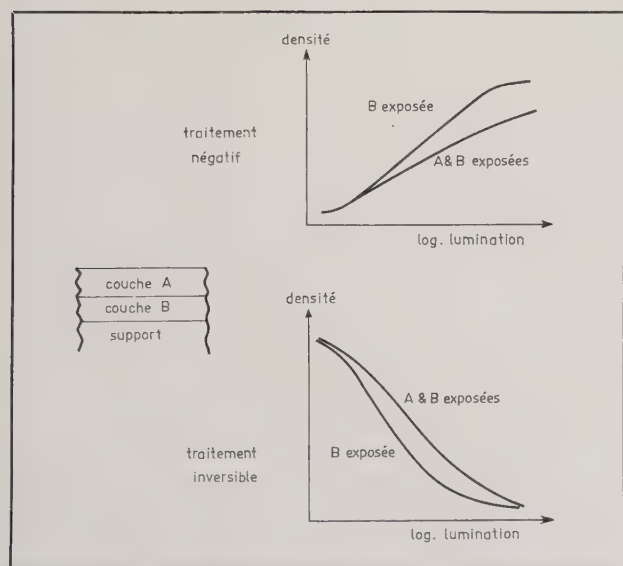


FIG. 5.

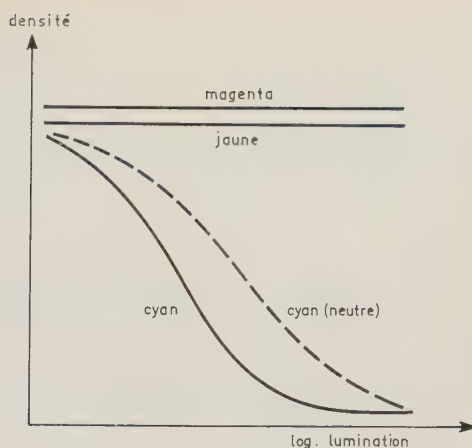


FIG. 6.

formé en fonction de la luminosité du sujet photographié. Moins il y a de colorant cyan dans le film, plus la coloration rouge paraît saturée. Cette quantité de colorant cyan est d'autant plus faible que l'effet inter-image (qui apparaît puisque deux couches ne sont pas exposées) est plus élevé. L'effet inter-image doit cependant être limité afin de conserver un certain rendu de valeur des couleurs pures (fig. 6).

Les émulsions des films Kodak Ektachrome ont été conçues pour bénéficier de l'effet inter-image. C'est ainsi qu'il est possible d'obtenir des images de bonne qualité avec des systèmes inversible-inversible, c'est le cas de l'Eastman Ektachrome Commercial, film de prise de vue, qui est tiré sur film Eastman Duplicouleur, film de projection.

3. Application aux films pour télévision en couleur

Les films destinés à la télévision en couleur doivent présenter un intervalle de densité plus faible que les films destinés à la projection [6], [7]. Différentes raisons sont à l'origine de cette limite : intervalle de luminance du tube trichrome, rapport signal/bruit du télécinéma, etc.

Pour réduire l'intervalle de densité présenté par le film, deux méthodes peuvent être employées : limitation de l'intervalle de luminance de l'objet photographié [8] ou emploi de films à contraste plus faible.

La Télévision en Couleur bénéficie des corrections de couleurs des films actuellement utilisés. Correction par coupleurs colorés des films Eastman Color, correction par effet inter-image des films Kodak Ektachrome.

Si l'on accepte de considérer le film comme un support d'information dont la qualité doit être obligatoirement jugée sur un tube trichrome, des corrections supplémentaires peuvent être envisagées :

- les sensibilités du film de prise de vue peuvent être ajustées sur les courbes de mélange des primaires du récepteur,

- le film destiné au télécinéma peut lui-même comporter des coupleurs colorés.

Pour que cette dernière correction soit complète, les parties les plus claires de l'image doivent avoir

une densité de 0,80 en bleu et 0,40 en vert. Ces dernières valeurs correspondent à des coefficients de transmission de 0,16 et 0,40 respectivement. Comme les parties les plus claires de l'image doivent correspondre au blanc du récepteur, les signaux obtenus sur la voie bleue et la voie verte doivent être amplifiés

pour obtenir un volt sur chaque voie. La détérioration de l'image qui en résulte sous forme de bruit n'est pas justifiée par le gain de saturation des couleurs. La solution apportée par le masking électronique semble plus favorable à la qualité de l'image vue sur le récepteur trichrome.

2^e Partie — CORRECTIONS ÉLECTRONIQUES DES FILMS

1. Analyse des films à la télévision

Le film est indispensable à la télévision en couleur et il intervient pour une large part dans ses programmes. Les films actuels permettent d'obtenir sur écran des images de bonne qualité, leurs corrections ayant été étudiées en fonction de ce mode précis d'utilisation.

L'analyse du film par le télécinéma est une opération complexe et délicate ; par contre, l'objet analysé n'a pas une courbe de transmission spectrale quelconque puisque toutes les parties du film sont formées par une superposition de trois colorants dont seules les concentrations varient d'une plage colorée à une autre.

Les difficultés rencontrées dans l'analyse du film par un télécinéma du type flying-spot ont des origines différentes qu'il faut bien séparer au départ :

— il y a d'abord des difficultés dues aux imperfections des colorants réels présentant des phénomènes d'absorptions indésirables, les solutions adoptées par les fabricants et qui donnent satisfaction en projection sur écran ne vont pas toujours dans un sens favorable à l'analyse : augmentation du contraste, correction par masques etc.

— il y a ensuite des difficultés dues à l'analyse elle-même ; ces difficultés sont liées d'une part à l'impossibilité de réaliser des courbes d'analyse théoriques correspondant aux primaires utilisées à la synthèse, et d'autre part aux nombreux paramètres dont dépend la réalisation pratique d'un jeu de courbes d'analyse : spectre de la source, dichroïques de séparation, sensibilité des récepteurs, filtres additionnels (fig. 1).

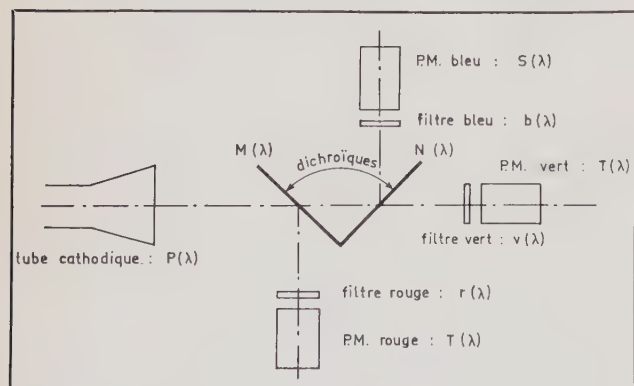


FIG. 1.

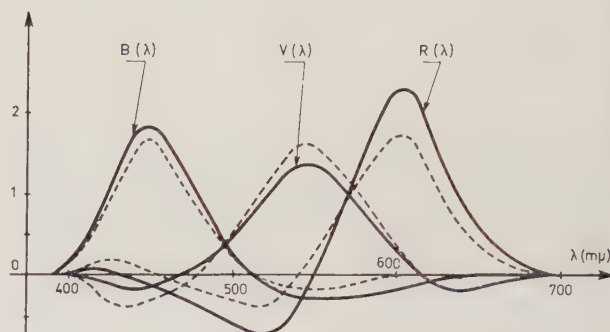


FIG. 2.

— il y a enfin des difficultés dues aux normes de restitution sur le tube trichrome ; on note des différences sensibles entre les primaires réelles utilisées à la synthèse et les primaires FCC, ce qui justifie le choix d'un jeu de primaires théoriques représentatifs de la moyenne des luminophores actuels. Ceci se traduit par une modification sensible des courbes d'analyse théoriques (fig. 2). De plus, on se heurte au problème du changement de blanc, l'illuminant du film en projection étant très différent du blanc C de référence du récepteur trichrome.

	rouge		vert		bleu	
	x	y	x	y	x	y
Primaires FCC	0,67	0,33	0,21	0,71	0,14	0,08
Moy. primaires réelles	0,65	0,32	0,27	0,62	0,17	0,05

2. Moyens de correction électroniques

L'analyse du film par le télécinéma offre des possibilités de correction électronique des signaux d'analyse améliorant sensiblement la qualité colorimétrique de l'image vue sur un récepteur. Ces corrections électroniques sont différentes suivant la nature et l'origine du défaut que l'on cherche à corriger.

— Il est possible de corriger les absorptions indésirables des colorants ; la difficulté essentielle provient de ce que les signaux d'analyse sont proportionnels aux coefficients de transmission du film, alors que les absorptions indésirables que l'on veut corriger sont proportionnelles aux densités des trois couches. La matrice représentant la transformation linéaire qu'il

faut appliquer pour supprimer ou réduire les absorptions indésirables doit porter sur les logarithmes décimaux des signaux d'analyse.

Le principe de la correction est donc très simple et permet, de plus, une solution élégante du problème de la correction de gamma ; en effet, la transformation $V = v^\gamma$ est très facile puisqu'on dispose des logarithmes des signaux : l'exposant $\gamma < 1$ devient un simple facteur d'affaiblissement :

$$\lg V = \gamma \lg v$$

ce qui permet d'obtenir aisément des correcteurs à gamma variable.

Malheureusement, la réalisation d'un tel ensemble pose des problèmes technologiques difficiles à résoudre, le point délicat étant la réalisation d'un amplificateur logarithmique des signaux d'analyse.

— Il est possible de corriger les courbes d'analyse du télécinéma en les rendant plus proches des courbes d'analyse théoriques de façon à rendre minimales les erreurs colorimétriques introduites lors de la reproduction, en acceptant une dégradation raisonnable du rapport signal/bruit. La correction consiste, cette fois, à appliquer une transformation linéaire portant sur les signaux d'analyse.

— Enfin le problème du changement de blanc de référence, dû aux normes de restitution des moniteurs, est théoriquement résoluble : il est toujours possible de reproduire sur le tube un blanc de référence plus proche de l'illuminant classique du film, mais ceci revient à accepter une perte de gain sur deux des trois signaux, d'où une perte de luminance difficilement acceptable avec les récepteurs actuels.

3. Corrections pratiques : le COMAL

Ayant examiné les différentes possibilités de correction électronique des films, il faut maintenant définir clairement le résultat que l'on souhaite obtenir lorsqu'on utilise un film comme élément de programme en télévision en couleur.

Il semble raisonnable de se limiter à un choix entre les deux grandes options suivantes :

— On peut prendre comme modèle le film projeté sur écran. Ceci revient à accepter l'interprétation de la scène filmée donnée par le film et à rechercher une restitution fidèle de cette interprétation. Ceci exige des courbes d'analyse aussi parfaites que possible, de façon à faire de la chaîne télécinéma + récepteur un ensemble fidèle au point de vue colorimétrique.

Les techniques de correction mises en œuvre porteront donc beaucoup plus sur l'amélioration des courbes d'analyse que sur la réduction des imperfections du film.

D'autre part, on se heurte immédiatement au problème du blanc de référence dont il n'existe pas de solution acceptable. On en vient donc rapidement à vouloir prendre comme modèle le film tel qu'il serait vu sur écran s'il était projeté avec une source dont le blanc soit comparable avec le blanc C du récepteur. Cette tendance va dans le sens de l'évolution actuelle

des projecteurs où l'on tend à remplacer les sources classiques par des sources du type lampes au xénon beaucoup plus proches du blanc C.

— On peut aussi prendre comme modèle de reproduction le sujet original tel qu'il aurait été vu par la caméra électronique. Cette façon de voir conduit à accepter les imperfections du système d'analyse du film de la même façon qu'on accepte les imperfections des courbes d'analyse de la caméra, mais elle conduit à corriger en partie les défauts systématiques du film. Elle a, de plus, l'énorme avantage d'uniformiser la qualité colorimétrique des images provenant de sources aussi différentes que la caméra électronique et le télécinéma, ce qui permet de les mélanger sans danger.

Il est évident que la solution idéale du problème passe par l'utilisation d'amplificateurs logarithmiques des signaux d'analyse et que cette solution, difficile à mettre en œuvre, ne sera pas exploitable avant un certain temps. C'est pourquoi il a paru nécessaire d'étudier un ensemble de correction plus simple, facile à mettre en œuvre et permettant de compenser les différences essentielles entre le télécinéma et la caméra électronique.

Le principe de la correction étudiée consiste à agir directement sur les signaux de sortie du télécinéma ; on réalise donc une transformation linéaire des signaux de sortie à l'aide d'une matrice à coefficients négatifs, d'où le nom de COMAL (correction par matricage linéaire) donné à cet ensemble de correction.

D'une façon générale, les signaux corrigés R' , V' , B' sont obtenus à partir des signaux de sortie R , V , B du télécinéma, à l'aide d'une transformation de la forme :

$$\begin{cases} R' = (1+a)R - aV \\ V' = (1+b+c)V - bR - cB \\ B' = (1+d)B - dV \end{cases}$$

a , b , c , d étant quatre coefficients compris entre 0,10 et 0,30.

Remarquons qu'une telle transformation laisse une gamme de gris, caractérisée par des signaux égaux sur les trois voies, globalement invariante, ce qui est une condition obligatoire pour ne pas perturber l'un des réglages de base du télécinéma. L'étude des possibilités offertes par le COMAL a montré que l'on pouvait améliorer globalement les saturations des couleurs reproduites, en particulier les rouges et les magentas qui souffrent des conditions difficiles dans lesquelles le télécinéma analyse la partie rouge du spectre, tout en respectant les teintes chair particulièrement bien rendues par le film ; on peut, de plus, améliorer sensiblement les luminances des verts représentant la partie du domaine de reproduction où les procédés à synthèse soustractive ne peuvent réussir à obtenir une saturation suffisante sans perdre de façon notable sur le coefficient de transmission.

Cette étude a été menée en utilisant des gammes de colorants purs des différents films utilisés, de façon à travailler sur le domaine de reproduction théorique d'une synthèse soustractive à colorants réels.

Ensuite on a utilisé un ensemble de plages de couleurs uniformes, formées d'une superposition des

trois colorants et obtenues par exposition sélective de la pellicule à travers des filtres interférentiels, ce qui a permis de préciser les limites du domaine réel de reproduction. Enfin on a utilisé un ensemble de diapositives tests aussi variées que possible, de façon à couvrir le domaine utile de reproduction et à juger les améliorations apportées par une transformation définie à l'aide des essais décrits ci-dessus.

Le choix des coefficients de matriçage s'est avéré relativement délicat ; en effet, il a été possible de trouver un jeu de coefficients donnant satisfaction pour l'ensemble des films utilisés, mais on constate vite qu'on ne peut guère s'en écarter sans introduire une distorsion sensible des teintes de mémoire (par ex. : teinte chair, feuillages, bleu de ciel...) ou sans diminuer sensiblement les possibilités de la transformation dans une zone déterminée du domaine.

En conclusion, un système de correction du type COMAL est un outil suffisamment simple pour être mis en place dans des délais très raisonnables, il est suffisamment efficace pour apporter d'emblée des satisfactions notables ; néanmoins il ne doit être considéré que comme une solution provisoire, en attendant la réalisation de solutions plus élaborées

qui devraient faire partie intégrante du télécinéma et utiliser des transformations logarithmiques des signaux d'analyse.

Bibliographie

- [1] EVANS, HANSON et BREWER. — Principles of Color Photography. Chapters VIII, X, XI, XIV, XVIII.
- [2] HANSON W.T. Jr. — *Journal of the Optical Society of America*-40 (1950), 166.
- [3] U.S.P. 2'428 054 — Eastman Kodak Company (1945).
- [4] HANSON W.T. Jr et HORTON C.A.. — *Journal of the Optical Society of America*-42 (1952), 663.
- [5] MOUCHEL P. — *Revue de l'AFITEC*. Conférence du 19 octobre 1960.
- [6] ZWICK D. — Some aspects of film as source material for color television. Convention SMPTE, septembre 1965.
- [7] WOOD C.B.B. — Colour Films for Colour Television, *Journal of SMPTE*, vol. 76, octobre 1967.
- [8] PERCY F.T. and CENTRY WEAL T. — Subject Lighting Contrast for Color Photographic Films in Color Television. *Journal of SMPTE*, vol. 63, septembre 1964.
- [9] BREWER, LADD' and PINNEY. Brightness Modification Proposals for Televising Color Film. Proceedings of the Institute of Radio Engineers, January, 1954.

Mélangeur vidéo couleur

J. FLEURY

CFTH-HB

1. Introduction

La C.F.T.H.-H.B., associée à la COMPAGNIE FRANÇAISE DE TÉLÉVISION pour les ensembles modulateurs-démodulateurs, a réalisé pour la Télévision Française deux types de mélangeurs dont les circuits sont développés pour la commutation de signaux de noir et blanc ou couleur « SECAM ».

Ces appareils sont :

- un mélangeur de studio 14 entrées,
- un mélangeur 8 entrées dont les premiers exemplaires ont été utilisés dans les cars de reportage « Couleur » ayant retransmis les Jeux Olympiques d'hiver de Grenoble.

2. Description du mélangeur vidéo couleur SECAM à 8 entrées

Ce dernier mélangeur permet la commutation de six sources vidéo synchrones et deux pouvant être non synchrones.

On trouve sur le pupitre principal (fig. 1) :

- une barre « émission » effectuant la commutation dans la suppression trame locale,
- une barre « préparation » permettant l'observation sur un récepteur de contrôle des sources entrantes, d'un effet spécial ou d'un mélange avant que son envoi soit fait sur antenne,
- une barre « découpage » aiguillant une vidéo vers le générateur d'effets spéciaux qui pourra élaborer, à partir d'elle, un signal de commutation,
- deux barres effectuant la commutation dans la suppression trame permettant de réaliser des commutations par fondus à l'aide de deux atténuateurs pouvant être couplés,
- deux barres effectuant la commutation dans la

suppression trame, permettant de réaliser des effets spéciaux,

- un mélangeur entre la sortie « fondu » et la sortie « effets spéciaux »,

- une barre permettant la sélection des vidéo extérieures servant de référence d'asservissement au générateur de synchronisation local,

- une barre de contrôle technique sélectionnée d'un pupitre secondaire ; les boutons poussoirs des pupitres sont du type « à retour » sans enclenchement mécanique, les opérations étant mises en mémoire par des relais associés aux poussoirs.

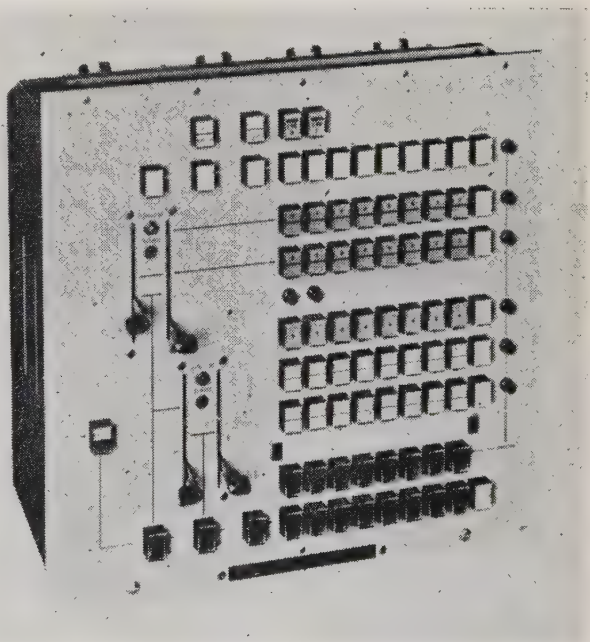


FIG. 1. — Pupitre de commande

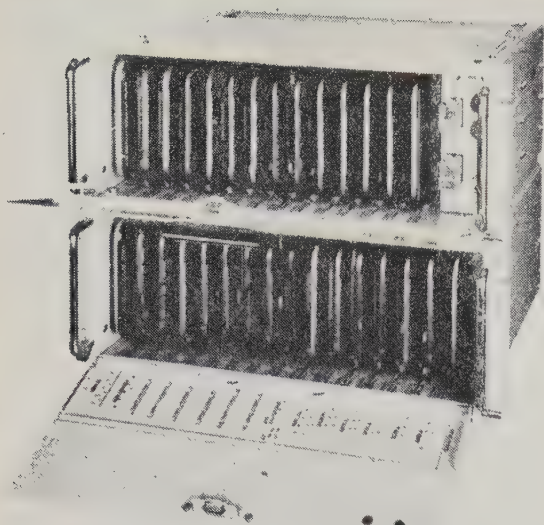


FIG. 2. — Grille de commutation.

Le pupitre ne comporte que les commandes continues, les circuits étant groupés dans des châssis situés dans le local technique (fig. 2).

3. Fonctionnement du mélangeur

Le fonctionnement du mélangeur peut se résumer ainsi (fig. 3) :

a) les signaux vidéo correspondant aux différentes entrées traversent des amplificateurs qui les déli-

vent à très basse impédance ($< 1 \Omega$) aux barres de distribution, après restitution de la composante continue par clamping dans la suppression, clamping pouvant s'effectuer sans détérioration sur les signaux de référence de couleur, quel que soit le standard.

b) l'appel sur la barre émission d'une source ouvre, pendant la suppression trame locale, le point de croisement correspondant. Ce point de croisement est constitué d'un transistor collecteur commun et d'une diode série que l'on bloque ou débloque tous deux par action de la tension de commande, une deuxième diode située entre les deux jonctions étant mise à la masse quand la voie est coupée, pour court-circuiter les capacités parasites. Simultanément, la voie qui se trouvait préalablement passante est coupée, le changement de voie s'effectuant avec un recouvrement d'une durée de une microseconde.

Le signal sélectionné transite alors dans une ligne à retard de une microseconde permettant l'égalisation des trajets sur le trajet le plus long. L'appel de la source a commandé automatiquement un deuxième point de croisement synchrone avec le premier ; le signal traverse alors un circuit dans lequel on réinjecte, dans le cas d'un signal synchrone, le signal de synchronisation local par l'intermédiaire d'un commutateur rapide.

c) le passage d'une source à une autre, par mélange ou fondu au noir, s'effectue comme suit :

On choisit sur les deux barres A et B la source actuelle et la source future, la position des atténuateurs étant telle que seule la source actuelle soit passante.

La commande du point de croisement A+B n'apporte aucune modification visible, mais fait changer le trajet effectué par le signal.

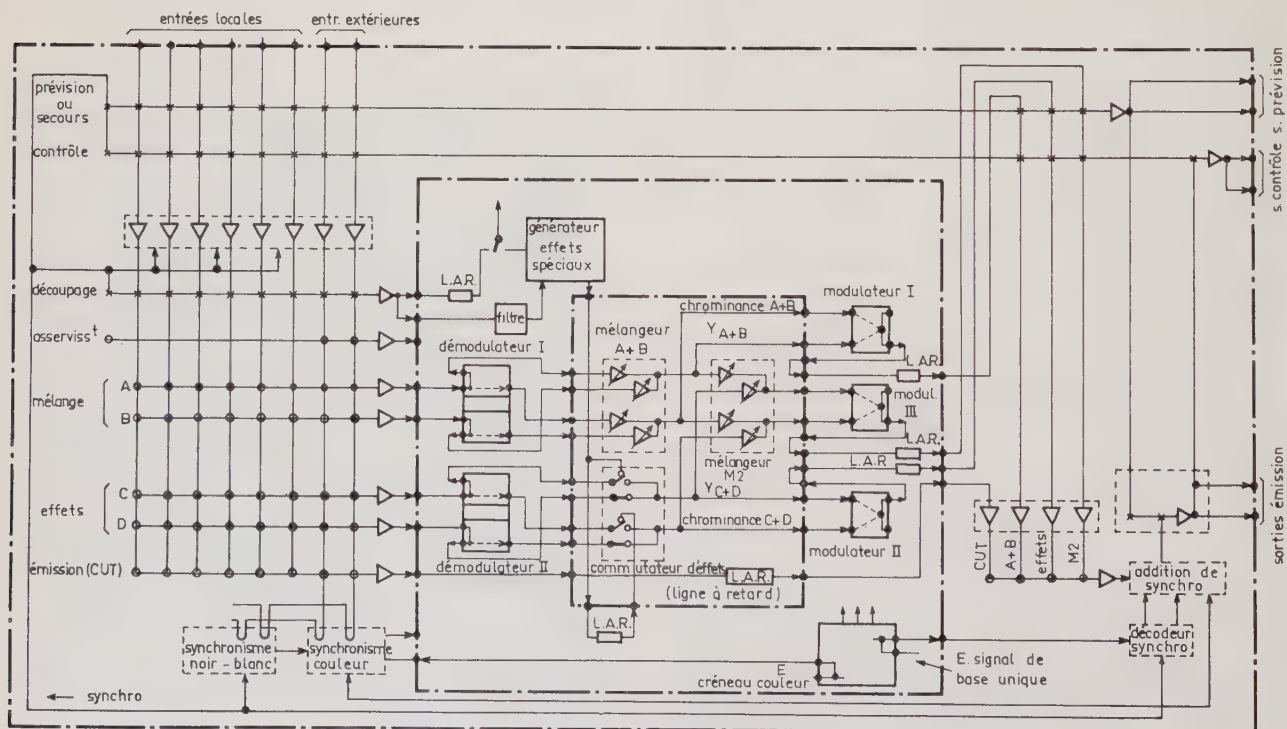


FIG. 3. — Diagramme fonctionnel.

La chrominance du signal est extraite dans le démodulateur I et suit un deuxième trajet parallèle à celui du signal complet. Tant que le signal n'est ni atténué, ni mélangé, le signal de chrominance est inutilisé. Dès que l'opération de mélange — ou simplement d'atténuation — commence, on extrait dans le modulateur les composantes de chrominance des signaux mélangés par l'action du premier couple d'amplificateurs à gain variable, et on rajoute les composantes de chrominance fournies par le démodulateur, après mélange par le couple d'amplificateur à gain variable « chrominance » et remodulation.

Lors d'un mélange effectué entre deux signaux achromes, une trappe dite à résidu constant effectue un filtrage non linéaire des composantes vidéo contenues dans la bande de chrominance (3,5 à 5 MHz) afin d'affecter le moins possible la résolution des images, tout en évitant les phénomènes de « cross-color ». On ajoute ensuite au signal achrome les lignes d'identification SECAM et les sous-porteuses de fréquences correspondant à des signaux achromes, afin d'empêcher les récepteurs couleur de déchromatiser pendant une courte séquence achrome insérée dans un programme couleur.

Lors d'une commutation de voie par effet spécial, le fonctionnement est similaire, les amplificateurs à gain variable liés aux atténuateurs étant remplacés par des commutateurs rapides commandés par les signaux issus du générateur d'effets spéciaux.

Les changements de trajets s'effectuant sans parasite pendant la suppression trame, les différents trajets, tant de la voie signal complet que de la voie luminance, étant égalisés à ± 25 ns près et les gains des différentes voies étant identiques à 2 % près, les manœuvres s'effectuent sans perturbation visible ni changement de couleur de l'image ; pendant une opération nécessitant la démodulation et la remodulation du signal, la perte de définition est d'environ 50 points.

4. Caractéristiques du mélangeur

Les caractéristiques principales de l'appareil sont :

Réponse en fréquence de la voie principale :

comprise entre +0,2 dB et -0,5 dB jusqu'à 6 MHz et +0,2 dB et -3 dB jusqu'à 10 MHz.

Distorsion différentielle :

à 4,5 MHz < 2 % en gain et $< 2^\circ$ en phase.

Diaphotie :

50 dB à 5 MHz.

Linéarité des fondus enchaînés

La variation de gain est inférieure à 5 % lors

d'un fondu effectué entre deux signaux identiques appliqués sur les deux barres de mélange.

Effets spéciaux

Pas de parasite visible lors d'une commutation effectuée entre deux signaux identiques sur les deux barres d'effets spéciaux.

5. Mélangeur vidéo couleur NTSC-PAL

Parallèlement au modèle SECAM, nous avons développé un modèle N.T.S.C. - PAL dont le pupitre de commande est identique.

Les différences principales en sont :

— mélanges et effets spéciaux effectués directement sur le signal complet,

— réintroduction d'un « signal de noir » d'amplitude constante, constitué de la synchronisation et du signal de référence de couleur (burst) PAL ou NTSC, élaboré dans l'appareil, à partir de la synchronisation, de la sous-porteuse et, dans le cas du PAL, du signal d'identification de couleur (PAL Flag).

Ce signal est réintroduit une première fois après les effets ou mélanges, afin d'en permettre l'observation sur les barres de contrôle et de préparation, et une deuxième fois, pour tous les signaux synchrones, à la sortie de la barre émission.

Les caractéristiques principales sont :

— distorsion différentielle de phase $\pm 1^\circ$,

— égalisation des différents trajets à une nanoseconde près, obtenue par lignes à retard à large bande, l'appoint étant réalisé par les câbles d'interconnexion.

6. Mélangeur de studio à 14 entrées

Les mélangeurs de studio 14 entrées noir et blanc SECAM que nous avons fournis à l'ORTF sont réalisés à partir de circuits identiques et possèdent donc les mêmes performances, mais offrent de plus grandes possibilités d'exploitation. En particulier, ils sont associables à deux générateurs d'effets indépendants et la sortie d'un couple de barres effets ou mélange peut être utilisée comme une entrée quelconque dans une barre de l'autre couple, permettant ainsi des truquages entre trois vidéo ou des fondus dans un truquage.

L'étude et la réalisation des huit premiers mélangeurs ont dû être effectuées en moins d'un an. Ceci n'a été rendu possible que grâce à la collaboration des services d'Etudes et d'Exploitation de l'Office de Radiodiffusion Télévision Française. Je tiens à les en remercier ici.

Codage et mélange des signaux Secam

R. FESSARD

Compagnie Française de Télévision

1. Codage

Le bloc diagramme du codeur (fig. 1) montre les principales fonctions. Parmi celles-ci, certaines devront être traitées d'une façon particulièrement précise.

1.1. Oscillateur modulé en fréquence

Il est constitué par un multivibrateur astable dont le schéma simplifié est donné par la figure 2.

L'oscillateur proprement dit utilise les transistors (1) et (2). La particularité du circuit réside dans la commande à courant constant par les transistors (3) et (4) montés en base commune et recevant le signal modulant. Ceci assure une grande linéarité à

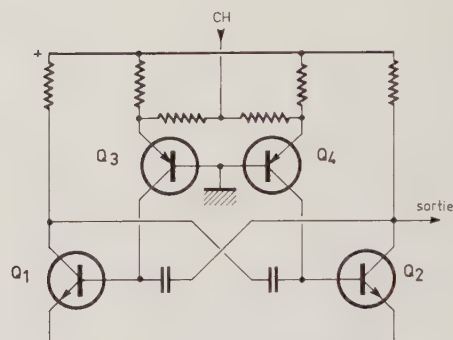


FIG. 2. — Schéma simplifié de l'oscillateur modulé.

la modulation. En effet, les condensateurs reçoivent une charge, rigoureusement proportionnelle au temps, dont la pente est directement fonction du courant de commande.

1.2. Générateur de références

La phase et la fréquence de l'oscillateur modulé sont liées à deux multiples de la fréquence ligne.

La figure 3 montre le diagramme de ce générateur.

Il est constitué par deux filtres passe-bande à quartz (2) et (4) excités par une impulsion formée à

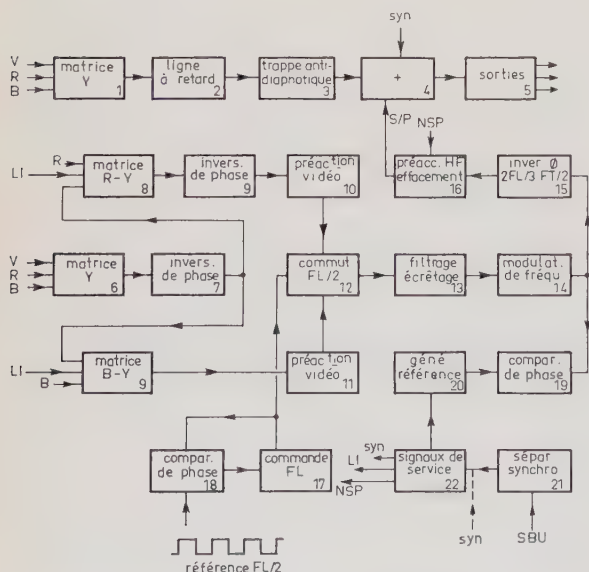


FIG. 1. — Diagramme d'un codeur Secam.

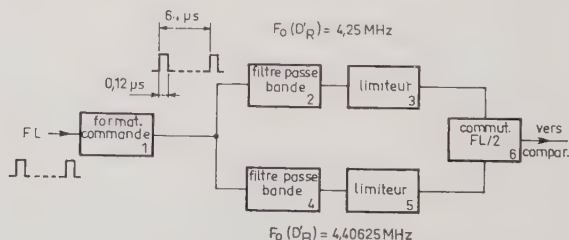


FIG. 3. — Diagramme du générateur de références.

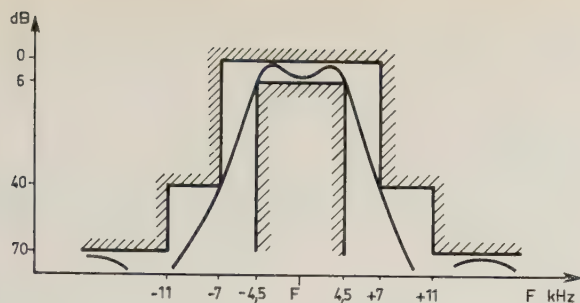


FIG. 4. — Gabarit des filtres passe-bande à quartz.

partir de la fréquence ligne par un multivibrateur ou un différenciateur (1).

Ces filtres sélectionnent chacun un harmonique de la fréquence ligne et le fournissent sous forme d'une fréquence pure ($272 \times FL$ pour D'B et $282 \times FL$ pour D'R) dans les standards européens.

Après limitation d'amplitude (3) et (5), les fréquences sont alternées par le commutateur (6).

La réponse amplitude-fréquence dont le gabarit est donné par la figure 4 est telle que le fonctionnement est assuré pour des variations de FL pouvant atteindre 1/1 000.

1.3. Asservissement de phase

Le diagramme de l'asservissement de phase est donné par la figure 5.

La fréquence issue de l'oscillateur modulé (2) et les fréquences de référence alternées sont comparées en (3).

Le signal issu du comparateur de phase est filtré, amplifié avec sa composante continue et sert de tension de référence à un dispositif de restitution de composante continue (clamp) (1) introduit entre l'arrivée du signal de chrominance (D'R et D'B alternés) et l'entrée de modulation de l'oscillateur. La restitution est commandée pendant les périodes de noircissement ligne. Le schéma de la restitution est donné par la figure 6.

Des précautions doivent être prises pour éviter ou annuler une légère différence de tension restituée qui peut exister entre la période de fermeture et la période d'ouverture des transistors de clamping (5) et (6).

La résistance R amène, en opposition de phase avec les signaux de commande du clamping, une impulsion de faible amplitude qui compense cette différence.

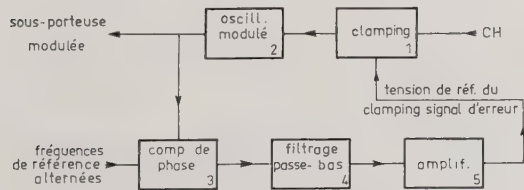


FIG. 5. — Diagramme de l'asservissement de phase d'un codeur Secam.

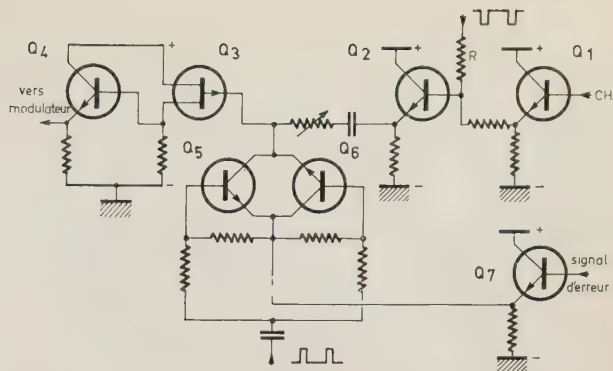


FIG. 6. — Schéma du clamping d'asservissement de phase.

Ces précautions doivent également être prises dans les autres dispositifs de restitution de la voie de chrominance ; sans elles, le piédestal qui apparaîtrait sur les signaux vidéo introduirait une erreur systématique de fréquence de repos pendant la durée active de ligne, malgré la précision absolue de fréquence obtenue pendant la durée d'asservissement.

Une solution qui remédie aux inconvénients dus à la tension d'offset des transistors bipolaires consisterait à employer des transistors à effet de champ, très répandus à présent.

En choisissant dans la gamme existante des éléments à faible résistance interne pour les circuits de clamping de la voie de chrominance, on éviterait les opérations des compensations.

1.4. Trappe antidiaphotique

Elle est destinée à réduire les colorations parasites dues au battement entre la sous-porteuse de chrominance et les composantes du signal de luminance, superposés dans la même bande de fréquences (cross-color).

Pour éviter la perte de définition de luminance qu'apporterait une trappe passive, celle-ci a été introduite dans un circuit actif qui ne la fait entrer en action que lorsque les fréquences parasites sont d'amplitude suffisante pour créer des perturbations.

Le diagramme en est donné à la figure 7.

Le circuit actuellement employé comporte deux voies parallèles, l'une coupe-bande (1), l'autre passe-bande comporte un circuit (2) complémentaire de (1) suivi d'un limiteur d'amplitude (3). Les deux voies sont additionnées en (4).

Le fonctionnement est décrit sur la figure 8.

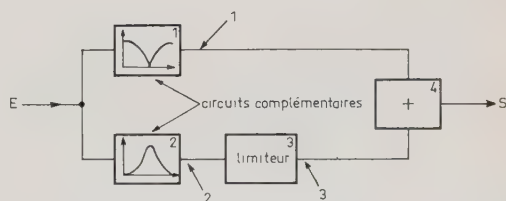


FIG. 7. — Diagramme de la trappe antidiaphotique.

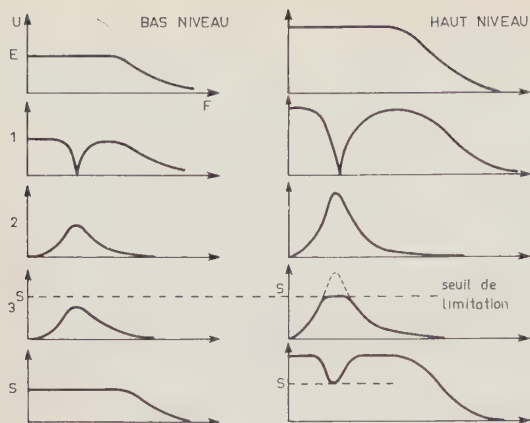


FIG. 8. — Action de la trappe anti-diaphotique en fonction du niveau.

Pour un niveau inférieur au seuil de limitation dans la voie passe bande, la réponse amplitude fréquence observée en sortie est uniforme.

Pour un niveau supérieur au seuil de limitation, la réponse amplitude fréquence observée en sortie accuse une atténuation à la fréquence d'accord de la cloche du récepteur.

Le niveau minimal est fixe et déterminé par le seuil de limitation. Il est réglé à 80 mV en sortie du codeur (50 % du niveau de S/P).

La déformation apportée à des signaux transitoires n'intéresse que la portion du spectre transmise par la voie passe-bande. Ces composantes, déjà d'amplitude réduite dans un échelon unité, sont pondérées par le circuit filtre et se superposent pour former un signal sinusoïdal amorti qui fait rarement intervenir le limiteur, sauf pour des images spéciales (mire de définition, structures répétitives à fort contraste). Une transition N/B de 100 ns et de niveau unité appliquée à la trappe présente, en sortie, un temps de montée de 140 ns et un overshoot inférieur à 6 %.

Une amélioration de ce système anti-diaphotique pourrait être apportée.

Dans le système décrit ci-dessus, lors du Colloque, le limiteur entre en action, pour un signal transitoire, pour un niveau des composantes parasites inférieur à celui qui pourrait causer de la diaphotie. En effet, le circuit passe-bande (2), puisqu'il doit être complémentaire du coupe-bande (1), a une lar-

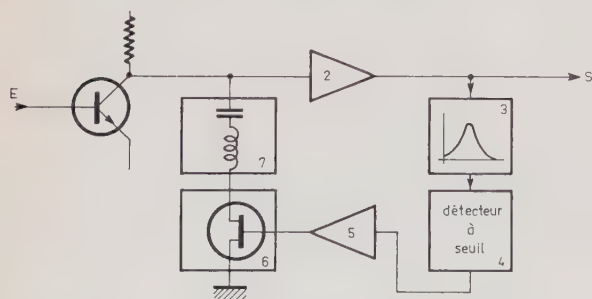


FIG. 9. — Amélioration de la trappe anti-diaphotique.

geur supérieure au filtre de désaccentuation (cloche) des récepteurs.

Le diagramme simplifié de la figure 9 montre quel serait le principe d'un circuit mieux adapté à cette fonction :

Le signal de luminance est appliqué à un amplificateur à émetteur commun (ou à base commune) (1). Le collecteur de (1) est chargé par un circuit coupe-bande (7).

Le signal de luminance est amplifié, s'il est besoin, par (2) avant d'être appliqué aux circuits suivants.

Le signal sortant est dérivé vers un circuit de désaccentuation HF (cloche) (3) identique à celui du récepteur, puis appliqué à un détecteur à seuil réglable (4). La tension détectée, de préférence à double alternance et filtrée, sert à commander l'élément à résistance variable (6) par l'intermédiaire d'un amplificateur (5), si cela est nécessaire.

On peut utiliser la résistance variable d'un transistor à effet de champ en fonction de la tension de polarisation de grille, la résistance de saturation d'un transistor ou la résistance de sortie d'un montage en collecteur commun, etc. Il peut être intéressant d'utiliser deux transistors complémentaires alimentés par un montage symétrique pour éviter l'amplification de la tension de commande.

Naturellement, le seuil de détection serait réglé pour que le niveau des composantes de luminance reste toujours inférieur à 50 % du niveau de sous-porteuse à l'entrée des limiteurs du récepteur.

1.5. Signaux de service

Ils sont engendrés à partir d'un signal de synchronisation mélangé qui est, en effet, le seul signal commun à toutes les normes de distribution en studio.

Un séparateur de synchronisation est introduit dans l'appareil pour fonctionner à partir d'un signal de base unique.

1.6. Mise en phase des codeurs

La bascule qui commande la phase des séquences de couleur à FL/2 est liée dans chaque codeur à des crénaux de référence extérieurs.

2. Mélangeur

La figure 10 donne le bloc diagramme simplifié d'un mélangeur SECAM.

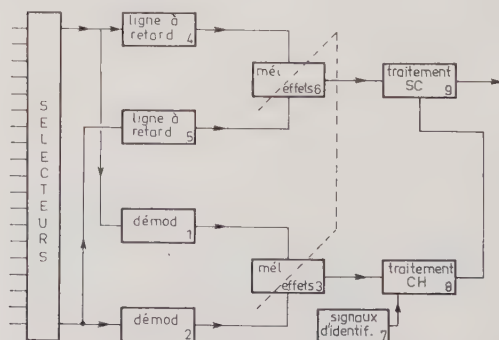


FIG. 10. — Diagramme simplifié d'un mélangeur Secam.

Après sélection, les signaux codés sont tout d'abord démodulés (1) et (2) et désaccentués avant d'être appliqués à un premier dispositif de mélange et d'effets spéciaux (3).

Les signaux complets sont mis en phase avec les signaux de chrominance par les lignes à retard (4) et (5) et sont appliqués à un deuxième dispositif de mélange et effets (6).

Les commandes des deux dispositifs de mélange et effets sont couplées.

Les signaux de chrominance mélangés (D'R et D'B alternés) reçoivent de nouveaux signaux d'identification (7) et modulent une nouvelle sous-porteuse (8).

Les signaux complets mélangés sont filtrés (9) pour éliminer la sous-porteuse initiale et reçoivent la nouvelle sous-porteuse.

2.1. Démodulateur

La figure 11 donne le diagramme du démodulateur.

Le signal complet subit une désaccentuation HF (cloche) (1) et est appliqué à un commutateur (2) fonctionnant pendant les périodes de noircissement de la sous-porteuse.

Le commutateur reçoit, sur sa 2^e entrée, les fréquences de référence alternées.

Ces fréquences sont incorporées au signal appliqué au limiteur d'amplitude (3), puis au discriminateur (4).

Le signal démodulé et présentant deux paliers de repos différents subit une restitution de composante continue (6) pendant la période d'introduction des fréquences de référence. Cette restitution ramène les paliers de repos au même niveau avant l'effacement (7) pendant la période de noircissement ligne. Ce système permet de s'affranchir des dérives possibles du discriminateur. Le signal de chrominance subit enfin la désaccentuation vidéo (8).

Un circuit de déchromatisation (9) bloque le limiteur en cas d'absence de signaux d'identification dans le signal entrant.

Le fonctionnement de la restitution et de l'effacement est expliqué graphiquement par la figure 12.

Le schéma simplifié de ces circuits est donné par la figure 13.

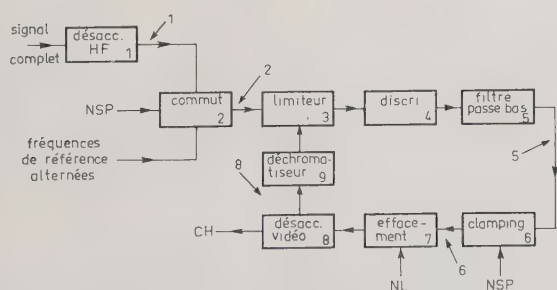


FIG. 11. — Diagramme du démodulateur d'un mélangeur Secam.

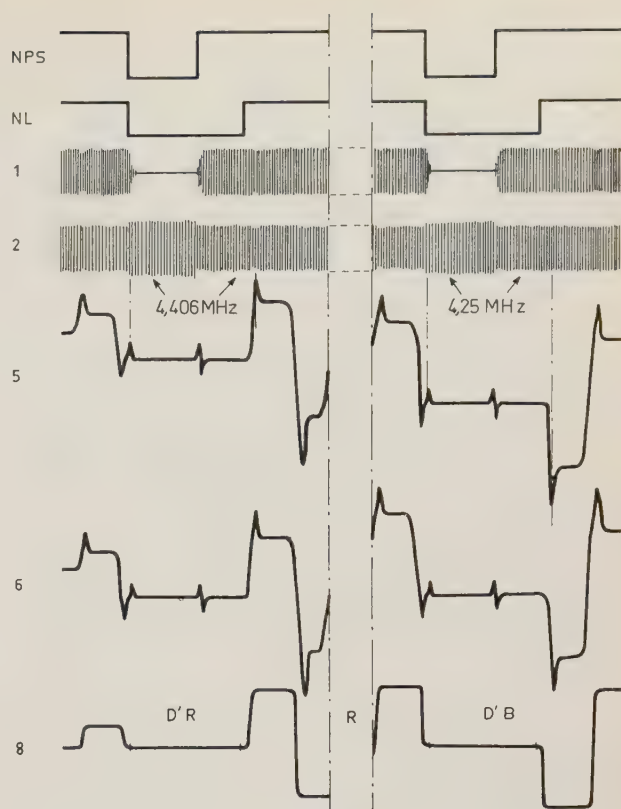


FIG. 12. — Formation du signal démodulé (CH).

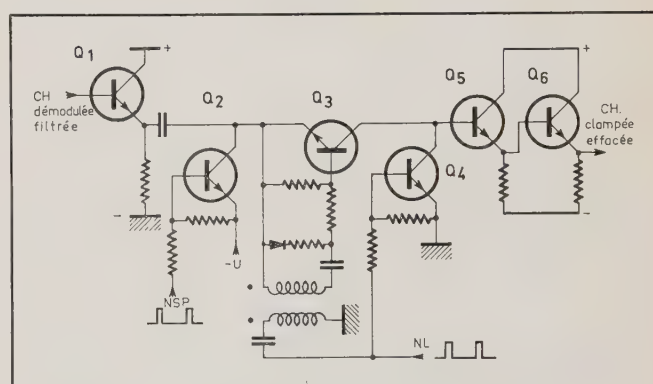


FIG. 13. — Restitution effacement du démodulateur.

Le transistor (2) assure la restitution.

Les transistors (3) et (4) assurent l'effacement.

Le transistor (3) est bloqué pendant les périodes d'effacement tandis que le transistor (4) conduit, et inversement.

Le noircissement s'effectue sans transistor intermédiaire qui pourrait amener des variations de tension restituées en fonction de la température. Aussi le transistor (3) est-il alimenté par un montage flottant pour refermer le courant de commande base-émetteur.

La tension $-U$ qui sert de référence à la restitution est destinée à compenser une différence de quelques mV entre le niveau de restitution et le niveau de noircissement.

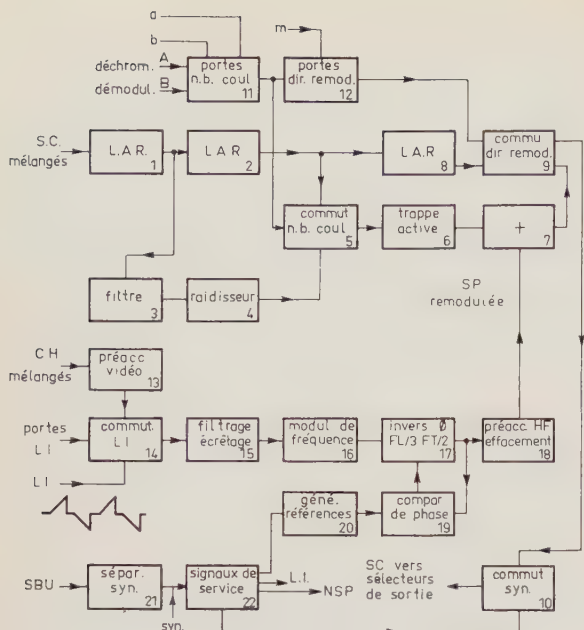


FIG. 14. — Diagramme du modulateur d'un mélangeur Secam.

2.2. Remodulateur

Le diagramme du remodulateur d'un mélangeur SECAM est donné par la figure 14.

2.2.1. Traitement de la chrominance

Le schéma est identique à celui du modulateur d'un codeur, sauf en ce qui concerne le remplacement des signaux d'identification.

Les signaux de chrominance mélangés sont préaccentués (13) et attaquent une entrée d'un commutateur (14) commandé par le signal de porte d'identification dont la deuxième entrée reçoit les dents de scie alternées.

2.2.2. Traitement des signaux complets

Pour éviter la démodulation et la remodulation de la sous-porteuse qui n'est nécessaire que pendant les périodes effectives de mélange et d'effet, on dispose d'une voie de transmission directe du signal complet entrant. Il est mis en phase par les retards (1) (2) et (8) avec le signal remodulé à l'entrée du commutateur (9) définissant le mode de fonctionnement.

Le signal, dans le cas du mélange, emprunte une voie parallèle, dite de remodulation, constituée du filtre passe-bas (3), du circuit de raidissement de fronts (4), de la trappe antiadiaphotique (6) et de l'additionneur de sous-porteuse (7). Le signal remodulé ainsi formé alimente la deuxième entrée du commutateur.

La perte de définition apportée pendant les mélanges observés sur un moniteur trois voies attaqué par un décodeur professionnel est d'environ 50 pts.

Les performances du filtre sont données par la figure 15.

Le signal sélectionné par ce commutateur est le signal direct en dehors des périodes effectives de

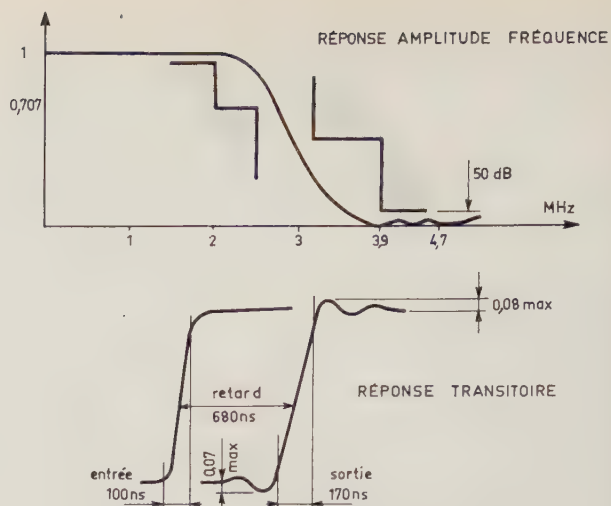


FIG. 15. — Filtre passe-bas du remodulateur.

mélange, lorsque le signal d'entrée est un signal couleur.

En cas de mélange ou de transmission d'un signal noir et blanc, le signal sélectionné par le commutateur (9) est celui fourni par la voie de remodulation.

En outre, si le ou les signaux entrant sont noir et blanc, par conséquent sans sous-porteuse, on évite un filtrage inutile des composantes de fréquence élevée grâce au commutateur (5) qui sélectionne le signal retardé en (2) pour le diriger vers la trappe active et l'additionneur de sous-porteuse (7). Dans ce cas, la sous-porteuse n'est modulée que par les signaux d'identification.

Le signal sélectionné par (9) est débarrassé de ses impulsions de synchronisation pour en recevoir de nouvelles en (10) avant d'être appliqué aux sélecteurs de sortie.

Le commutateur N/B couleur (5) est commandé par un dispositif logique (11) recevant les informations des démodulateurs et du dispositif de mélange. Le commutateur direct-remodulé (9) est commandé par un circuit logique (12) recevant le résultat du circuit de commande (11) et l'indication du type de transmission (directe ou avec mélange).

3. Possibilités de simplification des circuits

Les codeur et mélangeur actuels ont été conçus pour un fonctionnement pratiquement autonome, la seule liaison de service à assurer pour un codeur étant la synchronisation mélangée (ou SBU). Pour la mise en phase de plusieurs codeurs, un signal de crêteaux est nécessaire indiquant la phase de l'alternance de couleur. Il serait possible, dans un souci d'économie de moyens, de centraliser un certain nombre de fonctions sans augmenter les liaisons déjà prévues.

3.1. Fréquences de référence

Une économie sensible pourrait être réalisée en fournissant au codeur et au mélangeur les fréquences

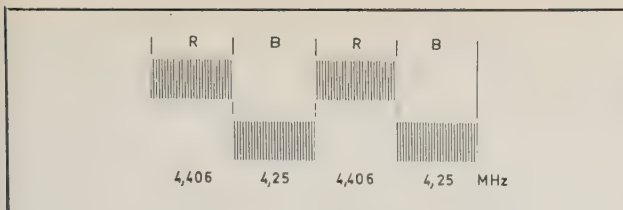


FIG. 16. — Signal composite crêteaux et références.

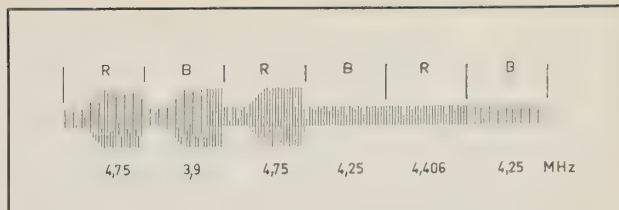


FIG. 17. — Signal composite identification et références

de référence nécessaires à son fonctionnement et ce, sans ajouter de liaison supplémentaire :

a) soit par superposition aux crêteaux d'identification (fig. 16),

b) soit en remplaçant les crêteaux par les fréquences de référence alternées et les lignes d'identification pendant la période réservée à cette fonction (fig. 17).

On éviterait ainsi la génération des dents de scie dans le codeur ou le mélangeur.

Les codeurs pourraient être mis en phase par des circuits analogues à ceux des récepteurs qui effectuent cette opération sans démodulation.

Enfin, dans cette optique de génération centrale des signaux d'identification, il serait intéressant de remplacer les signaux à fréquences variables par de simples salves aux fréquences extrêmes prévues.

En utilisant des oscillateurs à quartz, la précision de fréquence faciliterait le fonctionnement des circuits de déchromatisation des récepteurs.

3.2. Synchronisation

a) L'utilisation d'un signal de base composite (suppression et synchronisation additionnées) serait particulièrement judicieuse pour le codeur et le mélangeur si le signal de suppression inclus était celui nécessaire à l'effacement de la sous-porteuse.

Les circuits complexes d'élaboration de ces signaux dans les codeurs et mélangeurs pourraient être aussi supprimés (fig. 18).

La durée réduite du palier arrière de noir ne permettrait pas de clamber pendant cette période, mais il serait possible de le faire sur le palier avant ($1,5 \mu s$) en utilisant le front précédent différencié, comme impulsion de commande de restitution.

b) En outre, dans le cas des cars de reportage où les codeurs et mélangeurs sont groupés, l'alimentation

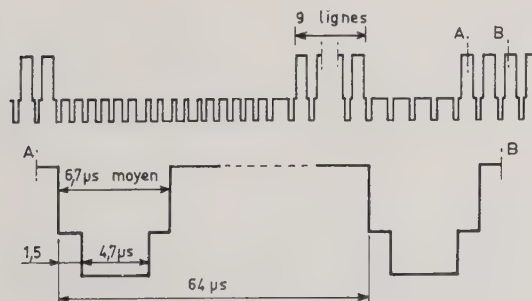


FIG. 18. — Signal composite NSP/SYN.

en deux liaisons de la synchronisation d'une part, des signaux de noircissement de sous-porteuse d'autre part, allégerait encore les circuits des appareils.

4. Simplification des studios

Le principe, admis en SECAM, du traitement de mélange et effets à luminance constante en deux voies séparées peut, rappelons-le, permettre une grande économie de fonctions dans un studio, au prix d'une multiplication par deux des liaisons vers les mélangeurs.

4.1. Suppression des codeurs SECAM

Chaque source d'image comporterait un dispositif de matriçage qui fournirait le signal de luminance et les signaux de chrominance vidéo ; D'R et D'B alternés.

Notons qu'une grande partie de ces circuits existent pour l'élaboration des trois signaux primaires à partir d'une caméra à quatre tubes analyseurs.

Le contrôle de la source s'effectuerait directement en trois voies, dans le cas d'une source à trois sorties (fig. 19).

Dans le cas d'une source à quatre sorties, le contrôle s'effectuerait en introduisant trois matrices passives permettant d'extraire les trois couleurs primaires ainsi qu'on le fait actuellement pour les sources à quatre tubes analyseurs (fig. 20).

L'interrupteur S servirait à comparer rapidement le signal Y en ce qui concerne le niveau et le gamma avec le signal Y'. Cette méthode de contrôle existe peut-être déjà dans les baies de caméras à quatre tubes.

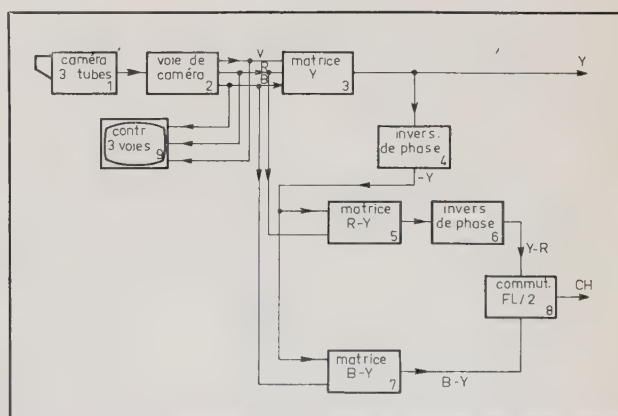


FIG. 19. — Elaboration de Y et CH, contrôle d'image (source à trois tubes).

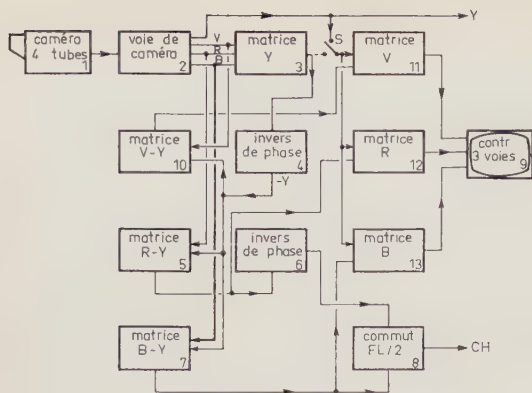


FIG. 20. — Elaboration de Y et CH, contrôle d'image (source à quatre tubes).

5. Projet de mélangeur pour sources à deux voies

Dans l'exemple donné par le bloc diagramme de la figure 21, on voit que le nombre de fonctions spécifiquement couleur est à peu près inchangé par rapport au mélangeur actuel.

L'inconvénient d'avoir à doubler une grande partie des barres de sélection (chaque commande restant commune à Y et CH) est compensé par la suppression des codeurs de chaque source locale et l'absence de perte de définition lors des mélanges entre ces sources.

Seules les sources codées (extérieures ou magnéto-scope) subissent une démodulation et un filtrage pendant les périodes effectives de mélange.

Le filtrage est supprimé lorsque le mélange est terminé ou lorsque le signal appliqué à la barre de mélange correspondante est noir et blanc.

Il est remplacé par une ligne à retard (LR1), grâce au commutateur S1 commandé par un circuit logique simple, recevant le signal de déchromatization du démodulateur correspondant, et l'indication d'état du mélange.

Il y a autant de démodulateurs que de barres de mélange et un modulateur par barre de sortie. Chaque modulateur peut fournir, soit le signal reformé, soit un signal direct.

Le commutateur S2 assure cette sélection, il est commandé par un circuit logique. Il est en état de fournir le signal direct, lorsque le signal sélectionné est une source extérieure et lorsque le mélange est terminé, et lorsque le signal issu des démodulateurs est un signal couleur, et lorsqu'on sélectionne le mélange sur la barre de sortie correspondante.

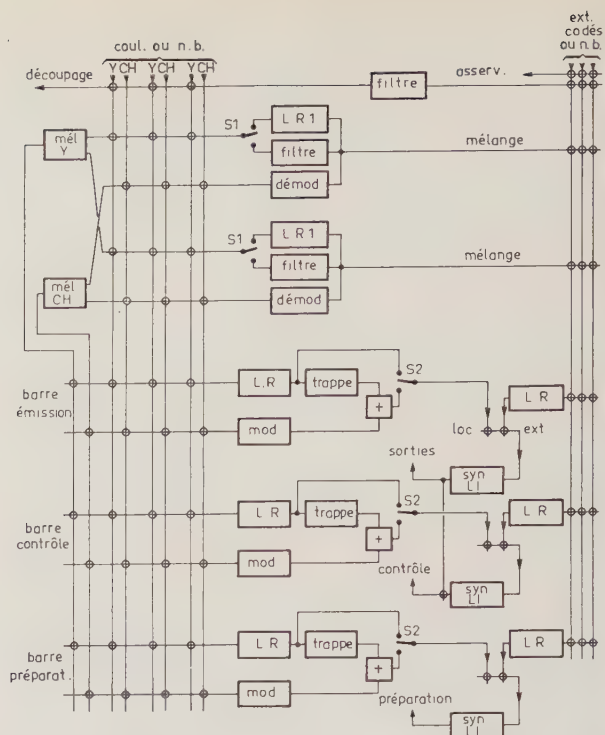


FIG. 21. — Projet de mélangeur pour sources à deux voies ; diagramme.

Un commutateur doit aussi supprimer la reformation des signaux d'identification dans le cas de sélection directe sur les barres de sortie de signaux extérieurs noir et blanc.

Ces commutations sont les mêmes que celles du mélangeur actuel.

Bien sûr, il serait peut-être plus intéressant de placer les démodulateurs directement sur les entrées de signaux extérieurs pour bénéficier du filtrage et de la bonne mise en phase des signaux d'asservissement et des signaux de découpage, mais si le nom-

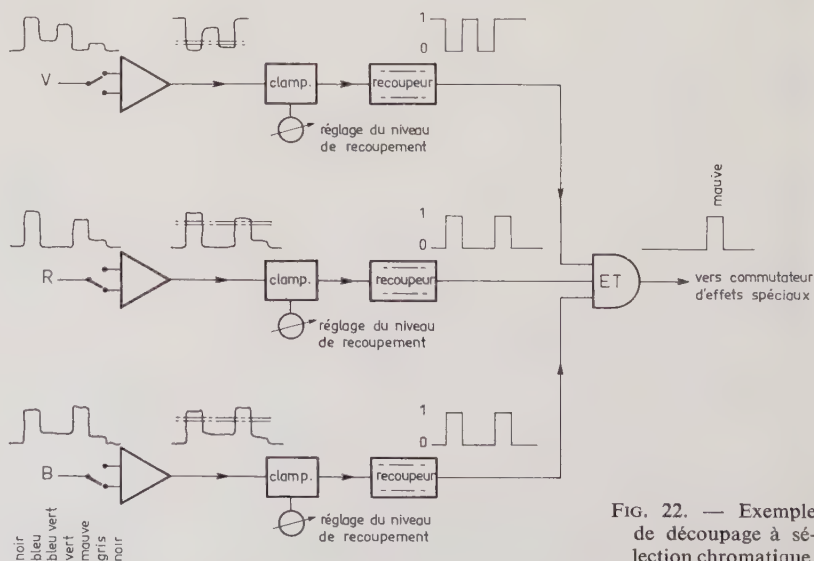


FIG. 22. — Exemple de découpage à sélection chromatique.

bre d'entrées peut être supérieur à quatre, cela ne doit guère être rentable.

On peut faire ressortir les avantages d'un tel système par rapport au mélange à trois voies.

Outre le fait que les sélections mélanges et commutateurs d'effets sont doubles au lieu d'être triples, les signaux codés (extérieurs ou magnétoscopes) sont séparés par une simple démodulation et un filtrage, et non par un décodage complet (ligne à retard 64 μ s, matrices, etc.).

Le principe de luminance constante étant respecté, cela permet d'exiger une moins grande précision des différences de retard et de gain, dans les circuits et liaisons extérieurs et dans ceux qui sont propres au mélangeur.

6. Rappel des possibilités d'effets spéciaux propres à la couleur

Avec un circuit logique (ET+) recevant les signaux BRV préalablement recoupés à un niveau choisi et en inversant ou non le signe d'un, de deux ou des trois signaux, on peut augmenter considérablement la discrimination de la plage d'image choisie pour le découpage :

Exemple : avec R positif, B positif et V négatif, on peut extraire la portion d'image colorée en mauve ; cet exemple est représenté par le diagramme de la figure 22.

Ceci doit pouvoir accroître les possibilités de truquage en télévision couleur.

Si ce procédé existe déjà, l'auteur l'ignore et s'en excuse vivement auprès de ses lecteurs.

Courbe de réponse spectrale désirée du tube Plumbicon et du système optique dans une caméra de télévision en couleur

L. J. van de POLDER

Laboratoire de Recherches Philips

L'un des buts de la recherche dans le domaine de la télévision en couleur est, naturellement, d'améliorer le rendu de cette dernière. Les points principaux pour obtenir une bonne reproduction de la couleur sont la sensibilité spectrale du tube de prise de vues et les caractéristiques spectrales du système optique de la caméra couleur. En outre, une relation linéaire devrait exister entre la lumière à l'entrée et la lumière à la sortie de l'ensemble du système. Pour obtenir une qualité de couleur aussi bonne que possible, on peut utiliser un circuit appelé matrice linéaire. La discussion qui suit concerne l'effet qu'un tel circuit peut avoir sur la sensibilité spectrale désirée du tube de prise de vues et du système optique de la caméra couleur.

Les courbes spectrales auxquelles une caméra couleur devrait répondre sont données par les caractéristiques de la FCC représentées figure 1 et qui sont bien connues.

Ces courbes résultent du choix des primaires dans le système NTSC : rouge, vert et bleu et de ce que le point C représentant le blanc est reproduit sur l'écran du récepteur avec trois signaux d'entrée égaux. Si le récepteur est réglé de cette façon et que les courbes de la caméra sont égales à celles de la figure 1, une reproduction exacte de la couleur est obtenue, c'est-à-dire que les couleurs de la scène seront reproduites identiquement. Cela reste vrai aussi longtemps que les points de couleur de la scène restent situés dans le triangle formé par les primaires du système NTSC.

Au premier abord, une reproduction de la couleur exacte semblerait idéale ; en pratique, on ne la désire normalement pas. Par exemple, si la température de couleur de l'éclairage du studio est d'environ 3 200 °K, un objet blanc aura une appa-

rence jaunâtre. Comme nous ne souhaitons pas le reproduire ainsi, il est par conséquent habituel, en télévision en couleur, de reproduire la scène comme si elle était éclairée avec une source lumineuse normalisée C. Par conséquent, les courbes spectrales de la caméra doivent être adaptées à l'éclairage utilisé. La figure 2 montre les courbes spectrales totales de la caméra pour un éclairage de 3 200 °K. Les courbes de la FCC sont donc idéales quand une reproduction exacte est désirée ou lorsque la scène est éclairée par une source C normalisée, tandis que les courbes de la figure 2 donnent une reproduction idéale dans le cas de l'éclairage d'un studio à 3 200 °K. Les courbes normalisées sont représentées sur la figure 2a.

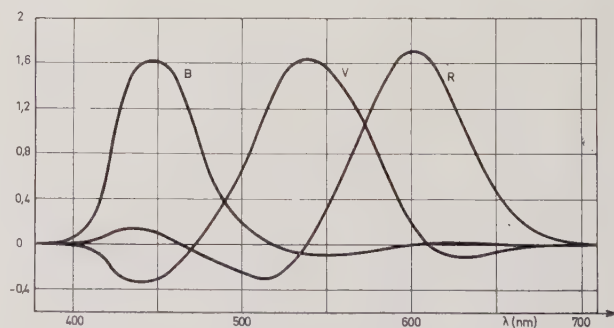


FIG. 1. — Caractéristiques spectrales de la FCC (Commission Fédérale des Télécommunications, aux Etats-Unis).

Couleurs primaires de la NTSC.

	x	y	
rouge	0,67	0,33	$R = 1,92 X - 0,535 Y - 0,290 Z$
vert	0,21	0,71	$V = -0,984 X + 2,00 Y - 0,027 Z$
bleu	0,14	0,08	$B = 0,059 X - 0,119 Y + 0,901 Z$

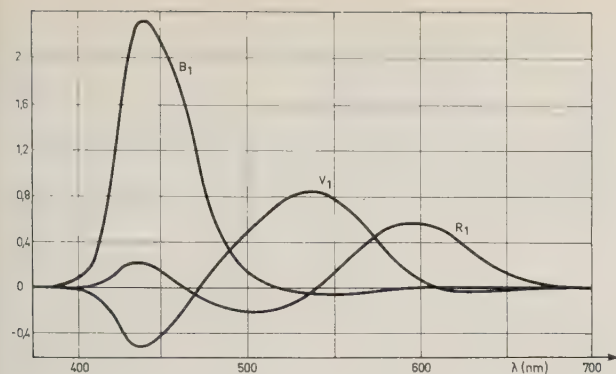


FIG. 2. — Caractéristiques spectrales de caméra pour un éclairage de studio de 3 200 °K.

$$R_1 = \frac{CR}{K} \quad C: \text{intensité spectrale de la source type de lumière } C.$$

$$V_1 = \frac{CV}{K}$$

$$B_1 = \frac{CB}{K} \quad K: \text{intensité spectrale de la source de lumière à 3 200 °K.}$$

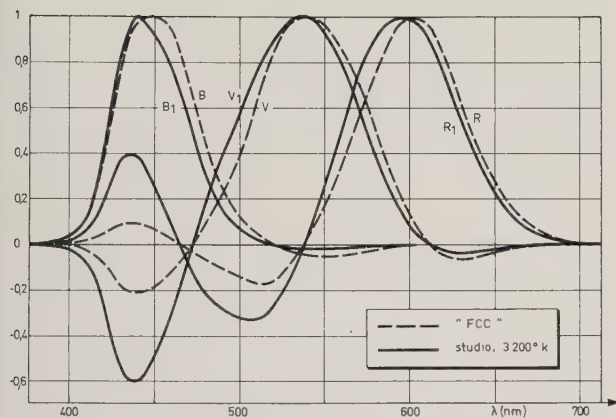


FIG. 2a. — Caractéristiques spectrales normalisées, pour un éclairage blanc C et pour un éclairage de studio.

Un problème lié à l'obtention des courbes spectrales désirées avec la caméra réside dans le fait que ces courbes comprennent des lobes négatifs et qu'elles ne peuvent, en aucun cas, être obtenues avec le système optique ou le tube de prise de vues. Jusqu'à présent, on a pris l'habitude d'ignorer ces lobes négatifs, il s'ensuit qu'il est impossible d'obtenir une reproduction idéale des couleurs. Cela aussi s'applique aux couleurs de la scène qui se trouvent dans le triangle formé par les primaires de couleur de l'écran du récepteur.

La question est de savoir si l'on peut réduire ou même éliminer complètement de telles erreurs.

Une méthode pour résoudre ce problème est d'employer un circuit appelé matrice linéaire (fig. 3). Les trois signaux de sortie de ce circuit sont des combinaisons linéaires des trois signaux d'entrée. En partant des courbes approchées, sans lobes négatifs, et en choisissant les coefficients négatifs appropriés pour le circuit de la matrice, on peut essayer d'obte-



FIG. 3. — Circuit de matrice linéaire.

$$R_0 = a_1 R_i + b_1 V_i + c_1 B_i$$

$$V_0 = a_2 R_i + b_2 V_i + c_2 B_i$$

$$B_0 = a_3 R_i + b_3 V_i + c_3 B_i \quad \text{et inversement}$$

$$R_i = a_1^{-1} R_0 + b_1^{-1} V_0 + c_1^{-1} B_0$$

$$V_i = a_2^{-1} R_0 + b_2^{-1} V_0 + c_2^{-1} B_0$$

$$B_i = a_3^{-1} R_0 + b_3^{-1} V_0 + c_3^{-1} B_0$$

nir de la coïncidence entre les courbes totales en sortie de la matrice et les courbes totales désirées. Cette méthode est étudiée par la BBC, par exemple.

Cependant, il est aussi possible de résoudre le problème d'une façon différente. Puisqu'on connaît les courbes spectrales totales désirées à la sortie de la matrice, on peut maintenant se demander quelles devraient être les courbes spectrales « jusqu'à l'entrée de la matrice » pour obtenir les courbes totales désirées en sortie de la matrice. Ces nouveaux signaux d'entrée de la matrice sont des combinaisons linéaires des signaux de sortie de la matrice et un essai peut maintenant être fait pour trouver des coefficients tels que les courbes d'entrée désirées ou bien ne contiennent pas de lobes négatifs, ou bien contiennent seulement de très petits lobes négatifs. En théorie, ceci est immédiatement possible parce que les courbes de la FCC sont des combinaisons linéaires des courbes X, Y et Z du système de la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) et ses courbes-ci ne sont jamais négatives. Mais on peut se demander si ces courbes de la CIE sont les plus favorables pour la télévision en couleur. La courbe X de la CIE, par exemple, contient deux maximums ce qui n'est guère commode. Par conséquent, en premier lieu, le but est de trouver des courbes spectrales

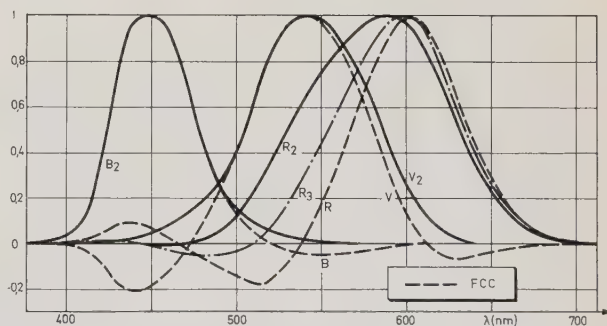


FIG. 4. — Caractéristiques spectrales normalisées pour une caméra couleur avec un circuit de matrice linéaire (éclairage blanc C).

$$R_2 = 0,560R + 0,406V + 0,034B$$

$$V_2 = 0,092R + 0,741V + 0,167B$$

$$B_2 = 0,000R + 0,058V + 0,942B$$

Compromis proposé

$$R_3 = 0,788R + 0,235V - 0,023B$$

« jusqu'à l'entrée de la matrice » qui présentent un seul maximum.

Un exemple d'une telle solution est donné par les courbes R_2 , V_2 et B_2 de la figure 4. Ces courbes spectrales contiennent des lobes négatifs négligeables. Les courbes de la FCC peuvent être obtenues à partir d'elles avec un circuit de matrice linéaire, procurant ainsi une reproduction idéale de la couleur. Un problème connexe de cette solution, toutefois, est que les courbes rouge et verte se recouvrent d'une manière exagérée. Une courbe de compromis pour le rouge avec un recouvrement moindre est donné par la courbe R_3 . Cette courbe a un faible lobe négatif, que l'on peut ignorer avec la caméra.

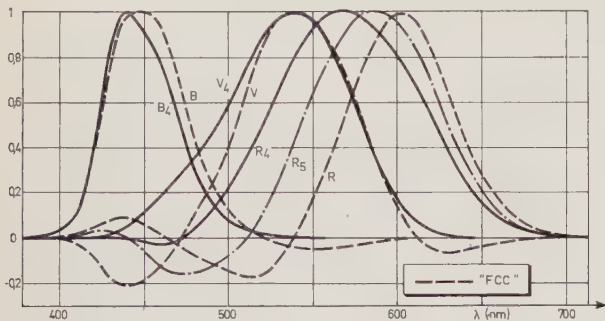


FIG. 5. — Caractéristiques spectrales normalisées pour une caméra couleur à circuit à matrice linéaire (éclairage de studio).

$$\left\{ \begin{aligned} R_4 &= \frac{C}{K} R_2 = \frac{C}{K} (0,560 R + 0,406 V + 0,034 B) \\ V_4 &= \frac{C}{K} V_2 = \frac{C}{K} (0,092 R + 0,741 V + 0,167 B) \\ B_4 &= \frac{C}{K} B_2 = \frac{C}{K} (0,000 R + 0,058 V + 0,942 B) \end{aligned} \right.$$

Compromis proposé :

$$R_5 = \frac{C}{K} R_3 = \frac{C}{K} (0,788 R + 0,235 V - 0,023 B)$$

Les courbes spectrales à l'entrée de la matrice sont données par la figure 5 pour le cas d'un éclairage de studio.

La question est maintenant de savoir quels sont les inconvénients inhérents à l'obtention de cette reproduction de couleur idéale.

En premier lieu, il doit être noté que les besoins relatifs à la sensibilité spectrale du tube de prise de vues, spécialement pour les longueurs d'onde au-dessus de 600 nm demeurent toujours les mêmes. Ainsi, et bien qu'aucune exigence supérieure ne soit imposée, la courbe spectrale désirée ne peut pas être réalisée dans la gamme des rouges avec la sensibilité spectrale actuelle du Plumbicon. Mais des tubes Plumbicon avec une sensibilité rouge améliorée et suffisante sont dès à présent disponibles dans notre laboratoire de recherches.

La figure 6 donne les résultats pour un tel nouveau tube et pour un tube ancien. Ces tubes Plumbicon satisfont aussi les autres exigences imposées normalement aux tubes de prise de vues ; cela signifie que, dans l'avenir, le manque de sensibilité au rouge n'est point un obstacle à l'obtention d'une reproduction de couleur améliorée en utilisant les méthodes ici exposées.

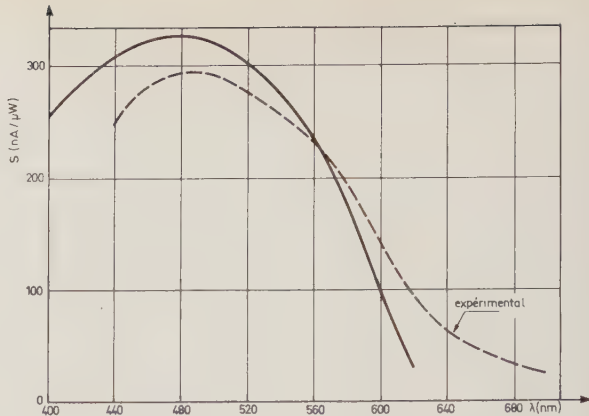


FIG. 6. — Sensibilité spectrale d'un Plumbicon de type normal et d'un Plumbicon expérimental.

D'autres points à considérer sont le recouvrement mutuel des courbes spectrales et l'amplitude des coefficients de la matrice. Les courbes de sortie réelles de la matrice sont obtenues en retranchant une partie des courbes d'entrée, déterminée par les coefficients de la matrice, et plus les coefficients sont grands, plus il est important d'avoir des formes exactes pour les courbes d'entrée.

A partir de là, la solution de compromis qui révèle un degré moindre de recouvrement, semble être plus favorable.

Un autre point à considérer est naturellement le rapport signal/bruit. Il résulte d'un examen théorique que la diminution du rapport signal/bruit peut être tout à fait modérée. Comparés avec les signaux d'entrée, les signaux de sortie de la matrice montrent une diminution du rapport signal/bruit. Cependant, la partie principale du bruit ajouté provient de quantités de bruits corrélés. Quand le signal de luminance pour le système de transmission se trouve composé, les quantités de bruits corrélés se compensent l'une l'autre à un certain degré. Ceci aboutit à un signal de luminance qui n'a été que légèrement altéré. Et, comme on le sait, la plus grande partie du bruit provenant des tubes de prise de vue est transmise via le canal de luminance dans les systèmes normaux de transmission en couleur parce que ce bruit est de forme triangulaire.

Aucune modification dans l'amplitude des signaux de sortie du tube Plumbicon ne devrait avoir d'importance eu égard au traînage de décharge. Des recherches ont toutefois montré qu'aucune modification notable n'est à craindre sous ce rapport. Ceci s'explique par le fait que l'atténuation optique accrue dans les maximums des courbes — atténuation provoquée par une augmentation du recouvrement — est compensée par l'élargissement des courbes spectrales.

En conclusion, on peut dire : il est possible de donner des courbes spectrales pour une caméra couleur qui, associées au circuit de la matrice linéaire, sont capables de procurer une reproduction des couleurs presque idéale. Dans la partie optique de la caméra, des courbes spectrales devraient être appliquées qui dévient légèrement de celles maintenant

normalement utilisées. Ce cas idéal est à présent possible en utilisant des tubes Plumbicon à sensibilité étendue vers le rouge.

Les modifications à craindre dans le traînage et dans les rapports signal/bruit sont faibles. Les tolérances pour les courbes spectrales et sans doute aussi pour la superposition pourraient être quelque peu plus petites par comparaison avec celles que l'on relève dans les caméras existantes.

L'importance de tous ces aspects ne deviendra claire que lors de l'application pratique du système.

Finalement, une remarque peut être faite concernant les primaires de couleur utilisés à présent dans les tubes-image ; comme ces primaires dérivent des primaires en NTSC, les couleurs obtenues ne sont pas correctes. On peut compenser cela du côté transmission en appliquant des courbes spectrales déviant des courbes FCC. Mais une question surgit : faut-il adapter les signaux transmis aux luminophores des écrans utilisés à présent car il est possible que de nouveaux luminophores soient trouvés dans l'avenir ?

Mais si les transmissions étaient faites avec des signaux adaptés aux luminophores actuellement en service, les courbes spectrales des caméras devraient être modifiées par rapport aux courbes de la FCC. Le résultat est montré figure 7. Comme les courbes de la FCC, ces courbes sont des combinaisons linéaires des courbes X, Y et Z du système de la CIE. Cela signifie qu'avec une matrice linéaire, il est pos-

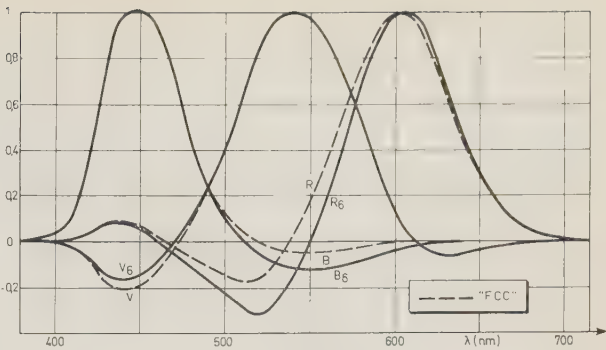


FIG. 7. — Caractéristiques normalisées de caméra pour couleurs primaires actuellement utilisées.

		<i>x</i>	<i>y</i>
Primaires du tube de masque	rouge	0,650	0,320
	vert	0,275	0,590
	bleu	0,152	0,070

$$\left\{ \begin{aligned} R_6 &= 2,755X - 1,185Y - 0,435Z = 1,311R - 0,246V - 0,068B \\ V_6 &= -0,939X + 1,906Y + 0,013Z = -0,001R + 0,956V + 0,043B \\ B_6 &= 0,085X - 0,269Y + 1,002Z = 0,029R - 0,077V + 1,101B \end{aligned} \right.$$

sible de changer les courbes de la FCC en ces nouvelles courbes. A l'heure qu'il est, lorsqu'une matrice linéaire est ajustée visuellement, on peut se demander si ce sont les courbes de la caméra ou les primaires de l'appareil qui sont, en réalité, corrigés.

Expérience de la production des récepteurs de télévision en couleur en U.R.S.S.

S. NOVAKOVSKY

1. Types de récepteurs de télévision en couleur, fabriqués en URSS

En 1967, trois modèles de récepteurs de télévision en couleur ont été fabriqués en U.R.S.S. : « Roubine-401 », « Radouga-4 », « Radouga-5 ». Dès le commencement de 1968, une des usines a commencé à fabriquer un autre modèle de récepteurs, le « Recorde-101 ».

Les caractéristiques principales en sont présentées dans le tableau général ci-joint.

1.1. Récepteur de télévision en couleur « Roubine-401 » à tubes électroniques et à transistors avec tube-image shadow mask

Le récepteur de télévision « Roubine-401 » est équipé d'un tube-image rectangulaire de 59 cm de diagonale à déviation de 90°. Ce récepteur a une

série d'étages à transistors (la voie son, excepté le tube de sortie, et les étages de l'ensemble de chromaticité, sauf les étages de sortie, sont entièrement transistorisés). Sa sensibilité assure la réception des images en noir et blanc et en couleur ; cette réception est satisfaisante, même à la limite de la zone de service, pour le récepteur de télévision en noir et blanc de II^e classe.

Les tubes électroniques, développés spécialement pour la télévision en couleur, sont utilisés dans ce récepteur.

Le circuit correcteur de la distorsion géométrique et la démagnétisation de l'écran du tube-image sont appliqués dans ce récepteur ; le faisceau bleu n'exige pas de convergence dynamique.

L'ensemble de chrominance est presque entièrement transistorisé ; cela permet de maintenir dans cet ensemble et dans tout le récepteur un régime thermique favorisé, d'augmenter la fiabilité et la durée de service et de réduire la consommation d'énergie.

La ligne à retard avec les éléments d'adaptation et l'amplificateur est réalisée sous forme de module séparé, ce qui permet d'utiliser des lignes de types différents et d'éloigner de la ligne à retard les éléments du circuit ayant un niveau de signal élevé ; tout cela contribue à la diminution des courants induits et parasites dans le schéma de l'ensemble de chromaticité.

Le filtre coupe-bande est mis en circuit à l'entrée de la voie de luminance, ce qui assure un affaiblissement supplémentaire de la fréquence de sous-porteuse à 6,5 MHz, et un autre filtre coupe-bande se trouve dans le circuit anodique du II^e étage pour la suppression des signaux de chrominance. Pour les fréquences supérieures à 4,9 MHz, il y a une remontée de la caractéristique amplitude-fréquence dans la voie de luminance, ce qui est rationnel, compte tenu des normes de l'U.R.S.S.

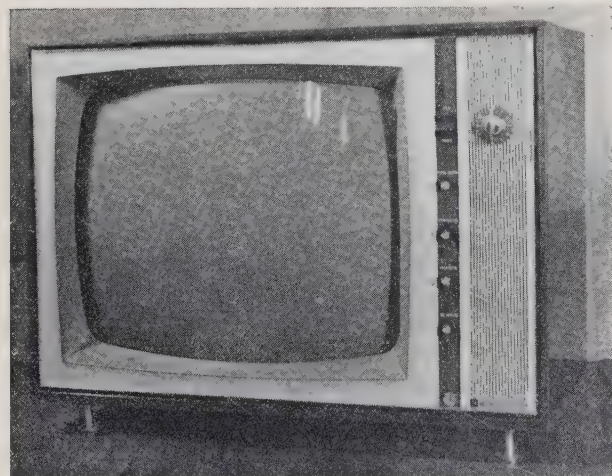


FIG. 1. — Roubine 401.

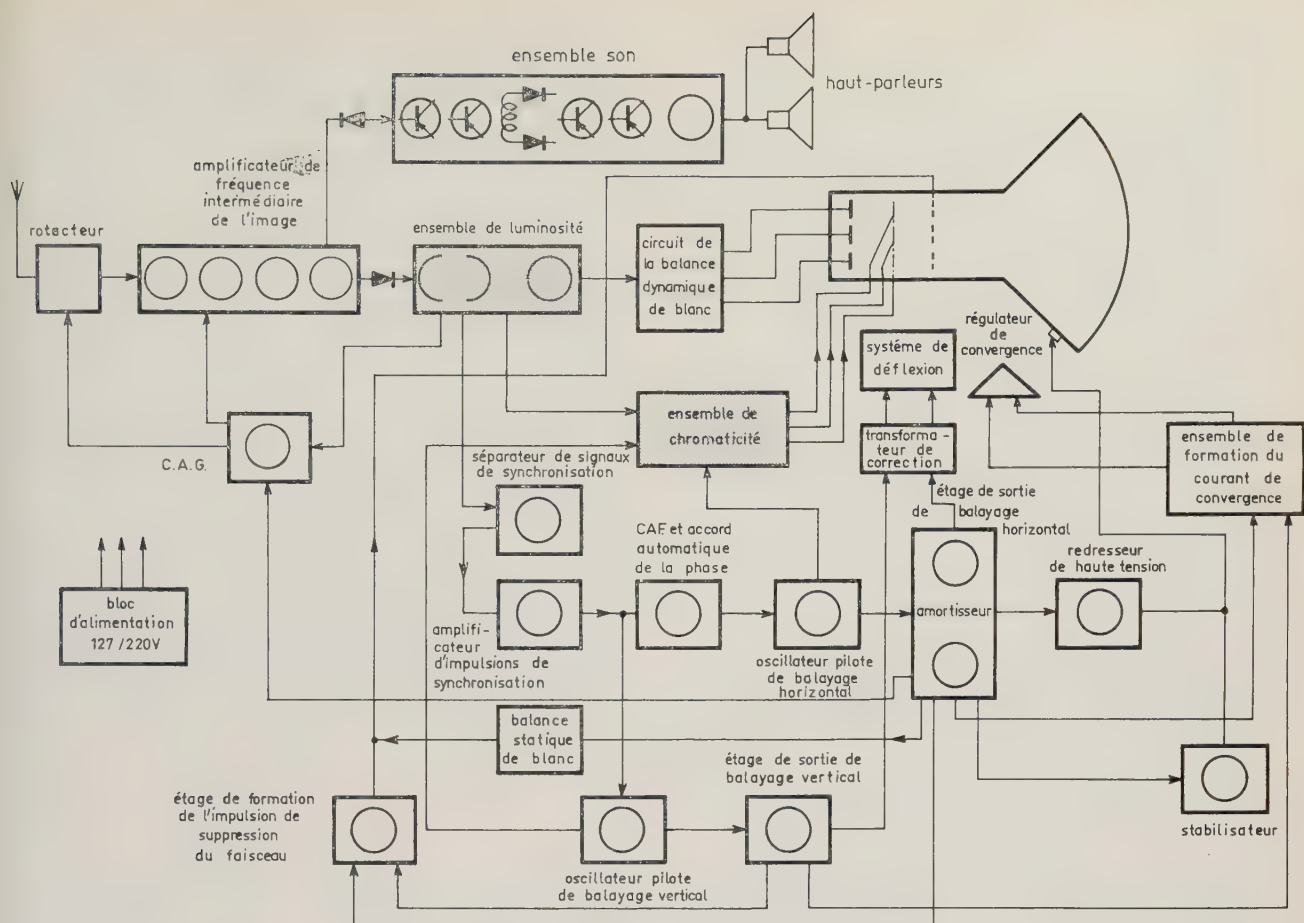


FIG. 2. — Schéma synoptique du récepteur de télévision « Roubine 401 ».

Le schéma est prévu pour la mise automatique hors circuit de la voie de chrominance pendant la réception de l'image en noir et blanc.

Outre les boutons de réglage de la luminosité, il y a un bouton de réglage de l'amplitude crête à crête du signal de luminance (le réglage de contraste) et un bouton de réglage de la saturation des couleurs, qui change l'amplitude crête à crête du signal de chrominance sur la sortie des limiteurs.

1.2. Récepteur de télévision en couleur « Radouga-5 » à tubes électroniques et à transistors avec le tube-image shadow mask

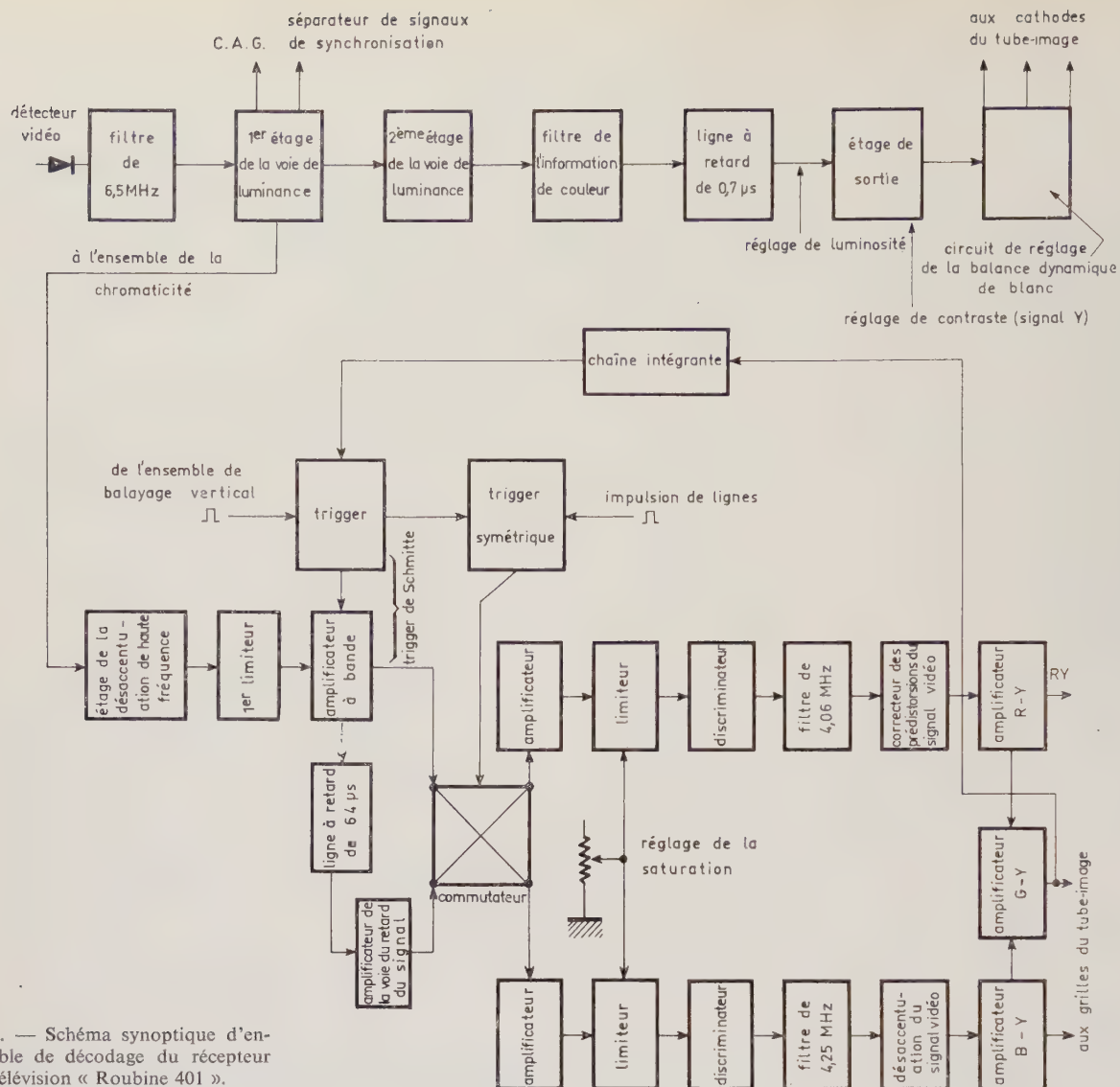
Ce récepteur est équipé d'un tube-image 59 LK3 U (le même tube-image que dans le récepteur « Roubine-401 »), mais il est plus transistorisé que le récepteur « Roubine-401 » ; pourtant l'un et l'autre ont des caractéristiques qualitatives presque égales. La consommation d'énergie de ce récepteur est diminuée de 120 W par rapport au récepteur de télévision « Roubine-401 », c'est pourquoi sa fiabilité est plus élevée.

Le schéma synoptique du récepteur de télévision « Radouga-5 » diffère très peu de celui du « Roubine-401 ».

Le schéma de balayage vertical, la voie de luminance (excepté l'étage de sortie), les ensembles de l'amplificateur à fréquence intermédiaire de l'image et de l'amplificateur à fréquence intermédiaire du son et la voie son sont entièrement transistorisés.



FIG. 4. — Radouga-5 (UT-59).



L'ensemble de chrominance contient quinze transistors et trois tubes électroniques de type 6J 57P (les étages de sortie des signaux de différence de couleurs).

1.3. Récepteur de télévision en couleur « Radouga-4 » à tubes électroniques et à transistors

Ce récepteur est équipé d'un tube-image de type 40LK2U de 40 cm de diagonale, à déviation de 70°.

Le schéma de ce récepteur est analogue à celui du récepteur « Radouga-5 », excepté les ensembles de balayage, à cause du tube-image qui est d'un autre type (40 cm, 70°).

Les sous-ensembles de balayage pour l'angle de déviation de 70° ne sont pas unifiés.

Il n'y a pas de circuit de correction de déformation géométrique de la trame, à cause de l'utilisation du tube-image à déviation de 70° dans ce récepteur

et, de ce fait, la consommation d'énergie sur secteur est diminuée de 60 W par rapport au récepteur « Radouga-5 ».

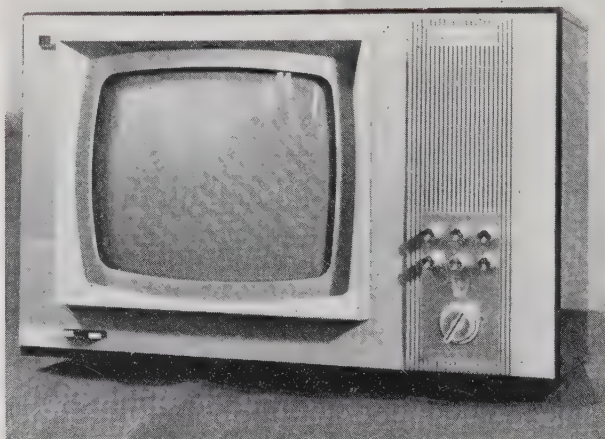




FIG. 6. — Recorde-101 (UT-40).

1.4. Récepteur de télévision en couleur à tubes électroniques « Recorde-101 »

Ce récepteur est muni d'un tube-image de type 40LK2U de 40 cm de diagonale à déviation de 70°.

Pour en réduire le prix, le récepteur est équipé entièrement de tubes électroniques ; de ce fait, ses dimensions ont été augmentées et sa consommation d'énergie sur secteur atteint 300 W.

Le filtre de sélection est inséré entre le rotacteur et l'amplificateur à fréquence intermédiaire de l'image, qui assure la formation complète de la caractéristique amplitude-fréquence de toute la chaîne d'amplification du récepteur ; dans ce cas, la caractéristique de l'amplificateur à fréquence intermédiaire n'est pas réglée. Ce fait permet de faciliter l'accord de l'amplificateur à fréquence intermédiaire de l'image pendant la fabrication et d'augmenter la fiabilité du récepteur.

La caractéristique de fréquence de la voie de luminance a une décroissance rapide à partir de 3,6 MHz.

Dans les discriminateurs, il y a un réglage séparé de la position de fréquence zéro et un réglage séparé de la bande de fréquence entre les crêtes de la caractéristique ; de ce fait, il est possible d'obtenir une bonne linéarité du discriminateur et de simplifier son accord pendant la fabrication.

L'utilisation des tubes électroniques de série, bon marché, sauf le tube de sortie du balayage horizontal (6P42S) dans le récepteur, a permis d'abaisser considérablement le prix de revient de ce récepteur.

2. Expérience de l'exploitation des récepteurs de télévision en couleur

Les récepteurs « Roubine-401 », « Radouga-5 » et « Radouga-4 » assurent une qualité assez élevée de réception pour les images en couleur et en noir et blanc. Le nombre de défaillances communes est peu considérable. L'essai en usine sur prélèvement pendant 750 heures est réalisé pour la vérification de la sûreté de fonctionnement des récepteurs. Les appareillages de mesure ont été développés et seront fabriqués en série par l'industrie pour le service des récepteurs de télévision en couleur.

L'expérience de l'exploitation a montré que les défaillances caractéristiques des récepteurs sont :

- dérèglement du fonctionnement du circuit de la synchronisation de couleur ;
- déséquilibre du blanc ;
- détérioration de la qualité de la convergence dynamique du faisceau électronique et de la pureté de couleur.

Les causes de ces défaillances s'étudient et on prend des mesures pour l'amélioration de la qualité de l'image et de la sûreté de fonctionnement des récepteurs, qui seront fabriqués en série cette année.

3. Technologie de la production des récepteurs de télévision en couleur en URSS

Tout le processus d'assemblage et de réglage sur le convoyeur est divisé en opérations séparées avec contrôle intermédiaire.

Ce processus se compose de trois opérations préliminaires, quinze opérations de réglage et neuf opérations de contrôle.

En plus de l'appareillage de mesure habituel, on utilise un générateur de signal complet de télévision en couleur pour le réglage et le contrôle ; ce signal, modulé par les signaux de barres colorées ou un signal d'image colorée d'objet (les diapositives de référence), est émis dans le lieu de travail.

Pendant l'opération de réglage des paramètres séparés du récepteur, les erreurs de peu d'importance dues au réglage et restant invisibles pendant la vérification complexe se révèlent. A cause de ce fait il est nécessaire d'avoir un générateur de télécinéma et un jeu de films en couleur.

Ce processus est calculé pour la fabrication de 150 à 200 récepteurs sur une chaîne du convoyeur par une équipe. Actuellement une telle productivité n'est pas atteinte mais, dans quelque temps, nous atteindrons cette productivité prévue par le plan de fabrication des récepteurs de télévision en couleur.

4. Mise en service des récepteurs de télévision en couleur et service après-vente

Nous avons formé et continuons la formation des techniciens de radio et de télévision en couleur du

*Tableau général des paramètres des récepteurs de télévision en couleur
de la production nationale russe*

Modèle du téléviseur		« Roubine-401 »	« Radouga » (UT-59)	« Radouga » (UT-40)	« Recorde-101 » (UT-40)
Paramètres principaux					
1.	Sensibilité (μV) :				
	a) de la voie image	50	150	150	200
	b) de la voie son	50	150	150	
2.	Sélectivité (dB)	40	40	40	32
	par rapport au canal conjugué	≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 50
3.	Résolution centrale :				
	a) horizontale	450	450	450	450
	b) verticale	450	450	450	450
4.	Distorsion non linéaire de la trame (%) :				
	a) dans la direction horizontale	12	12	12	14
	b) dans la direction verticale	12	15	15	12
5.	Déformations géométriques tolé- rables de la trame (%) :				
	a) type en tonneau	5	3	3	6
	b) type en coussin	3	4	4	6
	c) type en parallélogramme ..	4	3	3	3
6.	Tolérance de la variation des dimensions de l'image en fonc- tion d'une variation de la ten- sion nominale du secteur de +6 % à -10 %	3	horizontale +6 verticale +6	horizontale +10 verticale +6	5
7.	Correction de déformation géo- métrique de la trame	seulement verticale	verticale, horizontale	sans	sans
8.	Convergence des trois faisceaux :				
	a) aux limites du cercle central (mm)	0,5	0	0	0,5
	b) aux limites à 20 mm du bord de l'écran (mm)	2	3,5	1,5	2
9.	Nombre de canaux de réception	12	12	12	12
10.	Type du tube-image (angle de dévation)	59LK3U/90°	59LK3U/90°	40 LK2U/70°	40LK2U/70°
11.	Nombre de haut-parleurs	2	2/1-GD-38	1/1-GD-38	1/1-GD-38
12.	Puissance d'entrée du son (W)	1,5	1,5	1	1
13.	Mode de synchronisation	avec inertie	avec inertie	avec inertie	avec inertie
14.	Nombre de tubes électroniques	24	14	14	29
15.	Nombre de transistors	15	46	46	—
16.	Nombre de diodes	45	53	53	43
17.	Tension d'alimentation (V) ..	127/220	127/220	127/220	127/220
18.	Puissance consommée (W)	400	280	260	360
19.	Dimensions : hauteur, largeur, profondeur	746 × 518 × 495	560 × 705 × 590	645 × 548 × 430	570 × 620 × 450
20.	Poids net (kg)	70	60	40	50
21.	Non-linéarité de la caractéristi- que du discriminateur (%) :				
	a) pour la valeur de la dévia- tion de 230 kHz	± 5	± 5	± 5	± 5
	b) pour la valeur de la dévia- tion de 400 kHz	± 25	± 25	± 25	± 25
22.	Stabilité de la position zéro du discriminateur dans l'ensemble de chrominance (kHz)	± 14	± 15	± 12	± 15
23.	Variation d'amplitude du signal démodulé après le limiteur pour une variation du signal à l'en- trée du circuit de chrominance de l'ordre de 20 dB (%) :	10	10	10	10
24.	Distorsions maximales entre les voies des signaux de différence de couleurs pour une excursion de fréquence de l'ordre de 230 kHz (dB)	30	30	30	25
25.	Distorsions d'amplitude d'inter- modulation non linéaires maxi- males (aux niveaux des signaux d'entrée) (%)	15	15	15	15
26.	Précision de superposition de fronts des signaux de luminance (ns)	± 60	± 60	± 70	± 60
27.	Tension d'accélération nominale (kV)	25	21-26	19-21	20

Modèle du téléviseur		« Roubine-401 »	« Radouga » (UT-59)	« Radouga » (UT-40)	« Recorde-101 » (UT-40)
Paramètres principaux					
28.	Stabilité de la tension d'accélération par rapport à la tension nominale pour un changement du courant du tube-image de 0 à 800 μ A (%)	5	5	5	5
29.	Luminance maximale de l'image compatible en noir et blanc (nit)	60	60	—	60
30.	Contraste dans les grandes parties de l'image compatible en noir et blanc	—	50 : 1	50 : 1	50 : 1
31.	Nombre d'heures planifiées pour le temps moyen entre deux défauts successifs (h)	1 500	1 500	1 500	1 500

service après-vente dans les différentes villes pour qu'ils assurent au mieux la mise en œuvre et l'entretien des nouveaux récepteurs.

Pour réduire le nombre des opérations qui exigent beaucoup de main-d'œuvre au cours de la fabrication des récepteurs de télévision, on a été amené à un choix rationnel (optimal) du nombre des réglages et à la création de schémas simples et de grande stabilité.

Actuellement les composants constituent la grande partie du prix de revient ; c'est pourquoi il est nécessaire de simplifier autant que possible le schéma du récepteur de télévision en couleur et d'utiliser des composants bon marché, toutefois la fiabilité des récepteurs ne doit pas s'en ressentir.

L'amélioration progressive des procédés de fabrication des composants et du récepteur permettra d'augmenter la sécurité de fonctionnement des récepteurs et de porter, dans les plus brefs délais,

cette sécurité de fonctionnement à 1 500 heures pour le temps moyen entre deux défauts successifs.

La production d'un grand nombre de récepteurs de télévision en couleur pose le problème de la vente de ces récepteurs. Pour la vente des récepteurs de télévision à la population, il est nécessaire d'avoir une bonne qualité et une bonne sécurité de fonctionnement de ces récepteurs. Le prix d'achat des récepteurs de télévision doit être accessible et l'assortiment des récepteurs doit répondre au besoin des différentes couches de la population du pays.

L'expérience nous montre que nous pouvons répondre à ces exigences. D'autre part, il est important que le programme de transmission de télévision en couleur attire l'intérêt de la population tant par le nombre d'heures de transmission que par son contenu et la qualité des couleurs, ce qui doit stimuler la vente des récepteurs de télévision en couleur.

Fiabilité des récepteurs de télévision en couleur

A. BAIZE

La Radiotechnique

1. Introduction

A la fin de l'année 1966, soit un an avant le démarrage des émissions de télévision en couleur, la Direction de la Radiotechnique décidait de lancer sur le marché un récepteur d'images en couleur ou noir et blanc adapté au double standard français. Cet appareil serait 2,5 fois plus complexe qu'un récepteur noir et blanc, on savait que ce serait un appareil cher, délicat à dépanner, pouvant néanmoins avoir une influence sur le prestige de la marque.

Un objectif de fiabilité fut proposé et la Direction demanda en octobre 1966 que soient définis les mesures à prendre et les moyens à mettre en œuvre pour aboutir à la fabrication d'un téléviseur couleur dont la probabilité de non intervention pendant l'année de garantie serait spécifiée. Les mesures destinées à assurer cette fiabilité devraient être prises par les Services concernés : Approvisionnements, Développement, Préparation, Appareillage de mesure, Réception et Fabrication. Le Département Qualité assurerait sa mission habituelle, c'est-à-dire que le Développement pourrait compter sur son assistance, notamment pour des études de dispersion, pour la réalisation d'essais normalisés et pour assurer des prises de contact propres à garantir la fiabilité du produit.

Cette communication portera sur l'ensemble des moyens qui furent alors mis en œuvre.

L'objectif choisi a rendu nécessaire une action préventive au stade du développement de l'appareil, un choix judicieux de l'approvisionnement et une adaptation du processus de fabrication. La mise en œuvre de techniques modernes a permis d'orienter les essais et de les interpréter en vue de rechercher les actions correctives à entreprendre pour se rapprocher de l'objectif final.

Un essai de durée accéléré devait permettre de se prononcer sur la libération de l'appareil en attendant que l'enregistrement des interventions en cours de fabrication du récepteur et lors de son utilisation chez le client, vienne confirmer l'approche des résultats escomptés.

2. La prévention au stade du développement

Il est nécessaire, tout d'abord, de définir les différents termes que nous aurons l'occasion d'utiliser dans la suite de cet exposé.

Le téléviseur couleur est constitué de sous-ensembles comprenant eux-mêmes un certain nombre de composants. Les sous-ensembles sont assemblés dans un premier atelier. Ils sont réglés, emballés puis expédiés dans un deuxième atelier où a lieu le

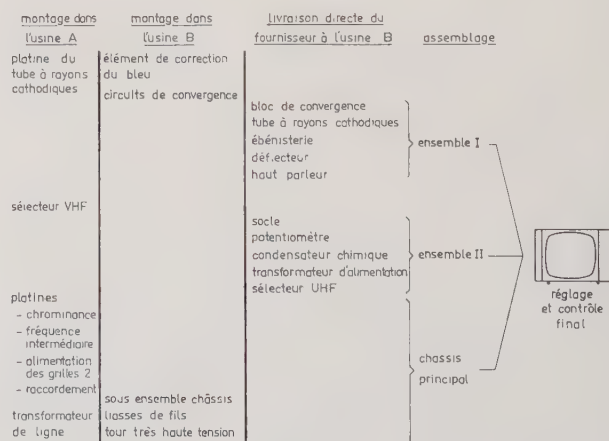


FIG. 1. — Schéma synoptique de l'assemblage du récepteur de TV couleur.

montage et le réglage du téléviseur lui-même, comme nous le voyons sur le schéma synoptique n° 1.

Les essais dont nous allons parler portent donc sur trois types de produits : les composants, les sous-ensembles, le téléviseur.

L'assistance fournie au Laboratoire de Développement a donc été divisée en trois parties :

- des mesures sur les composants dans les conditions dynamiques,
- des essais échelonnés en température sur les différents sous-ensembles,
- des épreuves que nous appellerons essais de libération d'appareil.

2.1. La mesure des composants dans les conditions dynamiques

Une grande partie des composants nécessaires à la fabrication du récepteur couleur avait déjà été utilisée sur des appareils livrés en Amérique et le seul problème qui se posait à nous était de savoir si ces pièces étaient adaptables au double standard français. La spécification du produit était faite, et seul un contrôle d'échantillons s'imposait.

Le reste des composants devait être acheté sur le marché français et nous en reparlerons dans le paragraphe qui se rapporte à l'action du Département Qualité sur l'approvisionnement.

L'effort a donc porté sur les essais de ces composants dans les conditions dynamiques, conditions propres à notre utilisation. Ces essais ont nécessité la définition des mesures à effectuer et des conditions dans lesquelles ces essais seraient réalisés.

Le problème était relativement simple pour les composants déjà utilisés dans les téléviseurs noir et blanc. Nous connaissions, en effet, le pourcentage de défaillance de ces composants dans les différentes exécutions de circuits. Toutefois, le téléviseur couleur apportait des conditions sensiblement différentes. Or, nous savions que la fiabilité des différents composants dépendait non seulement de leurs caractéristiques technologiques mais également des conditions d'emploi.

Des tables américaines nous ont permis de calculer, à partir du « derating », le taux de défaillances catalectiques des différents composants. Les tables utilisées figurent dans le numéro 4 de la revue « *Fiabilité* » du Centre National d'Etudes des Télécommunications.

Il est certain que les courbes données ne correspondent pas toujours exactement au matériel que nous avons utilisé dans nos téléviseurs. Toutefois cela nous a permis d'approcher la réalité, sinon pour faire du calcul prévisionnel, tout au moins pour localiser les zones critiques où les défaillances risquaient de se produire, pour les supprimer.

Des contacts directs avec le Laboratoire de Développement devaient permettre de voir si les remarques faites étaient justifiées ou non ; en réalité, ces mesures furent plus particulièrement effectuées pour la platine de chrominance, le temps nous ayant

manqué pour étendre ce type de vérification à l'ensemble du téléviseur.

Dans tous les cas, nous avons conseillé une utilisation des composants loin des conditions limites de température et de puissance ou de tension. Lorsque, pour un certain nombre d'entre eux, s'est posé le choix de l'approvisionnement, la réponse a été donnée en fonction des impératifs de qualité, de prix et des possibilités d'approvisionnement.

2.2. Action fiabilité sur les sous-ensembles

Cette action s'est traduite, en pratique, par la réalisation d'essais échelonnés en température.

En effet, nous ne connaissions pas exactement les conditions de travail de ces sous-ensembles. Les études du Développement avaient porté sur quelques points particuliers : contrôles en températures, vérification de la tenue des caractéristiques dans le temps, mais seules quelques maquettes avaient pu être examinées. Il s'agissait de voir si nous pouvions jauger la dispersion sur un plus grand nombre de sous-ensembles et accumuler un temps de fonctionnement appréciable.

D'emblée, il n'était pas possible de soumettre ces sous-ensembles aux températures limites. Nous avons donc échelonné les différentes épreuves, dans le temps, en approchant la température désirée par étapes successives. A tous les stades, des mesures étaient entreprises de façon à nous permettre de juger si le comportement était normal.

Ces essais nous ont surtout permis de contrôler la qualité des circuits que nous envisagions de fabriquer, les pronostics de fiabilité n'étant pas suffisamment précis, car il n'était pas question, au stade du développement, d'obtenir un nombre d'heures-maquette assez grand. Toutefois, ces différentes méthodes nous ont permis d'éviter au maximum les ennuis importants.

2.3. Les essais de libération

Ces essais sont plus spécifiquement du type « Qualité » et peuvent être divisés en trois séries :

2.3.1. Les essais dits de « consolidation » de l'appareil sur maquette mécanique

Ces différents essais visent à s'assurer que l'appareil répondra au cahier des charges. Ce sont, en général, des vérifications technologiques et des essais mécaniques, portant sur une seule maquette faite à la main et ne fonctionnant pas du point de vue électrique.

2.3.2. Les essais sur maquette électrique

La deuxième série d'essais porte sur des maquettes fabriquées avec des pièces qui ne sont pas encore des pièces de série, mais qui fonctionnent du point de vue électrique. Ce sont des vérifications des courbes de réglage et du fonctionnement des différents composants sur cette maquette.

2.3.3. Les essais sur prototypes

La troisième série d'essais porte sur des récepteurs conformes à la série qui sont soumis à différentes épreuves : mécaniques, électriques et climatiques,

pour savoir si l'appareil répond aux normes françaises de libération électrique des produits.

Il s'agit d'un contrôle d'aptitude du modèle. A ce stade, nous n'avons pas jugé utile de faire des essais de fiabilité.

3. Le choix de l'approvisionnement

Il y aurait beaucoup à dire sur le choix de l'approvisionnement. En fait, ce choix est commandé en premier lieu par les nécessités du développement. Pour assurer telle ou telle fonction, le Développement a recours au Marché Français ou, le cas échéant, au Marché Etranger dans la mesure où les composants recherchés n'existent pas dans notre gamme ou ne sont pas adaptés à notre double standard.

Depuis longtemps déjà, nous avons spécialisé une section de mesure dans l'exécution des différents essais d'homologation des produits. Ces essais sont effectués suivant les normes en vigueur axées sur la Qualité et la Fiabilité. Une partie de ces essais sont des épreuves climatiques et mécaniques qui nous garantissent que ces composants tiendront au cours du temps. Ces essais sont sanctionnés par des rapports d'acceptation qui visent non pas tant à donner un résultat positif ou négatif qu'à faire corriger le produit par le fournisseur lui-même.

Nous sommes donc arrivés progressivement à obtenir de nos différents fournisseurs une exécution améliorée qui puisse répondre aux impératifs de fonctionnement et de prix.

Ces composants sont ensuite suivis dans la fabrication et en clientèle et un « feed-back » est instauré qui permet de savoir si le fonctionnement aux limites peut être toléré et de préciser les hypothèses de fiabilité utilisées au départ. Quelques composants ont néanmoins dû être essayés tout spécialement de façon à répondre aux impératifs du téléviseur couleur. Ces composants ont subi des essais plus poussés, en fonction de telle ou telle utilisation.

En résumé, nous pouvons retenir de l'action entreprise que les vérifications effectuées ont permis :

- d'obtenir que les modifications ou améliorations nécessaires soient apportées par le fournisseur,
- de donner au Développement les informations lui permettant d'utiliser ces différents composants dans des conditions satisfaisantes du point de vue de la fiabilité,
- d'établir des spécifications de qualité dont furent tirées les gammes de contrôle de certains composants, ces gammes étant nécessaires à la surveillance en réception.

4. Adaptation du processus de fabrication

Pour adapter le processus de fabrication à l'objectif de fiabilité choisi, il a été nécessaire de définir quelques hypothèses qui nous ont permis ensuite d'établir ou de compléter les documents de contrôle en fabrication pour arriver finalement à des niveaux de référence qui devaient normalement nous garantir

que, le processus de fabrication étant respecté, le niveau de fiabilité des téléviseurs livrés serait conforme à ce que l'on pourrait attendre du modèle.

4.1. Les hypothèses de départ

L'expérience de la fabrication des téléviseurs noir et blanc, et en général de la fabrication du matériel électronique grand public, nous a appris que :

— toute défaillance susceptible d'apparaître en clientèle peut, en général, être décelée lors du montage de l'appareil ;

— que, selon leur nature, ces défaillances n'apparaissent pas avec des taux comparables en clientèle et en fabrication ;

— qu'il est donc nécessaire de connaître des niveaux de référence, de façon à savoir si les résultats obtenus en fabrication permettent d'espérer un niveau de fiabilité acceptable.

Depuis longtemps, nous avons constaté que presque tout défaut relevé en clientèle était déjà apparu lors du montage du téléviseur.

Partant de deux documents d'enregistrement, l'un des défaillances en usine, l'autre des défaillances observées en clientèle, nous avons, pour chaque composant du téléviseur, comparé les pourcentages issus de ces deux documents : nous en avons déduit un taux d'efficacité, taux qui est égal au pourcentage trouvé en clientèle sur l'addition des pourcentages trouvés en clientèle et en fabrication.

4.2. Les niveaux de référence

Compte tenu de l'objectif choisi, les niveaux de référence ont été déterminés à partir de l'expérience que nous pouvions avoir de la télévision en noir et blanc.

Pour beaucoup de fonctions, nous nous sommes trouvés devant l'obligation de définir a priori certains niveaux de référence quand ils concernaient des pièces dont nous n'avions aucune expérience en clientèle, quitte à être obligés de les ajuster ensuite.

4.3. Utilisation des niveaux de référence pour garantir l'objectif de fiabilité

Ayant donc divisé notre téléviseur en différentes parties pour lesquelles les niveaux de référence avaient été trouvés, nous avons sommé ces pourcentages et nous en avons déduit une fiabilité prévisionnelle pour le téléviseur. Cette fiabilité ayant été trouvée trop faible, nous avons cherché où il fallait agir, c'est-à-dire adapter le processus de fabrication de façon à diminuer le taux de défaillance lors de l'assemblage. Ce taux de défaillance ayant été abaissé, nous pouvions donc espérer, du même coup, que la fiabilité du téléviseur s'en trouverait globalement améliorée.

Par comparaison avec le niveau d'alerte qui nous permettrait d'atteindre l'objectif de fiabilité choisi, nous en avons déduit l'utilité de mettre en œuvre des moyens spéciaux : soit choix d'un autre procédé, d'une autre technologie ou d'un approvisionnement différent, soit mise en place d'un contrôle supplé-

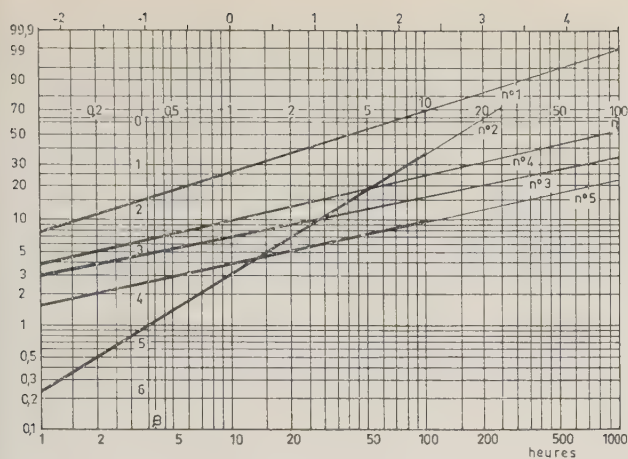


FIG. 2. — Essais de durée accélérés des téléviseurs couleur.

mentaire en fabrication. Nous ne détaillerons pas les différents moyens adoptés, ceux-ci ressortant des techniques classiques de travail, des méthodes en fabrication ou du contrôle des réceptions. Tout au moins, avons nous essayé de ne rien négliger pour nous rapprocher de l'objectif choisi.

4.4. Les essais de durée

Ces différents travaux ayant été exécutés, le développement du téléviseur touchant à sa fin, nous avons vu sortir les premiers éléments de fabrication. Suivre le pourcentage de rejets lors des opérations de fabrication a donc été l'objectif de départ. Puis le nombre de téléviseurs devenant suffisant, nous avons entrepris des essais de durée accélérés.

Le facteur d'accélération est matérialisé par une surtension du secteur de + 10 % et par un accroissement de la température ambiante. Les résultats de l'essai de durée ont été enregistrés sur papier de Weibull, ce qui nous a permis, par la suite, de comparer les différentes exécutions et de savoir si les modifications apportées correspondaient bien à une amélioration de la fiabilité. Ces droites sont reproduites sur la figure n° 2.

5. Conclusion

Chaque jour, un document permet d'analyser les travaux en cours et de juger les niveaux de défaillance atteints par rapport aux niveaux de référence. A ce stade, les corrections immédiates sont encore possibles car les moyens sont relativement aisés à mettre en œuvre.

A plus long terme, l'enregistrement par semaine de ces données renseigne sur l'évolution générale et sur la nécessité éventuelle de modifier le modèle.

Ainsi, sur un téléviseur donné, une bonne fiabilité ne peut être atteinte que si la conformité des exécutions de série peut être garantie.

Une meilleure fiabilité, après avoir été l'un des objectifs du Développement, est maintenant l'objectif de la Fabrication.

L'enregistrement des défaillances en clientèle permettra de savoir si notre but a été atteint et d'obtenir des informations utiles aux nouveaux développements.

Contribution

aux mesures objectives de convergence

sur tube cathodique trichrome à masque perforé

J.-C. STERN

CIFTE

1. Introduction

Le présent exposé se divise en trois parties qui n'ont pas d'autre prétention que de constituer à elles trois une base de départ vers l'estimation objective de la convergence des impacts trichromes à la reproduction d'une image de télévision en couleur sur un cathoscope à masque perforé.

Il n'est pas tenu compte des influences réciproques de la convergence et du registre qui exigeraient un trop long développement et surtout l'exposé d'une tentative parallèle à celle-ci, aboutissant à l'estimation objective dudit registre. Cette tentative a été faite et semble, à l'heure actuelle, aboutir. Il n'a pourtant pas été possible de la décrire au cours du présent colloque. Nous n'en sommes pas moins à la disposition de tous ceux qui désireraient ultérieurement en discuter.

2. Estimation de la qualité de convergence d'une image

La notion de convergence réglée « au mieux » reste encore très subjective ; de nombreuses méthodes ont été proposées et sont encore en discussion. Celle que l'on va brièvement décrire n'a peut-être que le mérite d'une certaine commodité dans l'expression et l'exploitation des résultats.

L'estimation de la qualité de convergence peut être faite par l'observation de 35 points caractéristiques. Ces points sont les points d'intersection de la mire de convergence ORTF 625 et 819 lignes, pour un balayage correctement réglé en géométrie linéarité et amplitudes.

Il est possible, bien entendu, de réduire le nombre de ces points, au prix d'une moindre richesse des résultats. Quoiqu'il en soit, chaque point, suivant son éloignement par rapport au centre, est affecté d'un facteur correctif qui est ici :

3. pour les 8 points entourant le centre,
2. pour les 16 points entourant les précédents,
1. pour les deux fois 5 points situés verticalement à droite et à gauche de l'image.

L'observation est faite en deux temps (fig. 1).

1. Convergence rouge/vert (lire : rouge par rapport au vert)
 - a) convergence des barres verticales,
 - b) convergence des barres horizontales.
2. Convergence bleu/jaune⁽¹⁾
 - a) convergence des barres verticales,
 - b) convergence des barres horizontales.

L'observation de la convergence consiste à compter, selon le cas, le nombre de rangs ou de colonnes de chromatomes de même couleur qui dépassent ou qui manquent suivant le côté considéré⁽²⁾ (fig. 2).

Ce procédé a, sur la mesure en millimètres, l'avantage d'être indépendant des dimensions de l'écran, pour des perforations homothétiques bien entendu (tubes de 63 cm et 49 cm RCA ou CIFTE par exemple).

Les résultats d'observation sont rassemblés sur le tableau de la figure 1 où l'on porte, pour chaque point d'analyse, la cotation de base. Les résultats sont ensuite affectés de leur coefficient correctif et additionnés :

(1) La mesure du bleu par rapport au jaune (sachant que jaune = $R + V$ consiste à mesurer l'écart dudit bleu par rapport à la couleur (rouge ou vert) la plus proche.

(2) Nous entendons par chromatome (étymologiquement la plus petite partie indissociable de couleur) l'impact de la fraction de faisceau électronique découpé par un trou du masque, sur une pastille de luminophore ; le luminophore lui-même n'étant que la matière dont la propriété est de transformer l'impact électronique en lumière.

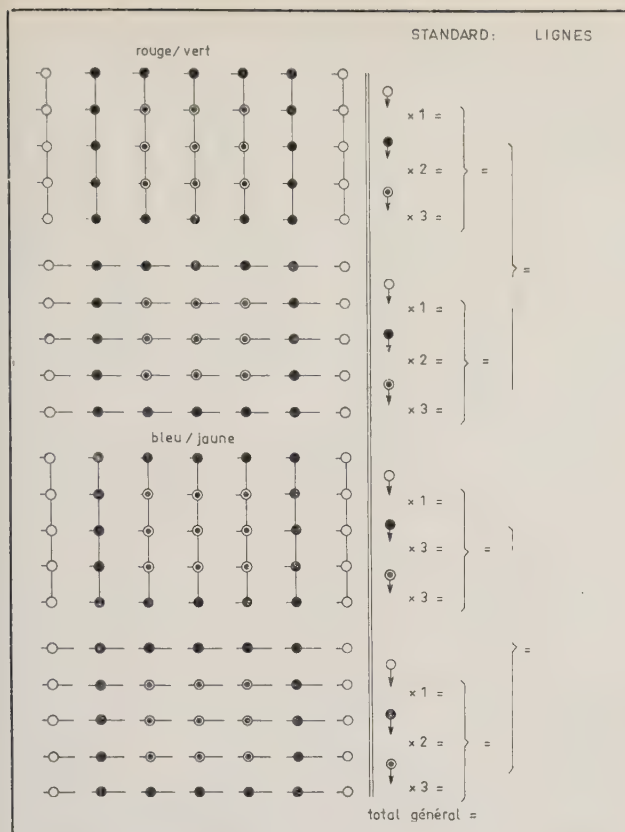


FIG. 1.

- pour les barres verticales rouge/vert
- pour les barres horizontales rouge/vert
- pour les barres verticales bleu/jaune
- pour les barres horizontales bleu/jaune.

Des totaux partiels sont alors effectués :

- pour l'ensemble des rapports rouge/vert
- pour l'ensemble des rapports bleu/jaune

Enfin un total général permet de chiffrer la qualité d'ensemble.

Un tableau ainsi présenté (fig. 3) permet non seulement d'effectuer rapidement les opérations mais aussi et surtout de remonter facilement aux divergences d'origine afin de discuter les résultats en connaissance de cause.

Enfin, on notera que le résultat est un nombre inversement proportionnel à la qualité de la convergence.

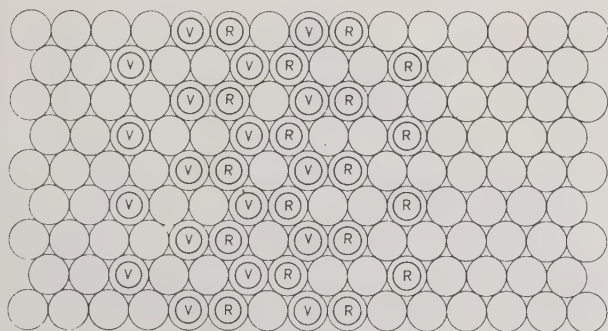


FIG. 2.

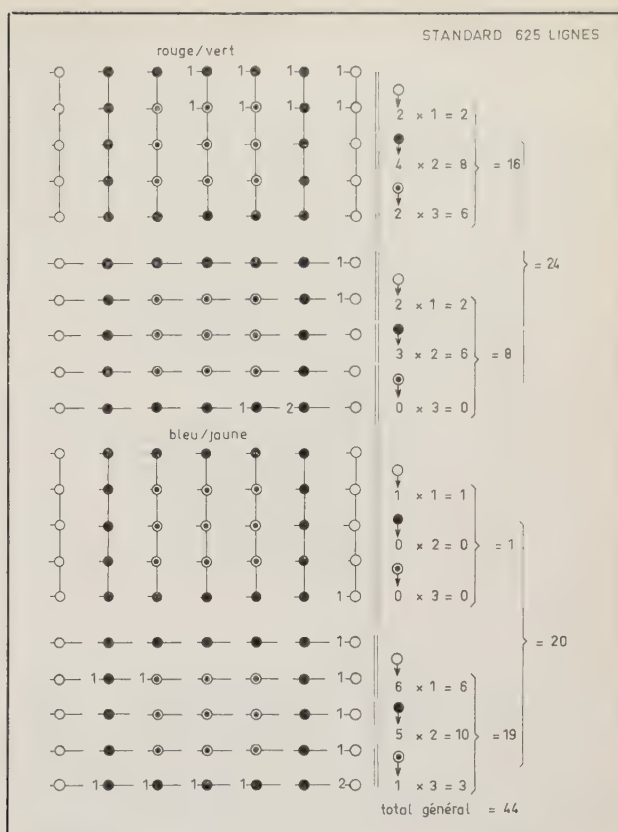


FIG. 3.

3. Tracé des formes d'onde idéales de convergence dynamique

Un autre aspect de l'étude des convergences consiste à acquérir la connaissance des formes d'onde de convergence dynamique idéale, c'est-à-dire les formes d'onde suivies par les courants circulant dans les bobines de convergence d'un ensemble constitué d'un cathoscope couleur et des bobines associées, en permettant d'obtenir une convergence parfaite sur toute la surface de l'écran.

Un dispositif adapté à ce travail est extrêmement simple à réaliser. il comprend :

1° Une mire formée de points très fins.

Dans le dispositif que nous avons expérimenté, 25 points (5 colonnes et 5 rangées horizontales) représentaient le meilleur compromis entre une quantité d'information rarement suffisante et un nombre de mesures toujours trop grand.

2° Trois sources d'alimentation en courant continu, manuellement réglables, de polarité réversible et dont le débit, adapté aux bobines de convergence, est mesuré en permanence.

Chaque source d'alimentation étant reliée à une bobine de convergence, les courants sont simultanément ajustés pour que les trois impacts d'un point donné convergent parfaitement.

Nous négligerons la convergence latérale bleue qui n'exige qu'une extension du système et ne considérerons que les convergences radiales.

Le relevé des trois intensités et leur report graphique aboutit à la figure 4.

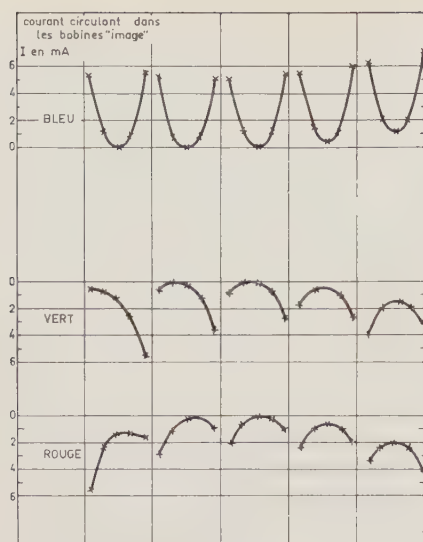


FIG. 4.

On observe que l'on a adopté trois origines d'ordonnées pour les intensités parcourant les bobines : bleu (en haut), vert (au milieu) et rouge (en bas) ; les échelles restant les mêmes. En abscisse, on fixe arbitrairement cinq origines, une par rangée de points ; l'échelle horizontale de part et d'autre de ces origines étant proportionnelle à l'écartement entre colonnes.

Les remarques que l'on peut faire sont les suivantes :

1°) Au point central (3^e point de la 3^e rangée), les intensités sont nulles, ce qui confirme le bon réglage de la convergence statique.

2°) La forme d'onde nécessaire au rythme du balayage horizontal est clairement visible.

3°) La forme d'onde nécessaire au rythme du balayage vertical est également apparente.

4°) L'influence de la seconde sur la première est facilement déductible.

5°) Enfin, on constate que s'il est toujours possible, en travaillant les circuits, de se rapprocher au mieux de ces formes pendant les temps d'aller des balayages, le raccordement des courbes entre elles pendant les temps de retour n'est pas résolu simultanément.

Des procédés d'entrelacement séquentiel des signaux de convergence peuvent être envisagés. Pour un prix modique, ils amélioreraient considérablement les convergences du pourtour de l'image.

Mais l'étude des formes d'onde idéales de convergence (pour un ensemble donné) conduit inexorablement à l'étude des formes d'onde de convergence idéale (indépendantes des imperfections du tube-image et des bobines associées).

Une étude analytique, qui a été faite, est relativement facile ; c'est-à-dire que, pour un écran plat et une image carrée, on passe par les étapes suivantes :

1°) Calcul et tracé graphique du balayage issu du canon bleu (fig. 5).

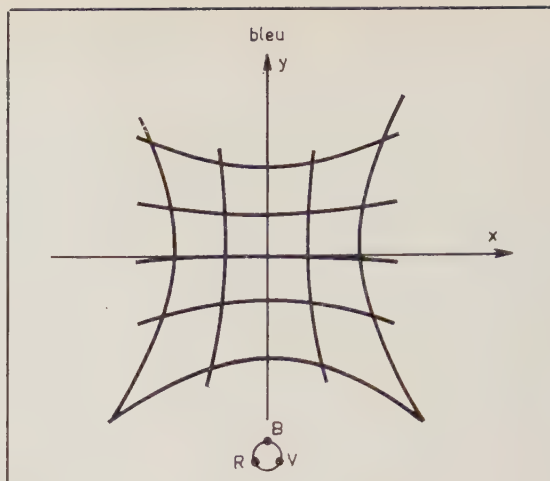


FIG. 5.

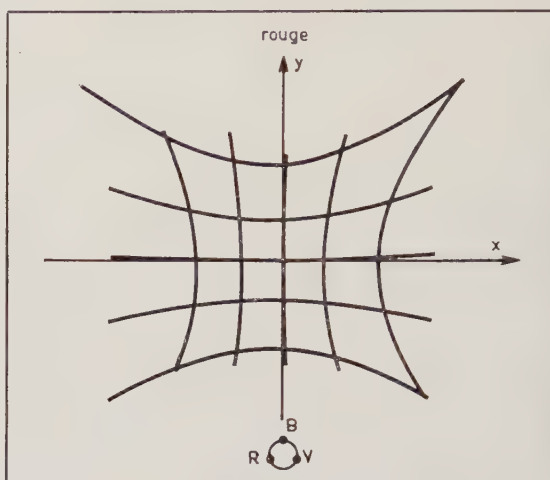


FIG. 6.

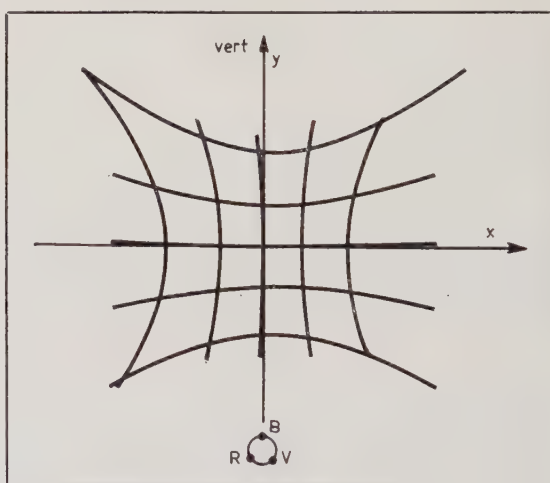


FIG. 7.

2°) Calcul et tracé graphique du balayage issu du canon rouge (fig. 6).

3°) Calcul et tracé graphique du balayage issu du canon vert (fig. 7).

4°) report, sur une même feuille, des 25 points d'intersection des 5 lignes verticales avec les 5 lignes horizontales décrites par les trois faisceaux (fig. 8).

5°) Calcul de l'angle sous lequel est vu, du centre de déflexion, l'écart⁽³⁾ de l'impact de chaque faisceau par rapport au point de convergence.

6°) Report graphique de l'angle sous une forme analogue à celle des relevés expérimentaux précédents (fig. 9).

La discussion des raisons pour lesquelles la figure 9 ne ressemble que de loin à la figure 4, est indispensable.

1°) L'échelle des ordonnées de la figure 9 devrait être transformée d'unités d'angle en unités d'intensité du courant dans les bobines.

2°) L'angle au sommet du cône dont les canons (et les faisceaux non déviés) suivent la génératrice, a été fortement exagéré et devrait être ramené, avec la distance « écran - plan de déviation » à des valeurs plus proches de la réalité.

3°) L'écran plat carré devrait être remplacé par un écran rectangulaire sphérique à grand rayon (au prix de difficultés de calcul sensibles mais surmontables).

4°) Enfin, les courbes de la figure 4 représentaient les seuls courants nécessaires à la convergence. Les courbes de la figure 9 représentent les angles de déviation nécessaires à la convergence *et à la correction de l'effet de coussin* ; c'est dire le développement qui reste encore à faire mais que le temps dont nous disposons nous permet seulement d'évoquer.

Disons qu'une application numérique plus abondante mais tout à fait abordable, 625 points par exemple, permet de trouver assez de ces points proches de rangées ou de colonnes rectilignes pour en déduire les formes d'onde de convergence idéale,

(3) Défini avec les conventions de signe portées sur la figure.

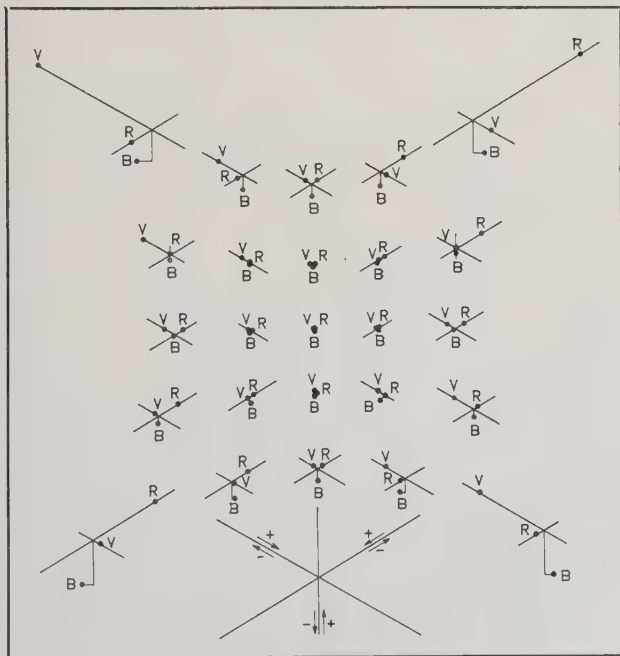


FIG. 8.

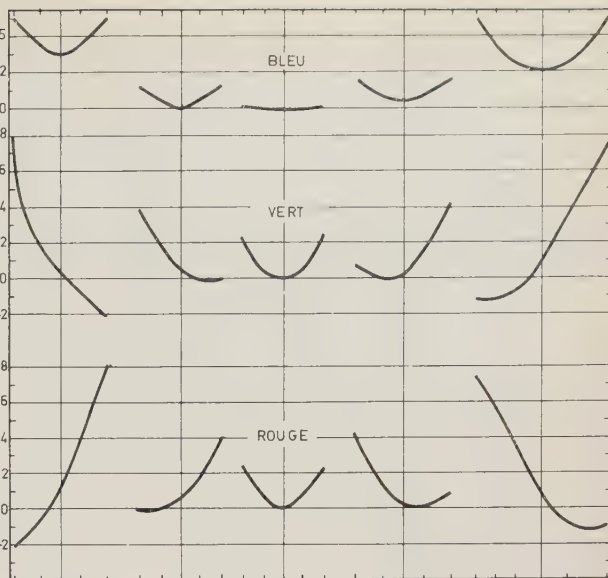


FIG. 9.

dans le cas d'une image corrigée géométriquement au niveau du déviateur de balayage.

4. Etude des circuits de convergence dynamique

Ces études ne suffiraient pas s'il n'était pas possible aussi de visualiser les courants issus des circuits de convergence sous une forme comparable à celle de la figure 4.

Le temps dont nous disposons ne nous permet pas, encore une fois, de décrire en détail un moyen d'y parvenir mais seulement de l'esquisser. Les spécialistes présents sauront fort bien, nous n'en doutons pas, tirer de la suggestion tout le parti souhaitable.

Nous dirons donc seulement que l'emploi d'un simple balayage à fréquence horizontale, réduite à quelques 5 cm de largeur, permet de reproduire, une par une, les courbes de la figure 4 en utilisant, pour le balayage vertical, le seul canon bleu et la seule bobine de convergence correspondante. L'admission du courant de faisceau étant déclenchée par un créneau d'une durée de quelques lignes, issu d'une base de temps retardée de précision.

5. Conclusion

En guise de conclusion nous dirons que, si les procédés que nous venons de décrire n'ont pas la prétention de conduire infailliblement à une convergence parfaite en tous les points de l'écran, nous pensons que leur application est au moins d'un certain secours en cas de difficulté et permet surtout de réfléchir logiquement aux processus impliqués et, par là, de mieux en pénétrer le mécanisme.

Je tiens à remercier pour leur collaboration M. Gérard BLAIN qui a eu la patience de faire les calculs et M. Jack BRESSON pour la finesse avec laquelle il a conduit les expériences.

Modulation des émetteurs de télévision en couleur

C. BABILLON et P. SIMOND COTE

CSF

Département Télévision

1. Introduction

Nous nous proposons, au cours de ce bref exposé, d'examiner les problèmes nouveaux apportés, dans la réalisation des émetteurs de télévision, par la transmission du signal vidéo composite, et d'envisager quelques solutions possibles.

La figure 1 représente le signal composite des trois systèmes actuellement utilisés. Ils présentent entre eux de nombreuses analogies et les précautions

qui doivent être prises pour la transmission du codage NTSC nous serviront de base pour les deux autres systèmes.

Un premier écueil est dû à la présence du signal de référence de phase, centré sur le niveau de suppression ou *burst* et l'amplitude crête à crête de 0,3 V, descendant donc en-dessous du niveau de suppression de 0,15 V.

La figure 2 montre l'enveloppe HF du signal modulé.

Il est évident que, dans ces conditions, en modulation négative, l'émetteur doit être linéaire du zéro HF à 90 % de l'amplitude totale du signal émis, la crête du signal de synchronisation servant de référence.

Ces données sont également valables en codage PAL.

Revenons sur la figure 1 au codage Secam. Durant la transmission du signal d'identification trame, nous retrouvons, une trame sur deux, une des sous-porteuses chrominance centrées sur le niveau de suppression atteignant l'amplitude crête du signal de synchronisation (présence de la courbe en cloche dans le codeur).

Sur la figure 2, nous retrouvons en modulation positive l'enveloppe du signal composite Secam.

Bien qu'aucune tolérance concernant la linéarité ne soit imposée pour la transmission du signal d'identification trame, nous nous efforçons de tenir une clause de 85 %.

Il découle de ce rapide examen un certain nombre de critères communs nouveaux à respecter pour la réalisation des émetteurs devant transmettre une information codée suivant un des trois systèmes :

Par rapport au fonctionnement en noir et blanc :

a) difficultés accrues de stabilisation de l'amplitude du signal de synchronisation,

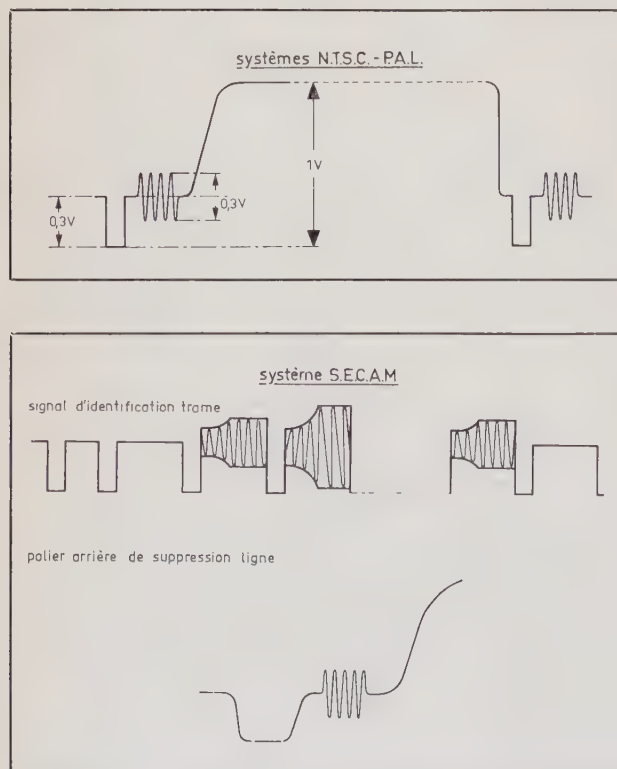


FIG. 1.

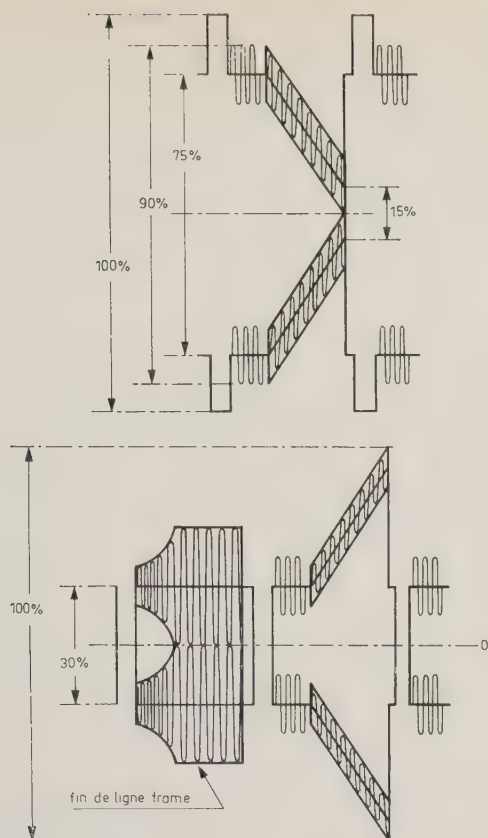


FIG. 2.

b) protection du signal de référence de phase ou *burst* au niveau des dispositifs de restitution de la composante continue,

c) linéarité à conserver en-dessous du niveau de suppression,

d) réduction des tolérances de la courbe de temps de propagation de groupe $d\varphi/d\omega$ autour de la sous-porteuse chrominance,

e) réduction des tolérances concernant la linéarité de la sous-porteuse,

f) introduction d'une clause de phase différentielle de la sous-porteuse de l'ordre de 5° pour les systèmes NTSC et PAL et de 15° pour le système Secam.

Une partie importante de la solution à ces problèmes est liée à la conception du modulateur vidéo. Son rôle est multiple, il doit tout d'abord agir en amplificateur de stabilisation :

Pour cela, il devra stabiliser le signal de synchronisation, générer les signaux d'alignement, restituer la composante continue sur le niveau de suppression, en présence de la sous-porteuse de référence de phase en PAL ou NTSC.

(On peut en effet en faire un alignement sur le fond de l'impulsion de synchronisation car les signaux arrivant aux émetteurs peuvent être affectés de fortes distorsions basse fréquence : nous utilisons, par ailleurs, un dispositif de contre-réaction à échantillonnage sur le niveau de suppression pour assurer sa stabilité).

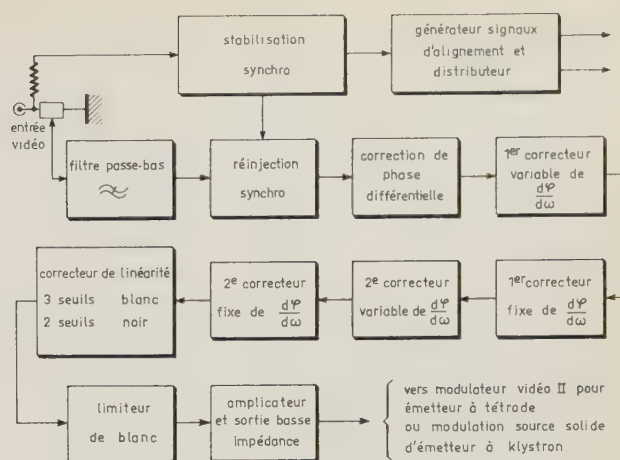


FIG. 3.

La figure 3 montre le schéma d'un modulateur vidéo tel que nous l'avons réalisé pour nos émetteurs couleur.

2. Stabilisation du signal de synchronisation

L'impulsion de synchronisation est extraite du signal vidéo composite après passage dans un filtre passe-bas éliminant la sous-porteuse chrominance. Après recouplement, limitation et mise en forme, l'impulsion est réinjectée dans la voie principale avec la phase convenable. Le filtre passe-bas de la voie principale est utilisé en ligne à retard pour assurer cette mise en phase.

La limitation maintient l'amplitude constante de l'impulsion pour des variations à l'entrée comprises entre 0,15 et 0,4 V.

Le signal de la voie principale ne subit aucune altération.

3. Restitution de la composante continue

Qu'il s'agisse de commutateur à diodes ou de commutateur basé sur la saturation d'un transistor, les solutions adoptées pour la protection du signal de référence de phase ou du signal d'identification des composantes rouge ou bleu demeurent identiques.

L'utilisation généralisée des montages entièrement transistorisés permet d'avoir des impédances de sources très basses (collecteur commun) et un simple circuit bouchon LC suffira à assurer une protection efficace. Un amortissement du circuit doit être prévu en Secam pour protéger les deux fréquences.

Si l'impédance de source est élevée, ce dispositif apporte des perturbations dans la bande vidéo (pôles et zéro) et il doit être remplacé par un dispositif à impédance constante.

Une étude détaillée a été faite à ce sujet par M. COOPER (Marconi), (référence : émetteur de télévision).

Un autre rôle du modulateur vidéo est la pré-

correction des défauts introduits par la modulation et la chaîne haute fréquence de l'émetteur, même certains défauts introduits dans les récepteurs.

Avant d'aborder la suite des corrections spécifiques à apporter au signal composite vidéo dans le modulateur, nous allons essayer de résumer les défauts principaux apportés par l'étage modulé et affectant particulièrement le gain et la phase différentielle.

Une des difficultés majeures est liée aux conditions de fonctionnement du circuit de liaison entre étage exciteur HF pur (CW driver) et étage modulé.

A l'entrée d'un étage modulé, on trouve normalement le signal HF d'excitation en onde entretenue non modulée et le signal de modulation qui fait varier l'angle d'ouverture de l'étage HF. Le signal HF n'étant donc théoriquement pas modulé, il ne devrait, logiquement, pas y avoir de problème de bande passante HF au niveau du circuit d'attaque ; malheureusement, il n'en est pas ainsi :

— Même en VHF, où l'on attaque généralement la grille de l'étage modulé, l'admittance d'entrée du tube varie avec l'angle d'ouverture pour diverses raisons, notamment le courant grille et des phénomènes parasites tels que l'inductance cathodique ou le temps de transit.

— Il en résulte qu'il apparaît, sur le circuit d'attaque, un signal haute fréquence modulé. Ce signal « voit » le circuit d'attaque à l'envers, fermé par le circuit d'anode de l'étage exciteur. Ce circuit, vu dans ce sens, n'est guère fait pour passer une bande convenable. On s'en tire, en VHF, en chargeant convenablement le circuit, d'où perte de puissance, donc de gain entre étage exciteur et étage modulé.

Par exemple, pour un étage modulé 2,5 kW, alors que la puissance réelle d'excitation grille est de 50 W, on prévoit un exciteur de 300 W, 250 W étant perdus dans une charge. Le gain se réduit à 9,2 dB ce qui est encore tolérable.

— En UHF, on attaque en HF, la plupart du temps, l'étage modulé par la cathode, la modulation pouvant être appliquée sur la grille, mise à la masse du point de vue HF, mais non du point de vue vidéo. Il y a alors des raisons évidentes pour qu'il apparaisse de la HF modulée sur la cathode : celle-ci véhicule le courant d'anode, d'écran et le courant grille.

L'impédance de source HF vue de la cathode présente donc, dans ce cas, une importance capitale et sa régularité dans la bande HF est primordiale, la contre-réaction cathodique qui apparaît ne devant pas être sélective.

Que faire ? Plusieurs solutions sont employées qui présentent souvent de graves inconvénients.

3.1. Solution 1 (fig. 4a)

On charge le circuit anode de l'étage exciteur de façon que la cathode voit une impédance constante dans la bande HF. *Inconvénients :*

— Perte de puissance et, comme le gain d'un étage UHF grille à la masse n'est pas très élevé

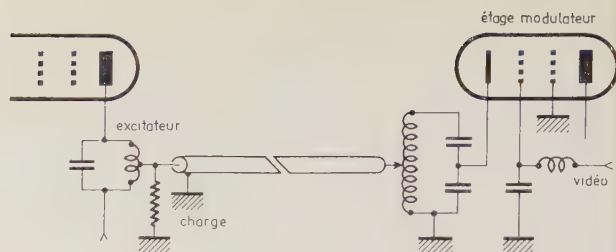


FIG. 4 a.

(≈ 10 dB), on ne peut économiquement réaliser cette opération que sur des étages de puissance relativement réduite ce qui va à l'encontre du besoin de modulation à « haut niveau ».

— Les circuits anode-exciteur et cathode-étage modulé interviennent dans la bande passante, les critères de réglage n'étant, d'ailleurs, pas très aisés à définir. Cela va encore à l'encontre de la simplicité et de la stabilité de la mise au point.

— L'adaptation du circuit de liaison excitateur-étage modulé varie malgré tout avec la modulation, d'où modulation de phase parasite, *distorsion de phase différentielle*.

3.2. Solution 2 (fig. 4b)

L'adaptation bilatérale est réalisée par un atténuateur. Cette méthode donne des résultats meilleurs que la solution 1 : seul le circuit cathodique de l'étage modulé intervient dans la réponse en fréquence, mais comme sa surtension est très basse, le réglage n'est absolument pas critique. Le câble de liaison restant adapté, la distorsion de phase différentielle ainsi provoquée est négligeable.

Malheureusement, pour être efficace, l'atténuateur devra présenter un affaiblissement d'au moins 10 dB, ce qui réduit à 0 dB le gain d'étage. Cette solution n'est donc praticable qu'à petite puissance, l'excitateur devant avoir la même puissance que l'étage modulé.

On retrouverait donc à la suite une longue chaîne d'étages amplificateurs linéaires à large bande d'où cumul des difficultés de mise au point, des instabilités de réglage, des distorsions, etc.

3.3. Solution 3 (fig. 4c)

C'est une solution séduisante par son économie d'énergie :

La longueur électrique du câble de liaison entre excitateur et étage modulé est un multiple impair

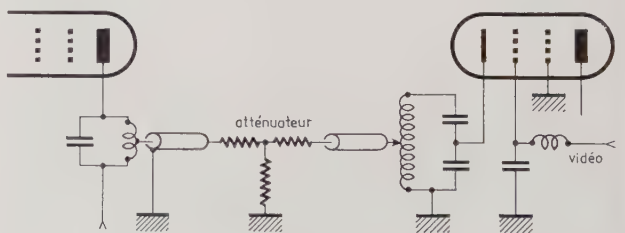


FIG. 4 b.

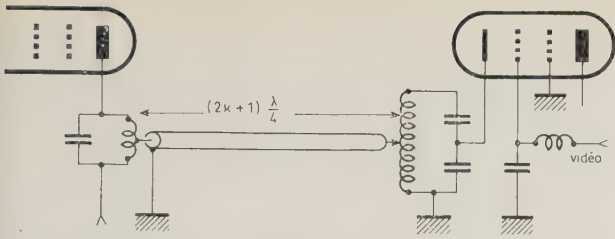


FIG. 4 c.

de $\lambda/4$. Cette ligne fonctionne donc en inverseur d'impédance, si bien que l'impédance élevée présentée à la résonance par le circuit d'anode de l'excitateur est « vue » par l'étage modulé pratiquement comme un court-circuit.

Malheureusement, cette propriété n'est valable qu'à la résonance, donc pratiquement sur la porteuse. Il en résulte une contre-réaction sélective dans la bande HF.

Les réglages sont délicats, instables, l'accord du circuit d'anode de l'étage d'excitation joue beaucoup sur la sensibilité et sur la réponse en fréquence.

3.4. Solution 4 (fig. 4d)

L'utilisation de deux étages d'excitation fonctionnant en quadrature à l'aide de deux coupleurs 3 dB permet d'apporter une solution élégante à ces difficultés.

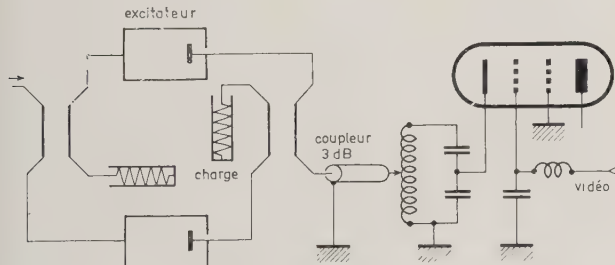


FIG. 4 d.

Le rendement énergétique est voisin de 1.

Vu les propriétés bien connues des coupleurs 3 dB, les étages d'excitation verront toujours une charge résistive malgré la variation d'impédance d'entrée de l'étage modulé au cours du cycle de modulation ; par ailleurs, la cathode de l'étage modulé « verra » toujours une impédance de source adaptée.

3.5. Solution 5 (fig. 4e)

C'est la solution 2 avec ses avantages, mais avec un rendement énergétique voisin de 1. L'atténuateur est remplacé par un circulateur. La mise au point de circulateurs supportant 500 W en UHF rend possible cette solution pour un étage modulé de 5 kW.

Le gain sera, à 0,5 dB près, celui de l'étage modulé lui-même (≈ 10 dB). L'étage excitateur « verra » toujours une charge adaptée.

La cathode de l'étage modulé « verra » toujours une impédance de source adaptée.

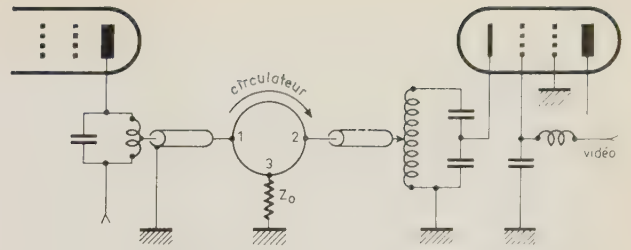


FIG. 4 e.

3.6. Solutions retenues

Les solutions 4 et 5 répondent donc parfaitement au problème, ce sont les seules actuellement valables pour une modulation à haut niveau.

De cette façon, seuls les circuits en aval de l'étage modulé interviennent dans la bande passante. Les circuits d'attaque sont simplement réglés au maximum d'excitation par simple observation des galvanomètres (« meter tuning »). La mesure de puissance dans la charge du coupleur de sortie ou du circulateur permet, d'ailleurs, d'ajuster l'adaptation du câble de liaison.

La modulation de phase parasite (génératrice de bruit « intercarrier » sur la voie Son) et la distorsion de phase différentielle sont très réduites donc aisément compensables.

Malgré des précautions, il est nécessaire d'introduire dans le modulateur vidéo des corrections supplémentaires : (fig. 3).

- Correction de la phase différentiel,
- Correction plus poussée du retard de groupe,
- Correcteur de la linéarité.

4. Correcteur de phase différentielle (fig. 5.)

Il est basé sur la cellule à affaiblissement constant, brevetée par CSF et décrite dans les Annales de Radioélectricité tome XV, n° 61, juillet 1960.

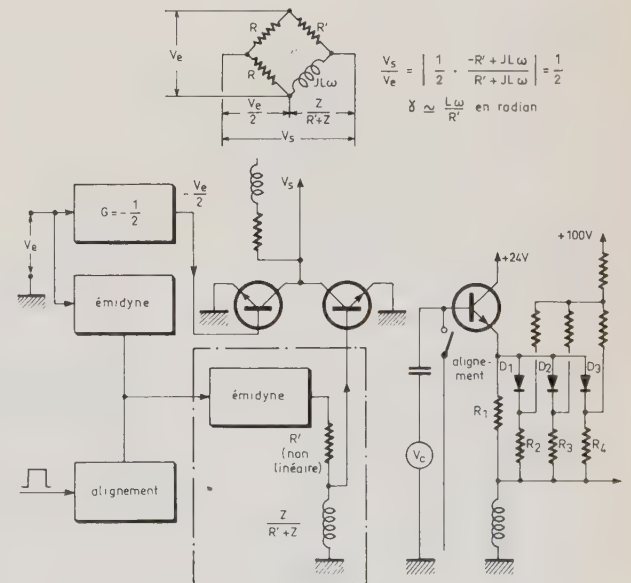


FIG. 5.

Ce même principe est également utilisé dans nos correcteurs variables de retard de groupe.

Pour créer la précorrection de la phase différentielle sur la sous-porteuse chrominance, il suffit de faire varier R' en fonction de l'amplitude du signal de luminance.

R' pourra être réalisé par une contre-réaction non linéaire dans le circuit émetteur d'un transistor monté en collecteur commun. Le signal composite vidéo étant aligné à l'entrée, les diodes sont polarisées de telle manière qu'à un certain seuil, elles se bloquent ou se débloquent, en mettant en circuit ou hors circuit des résistances $R2 - R3 - R4$ montées en parallèle sur la résistance $R1$.

On peut augmenter la progressivité de la correction en augmentant le nombre des diodes.

5. Correcteurs de retard de groupe

Comme le montre la figure 3, la correction de retard de groupe comprend deux types de correction qui sont étroitement associées. Nous profitons de la présence d'éléments actifs des correcteurs de phase variable et de leurs sorties en basse impédance pour fractionner en deux parties les éléments de correction fixe comportant chacun trois cellules.

Cette disposition rend plus aisée l'adaptation des correcteurs fixes qui ont ainsi moins de cellules passe-tout par unité.

Le principe du correcteur de phase variable est le même que celui du correcteur de phase différentielle mais R' est linéaire.

Nous avons été conduits à introduire deux correcteurs de phase variable pour faciliter les réglages en série de nos matériels. De plus, en cas d'intervention de maintenance, il est beaucoup plus aisé de pouvoir retoucher séparément la courbe amplitude fréquence d'une part et, d'autre part, de remettre la courbe de réponse de retard de groupe dans le gabarit imposé.

6. Correcteur de linéarité

On utilise comme principe de base la contre-réaction non linéaire dans l'émetteur d'un transistor. Le montage est analogue à celui du correcteur de phase différentielle. Le signal est aligné sur la base du transistor.

Suivant le sens de montage des diodes, on expansera le noir ou le blanc.

Nous avons prévu trois seuils de correction dans le blanc et deux dans le noir. Il semble que ce soit un bon compromis, adopté d'ailleurs par d'autres constructeurs.

Le correcteur de linéarité peut être rendu sélectif en introduisant en série avec les diodes et les résistances de contre-réaction des éléments LC, ceci dans le but de compenser les variations du gain différentiel (variation de gain en fonction du niveau de luminance dans la bande vidéo).

Le correcteur de linéarité est suivi d'un limiteur de blanc qui n'agit que pour des fréquences inférieures à 500 kHz, donc n'affecte ni le signal de chrominance, ni les suroscillations extra-blanc résultant des correcteurs du retard de groupe.

Un autre défaut propre au système à bande latérale asymétrique mérite d'être signalé car il affecte les transitions du signal de chrominance. Ce défaut, non linéaire, lié à la modulation de phase parasite résultant de la suppression partielle ou totale d'une bande latérale, n'est pas corrigé dans la plupart des émetteurs.

Ce défaut est généralement connu sous le nom de « *distorsion de quadrature* ». Il se traduit par une distorsion caractéristique des signaux sinusoïdaux aux forts taux de modulation et par une réponse dissymétrique aux régimes transitoires et variables avec le taux de modulation (fig. 6).

Il y a lieu de remarquer tout d'abord que, dans le système à bandes asymétriques, on passe progressivement de la transmission à double bande latérale (pour les fréquences basses) à une transmission à une seule bande latérale pour les fréquences vidéo supérieures à la largeur de la bande résiduelle. Il en résulte que l'on doit traiter différemment les fréquences basses et élevées.

Par ailleurs, si l'on examine la forme de la réponse en transitoires, on constate qu'une bonne approximation peut être obtenue en ajoutant des impulsions aux fronts des signaux du côté du blanc (en modulation négative).

Il faudra donc créer un signal de correction, sous forme d'impulsion de sens déterminé, à chaque tran-

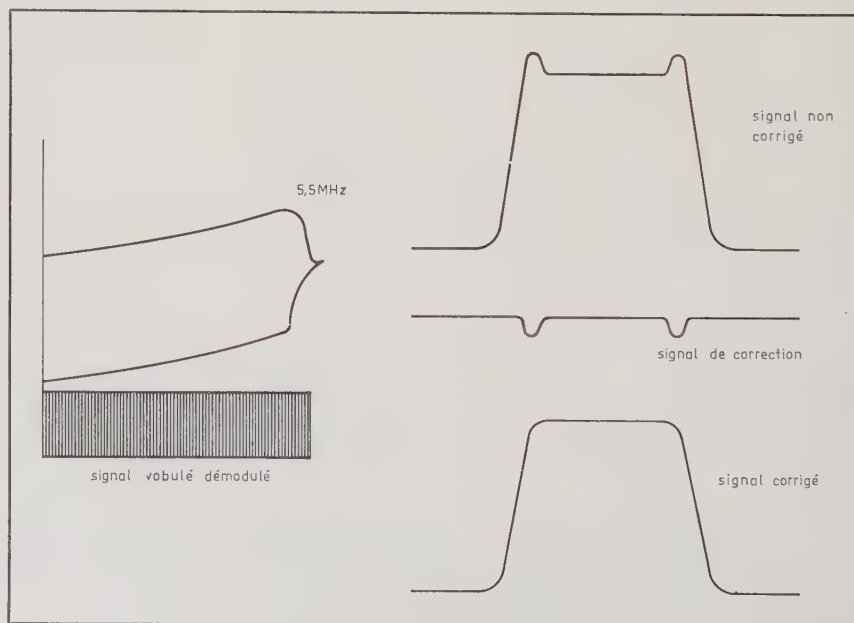


FIG. 6.

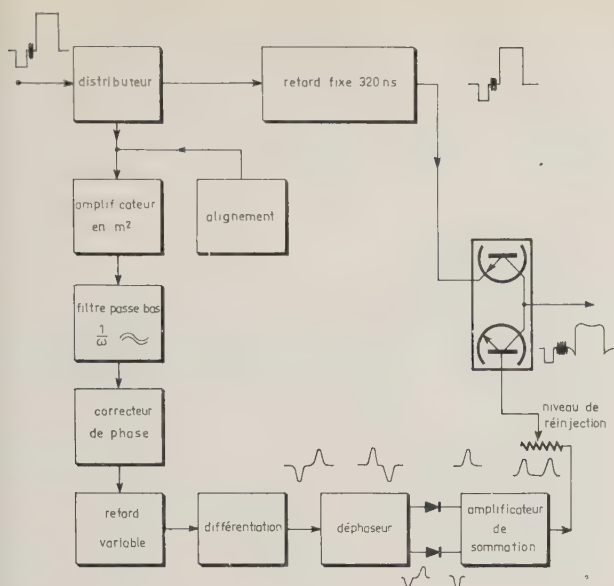


FIG. 7.

sition produite sur le signal vidéo. Ceci peut être obtenu par dérivation puis redressement.

On a vu, d'autre part, que le signal de correction suit une loi non linéaire en fonction de l'amplitude de la transition. Un étage régulateur donnera une amplitude de sortie proportionnelle au carré du taux de modulation.

La différentiation exagérant les fréquences élevées, on introduit un filtre en $1/\omega$. Mais pour que les signaux différenciés et redressés soient symétriques, une correction de phase sera introduite à la suite du filtre en $1/\omega$.

Ces considérations, suivies d'une étude théorique approfondie, nous ont conduits au schéma de la figure 7 :

— un distributeur à deux directions, alimente d'une part la voie directe munie d'une ligne à retard à très large bande,

— d'autre part, après alignement, un amplificateur dont le gain de sortie est proportionnel au carré de l'amplitude d'entrée,

— cet amplificateur est suivi d'un filtre passe-bas en $1/\omega$ corrigé en phase,

— on introduit à ce niveau une ligne à retard à prise permettant une parfaite mise en phase des signaux au niveau de la réinjection,

— le signal est ensuite différencié, déphasé et écrêté. On obtient deux impulsions correspondant aux temps de montée et de descente de la transition vidéo. Après sommation, le signal complémentaire est réinjecté avec le signal d'origine.

Nota. — Dans cet exposé, nous avons volontairement négligé les dispositifs de modulation à bas niveau et en moyenne fréquence qui permettent une correction de phase séparée de deux bandes latérales. L'expérience acquise nous a montré, en effet, que de longues chaînes d'amplification à larges bandes détruisent cet avantage, du fait de la stabilité toute relative des réglages dans le temps. Il existe d'ailleurs des procédés (fort onéreux) qui permettent également de corriger séparément la bande sur les bandes latérales en haute fréquence.

7. Modulation d'un émetteur à klystron

En bande IV et V, dans le cas d'émetteurs de grandes puissances à klystron, on peut envisager un dispositif de modulation où un certain nombre des défauts précédents peuvent être éliminés.

Le gain d'un klystron de 50 kW est maintenant supérieur à 40 dB (4 W pour 55 kW). On peut donc envisager facilement l'utilisation d'une source état solide.

Nous avons mis au point un procédé de modulation de cette source entièrement passif et à très large

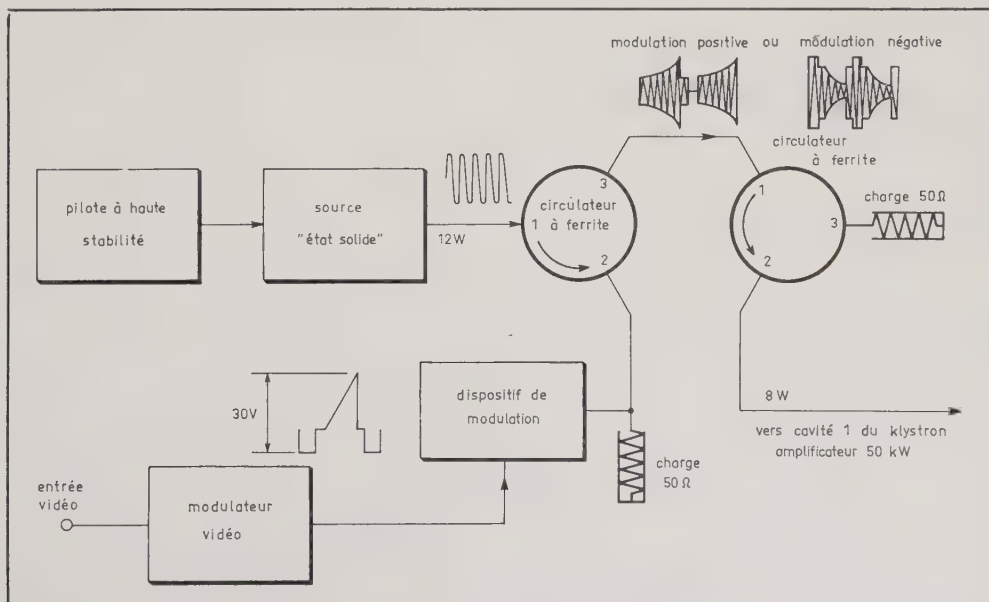


FIG. 8.

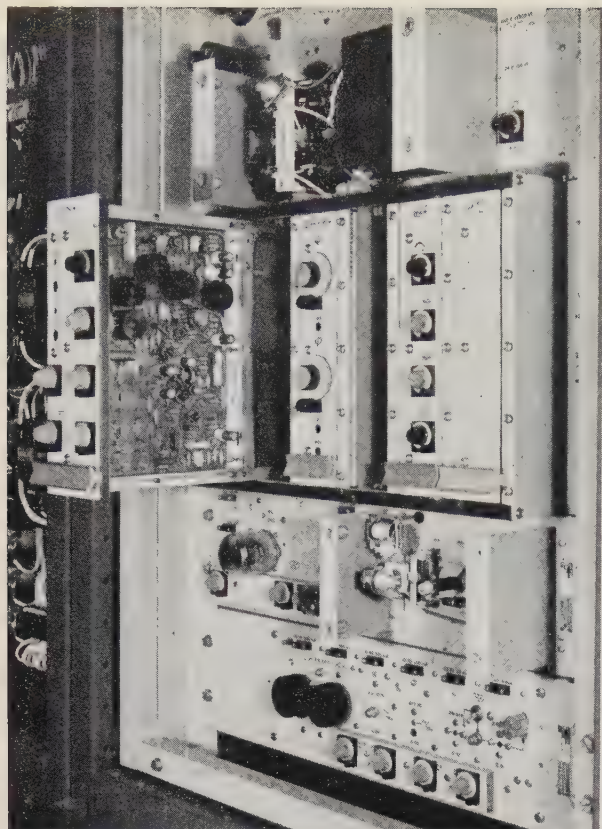


Fig. 9. — Modulateur vidéo. Le tiroir correcteur de linéarité est monté sur sa carte rallonge. La partie inférieure de la photo représente les petits étages multiplicateurs haute-fréquence.

bande, utilisant un circulateur, et ne demandant aucun réglage haute fréquence (fig. 8).

Les résultats de mesure confirment l'absence totale de modulation de phase parasite. Seule la linéarité est à corriger dans une proportion moindre que dans le cas de la modulation d'une tétrode.

8. Résultats

Toutes corrections faites, nous retrouvons, aussi bien en sortie des émetteurs à tétrodes que des émetteurs à klystrons, les caractéristiques suivantes :

Phase différentielle : 2° .

Gain différentiel : 0,5 dB.

Il y a lieu de noter, d'ailleurs que, pour ces mesures, nous sommes au voisinage des limites des possibilités des démodulateurs de mesure.

9. Conclusion

En conclusion, nous pensons avoir, par la mise en œuvre de moyens suffisamment élaborés, trouvé des solutions valables à la transmission du signal composite couleur correspondant à tous les standards actuellement en exploitation.

Nous tenons à remercier particulièrement les différents services de l'O.R.T.F. qui, par leurs conseils, leurs critiques, leurs encouragements, ont stimulé l'industrie, permettant ainsi la réalisation concrète des différents matériels étudiés par la CSF pour la transmission de la télévision en couleur.

Nous tenons à remercier également les services de notre Département qui, sous l'impulsion de notre Directeur — Monsieur POLONSKY — ont collaboré à l'étude et à la réalisation de ces matériels, et en particulier Monsieur TA HONG ANH qui a toujours apporté des solutions originales et modernes dans la réalisation des modulateurs.

Bibliographie

- NYQUIST H., PFLEGER K. — Effect of the quadrature component in single sideband transmission. *Bell system technical journal* n° 19, 1940.
- BOURASSIN L. — Les systèmes de télévision à bandes latérales asymétriques. *O.E.*, nov. et déc. 1954.
- LOUVET Y. — La précorrection de phase des émetteurs de télévision belge. *Revue HF* n° 9, 1957.
- MELCHIOR G. — Correction de phase en télévision. *Annales de Radioélectricité* tome XV, n° 61, juillet 1960.
- KLOPF P. — Modulation von Fernsehsenderer im Zwischenfrequenzbereich, déc. 1961.
- HOFF et DINSEL. — Verbesserung der Übertragungsqualität des Fernsehseitenband verfahrens durch einer Quadraturentzerrung — *Rundfunk technische Mitteilungen*, déc. 1961.
- SOBOTKA. — Phase admissible en Secam — Etude de l'Institut de Recherches de Radiocommunication de Prague. *O.E.* n° 486, septembre 1962.

destinés à la télévision en couleur

Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques

L'ONDE ÉLECTRIQUE, vol. 48 905

avec une bande passante importante et une partie synchronisation qui tolère un régime d'impulsions avec une bande réduite qui n'assure que le temps de montée des signaux.

Pour la transmission couleur, la salve de référence des signaux de chrominance dont l'amplitude peut atteindre 0,4 V crête à crête, empiète dans le domaine de la synchronisation. La caractéristique de modulation doit donc rester linéaire jusqu'à une amplitude de 10 % du signal complet. Le modulateur travaille en régime linéaire depuis 10 % du signal jusqu'au blanc maximal. Le point de fonctionnement du tube modulé est choisi pour un régime linéaire entre 10 % et 70 % du signal, la crête supérieure étant améliorée par une correction de gamma réalisée dans un petit étage d'amplification par une contre-réaction de taux variable en fonction du niveau d'image.

2.1. Fonctionnement dans la zone de lumiance

L'admittance de charge des tubes modulateurs est :

$$Y = 1/R + G_m + C\omega \quad (\text{fig. 2}),$$

G_m étant la transadmittance du tube HF qui varie en fonction de la puissance HF de $40 \cdot 10^{-3}$ A/V au noir pour atteindre 0 au cut-off ;

C étant la résultante de la capacité cathode-terre du tube modulé, de la capacité anode-terre des tubes modulateurs et des capacités parasites de câblage.

La bande passante $\frac{1 + RG_m}{2\pi RC}$ qui varie dans des proportions importantes en fonction du niveau, reste, dans notre cas, supérieure à 8,5 MHz au niveau du noir.

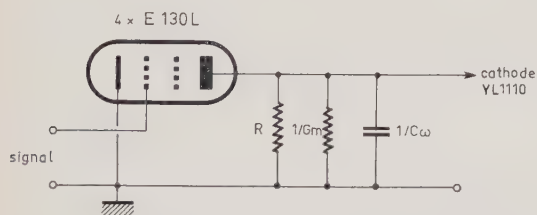


FIG. 2.

2.2. Fonctionnement pour les signaux de synchronisation

Lorsque la tension descend au-dessous du niveau du noir, les tubes modulateurs et modulés fonctionnent dans une région voisine de leur cut-off, donc de forme quadratique et non plus linéaire. Le courant du tube modulé doit, à la crête négative, être réduit à zéro. Alors $G_m = 0$ et l'admittance de charge des tubes E130L devient $1/R + C\omega$. La bande passante $1/2\pi RC$ doit être de l'ordre de 3,5 MHz au prix, éventuellement, d'une correction vidéo de faible amplitude, car près du cut-off (par exemple 2 % de puissance résiduelle), G_m diffère de zéro, $G_m =$

$3,5 \cdot 10^{-3}$, élargissant considérablement la bande passante.

Par ailleurs, un blocage énergétique des tubes HF permet, en conservant un certain courant résiduel aux tubes modulateurs, de limiter l'expansion des signaux de synchronisation.

Une correction de phase différentielle d'environ 12°, effectuée entre le gris moyen et la partie linéaire de la salve de référence, conduit à une tolérance de phase inférieure à 5°.

2.3. Stabilisation du niveau du noir

Par ailleurs les impulsions de synchronisation, extraites du signal complet d'image, sont affectées d'un retard qui fixe dans le signal de suppression, immédiatement après le front arrière des signaux de synchronisation, l'endroit où est effectuée la stabilisation du niveau du noir sans toutefois affecter les signaux de chrominance.

L'emploi d'amplificateurs transistorisés à faible résistance interne soumis à des taux élevés de contre-réaction permet d'obtenir sur les grilles des tubes modulateurs une bande passante linéaire jusqu'à 10 MHz avec un temps de transmission de groupe extrêmement constant dans la bande d'image.

Les contrôles effectués sur plusieurs équipements fonctionnant à des canaux très différents confirment l'excellente stabilité dans le temps des caractéristiques de l'émetteur, en particulier de celles qui fixent la qualité de transmission en couleur, notamment le gain différentiel inférieur à 4 %, la phase différentielle inférieure à 3°, et le temps de propagation de groupe de -30 ns à la fréquence de la sous-porteuse de chrominance.

3. Réémetteur

Dans l'étude d'une famille de réémetteurs qui délivrent, avec la qualité exigée par l'ORTF dans le système (L), des puissances crête image de 0,5, 5 et 25 W, les considérations de sécurité de fonctionnement et de stabilité des caractéristiques dans le temps ont conduit à retenir trois principes fondamentaux :

a) L'amplification séparée des voies son et image justifiée par l'importance des amplificateurs linéaires qu'aurait nécessité la transmission du canal complet dans notre système de télévision avec la puissance maximale au blanc et un niveau de crête de la voie son, voisin de celui de la voie image.

b) La concentration des éléments fondamentaux dans un module de base totalement transistorisé qui puisse être utilisé en réémetteur de 500 mW ou en excitateur d'amplificateur de plus grande puissance.

c) L'utilisation, dans chacune des chaînes image ou son, de ces derniers amplificateurs d'un seul tube électronique fonctionnant en régime linéaire. La linéarité d'un amplificateur varie rapidement avec son niveau de sortie. On sait, par exemple, que dans l'essai à trois tons, généralement utilisé comme test dans le système (G), une amélioration de 6 dB sur le niveau des produits d'intermodulation s'obtient

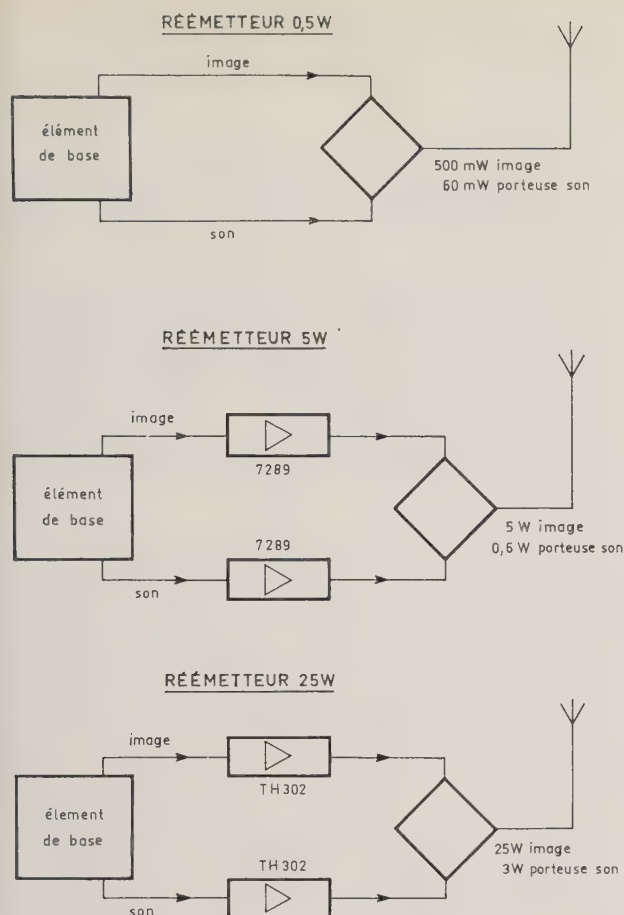


FIG. 3.

au prix d'une réduction de puissance de 3 dB. Aussi nous utilisons l'élément de base avec une puissance de l'ordre de 300 mW lorsqu'il excite un amplificateur linéaire qui est équipé d'un seul tube dont le gain est assez élevé pour fournir la puissance néces-

saire. C'est ainsi que chacune des voies image et son est équipée d'une triode Philips 7289 à gain de 13 dB pour l'amplificateur 5 W ou d'une triode CFTH de type TH 302 à gain de 20 dB pour l'amplificateur de 25 W (fig. 3).

Ces triodes, montées avec la grille de commande pour électrode de référence et excitées par la cathode à travers des isolateurs unidirectionnels, fonctionnent en classe A avec des circuits coaxiaux de technologie classique, réglés en quart d'onde pour l'anode et en 3/4 d'onde pour la grille.

Le couplage des puissances son et image se fait dans un diplexeur à impédance d'entrée constante composé de circulateurs unidirectionnels et d'une cavité de réjection du son.

La puissance de 500 mW peut être obtenue dans l'élément de base avec un mélangeur paramétrique à varactors au prix d'un niveau élevé pour les deux amplificateurs intermédiaires et surtout pour la pompe qui, dans notre système, doit alimenter à la fois les canaux son et image. Il en résulterait, outre une forte dissipation thermique, une consommation d'énergie importante qui interdirait l'emploi du réémetteur 500 mW sur batterie. Aussi avons-nous utilisé des amplificateurs linéaires équipés de transistors TRW 2N 4431 qui fonctionnent en classe A avec une dissipation anodique relativement faible pour éviter les risques de destruction par avalanche thermique.

La figure 4 présente le diagramme d'ensemble du réémetteur avec la décomposition en éléments fonctionnels utilisée dans la réalisation.

3.1. Schéma

1) Pour supprimer l'intermodulation qui pourrait apparaître dans le circuit d'entrée en présence d'un brouilleur puissant, le signal reçu passe à travers un filtre de bande du type « maximally flat » à cinq cellules accordables. Au prix d'une perte

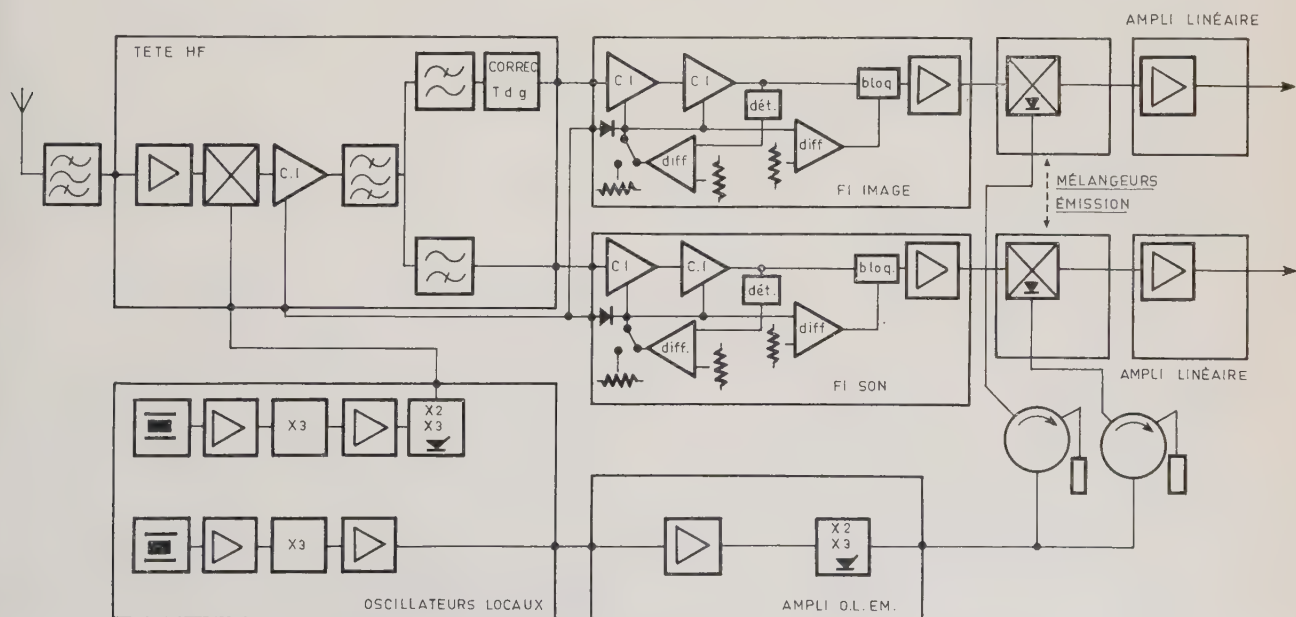


FIG. 4.

d'insertion de 0,5 dB, il fournit une protection de 30 dB à ± 10 MHz de part et d'autre du canal reçu.

2) L'entrée HF utilise un circuit cascode équipé de deux transistors au germanium à très faible bruit 2 N 5043 dont le fonctionnement est assuré entre -65° et $+125^{\circ}\text{C}$. Les circuits d'accord sont réalisés en micro-strip accordables par capacité pour assurer la reproductibilité des performances.

Un amplificateur en fréquence intermédiaire à large bande, réalisé en circuit intégré, fournit la tension d'attaque du filtre d'aiguillage son et image. Celui-ci se décompose en trois éléments :

- a) un filtre de bande qui assure le gabarit du canal,
- b) un filtre passe-haut pour le son,
- c) un filtre passe-bas pour l'image avec un réjeteur sur la fréquence son, suivi d'un correcteur de temps de transmission de groupe.

Cet ensemble de filtres permet de concentrer en un seul point tous les réglages qui affectent le gabarit et le temps de transmission, conditions particulièrement importantes pour la retransmission des signaux couleur.

3) Les amplificateurs à fréquence intermédiaire font largement appel aux circuits intégrés linéaires, tant pour les circuits à bas niveau que pour les amplificateurs opérationnels affectés à la commande de déclenchement d'émission et à celle du contrôle automatique de gain. Les chaînes de CAG, image et son, sont indépendantes et possèdent chacune une tension de référence pour régler leur plage de fonctionnement. Celle de la voie son agit à partir du niveau de porteuse. Celle de la voie image est basée sur la détection en crête des lignes test de trame qui sont toujours présentes dans le signal. On peut

ainsi s'affranchir de systèmes plus complexes qui utiliseraient par exemple un échantillonnage au niveau du noir.

4) Chaque voie utilise un mélangeur d'émission constitué par un mélangeur paramétrique symétrique à varactor réalisé en micro-strip par un anneau hybride $4\lambda/4$ avec inversion de phase. Il est capable de fournir une puissance de 100 mW.

5) Dans chacune des voies, la puissance de 500 mW est fournie par deux étages en série, d'amplification linéaire, équipés chacun d'un transistor 2 N 4431 en classe A, étages qui fonctionnent sur des circuits asymétriques réalisés en micro-strip et réglables par variation de capacité.

3.2. Technologie

L'élément de base est monté dans un panier aux dimensions du rack standard américain 19 pouces, de hauteur 3 unités. Chacun des blocs fonctionnels représentés sur la figure 4 constitue une carte enfichable. L'emploi des circuits imprimés a été généralisé aussi bien pour les câblages d'interconnexion que pour les cartes supports des éléments radio-électriques.

Les équipements 5 W ou 25 W occupent une cabine type « réémetteur » qui a pour dimensions :

- largeur : 600 mm,
- profondeur : 462 mm,
- hauteur : 1285 mm.

Elle renferme l'élément de base, les deux tubes amplificateurs son et image ainsi que leur alimentation et le diplexeur.

Système de codage à bande étroite spécialement adapté à l'enregistrement de signaux TV couleur sur magnétoscopes et à leur transmission sur lignes téléphoniques

M.F. KOUBEK

Université Technique de Vienne

1. Introduction

Au cours des dernières années, la construction de magnétoscopes domestiques relativement bon marché est devenue possible par l'emploi du principe de l'enregistrement hélicoïdal. Il existe maintenant plusieurs magnétoscopes domestiques sur le marché qui sont capables d'enregistrer et de reproduire les signaux de télévision en noir et blanc. Avec l'introduction de la télévision en couleur, le désir se manifeste naturellement de faire des magnétoscopes domestiques valables également pour l'enregistrement des programmes en couleur. Quelques essais pour adapter des magnétoscopes domestiques à la couleur ont déjà été faits et il y a quelques constructeurs qui annoncent déjà des magnétoscopes domestiques couleur. La qualité des images couleur enregistrées et reproduites avec les équipements actuellement disponibles est étonnamment élevée, mais encore considérablement en dessous de la qualité des images en noir et blanc qui sont reproduites par un magnétoscope domestique.

Jusqu'à présent, on ne dispose d'aucun système de reproduction compatible de la couleur. Il n'est pas encore possible de reproduire un enregistrement couleur sur un magnétoscope domestique sans l'adaptateur de couleur correspondant, en vue de reproduire une image sur un récepteur noir et blanc et il n'est toujours pas possible de reproduire un enregistrement noir et blanc par un système de restitution en couleur et de le reproduire sur l'écran du récepteur couleur.

Récemment plusieurs études ont été entreprises dans notre laboratoire en vue d'améliorer la qualité des images en couleur des systèmes de restitution en couleur des magnétoscopes domestiques et de

trouver une solution rendant ces systèmes compatibles avec les enregistrements noir et blanc normalisés.

2. Disposition générale d'un codeur et d'un décodeur compatibles avec une sous-porteuse pour la couleur

2.1. Codeur

La figure 1 montre la disposition générale du codeur compatible, en usage pour la télévision en couleur en Amérique et en Europe.

Le principe du codeur compatible est la transformation des trois signaux primaires RVB en de nouvelles formes de signal, en relation directe avec la luminance et la chrominance.

Le signal de luminance Y , obtenu à partir de RVB par un procédé bien connu de matriçage, correspond à l'information de luminance et il est tel qu'il pourrait aussi être obtenu à partir d'une caméra pour le

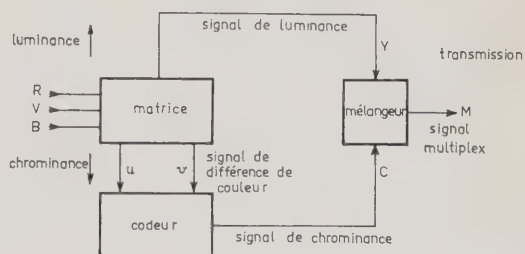


FIG. 1. — Schéma de principe du codage compatible en télévision en couleur.

noir et blanc. Deux signaux de différence de couleur u et v représentent la mesure de la différence du contenu de l'image couleur par rapport au blanc de référence. La teinte est caractérisée par le rapport et le signe des deux signaux, leur amplitude mesure la saturation de la couleur. Les signaux de différence de couleur sont transmis par une sous-porteuse qui se trouve dans les fréquences élevées du canal de luminance.

Le signal de chrominance C est ajouté au signal de luminance Y . Il en résulte un signal composite ou multiplex M qui est compatible. Les systèmes internationaux normalisés sont les systèmes SECAM, NTSC et PAL qui diffèrent seulement par le type de modulation appliqué à la sous-porteuse couleur.

2.2. Spectre des signaux

Comme on peut l'observer dans la figure 2, le balayage périodique de l'image provoque une distribution discrète de l'énergie dans le spectre des fréquences et ce, sous forme de concentration de la densité de l'énergie aux harmoniques de la fréquence de balayage ligne. Comme on peut le voir sur la figure 2, l'utilisation de la place inoccupée dans la bande est possible par un déplacement approprié des composantes de fréquences du signal couleur. Le signal de chrominance est adapté aux fréquences élevées de la bande, la fréquence de la sous-porteuse étant choisie pour assurer le meilleur décalage par rapport au spectre de luminance, en vue de réduire les interférences mutuelles. Dans un récepteur noir et blanc, l'information luminance seule est utilisée.

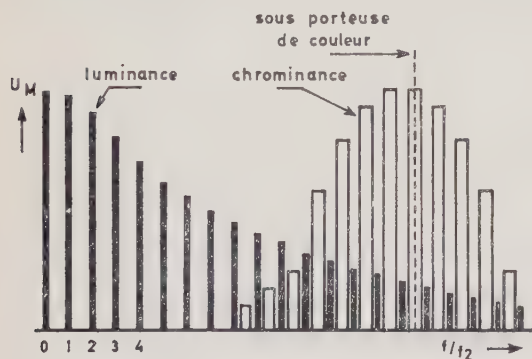


FIG. 2. — Spectre du signal du multiplex avec une sous-porteuse couleur.

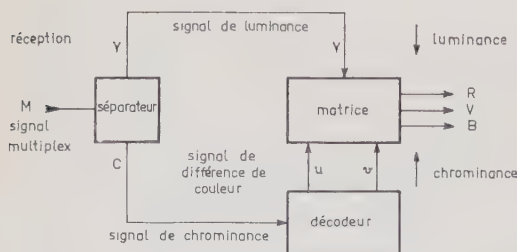


FIG. 3. — Schéma général du décodage compatible en télévision en couleur.

2.3. Décodage

Comme on peut le voir d'après la figure 3, dans un décodeur compatible, le signal multiplex M est séparé entre ses composantes de luminance et de chrominance. Par la démodulation de la sous-porteuse couleur suivant la norme de codage de couleur, les signaux u et v de différence de couleur sont reconstitués. Dans une matrice u , v et Y sont transformés en signaux primaires RVB qui commandent le tube image couleur.

2.4. Enregistrement sur bande magnétique

La figure 4 montre l'emplacement de la sous-porteuse couleur dans les normes de télévision en couleur américaines et européennes et par comparaison avec la courbe amplitude fréquence d'un enregistreur domestique noir et blanc. La bande de fréquence est coupée à 2 MHz, ce qui est, de loin,

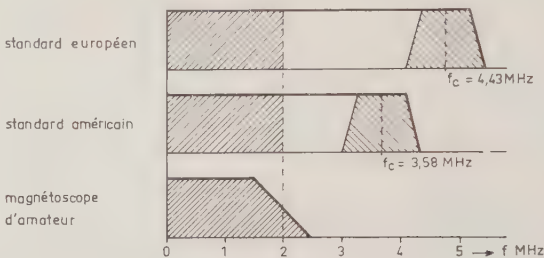


FIG. 4. — Normes de TVC et courbe de réponse d'un magnétoscope domestique.

trop bas pour enregistrer la sous-porteuse de couleur normalisée. Ainsi, seule l'information de luminance du programme couleur peut être enregistrée et reproduite sur un enregistreur domestique noir et blanc. Une réduction de la fréquence de la sous-porteuse couleur à environ 1,5 MHz, en vue d'un enregistrement provoque, sur l'écran du récepteur, un dessin pointillé très gênant.

En plus, n'importe quel système sensible à la phase souffrirait de l'instabilité de la base de temps et des variations de phase se produisant dans n'importe quel enregistreur domestique. Des variations de teinte apparaîtraient alors et la compatibilité ne serait pas non plus satisfaisante. Il est naturellement possible d'enregistrer des signaux de sous-porteuse couleur sur un magnétoscope professionnel ou semi-professionnel. Spécialement dans le cas du système Secam, ceci procure d'excellents résultats avec des exigences minimales. Cependant, sur un magnétoscope domestique, les signaux de couleur composites du type à sous-porteuse ne peuvent pas être enregistrés.

3. Disposition générale du codeur et du décodeur couleur compatibles utilisant la partie basse du canal sans sous-porteuse couleur

3.1. Codeur

L'idée de base d'un nouveau système de codage compatible pour les magnétoscopes domestiques

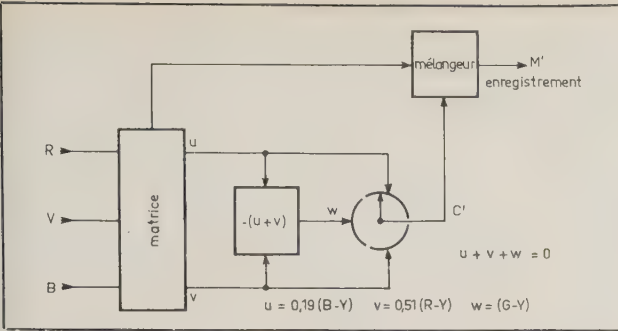


FIG. 5. — Schéma de principe du codage de couleur compatible en utilisant la partie basse du canal.

n'est pas d'utiliser une sous-porteuse de couleur mais de transmettre, ligne par ligne en séquences alternées périodiques, trois signaux de différence de couleur u , v , w , représentant l'information de chrominance, et dont la somme arithmétique est nulle. Ainsi la valeur moyenne du signal de chrominance C est toujours nulle et le signal de chrominance ne peut pas contribuer à l'information de luminance dans le cas où C est ajouté au signal de luminance Y .

Sur l'écran d'un récepteur en noir et blanc, le signal multiplex M reproduit l'information de luminance correcte à laquelle est seulement superposée une bande horizontale dont l'intensité dépend de la saturation de la couleur et qui disparaît quand elle est vue à une distance normale. Par de tels moyens la compatibilité est obtenue sans recours à une quelconque sous-porteuse couleur.

En pratique, les signaux R , V , B sont transformés en Y , u et v à l'aide d'une matrice. u et v sont des signaux de différence de couleur réduits et ils correspondent, dans la présente version du codeur, à 0,19 ($B - Y$) et 0,51 ($R - Y$). Pour être sûr que la somme des trois signaux de différence de couleur est nulle, le troisième signal de différence de couleur w est combiné linéairement à partir de u et v par addition et inversion de polarité. Tandis que la teinte et la saturation sont déjà caractérisées entièrement par u et v , le troisième signal w rend le système compatible. Du point de vue colorimétrique, w augmente la redondance du système pour de grandes surfaces d'image. Cependant, par rapport aux détails de l'image, il apporte une amélioration de la définition verticale des détails de couleur.

3.2. Spectre des signaux

Puisque la valeur moyenne du signal de chrominance C est nulle, le spectre de ce signal ne contient pas généralement de composantes de fréquence f des multiples de la fréquence ligne, comme on peut l'observer dans la figure 6. Cela signifie que le spectre de fréquence des signaux de chrominance peut être intercalé dans la bande de luminance, et ceci dans la partie basse de cette bande. En fait, c'est une autre explication de la compatibilité du système puisque l'on peut montrer qu'en intercalant proprement l'information de chrominance dans la bande de luminance, on produit une compatibilité optimale dans tout système de codage couleur à bande partagée. D'après la figure 6, il est aussi évident qu'

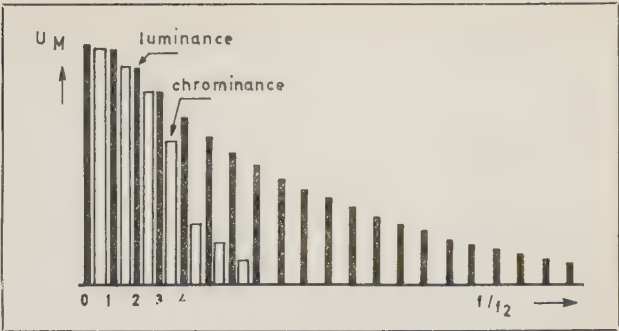


FIG. 6. — Spectre des signaux du multiplex dans le codage utilisant la partie basse du canal.

la caractéristique de couleur du système est pratiquement insensible aux limitations de largeur de bande. Dans le cas où la largeur de bande est limitée, le signal de luminance est affecté en premier. Aussi les erreurs de phase se produisant durant l'enregistrement ou la reproduction n'auront-elles aucune influence sur la stabilité de la couleur.

3.3. Décodeur

La figure 7 montre un circuit de décodage possible qui transforme le signal multiplex M en trois signaux primaires R, V, B . La figure 8 est un tableau, dans le temps, des divers signaux apparaissant dans le décodeur. Le signal multiplex M est acheminé à travers deux lignes à retard, chacune d'elles retardant le signal d'une ligne. M' n'est pas retardé, M'' est retardé d'une ligne et M''' est retardée de deux lignes. Comme le montre la figure 8, les trois signaux de différence de couleur u, v, w sont présents en même temps dans n'importe quelle ligne de la trame. Un signal particulier peut être extrait

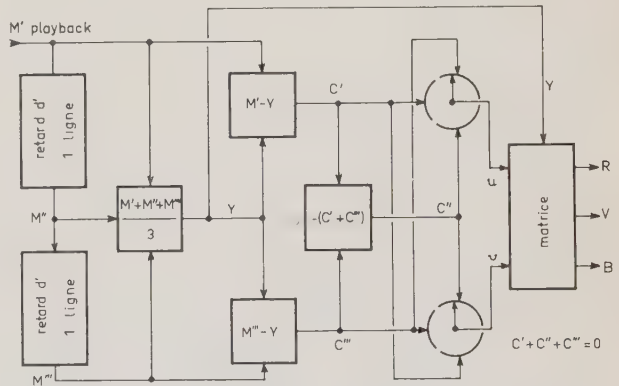


FIG. 7. — Schéma du décodage en couleur compatible utilisant la partie basse du canal.

ligne		n	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5
non retardée	C'	u	v	w	u	v	w
retardée d'une ligne	C''	w	u	v	w	u	v
retardée de deux lignes	C'''	v	w	u	v	w	u
non retardée	M'	Y+u	Y+v	Y+w	Y+u	Y+v	Y+w
retardée d'une ligne	M''	Y+w	Y+u	Y+v	Y+w	Y+u	Y+v
retardée de deux lignes	M'''	Y+v	Y+w	Y+u	Y+v	Y+w	Y+u

FIG. 8. — Séquence des signaux de chrominance et du multiplex

soit de M' , M'' ou M''' séquentiellement à la fréquence de ligne.

Puisque les trois signaux de différence de couleur sont présents en même temps, il est possible d'éliminer l'information de chrominance du signal multiplex en ajoutant M' , M'' et M''' . A la sortie de l'étage mélangeur dans la figure 7, le signal de luminance original reste. En vue de récupérer les signaux originaux de différence de couleur u et v , il est aussi nécessaire de séparer du multiplex les signaux de chrominance non retardés, retardés d'une ligne et retardés de deux lignes : C' , C'' et C''' du signal multiplex.

La figure 8 montre que u et v sont disponibles simultanément dans C' , C'' et C''' et peuvent être captés au moyen de deux commutateurs électroniques. Il n'est pas nécessaire de séparer le troisième signal de différence de couleur w puisque c'est seulement un signal redondant. Sur la figure 8, on peut aussi observer que C'' , par exemple, est, dans n'importe quelle ligne, la somme inverse de C' et de C''' . Cette relation peut être déduite de l'équation de base du codage, qui montre que la somme de u , v , et w est nulle. Le circuit de décodage de la figure 7 emploie cette particularité des composantes de chrominance. On sépare seulement le signal non retardé et le signal retardé de deux lignes, C' et C''' , des signaux correspondants du multiplex M' et M''' en retranchant le signal de luminance Y . La composante de chrominance C'' est obtenue à partir de C' et C''' par addition et inversion de polarité. Pourvu que cet étage additionneur fonctionne d'une façon très précise, tout déséquilibre dans les étages de soustraction, qui permettrait aux composantes de luminance d'entrer dans le canal de chrominance, ne peut pas influencer la teinte et la saturation, mais provoque seulement une structure de lignes sur l'écran du récepteur couleur. Cet effet de compensation est causé par la polarité inverse du signal d'erreur qui apparaît séquentiellement en ligne à la sortie des deux commutateurs. Ainsi la valeur moyenne du signal d'erreur devient-elle nulle.

Dans des conditions normales, chacun des commutateurs procure un des signaux de différence de couleur u et v séquentiellement en ligne à partir de C' , C'' et C''' . Les commutateurs électroniques dans le décodeur fonctionnent en synchronisme avec le commutateur du codeur. Le synchronisme est établi et maintenu par des signaux spéciaux de synchronisation couleur transmis pendant l'intervalle de suppression trame. Les signaux u , v , Y sont transformés en signaux R , V , B , dans une matrice, ils peuvent commander un tube image couleur ou un écran de contrôle R , V , B .

3.4. Compatibilité

En dehors de ces principes de base du système nouveau de reproduction couleur, plusieurs particularités qui améliorent la compatibilité et la reproduction des détails de couleur doivent être notées. En vue d'éviter les effets stroboscopiques, la séquence de ligne est commutée séquentiellement et est redémarrée au début de chaque trame, elle se trouve ainsi fermement asservie à la fréquence tra-

me. De plus, le commencement de la séquence du signal couleur est décalé d'une ligne chaque deuxième trame. Ceci assure un entrelacement additionnel des composantes de chrominance entre les trames consécutives et réduit considérablement la visibilité de trame d'interférence dans l'image compatible en noir et blanc. La visibilité de ces rayures est approximativement égale à celle de la sous-porteuse à 4,43 MHz dans le NTSC sans décalage de ligne, affaiblie d'environ 4 dB.

3.5. Définition verticale

Il n'est pas absolument nécessaire d'utiliser, comme information de luminance pour la matrice, le signal de luminance Y qui est isolé dans le circuit de formation de la moyenne dans le décodeur. L'information de luminance Y qui alimente la matrice peut être remplacée par le signal multiplex M' lui-même, puisque la trame d'interférence qui sera introduite par M' ne gêne pas pratiquement dans une image normale et devient invisible, vu à une distance normale. L'emploi de M' au lieu de Y améliore la définition verticale des détails de luminance. Si Y est utilisé comme information de luminance, la définition verticale est réduite quelque peu par le précédent processus de moyenne. Il est aussi possible de trouver un compromis entre la définition verticale de luminance et la trame d'interférence, en retranchant seulement du signal multiplex M' une fraction du signal de chrominance séparé C' .

De même, dans ces systèmes de codage couleur compatibles utilisant une sous-porteuse de couleur, le signal de chrominance n'est jamais supprimé entièrement dans le décodeur puisque ceci réduirait considérablement la définition horizontale des détails de luminance.

Il reste toujours une petite portion de la sous-porteuse qui n'est pas gênante dans les images normalement saturées. La définition des détails de couleur du nouveau système de codage décrit ci-dessus est 1/5 de la définition verticale de la luminance. La définition horizontale doit être la même pour la luminance et la chrominance.

Sous ce rapport également, on peut faire aussi un parallèle avec le système NTSC où la définition verticale est identique pour les composantes de luminance et de chrominance. La résolution horizontale de la luminance est meilleure que la résolution horizontale de la chrominance. On observera que les caractéristiques de définition sont permutées dans les deux systèmes entre le sens horizontal et le sens vertical.

3.6. Effets des interférences et du bruit

En ce qui concerne la sensibilité au bruit du système de codage dans le bas du canal, les résultats sont pratiquement les mêmes ou légèrement meilleurs que ceux obtenus avec le système NTSC. Le système est pratiquement insensible aux interférences sinusoïdales qui sont compensées presque entièrement dans le décodeur.

Les effets de trajets multiples à la réception et les signaux réfléchis lorsque les signaux sont trans-

mis par un émetteur n'ont pas été examinés jusqu'à présent. D'après des évaluations numériques, il semble être prouvé que dans ce cas d'interférences aussi, des erreurs de teintes n'apparaîtront pas. Eu égard à ces propriétés de bonne transmission, une application de ce principe de codage pour la télévision industrielle à bande étroite sur des canaux haute fréquence semble possible. Le système devrait aussi être intéressant pour la transmission d'images couleur compatibles et à faible vitesse d'analyse, transmission effectuée par l'intermédiaire de lignes téléphoniques.

3.7. Variante du système

Il peut être remarqué aussi que des commutations séquentielles de trames peuvent être appliquées aux trois signaux de différence de couleur u , v , w . Pour des applications professionnelles ceci peut être avantageux dans certains cas, par exemple pour des transmissions par satellite où les dépenses de circuits de retard ayant la période de trame ne sont pas prohibitives. Dans le cas d'un système séquentiel de trame, une définition intégrale peut être obtenue

à la fois pour les informations de luminance et celles de chrominance. Cependant, des alternances rapides du contenu de l'image donneront des effets de flou coloré. Il y aura aussi des effets de papillement dans l'image compatible en noir et blanc dont l'importance dépendra de la saturation de la couleur.

4. Conclusions

Actuellement la version séquentielle de ligne d'un système de codage couleur dans la partie basse du canal qui a été décrite offre un certain nombre d'avantages pratiques tels que compatibilité, stabilité de la couleur, définition intégrale de la luminance et circuits relativement bon marché. Ces avantages en font un système bien adapté pour les applications telles que la reproduction des images en couleur avec un magnétoscope domestique.

Bibliographie

- Brevet autrichien A 3438/67. Demandes de brevet allemand et de brevet américain.

Enregistrement du Secam

sur les magnétophones portables

J. HASCOET

Société des Engins MATRA

1. Introduction

Dans sa communication, l'auteur fait le bilan des possibilités d'enregistrement du système SECAM dans les différents standards existants.

L'enregistrement sur les magnétoscopes professionnels à quatre têtes tournantes a été possible dès la naissance du système SECAM. La Compagnie Française de Télévision a voulu mettre à l'épreuve cette aptitude remarquable en tentant l'enregistrement sur des magnétoscopes professionnels du type portable. Les premiers résultats ont été obtenus en 1965 et ont conduit à de nombreuses démonstrations et à quelques réalisations industrielles.

Différentes possibilités s'offrent dans ce domaine. Nous parlerons d'abord de l'enregistrement direct du signal composite et ensuite des méthodes qui séparent la sous-porteuse du signal de luminance. Nous examinerons enfin les conditions d'arrêt sur image.

2. Enregistrement direct du signal complet

Dans le cas de l'enregistrement direct, il est nécessaire que le magnétoscope satisfasse à des conditions de bande passante et de stabilité de temps.

— Les bandes passantes minimales souhaitées seraient respectivement de 6 MHz pour le standard CCIR et de 5 MHz pour le standard EIA. Il est possible de se contenter de 5 et 4 MHz.

— La stabilité de temps est critique à deux points de vue différents :

1° la fréquence de la sous-porteuse est changée. Pour l'ensemble de la chaîne, les normes admettent des variations de ± 14 kHz soit ± 3 % ;

2° la fréquence ligne est modifiée et la période ligne n'est donc plus égale au retard apporté par la ligne à retard.

Les normes prévoient dans la chaîne une désadaptation de $0,17 \mu\text{s}$ pour le standard CCIR soit $\pm 2,5$ %.

Les magnétoscopes testés tiennent en général ± 1 %, ce qui est admissible. L'utilisation des magnétoscopes asservis au secteur en lecture est évidemment déconseillée. La fréquence de la sous-porteuse et donc l'amplitude des signaux de couleur sont, dans ce cas, directement liées à la fréquence du secteur.

Nous avons rassemblé dans le tableau I les caractéristiques essentielles du SECAM et des magnétoscopes dans les différents standards. Dans chacun de ceux-ci, le problème est différent.

— Dans le standard EIA, la bande passante des magnétoscopes est en général de 3,5 MHz et peut être portée à 4 MHz en modifiant quelques réglages. On obtient facilement des images de bonne qualité.

— Dans le standard CCIR à canal réduit, il est possible de modifier les réglages des magnétoscopes pour obtenir une bande passante de 4 MHz, au prix d'une dégradation du rapport signal/bruit et d'une maintenance plus serrée.

Les enregistrements obtenus donnent des images de qualité moyenne qui peuvent cependant couvrir les besoins publicitaires, éducatifs et industriels. Ceci nécessite évidemment des codeurs et des récepteurs différents de ceux utilisés en Europe, ce qui limite beaucoup la portée de cette solution. Il est cependant possible, en lecture, de transcoder le signal pour utiliser les récepteurs réglés au standard CCIR européen. Ce transcodage nécessite une simple transposition de la sous-porteuse vers les fréquences élevées (de 906,25 kHz).

— Dans le standard CCIR Européen, l'enregistrement n'est, en général, pas possible, les magnétoscopes ne pouvant pas être modifiés simplement pour obtenir 5 MHz de bande passante. Nous avons cependant obtenu en laboratoire des enregistrements sur des magnétoscopes apparus récemment sur le marché, qui ont des vitesses relatives tête bande de l'ordre de 25 m/s.

TABLEAU I

Comparaisons des caractéristiques du SECAM et des enregistreurs portables dans les standards CCIR et EIA

Caractéristiques	CCIR L.K.G.I.H.	CCIR N	EIA M
Nombre de lignes	625	625	525
Fréquence trame	50	50	60
Fréquence de repos. « Rouge » F_0R	$282 \times F_h$ 4 406,25 kHz	$224 \times F_h$ 3 500,00 kHz	$224 \times F_h$ 3 524,48 kHz
Fréquence de repos. « Bleu » F_0B	$272 \times F_h$ 4 250,00 kHz	$214 \times F_h$ 3 343,75 kHz	$214 \times F_h$ 3 367,13 kHz
Mise en forme HF $X = \frac{F}{F_c} - \frac{F_c}{F}$	$A_{hf} = \frac{1+j16X}{1+j1,26X}$ $F_c = 4\,286,00$ kHz	$A_{hf} = \frac{1+j12,65X}{1+jX}$ $F_c = 3\,380,00$ kHz	$A_{hf} = \frac{1+j12,65}{1+jX}$ $F_c = 3\,404,48$ kHz
Bande passante des enregistreurs portables	3 MHz	3 MHz	3,5 MHz
Vitesse relative tête bande	15 m/s	15 m/s	20 m/s
Déviations nominales de fréquence : « Rouge » ΔF_R	280 kHz	280 kHz	280 kHz
« Bleu » ΔF_B	230 kHz	230 kHz	230 kHz
Limites d'excursion : « Rouge »	-500 à +350 kHz	-500 à +350 kHz	-500 à +350 kHz
« Bleu »	+500 à -350 kHz	+500 à -350 kHz	+500 à -350 kHz
Signaux d'identification : « Rouge »	$F_0R + 350$ kHz	$F_0R + 350$ kHz	$F_0R + 350$ kHz
« Bleu »	$F_0B - 350$ kHz	$F_0B - 350$ kHz	$F_0B - 350$ kHz
Amplitude sous-porteuse : « Rouge »	213 mVcc	213 mVcc	213 mVcc
« Bleu »	166 mVcc	166 mVcc	166 mVcc

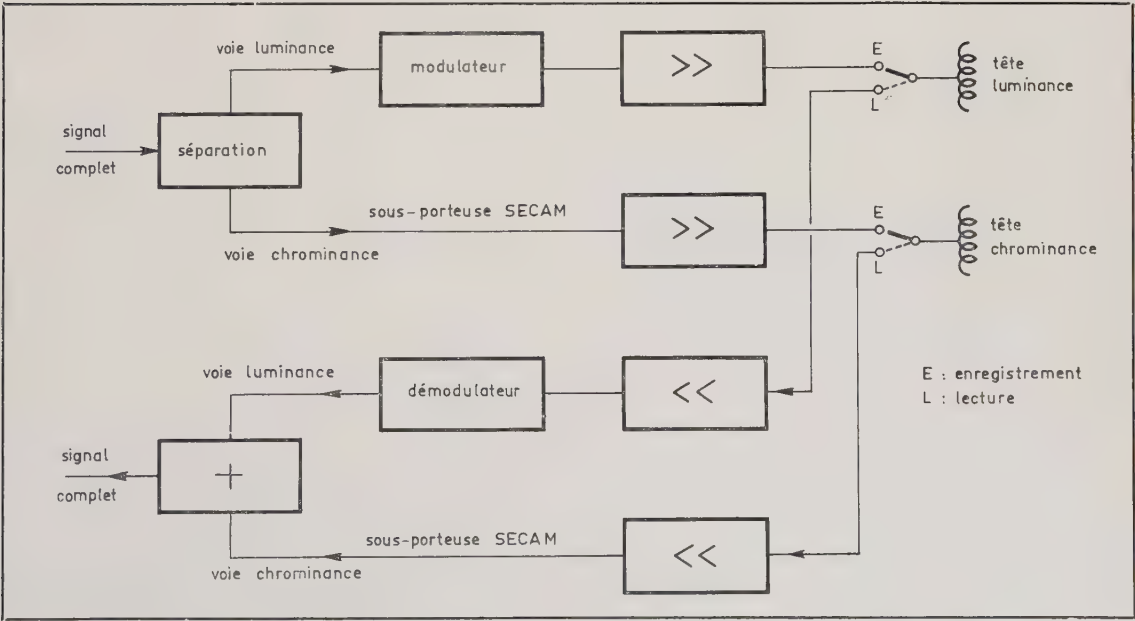


FIG. 1. — Enregistrement des signaux luminance et chrominance sur deux têtes séparées.

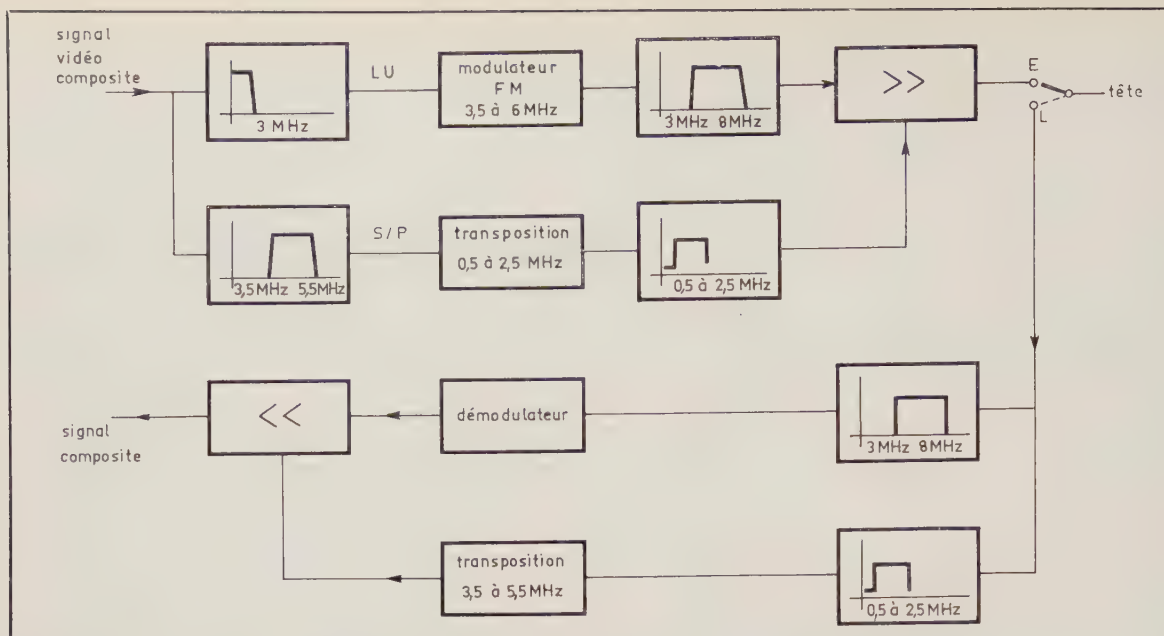


FIG. 2. — Enregistrement des signaux luminance et chrominance sur une seule tête.

3. Méthodes de séparation de la sous-porteuse et du signal de luminance

Il est toujours possible de se tourner vers l'autre méthode qui traite séparément la sous-porteuse et le signal de chrominance.

La figure 1 représente une réalisation possible très simple avec deux têtes enregistreuses, une pour la sous-porteuse et une pour la chrominance.

Ce mode de réalisation a l'inconvénient de nécessiter des modifications mécaniques sur les magnétoscopes déjà existants. D'autre part, les constructeurs ne sont pas tentés par cette formule non compatible.

Une autre réalisation possible est présentée sur la figure 2. Dans ce cas, les signaux luminance (sous forme porteuse modulée en fréquence) et chrominance sont additionnés et inscrits sur la bande par une tête unique. Il est évidemment nécessaire de prévoir des plages de fréquence différentes pour ces deux signaux de façon à pouvoir les séparer en lecture. C'est le but de la transposition de la sous-porteuse de 3 MHz vers les fréquences basses. Il est assez difficile d'éviter les produits d'intermodulations entre les deux signaux. Cette méthode est utilisée par certains constructeurs pour l'enregistrement du NTSC. La sous-porteuse est alors démodulée et vient moduler séquentiellement en fréquence une porteuse de 1,5 MHz.

4. Arrêt sur image

Il n'est pas possible avec les récepteurs ordinaires d'obtenir un arrêt sur image en couleur. Le principe généralement adopté pour la reconnaissance de la séquence rouge-bleu est en effet le suivant :

— vérification de la concordance des phases respectives du commutateur voie directe - voie retardée et de la séquence rouge-bleu ;

— si les phases concordent, la voie chrominance reste ouverte ;

— si les phases ne concordent pas, la voie chrominance est bloquée et une impulsion supplémentaire est appliquée au commutateur. A la trame suivante, la voie chrominance est ouverte et l'on vérifie à nouveau la concordance des phases qui doit être réalisée du fait de l'impulsion supplémentaire.

Dans le cas de l'arrêt sur image, la même trame est répétée sans cesse et l'entrelacé n'est pas respecté. Le fonctionnement du système d'identification est perturbé. On obtient successivement des images couleurs et des images noirs et blanc.

Il est facile de réaliser un récepteur qui impose au commutateur la phase de la séquence rouge-bleu

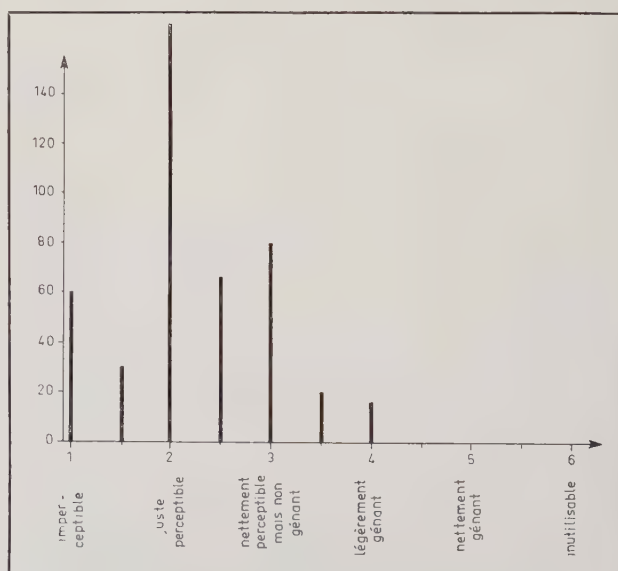


FIG. 3. — Histogramme des appréciations, enregistrement SONY - PV 120 UE, 19 observateurs, 25 séquences. Moyenne générale : 2,24. Moyennes partielles : 2,3 → 4 H ; 2,3 → 6 H ; 2,14 → 8 H. H : hauteur d'image.

extraite des lignes d'identifications sans couper la voie chrominance pendant une trame. On peut aussi synchroniser le commutateur à chaque ligne en se servant de la salve de sous-porteuse à fréquence nominale transmise après l'impulsion de synchronisation. Dans ces deux cas, l'arrêt sur image et le ralenti fonctionnent correctement.

5. Conclusion

Le coût élevé des sources d'images couleurs classiques (caméra, télécinéma, magnétoscopes quatre

têtes) exclut son utilisation directe dans la plupart des applications publicitaires ou éducatives. Le système SECAM enregistré sur magnétoscope portable, apporte une solution à ces besoins. Malheureusement, la nécessité d'utiliser des récepteurs et des codeurs réglés au standard N augmente considérablement le coût des équipements et a freiné la diffusion.

On peut espérer que l'apparition d'une nouvelle vague de magnétoscopes portables permettra d'utiliser le standard européen et donc le matériel courant, donnant ainsi un nouveau départ à ces techniques.



Le tube index

G.J. LUBBEN

*Laboratoire de recherches Philips
Eindhoven (Pays-Bas)*

1. Introduction

Dès les premiers jours de la Télévision en couleur, les Laboratoires de recherches Philips entreprirent une étude dans le domaine des images en couleur.

Divers projets furent étudiés, par exemple des variantes du principe du tube à masque, le tube chromaton, le tube banane et le tube index. C'est sur ce dernier que les plus grands efforts ont été faits durant ces dernières années. La raison est que le principe du tube index a quelques propriétés séduisantes qui n'existent pas dans la plupart des autres types.

Nous avons maintenant atteint en laboratoire une étape telle qu'il est possible de tirer quelques conclusions comparatives importantes sur les mérites et les caractéristiques du tube index et nous pensons qu'il est bon de rendre compte des résultats obtenus depuis 1950. Pour ceux qui ne sont pas familiers avec le tube index, nous allons donner une courte description de son principe.

Le tube index a seulement un canon, aussi les trois signaux de couleur sont-ils commutés séquentiellement dans le temps sur les électrodes du canon. Les luminophores en couleurs sont déposées sur l'écran sous la forme de bandes verticales. Toutes les bandes, les lignes de couleur, aussi bien que les barres noires appelées bandes de garde, sont de même largeur. Le faisceau explorant cette structure de barres de la manière habituelle rencontre ainsi les lignes de luminophores dans un ordre déterminé.

En vue de commuter le signal de couleur approprié sur le faisceau, une information de la position du faisceau doit être disponible. Dans ce but, on a déposé sur l'écran, une autre bande indicatrice constituée de luminophores émettant des rayons ultraviolets quand elle est atteinte par le faisceau. Cette bande indicatrice est appelée bande index. La bande

indicatrice est séparée de la bande de couleur par un enduit métallique. La bande indicatrice a une position fixe par rapport à la bande de couleur. Dans notre version, une bande émettant des rayons ultraviolets est placée sur chaque deuxième ligne noire.

Le rayonnement émis par les bandes UV est détecté par un photomultiplicateur placé à l'extérieur du tube. Le signal obtenu à partir du photomultiplicateur, appelé signal index, est, après quelques transformations, utilisé comme signal de commutation pour l'information couleur.

Pour avoir un bon résultat, un certain nombre d'exigences doit être rempli. En vue d'obtenir une définition suffisante de l'image, un nombre minimal de bandes a été utilisé, davantage de lignes diminuerait la visibilité de la structure de bandes. Cependant, en augmentant le nombre de lignes, on augmente les problèmes de l'optique électronique. La dimension du spot devrait être telle qu'à chaque instant pas plus d'une ligne de luminophore de couleur ne soit atteinte en vue d'obtenir la pureté de couleur et la saturation nécessaires. Il se trouve qu'un nombre de 400 triplets de couleur environ est un bon compromis. Dans un tube de 23 pouces (59 cm), la largeur d'une ligne de couleur est de 0,2 mm.

Pour avoir assez de lumière, un certain courant de faisceau est nécessaire. Pour maintenir les dimensions du spot assez petites, spécialement dans le sens horizontal, même avec un courant de faisceau élevé, une forme elliptique du spot a été choisie en vue de diminuer les effets de la charge d'espace. Des bobines de déflexion étudiées spécialement maintiennent ce spot à la fois concentré et parallèle aux bandes durant la déviation.

2. Structure de l'écran

Si les bandes de luminophores rouges, bleues et vertes de l'écran étaient jointives, il serait nécessaire de supprimer le faisceau d'électrons durant le passage d'une bande de luminophore à la voisine, autrement les couleurs primaires pures ne pourraient être reproduites. Il est très difficile de composer un tel signal et de l'appliquer au canon à électrons. Les bandes de luminophores sont par conséquent séparées par des bandes de garde noires, et l'information couleur est appliquée au canon comme une modulation sinusoïdale de la fréquence du triplet. En élargissant les bandes noires, la pureté des couleurs primaires est améliorée, mais ceci entraîne une perte de lumière. Un compromis convenable est trouvé quand les bandes de garde et les bandes de luminophores sont d'égale largeur.

La structure des bandes de l'écran devient moins visible si les triplets sont plus étroits, mais cette possibilité est limitée par la largeur du spot.

3. Couche composant l'écran

Les bandes de garde noires et les quatre jeux de bandes de luminophores sont appliqués sur l'écran par le procédé habituel bichromate-alcool-polyvinyl. Dans notre appareil expérimental actuel, les structures linéaires sont projetées sur l'écran par un système optique constitué par une lampe à vapeur de mercure à haute tension avec refroidissement par eau, un condenseur, une photographie négative et un objectif de projection de haute qualité.

Nous appliquons en premier les lignes noires, en prenant soin que les lignes et leurs espacements aient une largeur égale partout sur la face de l'écran. L'écran est alors sensibilisé avec la suspension de luminophore de la première couleur et exposé à nouveau au même système de projection. Durant cette exposition, la lumière doit tomber seulement sur un tiers des espaces entre les lignes noires. Comme il serait presque impossible d'ajuster différentes photographies négatives pour se placer exactement par rapport aux lignes noires, le même modèle négatif est utilisé à nouveau. Un masque négatif placé derrière couvre deux des trois lignes transparentes du négatif de base et la totalité de ce négatif de base est déplacée de la largeur d'une ligne noire par un moyen optique convenable. Les lignes des luminophores sont quelque peu superposées intentionnellement de sorte que le luminophore remplit complètement l'espace entre les lignes noires adjacentes. Il n'y a pas d'inconvénients si quelques luminophores se trouvent sur l'arrière d'une ligne noire. Ce procédé est répété pour chacun des deux autres luminophores, en utilisant un masque négatif approprié.

Après l'application de l'enduit métallique d'aluminium de la façon habituelle, l'écran est sensibilisé avec une suspension caractéristique de luminophore UV, et encore exposé au même appareil, utilisant maintenant un masque négatif qui couvre chacune des deuxièmes lignes transparentes sur la matrice.

4. Adaptation des luminophores

Comme il est expliqué dans l'article suivant, les circuits du récepteur à index sont beaucoup simplifiés si aucune modulation de couleur du faisceau d'électrons n'est nécessaire pour donner une image en noir et blanc.

Avec un écran fait de la manière décrite, les parties visibles des trois lignes de luminophores d'un triplet ont toutes exactement la même largeur. L'efficacité des luminophores est ajustée pour donner un point de couleur correct pour le blanc en ajoutant quelques charges inactives aux luminophores qui ont une émission lumineuse trop élevée. En pratique, il suffit de très peu d'un tel réducteur.

5. Distorsion de la structure de ligne

Comme expliqué dans le prochain paragraphe, la plupart des paramètres disponibles dans l'étude des bobines sont nécessaires pour maintenir la qualité du spot durant la déviation et on n'a plus les mains libres pour réduire les distorsions de balayage.

La distorsion de balayage de l'image dans son ensemble, pour être aussi petite que possible, est ajustée par un choix convenable des tensions commandant les bobines de déviation. De petites distorsions résiduelles subsistent cependant, comparables à celles d'un récepteur de télévision noir et blanc.

Si les structures des bandes noires et des bandes des luminophores, vues par un observateur placé devant le tube à une distance normale, étaient exactement rectilignes et parallèles, la fréquence du signal index varierait d'une façon appréciable et donnerait beaucoup de difficultés pour le traitement des signaux. La structure des bandes est, par conséquent, légèrement déformée pour ajuster la distorsion résiduelle de l'image et maintenir presque constante la fréquence des signaux index.

La distorsion nécessaire est produite en utilisant des structures de bande appropriées dans les photographies négatives.

6. Pilotage des lignes

La raison de l'utilisation de trois bandes index par deux triplets, au lieu de la disposition simple d'une bande par triplet est expliquée dans l'article suivant. Pour éliminer l'ambiguïté de phase inhérente à ce système, chaque troisième bande index n'existe pas sur les premiers centimètres de la gauche de l'écran. Cela est réalisé en bloquant les bandes ouvertes correspondantes sur le masque négatif. De la même façon, les bandes des luminophores sont remplacées par une bande noire continue dans cette zone, autrement le niveau de courant élevé utilisé dans l'analyse de cette section donnerait une bande blanche brillante sur le côté gauche de l'image.

7. Canon et bobines de déviation

La partie la plus critique et la plus difficile du tube est le canon à électrons. Pour obtenir une image avec une luminance suffisante, un courant de

crête de 2 à 2,5 mA sous 25 kV est nécessaire. Ce courant de faisceau devrait être idéalement concentré dans un spot si étroit qu'il ne devrait toucher qu'une seule bande de luminophore à la fois. En pratique, cette condition astreignante doit être quelque peu relâchée, mais la largeur du spot observée visuellement ne devrait pas excéder deux fois la largeur d'une bande noire.

Le canon à électrons utilisé donne un spot elliptique avec des dimensions types de $0,4 \times 2,4$ mm. Beaucoup de prototypes de canon ont été expérimentés et ce travail continue encore. A l'origine, une focalisation magnétique des canons triodes était utilisée. Actuellement nous avons développé des canons térodes convenables focalisés électro-statiquement. Dans tous ces canons, le trou de la grille n'est pas concentrique, et quelquefois celui de la première anode également.

Un facteur très important est l'adaptation mutuelle du faisceau électronique aux bobines de déviation. En général, les aberrations des bobines de déviation provoquent une défocalisation du spot et une inclinaison quand il est dévié. Pour maintenir la focalisation du spot sur tout l'écran, les bobines de déviation doivent remplir des conditions plutôt restrictives. Il apparaît que des aberrations particulières telles que la variation de la longueur du spot, ne peuvent être évitées, que si le projet de canon est spécialement adapté pour éliminer ces aberrations. Des contacts très étroits entre les ingénieurs chargés de l'étude des bobines et ceux chargés de l'étude du canon sont nécessaires pour obtenir une solution satisfaisante.

8. Ecran lenticulaire

La division de l'écran en bandes verticales est difficilement visible à une distance normale, mais peut gêner un observateur plus rapproché de l'écran. Cette structure de bandes peut être beaucoup réduite en fixant un écran lenticulaire convenable sur la face du tube, pour étaler la lumière de chaque ligne de luminophore d'un demi trajet vers la ligne adjacente de la même couleur. Avec un tel

écran lenticulaire, il n'y a pas de perte significative de définition et la structure de bandes n'est plus visible à partir de la moitié de la distance normale d'observation.

9. Résultats obtenus

Finalement, j'aimerais faire quelques remarques indiquant les résultats obtenus, les avantages et les inconvénients de la reproduction par tube index.

Dans son état actuel de développement, le tube index donne des images en couleur qui sont, dans l'ensemble, d'une qualité comparable aux images obtenues avec le tube à masque. On peut obtenir la même luminance avec moins de puissance haute tension sans détériorer la définition. Le contraste maximal est amplement suffisant. Le courant du faisceau ne doit pas être complètement coupé par crainte de perdre le signal index. Cependant un courant de $2,5 \mu\text{A}$ est à la limite de sécurité, ce qui signifie qu'avec un fort courant du faisceau de lumière (2,5 mA), un bon rapport de contraste peut être obtenu.

Le principe du tube index entraîne quelques petites erreurs dans la saturation et la teinte des couleurs saturées. La saturation des couleurs primaires tend à être légèrement trop basse, celle de leur mélange linéaire, un peu trop haute. En pratique ces défauts sont à peine visibles.

La construction du tube index est plus simple que celle des autres tubes couleur. Il n'y a pas besoin de masque ou de grille. Actuellement une enveloppe de verre très semblable à celle d'un tube noir et blanc peut être utilisée.

Il n'y a pas de problèmes avec la convergence des trois images en couleur qui est particulièrement importante pour les récepteurs à deux normes. Les émissions de lumière des luminophores peuvent être adaptées de sorte qu'il n'y ait pas de problèmes avec l'alignement des couleurs. Une excellente image en noir et blanc peut être ainsi obtenue.

C tube est insensible aux champs magnétiques, aux vibrations et aux chocs.

Traitement des signaux dans le tube index

P. M. van den AVOORT

Laboratoires de Recherches Philips
Eindhoven (Pays-Bas)

1. Introduction

Dans l'article précédent, le principe de fonctionnement et la construction du tube Index ont été expliqués. Nous allons discuter maintenant du traitement du signal, parce que le tube index qui n'est pas classique est à un seul canon.

Trois principaux points seront discutés, à savoir :

- le signal nécessaire pour commander le tube, désigné par « signal d'écriture ».
- la conversion des signaux disponibles dans les détecteurs du récepteur couleur en signaux d'écriture.
- le traitement du signal indiquant la position du spot sur l'écran, désigné par « signal index ».

2. Signal d'écriture (fig. 1)

La particularité la plus saillante du tube index, qui est un tube de télévision en couleur à simple canon, est la nécessité du traitement d'un signal de couleur séquentiel.

Pour une reproduction exacte des couleurs, des échantillons des signaux de couleurs, rouge, bleu et vert doivent être fournis au canon unique, en séquences telles qu'à l'instant où le faisceau rencontre les lignes des luminophores rouge, bleu ou verte, les signaux de couleur primaire correspondants soient commutés sur le tube.

Un tel traitement de découpage du signal de couleur conduit théoriquement à une largeur de bande infinie, impraticable.

La simplification en une largeur de bande finie est une opération qui peut être facilement comprise si les signaux de couleur échantillonnés sont représentés par leurs séries de Fourier.

Chacun des signaux de couleur découpés peut être représenté par une composante continue, par une composante alternative ayant une fréquence égale à

la fréquence de répétition des triplets de couleur, habituellement appelée « fréquence d'écriture » et par un nombre infini d'harmoniques les derniers étant négligés. Les composantes alternatives des trois signaux de couleur découpés sont mutuellement déphasés d'un tiers de la période de la fréquence d'écriture. Le signal d'écriture complet simplifié consiste en une somme des trois courants continus et des trois courants alternatifs, respectivement appelés « signal achrome » et « signal chroma ».

Revenant à nouveau aux fonctions du temps d'origine et supposant que le rouge soit reproduit, il est tout à fait clair que la suppression des harmoniques élevés conduirait à une désaturation inacceptable, par suite de la grande quantité de vert et de bleu qui serait reproduite si les lignes noires entre les lignes de couleur n'existaient pas. Les lignes noires (ou lignes de garde) agissent comme un sys-

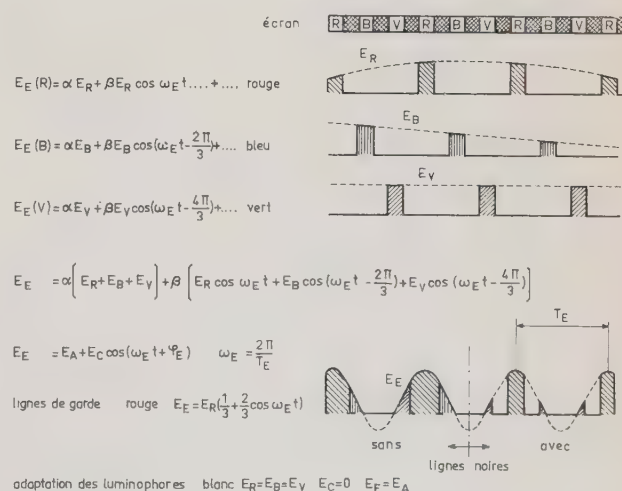


FIG. 1. — Signal d'écriture.

tème de déclenchement périodique qui intercepte le courant du faisceau aux points où il devrait s'annuler.

De cette manière, une reproduction satisfaisante de toutes les couleurs peut être réalisée, mais au prix de 50 % de l'efficacité du courant du faisceau si on utilise une même largeur pour les lignes noires et les lignes de couleur.

On obtient la forme la plus simple du signal d'écriture si les efficacités des luminophores sont adaptées de telle sorte que le blanc soit obtenu avec des amplitudes égales des signaux rouge, bleu et vert. Dans ce cas, la partie couleur du signal d'écriture est nulle pour le blanc.

3. Conversion des signaux de luminance et des signaux de différence de couleur en signal d'écriture (fig. 2)

Les signaux disponibles dans un récepteur couleur habituel sont le signal de luminance E_Y et les signaux de différence de couleur $E_R - E_Y$ et $E_B - E_Y$, ces deux derniers étant nuls pour le blanc. Comme l'adaptation des luminophores assure des amplitudes égales pour les signaux de couleur E_R , E_B et E_Y , la partie couleur du signal d'écriture s'annulera, et le signal d'écriture consistera seulement en un signal achrome E_A . Ainsi, pour le blanc à nouveau, le signal de luminance E_Y et le signal achrome E_A ont la même valeur.

D'après ce qui précède, il sera évident que le signal de luminance E_Y et le signal achrome E_A différeront de valeur seulement si l'information de couleur est transmise ou, en d'autres termes, le signal $E_A - E_Y$ se comportant comme un signal de différence de couleur, s'il peut être obtenu par un matricage linéaire de deux autres signaux de différence de couleur, dans ce cas, les signaux $E_R - E_Y$ et $E_B - E_Y$.

Le signal achrome E_A peut ainsi être fourni par

la somme du signal de différence de couleur $E_A - E_Y$ et du signal de luminance E_Y .

Il a déjà été établi que le choix de l'efficacité des luminophores conduit à un signal de couleur seulement si l'information couleur est transmise. Un tel signal sera procuré par les signaux de sortie combinés des deux modulateurs d'amplitude fonctionnant avec suppression de porteuse.

Dans ce cas, les signaux de différence de couleur $E_R - E_Y$ et $E_B - E_Y$ modulent deux porteuses à la fréquence d'écriture et avec une relation de phase mutuelle appropriée.

Les sorties pondérées sont ajoutées en vue d'obtenir le signal de couleur.

Nous arrivons maintenant au dernier et plus typique problème du tube index, c'est-à-dire comment extraire la porteuse mentionnée ci-dessus des impulsions d'index engendrées dans le tube.

4. Signal index (fig. 3)

Le signal index est engendré par l'exploration des structures d'index et consiste en une série d'impulsions. Pour pénétrer le mécanisme, il est à nouveau commode de considérer les représentations des séries de Fourier en fonction du temps.

Si le tube est analysé avec un courant de faisceau constant, il est engendré une fonction du temps appelée fonction index et consistant en un débit continu d'impulsions. L'information de la position du spot est exclusivement donnée par la phase du fondamental de cette fonction index.

Si le courant du faisceau est modulé, le spectre de fréquence du signal index peut être exprimé comme le produit des représentations de Fourier du courant de faisceau et de la fonction index. La structure d'index, de prime abord très séduisante, une ligne index par triplet de couleur donnant des fréquences égales aux signaux d'écriture et aux signaux d'index, conduit à une détérioration

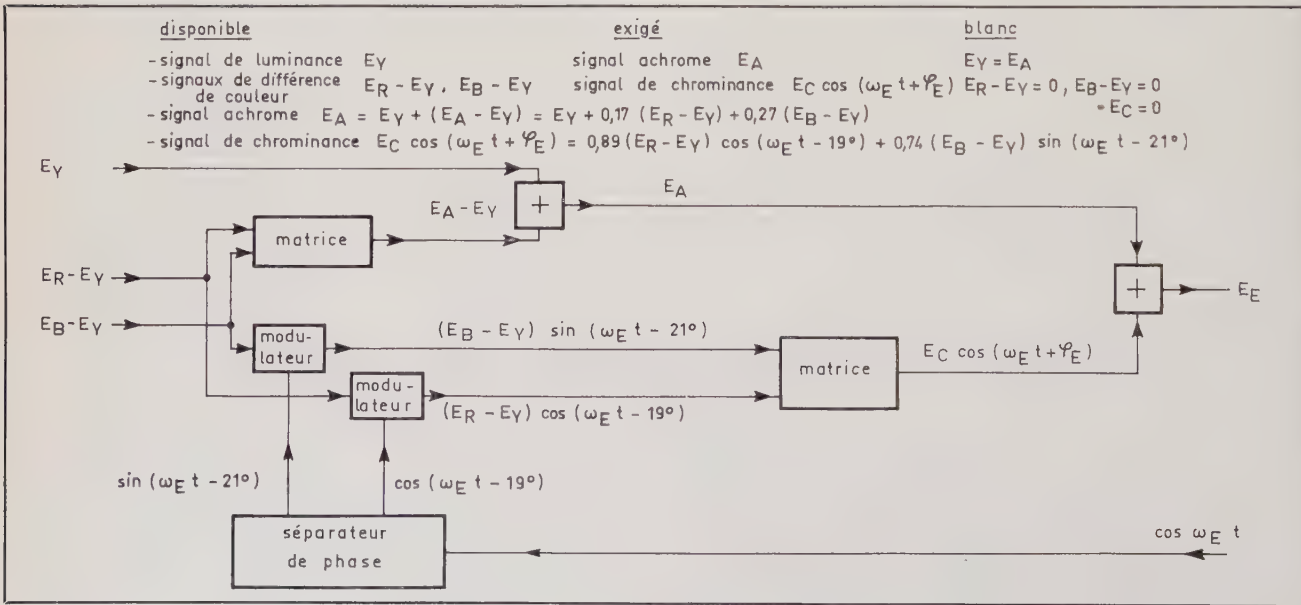


FIG. 2. — Conversion du signal couleur.

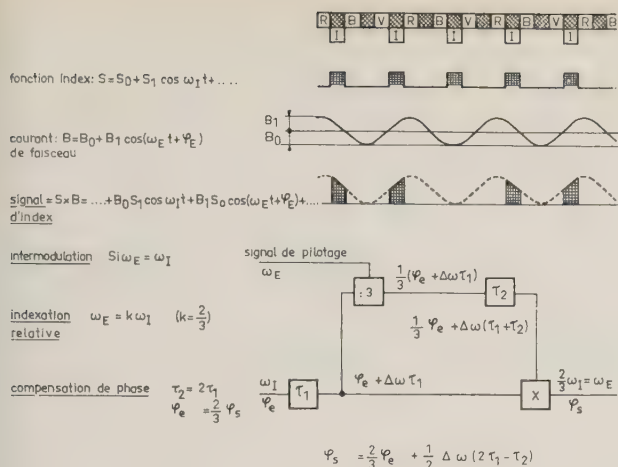


FIG. 3. — Traitement du signal index.

désastreuse de l'information de phase parce qu'il y a une transmodulation complète entre les signaux d'index et les signaux d'écriture. Ceci signifie que la phase du signal index dépend de la phase et de l'amplitude du signal d'écriture, alors que, pour un fonctionnement satisfaisant, le signal index devrait dépendre seulement de l'exploration de la structure de l'index.

La façon la plus simple de résoudre le problème de transmodulation est de séparer la fréquence du signal index de la fréquence du signal d'écriture. Il en résultera une structure d'index avec une périodicité différente de celle du triplet de couleur. Plusieurs relations entre les fréquences des signaux d'index et des signaux d'écriture sont possibles, mais l'une d'entre elles, ayant une fréquence de signaux index égale à une fois et demie la fréquence du signal d'écriture, s'est révélée être le meilleur compromis entre les exigences, quelquefois contradictoires, concernant cette relation.

Nous n'allons pas vous en rapporter les détails mais nous examinerons quelques conséquences de cette méthode connue sous le nom de méthode de fréquence d'indexation relative.

Jusque là, trois opérations sur les signaux du signal index sont essentielles pour obtenir une porteuse à la fréquence d'écriture.

Premièrement, la composante contenant l'information d'index doit être séparée des composantes engendrées par le signal d'écriture et les composantes résultant de la transmodulation entre l'information d'écriture et l'information d'index doivent être éliminées par des filtres.

Deuxièmement, les variations d'amplitude du signal index doivent être éliminées en limitant le signal index filtré.

Troisièmement, le signal index filtré et limité doit être divisé par 1,5 au moyen d'un diviseur de fréquence.

Deux problèmes découlent de ces opérations :

D'abord, le retard provoqué par le filtre utilisé cause un déphasage de l'information index si, par

exemple, la fréquence index varie par suite de variations dans l'amplitude du balayage. Ce problème peut être résolu en aiguillant le signal à travers deux chemins donnant des déphasages égaux en amplitude mais de signe opposé. Le déphasage des deux signaux additionnés sera alors nul.

La seconde et importante répercussion de l'introduction de la méthode d'indexation relative et, en conséquence, de l'emploi d'un diviseur de fréquence, est une ambiguïté de la phase entre les signaux d'entrée et de sortie du diviseur de fréquence, consistant en trois phases de sorties possibles, mutuellement déphasées de 120 degrés.

Cette ambiguïté est éliminée par l'emploi d'un pilotage de lignes ayant une périodicité égale à celle de la structure du triplet et procurant une salve à la fréquence des signaux d'écriture de couleur, suffisante pour déclencher le diviseur de fréquence dans une phase correcte, au commencement de chaque ligne de balayage.

Durant le temps de pilotage, le signal d'écriture doit être supprimé pour éviter la transmodulation. De plus, pendant le reste de l'exploration, un certain courant de faisceau minimal, le courant du niveau noir, doit toujours circuler, en vue de maintenir le diviseur de fréquence en marche.

Ce dernier point implique l'emploi d'une porte de pilotage, d'une porte de signal d'écriture et d'un système de commande automatique du niveau du noir.

5. Etudes expérimentales (fig. 4)

Pour finir, nous donnons quelques remarques sur les études expérimentales du système de synthèse avec tube index.

En premier lieu, le système à index fut étudié pour sa faisabilité. Le problème fondamental majeur est apparu comme étant la stabilité de phase du système qui, par suite de transmodulation résiduelle et des effets des régimes transitoires, se comporte encore comme un circuit fermé. Lorsque le mécanisme fut compris suffisamment, on trouva qu'un filtre assez simple donnerait un fonctionnement correct du système à index.

L'étape suivante fut l'étude de la réalisation technique de l'incorporation d'un tube index dans un récepteur. Comme on pouvait s'y attendre, on a trouvé qu'il n'y avait pas de différences essentielles entre les circuits d'un récepteur à index et ceux d'un récepteur classique avec tube à masque jusqu'aux détecteurs de couleur dans les deux récepteurs.

Appliquant les techniques des récepteurs usuels pour les circuits du tube index, le caractère des études changea des aspects fondamentaux aux aspects des tolérances acquises.

Le comportement du récepteur en fonction des variations de tension d'alimentation, des variations de température, du vieillissement des composants ou des éléments sensibles au vieillissement, tel que le photomultiplicateur, fut complètement étudié. Il fut trouvé que généralement les techniques des récepteurs normaux suffisaient grandement pour un fonctionnement fiable.

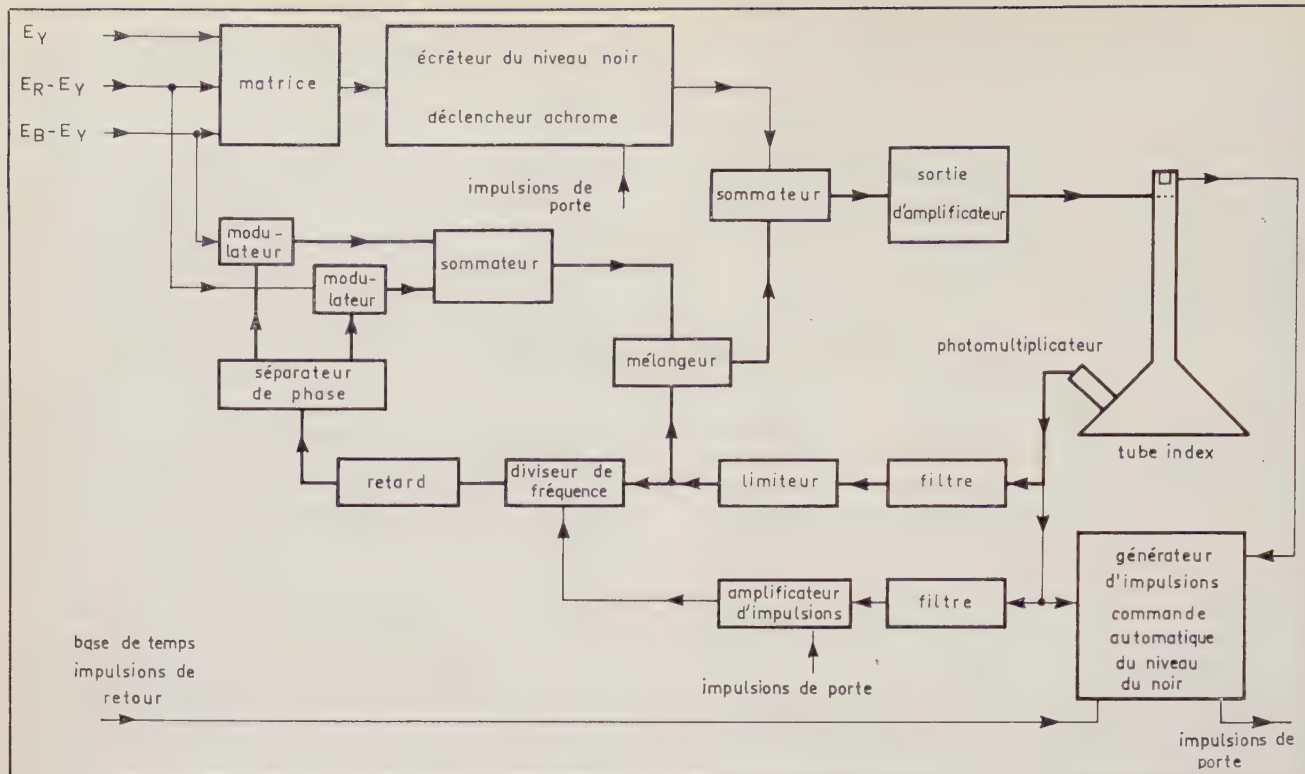


FIG. 4. — Schéma des circuits index.

Dans une étape suivante, la plupart des traitements des signaux faibles, tels que la division de fréquence, le déclenchement périodique, la modulation et la limitation furent réalisés par des méthodes numériques au lieu de méthodes analogiques. Ceci nous a donné la possibilité d'éliminer un nombre de réglages et d'alignements, au prix, cependant, de l'addition d'un nombre considérable de composants. Comme la version numérique des circuits est réalisée avec des circuits intégrés, le nombre de composants n'a pas d'importance. La stabilité en fonction de la température de ces circuits est parfaite parce que tous les éléments sont à la même température. On s'attend à ce que l'emploi de circuits intégrés conduise à une production simplifiée et à une fiabilité améliorée. Le travail sur les circuits intégrés n'est pas encore achevé.

Une estimation définitive sur la qualité de l'image du récepteur est difficile parce que quelques points sont en faveur de l'emploi du tube index, d'autres

ne le sont pas. L'exécution et la maintenance de la superposition satisfaisante et de l'alignement de l'échelle des gris n'est pas un problème, grâce à la conception du tube index — un tube à simple canon — et le fonctionnement stable inhérent des circuits intégrés numériques. En ce qui concerne la structure des écrans, la structure de ligne du tube index est nettement plus visible que la structure pointillée du tube à masque. Des expériences avec des échantillons d'écrans lenticulaire ont montré que ce défaut pouvait être pratiquement éliminé. Une limitation fondamentale de la saturation de la couleur résulte des conditions de commande du tube, une limitation pratique résulte de la largeur du spot. Une appréciation soignée des différents facteurs déterminant la qualité d'ensemble de l'image, tels que définition, saturation, apparition de la structure des lignes, sera nécessaire avant qu'une comparaison finale de la qualité des images entre le tube à masque et le tube index soit possible.

Nouveau tube relais optique pour projection d'images de télévision

G. MARIE

Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée

1. Introduction. Travaux antérieurs

La restitution d'images de télévision de dimensions comparables à celles obtenues avec le cinéma ne trouve encore, à l'heure actuelle, que des solutions complexes et souvent fort coûteuses. Nous allons décrire, dans cette communication, un nouveau tube relais optique qui peut contribuer à la résolution de ce problème.

On sait que, dans un tube image classique, le faisceau d'électrons assure simultanément trois fonctions fondamentales :

- il fournit l'énergie d'excitation du phosphore ;
- il réalise le balayage spatial ;
- il transporte l'information temporelle.

Dans un relais optique, la première fonction se trouve séparée des deux autres, ce qui permet l'utilisation de sources lumineuses de grande puissance et, par suite, la projection d'images sur grand écran. Dans le tube relais que nous décrivons ici, les deux dernières fonctions (balayage et modulation) sont également séparées, ce qui confère au tube la propriété essentielle de reproduire les images sans aucun papillotage. La modulation du faisceau est obtenue au moyen de l'effet électro-optique longitudinal Pockels dans une lame monocristalline de phosphate diacide de potassium deutéré (KD_2PO_4 appelé KDP deutéré en abrégé) portée à sa température de Curie (environ -60°C).

On doit noter que l'idée d'utiliser l'effet Pockels pour la projection d'images de télévision n'est pas nouvelle car elle a été proposée dès 1936 par L.S. KAYSIE [1], M. VON ARDENNE [2] et V.A. BABITS [3]. Une première tentative de réalisation a été décrite en 1960 par S. RISSMANN et H. VOSAHL [4] et nous savons que des travaux sont en cours actuellement dans plusieurs laboratoires américains. A notre

connaissance, ces derniers travaux utilisent des cristaux fonctionnant à température ambiante et il semble qu'ils n'aient pas encore abouti à la réalisation d'un relais optique capable de projeter des images à haute définition.

Le principe de fonctionnement d'un tel tube relais est indiqué sur la figure 1. Une lame de KDP, placée entre deux polariseurs croisés, est explorée par un faisceau d'électrons qui dépose, à sa surface, des charges électriques proportionnelles à la tension vidéo correspondant à chaque point image ; une couche conductrice transparente, déposée sur l'autre face du cristal, permet la fermeture du circuit électrique. On sait qu'un cristal de KDP soumis à un champ électrique E , parallèle à son axe optique c , voit son ellipsoïde des indices se déformer ; il apparaît une différence d'indices Δn pour des composantes de lumière dont les directions de polarisation sont respectivement parallèles aux bissectrices des axes cristallographiques a et b ; les deux composantes, initialement en phase, présentent à la sortie du cristal d'épaisseur l une différence de phase φ ; comme cet effet est linéaire, Δn est proportionnel au champ E et φ est proportionnel au produit El , c'est-à-dire à la différence de potentiel V existant entre les faces d'entrée et de sortie du cristal. Lorsque le cristal

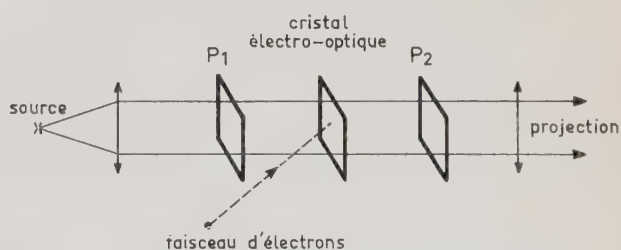


FIG. 1. — Principe de fonctionnement d'un relais optique utilisant l'effet électro-optique Pockels.

est placé entre deux polariseurs croisés dont les directions de polarisation sont respectivement parallèles aux axes a et b , la transmission de l'ensemble est égale à :

$$T = \sin^2 \frac{\varphi}{2} = \sin^2 kV,$$

aux pertes dues à la polarisation initiale près, expression dans laquelle le paramètre k ne dépend pas de l'épaisseur de la lame. Tant que T reste inférieur à 75 %, cette caractéristique est pratiquement quadratique, c'est-à-dire analogue à celle des tubes images classiques.

La sensibilité d'un cristal peut être caractérisée par la tension de déphasage demi-onde $V_{\lambda/2}$ pour laquelle la transmission est maximale. Cette tension atteint environ 8 kV à 5 500 Å, dans le cas du phosphate diacide de potassium ordinaire, et 3,5 kV environ dans le cas d'un cristal deutéré à 90 %. Lorsqu'on utilise le cristal en double trajet et qu'on limite la transmission à 75 % pour rester dans la région quadratique de la caractéristique, la tension maximale nécessaire est égale à 1,2 kV dans le cas du cristal deutéré. Si les dimensions de la lame cristalline sont de l'ordre de 30×40 mm² et si l'on désire obtenir une définition de 600 lignes $\times$ 800 points, il faut donc que deux points distants de 50 μ puissent prendre des potentiels qui diffèrent de 1,2 kV ; il semble bien que ce résultat n'ait pu être encore obtenu soit par suite de courants de fuite à la surface du cristal, soit en raison de l'influence de ces différences de potentiel sur les trajectoires des électrons, même en présence de tensions d'accélération élevées (20 kV par exemple).

2. Fonctionnement choisi pour le tube « Titus » étudié à LEP

Les principes de fonctionnement du tube TITUS* ont été définis en collaboration avec Y. ANGEL, Professeur au CNAM, et R. GENEVE, Ingénieur en Chef à LEP, ils ont déjà fait l'objet d'une publication [5]. Lorsqu'on examine la variation de la sensibilité Pockels d'un cristal en fonction de la température, on constate que la biréfringence induite n'est pas proportionnelle au champ électrique mais à la polarisation électrique, c'est-à-dire au produit ϵE lorsqu'on fonctionne au-dessus du point de Curie. Comme les cristaux de la famille du KD_2PO_4 sont ferro-électriques, nous avons résolu les difficultés précédentes en faisant fonctionner le cristal à une température proche de sa température de Curie t_c . La figure 2 montre la variation de la constante diélectrique du KD_2PO_4 dans une direction soit perpendiculaire (ϵ_a), soit parallèle à l'axe optique et, dans ce dernier cas, soit pour un cristal libre (ϵ_c), soit pour un cristal immobilisé (ϵ'_c). Comme l'effet Pockels dans un cristal libre est accompagné d'un

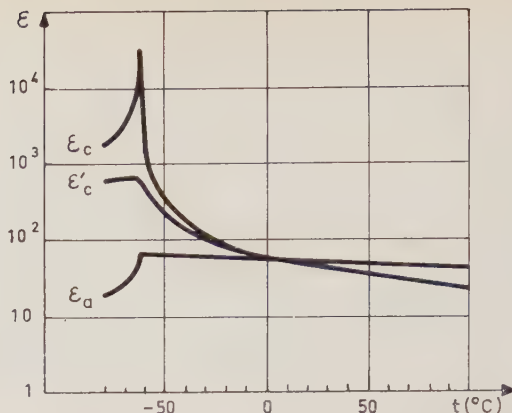


FIG. 2. — Courbes de variation, en fonction de la température, de la constante diélectrique d'un cristal de KDP deutéré à 90 % : ϵ_a : dans une direction perpendiculaire à l'axe optique. ϵ_c et ϵ'_c : dans une direction parallèle à l'axe optique, respectivement pour un cristal libre et un cristal immobilisé.

effet piézoélectrique qui pourrait créer un couplage entre les différents points de l'image, il est nécessaire d'immobiliser la lame cristalline, par collage par exemple. On s'aperçoit alors que la constante ϵ'_c atteint un maximum de l'ordre de 650 à une température voisine de t_c ; la différence de potentiel maximale requise pour la modulation du faisceau se trouve alors réduite à 80 V dans le cas du fonctionnement en double trajet. En outre, il n'apparaît pas de domaines pour des températures inférieures à t_c , contrairement à ce qui se passe dans le cas d'un cristal libre ; la région de fonctionnement peut s'étendre ainsi de $(t_c - 4^\circ)$ à $(t_c + 2^\circ)$ environ, ce qui rend la stabilisation de la température relativement aisée. On remarque, de plus, sur la figure 2 que ϵ_a est inférieur de 10 fois environ à ϵ'_c , ce qui permet de choisir, sans perte de définition, une épaisseur de cible très supérieure à la distance de deux points image.

Le choix de la température de fonctionnement n'a pas pour seul effet de modifier la sensibilité de l'effet Pockels, mais permet également de conférer au relais optique une propriété essentielle : celle de pouvoir reproduire des images de télévision sans aucun papillotage, si lente que soit la cadence d'analyse. En effet, la constante de temps de décharge du cristal, égale au produit $\epsilon'_c \times \rho$ de la constante diélectrique par la résistivité (dans le système MKSA), est de l'ordre d'une heure à -60° , alors qu'elle est voisine de 0,1 s à la température ambiante. Ce phénomène pose, dans notre cas, le problème de l'élimination des charges déposées par le faisceau électronique, alors que l'on pouvait considérer que l'effaçage était automatique dans le cas du fonctionnement à température ambiante. Pour réaliser l'enlèvement des charges, nous avons fait appel à l'émission secondaire de la cible, en choisissant une disposition déjà mise en œuvre dans certains tubes mémoire. Cette disposition est représentée sur la figure 3 où l'on peut voir, en outre, le principe du fonctionnement en double trajet, obtenu à l'aide d'un miroir multidélectrique M ; la cible est arrosée par un faisceau électronique dont le potentiel d'accélération est compris

* TITUS est un nom formé à partir des initiales de : Tube Image à Transparence Variable Spatio-temporelle, en confondant les lettres U et V comme il était d'usage autrefois.

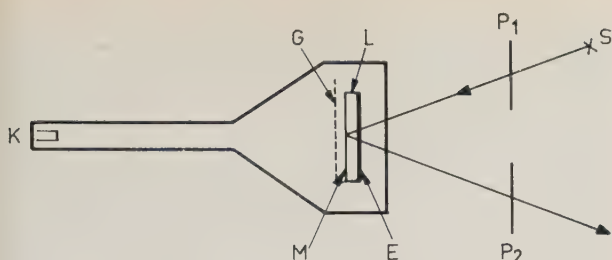


FIG. 3. — Structure élémentaire du tube TITUS :

L : lame monocristalline de KD_2PO_4 .

M : miroir multidirectionnel.

G : grille collectrice placée à faible distance de la lame et dont le potentiel est celui de la masse.

E : électrode conductrice transparente à laquelle est appliqué le signal vidéo.

K : cathode dont le potentiel est compris entre -500 et $-1\,000$ V et qui fournit un faisceau d'électrons d'intensité constante.

On peut voir en outre, sur la figure, la source de lumière extérieure S et les polariseurs croisés P_1 et P_2 .

entre 500 et $1\,000$ V, de sorte que le taux d'émission secondaire à saturation de la face bombardée soit très supérieur à 1 ; une grille est placée devant la cible, à une faible distance de celle-ci (moins de $20\ \mu$). On peut voir facilement que le faisceau électronique, d'intensité constante, agit pratiquement comme un court-circuit volant entre la grille et le point touché de la cible ; en effet, si ce point est à un potentiel inférieur à celui de la grille, le taux d'émission secondaire est supérieur à 1 , la cible perd des électrons et son potentiel monte ; par contre, dans le cas où la cible est à un potentiel très supérieur à celui de la grille, les électrons secondaires ne peuvent plus quitter la cible, le taux d'émission secondaire devient inférieur à 1 et le potentiel de la cible baisse. On montre que le potentiel d'équilibre atteint par le point touché par le faisceau d'électrons est supérieur de 2 à 4 V au potentiel de la grille. Si l'on applique alors la tension de commande vidéo entre la grille et la couche conductrice transparente située de l'autre côté de la lame cristalline, les différents points de la cible se chargeront, à quelques volts près, à la tension vidéo correspondant à l'instant où ils sont touchés par le faisceau. Les fonctions d'effaçage et d'inscription sont donc confondues et il en résulte un fonctionnement sans aucun papillotage ; en effet la charge d'un point reste constante entre deux passages successifs du faisceau électronique, de même que pendant ces passages, pour les points de l'image qui n'ont pas bougé.

3. Rendement énergétique

Les cristaux de KD_2PO_4 font partie du système quadratique et possèdent un axe optique ; il en résulte que, lorsqu'ils sont placés entre deux polariseurs croisés, on ne peut obtenir une extinction totale de la transmission de la lumière que pour des rayons parallèles à l'axe optique. Le fonctionnement avec un faisceau de lumière présentant une certaine diver-

gence introduit donc un niveau de lumière parasite qui limite le contraste ; on calcule qu'avec une lame cristalline d'épaisseur $0,2$ mm, fonctionnant en double trajet, on peut obtenir un contraste de 50 pour un faisceau dont l'angle d'ouverture est de l'ordre de 10° . L'étendue géométrique du faisceau de lumière utilisable est donc plus limitée ici que dans le cas de la projection cinématographique. Pour une source de lumière du type arc à xénon à haute pression et dans le cas d'une surface de cible de $30 \times 40\text{ mm}^2$, le rendement de l'optique de collection se trouve réduit à environ 25% .

On doit tenir compte également :

- du fait que l'on travaille en lumière polarisée, ce qui introduit une perte de lumière de 50% lorsqu'on utilise des prismes polarisant sans dissipation ;
- de la transmission maximale de 75% lorsqu'on veut rester dans une caractéristique de modulation quadratique ;
- du taux de transmission voisin de 80% de la couche conductrice transparente traversée deux fois par le faisceau.

On obtient ainsi un rendement global de l'ordre de 6% , c'est-à-dire environ trois fois moins grand que celui du cinéma mais très proche de celui du seul relais d'images optiques actuellement sur le marché : l'Eidophore.

La luminance maximale d'un écran de cinéma est, en général, voisine de 26 nits, valeur que l'on obtient pour un éclairage de 100 lx lorsque l'écran diffuse selon la loi de Lambert avec un rendement de 80% . Comme l'efficacité lumineuse d'une lampe à arc de xénon est de l'ordre de 33 lm/W , la consommation du dispositif de projection par unité de surface d'écran est alors de :

$$\frac{100}{33 \times 0,06} = 50\text{ W/m}^2.$$

On pourrait donc projeter une image de télévision sur un écran de 20 m^2 en utilisant une lampe de 1 kW .

4. Premiers résultats obtenus

La réalisation expérimentale d'un tube relais optique a posé de nombreux problèmes technologiques liés, en particulier, au fonctionnement en lumière polarisée et à la nécessité de refroidir uniformément la cible à une température voisine de -60° . Ces problèmes ont été résolus en collaboration avec R. LE PAPE (LEP). La figure 4 indique le plan d'un tube construit au format d'une image-orthicon 3 pouces, dans le but de permettre l'utilisation de bobines de déflexion et de concentration classiques ; la figure 5 montre la photographie de ce tube qui est prévu pour la projection d'images de télévision sur des écrans d'une ou plusieurs dizaines de mètres carrés de surface. Le refroidissement de la cible est réalisé par deux étages de cellules Peltier, assemblées par soudage à l'eutectique indium-étain et incorporées

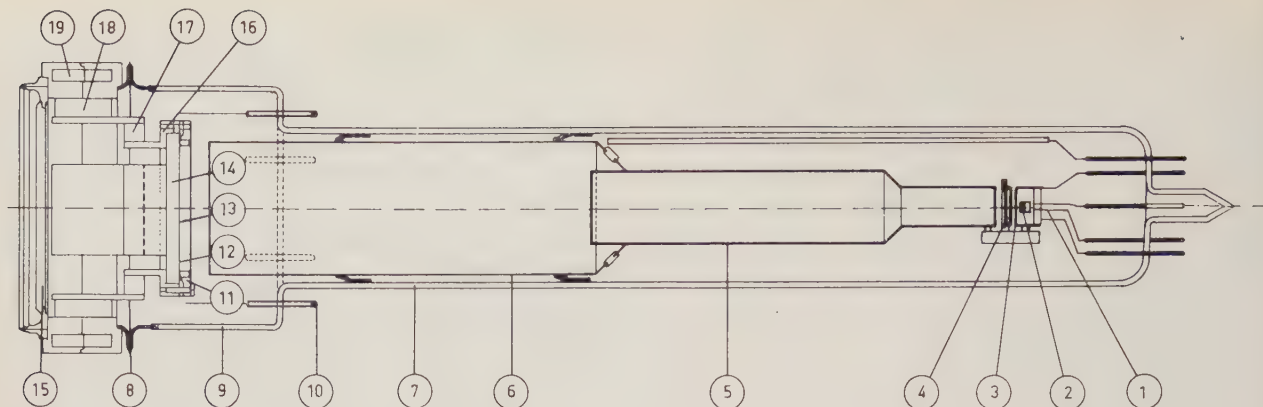


FIG. 4. — Plan d'un tube expérimental.

(1) filament, (2) cathode, (3) wehnelt, (4) 1^{re} anode munie d'un diaphragme, (5) et (6) 2^e et 3^e anodes, (7) et (9) enveloppe en verre, (8) bague métallique de fermeture par soudure argon-arc, (10) passage isolé, (11) et (12) grille collectrice et son support, (13) cible formée d'une lame monocristalline de KD_2PO_4 revêtue, sur la face droite, d'un miroir multidélectrique et, sur la face gauche, d'une couche conductrice transparente, (14) support de cible transparent, (15) fenêtre, (16) cuvette porte-cible, (17) et (18) dispositif de refroidissement à deux étages de cellules Peltier, (19) conduit prévu pour le refroidissement extérieur par circulation d'eau.

au tube, comme on peut le voir sur les figures 4 et 5 ; la consommation de ce dispositif est de l'ordre de 50 W et la température de fonctionnement est atteinte en 5 à 10 mn.

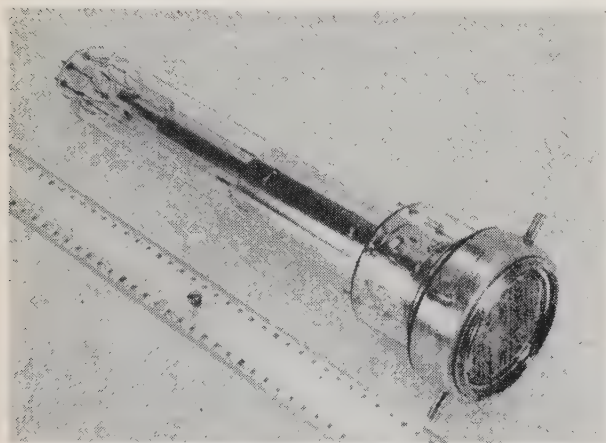


FIG. 5. — Photographie du tube décrit sur la figure 4.

Le dispositif expérimental est indiqué sur la figure 6 : la lumière issue de la lampe à xénon est condensée à l'aide d'un miroir concave sur un prisme polarisant séparateur en spath, du type Glazebrook, qui n'envoie vers le tube que la composante de lumière dont la vibration électrique est parallèle au plan de la figure. L'objectif de projection est placé entre ce prisme et le tube, de façon que le faisceau lumineux incident qui arrive sur la cible ait une direction moyenne normale à celle-ci ; lorsque le faisceau lumineux, après réflexion, traverse de nouveau l'objectif et le prisme, seule la composante de lumière dont la vibration électrique est perpendiculaire au plan de la figure est envoyée sur l'écran.

Les premiers essais, en laboratoire, ont été faits en projetant une image sur un écran de surface voisine d'un mètre carré. La photographie reproduite sur la figure 7 montre le résultat obtenu : le contraste est satisfaisant et la définition atteint 550 points. En fait, cette résolution ne correspond pas à celle du tube car une forte capacité parasite entre la grille collectrice et la cible réduisait la bande passante de l'amplificateur. Cette résolution atteint, en réalité, 600 lignes $\times$ 800 points comme on a pu s'en rendre

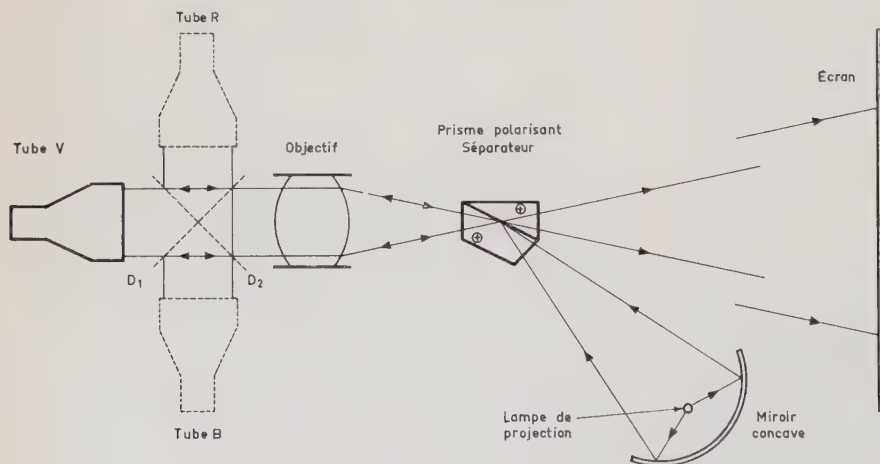


FIG. 6. — Dispositif expérimental de projection dans le cas d'images en noir et blanc (en traits pleins) ; on peut voir en outre (en traits interrompus), sur cette même figure, les miroirs dichroïques D_2 et D_1 et les deux tubes supplémentaires R et B que l'on doit ajouter dans le cas de la projection d'images en couleurs.

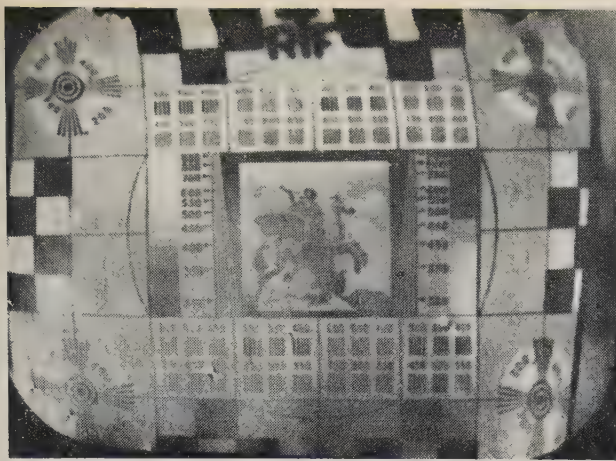


FIG. 7. — Photographie d'une image projetée sur un écran de surface voisine de 1 m^2 . On ne peut distinguer, sur l'image projetée, que la mire 550 mais on a pu montrer que la résolution propre du tube pouvait atteindre 600 lignes $\times$ 800 points. On voit en outre, dans le bas de l'image, l'effet produit par des contraintes dans l'objectif de projection et dans la lame cristalline.

compte soit en divisant par deux l'amplitude du balayage ligne, soit en modifiant l'entrelacement ; en effet, dans le premier cas, la mire cotée 400, dont le pas est devenu celui de la mire 800, est bien visible, et dans le second cas, on distingue les lignes sur toute l'image.

L'image reproduite sur la figure 7 présente encore des défauts de linéarité dus à la mauvaise adaptation du générateur de balayage et de l'optique électronique du tube. On observe, en outre, dans la partie inférieure de l'image, des défauts d'uniformité dus à la présence de contraintes résiduelles dans l'objectif de projection et dans la lame cristalline ; des essais en cours nous font penser que ces défauts pourront être corrigés dans un proche avenir.

5. Avantages et applications

Par rapport aux dispositifs déjà existants, de type Eidophore, le relais optique que nous venons de décrire, simple tube scellé de dimensions réduites, a l'avantage d'une grande facilité de mise en œuvre. En outre, il ne présente pas de papillotage, ce qui est particulièrement important dans le cas de la projection sur des écrans de grandes dimensions et ce qui pourrait conduire, pour des usages professionnels, à une réduction de la bande passante nécessaire à la transmission d'une voie de télévision, dans un rapport voisin de deux.

L'adaptation du système à la reproduction d'images en couleurs peut se faire de façon très simple, comme il est indiqué en pointillés sur la figure 6. Il suffit, en effet, avec la même source de lumière et la même optique de projection, d'aiguiller à l'aide de deux miroirs dichroïques croisés les composantes rouge, verte et bleue du faisceau vers trois tubes relais. On peut utiliser pour cela des miroirs dichroïques de type caméra de télévision, en ajoutant éventuellement un filtre devant le tube *V* ou devant le tube *R*, pour éliminer les composantes jaunes du spectre et obtenir ainsi les coordonnées colorimétriques désirées pour les primaires verte et rouge. Lorsqu'on utilise une source de lumière blanche dont le spectre est continu, le rendement énergétique du système, calculé au paragraphe 3, se trouve divisé par un facteur compris entre 1,5 et 2 en raison de l'élimination des composantes jaunes et des pertes introduites par les miroirs dichroïques ; on observe, d'ailleurs, la même diminution du rendement dans le cas de la projection à l'aide de l'Eidophore.

Les applications de ce relais optique ne sont pas limitées à la télévision classique. L'absence du phénomène de papillotage le rend, en effet, particulièrement bien adapté à la restitution d'images à cadence lente, telles que celles obtenues en télévision infrarouge à balayage mécanique (une image par seconde environ) ou dans le cas d'images radar (quelques images par minute). On doit noter enfin que les propriétés de mémoire du tube (durée de mémoire de l'ordre de l'heure) et les possibilités qu'il offre d'inscription et d'effaçage simultanés, localisés, si besoin est, en des points précis de l'image, lui ouvrent également un champ d'applications important comme périphérique de calculateurs.

L'auteur tient à remercier la Direction des Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée qui a autorisé la publication de cet article.

Bibliographie

- [1] KAYSIE L.S. — Large Pictures with Cathode Ray Tube. *Television and Shortwave World*, May 1936.
- [2] VON ARDENNE M. — Die Verwendung von Zinkblende-Relaischirmen im Speicher - Projektionsempfänger mit Elektronenstrahlröhre. *Telegraphen-Fernsprech. Funk und Fernseh Technik*, 23, 108, 1939.
- [3] BABITS V.A. — *Television Engineering* : textbook. Rensselaer Polytechnic Institute.
- [4] RISSMANN S., VOSAHL H. — Untersuchungen zur Lichtsteuerung und Bildschreibung mit Hilfe elektro-optischer Einkristalle. 16 jenaer Jahrbuch 1960, 1, pp. 228-244.
- [5] MARIE G. — Un nouveau dispositif de restitution d'images utilisant un effet électro-optique : le tube Titus. *Philips Research Reports*, vol. 22, n° 2, avril 1967, pp. 110-132.

Télévision en couleur

en modulation par impulsions codées

P. FRITZ, G. LE FORT

CNET Lannion

1. Généralités sur les transmissions par impulsions codées

Le principe des transmissions numériques est connu depuis très longtemps. Il consiste à mettre le signal à transmettre sous forme numérique, c'est-à-dire sous la forme d'une suite de nombres émis à un débit régulier par le codeur qui réalise la transformation analogique-numérique. La numération binaire est la plus souvent employée. Pratiquement, le signal numérique se présente sous la forme d'une suite d'impulsions logiques : la signification est attachée à leur présence ou à leur absence, mais non à leur amplitude ou leur position. C'est ce signal qui est émis sur le moyen de transmission à une mise en forme particulière ou à une modulation de porteuse près. Le moyen de transmission (câble à paires, câble coaxial, faisceau hertzien) est muni de répéteurs-régénérateurs qui amplifient et remettent en forme les impulsions.

Les caractères essentiels de ce type de transmission sont :

- la largeur de la bande de fréquence nécessaire, grossièrement de l'ordre de 10 fois celle du signal à transmettre ;
- l'immunité au bruit, aux parasites et à la distortion linéaire.

La qualité d'un moyen de transmission numérique s'exprime par un taux d'erreurs. Le taux généralement fixé comme objectif pour une liaison complète est d'environ 10^{-6} , mais des taux de 10^{-8} sur les systèmes réels en exploitation n'ont rien d'exceptionnel.

La conséquence de ce taux d'erreur très faible est que la ligne n'intervient pratiquement pas dans la dégradation du signal transmis. Cette dégradation est uniquement le fait du processus de transformation du signal en train numérique et de sa reconstitution à partir du train numérique.

Aux avantages de transmission proprement dite, le procédé numérique ajoute l'indifférence de la ligne à la nature de l'information effectivement transmise, ou d'autres avantages spécifiquement téléphoniques (multiplexage bon marché, possibilité de commutation en numérique).

Tous ces avantages conduisent à la conception d'un réseau numérique important et universel, c'est-à-dire capable d'écouler non seulement le trafic téléphonique, mais tout type d'information, y compris la télévision en couleur.

Les moyens de transmission susceptibles de constituer les artères maîtresses d'un tel réseau sont en cours d'étude. Il s'agit du coaxial dont le débit peut atteindre 100 MBd (1,2 - 4,4), du guide d'ondes qui peut admettre de nombreux canaux à 100 ou 200 MBd chacun.

2. Codage de la télévision en couleur

Pour utiliser les possibilités offertes par ces moyens de transmission numérique à forte capacité, il faut disposer d'un codeur capable de transformer le signal vidéo en train numérique, et d'un décodeur capable de reconstituer le signal vidéo. Dans le cas d'un signal composite, comportant la sous-porteuse

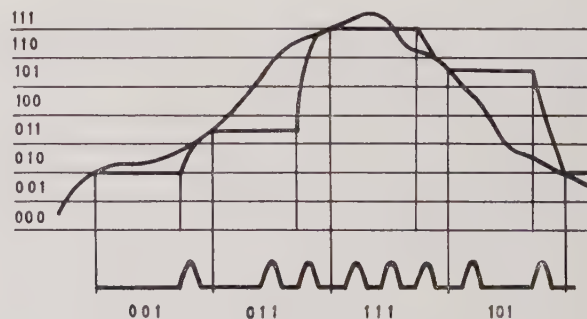


FIG. 1. — Principe de la quantification.

modulée par le ou les signaux de chrominance, deux possibilités s'offrent :

- le signal composite est codé directement,
- les signaux de luminance et de chrominance sont extraits et codés séparément, les deux trains numériques étant ensuite entrelacés pour constituer un seul signal numérique.

C'est la première façon de procéder qui a été retenue pour les essais préliminaires, parce qu'elle évite les manipulations du signal composite, et parce qu'elle correspond aussi à un mode d'exploitation raisonnable : une voie analogique serait mise par les Télécommunications à la disposition des intéressés qui l'utilisent indifféremment pour transmettre de la télévision en noir ou en couleur.

Les procédés classiques de transformation d'un signal analogique en numérique sont la modulation par impulsions codées et la modulation Δ .

2.1. Modulation par impulsions codées

La modulation par impulsions codées consiste à échantillonner le signal analogique à une cadence supérieure à deux fois la limite supérieure du spectre du signal à coder. Chaque échantillon est mesuré, le résultat de cette mesure étant un nombre binaire à n chiffres (codage à n moments) correspondant à 2^n niveaux.

Le résultat de l'application de la modulation par impulsions codées à la télévision en noir et blanc est bien connu. En l'absence d'artifice particulier, l'image est très acceptable pour un codage à 5 moments, et très bonne à partir de 6 moments, pour une fréquence d'échantillonnage de 12 MHz (ce qui correspond à un débit numérique d'environ 70 MBd).

2.2. Modulation Δ

Dans la modulation Δ , le train numérique est élaboré de façon à ce qu'après passage dans un réseau linéaire passe-bas, il reconstitue le signal. Un codeur Δ est donc un asservissement numérique, les impulsions étant créées pour que le signal décodé localement suive le signal à coder. Une variante dite « $\Sigma\Delta$ » consiste à utiliser comme réseau passe-bas un intégrateur, et de préaccentuer le signal à coder par une intégration également. En fait, la modulation $\Sigma\Delta$ est une modulation de densité, la densité moyenne des impulsions étant proportionnelle à l'amplitude du signal à coder.

Les essais de codage du signal composite ont été effectués au moyen d'un codeur à modulation par

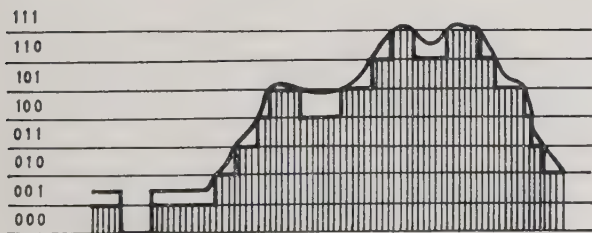


FIG. 2. — Signal vidéo quantifié à 3 moments

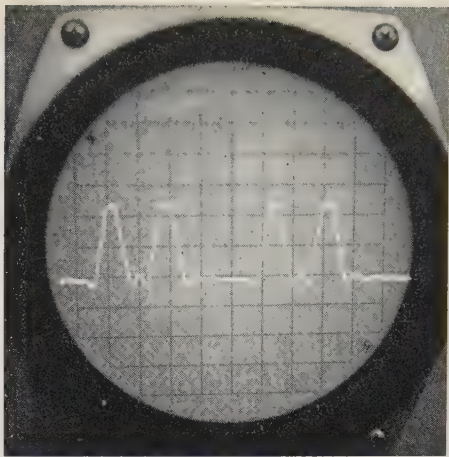


FIG. 3. — Train d'impulsions à 120 MBd. Horizontalement : 5 ns/div. Verticalement : 500 mV/div.

impulsions codées dont la fréquence d'échantillonnage est de 12 MHz, délivrant 7 moments (128 niveaux) et au moyen d'un codeur $\Sigma\Delta$ fonctionnant à la cadence de 120 MHz.

Le signal composite (procédé Secam), prélevé sur le détecteur d'un récepteur (noir et blanc) du commerce, est d'abord calibré au moyen d'une commande automatique de gain fonctionnant sur la valeur crête à crête du signal. Cette commande est nécessaire, car les deux types de codeurs utilisés ne fonctionnent que dans une plage d'amplitude bien déterminée. Après codage et décodage et filtrage, le signal composite est envoyé dans un récepteur couleur du commerce.

Utilisé tel quel (sans préaccentuation), le codeur $\Sigma\Delta$ donne une image très mauvaise.

Le codeur à modulation par impulsions codées donne une image acceptable à 7 moments, mais la suppression du 7^e moment est nettement perceptible.

Dans cette expérience, le niveau crête à crête de la sous-porteuse était d'environ 70 mV pour un signal crête à crête de 1 V.

Lorsque les fréquences élevées sont préaccentuées de façon à ce que la sous-porteuse soit ramenée au niveau nominal de 160 mV, la qualité fournie par le codeur $\Sigma\Delta$ est bonne et on ne remarque pratiquement pas de dégradation par rapport à l'image originale.

2.3. Performances des deux systèmes

En modulation par impulsions codées, la dégradation de l'image se manifeste sous forme de traînées rouges lorsque le nombre de moments est ramené à cinq.

Il faut souligner que ces essais subjectifs sont assez sommaires ; leur but est de déterminer un ordre de grandeur de la qualité de codage nécessaire. Une estimation plus précise nécessiterait d'abord une meilleure image au départ, de façon à percevoir par comparaison des dégradations plus faibles.

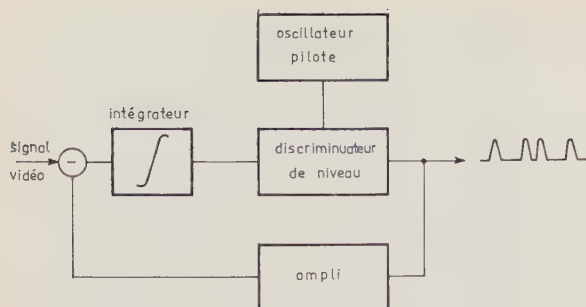


FIG. 4. — Principe du codeur $\Sigma\Delta$.

La mise en service de tels systèmes de transmission nécessiterait d'ailleurs une marge de sécurité pour tenir compte de diverses possibilités, telles qu'un réglage défectueux du niveau du signal composite à l'entrée du codeur ou l'utilisation de plusieurs codages-décodages consécutifs du même signal composite lorsque la transmission utilise plusieurs tronçons numériques séparés par des tronçons classiques.

La modulation par impulsions codées offre de meilleures possibilités de marge de sécurité. En effet le passage de 7 à 8 ou 9 moments accroît très nettement la qualité de codage sans augmenter beaucoup le débit numérique nécessaire. Une amélioration comparable ne peut être obtenue en codage $\Sigma\Delta$ qu'au prix d'une augmentation plus sensible du débit numérique (un demi-octave ou un octave).

La qualité des moyens de transmission classique est exprimée au moyen de la réponse impulsionnelle et du rapport signal/bruit obtenu. Il est intéressant d'essayer d'apprécier la qualité du processus de codage-décodage par des moyens analogues.

En modulation par impulsions codées, les fronts de montée du signal ne sont pas distordus dans la mesure où ils ne comportent pas, avant codage, trop d'énergie au-delà de la demi-fréquence d'échantillonnage. Le procédé $\Sigma\Delta$ ne dégrade pas non plus les fronts du signal dès que la cadence de fonctionnement du codeur est assez élevée.

Les deux procédés affectent le signal par une distorsion qu'il est difficile d'assimiler à un simple bruit additif. Dans le cas de la modulation par impulsions codées, on peut calculer et mesurer le rapport signal/distorsion de quantification dans le cas où le signal est un bruit dont la statistique d'amplitude est gaussienne et l'énergie répartie uniformément dans la bande de fréquence utile.

Avec la version la plus récente du codeur à 8 moments, on a mesuré un rapport signal/bruit (en valeurs efficaces) de 38 dB. Compte tenu de ce que la valeur efficace du signal était, pour cette mesure, à 12 dB au-dessous de la valeur crête admissible par le codeur, le rapport signal (crête à crête)/distorsion efficace est donc de 56 dB. Environ la moitié de cette puissance de distorsion est due au fait que le bruit gaussien utilisé pour la mesure comporte des crêtes dépassant l'amplitude admissible par le codeur. Ces crêtes n'existent pas dans le signal composite. En première approximation, on peut donc

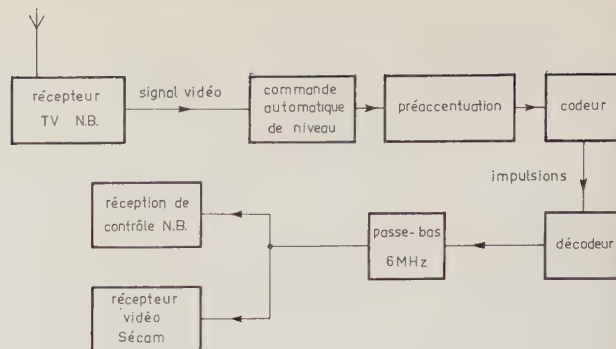


FIG. 5. — Banc d'essai des codeurs.

considérer que le rapport signal crête à crête/distorsion efficace est de l'ordre de 59 dB.

Le codage $\Sigma\Delta$ est encore plus délicat à mesurer, le codeur acceptant très mal la saturation, on ne peut le tester avec un bruit gaussien.

Une mesure faite sur le signal d'erreur (accessible dans le codeur) a permis d'évaluer à quelque 33 dB le rapport signal crête à crête/distorsion avec une répartition « triangulaire » de la distorsion dans le spectre utile.

Il n'est pas sûr que ces chiffres puissent être appréciés à l'aide des normes prévues pour le bruit additif introduit par les moyens de transmission classiques.

3. Conclusion

En conclusion, on peut estimer que la modulation par impulsions codées peut être appliquée directement au signal composite (dans la mesure où la sous-porteuse a un niveau correct) et que 6 moments constituent un minimum. Des essais plus complets, ainsi qu'une connaissance plus précise des marges de sécurité utiles pour une application pratique sont nécessaires pour établir si 7 ou 8 moments seront nécessaires. Les débits numériques nécessaires seront donc compris entre 84 et 108 MBd.

La modulation $\Sigma\Delta$, moyennant un débit de 120 MBd, fournit une qualité convenable, mais il faudra déterminer si à l'usage elle peut fournir la marge de sécurité nécessaire à une application précise. Elle a en tout cas l'avantage d'être extrêmement simple à réaliser.

Il ne sera donc pas nécessaire de séparer les signaux de luminance et de chrominance pour utiliser les moyens de transmission numérique. Toutefois, la transmission numérique offre des commodités certaines pour l'élimination de la redondance propre aux signaux de télévision, il sera peut-être plus économique de séparer luminance et chrominance et d'appliquer à chacun des signaux le traitement le plus approprié pour réduire le débit numérique nécessaire.

Les auteurs remercient Messieurs CORNOU, YVER et DUPONT pour leur collaboration à l'étude et aux essais des codeurs.

Discours de clôture

du colloque international sur la télévision en couleur

L. GOUSSOT

*Ingénieur Général des Télécommunications
Président du Comité d'Organisation du Colloque*

Mesdames, Messieurs,

Après une semaine bien remplie, le Colloque International sur la Télévision en couleur ferme ses portes et je m'excuse de prendre encore de votre temps pour dresser un court bilan de ses travaux et tenter d'en dégager une conclusion.

Il m'est agréable de souligner l'intérêt qu'a suscité le discours d'ouverture de M. le Professeur LEGRAND dont la grande compétence et l'humour ont été très appréciés. La collaboration entre les spécialistes de la physiologie de la vision sur le plan physique ou médical est encore nécessaire et les premières conférences l'ont bien montré. On a peut-être encore beaucoup à apprendre sur les tolérances que l'œil accepte devant l'écran de télévision ; se reposer sur les résultats de McADAM constitue peut-être une réponse insuffisante au problème. L'image de télévision a des caractères propres — lignage, bruit, dimensions, environnement — et je voudrais, à titre de comparaison, rappeler le très intéressant rapport de M. BILLARD au Colloque de 1957 montrant les différences qui existent entre le nombre des échelons de luminance discernables, déterminés sur optotypes physiologiques et sur écran de télévision.

Or les techniciens de la télévision ont besoin de mieux connaître les tolérances colorimétriques admissibles sur l'image de télévision. Permettez-moi de donner un exemple où l'appréciation de la tolérance est fonction non seulement de la couleur mais du sujet coloré lui-même, fait bien caractéristique de la télévision. Il est bien connu qu'une femme peut être jolie hiver comme été et que le hâle pain brûlé résultant d'un soleil généreux ne saurait passer pour une imperfection notable. En serait-il de même si le point colorimétrique s'était déplacé d'une quantité relative équivalente vers les verts ou les bleus ?

Certes, il existe un ensemble de résultats déjà sérieux, acquis soit dans le but de recherches systématiques, rarement hélas ! soit à l'occasion de discussions sur les tolérances à accepter pour certains éléments de la chaîne. Nous avons pu ainsi le constater sur le problème du choix du blanc de référence ou le choix des caractéristiques spectrales des tubes d'analyse. Le cinéma, bien longtemps avant la télévision, a eu à résoudre ce problème et vous avez pu apprécier l'importance relative du subjectif dans l'équilibre d'un film. Il faut d'ailleurs reconnaître que l'électronique présente bien plus de souplesse que la chimie et nous pouvons plaindre les techniciens du film en souhaitant qu'ils réussissent à dompter la couleur et fournir à la télévision des films en couleur convenablement centrés dans des limites photométriques et colorimétriques adaptées à l'analyse de télévision plutôt qu'à la projection en salle puisque, dans l'état actuel de la technique, les tolérances sont assez différentes pour les deux cas.

L'amélioration du film, support intermédiaire de l'image, est un facteur de qualité mais il ne suffit pas en soi. Des progrès sont encore à faire sur l'analyse électro-optique des télécinémas.

Des améliorations peuvent être également attendues du traitement électronique des signaux primaires d'analyse, tel le procédé COMAL qui vous a été décrit.

Ce serait une erreur cependant de croire que de tels circuits peuvent tout compenser et qu'ils dispensent des études sur le film et le télécinéma. Les conférences que vous avez entendues sur ces deux sujets prouvent d'ailleurs que de telles craintes sont injustifiées.

Une leçon de ce colloque est la manifestation du dynamisme des industries, en Europe tout particulièrement, qui prennent la décision de repenser tous

les problèmes de conception des organes essentiels que sont les télécinémas et les caméras.

Certes, on peut tirer de ces remises en cause une certaine impression d'incertitude. Les mérites respectifs du système à camera trois tubes analyseurs et du système à spot volant pour le télécinéma sont un sujet légitime de préoccupation car, dans l'un et l'autre cas, les perfectionnements technologiques font progressivement reculer les faiblesses relatives, superposition dans le premier cas, complexité mécanique et manque de lumière dans l'autre cas. Etant donné que le prix de ces deux solutions ne semble pas être sensiblement différent, on peut en conclure que la compétition est encore ouverte et, en définitive, ce sera la qualité d'exploitation (stabilité - facilité de réglage - fiabilité - automatismes) qui orientera les organismes de radiodiffusion, plus que le principe même de l'analyse.

Vous avez pu noter l'importance que donne l'O.R.T.F. aux problèmes d'association et d'environnement des télécinémas qui ne sont que des sources d'images parmi les autres et doivent s'intégrer dans le réseau complet du centre video.

Cette même incertitude et, en conséquence, une compétition aussi fructueuse pour tous existe aussi pour les caméras. Si le tube plumbicon tend à s'imposer par ses faibles dimensions, on ne saurait, à entendre les conférences présentées, donner une préférence à l'une des solutions trois ou quatre tubes. Dans ce domaine encore, on constate que les recherches fondamentales portent encore sur plusieurs points :

- la qualité de l'analyseur et l'annonce, tant attendue, de la commercialisation du tube plumbicon sensible au rouge ne peut que réjouir les utilisateurs ;

- la recherche des meilleures performances du système optique de division et des courbes de filtrage optimales. La recherche du compromis entre la diminution de l'influence néfaste de la non-reproduction des lobes négatifs des courbes théoriques et le maintien d'un bon rapport signal/bruit conduit à des associations diverses « courbe de filtrage - matrice » qui laissent encore la place à de nombreuses études et à des perfectionnements encore nécessaires.

Puis-je me permettre de souligner, une fois encore, l'importance donnée par l'utilisateur à la stabilité et la fiabilité ? La prise de câble non étanche ou oxydable est la tache de rousseur qui peut compromettre la beauté d'un visage.

Dans le domaine des sources d'image qui a justifié une distribution sur deux séances de notre colloque, je voudrais souligner tout particulièrement des nouveautés dont l'intérêt est grand.

La première n'est pas exactement une nouveauté puisque l'exploitation en a déjà fait usage, c'est le magnétoscope de ralenti pour la couleur. Cette possibilité donne au reportage télévisé d'extraordinaires possibilités qui ont été très appréciées aux Jeux Olympiques de Grenoble.

La seconde concerne la révélation des plumbicons 1/2 pouce et des possibilités qu'ils offrent dans la camera légère autonome de reportage en association avec les techniques modernes de circuits intégrés. Nul doute que cette annonce suscite de grands espoirs parmi les utilisateurs et il n'est pas non plus étonnant que de telles nouveautés aient pour impact, plus particulièrement, les reportages qui trouvent dans la prise de vue directe leur moyen normal de travail.

Cette remarque n'est pas sans rapport avec l'analyse comparée des moyens de production film et direct et de l'évolution du rapport d'utilisation de ces deux procédés fondamentaux de production des images. C'est un grand et grave problème pour les organismes de radiodiffusion qui ont à prévoir pour l'avenir la part à réserver aux deux procédés. Ces soucis sont associés à l'organisation même des centres de production video.

Quelques descriptions d'ensembles de production en studio ou en reportage vous ont montré la complexité de telles installations. Bien que la distribution video et la commutation ne donnent maintenant que très peu de soucis aux exploitants, certains aspects méritent une attention particulière et ils ont été évoqués.

Le premier concerne la distribution des signaux de synchronisation ou signaux de base. On revient logiquement sur la solution à sept câbles qui n'est qu'une solution de facilité, payée par un équipement anormalement important.

Il serait utile d'aboutir à une solution internationale unique mais les études actuelles à trois ou même deux signaux ne sont encore que des solutions probablement provisoires.

Une attention particulière a été apportée au mélangeur de studio dans le cas du système SECAM qui, effectivement, pose des problèmes nouveaux.

La couleur a également entraîné l'étude d'appareils de mesure spécialisés et de méthodes de contrôle des sources et des codeurs et, pour le système SECAM, il s'agissait d'un problème nouveau qui a conduit à l'étude d'un oscilloscope spécialisé pour le contrôle des caractéristiques de la modulation de fréquence de la chrominance. On aura noté également l'importance que prend, dans les studios, le bon équilibrage des sources et des codeurs et l'O.R.T.F. a développé pour cela des méthodes de contrôle originales.

Le signal issu des centres de production est d'abord distribué vers les émetteurs par le réseau des faisceaux hertziens. Cette partie de la chaîne est d'une importance particulière pour la qualité de l'image car sa composition même pose le problème de la cumulation statistique des distorsions.

Les connaissances sur les tolérances acceptables pour les différents systèmes de télévision en couleur sont assez précises depuis les travaux du groupe ad hoc de l'U.E.R. sur la Télévision en couleur et il apparaît bien que des retouches de détail sont seules suffisantes.

Mais, par contre, le problème de la loi statistique de cumulation des distorsions ne semble pas être

parfaitement résolu et les propositions actuelles, qui ont le mérite d'exister, ont besoin de nouvelles confirmations.

Il est évident que la couleur conduit à imposer des tolérances plus sévères que le noir et blanc et que la technologie des émetteurs est susceptible de faire encore de gros progrès en utilisant les composants de l'état solide et en améliorant les tubes de puissance. Pour l'utilisateur, la recherche de l'économie d'exploitation conduit à ne plus assurer la surveillance technique permanente des émetteurs, ce qui ne peut être obtenu que par une fiabilité satisfaisante de ceux-ci.

Le problème est encore plus nécessaire pour les réémetteurs dont les conditions d'exploitation sont particulièrement difficiles et pour lesquels on demande à la fois la qualité, la fiabilité, la rusticité et un prix faible, en rapport avec nombre, souvent faible également, des téléspectateurs desservis.

On ne peut pas toutefois parler de grandes nouveautés dans ce domaine et c'est encore dans le domaine du matériel léger de reportage, du fait de l'importance exceptionnelle prise par la qualité d'exploitabilité, poids, fiabilité, robustesse mécanique, résistance climatique, que se placent les nouveautés les plus intéressantes. Il apparaît bien que les solutions technologiques peuvent être différentes avec autant d'arguments valables et que, là encore, la qualité se jugera à l'usage.

Je ne voudrais pas quitter encore le domaine du matériel dit professionnel sans parler de l'importance exceptionnelle que revêt l'usage des signaux d'insertion ou lignes test pour le contrôle et la mesure des distorsions. Ils ont l'avantage d'une utilisation permanente en association avec le programme de télévision et subissent tous les facteurs perturbateurs. La difficulté est de séparer et classer les défauts et de trouver les formes d'onde les mieux appropriées. C'est un problème largement étudié en Europe et dont le développement est satisfaisant.

L'oscilloscope restera encore un certain temps l'appareil de contrôle le plus utilisé en attendant les appareils automatiques d'enregistrement des informations.

Mais je dois aborder maintenant le problème du récepteur de télévision en couleur, problème très important et qui a pris une grande place dans ce colloque avec deux séances normales et deux tables rondes. A noter l'intérêt pris par ces réunions et notamment les tables rondes, nul doute qu'il s'agit d'un sujet d'actualité de première importance.

Il m'est difficile de résumer l'ensemble des communications sur ce sujet. Certaines portaient sur des problèmes généraux de production, de fiabilité, des modèles nouveaux. D'une manière générale, la transistorisation est un facteur important, transistorisation partielle d'abord, mais la tendance est bien de généraliser, dès qu'il sera possible, l'emploi du transistor.

Les nombreuses communications et discussions qui ont porté sur des détails de fabrication — alimentations - valeurs numériques de condensateurs dans le balayage - même la nature des haut-par-

leurs — montrent l'extrême importance prise par les détails d'un ensemble qui dans ses principes est bien connu de tous. Mais la qualité du récepteur, sa fiabilité, ne peuvent s'accorder avec un prix de revient faible qu'en tirant le meilleur parti des circuits et des composants disponibles, parmi lesquels la ligne à retard, caractéristique des systèmes européens de télévision, n'est pas le moins important. Les circuits de décodage SECAM ont suscité également un intérêt justifié, du fait de leur importance sur la qualité finale de l'image.

On aura noté également, ce qui est logique, l'importance donnée à la mesure sur les récepteurs, mesures des erreurs de convergence, appareil de mesures photométriques d'emploi simple et rapide, appareillage et mesures automatiques. Le progrès des appareillages de mesure est une condition des progrès dans l'étude et la construction des récepteurs.

Ces études de détail ne doivent pas cependant faire oublier les études plus générales sur le récepteur et particulièrement sur le tube image qui en constitue, en définitive, l'élément essentiel. Des études théoriques comme celle de l'influence de la structure de point du tube à masque sont associées à des progrès certains concernant l'optimisation de ce tube.

Je voudrais voir enfin, dans le développement des magnétoscopes portables en couleur, l'amorce de l'évolution vers le magnétoscope couleur domestique. Il s'agit là, avec l'emploi de normes adaptées, d'une voie d'avenir que le magnétophone a déjà magnifiquement inaugurée pour le son.

Et, puisque j'enchaîne sur l'avenir, un tel Colloque ne saurait se terminer sans jeter un coup d'œil vers les développements attendus ou souhaités.

En ce qui concerne le tube à index, il s'agirait plutôt d'une consécration mais tous les espoirs suscités par ce tube ne sont pas à abandonner et chacun attend les premiers récepteurs commercialisés avec ce tube.

Le tube « Titus » à mémoire, dévoilé je crois pour la première fois à ce Colloque, est certainement une bien plus grande nouveauté. Entre autres intérêts, je voudrais ne souligner que l'importance d'une solution au problème de la réduction de bande du signal vidéo par réduction de la fréquence de trame, réduction qui, en attendant mieux, pourrait modifier sensiblement la conception des liaisons point à point.

Cette meilleure utilisation du spectre est un souci fondamental de la recherche actuelle et, en soulignant l'intérêt des techniques de modulation PCM, on ne fait que tenter d'exploiter les propriétés de ce type de modulation pour les liaisons point à point en attendant que les développements de la technologie de l'état solide n'imposent, dans un avenir peut-être pas si lointain, ce type de modulation à l'usage des récepteurs-écrans plats du public de l'an 2000.

Mais ne retrouve-t-on pas, en refermant ainsi la boucle, l'exemple de la nature ? Comme l'a souligné le professeur LEGRAND, il y a longtemps que les communications entre la rétine et le cerveau utilisent les impulsions codées.

En vous présentant ce résumé des travaux de ce Colloque, j'ai volontairement omis de citer les auteurs des communications. C'est une façon de reconnaître leur égale valeur et je ne voudrais pas, en étant un peu influencé par ma propre spécialité, donner plus d'importance subjective à telle ou telle communication.

Je suis certain que chacun aura apprécié, avec son propre système de pondération, l'intérêt des conférences.

Cela me permet également de remercier collectivement tous les auteurs de ces communications sans lesquelles il ne saurait y avoir de Colloque. C'est l'occasion pour chacun de faire le point, de discuter — peut-être plus dans les couloirs que dans cette salle — enfin, de réaliser l'osmose si nécessaire entre les techniques et les techniciens du monde entier.

Je remercie tout particulièrement les représentants qui sont venus de nombreux pays étrangers encourager nos efforts de coopération internationale.

Enfin je garde un merci tout particulier pour les présidents des séances qui ont rehaussé par leur personnalité la valeur de cette réunion.

Mes remerciements vont aussi aux interprètes dont le travail n'est pas aisé lorsqu'il s'agit de présentations d'une haute spécialisation.

Puis-je encore abuser de votre temps pour remercier, en mon nom personnel, les organisateurs et les animateurs de ce Colloque, tout le personnel administratif, nos charmantes hôtesse qui ont, avec le sourire, donné vie à ce Colloque.

Je profite également de la présence ici de M. RUMPLER pour rappeler combien le cadre de l'U.N.E.S.C.O. est approprié, tant matériellement que spirituellement, à de telles réunions. Que l'Union des Associations Techniques Internationales veuille bien accepter une part de ces remerciements.

Mesdames, Messieurs, j'espère ne pas avoir trop abusé de votre temps. C'est par un « au revoir » que je mets un point final au Colloque International sur la Télévision en Couleur de 1968.

CORRESPONDANCE

Le premier ensemble de télévision émetteur-récepteur européen, et probablement mondial, entièrement cathodique (1926-27)

A. CHAYE

Ingénieur-conseil ⁽¹⁾

Ancien ingénieur du Groupe Électronique Thomson-Houston

En classant mes archives, j'y retrouve certains articles que le journal *QTC* belge avait bien voulu faire paraître en 1927-1928 sur la télévision.

Ils décrivaient les travaux que j'avais entrepris pendant les années 1924-25-26 et 27 et concernant la réalisation d'un ensemble à 500 lignes émetteur-récepteur entièrement cathodique avec des moyens qui, maintenant, feraient sourire.

De la classe 23, j'étais, en 1924, à l'E.C.M.R.⁽²⁾ à Paris sous les ordres de l'éminent physicien Raymond JOUAUST et j'ai eu la chance d'avoir entre les mains un des tout premiers oscillographes cathodiques, celui de DUFOR.

De là à appliquer son principe à la télévision, il n'y avait qu'un pas ! J'étais lié d'amitié avec M. HOLWECK, alors préparateur chez Mme CURIE, mais qui venait souvent à l'E.C.M.R.

Il était déjà inventeur de la triode à filament démontable et de la pompe à vide moléculaire ; je lui fis part de mes idées et, à mon grand plaisir, il promit de m'aider pour les pompes à vide et le travail du verre. Nous entreprîmes l'ahurissant travail de fabriquer nous-mêmes deux oscillographes genre DUFOR mais aménagés pour la télévision.

J'habitais St-Brieuc après mon service militaire, et atteint de la poliomyélite, je ne pouvais guère me déplacer.

Je recevais les pièces ébauchées ou soufflées par colis postal et à moi les rodages sans fin (beaucoup de joints émeri !), les tâtonnements et les crises... bec Bunsem, ajustages, etc.

Les filaments thoriés des deux appareils furent fournis par le bris de lampes américaines VT1 et VT2 du SIGNAL-CORPS.

Je fis plus de cinquante essais de centrifugeage et séchage du sélénium (dissous dans du sulfure de carbone) sur la plaque d'argent polie du futur « Vidicon » (qu'il fallait vider tout le temps car il fuyait). Finalement, c'est par fusion sur une plaque chauffante horizontale à 240° que j'opérais. Elle était placée dans le fond d'une grande boîte de métal remplie de CO₂ pour éviter toute oxydation.

Quant aux fréquences 8 et 4 000 Hz, s'il était possible à l'époque de construire un oscillateur BF de 4 000 Hz, je ne savais pas faire celui de 8 Hz.

J'avais donc choisi les alternateurs, cela d'autant plus que, commandés par un seul moteur asynchrone à 2 880 tr/mn et des rapports d'engrenages, ils se trouvaient automatiquement en phase après calage d'angles ; rapport réducteur de 6 pour l'alternateur à 8 Hz (magnéto de vélo transformée) et rapport multiplicateur de deux pour l'alternateur 4 000 Hz à 84 pôles tournant à 5 760 tr/mn à peu près, suivant le glissement du moteur. C'était un alternateur à stator de 200 mm de diamètre, à pôles alternés, alimentés en continu ; l'alternatif à 4 000 Hz était recueilli sur un rotor à bagues.

Le 4 000 Hz était théoriquement du 4 032 Hz (images de 504 lignes).

J'aurais bien aimé choisir un nombre plus grand d'images par seconde mais, à l'époque, on n'était pas encore maître de la technique des fréquences élevées.

D'autre part, il faut réfléchir à ce qu'a pu représenter la fabrication d'un pareil groupe pour un handicapé physique qui ne possédait qu'un étai, des limes et une cisaille à main avec, il est vrai, une chignole électrique ; c'était déjà bien assez difficile !

Les quelques 1 000 V de HT nécessaires pour les deux oscillographes étaient obtenus à partir d'une partie dérivée du 4032 Hz passant par un transformateur Ferrix, élévateur de tension, redressée par deux lampes E4 à cornes montées en valves et filtrée par un autre transformateur Ferrix for-

(1) « Ty-an-Doué » 14 - Équemauville.

(2) Établissement Central du Matériel Radio.

mant self et des condensateurs au papier Dubilier. Le filtrage des harmoniques du 8 Hz après élévation de tension par un transformateur Ferrix était honorablement effectué par un gros transformateur dans lequel j'avais introduit un petit entrefer et une batterie de condensateurs Dubilier ; puis amplificateur à courant continu. Les condensateurs chimiques n'existaient pas à l'époque.

Finalement, après un travail de fou, je réalisais, en 1926, les premières expériences (figures passées en ombres chinoises). A part HOLWECK, je n'avais aucune relation et tout cela avait coûté tellement cher que j'avais dépensé tout l'argent que j'avais gagné avec mes brevets sur les appareils de diathermie à lampes et le bistouri électrique, et que mes parents n'avaient plus rien à me donner.

J'ai eu alors l'idée de faire publier mes résultats par une revue scientifique française ; soit que mon dossier envoyé avec schémas, photos et description fut perdu, soit que l'on se soit montré sceptique, j'attendis en vain...

J'étais amateur radio-émetteur et finalement, ce sont mes amis belges du QTC qui consentirent à publier mon exposé dans leur journal en août 1927 et juin 1928⁽³⁾.

Nul n'est prophète en son pays !

L'article en question, auquel les lecteurs intéressés voudront bien se reporter, prouve qu'à l'époque où travaillait ZWORYKIN de la RCA (voir *l'Onde Electrique* de novembre 1933, communication faite le 26-7-1933 à la Société des Radio-électriciens), j'avais réalisé tant bien que mal, mais d'un bout à l'autre, une chaîne complète de télévision cathodique.

Les essais de M. ZWORYKIN datent de 1929 mais son brevet sur l'icône est de 1925.

Le seul organisme scientifique qui ait été au courant de mes essais fut l'Université de Rennes en janvier 1928 (M. Y. MILON). Je devais y faire une conférence avec démonstration mais, juste à cette époque, HOLWECK, de qui dépendaient les pompes moléculaires, était absent ; d'autre part, le problème du transport et de la mise en marche sur place d'une véritable usine se posait d'une façon aiguë !

Nous n'avions plus d'argent et, en ce qui me concerne, je n'attendais qu'une chose, c'est d'avoir l'occasion d'en gagner immédiatement. A cette date, le directeur et patron d'une grosse firme de radio, rue Damrémont à Paris, avait eu l'occasion, par le plus grand des hasards, de lire le QTC.

⁽³⁾ Le Q.T.C. était l'organe de la Fédération belge des Sociétés d'Etudes Radioélectriques et la revue de la Société des Emetteurs belges autorisés (Club des 4), analogue à notre Club des 8 français.

Il vint à St-Brieuc me voir et me fit une proposition très intéressante ; j'acceptais aussitôt, d'autant plus qu'il s'agissait, ni plus ni moins, que de commercialiser la télévision ! Une fois à Paris, je fus d'abord occupé à la fabrication des postes récepteurs ; il fallait évidemment que la maison puisse vivre. Puis à l'étude de nouveaux postes... on sortit le poste secteur à monoréglage avec haut-parleur électrodynamique, le portable, etc. et finalement la télévision fut remise à plus tard...

Il faut dire, à la défense de cette maison, qu'en 1928 une pareille fabrication se serait heurtée à des difficultés insurmontables dans le cadre d'une moyenne entreprise. Quand, des années plus tard, la communication de ZWORYKIN dans *l'Onde Electrique* de novembre 1933 me tomba sous les yeux, je fus passionnément intéressé, d'autant plus que, depuis 1927, d'autres perfectionnements avaient été apportés et que l'icône avec son accumulateur d'énergie constituait à ce moment le départ d'une nouvelle technique ; en 1926 j'avais construit l'ancêtre du « Vidicon » et, ma foi, on y est revenu depuis pour le tube à moyenne résolution.

J'admirais, mais je renonçais cette fois définitivement à mes idées sur la télévision en me faisant deux réflexions :

L'une, consolante, car si ZWORYKIN, appuyé par la puissante RCA avait eu, en grande partie, les mêmes idées que moi, c'est que les miennes n'étaient pas mauvaises.

L'autre, c'est que la télévision cathodique vraiment moderne nous reviendrait d'Amérique ; ce qui fut.

J'ai encore un numéro du journal « *La Nature* » de septembre 1932, dans lequel, au cours d'une enquête près des grands spécialistes d'alors, M. DAUVILLIER déclarait « La télévision sera cathodique ou ne sera pas ! »

Le QTC étant belge, était fort peu connu en France ; d'autre part, c'était une revue d'amateurs ne touchant guère le monde scientifique orthodoxe ; ma communication était donc ignorée.

Je regrette de n'avoir pas conservé les débris de mon ancêtre de la TV, mais après 40 ans et de nombreux changements de domicile je n'ai cru devoir garder que quelques journaux de l'époque, dont quelques exemplaires de ce fameux QTC.

Pour le reste, je dois avouer, qu'un jour de déception et de cafard, j'ai tout détruit !

Quoi qu'il en soit, la communication en question prouve au moins que, faute d'antériorité officiellement contrôlée, il y a eu, au moins, simultanéité et cela avec des moyens presque inexistantes.

Bien entendu, la définition à 500 lignes était illusoire car, n'étant pas encore maître de l'optique électronique, j'obtenais des spots beaucoup trop étalés ; cela scintillait affreusement, mais c'était le début !

Centenaire de la naissance du Général FERRIÉ

(19 novembre 1868 - 16 février 1932)

Le Centenaire de la naissance du Général Ferrié sera célébré en novembre prochain.

Pour préparer et donner un grand éclat aux manifestations envisagées, un Comité National a été constitué sous le Haut Patronage de M. le Ministre d'Etat chargé de la Recherche Scientifique et des Questions Atomiques et Spatiales, de M. le Ministre des Armées, de M. le Ministre de l'Education Nationale, de M. le Ministre des Postes et Télécommunications, de M. le Ministre de l'Information et de l'Académie des Sciences.

Ce Comité comprend des représentants de l'Académie des Sciences, de l'Académie de Marine, de l'Inspection des Transmissions de l'Armée de Terre, du Secrétariat Général des P.T.T., du Bureau des Longitudes, de l'O.R.T.F., de la Fédération Nationale des Anciens des Transmissions, de la Fédération Nationale des Industries Electroniques, de l'Association Nationale des Officiers de Réserve des Transmissions, de l'Association des Anciens de la Radio, de l'Ecole Polytechnique et des Anciens de l'X, de la Société Fran-

çaise des Electriciens, de la Société de la Tour Eiffel et du Réseau des Emetteurs Français.

Une cérémonie a eu lieu le 20 octobre 1968 à Saint-Michel de Maurienne, lieu de naissance du Général Ferrié.

Les cérémonies suivantes auront lieu au cours du mois de novembre :

1) *Une manifestation militaire* rendant hommage à la carrière du Général Ferrié aura lieu le 16 novembre à 10 h 30 au Champs de Mars.

2) *Une séance solennelle* à la Maison de l'O.R.T.F. (studio 104), le 20 novembre de 15 h à 17 h 30, en présence des plus hautes Autorités du Gouvernement, de la Science, de l'Armée et de l'Industrie, au cours de laquelle sera remis le Grand Prix de l'Electronique Général Ferrié 1968.

3) *Une exposition de souvenirs* sur le Général Ferrié et sur son époque, et une présentation des matériels les plus modernes issus de ses travaux, « de la T.S.F. au laser », se tiendra du 4 au 24 novembre 1968 à la Maison de l'O.R.T.F., de 10 h à 19 h.

DOCUMENTATION TECHNIQUE

PUBLICATIONS TECHNIQUES

PUBLICATION DE L'U.I.T.

Le Plan général de développement du réseau inter-régional des télécommunications, 1967-1970-1975, rédigé par le C.C.I.T.T. à la suite de la réunion de Mexico, octobre-novembre 1967, de la Commission mixte C.C.I.T.T.-C.C.I.R. vient d'être publié par l'U.I.T.

Il comprend, en particulier :

- les tableaux de prévision des trafics inter-régionaux, téléphonique, télégraphique et télex ;
- les prévisions en circuits du type téléphonique, télégraphique et télex ;
- les cartes et les listes des artères inter-régionales existantes et prévues.

Ce livre a été imprimé sous format 297×420 mm en une seule édition trilingue (français, anglais, espagnol). Le prix de vente en a été fixé à 80 F suisses, emballage et port compris. S'adresser au Service des Ventes de l'Union internationale des Télécommunications, Place des Nations, 1211-Genève-20, Suisse.

NOUVELLES BROCHURES TECHNIQUES MOTOROLA

● Une nouvelle brochure technique à feuillets mobiles publié par Motorola Semiconductor Products Inc. a été conçue pour mettre à la disposition de l'ingénieur d'études de circuits intégrés des informations régulièrement mises à jour. La brochure, qui comporte plus de 100 pages, comprend 50 fonctions différentes de circuits MRTL et mW MRTL (marques déposées), groupées en quatre sections suivant les conditions d'utilisation : (1) circuits logiques MRTL de moyenne puissance (séries MC900 et MC800) ; (2) circuits logiques mW MRTL de faible puissance (séries MC908 et MC808) ; (3) dispositifs en boîtier plastique Unibloc (séries MC700P et MC800P), et (4) dispositifs de moyenne et faible puissance pour applications commerciales (série MC700).

Toutes les notices techniques des dispositifs particuliers contenues dans la brochure donnent les caractéristiques électriques complètes, des schémas logiques et des circuits de test, ainsi que les boîtiers correspondant au dispositif en question.

Un tableau de repérage et un répertoire général situés au début de la brochure donnent une liste numérique fort utile de toutes les fonctions des circuits MRTL et mW MRTL disponibles chez Motorola, et précisent les fonctions décrites dans chacune des quatre sections.

● *Un nouveau guide de sélection des varactors de puissance* permettra à l'ingénieur d'études de circuits de choisir le meilleur boîtier de varactor convenant aux exigences d'encombrement imposées par les hyperfréquences ou la UHF. Ce guide de 4 pages, qui comporte un tableau de sélection des différents dispositifs, permet de choisir parmi les 14 différents boîtiers qui constituent la gamme offerte par Motorola, le boîtier optimal qui répondra à ses exigences.

Renseignements : O.E. Service, cerchez le n° 400.

NOUVEAUTÉS TECHNIQUES

UN NOUVEAU THYRISTOR MOTOROLA 10 000 IMPULSIONS/SECONDE A FORT COURANT

Les ingénieurs d'études chargés de la mise en forme d'impulsions ont actuellement à leur disposition un thyristor de forte intensité et de « rapidité moyenne » qui répond à leurs besoins. Ces nouveaux éléments, désignés par les références MCR1336-5 à MCR1336-10, complètent la famille actuelle des thyristors à commutation rapide pour impulsions à fort courant de 100 A et 1000 A.

Les dispositifs de 300 ampères, capables d'un temps de montée typique de 75 ns en courant direct et de 100 A dans un circuit de décharge capacitif avec $I_G = 500$ mA à 25 °C, conviennent aux modulateurs, circuits de magnétrons et circuits de commande de lasers, pour répondeurs commerciaux, militaires ou spatiaux, balises, radars portatifs maritimes ou aériens et autres applications d'impulsions de forte intensité. Le temps de coupure typique est de 7 μ s pour une impulsion de 100 ampères à $T_C = 85$ °C. En outre, leur coefficient de dissipation élevé permet d'éviter la détérioration du dispositif, à fort régime.

La constance de ces dispositifs offre une grande sécurité pour leur utilisation dans les radars où, en raison de la fonction temps/distance, une variation aussi faible que possible du retard en fonction de la température est une nécessité absolue, et où cette variation doit être constante d'un thyristor à l'autre. Des dispositifs semblables ont été fournis pendant une longue période de temps à des utilisateurs militaires et spatiaux et ont subi avec succès un essai

de durée de 5 000 heures, suivant les spécifications d'un fournisseur du programme « Apollo ».

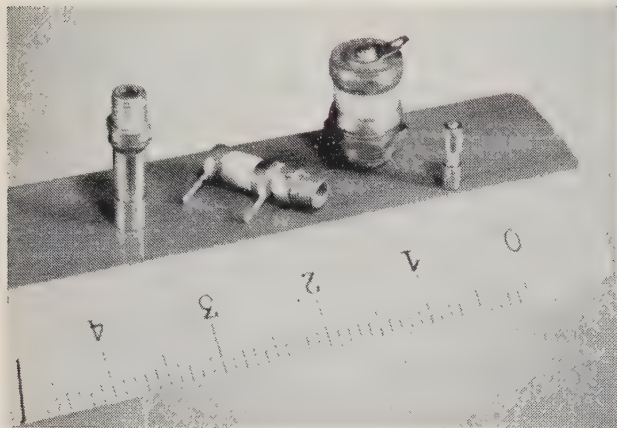
Parmi les autres caractéristiques, citons : Tension V_{FOM} comprise entre 300 et 800 V, courant I_{HO} min de 1 mA à 105 °C, et di/dt égal à 1 000 A/ μ s.

Renseignements : O.E. Service, cercele le n° 401.

NOUVEAUX CONDENSATEURS AJUSTABLES A DIELECTRIQUE VERRE AIR-TRONIC

Deux nouveaux condensateurs à diélectrique verre viennent d'être développés par la société AIR-TRONIC.

Ces condensateurs peuvent être soudés directement sur des circuits imprimés, sur des selfs ou sur des montages « stripline ».



Le Condensateur type 7200 est le plus petit condensateur ajustable du monde. Il fait de 0,1 pF à 1,3 pF, avec un Q supérieur à 500 à 200 MHz et un ajustement sur 10 tours minimum. Coefficient de température : $50 \pm 50.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Le Condensateur type 7210 est également ajustable à diélectrique verre, de même encombrement, mais permet d'obtenir des variations de capacité de 0,5 à 7,5 pF.

Le coefficient de surtension du 4700 est supérieur à 2 000 à 250 MHz alors que celui du 7210 n'est que de 200 à 250 MHz.

Renseignements : O.E. Service, cercele le n° 402.

FILTRES ROCKLAND LAB.

TECHNIQUE ET PRODUITS a pris récemment la représentation des filtres opérationnels ROCKLAND LABORATORIES.

● Les filtres de la Série 1 000 sont les premiers filtres opérationnels dans la gamme de 0,001 Hz à 10 kHz.

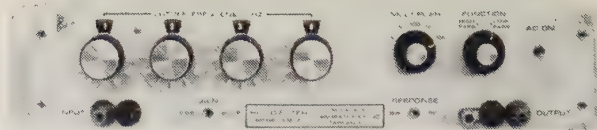
Ce sont des filtres du type « Butterworth » utilisant des amplificateurs opérationnels à effet de champ comme éléments actifs. La bande des filtres est réglable par commutation de 0, 6, 12, 18, 24 dB par octave. Ils ont une entrée différentielle à impédance très supérieure à 2 M Ω .

Ils présentent les différents modes de fonctionnement suivants :

- a) Filtre : passe-bas, passe-haut, passe-bande, coupe-bande.
- b) Amplificateur : ce sont des amplificateurs à faible bruit, faible dérive, avec une amplification de 40 dB sur toute la bande pré-sélectionnée.
- c) Oscillateur : ce sont des générateurs sinusoïdaux d'usage général, couvrant toute la gamme d'accord et pouvant être synchronisés extérieurement.

● Les Filtres actifs 1 000 F sont les seuls filtres actifs actuellement sur le marché, passe-haut ou passe-bas, fonctionnant de 0 à 111 kHz avec sélection de la fréquence de coupure par affichage numérique.

Les filtres ROCKLAND LABORATORIES constituent un outil nouveau pour l'analyse des données, l'étude des servo-



mécanismes, l'égalisation de transducteurs, l'amélioration du rapport signal/bruit dans les domaines tels que : géophysique, océanographie, recherche médicale, analyse de vibrations.

Ils permettent la simulation de fonction de transfert, la simulation de la réponse d'un réseau actif, l'analyse spectrale en temps réel, l'analyse de faibles signaux, l'étude de vibrations acoustiques ou ultra-sonores.

Renseignements : O.E. Service, cercele le n° 403.

LES NOUVELLES MÉMOIRES RG D'AMPEX

La Division « Equipements Numériques » d'AMPEX Corporation, à Culver City, Californie, vient de se voir attribuer un contrat pour la fourniture à R.C.A. de mémoires type RG qui s'intégreront dans les systèmes d'acquisition de données Radar de ce constructeur.

La mémoire RG, à extension modulaire, qui a été présentée en Europe au SALON DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES de Paris, offre un temps d'accès de 300 nanosecondes, un cycle total de 900 nanosecondes et une capacité maximale de 5 millions de bits.

Le centre des activités d'AMPEX pour la France, la Belgique et le Luxembourg se trouve au 14 avenue Pierre-Grenier, 92-Boulogne.

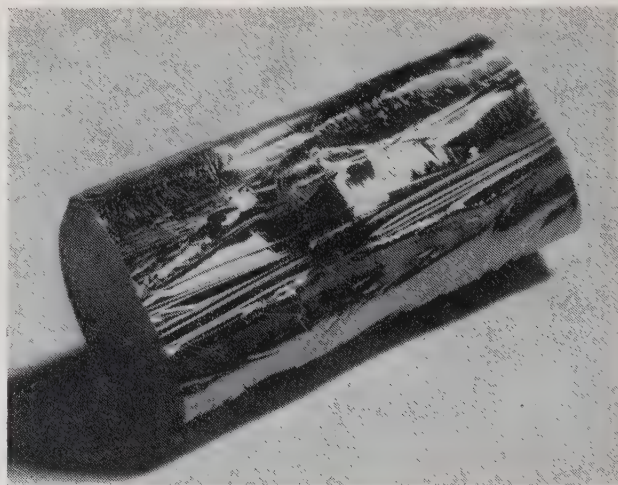
Renseignements : O.E. Service, cercele le n° 404.

PRODUITS CHIMIQUES DE HAUTE PURETÉ BILLITON

La construction du nouveau laboratoire de recherches pour BILLITON Arnhem a également rendu possible l'augmentation de la capacité de production de métaux et de composés de haute pureté, parmi lesquels se trouvent les monocristaux.

A côté des six métaux de haute pureté, bien connus (antimoine, bismuth, cadmium, indium, plomb et étain), Billiton produira sous peu également de l'or, du tellure et de l'arsenic de haute pureté.

Parmi les composés de haute pureté, il se trouve un grand nombre de ceux qu'on appelle des III/V (p. ex. InSb, InP) et des II/VI (p. ex. CdTe, PbSe, ayant les caractéristiques des semiconducteurs. La photo montre un morceau de baguette d'antimoniure d'indium fabriquée grâce au procédé « fusion zone », dont la pureté est de 99,99999 % à 99,999999 %.



Les méthodes d'analyse traditionnelles, comme la spectrographie d'émission et la spectrophotométrie, ne sont pas assez sensibles pour analyser les impuretés. Billiton se sert de méthodes électriques, comme la mesure de l'effet Hall à basse température, méthode dans laquelle la déflexion des porteurs libres dans un champ magnétique fournit une indication de la pureté.

Lors de la recherche de nouveaux phénomènes, ou d'utilisations nouvelles, les matériaux de haute pureté s'avèrent être d'une grande importance. Les composés peuvent être fournis avec les micro-additions souhaitées (dopage).

Renseignements : O.E. Service, cercele le n° 405.

TRANSMISSION DE DONNÉES ALCATEL

Depuis 1929, la réalisation d'équipements de transmissions téléphoniques sur de longues distances constitue l'une des activités essentielles de la Société ALCATEL.

Il était donc naturel qu'ALCATEL s'intéresse au problème de la transmission des informations codées binaires. Vers 1950, ses techniciens mettaient au point un système de transmission téléphonique en modulation PCM (Pulse Code Modulation), puis en 1960, un système de transmission en modulation Delta (Δ). Lorsqu'en 1962, le STTA (Service Technique des Transmissions de l'Armée de l'Air) entreprit la réalisation d'un vaste réseau de transmission de données, le réseau STRIDA, ALCATEL fut l'une des sociétés chargées de sa construction. Les équipements de ce réseau furent exposés au Salon de l'Aéronautique en 1963 et en 1967.

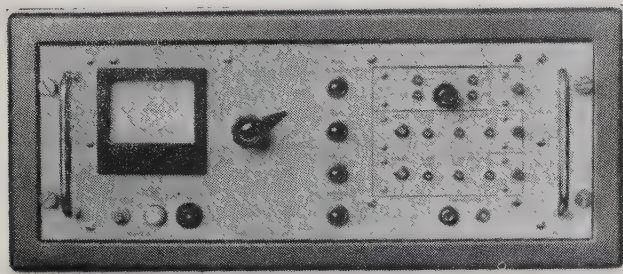
Le MODEM de transmissions de données TRANSAL 102 qu'ALCATEL présente au SICOB 68 est le résultat de cette expérience. Prévu pour la transmission de données sur le réseau autocommuté ou sur ligne louée, TRANSAL 102 peut être relié à toute source d'informations binaires dont le débit est compatible avec les vitesses de 600 ou 1 200 bauds. Les applications se situent évidemment surtout dans le domaine de la gestion des entreprises (transmission des informations comptables), mais également dans celui de la commande numérique des machines-outils, du calcul scientifique, du contrôle de processus industriels, etc...

ALCATEL présente, en outre, un appareillage d'essai de réseaux de transmission de données. Il permet de définir la qualité des équipements ou du support de transmission de données.

Renseignements : O.E. Service, cercele le n° 406.

MESURE PERMANENTE DU FACTEUR DE BRUIT

La firme suédoise MAGNETIC A.B. représentée par Radio Equipements, spécialisée dans les mesures de facteur de bruit et de puissance, a mis au point le modèle 001, entièrement transistorisé, permettant de réunir, dans un ensemble compact, le système de mesure automatique du facteur de bruit et de puissance d'un équipement nécessitant un contrôle permanent de ses performances.



Toute modification des valeurs du facteur de bruit ou de puissance, due à une détérioration de l'équipement, est signalée par un système d'alarme incorporé à l'appareil.

Une sortie pour la transmission à distance est prévue.

Principales applications : radar, faisceaux hertziens...

Le mesureur de facteur de bruit automatique, modèle 113, permet le contrôle de sous-ensembles H.F. et hyperfréquences et trouve son champ d'application en télévision, émission-réception, composants.

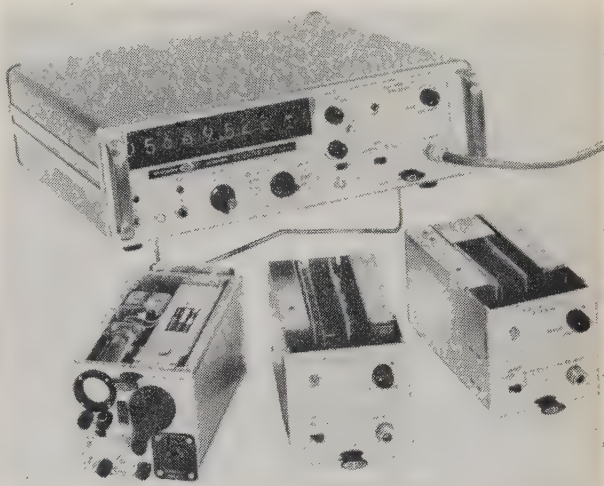
Renseignements : O.E. Service, cercele le n° 407.

NOUVEAUX COMPTEURS NUMÉRIQUES

La firme américaine SYSTRON DONNER CORP., représentée par Radio-Equipements, offre une gamme complète de compteurs à circuits intégrés, qui permettent de résoudre les problèmes d'encombrement dans les baies de mesure (hauteur 4,5 cm).

● Le modèle 6316 autorise les mesures de fréquence du continu à 12,4 GHz avec lecture directe de la fréquence, sur simple application du signal, sans aucune manipulation, avec une stabilité de 5×10^{-10} par jour.

● En compteurs, fréquencesmètres, périodemètres, en plus des modèles 5 MHz, 10 MHz, 50 MHz et 100 MHz, Systron Donner Corp. offre le modèle 1038 J autorisant une mesure directe jusqu'à 160 MHz.



Ces appareils permettent, avec l'option B4, d'obtenir une stabilité de 5.10^{-10} par jour. La fréquence à 1 MHz de l'oscillateur interne est disponible sur le panneau arrière et peut être utilisée comme standard de fréquence. Un système-mémoire permet l'affichage continu de la plus récente mesure pour suivre avec facilité les dérives des fréquences.

Parmi les 14 tiroirs enfichables dans le panneau avant, notons les tiroirs oscillateurs de transfert qui permettent, avec une lecture directe sur le compteur, des mesures de fréquence de 50 MHz à 40 GHz, pour des signaux d'entrée entretenus avec ou sans A.M., avec ou sans F.M. et en régime impulsionnel, ainsi que les trois tiroirs ACTO qui permettent une mesure entièrement automatique avec lecture directe jusqu'à 18 GHz.

Renseignements : O.E. Service, cercele le n° 408.

COMMUNIQUÉS

LES MANIFESTATIONS DE LA F.N.I.E. EN 1969

Les dates des Manifestations que la *Fédération Nationale des Industries Electroniques (FNIE)* organise, en 1969, sont maintenant connues.

● *Le XI^e Festival International du Son, Haute-Fidélité, Stéréophonie*, aura lieu du 6 au 11 mars 1969 dans les Salons du Palais d'Orsay.

● *Le Colloque International* qui accompagne traditionnellement le Salon des Composants aura lieu du 24 au 28 mars dans le Bâtiment des Conférences de l'UNESCO. Il aura pour objet la *Téléinformatique*. Les Communications seront classées dans le cadre suivant :

- a) Problèmes liés à la Transmission (Modem) ;
- b) Terminaux ;
- c) Equipements de commutation des circuits et des messages ;
- d) Structure et conditions d'utilisation des Réseaux ; systèmes de gestion intégrée ;
- e) Software et langages spécialisés ;
- f) Aspects économiques.

● *Le XII^e Salon International des Composants Electroniques* (Pièces détachées, Tubes, Semiconducteurs, Accessoires électroniques, Appareils de mesure, Equipements et Produits),

et le *V^e Salon International de l'Électroacoustique* auront lieu du vendredi 28 mars au mercredi 2 avril dans le Hall Monumental du Parc des Expositions de la Porte de Versailles et dans les halls adjacents, comme en 1968.

● *Le IV^e Salon International de la Radio et de la Télévision* se déroulera du 30 août au 8 septembre 1969, également dans le Hall Monumental de la Porte de Versailles.

Les renseignements complémentaires peuvent être obtenus du *Service des Relations Extérieures de la FNIE*, 16, rue de Presles, 75-Paris 15^e (tél. 273.24.70).

XV^e SYMPOSIUM SUR LA FIABILITÉ

Chicago, 21-23 janvier 1969

Le XV^e Symposium sur la Fiabilité se tiendra du 21 au 23 janvier 1969 au Palmer House, Chicago, Illinois. Cette réunion, à l'origine Symposium National sur la Fiabilité et le Contrôle et la Qualité en Electronique se tient régulièrement tous les ans. Ces symposiums ont été organisés pour permettre des échanges d'informations sur la

discipline nouvelle qu'est la Fiabilité. Le Symposium est rapidement devenu un événement majeur dans le domaine de la fiabilité par la valeur des rapports qui y sont présentés. Ces rapports traitent des pratiques établies ainsi que de l'état d'avancement des recherches les plus récentes.

La demande de produits fiables dans les marchés commerciaux et gouvernementaux commence à avoir des effets économiques importants sur les nations ainsi que sur les compagnies privées. Le Symposium doit donc envisager simultanément les aspects techniques et les aspects économiques de la Fiabilité. Le thème traité cette année sera encore : Fiabilité - Coût - Performance. L'accent sera mis sur les relations entre ces trois facteurs dans le développement et la fabrication de produits et de systèmes. D'autres sessions seront consacrées à la maintenance et à l'efficacité des systèmes.

Pour tous renseignements supplémentaires s'adresser au Centre National d'Études des Télécommunications, Centre de Fiabilité, 3, avenue de la République, 92-Issy-les-Moulineaux, Tél. 253.31.17.

LA VI^e TRIENNALE INTERNATIONALE DU FILM POUR LE TRAVAIL ET L'INDUSTRIE

Anvers, mai 1969

A la fin du mois de mai 1969, aura lieu à Anvers la VI^e Triennale Internationale du Film pour le Travail et l'Industrie, organisée par le Gouvernement belge et placée sous le haut patronage d'organisations internationales.

La Triennale a pour objet de confronter, d'étudier, de promouvoir et de vulgariser les plus remarquables réalisations cinématographiques dans les six catégories suivantes : information, technologie, prophylaxie et accidents, recherche et perspectives, sociologie, films de fiction, chacune des catégories se rapportant à l'information pour public général, information pour public spécialisé, publicité, promotion des ventes, prestige et relations publiques, formation professionnelle ou technique, esthétique industrielle, gestion d'entreprise, sécurité, hygiène, accroissement de la productivité, recherche, réadaptation et rééducation professionnelles, problèmes humains et films de fiction traitant de problèmes professionnels et/ou industriels.

L'inscription des films peut se faire jusqu'au 31 janvier 1969 inclus.

La participation personnelle donne l'occasion unique d'assister à un panorama complet du film industriel, soit en assistant aux séances de sélection, soit à la session internationale.

Toutes informations et formulaires d'inscription sont disponibles au secrétariat : Centre Technique Audio-visuel International, Lamorinièrstraat 236, Anvers (Belgique), tél. 03/30.19.65.

CONFÉRENCE SUR LES THYRISTORS DE PUISSANCE ET LEURS APPLICATIONS

Londres, 6-8 mai 1969

Les conférenciers désireux de présenter une communication sur les thyristors de puissance et leurs applications à la réunion organisée par l'IEE à Londres, du 6 au 8 mai 1969, sont priés d'envoyer sans tarder un résumé de 200 mots à l'Organising Committee, department Conference IEE Savoy Place, London WC2.

Les sujets couvriront, en plus de toutes les applications concernant leur emploi, les recherches et les aspects technologiques des thyristors de puissance, ainsi que les montages permettant leur contrôle.

JOURNÉES INTERNATIONALES DES RÉSEAUX DE RÉPARTITION ET DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Liège, 12 et 13 mai 1969

L'Association des Ingénieurs Electriciens sortis de l'Institut Electrotechnique Montefiore organise, les 12 et 13 mai 1969, deux journées internationales d'études des réseaux de répartition et de distribution d'énergie électrique au Palais des Congrès de la Ville de Liège.

Ces réunions seront consacrées à la discussion de rapports présentés par des spécialistes, tant étrangers que belges, sur des sujets parmi lesquels les suivants intéresseront les ingénieurs des courants faibles :

— Téléopération ou automatismes en liaison avec la structure des réseaux d'alimentation des grandes agglomérations.

— Mesure électrique et traitement de l'information.

Les rapports seront publiés et envoyés avant l'ouverture du Congrès à tous les participants inscrits.

La correspondance est à adresser au Secrétariat de l'AIM, 31, rue Saint-Gilles, à Liège (Belgique) ; M. Lucien CRAISSE, Secrétaire Administratif de l'AIM, Tél. (04) 32.29.46, donnera tous renseignements verbaux concernant ces journées.

INTERNATIONAL CONVENTION ON EDUCATIONAL AND TRAINING TECHNOLOGY

Londres, 2-6 septembre 1969

Cette convention internationale dite CETT 69 se tiendra à Grosvenor House, à Londres, du 2 au 6 septembre 1969, elle aura trait aux applications, développements, techniques et évaluation des différents systèmes d'aide en matière d'éducation et d'entraînement.

Cette Convention consistera en conférences, exposition et démonstrations sur les systèmes d'aide audio-visuels et autres, utilisés en matière d'enseignement.

Tous renseignements peuvent être obtenus auprès des Institutions organisatrices :

pour les conférences : Secrétariat des conférences, IEE Savoy Place, London WC2 ;

pour l'exposition : Secrétariat de l'exposition, The Industrial Council for Educational and Training Technology, 8 Leicester Street, Leicester Square, London, WC2.

CONFÉRENCE EUROPÉENNE SUR LES HYPERFRÉQUENCES

Londres, 8-12 septembre 1969

La conférence européenne sur les hyperfréquences organisée conjointement par la division électronique de l'IEE, l'IERE et les sections Europe, Moyen-Orient et Afrique du Nord de l'IEEE, se tiendra à Londres du 8 au 12 septembre 1969.

Le but de cette conférence est l'étude des circuits hyperfréquences, leurs projets et leurs mesures ; les antennes pour hyperfréquences, les éléments et appareils associés ; les composants à l'état solide pour les hyperfréquences et leurs applications.

Les personnes désireuses de présenter une communication devront envoyer avant le 5 janvier 1969 un résumé de 500 mots environ au secrétariat de la conférence IEE, Savoy Place, London, WC2.

Voici quelques points particuliers qui seront traités :

— Perfectionnement des circuits hyperfréquences comprenant :

- Circuits intégrés pour hyperfréquences.
- Filtres et coupleurs directionnels - Ferrites.
- Lignes à retard acoustiques pour hyperfréquences.
- Guides d'onde pour hyperfréquences et fréquences optiques et leurs composants, à l'exception de ceux destinés aux applications de télécommunications à longue distance.

- Matériels état solide, y compris :
- Récepteurs et amplificateurs à faible bruit.
- Sources de puissance.
- Dispositifs de contrôle et de commutation.
- Effet de masse.

— Antennes pour hyperfréquences, y compris : antennes adaptées au balayage sans inertie, antennes actives.

TRUNK TELECOMMUNICATIONS BY GUIDED WAVES

Londres, 15-17 septembre 1969

La division électronique de l'IEE, l'IERE et la section G.B. et Irlande de l'IEEE organisent une conférence sur les faisceaux hertziens pour télécommunications, à Londres, du 15 au 17 septembre 1969.

Cette conférence portera plus spécialement sur les points ci-après :

- description des systèmes, techniques de modulation et de multiplexage ;
- structures du guidage, y compris les imperfections de transmission, la fabrication et l'installation ;
- équipements terminaux et répéteurs ;
- techniques de mesure ;
- composants.

Le Comité d'organisation sollicite des exposés de 2 000 mots environ qui devront être soumis au département conférences de l'IEE Savoy Place, London, WC2, sous forme de résumés de 250 mots avant le 5 janvier 1969. Les manuscrits eux-mêmes devant être remis le 1^{er} mai.

RÉALISATIONS RÉCENTES

I.E.R. A PARTICIPÉ AU SUCCÈS DU SATELLITE ESRO II

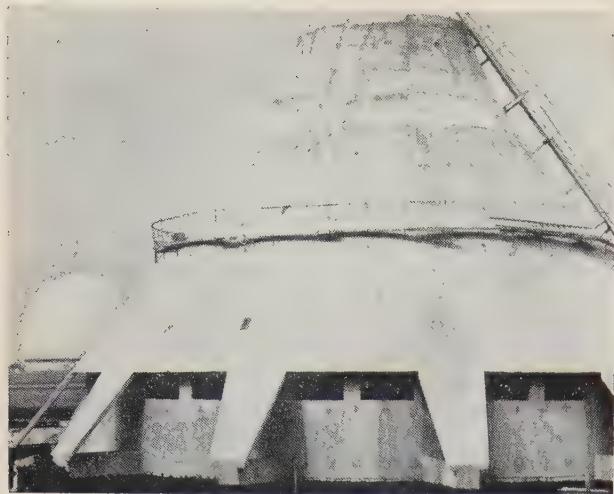
● C'est un enregistreur à bande magnétique mis au point par la SOCIÉTÉ I.E.R. (*Impression Enregistrement des Résultats*) qui, à bord du satellite, enregistre et retransmet les informations issues des différentes expériences scientifiques du satellite ESRO II lancé de la base de VANDENBERG le 16 mai 1968.

Cet équipement stocke des informations pendant la durée du vol orbital, environ 100 minutes, et les restitue au moment du passage en vue d'une station terrestre, en approximativement 4 minutes, par l'intermédiaire d'une liaison radioélectrique.

La SOCIÉTÉ I.E.R. a déjà mis au point et réalise actuellement les enregistreurs pour les satellites ESRO I - CNES D 2 - TD 1/TD 2.

L'ANTENNE DE RAISTING II

Les Postes Allemandes procèdent à l'installation d'une seconde antenne pour leur station émettrice terrestre de Raisting : le bloc de 15 mètres de hauteur qui doit la sup-



porter est en cours d'achèvement. L'antenne géante pèsera 270 tonnes et aura un diamètre de 28,5 mètres. L'entreprise pilote, SIEMENS, estime que cette seconde antenne pourra être mise en service au milieu de 1969, c'est-à-dire bien avant les jeux olympiques d'été de Munich (1972), époque à laquelle des flots d'informations devront être transmis dans le monde entier par l'intermédiaire de Raisting.

Raisting II est caractérisée par l'absence de radome, 300 projecteurs de rayons infrarouges protégeront l'antenne contre la glace et la neige.

STATION RADAR SECONDAIRE CSF POUR EUROCONTROL

L'agence EUROCONTROL a fait connaître son intention de confier à la CSF la réalisation de la nouvelle station radar secondaire de Leerdam, située à une soixantaine de kilomètres au sud d'Amsterdam.

La CSF, à qui le gouvernement hollandais a déjà confié un contrat pour la réalisation du radar primaire de Leerdam, fournirait ainsi l'ensemble des matériels de détection radar de cette nouvelle station.

Les matériels du radar secondaire de Leerdam comprendront une station principale doublée dont l'antenne sera superposée à l'antenne du radar primaire, et une station satellite composée d'un système interrogateur doublé et d'un aérien autonome, assurant ainsi la permanence du service radar secondaire.

MÉTHODES DE CALCUL DE CIRCUITS ÉLECTRONIQUES PAR ORDINATEURS

À côté des travaux suscités par l'utilisation de plus en plus intensive des calculateurs pour des mesures ou expériences de physique, le Département d'Électronique Générale du CEA a lancé, depuis 1966, un programme d'études de circuits électroniques au moyen d'ordinateurs. Cette méthode de conception et d'analyse des nouveaux circuits nécessaires au développement de l'électronique nucléaire, dite CAO (Conception Assistée par Ordinateurs, en anglais CAD, Computer Aid Design) permet, en particulier, l'analyse de la sensibilité d'un circuit de complexité moyenne, en fonction de divers paramètres et de contraintes extérieures, tant en courant continu qu'en alternatif et en régime transitoire. Un système de visualisation permettant le contrôle et la modification permanente est en cours de réalisation à Saclay, accroissant ainsi les possibilités de cette méthode qui, dès maintenant, est susceptible d'apporter une aide précieuse pour l'étude et le développement du matériel électronique.

Le Département d'Électronique Générale a, d'une part, adapté et rendu opérationnel en septembre 1967 sur les machines du Département de Calcul Électronique de Saclay

et de Cadarache, le programme ECAP de la firme IBM. Une note d'utilisation du programme ECAP a été réalisée et diffusée (1).

D'autre part, des travaux menés en liaison avec le Centre d'Études Nucléaires de Grenoble, la Direction des Applications Militaires et l'Institut des Mathématiques Appliquées de l'Université de Grenoble, permettront aux différents utilisateurs du CEA et de l'Industrie, de disposer, sous peu, de programmes originaux plus puissants et plus souples que les programmes américains dont on dispose actuellement.

Enfin, le Département d'Électronique Générale a entrepris des travaux pour la promotion de programme d'optimisation de circuits logiques, et pour la mise au point d'un programme CAO hybride. Il semble, en effet, prometteur de pouvoir employer des techniques de calcul hybride qui paraissent particulièrement adaptées à la résolution de ce genre de problèmes.

(1) Utilisation du programme ECAP - Note C.E.A. n° N949 - janvier 1968, de MM. IMBRECHTS et LE BER du DEG/GED.

GARGAMELLE LA CHAMBRE A BULLES FRANÇAISE POUR LE CERN

GARGAMELLE, la chambre à bulles à liquides lourds, dont les différents éléments sont construits et essayés à Saclay, entrerait en service au CERN, vers la fin de 1969. Le dernier Courrier du CERN donne de nombreuses précisions sur cette chambre conçue essentiellement comme instrument de recherche pour l'étude des neutrinos.

D'abord, en ce qui concerne l'avancement des travaux, il est indiqué que le socle de l'aimant, qui pèse 140 tonnes, est arrivé au CERN par la route, le 31 mars, monté sur une remorque de 48 roues traînée par deux camions tracteurs. L'aimant lui-même sera livré directement et monté au CERN. L'armature de l'aimant, qui pèse 800 tonnes, doit servir de support à la chambre, au système de détente et aux enroulements. Deux jeux de bobines, pesant chacune 80 tonnes, seront montés verticalement, la direction du champ étant horizontale. Cet aimant sera capable de donner un champ de 19 kG.

Quant à la chambre proprement dite, ses caractéristiques sont les suivantes. Le corps de la chambre, qui doit bientôt être prêt pour la livraison, est un cylindre soudé à fond bombé, de 4,5 mètres de longueur et de 1,85 mètre de diamètre, dont l'axe est disposé dans le sens du faisceau. Ce cylindre est en acier à faible teneur de carbone, d'une épaisseur de 60 millimètres, mais atteignant 150 millimètres autour des ouvertures. Le volume fait au total 12 mètres cubes, dont 10 m³ constituent le volume utile, c'est-à-dire celui qui peut être couvert par deux caméras. Deux membranes de 4 mètres sur un mètre, en élastomère de polyuréthane, disposées parallèlement à l'axe sur l'un des côtés de la chambre servent à faire varier la pression du liquide.

Le liquide pourra être du propane pur (la chambre contenant alors 5 tonnes de liquide) ou du fréon pur (15 tonnes) ou toute combinaison intermédiaire. Quatre hublots hémisphériques (fish-eye), donnant un angle de vue de 110°, sont montés dans des ouvertures sur chaque membrane. Chaque ensemble de quatre « fish-eye » permet l'enregistrement simultané des clichés sur un même film. Enfin 21 tubes flash au xénon, répartis dans la chambre derrière des écrans, fournissent un éclairage à fond noir.

LA FRANCE EST CHARGÉE D'AUTOMATISER LE MÉTRO DE MEXICO

En juin 1967, le « Sistema de Transporte Colectivo », organisme public de la ville de Mexico, a confié à la Régie Autonome des Transports Parisiens l'engineering de ce nouveau réseau métropolitain qui sera l'un des plus perfectionnés du monde. Plusieurs entreprises françaises participent aux travaux actuellement en cours et ce sont des rames montées sur pneumatiques et construites en France qui constitueront le matériel roulant.

La principale originalité du métro de Mexico sera d'être commandé par ordinateurs. En effet, ce sont les résultats de recherches menées par la R.A.T.P. sur les méthodes de contrôle et de commande automatique du trafic qui seront appliquées simultanément au métro de Mexico et au Réseau Express Régional parisien. Ce seront les deux premiers réseaux au monde dont le trafic sera entièrement réglé par ordinateurs.

L'étude, la réalisation et la mise en œuvre du système d'automatisation ont été confiées à la Compagnie Française THOMSON HOUSTON - HOTCHKISS BRANDT et à la SODETEG (Société d'Etudes et d'Entreprises Générales). Il permettra, sur les trois lignes d'une dizaine de kilomètres chacune qui seront successivement mises en service entre juin 1969 et la fin de l'année 1970, la commande et le contrôle automatique du trafic à partir d'un poste central. Ce poste central de commande sera équipé de deux ordinateurs « TH/AC 4020 »⁽¹⁾ et de trois pupitres de surveillance. Il sera relié aux 48 stations du réseau par des systèmes de télétransmissions sur lignes téléphoniques.

Chacun des deux ordinateurs pourra recueillir automatiquement 900 informations en divers points du réseau et élaborer 450 ordres différents. Suivant une série de programmes pré-établis, l'un d'eux donnera automatiquement l'ordre de départ aux rames immobilisées dans les terminus, commandera les signaux, les aiguillages ainsi que l'affichage des renseignements destinés aux conducteurs. Le second ordinateur se substituera automatiquement au premier en cas d'incident.

Les trois pupitres de surveillance indiqueront, à tout moment, le numéro d'identification et la position des rames, ainsi que l'état du réseau de distribution électrique.

Renseignements : O.E. Service, cercelez le n° 408.

⁽¹⁾ Le « TH/AC 4020 » est un calculateur numérique, réalisé à partir de circuits intégrés, qui fait partie de la famille des calculateurs « TH/AC 4000 » construits par le Département des Applications de l'Électronique à l'Industrie de THOMSON-BRANDT.

CARNET DES SOCIÉTÉS

PARTICIPATION DE LA COMPAGNIE DE PONT-A-MOUSSON A LA SOGEV

La Compagnie de Pont-à-Mousson vient de prendre une participation importante au capital de la Société Générale du Vide (SOGEV) filiale de la Compagnie Financière de Suez et de la Compagnie Française Thomson Houston - Hotchkiss Brandt.

A la suite de cet accord et après absorption par la SOGEV de ses deux filiales spécialisées dans la robinetterie : Vanelec et Socomeco, le Groupe d'actionnaires constitué par la Compagnie de Pont-à-Mousson, la Compagnie Financière de Suez et de l'Union Parisienne détiendra 49 % du capital et la Compagnie Française Thomson Houston - Hotchkiss Brandt 51 %.

La Société Générale du Vide (SOGEV), créée en 1961, s'est essentiellement consacrée à des réalisations techniques avancées intéressant les industries nucléaires et spatiales, les techniques du vide et de l'étanchéité, l'industrie électronique, etc. C'est à partir de cette expérience et de cet acquit que la SOGEV, depuis plusieurs années déjà, avait abordé des domaines d'applications industrielles nouveaux, tels que ceux du Vide et de la Fluidique, et plus récemment la robinetterie de performance, etc. L'appui important qu'elle pourra trouver auprès de ses actionnaires, tant sur les plans industriels et commerciaux que sur celui de la recherche, doit lui permettre de poursuivre son expansion vers une clientèle industrielle plus étendue.

LUCAS SERVICE EUROPE

La vocation initiale de cette filiale de LUCAS était l'importation et la distribution de matériel d'équipement pour l'automobile, l'aéronautique et l'industrie, des marques LUCAS, C.A.V., GIRLING, BUTLERS, BRYCE BERGER, ROTAX.

L'évolution de LUCAS SERVICE EUROPE en matière d'électronique appliquée l'a amené à créer également un département semiconducteurs.

Un dépliant donne les caractéristiques principales des semiconducteurs au silicium disponibles.

Renseignements : O.E. Service, cercelez le n° 409.

REPRÉSENTATION DE M.O. VALVE Co Ltd

Depuis le 1^{er} août 1968, la SEIEM, 8, rue Polonceau, Paris, Société Associée du groupe britannique AEI-GEC, distribue les matériels fabriqués par « The M.O. VALVE Co Ltd » précédemment commercialisés en France par Young Electronic.

La M.O. Valve, filiale de AEI-GEC, fabrique une grande variété de tubes électroniques et en particulier des tubes et dispositifs pour hyperfréquences, des tubes à rayons cathodiques de la gamme radar et instruments, des tubes émetteurs et des tubes à usage industriel.

Un nouveau département est créé à la SEIEM pour la commercialisation de ces tubes, la commercialisation des filtres, oscillateurs, cristaux de quartz et ferrites fabriqués par la S.E.I., autre filiale du groupe AEI-GEC et la commercialisation des diodes hyperfréquences AEI.

Renseignements : O.E. Service, cercelez le n° 410.

SGS DEVIENT 100 % EUROPÉENNE

Olivetti vient d'acquérir les parts détenues par Fairchild Semiconductor Ltd, dans la Société SGS-Fairchild. SGS devient, de ce fait, la plus grande société *non américaine* spécialisée dans la fabrication des semiconducteurs au silicium planar.

Dans le domaine de la technologie, cette nouvelle situation apporte peu de changements puisque les accords concernant les échanges de brevets et de savoir faire entre SGS et Fairchild sont maintenus.

Rappelons qu'avant de créer des laboratoires de recherches et développements, les physiciens de SGS avaient passé un an et demi dans les laboratoires de la Fairchild pour pouvoir encadrer des équipes de chercheurs recrutés dans le monde entier.

La nouvelle situation créé conduit la SGS à réviser ses plans concernant la Recherche et le Développement. En particulier dans tous les pays européens où cela sera nécessaire, elle va procéder rapidement à l'implantation de laboratoires.

Un des premiers résultats de cette nouvelle situation sera la constitution d'une confédération de compagnies nationales SGS dans laquelle chacune d'elles aura l'autonomie nécessaire pour s'adapter aux conditions de l'industrie électronique du pays où elle est implantée.

LES ATTRIBUTIONS DE M. ROBERT GALLEY

Le « Journal Officiel » du 27 juillet publie le décret relatif aux attributions de M. Robert GALLEY, Ministre délégué auprès du Premier Ministre, Chargé de la Recherche Scientifique et des Questions Atomiques et Spatiales.

M. Robert GALLEY exerce, par délégation :

1° Les attributions relatives à la recherche scientifique et technique, notamment celles définies par le décret du 29 novembre 1958 concernant la recherche scientifique et technique et par la loi du 3 janvier 1967 relative à la création du Centre National pour l'Exploitation des Océans.

2° Les attributions dévolues au Premier Ministre en ce qui concerne l'Energie Atomique, notamment celles définies par l'ordonnance modifiée du 18 octobre 1945, le Commissariat à l'Energie Atomique est, en conséquence, placé sous son autorité.

3° Les attributions dévolues au Premier Ministre en ce qui concerne les questions spatiales, et notamment celles définies par la loi du 19 décembre 1961 instituant un Centre National d'Etudes Spatiales.

PETITES ANNONCES

722 C

LES LABORATOIRES D'ÉLECTRONIQUE
et de PHYSIQUE APPLIQUÉE

demandent

INGÉNIEURS DE RECHERCHES

E.S.E., CENTRALE, TELECOM, IRG
ou universitaires niveau doctorat

pour ses départements :

Semiconducteurs, Electronique générale
Physique du vide

Transport assuré — Cadre agréable
Restaurant d'entreprise

NATIONALITÉ FRANÇAISE EXIGÉE

Libérés obligations militaires

Adresser C.V. à L.E.P., Service du Personnel,
B.P. n° 15, 94-LIMEIL-BREVANNES.

723 C. — Publicitaire spécialisé en électronique
recherche situation chef de publicité dans firme
industrielle. 15 ans de référence. Ecrire à revue
qui transmettra.

Vient de paraître dans la Collection Technique
et Scientifique du C.N.E.T.

MESURES SUR LES TRANSISTORS

par

H. ARCISZEWSKI

*B. Sc (Eng.) Université de Londres
C. Eng. M.I.E.E., A.M.I.E.E.E.*

*Chef au Laboratoire
Assistance Technique et Contrôle
de la Compagnie Générale des Composants
Electroniques C.G.E. COMPELEC*

Un ouvrage de 700 p. 16×24,5 cm,
relié pleine toile, 595 schémas, 711
courbes, 53 tableaux. Prix **92,30 F**
plus frais de recommandation.

Description d'environ 230 méthodes de mesures
détaillées portant sur plus de 130 paramètres de
transistors.

ÉDITIONS CHIRON, 40 rue de Seine, PARIS 6^e

C.C.P. PARIS 53-35

Ingénieurs et techniciens de l'électronique
dans toutes les applications industrielles et en physique, géologie, médecine, biologie,
vous vous heurtez chaque jour à des problèmes d'amplification de très faibles signaux.

Vous avez à votre disposition l'étude synthétique de

MM. BILLARDON et LARCHER

Ingénieurs diplômés d'études supérieures de sciences physiques

AMPLIFICATION ET MESURE DES SIGNAUX DE FAIBLE AMPLITUDE

un fascicule broché 21×27 — 48 pages, 91 figures. PRIX : 12 F — FRANCO : 13,10 F

Vous y trouverez :

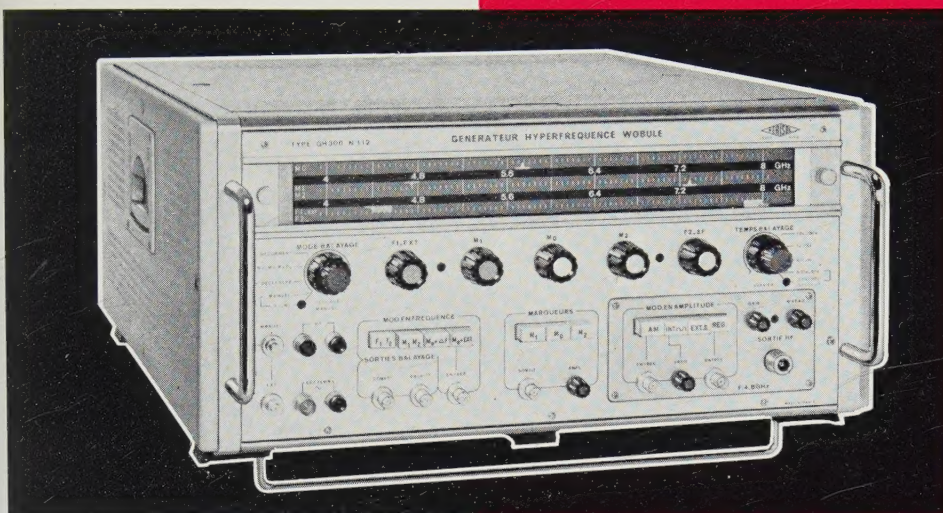
- Les amplificateurs du type continu à tubes électroniques : bruit, dérive et réalisation
- Les amplificateurs de type continu à transistors : bruit, dérive et réalisation.
- Les amplificateurs à dispositifs découpeurs
à condensateurs vibrants,
à modulateurs mécaniques,
à modulateurs électroniques,
- Les amplificateurs à choppers mécaniques dans la technique du calcul opérationnel.
- La réalisation d'un amplificateur à transistors et à choppers mécaniques de bande
passante de 0-2000 Hz et de très faible bruit.

En vente chez votre libraire, ou aux

ÉDITIONS CHIRON 40, rue de Seine - PARIS-6^e

C.C.P. PARIS 53-35

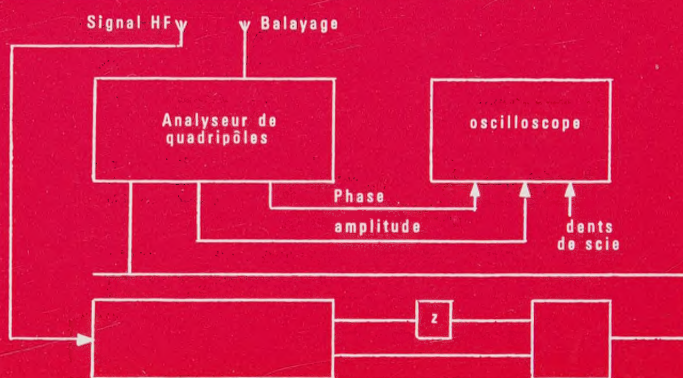
GÉNÉRATEUR HYPERFRÉQUENCE WOBULE Type **GH 300**



- à tiroirs interchangeables
0,4 GHz à 40 GHz
- puissance de sortie régulée : jusqu'à 100 mW (suivant tiroir)
- modulateur à diodes PIN.

le saviez-vous?

Le nouveau Générateur Hyperfréquence Wobulé type GH 300 est parfaitement compatible avec tous les dispositifs analyseurs de quadripôles actuellement sur le marché.



en effet..

- la tension de sortie HF peut être utilisée directement en "régulé" ou "non régulé", quel que soit le niveau requis.
- les tensions de sortie dents de scie "constante" ou "proportionnelle" ont les caractéristiques d'amplitude, temps de montée et de descente, durée des paliers, etc... adaptées aux nécessités des équipements.
- les vitesses de balayage en récurrent ou en déclenché conviennent parfaitement pour le tracé sur enregistreur XY (avec lever de plume) ou sur tube cathodique avec abaque de Smith.

alors?...

voilà un motif supplémentaire pour que votre prochain "wobu" soit un Ferisol GH 300...

Documentation franco sur demande



18, AVENUE PAUL VAILLANT COUTURIER - 78 TRAPPES - TÉL. 462-88-88

TELEX : 25705 - CABLE : FERITRAPPES (FRANCE)

DÉLÉGATION RÉGIONALE : 151, Chemin Nicol - 31-TOULOUSE - Tél. (61) 48.72.07

Ets GEFROY & Cie S.A. CAP. 9300000 F

O. E. Service : cerclez le n° 575



INDICATIONS DE SERVICE (Contrôle de la transmission, collationnement).

<≡26410Z PARIS F

≡26410Y PARIS F

= COL 1 20MHZ 553 3250

Le télégramme est identifié à l'aide des indications portées, dans l'ordre ci-dessous, avant le texte du télégramme. L'heure de dépôt est indiquée par un nombre de quatre chiffres.

ORIGINE	NUMÉRO	NOMBRE de mots	DATE de dépôt	HEURE de dépôt	MENTIONS DE SERVICE
= PARIS 110	560110	31/30	9	1825	



= N' ATTENDEZ PAS STOP

DEMANDEZ ESSAI NOUVEAU FREQUENCIMETRE "GENERAL RADIO".

DES A PRESENT STOP

CIRCUITS INTEGRES 8 DIGITS STOP

20 MHz, 100 MHz OU 500 MHz AVEC DIVISEURS STOP

FREQUENCES - PERIODES - INTERVALLES - QUOTIENTS - COMPTAGE...STOP

SENSIBILITE 10m Veff JUSQU A 20 MHz STOP

RADIOPHON tel: 553 32 50

N° 701

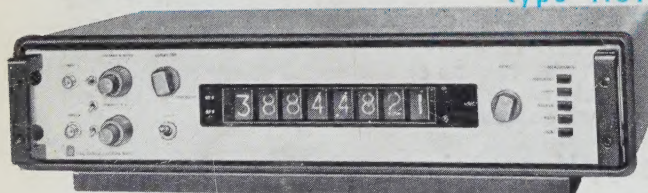
64 1101 2 35 001 3
421286

VOIR AU VERSO

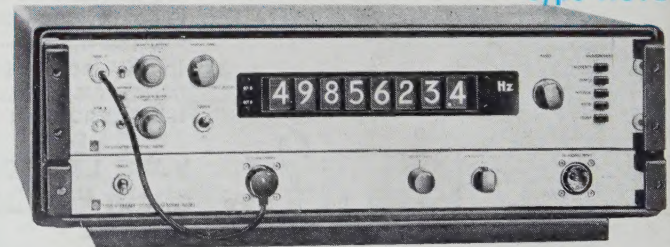
Pour toute réclamation concernant ce télégramme, présenter cette formule au bureau distributeur
la signification des principales indications qui peuvent éventuellement figurer en tête de l'adresse

20 MHz à partir de 9724 F
100 MHz à partir de 13612 F
500 MHz à partir de 14800 F

type 1191



type 1191 z



ETS RADIOPHON

AUX U.S.A. - RADIOPHON CORP - 509, MADISON AVENUE, NEW YORK

148, AV. DE MALAKOFF-PARIS 16° • TELEX 25849 RDIOFON PARIS
bur. reg. 78, MONTÉE DES SOLDATS - 69 CALUIRE (LYON) - TÉL (78) 29-44-35+

O. E. Service : cercelez le n° 576

Octobre 1968 l'Onde Electrique

Exclusivité de la Publicité de l'Onde Électrique : R. Domenach, 161, Bd St-Germain, PARIS 6° - BAB. 41-97 et 41-98