

LE HAUT-PARLEUR

NUMÉRO
SPÉCIAL
★ 132 PAGES



tourne-disques

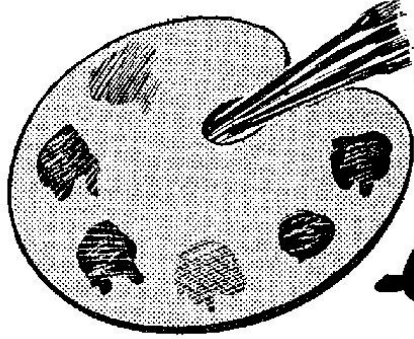
électrophones

magnétophones

radio ★ télévision

300F.

LES NOUVEAUX APPAREILS DE REPRODUCTION SONORE



LA TÉLÉVISION en Couleurs

LES techniciens spécialisés de tous les pays du monde s'intéressant à la télévision procèdent à des essais de différents systèmes de télévision en couleurs. La couleur constitue incontestablement une information supplémentaire intéressante des images télévisées. Malheureusement, elle nécessite encore un récepteur complexe et coûteux et son démarrage n'est pas pour demain en France. Elle constituera un luxe qui ne sera pas à la portée de tous. Il serait donc vain d'attendre actuellement la mise au point de téléviseurs économiques recevant la couleur et de différer l'achat d'un téléviseur. Il est de la télévision comme des automobiles : la construction de prototypes de voitures à turbine n'empêche pas les usagers d'acheter des voitures classiques.

De plus, le système de télévision qui sera adopté dans un avenir assez lointain sera obligatoirement compatible, c'est-à-dire que les téléviseurs actuels pourront recevoir en noir et blanc les émissions transmises en couleur. Ces téléviseurs ne seront donc pas démodés.

PRINCIPE FONDAMENTAL DE TRANSMISSION DES IMAGES EN COULEURS

On sait que toutes les couleurs peuvent être reproduites à partir de trois couleurs sélectionnées dites couleurs fondamentales. En télévision, ces couleurs sont le rouge, le bleu et le vert. La reproduction de la couleur peut se faire selon des méthodes additives ou soustractives. Dans le cas du cinéma en couleurs, par exemple, on projette de la lumière blanche qui est constituée par un pourcentage égal de rouge, vert et bleu, à travers la pellicule teintée qui agit comme un filtre en soustrayant certaines radiations (chaque couleur correspond à un rayonnement de longueur d'onde déterminée) pour obtenir la teinte désirée. Cette reproduction est faite selon une méthode soustractive.

Par contre, en télévision, on utilise la méthode additive : les trois images rouge, verte et bleue sont superposées sur un même écran d'un tube cathodique spécial, comportant trois canons électroniques correspondant au rouge, au vert, et au bleu.

La couleur d'un point déterminé de l'écran où convergent les trois faisceaux électroniques des canons dépend de l'intensité respective de ces faisceaux qui est commandée par trois grilles de commande analogues à celle du canon d'un tube cathodique noir et blanc. Un masque spécial percé de nombreux trous est interposé entre l'écran fluorescent et les canons de telle sorte que les faisceaux électroniques respectifs convergent en des points très précis de l'écran d'une matière fluorescente dont la couleur correspond au canon intéressé.

LE SYSTEME AMERICAIN N.T.S.C.

Le système américain N.T.S.C. de transmission de télévision en couleurs, fruit de la collaboration des plus importantes firmes électroniques d'outre Atlantique, est particulière-

ment ingénieux. Il est en effet compatible et présente l'avantage de n'occuper qu'une largeur de bande réduite, de l'ordre de 4 Mc/s pour le standard de 525 lignes.

Nous venons d'indiquer qu'il est nécessaire de transmettre trois images primaires pour reconstituer l'image en couleurs. Si l'on transmet successivement ces trois images, on conçoit qu'une bande passante beaucoup plus importante que dans le cas de la transmission d'une image en noir et blanc soit nécessaire. Le système n'est alors plus compatible et encombre trop l'éther.

Le système N.T.S.C. n'utilise qu'une bande passante faible, car il est simultané et met à profit les imperfections de l'œil qui ne peut percevoir les couleurs de petites surfaces. Le maximum d'informations concernant la couleur est transmis pour les larges surfaces de l'image alors que ces informations sont réduites et même supprimées pour les faibles surfaces et détails fins.

L'émetteur transmet simultanément l'information de brillance qui est la même que celle d'un récepteur noir et blanc et dont la bande passante est suffisante pour reproduire tous les détails fins de l'image en noir et blanc et les informations de couleurs, ou chromaticité, qui constituent une sorte de coloriage. Ces informations sont transmises grâce à une sous-porteuse de couleur, d'une fréquence supérieure de 3,58 Mc/s à celle de la porteuse principale de l'émetteur. Pour réduire la bande passante des informations de coloriage, les composantes rouges et bleues sont seules transmises sous la forme de signaux de différence de couleur appelées signaux I et Q, constitués par un certain pourcentage des tensions rouge moins luminance et bleu moins luminance. Les signaux I et Q modulent deux sous-porteuses de couleurs, déphasées de 90°, de fréquence égale à 3,58 Mc/s. La sous-porteuse est supprimée à l'émission et le signal de chromaticité résultant des modulateurs I et Q varie en phase et en amplitude selon la couleur dominante (teinte) et la saturation de la couleur correspondant au point d'exploration de l'image. A la fin de chaque impulsion de lignes, des signaux spéciaux de synchronisation de couleur sont transmis.

La partie haute fréquence du téléviseur en couleur est à peu près la même que celle d'un récepteur noir et blanc, mais les difficultés commencent à partir de la détection vidéo-fréquence. On reconstitue d'une part les signaux de brillance comme sur un récepteur noir et blanc et d'autre part les signaux de chromaticité I et Q grâce à des détecteurs spéciaux appelés détecteurs synchrones. Les deux tensions déphasées de 3,58 Mc/s doivent être appliquées à ces détecteurs ; elles sont reconstituées à la réception par un oscillateur local synchronisé par les signaux de synchronisation de couleur pour que la fréquence et la phase soient exactement les mêmes. Les trois signaux originaux de couleur, rouge, vert, bleu sont ensuite reconstitués en combinant le signal de brillance et les signaux détectés I et Q dans des proportions et des polarités bien déterminées,

grâce à un amplificateur matrice. Après amplification, les signaux de couleur sont appliqués sur les électrodes de modulation respectives des trois canons d'un tube cathodique trichrome.

**

Nous nous proposons de décrire ci-après de façon plus détaillée le système de télévision en couleurs N.T.S.C. qui a déjà fait ses preuves outre Atlantique ou plus de 200 stations de TV en couleurs sont actuellement en service. Nous nous sommes inspirés d'études publiées dans la presse technique américaine spécialisée, en particulier d'une série d'articles de **Radio Electronics**, rédigés par des ingénieurs hautement qualifiés des Laboratoires Du Mont.

Avant d'aborder l'étude du système N.T.S.C., il nous paraît nécessaire de rappeler quelques notions fondamentales de colorimétrie qui sont indispensables pour la compréhension de la technique de transmission des images en couleurs.

NOTIONS FONDAMENTALES DE COLORIMETRIE

On considère la lumière comme une forme de rayonnement électro-magnétique. Les fréquences correspondantes sont beaucoup plus élevées que celles de la radio et bien que ces dernières ne puissent être perçues par nos sens, l'œil est capable de faire la synthèse du rayonnement de la lumière. L'œil ne peut comme l'oreille analyser les vibrations en raison de sa structure. Cette incapacité rend d'ailleurs possible les différents procédés de reproduction en couleurs utilisés en imprimerie, au cinéma, ou à la télévision. La perception visuelle des couleurs est due aux centres de perception de la rétine de l'œil. Les éléments sensibles sont les cônes et les bâtonnets sur lesquels agit la lumière. La sensation colorée est due à la résultante de cette action de la lumière sur ces éléments.

Les longueurs d'onde correspondant au spectre visible étant très courtes, on ne les exprime pas en mètres, mais en millimicrons (m μ). Le spectre visible s'étend de 380 à 780 m μ , depuis le violet jusqu'au rouge. La figure 1 représente ce spectre, avec la répartition des couleurs violet, bleu, vert, jaune, orange, rouge. A la limite des fréquences les plus élevées, se trouve l'ultra-violet et à celle des fréquences moins élevées, l'infra-rouge.

QU'EST-CE QUE LA COULEUR ?

Lorsque l'œil reçoit de la lumière correspondant à une fréquence du spectre visible, nous percevons une sensation de « couleur ». La couleur particulière que nous percevons dépend de la fréquence. On appelle rouge celle qui correspond approximativement à une longueur d'onde de 700 m μ , verte celle de 550 m μ et bleue celle de 450 m μ . Lorsque la lumière comprend à peu près une égale proportion de rouge, vert et bleu nous percevons de la lu-

mière blanche. Inversement, la lumière blanche peut être décomposée en couleurs du spectre visible à l'aide d'un prisme (fig. 2). Le prisme dévie le faisceau lumineux, le violet étant le plus dévié. Les sept teintes principales du spectre coloré sont dans l'ordre des déviations, le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orange, le rouge. La lumière blanche est donc constituée par plusieurs couleurs ; on dit qu'elle est

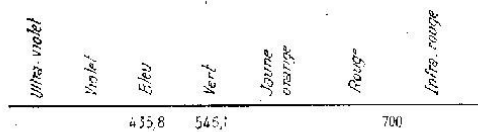


FIG. 1

polychromatique. Les teintes principales sont d'ailleurs conventionnelles, car ces teintes ne sont pas nettement séparées et l'on passe insensiblement d'une teinte à la suivante.

CARACTERISTIQUES ET DIMENSIONS DES COULEURS

Une couleur pure est caractérisée essentiellement par la fréquence correspondante du rayonnement et par sa **brillance** ou **luminance**. Toutefois, la couleur est rarement pure ; le plus souvent elle est mélangée avec du blanc. La plupart des couleurs sont lavées de blanc, la lumière diffusée par un corps coloré ne correspondant pas à une fréquence unique du spectre visible. On dit que les teintes sont plus ou moins saturées. La saturation est maximum lorsque la lumière est presque monochromatique.

En conséquence, un objet est défini par les grandeurs suivantes :

1° **Brillance** ou **luminance** : la diffusion de lumière de l'objet coloré détermine la brillance, l'absorption étant plus ou moins grande.

2° **Teinte** ou **couleur dominante** : l'objet coloré a une couleur dominante correspondant à une fréquence déterminée.

3° **Saturation** dépendant de degré de « lavage » par la lumière blanche. Pour une saturation maximum correspondant à la lumière monochromatique, la **pureté** est de 1 et la couleur ne contient pas de blanc. La pureté est le rapport de l'intensité de la couleur dominante et de l'intensité totale de la lumière de l'objet considéré.

REPRODUCTION DE LA COULEUR

Il est possible, à partir de trois couleurs sélectionnées dites couleurs **fondamentales**, de reconstituer un nombre considérable d'autres

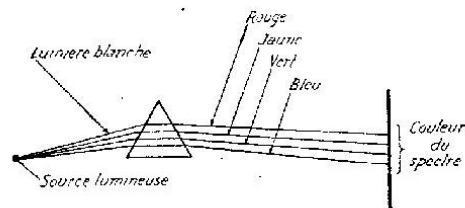


FIG. 2

couleurs ou chromaticités et de reproduire une teinte exacte, y compris sa saturation. Ces couleurs sont le **rouge** (700 mμ), le **bleu** (435 mμ) et le **vert** (545 mμ) (fig. 7).

La reproduction de la couleur peut se faire selon des méthodes **additives** ou **soustractives**. Considérons par exemple le cas du cinéma en couleurs ou des photos Kodachrome. On projette de la lumière blanche à travers la pellicule teintée qui agit comme un filtre en soustrayant ou enlevant certaines radiations pour obtenir la teinte désirée. La lumière passe par trois filtres superposés correspondant aux couleurs fondamentales. La reproduction des couleurs est faite selon une méthode **soustrac-**

tive : on supprime un pourcentage déterminé de rouge vert et bleu d'une source de lumière blanche. Rappelons que la lumière blanche est constituée par un pourcentage de rouge, vert et bleu (couleurs fondamentales). En supprimant un pourcentage variable de ces trois couleurs fondamentales on peut obtenir un grand nombre de teintes différentes.

En télévision, on forme trois images, rouge, verte et bleue qui se superposent sur un même écran. La couleur définitive d'un point déterminé de l'écran, dépend de la brillance respective en ce même point de chaque faisceau de couleur primaire. La reproduction des couleurs est faite selon une méthode **additive**. La figure 3 représente le principe de la méthode : trois sources de lumière respectivement rouge, verte et bleue, envoient un faisceau de lumière sur trois lentilles différentes, chaque faisceau pouvant être d'intensité variable selon le diamètre de chaque diaphragme. Les lentilles font converger les différents faisceaux en un même point dont on modifie à volonté la teinte en agissant sur les diaphragmes de chaque source.

Dans les deux méthodes additives et soustractives, le principe de reproduction des couleurs consiste à faire varier le pourcentage des couleurs fondamentales.

Pourquoi avoir choisi comme couleurs fondamentales le rouge, le vert et le bleu ? Il est possible d'utiliser le rouge, l'orange et le vert ou d'autres combinaisons ; toutefois le rouge et le bleu, situés aux limites du spectre visible, en combinaison avec le vert au milieu du spectre (voir figure 1) permet d'obtenir une gamme plus importante de couleurs.

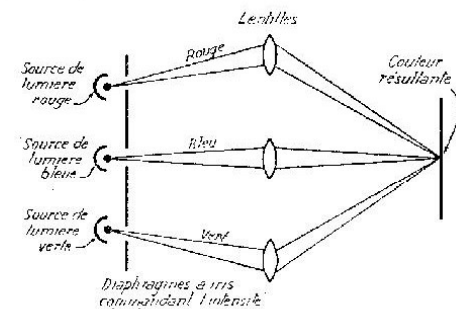


FIG. 3

PARTICULARITES DE L'OEIL

La persistance des impressions rétinienne qui rend possible le cinéma et la télévision est bien connue ; une autre particularité moins connue, dont on tient compte en télévision en couleurs est le fait que la couleur d'une petite surface n'est pas perçue par l'œil. La surface minimum de couleur perceptible dépend de cette couleur. Un exemple commun est celui qui consiste à choisir une peinture d'après un échantillon. Une fois la peinture de la pièce terminée, on est parfois déçu de l'ensemble et l'on pense que la peinture est différente, bien que ce soit la même. Ce phénomène a été constaté à la suite de nombreux essais sur les personnes ayant une vision normale des couleurs. Dans le système de télévision en couleurs NTSC, on met à profit cette imperfection de l'œil en ne transmettant que l'information de couleur pouvant être perçue par l'œil. Le maximum d'information concernant la couleur est transmis pour les larges surfaces de l'image alors que pour les petites surfaces, on réduit l'information de coloriage. Pour les surfaces très faibles (détails fins de l'image) on supprime même l'information de couleur en ne transmettant que l'information de brillance. C'est la raison pour laquelle le système NTSC permet de transmettre une image en couleurs tout en conservant une bande passante de 4 Mc/s, c'est-à-dire inférieure à la largeur de chaque canal de télévision (6 Mc/s) du standard américain à 525 lignes.

LA TRANSMISSION ET LA RECEPTION SIMPLIFIEES DE LA TV EN COULEURS

Nous venons de définir la couleur et d'exposer le principe de reproduction de nombreuses couleurs, à partir des trois couleurs fondamentales rouge, verte et bleue, selon des méthodes additives et soustractives. Le principe est utilisé pour la transmission et la réception d'images en couleurs.

Considérons la caméra de la figure 4, pour la transmission d'une image en noir et blanc. L'image de l'objet à téléviser est formée grâce à une lentille de caractéristiques déterminées sur la mosaïque photosensible. Un faisceau

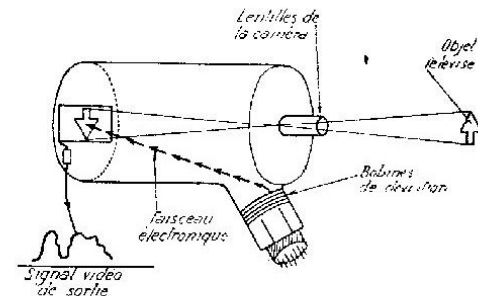


FIG. 4

d'électrons balaye cette image selon la méthode classique de balayage entrelacé et la tension instantanée de sortie du tube de prise de vue dépend de la lumière de l'image balayée au point d'impact du faisceau cathodique, déchargeant la mosaïque. Supposons que nous disposions un filtre rouge devant la lentille de la caméra ; la plaque photosensible est impressionnée par les « parties rouges » de l'objet télévisé. Par « parties rouges » on entend non seulement les parties de l'objet de couleur rouge, mais encore d'autres couleurs, la plupart d'entre elles étant constituées, comme nous l'avons indiqué, par un mélange des trois couleurs fondamentales. La tension de sortie de la caméra « rouge » est alors proportionnelle au pourcentage de rouge de l'objet télévisé, sans que nécessairement cet objet soit de couleur rouge.

On peut utiliser trois caméras séparées, équipées respectivement d'un filtre rouge, vert et bleu, de façon à obtenir trois signaux de sortie vidéo de fréquence. Chaque signal de sortie correspond au pourcentage de rouge, de vert et de bleu de l'objet en couleurs qui est télévisé.

Il est plus commode d'utiliser une seule lentille sur la caméra, comme indiqué sur la figure 5 et de sélectionner les couleurs fondamentales appliquées à trois tubes de prise de vue à l'aide de **miroirs dichroïques**. Ces der-

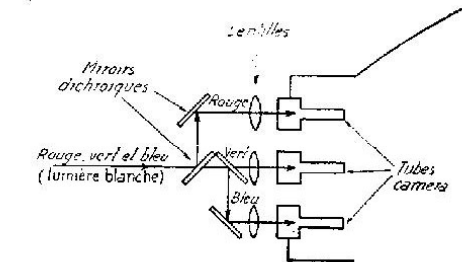


FIG. 5

niers sont des surfaces réfléchissantes une composante des trois couleurs fondamentales et transparentes pour les deux autres.

Une caméra de télévision en couleurs a donc trois signaux V.F. distincts correspondant aux informations des trois couleurs fondamentales : un signal indique le pourcentage de rouge dans une partie quelconque de l'image et les deux autres les pourcentages de vert et de bleu.

Si nous appliquons les tensions V.F. précitées, après amplification suffisante (il n'est pas

encore question de transmission par porteuse HF) à trois tubes cathodiques dont la couche fluorescente est telle qu'elle paraît respectivement rouge, verte et bleue au point d'impact des faisceaux cathodiques, il est possible à l'aide de lentilles de reconstituer sur un écran l'image en couleurs (fig. 6) de l'objet télévisé.

Pratiquement, un seul tube cathodique, appelé tube trichrome et actuellement fabriqué notamment par la R.C.A., peut être utilisé à la place des trois tubes de couleur différente et du système de lentilles. Nous aurons l'occasion de reparler ultérieurement du principe de fonctionnement de ce tube. (fig. 7).

REDUCTION DE LA BANDE PASSANTE

Si le principe exposé était utilisé sur les émetteurs commerciaux en couleurs, trois porteuses HF séparées seraient nécessaires pour transmettre chaque signal de sortie VF. En conservant la définition du standard américain de 525 lignes, une bande passante de 18 Mc/s serait nécessaire (fig. 8). Étant donné cette largeur considérable de la bande, le système ne serait pas compatible. De plus, il provoquerait un encombrement de l'éther prohibitif.

Comment réduire cette bande passante tout en transmettant de bonnes images en couleurs ? La première possibilité de réduction est

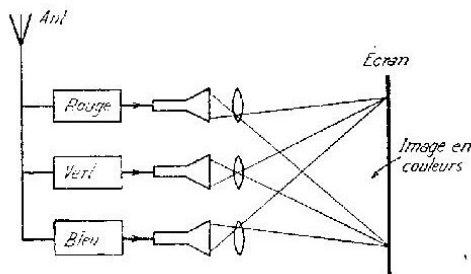


Fig. 6

due au fait que l'œil ne peut distinguer les couleurs de faibles surfaces. Si nous considérons un objet bleu par exemple et fractionnons cet objet, il arrive un moment où il nous est impossible de percevoir la sensation de bleu ; nous avons l'impression qu'il est gris. On peut toujours distinguer cet objet et en particulier sa brillance, mais on ne peut reconnaître sa couleur.

La même expérience peut être faite avec un objet rouge. Dans ce cas, avant de ne plus pouvoir percevoir sa couleur, il est nécessaire de le fractionner légèrement plus. Il apparaît alors comme précédemment.

Les faibles surfaces ou les détails fins d'une image de télévision correspondent aux composantes de fréquences les plus élevées du signal vidéo-fréquence. La couleur de ces fins détails ne pouvant être perçue, il n'est pas nécessaire de transmettre ces composantes de fréquences élevées du signal d'information de couleur d'où la possibilité de réduction de la bande passante.

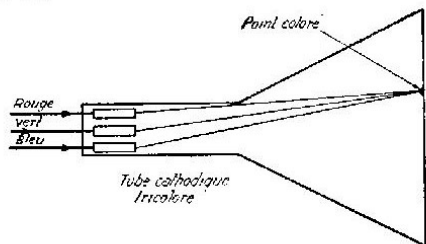


Fig. 7

D'après des essais effectués par de nombreux sujets de vision normale, il est pratiquement impossible de déceler la perte d'information de couleur qui correspond à la suppression de la transmission des tensions VF d'une fréquence supérieure à environ 1,5 Mc/s. Dans le

cas du bleu, il n'est pas nécessaire de transmettre toute information correspondant à une fréquence VF supérieure à 0,6 Mc/s.

En tenant compte de cette particularité de l'œil, on peut adopter un standard de transmission dont les caractéristiques essentielles sont les suivantes :

— Transmission de l'information complète concernant les trois couleurs fondamentales pour les larges surfaces de l'image ;

— Transmission de l'information concernant

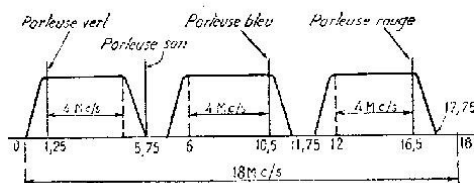


Fig. 8

le vert et le rouge pour les surfaces moyennes de l'image, correspondant aux fréquences VF comprises entre 0,6 et 1,5 Mc/s. Il n'est pas nécessaire de transmettre le bleu pour ces surfaces.

— Suppression de toute information concernant la couleur pour les faibles surfaces de l'image correspondant aux détails de fréquence VF supérieure à 1,5 Mc/s.

Ces conditions concernent les informations de couleur, l'information de brillance devant être transmise dans tous les cas. Cette dernière doit correspondre à la même bande passante que pour la transmission d'une image en noir et blanc si l'on veut obtenir la même finesse de détails, c'est-à-dire environ 4 Mc/s pour le standard américain. Le diagramme de la figure 9 illustre ces conditions à satisfaire.

TRANSMISSION DU SIGNAL D'INFORMATION DE BRILLANCE

La figure 10 montre comment on obtient le signal de brillance appelé aussi **luminance** ou signal « Y ». Les tensions VF de sortie de la caméra correspondant au rouge, vert et bleu sont transmises à un amplificateur spécial appelé « **amplificateur matrice** ». Le rôle de

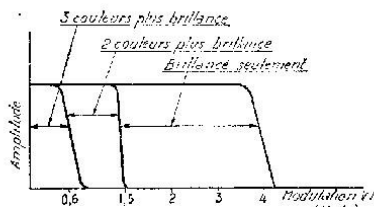


Fig. 9

cet amplificateur est de mélanger dans des proportions bien déterminées ces signaux de sortie correspondant aux trois couleurs. Le signal de **luminance** est prélevé à la sortie de l'amplificateur ; il comprend 59 % de vert, 30 % de rouge et 11 % de bleu. E_y étant la tension totale du signal VF de luminance et E_v , E_r et E_b les tensions correspondant au vert, au rouge et au bleu, on a la relation :

$$E_y = 0,59 E_v + 0,30 E_r + 0,11 E_b$$

Ces différents pourcentages des trois tensions VF constituent une bonne couleur blanche et satisfont certaines conditions du système de transmission, qui seront précisées ultérieurement.

Le signal de luminance comprend des fréquences VF supérieures à 4 Mc/s et est transmis dans le système NTSC à l'intérieur d'un canal 6 Mc/s normal du standard américain noir et blanc. Ce signal peut être reçu par un récepteur quelconque et permet même d'obtenir de meilleures gradations de teintes (en noir et blanc bien entendu, le mot teinte pouvant pré-

ter à confusion) qu'avec un système de transmission classique sans filtres de couleur. Cela est dû au fait que la sélection des couleurs pour l'obtention du signal de brillance avec une caméra pour télévision en couleurs est mieux dosée, en comparaison d'une caméra noir et blanc dont la mosaïque est plus sensible du côté de l'extrémité bleu-vert du spectre visible que pour le rouge.

SIGNAUX DE « DIFFERENCE DE COULEUR : COULEUR MOINS BRILLANCE

Dans le système simplifié de la figure 6, nous avons expliqué comment on produisait les signaux VF rouge, vert et bleu, proportionnels à la couleur et à la brillance de l'objet télévisé. Ces signaux sont, comme nous venons de l'indiquer, mélangés dans des proportions bien définies pour constituer le signal de luminance ou de brillance, grâce à un amplificateur matrice.

Une information complète concernant la brillance de tout objet est ainsi transmise par l'intermédiaire du signal de luminance. La transmission de l'information de brillance peut être supprimée en transmettant les signaux de différence de couleur, de préférence aux signaux de couleur originaux comprenant les informations de couleur et de brillance.

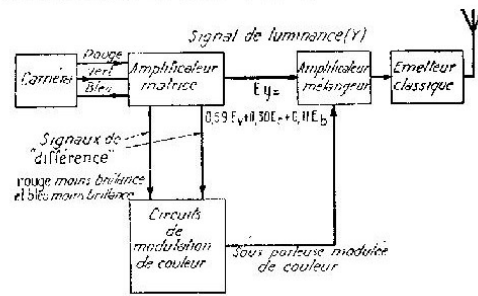


Fig. 10

Ces signaux sont obtenus à l'émission en soustrayant ou supprimant la composante de brillance de chaque signal concernant chacune des trois couleurs, de façon qu'il ne reste qu'un signal comprenant uniquement l'information de couleur (couleur dominante et saturation) de l'objet télévisé. Dans le récepteur, le signal original de couleur est reconstitué en ajoutant la composante de brillance aux signaux de différence de couleur, avant d'appliquer la modulation au tube cathodique trichrome. Cette méthode permet de réduire encore l'information nécessaire à la transmission d'images en couleur.

Nous pouvons donc prélever les trois signaux de différence rouge, verte et bleu et les transmettre sur trois porteuses HF séparées, voisines du canal 6 Mc/s utilisé pour la transmission du signal de luminance. On a donc au total 4 signaux pouvant être détectés à l'aide d'un récepteur spécial et reproduire une image en couleurs. Toutefois, en utilisant un tel sys-

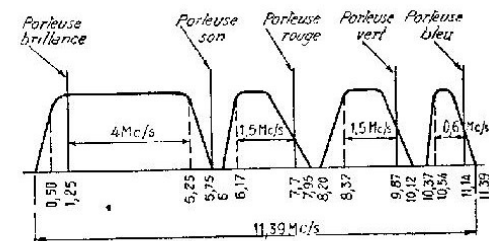


Fig. 11

tème la bande passante nécessaire serait de l'ordre de 11 Mc/s, comme indiqué par la figure 11, ce qui dépasse largement les 6 Mc/s, d'un canal normal.

Une réduction supplémentaire de la bande

passante peut être obtenue en tenant compte du fait que le signal Y de luminance comprend un pourcentage bien défini des trois couleurs fondamentales. ($E_y = 0,59 E_r + 0,30 E_b + 0,11 E_v$). Connaissant ce pourcentage invariable à l'émission, si à la réception, on connaît l'amplitude totale du signal de luminance et les pourcentages respectifs de rouge et de bleu, une simple soustraction permet de connaître le pourcentage de vert. En d'autres termes, on peut ajouter les signaux de rouge et de bleu et soustraire leur somme du signal de luminance Y, par l'intermédiaire de circuits spéciaux du récepteur et reconstituer ainsi l'information concernant le vert. La suppression de la transmission du signal différence vert permet ainsi une nouvelle réduction de la bande passante.

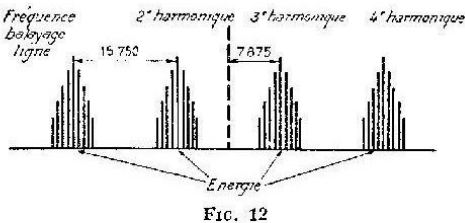


FIG. 12

ENTRELACEMENT DES FREQUENCES POUR LA TRANSMISSION DES SIGNAUX DE LUMINANCE ET DE COULEUR

Nous venons de voir que pour obtenir une image en couleur il fallait transmettre le signal de luminance Y et deux signaux de couleur : rouge moins la brillance et bleu moins la brillance. Le signal de luminance et sa porteuse HF son associée occupent la largeur totale du canal de 6 Mc/s. Comment placer les deux signaux de couleur alors que cette bande passante est à première vue entièrement utilisée ?

Dans le système NTSC les signaux de couleur sont transmis à l'intérieur du même canal que celui qui est utilisé pour le signal de luminance. Il n'en résulte aucune interférence et transmodulation grâce à l'utilisation de la technique de l'entrelaçage de fréquence.

On a constaté en effet, dans le cas d'un téléviseur noir et blanc que la répartition spectrale n'est pas régulière : l'énergie des signaux VF de modulation est concentrée au voisinage des harmoniques de la fréquence de ligne. La figure 12 illustre cette particularité. La répartition d'énergie est telle, dans le spectre VF, qu'il y a concentration d'énergie pour les mul-

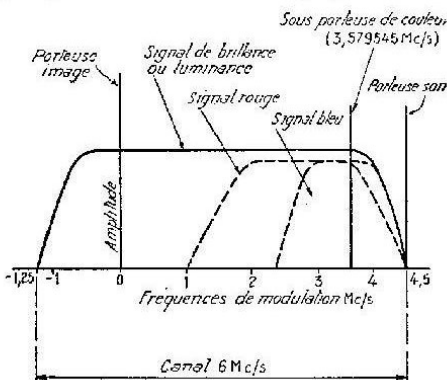


FIG. 13

tiples de 15 750 c/s, la fréquence de lignes. Pour les points milieu entre ces multiples de la fréquence ligne, il y a des espaces relativement libres. Dans le système NTSC les signaux de couleur sont intercalés (« Sandwiching ») dans ces espaces libres du spectre monochrome, qui correspondent aux harmoniques impairs de la demi-fréquence de ligne. Il suffit en conséquence de choisir une fréquence porteuse de couleur qui corresponde à un multiple impair

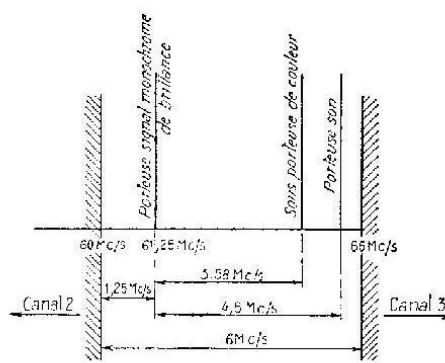


FIG. 14

de la demi-fréquence de ligne, c'est-à-dire à un multiple impair de 7 875 c/s. Cette fréquence porteuse est appelée sous-porteuse de couleur.

Les bandes latérales de la sous-porteuse de couleur tombent ainsi dans les parties relativement libres du spectre VF. En d'autres termes, les bandes latérales du signal de luminance et celle du signal de couleur ou de chromaticité sont entrelacées en fréquence; les bandes latérales de l'un des signaux tombent dans les parties libres entre les bandes latérales de l'autre. Les deux signaux ont ainsi le minimum d'interaction.

Un récepteur noir et blanc n'est pas sensible au signal de chromaticité entrelacé avec le signal de brillance ou luminance. Ne possédant pas de circuits détecteurs de couleur, il reproduit l'image transmise en couleur en noir et blanc. La bande passante n'étant pas augmentée, le système NTSC est donc compatible, les images pouvant être reçues sur un récepteur quelconque non modifié.

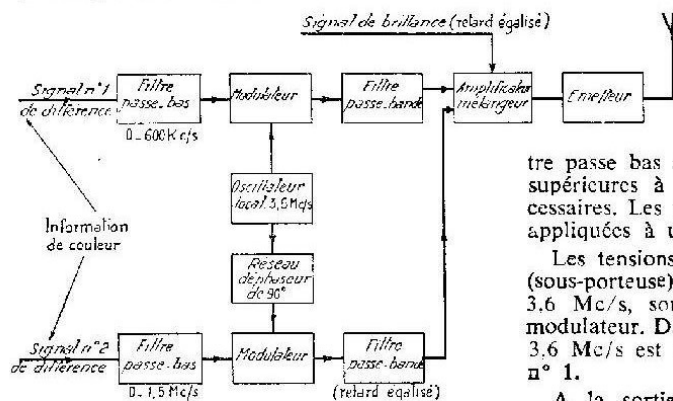


FIG. 15

Si l'on dispose d'un récepteur ayant des circuits spéciaux après détection pour la réception de la couleur et un tube cathodique trichrome, on peut bénéficier des informations de couleur insérées à l'émission dans le signal vidéo-fréquence.

La fréquence de la sous-porteuse de couleur qui a été choisie dans le système NTSC est d'environ 3,58 Mc/s (exactement 3,579 545 Mc/s) supérieure à la fréquence de la porteuse de brillance. Ce choix résulte du meilleur compromis pour éviter les interférences de la sous-porteuse et transmettre toutes les informations de couleur nécessaires.

La figure 13 indique la répartition des fréquences du spectre VF pour les informations de brillance et de chromaticité à l'intérieur du canal 6 Mc/s. Les signaux de différence rouge et bleu sont transmis en modulant la sous-porteuse à la fois en amplitude et en phase. Sur la figure 14, nous avons indiqué les fréquences d'une émission HF en couleurs du canal américain n° 3 (60-66 Mc/s) avec répartition des fréquences VF conforme à celle que nous venons de mentionner : emplacement de la porteuse de brillance (signal monochrome), de

la sous-porteuse de couleur et de la porteuse son.

LA SOUS-PORTEUSE DE COULEUR

Comme nous l'avons signalé, il est nécessaire pour obtenir une image en couleurs de transmettre d'une part le signal de luminance, et d'autre part les deux signaux différence : rouge moins brillance et bleu moins brillance. L'information concernant le vert est obtenue à la réception en ajoutant les deux signaux différence appelés signaux de chromaticité ou de couleur et en soustrayant cette somme du signal de brillance. Les fréquences qu'il est nécessaire de transmettre sont inférieures à 1,5 Mc/s pour le signal différence rouge et inférieures à 0,6 Mc/s pour le signal de différence bleu en raison de la particularité indiquée de l'œil.

Supposons que nous ayons à transmettre un seul signal différence (le bleu) et le signal de brillance. En modulant une porteuse HF simultanément par le signal différence bleu et le signal de brillance il en résulterait des interférences pour les fréquences comprises entre 0 et 0,6 Mc/s qui correspondent à des surfaces importantes de l'image.

L'interférence serait réduite en décalant le signal de couleur vers 3,6 Mc/s; elle existerait toujours mais serait moins visible car se produirait pour des fréquences VF supérieures correspondant à des détails de l'image de très faible surface. On voit en conséquence la nécessité de décaler la fréquence du signal de couleur du côté des fréquences élevées. Nous allons indiquer la méthode utilisée.

La figure 15 représente le schéma fonctionnel utilisé pour le décalage de la fréquence du signal de couleur dans la portion désirée du canal. Considérons simplement pour faciliter l'explication, le signal différence de couleur n° 1 (bleu). Ce dernier est transmis à un filtre passe bas supprimant toutes les fréquences supérieures à 600 kc/s qui ne sont pas nécessaires. Les tensions à la sortie du filtre sont appliquées à un modulateur équilibré.

Les tensions de sortie d'un oscillateur local (sous-porteuse) de fréquence égale à environ 3,6 Mc/s, sont transmises simultanément au modulateur. Dans cet étage, la sous-porteuse de 3,6 Mc/s est modulée par le signal différence n° 1.

À la sortie de l'étage modulateur on ne trouve que les fréquences correspondant aux bandes latérales, produites par le signal différence, tandis que la sous-porteuse est supprimée. Ces tensions sont ensuite transmises à un amplificateur mélangeur auquel on applique

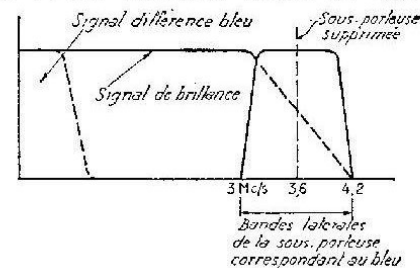


FIG. 16

également le signal de brillance. Les tensions de sortie de ce mélangeur modulent l'émetteur.

La figure 16 montre l'emplacement du signal différence par rapport au signal de brillance à la sortie de l'émetteur. La bande étroite de 0-600 kc/s du signal différence bleu a bien été décalée du côté des fréquences élevées.

À la réception, une séparation des signaux de brillance et de couleur doit être évidemment effectuée.

SEPARATION DES SIGNAUX

La figure 17 a représente le schéma fonctionnel de la partie HF et VF d'un téléviseur noir et blanc. Les signaux complexes de brillance et de couleur sont détectés et la modulation alimente après amplification le tube cathodique qui reçoit une image en noir et blanc. Le signal de couleur est toujours superposé mais

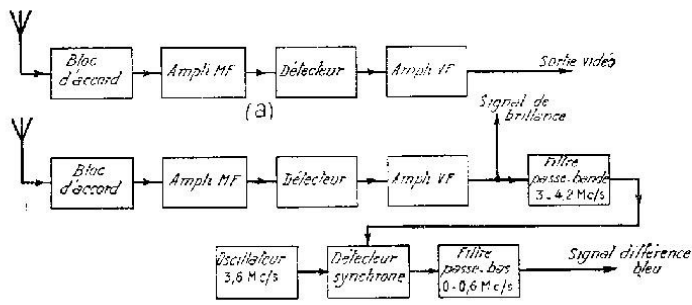


Fig. 17

ne provoque que de très faibles interférences étant donné que ces interférences ne concernent que les détails très fins de l'image.

La figure 17 b représente le schéma de la même partie d'un téléviseur en couleur avec circuits additionnels destinés à séparer et à détecter le signal de couleur.

Le signal VF comprenant informations de brillance et de couleur à la sortie de la détectrice est appliqué à un filtre passe bande ne laissant passer que les fréquences comprises entre 3 et 4,2 Mc/s. On élimine ainsi le signal de brillance.

A la sortie du filtre le signal de couleur est appliqué à un détecteur spécial appelé détecteur synchrone. Le signal de couleur (ou de chromaticité) est appliqué à ce détecteur en même temps que les signaux de sortie d'un oscillateur local (3,6 Mc/s), dont la fréquence et la phase sont exactement les mêmes que celles de l'oscillateur local de l'émetteur (sous-porteuse). Les bandes latérales du signal de couleur se combinent avec le signal de l'oscillateur local et reproduisent le signal original différence (0-600 kc/s) désiré.

La figure 18 représente le schéma simplifié du détecteur synchrone. La tension de sortie de l'oscillateur local 3,6 Mc/s est appliquée à la grille supprimeuse de la pentode 6AS6. Le signal de couleur est appliqué sur la grille de commande à sa sortie du filtre passe-bande 3-4,2 Mc/s. Sur la plaque plusieurs composantes sont disponibles, parmi lesquelles les fréquences correspondant à la différence entre celles de l'oscillateur local de 3,6 Mc/s et celle du signal de couleur. Un filtre passe bas (0-600 kc/s) dans le circuit plaque supprime les fréquences indésirables pour ne conserver que les signaux de différence 0-600 kc/s.

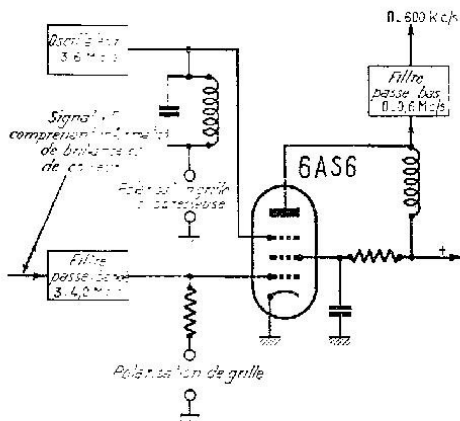


Fig. 18

SEPARATION DES DEUX SIGNAUX DE DIFFERENCE

Pour simplifier l'explication nous avons supposé que l'on retransmettait et recevait qu'un signal différence de couleur, en l'occurrence le signal bleu dont la bande s'étend de 0 à 600 kc/s. Comme nous l'avons indiqué, la transmission d'un deuxième signal différence (rouge), dont la bande s'étend de 0 à 1,5 Mc/s, est nécessaire. Ce signal est le signal n° 2 de la figure 15.

Le problème consiste donc à inclure dans le même canal le deuxième signal différence dont la bande est plus large.

On y parvient en utilisant à l'émission deux sous-porteuses séparées au lieu d'une. Ces sous-porteuses sont de même fréquence, mais

déphasées de 90°. La figure 15 montre la méthode utilisée pour obtenir ces deux sous-porteuses : la sous-porteuse n° 1 correspond à la sortie de l'oscillateur local 3,6 Mc/s, tandis que la sous-porteuse n° 2 est constituée par

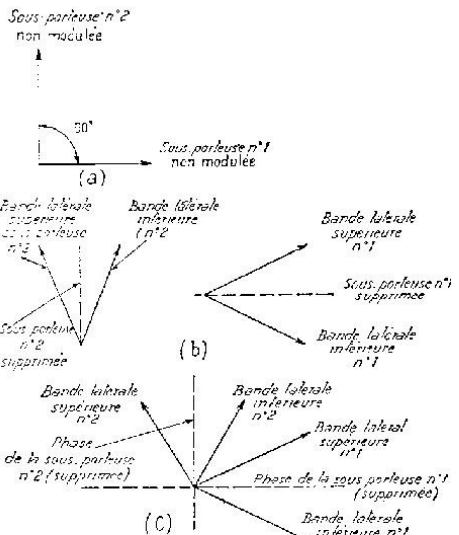


Fig. 19

la tension du même oscillateur après sa sortie à travers un réseau déphascur de 90°.

La sous-porteuse n° 1 est modulée par l'un des signaux différence dans le modulateur n° 1 alors que la sous-porteuse n° 2 est modulée par l'autre signal n° 2 dans un deuxième modulateur.

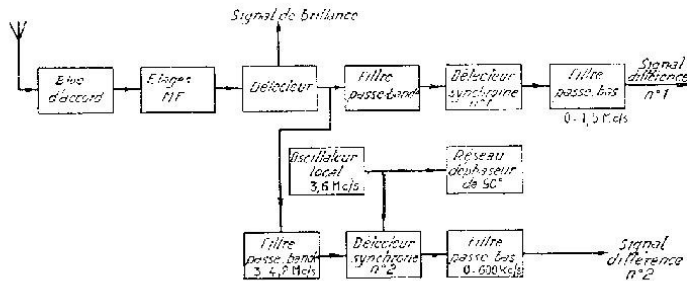


Fig. 21

Un filtre de sortie supprime à la sortie de chaque modulateur les composantes indésirables. Les tensions à la sortie des deux filtres sont transmises au mélangeur auquel on applique également les tensions du signal de brillance.

En passant à travers les filtres passe bas les signaux de différence de couleur sont retardés

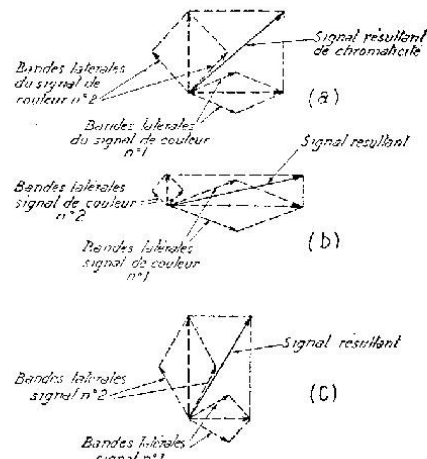


Fig. 20

en raison du déphasage provoqué. Le signal différence bleu dont la bande est la moins large est plus retardé que l'autre signal différence rouge dont la bande est plus large en raison des différences de caractéristiques des filtres. Pour égaliser les retards des trois signaux (brillance et deux signaux différence de couleur) on retarde par des circuits spéciaux le signal de brillance et le signal différence rouge avant de les transmettre au mélangeur.

La figure 19 montre les relations vectorielles des sous-porteuses non modulées appliquées aux modulateurs respectifs. Elles sont bien déphasées de 90°. La figure 19 b représente les tensions de sortie des modulateurs. Dans les deux cas, la sous-porteuse est supprimée, alors que des bandes latérales supérieures et inférieures ont été produites par chaque fréquence correspondante des signaux de différence.

Lorsque les tensions des deux modulateurs sont mélangées on obtient le diagramme de la figure 19 c qui représente les composantes du signal de chromaticité. Les bandes latérales sont représentées séparément ; le signal résultant, dont l'amplitude et la phase à un instant déterminé sont bien définies, est représenté par la figure 20 a où l'on voit le signal résultant de chromaticité qui est transmis par l'émetteur.

La figure 20 b montre la modification de la résultante lorsque l'une des deux paires de bandes latérales est modifiée. Le signal résultant est modifié en amplitude et en phase. Lorsque les deux paires de bandes latérales sont modifiées le signal résultant est modifié en amplitude et en phase comme indiqué par la figure 20.

On constate ainsi que le signal de chromaticité complet est transmis en modulant en amplitude et en phase comme nous l'avons précédemment signalé. La phase varie avec la teinte et l'amplitude varie avec la saturation de la couleur transmise.

A la réception, il est nécessaire de séparer les deux signaux différence à l'aide de deux détecteurs synchrones, comme indiqué par le schéma fonctionnel de la figure 21.

Deux sous-porteuses sont appliquées respectivement aux détecteurs synchrones à la réception. Le signal VF comprenant les informations de brillance et de chromaticité est appliqué à

deux filtres passe bande éliminant l'information de brillance.

Les tensions de sortie de ces filtres sont appliquées aux détecteurs synchrones auxquels on applique également les deux sous-porteuses de 3,6 Mc/s dont une est décalée de 90° grâce à un réseau déphaseur. Ces sous-porteuses sont obtenues selon la même méthode qu'à l'émission, l'une étant constituée par les tensions de sortie de l'oscillateur 3,6 Mc/s et l'autre par ces mêmes tensions à la sortie du réseau déphaseur.

Les détecteurs synchrones fonctionnent de la même façon que celui de la figure 18, dans le cas d'un seul signal de couleur. La sortie de chaque détecteur ne contient que le signal différence désiré. Un seul signal est disponible à la sortie de chaque détecteur car la phase de la sous-porteuse de référence qui est appliquée au détecteur est telle qu'elle annule les bandes latérales correspondant à l'autre signal.

La fréquence et la phase des sous-porteuses du récepteur doivent être identiques à celles des sous-porteuses non modulées de l'émetteur.

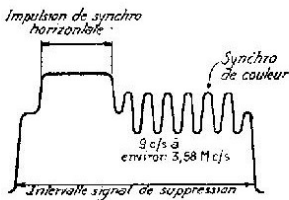


FIG. 22

pour que la reproduction des signaux de couleur originaux soit correcte. Il est en conséquence nécessaire de synchroniser la fréquence et la phase de ces sous-porteuses avec celles des sous-porteuses de l'émetteur.

Pour ce faire, à l'émission, on transmet à la fin de chaque ligne une tension de synchronisation de couleur, constituée par environ 9 cycles d'une tension de 3,6 Mc/s (fig. 22, ces signaux de synchronisation sont insérés sur la partie arrière de chaque signal d'effacement horizontal, après chaque impulsion de synchronisation de ligne.

Les signaux de synchronisation de couleur arrivent pendant le retour du spot horizontal, alors que l'écran du récepteur est normalement assombri par l'impulsion d'effacement, après le déclenchement de la base de temps lignes.

Ils n'ont en conséquence aucun effet sur la synchronisation horizontale, aussi bien sur les récepteurs noir et blanc que sur ceux en couleur.

Comme nous l'avons signalé, l'œil n'a pas la possibilité de percevoir la couleur de fins détails bleus correspondant à des fréquences VF supérieures à 600 kc/s. Le signal différence vert étant obtenu à la réception à partir des

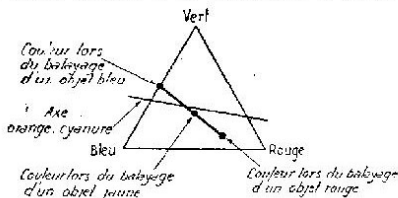


FIG. 23

signaux rouge et bleu, on conçoit que la précision ou plus exactement la fidélité de reproduction de détails fins de couleur verte dépende des signaux rouge et bleu. En conséquence, il serait désirable de transmettre les signaux différence de couleur concernant le bleu pour toutes les fréquences VF, malgré la particularité précitée de l'œil, afin d'obtenir la fidélité de reproduction pour le vert.

Nous avons indiqué que la limite supérieure de la bande passante correspondant au bleu était de 600 kc/s.

Au-dessus de 600 kc/s, l'action du filtre passe-bas a pour effet de supprimer toutes les composantes de modulation correspondant à ces fréquences et délivrées par le tube « bleu » de la caméra. En raison de l'utilisation du modulateur avec suppression de porteuse, la composante $E'_b - E'_y$ (signal différence bleu) disparaît, étant donné qu'il n'y a pas modulation.

En conséquence, seules les composantes de modulation $E'_r - E'_y$ (signal différence rouge) sont présentes pour les fréquences supérieures à 600 kc/s environ. La composante $E'_b - E'_y$ étant absente et n'étant plus en quadrature avec la composante $E'_r - E'_y$, la phase du signal de chromaticité résultant ne dépend que d'une tension ($E'_r - E'_y$) au lieu de deux : ($E'_r - E'_y$) et ($E'_b - E'_y$).

On peut représenter dans le triangle de couleurs de la figure 1 les couleurs qui sont reproduites au-dessus de 600 kc/s. On constate que l'on a une ligne droite du rouge magenta au vert cyanure : en d'autres termes, pour les fréquences supérieures à 600 kc/s, on utilise un système bichrome de reproduction de couleurs à partir de deux composantes primaires : le rouge magenta et le vert cyanure.

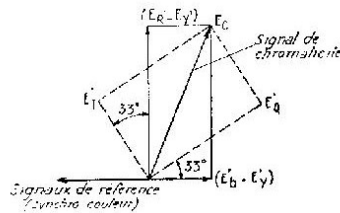


FIG. 24

On a constaté après de nombreuses expériences que les deux couleurs primaires les mieux indiquées pour un tel système étaient le rouge orangé et le bleu vert (cyanure). Ces couleurs ont été utilisées en photographie et permettent une reproduction satisfaisante, bien que l'on ne puisse reproduire correctement toutes les couleurs à partir de ces deux couleurs.

Il est donc désirable d'utiliser les couleurs fondamentales rouge, vert et bleu (trichromie) pour toutes les fréquences VF jusqu'à 600 kc/s. Au-dessus de cette fréquence, il est préférable d'utiliser le système à deux couleurs rouge et cyanure (bichromie).

Pour travailler sur l'axe orange-cyanure de la figure 23 au-dessus de 600 kc/s, on doit déphaser le signal différence de la bande la plus large de 33 degrés en avant de l'axe $E'_r - E'_y$.

La figure 24 illustre la méthode utilisée dans le système NTSC pour opérer ce déphasage de 33° : on voit les composantes originales $E'_r - E'_y$ et $E'_b - E'_y$ en quadrature et leur relation de phase par rapport aux signaux de référence (synchro) de couleur. Le signal résultant de chromaticité E_c est représenté. Le signal différence de bande large E'_i qui est substitué au signal $E'_r - E'_y$ pour obtenir une meilleure

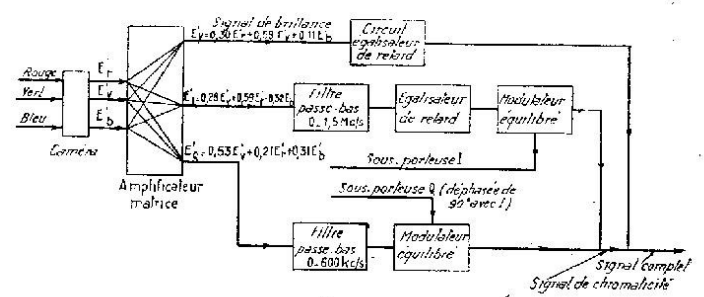


FIG. 25

reproduction des couleurs au-dessus de 600 kc/s est représenté en pointillé ; il est en avance de 33 degrés sur $E'_r - E'_y$. Un signal de différence de bande étroite E'_n est substitué à $E'_b - E'_y$ et placé en quadrature avec le nouveau signal différence de couleur de bande large. Le nouveau signal différence de bande étroite E'_n est en avance de 33° sur $E'_r - E'_y$.

Il est possible de conserver les mêmes phases et amplitude du signal de chromaticité original au-dessus de 600 kc/s en modifiant les longueurs des nouvelles composantes de différence de couleurs comme indiqué par la figure 24. Ces nouvelles composantes sont appelées E'_i et E'_n .

Les signaux correspondants sont appelés respectivement « I » et « Q ».

L'amplitude de ces nouvelles composantes est déterminée par les relations suivantes, à partir des signaux différence $E'_b - E'_y$ et $E'_r - E'_y$.

$$E'_i = -0,27 (E'_b - E'_y) + 0,74 (E'_r - E'_y)$$

E'_i étant la tension du signal différence de couleur de bande large et

$E'_n = 0,41 (E'_b - E'_y) + 0,48 (E'_r - E'_y)$
 E'_n étant la tension du signal différence de couleur de bande étroite.

A la réception, la phase des signaux de référence de l'oscillateur local transmis aux détecteurs synchrones est modifiée de 33° pour reconstituer ces signaux E'_i et E'_n . A partir de ces signaux, on reconstitue les signaux de différence de couleur $E'_r - E'_y$, $E'_b - E'_y$ et $E'_y - E'_r$.

Grâce aux signaux E'_i et E'_n , la reproduction de couleurs est meilleure au-dessus de 600 kc/s sans qu'elle soit altérée pour les détails correspondant aux fréquences inférieures. Au-dessus de 600 kc/s, on travaille sur l'axe orange-cyanure de la figure 23.

RESUME DE LA TECHNIQUE DE TRANSMISSION ET DE RECEPTION DU SYSTEME N.T.S.C. (Procédé I-Q)

Les schémas fonctionnels de l'émission et du récepteur sont représentés par les figures 25 et 26.

1) Les signaux des trois couleurs primaires

A l'émission une caméra spéciale délivre trois signaux séparés représentant le pourcentage de rouge, de vert et de bleu de la scène télévisée : E'_r , E'_y et E'_b .

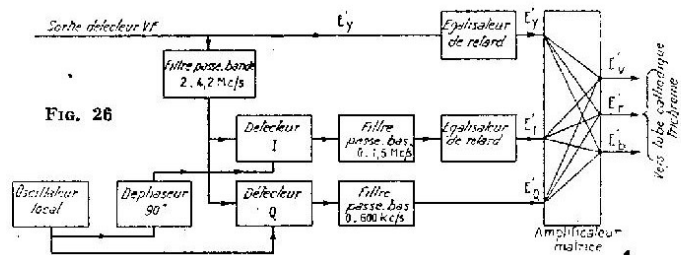


FIG. 26

2) Le signal de brillance

Des proportions déterminées des signaux de sortie précités rouges, verts et bleus sont additionnées par un amplificateur spécial matrice, afin de constituer le signal de brillance ou luminance E'_y , selon la relation suivante :

$$E'_y = 0,30 E'_r + 0,59 E'_v + 0,11 E'_b$$

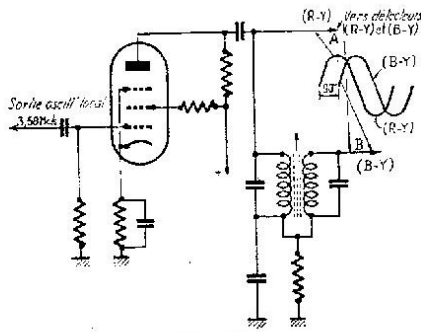


Fig. 27

Ce signal de brillance est comparable au signal VF d'un récepteur noir et blanc classique et est transmis de la même façon. Les récepteurs noir et blanc peuvent ainsi recevoir les signaux correspondants aux images en couleurs (compatibilité).

3) Les signaux I et Q

Les trois signaux de couleurs sont transmis à un amplificateur matrice destiné à les mélanger dans des proportions et des polarités déterminées, de façon à constituer deux signaux différence de couleur appelés I (signal différence de couleur de bande étroite). Les relations sont les suivantes, E'_i et E'_q étant les tensions des signaux I et Q :

$$E'_i = -0,28 E'_r + 0,59 E'_v - 0,32 E'_b$$

$$E'_q = -0,53 E'_r + 0,21 E'_v + 0,31 E'_b$$

On remarquera que E'_i et E'_q peuvent être également déterminés à partir d'un certain pourcentage de E'_r , $-E'_v$ et $E'_b - E'_v$ comme indiqué plus haut.

Les signaux I et Q passent à travers des filtres destinés à réduire leurs bandes selon les normes suivantes :

Bande passante canal Q : à 400 kc/s chute inférieure à 2 dB ; à 500 kc/s chute inférieure à 6 dB ; à 600 kc/s, chute d'au moins 6 dB.

Bande passante canal I : à 1,3 Mc/s chute inférieure à 2 dB ; à 3,6 Mc/s chute d'au moins 20 dB.

4) Transmission des signaux de télévision en couleur

Les signaux I et Q modulent deux sous-porteuses de même fréquence (3,579545 Mc/s), mais déphasées de 90 degrés. La porteuse est supprimée et les sorties des modulateurs I et Q se combinent pour constituer le signal de chromaticité qui varie en phase et en amplitude selon la couleur dominante (teinte) et la saturation de la couleur transmise.

Les signaux de chromaticité et de brillance sont transmis à un amplificateur mélangeur dont les tensions de sortie modulent l'émetteur.

Pour synchroniser les circuits de détection de

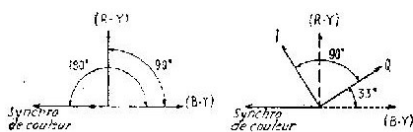


Fig. 28

couleur du récepteur avec précision, un signal constitué par environ 9 cycles de la fréquence de référence 3,579545 Mc/s est transmis à la fin de chaque impulsion de synchronisation de ligne, pendant une partie du signal de blanking.

5) Reconstitution des signaux transmis

À réception le signal de brillance est détecté comme sur un récepteur classique noir et blanc. Les signaux I et Q sont reconstitués par des circuits détecteurs de couleur séparés (détecteurs synchrones). La tension de référence nécessaire à chaque détecteur synchrone est obtenue à partir d'un oscillateur local synchronisé par les signaux de synchro de couleur (9 cycles de la fréquence 3,579545 Mc/s à la fin de chaque ligne).

6) Reconstitution des signaux originaux de couleur E'_r , E'_v et E'_b

Les trois signaux originaux de couleurs E'_r , E'_v et E'_b sont reconstitués en combinant le signal de brillance (E'_y), les signaux E'_i et E'_q dans des proportions et des polarités bien déterminées grâce à un amplificateur matrice. Les relations sont les suivantes :

$$E'_r = 0,63 E'_y + 1,00 E'_i + 0,96 E'_q$$

$$E'_v = 0,64 E'_y + 1,00 E'_i + 0,28 E'_q$$

$$E'_b = 1,72 E'_y + 1,00 E'_i + 1,11 E'_q$$

7) Reconstitution de l'image en couleurs

On transmet les trois signaux de couleurs E'_r , E'_v et E'_b à un tube cathodique spécial trichrome.

Ces détecteurs ainsi que les circuits matrices examinés maintenant sont comme dans le cas de l'oscillateur et de ses circuits de commande associés, utilisés sur les téléviseurs avec tubes tricolores à masque RCA ou du type Lawrence à grille. Nous commencerons par étudier les circuits détecteurs et matrices correspondant à l'utilisation du tube trichrome RCA.

Les tensions de sortie de l'oscillateur local 3,58 Mc/s sont appliquées à l'amplificateur de la figure 27 comprenant dans son circuit plaque un transformateur à primaire et secondaire accordé. Les tensions de l'oscillateur local sont amplifiées et recueillies d'une part sur la plaque de l'amplificatrice, d'autre part à l'extrémité supérieure du secondaire du transformateur.

Lorsque les enroulements primaire et secondaire sont accordés sur la fréquence de résonance de l'oscillateur les tensions prélevées sur le secondaire sont en retard de 90° sur les tensions prélevées sur la plaque, comme indiqué par la figure 27. Ces tensions déphasées de 90° sont appliquées respectivement, les premières sur le détecteur R — Y, les secondes sur le détecteur B — Y. Plusieurs variantes de montage peuvent être utilisées pour obtenir les deux tensions précitées déphasées de 90° ; dans tous les cas de déphasage doit être de 90°.

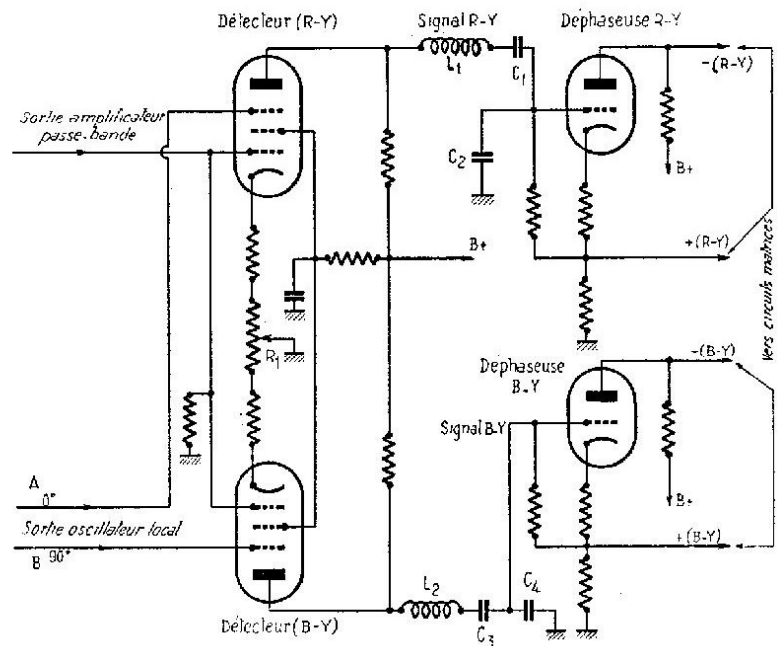


Fig. 29

LES CIRCUITS DE SYNCHRONISATION DE COULEUR

La fonction essentielle de l'oscillateur local 3,58 Mc/s et de ses circuits de synchronisation et de commande associés est de fournir deux tensions aux détecteurs I et Q, déphasés de 90° et dont la fréquence et la phase par rapport aux signaux de synchronisation de couleur transmis par l'émetteur, sont bien déterminées. Toute défectuosité de ces circuits peuvent provoquer les deux défauts suivants : soit l'absence totale d'information de couleur sur le tube cathodique, soit le manque de synchronisation de couleur.

LES DETECTEURS ET CIRCUITS MATRICES

L'oscillateur local 3,58 Mc/s du récepteur a des circuits de commande automatique de fréquence et de phase : les signaux de synchronisation de couleur (burst signal) transmis par l'émetteur, synchronisent cet oscillateur local, à partir duquel on obtient deux tensions déphasées de 90°, qui sont appliquées aux détecteurs.

LES DETECTEURS I-Q et B-Y, R-Y

Les deux types de détecteurs utilisés sur les récepteurs sont les détecteurs I — Q et les détecteurs B — Y, R — Y, c'est-à-dire détecteurs des signaux de différence de couleur : bleu moins brillance, rouge moins brillance.

La différence des deux systèmes réside dans la modification des relations de phase entre les deux tensions de sortie de l'oscillateur local, qui restent toujours déphasées de 90°, et le signal de synchronisation de couleur transmis par l'émetteur. Il faut également signaler la bande passante différente des signaux de couleur.

Les modifications de phase indiquées sont représentées pour les deux systèmes par la figure 28. Dans le cas au système I — Q il y a un déphasage de 33° par rapport au système R — Y, B — Y. Cette rotation de phase modifie l'amplitude des deux signaux comme nous l'avons déjà indiqué. Toutefois, le signal résultant de couleur, qui est la somme vectorielle soit des signaux R — Y et B — Y, soit des signaux I et Q, reste le même.

En raison de cette modification de l'amplitude des deux signaux selon le système employé, un circuit matrice spécial doit être uti-

lisé pour chaque système afin de reconstituer les couleurs originales, rouge, bleu et vert correspondant aux signaux transmis par l'émetteur. Les relations entre les deux systèmes sont les suivantes :

$$1) R - Y = 0,95 I + 0,63 Q$$

$$2) B - Y = -1,10 I + 1,70 Q$$

En d'autres termes, un signal $R - Y$ peut être obtenu en ajoutant 95 % de la tension

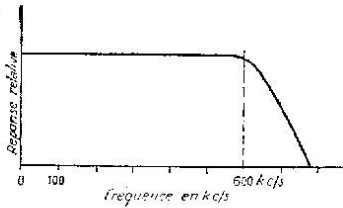


FIG. 30

de sortie d'un détecteur I et 63 % de la tension d'un détecteur Q; de même, un signal $B - Y$ est obtenu en ajoutant - 110 % de la tension de sortie d'un détecteur I et 170 % de la tension de sortie d'un détecteur Q.

Le système I et Q présente l'avantage de donner des informations de couleur pour les détails fins correspondant à des fréquences VF jusqu'à 1,2 Mc/s, alors que dans le cas du système $R - Y$ et $B - Y$, la limite supérieure d'information de couleur est de 0,6 Mc/s. Le second système est toutefois plus simple que le premier et nous en exposerons le principe avant d'expliquer le fonctionnement d'un téléviseur en couleur équipé d'un tel détecteur.

FONCTIONNEMENT D'UN DETECTEUR (B - Y) et (R - Y)

Comme indiqué par la figure 29, les signaux de couleur de l'amplificateur passe-bande, sont appliqués sur les deux grilles de commandes des tubes détecteurs $R - Y$ et $B - Y$. Les deux signaux déphasés de 90° de l'oscillateur, dont nous avons parlé plus haut sont appliqués sur les grilles suppressives, le signal déphasé de 90° étant transmis au détecteur $B - Y$.

Sur les circuits plaque des deux tubes détecteurs on recueille les signaux différence $R - Y$ et $B - Y$. Le fonctionnement de ce détecteur est semblable à celui d'une oscillatrice modulaire de superhétérodyne : l'oscillateur local produit un battement avec les signaux HF et l'on recueille les signaux différence (moyenne fréquence) sur la plaque.

Les deux signaux de différence de couleur sont ainsi obtenus, ils sont déphasés de 90°, comme les tensions de l'oscillateur local 3,58 Mc/s appliquées sur les suppressives.

Un filtre passe-bande comprenant $L_1 - C_1 - C_2$ et $L_2 - C_2 - C_1$ est disposé dans chaque circuit plaque

des détecteurs, afin d'éviter le souffle et de supprimer toute tension de 3,58 Mc/s correspondant à l'oscillateur local et à la sous porteuse de couleur, qui pourrait provoquer des interférences. La figure 30 montre la courbe de réponse de ces filtres passe-bas.

Le potentiomètre R_1 dans le circuit cathodique des détecteurs (fig. 29) est destiné à compenser la différence de gain des deux tubes et la différence des amplitudes des signaux $R - Y$ et $B - Y$. A l'émission, l'amplitude du signal $R - Y$ étant égale à 1,78 fois l'amplitude du signal $B - Y$, l'amplification du signal $B - Y$ doit être supérieure. R_1 est ajusté de telle sorte que les tensions de sortie des deux détecteurs soient de même amplitude.

LES CIRCUITS MATRICES D'UN TELEVISEUR EQUIPE D'UN DETECTEUR (R - Y) (B - Y)

Les signaux de sortie ($R - Y$) et ($B - Y$) des détecteurs sont ensuite appliqués à un étage déphaseur de 180°, afin d'obtenir les composantes - ($R - Y$) et - ($B - Y$) qui sont transmises avec les composantes + ($R - Y$) et ($B - Y$) aux circuits matrices. Les tubes déphaseurs sont représentés sur la figure 29, le déphasage est du type cathodyne.

Un circuit matrice a pour rôle de mélanger plusieurs signaux afin d'obtenir un autre signal résultant bien défini satisfaisant à une équation déterminée.

La figure 31 représente le signal Y de luminance ou brillance transmis aux bornes de R_1 et R_2 en série, alors que le signal $R - Y$ du détecteur correspondant est transmis à R_2 en série avec R_1 . Les deux signaux étant appliqués à R_2 , le signal Y s'annule, car $R - Y + Y = R$: seul le signal R, c'est-à-dire le rouge, subsiste. Ce signal rouge R est celui de la caméra de prise de vue. La valeur de R_1 et R_2 sont critiques et la tolérance de ces résistances est de 5 % au maximum. Les rapports des résistances sont déterminées d'après les équations de couleur et les niveaux des signaux disponibles. D'après ces équations :

$V - Y = -0,508 (R - Y) - 0,187 (B - Y)$, V étant le signal vert, R le signal rouge, B le bleu et Y le signal de luminance. Comme indiqué par le système fonctionnel de la figure 31, cette relation est satisfaite dans le circuit matrice correspondant au vert. Les signaux - ($R - Y$) et - ($B - Y$) sont transmis aux résistances du circuit matrice vert à leur sortie

de la déphaseuse. En atténuant ces signaux selon l'équation précitée le signal $V - Y$ est formé aux bornes de R_3 . En ajoutant ce signal au signal de luminance + Y, on obtient le vert :

$$V - Y + Y = V$$

Un autre système matrice utilisant la relation :

$V = 1,7 Y - 0,5 R - 0,17 B$ permet également d'obtenir le signal vert. Cette matrice fonctionne en prélevant les proportions indiquées des signaux rouge et bleu (et non des signaux différence $R - Y$ et $B - Y$) et en les ajoutant à 1,7 fois le signal de luminance + Y, afin d'obtenir le signal vert. Les lignes en pointillés du schéma de la figure 31 schématisent le montage.

Les signaux de sortie rouge, vert et bleu après les circuits matrices sont les mêmes que ceux de la caméra de prise de vue. Il suffit ensuite de les amplifier avant de les appliquer aux électrodes de modulation du tube cathodique trichrome.

D'autres types de circuits matrices peuvent être encore utilisés sur les téléviseurs en cou-

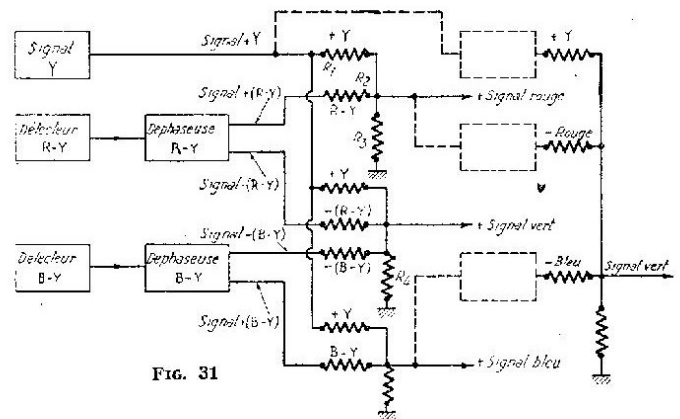


FIG. 31

leurs; les principes généraux de fonctionnement sont les mêmes. C'est ainsi que des tubes électroniques et même le tube cathodique trichrome peuvent remplacer les résistances.

Dans ce dernier cas, les signaux $R - Y$, $V - Y$ et $B - Y$ sont appliqués aux cathodes respectives des canons rouge, vert et bleu. Un signal négatif - Y est appliqué simultanément aux grilles de commandes qui sont reliées. Ce signal négatif sur les grilles est équivalent à un signal positif sur la cathode. Le signal $V - Y$ est obtenu dans un circuit matrice d'équation :

$$V - Y = -51 \% (R - Y) - 19 \% (B - Y)$$

Les signaux se combinent dans le tube cathodique ce qui donne : $R - Y + Y = R$; $B - Y + Y = B$ et $V - Y + Y = V$.

LES TUBES CATHODIQUES TRICHROMES

Actuellement, deux modèles de tubes cathodiques tricolores sont utilisés : le Lawrence Chromatron du type à commutation de couleur et à canon d'électrons unique (post-déflexion focus : P.D.F.) et les tubes à masque tels que le Colotron C.B.S. et le R.C.A. 15 G.P. 22.

Bien que de nouveaux systèmes électrostatiques et électromagnétiques soient utilisés pour obtenir les combinaisons nécessaires, les principes de base sont les mêmes que ceux du tube cathodique monochrome : formation du faisceau électronique, concentration et déflexion. Sur un tube de télévision en couleur, le faisceau électronique doit également être dirigé sur le « phosphore » adéquat de l'écran du tube. La

couleur rouge, verte ou bleue est obtenue au point d'impact du faisceau cathodique sur l'écran, en disposant sur cet écran des matières

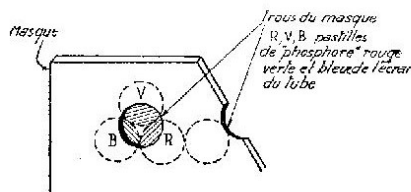


FIG. 1.

fluorescentes différentes selon la couleur désirée. Ces matières fluorescentes sont appelées « phosphores » en argot technique.

La principale différence des deux types de tubes cathodiques est la méthode utilisée pour diriger le faisceau électronique sur les phosphores.

Dans les tubes à masque, l'écran est constitué par des petites pastilles de phosphore correspondant à un point vert, un bleu et un rouge lorsqu'elles sont frappées par le faisceau cathodique. Les centres de ces pastilles rouge, verte et bleue constituent les sommets de triangles équilatéraux. La figure 1 représente l'un de ces groupes, ce qui facilite l'explication, l'écran complet étant constitué par une mosaïque de ces pastilles circulaires, tangentes les unes aux autres.

Un masque percé de trous est disposé entre