

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 40 (1949)
Heft: 17

Artikel: L'enregistrement sur film des émissions de télévision en vue des échanges internationaux de programmes
Autor: Delbord, Y.L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056392>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 20.01.2026

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

Über einige allgemeine Eigenschaften der elektronenoptischen Abbildung¹⁾

Von F. Borgnis, Zürich

537.533.3

Der Verlauf achsennaher Strahlen geladener Partikel im axialsymmetrischen elektrischen und magnetischen Potentialfeld (Zylinderkoordinaten r, z) wird durch eine Differentialgleichung der Form

$$\frac{d}{dz} \left(\sqrt{\Phi(z)} \frac{dr}{dz} \right) = P(z) \cdot r \quad (1)$$

beschrieben, wenn vorausgesetzt wird, dass das magnetische Feld am Ausgangspunkt des Strahls gleich Null ist und die Anfangstangente der Bahn in einer Meridianebene liegt. Unter Änderung der Bezeichnung schreiben wir (1) in der Form

$$[n(z) \cdot r']' = P(z) \cdot r \quad (2)$$

Die paraxialen Bahnen genügen also einer linearen homogenen Differential-Gleichung zweiter Ordnung, deren allgemeine Lösung in der Form

$$r(z) = c_1 \cdot r_1(z) + c_2 \cdot r_2(z) \quad (3)$$

geschrieben werden kann. Wählt man, was immer möglich ist, die beiden Integrale r_1 und r_2 derart, dass sie folgenden Anfangsbedingungen genügen:

$$\begin{aligned} r_1(a) &= 1 & r_2(a) &= 0 \\ r_1'(a) &= 0 & r_2'(a) &= 1, \end{aligned} \quad (4)$$

so lassen sich $r(z)$ und $r'(z)$ unter Einführung der Anfangswerte r_a und r'_a darstellen durch

$$\begin{aligned} r(z) &= r_a \cdot r_1(z) + r'_a \cdot r_2(z) \\ r'(z) &= r_a \cdot r_1'(z) + r'_a \cdot r_2'(z). \end{aligned} \quad (5)$$

Bei geeigneter Wahl der Potentialfelder besitzen die Funktionen r_1 und r_2 oszillatorischen Charakter, wobei sich die Nullstellen von r_1 und r_2 gegenseitig trennen.

Aus (5) lässt sich nun die folgende bekannte Eigenschaft der elektronenoptischen Abbildung herleiten:

Wirkt das Potentialfeld praktisch nur in einem begrenzten Bereich (r, z) und kann das Potential ausserhalb der beiden Ebenen $z = a$ und $z = \beta$ als konstant angesehen werden ($\sqrt{\Phi} = n = \text{constant}$, $P = 0$), womit die Bahnen ausserhalb dieser beiden Ebenen praktisch geradlinig verlaufen, so vermittelt (5) zwischen Objekt- und (reellen) Bildpunkten, die im feldfreien Raum liegen, eine kollineare Abbildung, deren

¹⁾ siehe auch Helvetica Physica Acta, Bd. 21(1948), Nr. 6, S. 461.

Eigenschaften bekanntlich den Inhalt der Gauss'schen Dioptrik einschliessen.

Das System (5) setzt uns jedoch auch in die Lage, einige allgemeine Aussagen über die paraxiale Abbildung zu machen, wenn diese ganz oder teilweise im wirksamen Bereich des Potentialfeldes zustande kommt. Betrachten wir für einen konkreten Fall die Funktionen r_1 und r_2 als bekannt und der Reihe nach die Ebenen $z = b, p, \bar{p}, t$, die bestimmt werden durch:

$$1) r_2(b) = 0 \quad 2) r_1(p) = 0 \quad 3) r_2'(\bar{p}) = 0 \quad 4) r_1'(t) = 0,$$

so überlegt man sich leicht folgendes:

1. Ein (paraxiales) Strahlenbündel, das von einem Punkt $z = a, r = r_a$ ausgeht, vereinigt sich in einem Punkt der Ebene $z = b$; die Ebene $z = b$ ist die zu $z = a$ gehörige Bildebene.

2. Jede Schar paralleler Bahnen durch die Ebene $z = a$ vereinigt sich in einem Punkt der Ebene $z = p$, die man daher als die der Ebene $z = a$ zugeordnete Brennebene ansehen kann.

3. Ein von einem Punkt der Ebene $z = a$ ausgehendes Strahlenbündel durchsetzt die Ebene $z = \bar{p}$ in parallelen Bahnen. Die Ebene $z = a$ ist daher als Brennebene der Ebene $z = \bar{p}$ zugeordnet.

4. Jede Schar paralleler Bahnen durch die Ebene $z = a$ durchsetzt die Ebene $z = t$ in parallelen Bahnen. Die beiden Ebenen vermitteln daher unter sich eine teleskopische Abbildung.

Durch die Bedingungen 1...4 sind also einer beliebigen Ebene $z = a$ vier charakteristische Ebenen zugeordnet.

Für solche im wirksamen Bereich des Feldes zustandekommende Abbildungen besteht im allgemeinen keine kollineare Zuordnung; die Abbildungsverhältnisse werden durch den spezifischen Feldverlauf, d. h. die Funktionen $n(z)$ und $P(z)$ in (2) bestimmt. Die Differential-Gleichung (2) erlaubt aber auch für diese Abbildungen die Ableitung einer Anzahl allgemeiner Sätze (z. B. betreff Angular- oder Lateralvergrösserungen), wie sie der Gausschen Dioptrik eigentümlich sind. Unter anderem ergibt sich der nach Lagrange-Helmholtz benannte Satz als eine rein geometrische Eigenschaft der paraxialen elektronenoptischen Abbildung.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. F. Borgnis, Privatdozent an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Weinbergstrasse 48, Zürich.

L'Enregistrement sur film des émissions de télévision en vue des échanges internationaux de programmes

Par Y. L. Delbord, Paris

621.397.5 : 778.5

Le titre de cet exposé correspond à deux problèmes très différents selon qu'il s'agit de l'enregistrement d'images de télévision radiodiffusées suivant les normes habituelles ou bien de la production d'un film par l'intermédiaire d'un système de télévision spécialement étudié dans ce but.

Nous n'étudierons que le premier problème qui est aussi, du point de vue technique, le plus difficile à résoudre et auparavant nous résumerons les possibilités des émulsions actuelles pour la photographie des écrans de télévision.

I. L'écran de télévision et la pellicule

Les tubes cathodiques destinés aux récepteurs de télévision que l'on trouve sur le marché français sont généralement blanc bleuté et leur courbe spectrale diffère assez peu de celle de la lumière du soleil; par conséquent les films cinématographiques

de type courant conviennent très bien pour photographier ou filmer ces écrans. La seule difficulté réside dans la faible brillance des points de l'image. Même lorsque le tube est alimenté à 7 ou 8 kV la luminosité moyenne mesurée à l'aide d'une cellule appliquée contre l'écran ne dépasse pas 20 à 30 lux et le temps de pose normal pour une ouverture de l'objectif de $f/2$, si l'on utilise comme pellicule la «super XX», devrait être de l'ordre du 1/5 de seconde. Il sera donc impossible, dans ces conditions, d'exposer normalement le film et le temps de développement devra être considérablement augmenté par rapport à la normale. Par exemple avec du film + X Kodak un peu moins sensible que le XX et avec un temps de pose de 1/25 de seconde le temps de développement atteindra environ 15 minutes. Les images que l'on obtiendra dans ces conditions ne seront pas très bonnes: le grain de l'émulsion

sera trop gros, la courbe de gamma sera modifiée et les demi-teintes ne seront pas respectées dans les parties sombres.

Il faut donc, pour obtenir de bons films ou de bonnes photographies instantanées, utiliser des tubes cathodiques plus lumineux que les tubes français actuels; ceux que produisent couramment les techniciens anglais ou américains conviennent particulièrement bien.

Si le tube cathodique est destiné uniquement à la photographie, on pourra choisir des tubes plus actiniques que les tubes à écran blanc. De tels tubes se trouvent aisément à l'étranger et nous espérons que les recherches poursuivies dans les grands laboratoires français nous permettront bientôt d'indiquer des tubes cathodiques français donnant de bons résultats.

Ces tubes plus lumineux et plus actiniques permettant d'échapper à la sujétion des films sensibles, on pourra adopter des films à grain fin et obtenir ainsi d'excellentes images ¹⁾.

II. Enregistrement des programmes de télévision radiodiffusée

a) Généralités

Les techniciens de beaucoup de pays se sont attaqués à ce problème qui présente un intérêt capital. En effet, si l'on savait enregistrer convenablement les programmes de télévision autres que ceux de télécinéma, au moment où ils sont émis, il deviendrait possible de transmettre à plusieurs reprises le même programme soit dans un seul pays soit dans plusieurs pays et le prix de revient des émissions serait considérablement réduit.

Il serait peut-être intéressant de discuter au préalable une solution américaine et approximative du problème: enregistrer le programme d'abord sur film, dans un studio et suivant la technique habituelle du cinéma, puis passer ce film en télécinéma autant de fois qu'on le souhaite. Nous aurons certainement l'occasion de revenir sur cette question quand tous les éléments du problème nous seront connus. C'est d'ailleurs un problème purement économique et aujourd'hui nous dirons seulement que cette solution est sans aucun doute la solution la plus onéreuse et qu'elle ne présente aucun intérêt technique.

Le problème qu'il s'agit de résoudre est le suivant: sans modifier d'aucune façon l'émission normale de télévision, obtenir sur film des images qui projetées sur un écran ou transmises en télécinéma se rapprochent le plus possible des images de l'émission normale.

Les difficultés que nous rencontrerons dans la résolution de ce problème seront assez grandes et pour nous en rendre compte il est nécessaire d'examiner en détail les conditions de production de l'image sur l'écran de télévision et le fonctionnement de la caméra cinématographique.

¹⁾ Depuis la rédaction de cet exposé deux tubes cathodiques de 36 cm très actiniques ont été livrés au CNET par la Compagnie des Compteurs et donnent toute satisfaction.

Toutes les images de télévision radiodiffusées sont à lignes intercalées, c'est-à-dire que tous les 1/50 de seconde une image incomplète est produite sur l'écran et que pendant le 1/50^{me} de seconde suivant le complément de cette image apparaît à son tour sur l'écran. Pour retrouver le langage de la télévision disons qu'une demi-image est composée des lignes paires et que la demi-image suivante est composée des lignes impaires. La succession de ces images sur l'écran est discontinue et l'intervalle de temps qui sépare deux analyses successives est de l'ordre de 5 pourcent soit $0,05 \frac{1}{50} \text{ s} = 0,001 \text{ seconde}$.

Il est évident qu'à aucun instant une image complète n'existe sur l'écran et que pour photographier une image entière de télévision le temps de pose doit être au moins égal à 1/25 de seconde.

Pour bien préciser les conditions de production d'une image sur l'écran de télévision nous pouvons supposer que le dispositif d'analyse verticale est rendu inopérant tandis que l'écran se déplace verticalement de bas en haut à raison d'une hauteur d'image tous les 1/50 de seconde. L'image que l'on obtiendrait sur une bande continue serait celle de la fig. 1 a, alors que l'image correspondante observée directement sur l'écran serait celle de la fig. 1 b. Pour plus de clarté dans les schémas on a supposé que l'image à transmettre était la lettre *a*.

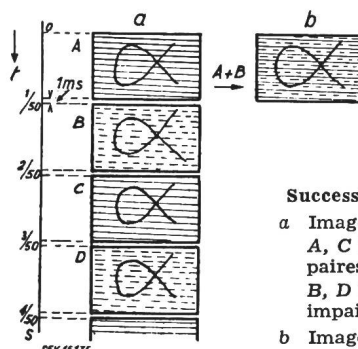


Fig. 1

Succession des images sur l'écran
 a Image sur une bande continue
 A, C Image composée des lignes paires
 B, D Image composée des lignes impaires
 b Image observée sur l'écran

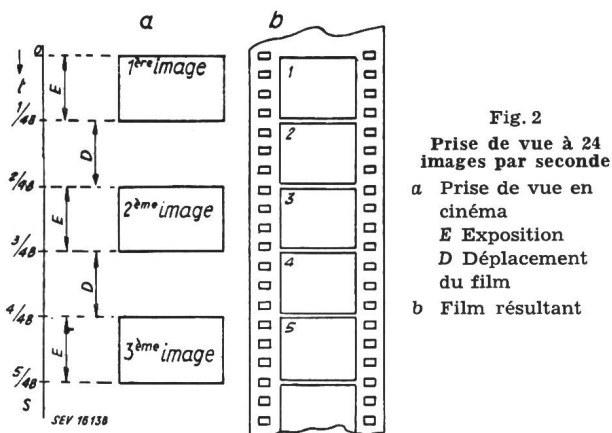
b) Prise de vue avec déroulement intermittent du film

Une caméra de cinéma normale est prévue pour que la durée de l'exposition — c'est-à-dire le temps pendant lequel la pellicule immobile est soumise aux rayons lumineux — soit égale au temps réservé pour le déplacement du film.

La cadence de prise de vue est telle qu'une opération complète est faite en 1/24 de seconde. Autrement dit le film se déplace pendant 1/48 de seconde et il est exposé pendant 1/48 de seconde. C'est ce que représente schématiquement la fig. 2. Une image complète est donc prise «toute à la fois» en 1/48 de seconde et la caméra est inutilisable pendant le 1/48 de seconde suivant.

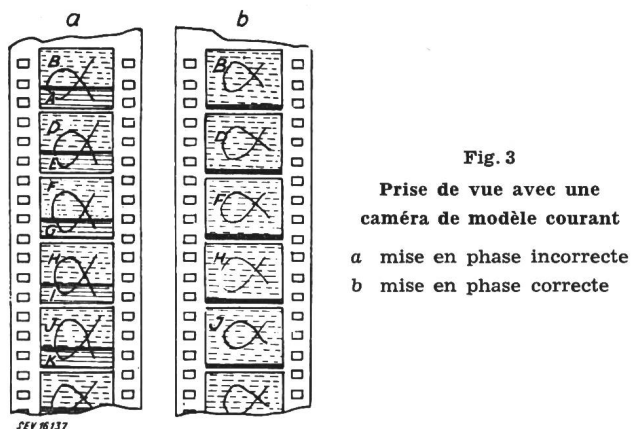
La première modification à opérer sur la caméra de cinéma en vue de l'utilisation pour la télévision sera de la synchroniser sur la cadence d'analyse de l'image de télévision. Cette image étant elle-même synchronisée sur le secteur alternatif d'alimentation, il suffira d'utiliser comme moteur de caméra un moteur électrique synchrone. La cadence de prise

de vue de la caméra sera donc portée à 25 images par seconde et dans ces conditions on pourra essayer de filmer l'image de télévision. Si des précautions spéciales ne sont pas prises pour une mise en phase correcte de l'obturateur de la caméra, on obtiendra



sur le film des images comme celles de la fig. 3a. Un dispositif de mise en phase devra donc être prévu sur le moteur de la caméra: stator orientable par exemple.

Sur la fig. 3a nous avons supposé que la caméra s'ouvrait quand le spot était arrivé au point x . Les lignes paires du bas de l'image impressionnent d'abord la pellicule (A). Quand le spot arrive en bas de l'image l'analyse s'arrête pendant 1 ms puis les lignes impaires sont analysées (B).



La caméra se ferme 1 ms avant que l'analyse des lignes impaires ait rejoint l'analyse des lignes paires préalablement faites.

Il manquera donc une partie de l'image, partie représentée par une bande noire dont la hauteur sera égale à $1/20$ de la hauteur de l'image. Il sera facile de rejeter cette bande au bas de l'image (fig. 3b) et la photographie pourra ne présenter aucune discontinuité.

Il est évident que quelle que soit la phase relative de la prise de vue la position du sujet est correcte sur l'image enregistrée, le cadrage est normal. (Bien que les images sur le film soient retournées, pour ne pas compliquer les schémas et surtout pour faciliter leur lecture nous avons représenté l'image sur le film telle qu'elle apparaît sur l'écran, c'est-à-dire redressée).

L'image obtenue ne sera pas complète; elle ne sera composée que de la moitié des lignes, soit les lignes paires, soit les lignes impaires. La fig. 3b est dessinée comme si les lignes impaires seules étaient photographiées.

Ceci constitue une première solution et pour mauvaise qu'elle soit elle a été utilisée par la British Broadcasting Co. pour enregistrer le mariage de la Princesse Elisabeth. L'importance du reportage justifiait l'emploi de cette méthode et les spectateurs anglais ont été malgré tout très satisfaits de revoir le soir une image dont le pouvoir de résolution dans le sens vertical ne correspondait même pas à 200 lignes. La BBC n'a pas l'intention de généraliser cette méthode, un «cahier des charges» a été établi et les constructeurs anglais cherchent la solution au problème posé que nous résumerons ainsi: obtenir directement un film positif à 25 images par seconde dont chaque image soit complète; chaque image devra être entière, c'est-à-dire non tronquée et la double trame devra exister sur la totalité de l'image. C'est un problème très difficile surtout si l'on ne veut pas faire appel à des caméras de type tout à fait spécial comme les caméras à déroulement continu du film, caméras que la technique cinématographique a d'ailleurs rejetées.

1. Prise de vue à $16\frac{2}{3}$ images par seconde

La solution française du problème est la solution dite à $16\frac{2}{3}$ images; elle a été proposée pour la première fois à la commission de Télévision²⁾ par M. Widemann, mais M. Delvaux l'avait étudiée auparavant à la Compagnie Française Thomson-Houston.

Elle a été étudiée également par la Division Télévision du CNET; des perfectionnements lui ont été apportés. Ce travail a d'ailleurs été grandement facilité par l'existence sur le marché français d'une caméra perfectionnée: la «Caméflex Eclair» créée par M. Coutant et que les techniciens étrangers du cinéma ont déjà eu l'occasion d'apprécier.

Cette caméra présente, pour le problème qui nous intéresse, deux particularités intéressantes au plus haut point:

1° Il est possible de voir l'image pendant que l'on enregistre le film. On peut donc vérifier la mise en phase et la régler de façon permanente.

2° L'angle d'ouverture de l'obturateur est réglable et peut atteindre 240° . C'est-à-dire que le temps réservé au déplacement du film est, pour une prise de vue normale, à 24 images/seconde, égal à $1/72$ de seconde et nous expliquerons en détail l'importance de ce deuxième point.

La possibilité d'utiliser une telle caméra a permis d'obtenir instantanément des résultats très intéressants. La seule modification apportée a été l'adjonction d'un moteur électrique synchrone à stator décalable.

De plus la vitesse de la caméra a été réduite d'un tiers. La prise de vue est donc bien synchrone mais un cycle complet d'enregistrement demande un temps plus long d'un tiers. Examinons en détail la suite des opérations et pour cela utilisons la même

²⁾ Sous-commission de la Commission Supérieure Technique du Cinéma Français.

représentation schématique que précédemment. La fig. 1 représentant la succession des images sur l'écran n'est évidemment pas changée. La fig. 2 est modifiée et devient la fig. 4a. En rapprochant ces deux schémas et en supposant une mise en phase correcte on voit que la 1/2 image *A* est enregistrée, puis la 1/2 image *B* sur la même portion du film. L'obturateur se ferme alors, le film se déplace pendant que la 1/2 image *C* est analysée sur le tube. Cette 1/2 image n'est donc pas enregistrée.

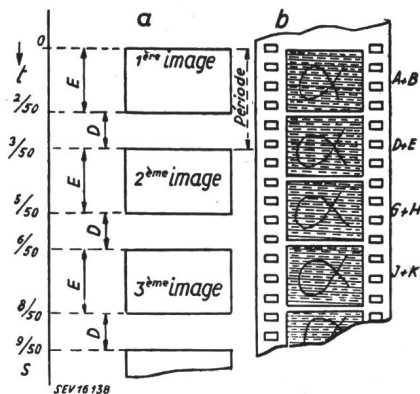


Fig. 4

Prise de vue à $16\frac{2}{3}$ images par seconde avec la Caméflex

- a Prise de vue en cinéma
- E Exposition
- D Déplacement du film
- b Film résultant

L'obturateur s'ouvre au début de l'analyse de la 1/2 image *D* et se referme après l'analyse de la 1/2 image *E* et ainsi de suite.

Les images qui impressionnent la pellicule sont donc des images complètes formées par les lignes paires et impaires de deux demi-images consécutives et le film obtenu est un film reproduisant fidèlement les images de télévision mais à la cadence de $16\frac{2}{3}$ par seconde.

Un tel film est-il utilisable? Certainement, puisque l'on sait que, d'une part, cette cadence est suffisante pour un enchaînement correct des mouvements et que, d'autre part, l'enregistrement du son est aujourd'hui possible avec une telle vitesse de déroulement. Malgré ces arguments deux critiques sévères subsistent:

1° si l'on veut projeter ce film sur un écran le projecteur doit être spécialement construit pour la cadence de $16\frac{2}{3}$ images par seconde.

2° les appareils de télécinéma doivent posséder deux vitesses de déroulement: une vitesse pour les films normaux, une vitesse pour les films enregistrés à la cadence $16\frac{2}{3}$ images par seconde.

2. Transposition du film à $16\frac{2}{3}$ images par seconde en un film à 25 images par seconde

Pour remédier à ces critiques nous avons dû utiliser un «trucage». Il existe dans les laboratoires de tirage des machines qui permettent de transformer les anciens films muets à 16 images en films utilisables avec les projecteurs normaux à 24 images. Ces machines, par des dispositifs différents mais toujours simples, répètent l'enregistrement d'une image une fois sur deux; chaque image paire par exemple est enregistrée deux fois. Le film de la

fig. 4b prend alors l'aspect de la fig. 5. C'est un film à 25 images par seconde qui pourra être projeté sans inconvénient à la cadence normale de 24 images par seconde.

Quand nous avons procédé aux premiers essais nous étions assez inquiets sur la qualité de reproduction des mouvements rapides, mais des expériences répétées ont démontré que ce défaut n'était pas plus gênant que dans un film normal de cinéma pris à 24 images par seconde et même, contrairement

à ce que nous supposions, qu'un tel film pouvait être meilleur qu'un film muet à 16 images par seconde transposé en 24 images par seconde.

Cet avantage dépend en partie du tube analyseur utilisé à la prise de vue de télévision. Le discuter nous entraînerait trop loin et nous nous contenterons de dire

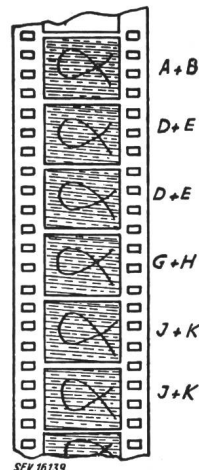


Fig. 5

Transposition à 25 images par seconde du film à $16\frac{2}{3}$

qu'il y a intérêt à utiliser un tube analyseur possédant une certaine mémoire ce qui correspond d'ailleurs aux tubes courants actuels: les iconoscopes, les supericonoscopes, les «image orthicons» et même les tubes anglais du type CPS



Fig. 6

Caméra Eclair du modèle Caméflex
Vue de face

(Cathode-Potential-Stabilised) fabriqués par Electric & Musical Industries.

Pour conclure disons que le film à 25 images par seconde obtenu de la façon que nous venons

d'indiquer, bien que ne répondant pas aux normes anglaises, résout complètement le problème des émissions de télévision différées et de l'échange international des programmes de télévision; il ne fait appel à aucune technique spéciale, le matériel utilisé à l'exception du tube cathodique récepteur est entièrement français et, dans quelques semaines, la Télévision Française pourrait disposer d'un appareil enregistreur. La fig. 6 représente la caméra de prise de vue que nous avons utilisée pour nos essais d'enregistrement d'images de télévision sur film. C'est une caméra «Eclair» du modèle «Caméflex» sans autre modification que l'adjonction d'un moteur synchrone triphasé à stator décalable.

3. Autres solutions du même problème

Depuis une dizaine d'années de nombreuses recherches ont été faites pour réaliser des enregistrements «non truqués». En 1937 M. Pascal Carpentier a proposé d'enregistrer simultanément deux films, l'un se déplaçant quand le second est impressionné. De la sorte aucune image n'est perdue, et la nécessité d'utiliser deux films pourrait être admise si elle n'entraînait un défaut technique grave: cette idée implique en effet l'utilisation de deux trajets optiques *différents mais équivalents à tous points de vue*. Il faut que les pellicules aient la même sensibilité, qu'elles soient développées simultanément dans le même bain, que les deux trajets optiques aient la même transparence, que les deux images viennent rigoureusement à la même place sur deux films différents. La précision demandée est irréalisable et ce projet qui n'a d'ailleurs donné lieu à aucune expérience doit être écarté.

A la Compagnie Française Thomson-Houston, M. Delvaux a essayé de déplacer le film très rapidement dans l'intervalle de temps séparant deux analyses successives. Les calculs montraient en effet qu'une pellicule vierge pouvait résister à d'énormes efforts de traction et bien que les expériences faites aient rencontré de sérieuses difficultés une telle idée ne doit pas être rejetée a priori. Signalons que les Américains s'attaquant au même problème ont réussi à déplacer le film en 8 ms environ. Ce temps est 8 fois trop grand mais nous croyons que c'est la plus courte durée de déplacement réalisée à ce jour pour des appareils à 24 images par seconde; nous reviendrons plus loin sur cet appareil américain.

Certains appareils destinés à la réalisation de films scientifiques (ralentis extrêmes) par contre ont atteint des durées de déplacement inférieures à la milliseconde et démontrent que, pour difficile que soit le problème, il n'est peut-être pas insoluble.

Enfin la solution du déroulement continu du film n'est pas à écarter non plus et nous connaissons des spécialistes de la technique cinématographique qui espèrent le résoudre assez rapidement.

4. Possibilités d'utilisation, aux Etats-Unis, de la technique proposée

La solution du film à $16\frac{2}{3}$ images est évidemment utilisable dans tous les pays qui emploient un secteur électrique à 50 périodes par seconde: Nous

allons maintenant examiner comment se pose le problème dans les pays où la fréquence du secteur alternatif est 60 périodes par seconde, c'est-à-dire en particulier les Etats-Unis.

La fig. 1 est modifiée suivant la fig. 7 où les diverses solutions possibles ont été schématisées. En *a* sont représentées les demi-images successives telles qu'elles apparaissent sur l'écran de télévision. En *b* sont figurées les durées d'«ouverture» et de fermeture d'une caméra normale fonctionnant à 24 images par seconde. On voit immédiatement que le nombre de lignes pour une fraction de l'image est plus grand que pour le reste de l'analyse. L'image obtenue dans ces conditions serait donc inutilisable.

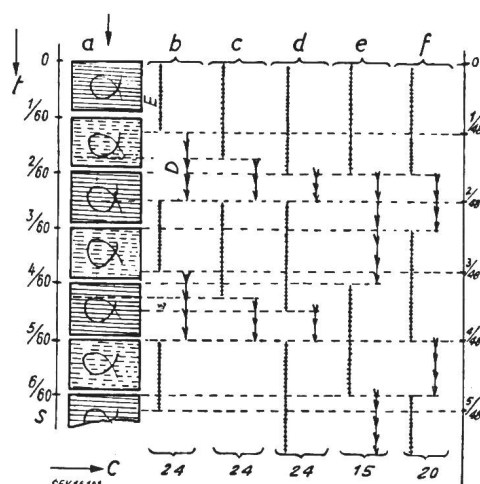


Fig. 7

Enregistrement aux Etats-Unis

- a Demi-images apparaissant sur l'écran
- b Caméra normale
- c Caméflex Eclair
- d Caméra Kodak
- e Caméra normale ralentie
- f Caméflex ralentie
- C Cadence résultante de l'enregistrement en images par seconde
- E Exposition
- D Déplacement du film

Sur la fig. 7c on a supposé que la caméra utilisée était la «Caméflex Eclair». Cette fois la portion défectueuse de l'image, celle qui n'est composée que de la moitié seulement des lignes est beaucoup moins grande et s'il était possible de conserver la même position pour ce défaut l'image serait vraisemblablement admissible. Mais la position change pour chacune des images successives et le procédé *c* doit être écarté à même titre que le procédé *b*.

Pour que le procédé devienne utilisable il aurait été nécessaire de réduire encore le temps consacré au déplacement du film. Ceci a été réalisé sur la caméra Kodak de télévision dans laquelle l'angle de «fermeture» est égal à 72° . On voit en fig. 7d le schéma correspondant. La totalité des lignes est analysée correctement pour chacune des images. Toutefois l'analyse ne débute pas au même point de l'image pour toutes les images. L'analyse des images paires du film commence — et finit — au milieu de l'image pour le réglage figuré en *d*. D'une façon générale la discontinuité correspondant au début de l'analyse est décalée d'une demi-hauteur d'image quand l'on

passer d'une image du film à l'image suivante. Il faudrait aussi peut-être indiquer un défaut supplémentaire dû au temps de passage de l'obturateur devant la fenêtre. Il ne fait aucun doute que cette solution est très près de la solution idéale et il est dommage que le film adopté ait été de 16 mm et non de 35. La finesse des images enregistrées ne peut atteindre celle que donnerait une image de télévision à haute définition et même la qualité des images à 525 lignes est notablement réduite.

Il nous reste à examiner les dernières solutions (fig. 7e et 7f).

Nous avons préconisé la première solution à Cannes en septembre 1947, c'est-à-dire avant que la caméra Kodak soit mise à la disposition des techniciens américains.

Cette solution est une solution approchée du problème; elle présente l'avantage d'utiliser du matériel courant pour film de 35 mm et quoique moins bonne que la solution à $16\frac{2}{3}$ images, elle permettrait une mise en service immédiate et autoriserait dès maintenant l'échange de programmes avec les Etats-Unis.

Cette méthode consiste à utiliser une caméra normale à cadence ralentie dans la proportion de $\frac{5}{8}$, cadence correspondant à 15 images par seconde. Dans ces conditions on enregistre deux demi-images consécutives de télévision (A, B), on saute les troisième et quatrième (C, D), on enregistre ensuite les deux suivantes (E, F), etc. On obtient donc un film à la cadence de 15 images par seconde encore satisfaisant au point de vue de la continuité des mouvements qu'on peut ramener à la cadence de 22,5 images par seconde en doublant chaque image paire. Un tel film projeté à la cadence normale, c'est-à-dire à 24 ou 25 images par seconde n'est pas du tout choquant et pourrait être sans aucune gêne utilisé dans les pays dont le secteur a une fréquence de 50 périodes par seconde.

Cette solution avait été préconisée pour ne pas paraître imposer à des techniciens étrangers l'utilisation de matériel français, mais il est bien évident que dès cette époque la solution que nous préférons consistait à utiliser encore une fois la «Caméflex Eclair» (fig. 7f).

La vitesse de la Caméflex doit cette fois être réglée à 20 images par seconde et l'on enregistre deux demi-images consécutives sur trois. Ce film utilisé directement apparaîtrait accéléré dans la proportion de $\frac{4}{20}$ aux Etats-Unis et $\frac{5}{20}$ en Europe. La possibilité du trucage indiqué plus haut — adjonction d'une image toutes les cinq images — quoique non courant dans les laboratoires de tirage est assez facile et pourrait être adoptée.

L'utilisation d'un film à 20 images par seconde est particulièrement facile sur les télécinémas américains. En effet, ces appareils pour passer de la cadence du cinéma, 24 images par seconde à celle de la télévision, 30 images par seconde analysent 2 fois les images paires et 3 fois les images impaires ($24 \frac{3+2}{4} = 30$). Par conséquent il suffirait d'adjoindre un dispositif mécanique très simple

permettant d'analyser 3 fois chaque image du film pour retrouver la cadence normale de 30 images par seconde [$20 \frac{3+2}{4} = 30$]³).



Fig. 8

Image extraite d'un film pris sur l'équipement «Radio-Industrie»

La fig. 8 montre la qualité des images auxquelles on peut s'attendre. Cette vue a été prise sur l'équipement à haute définition «Radio-Industrie» avec la «Caméflex Eclair».

La fig. 9 enfin représente un agrandissement d'une image extraite d'un film d'actualités de bonne qualité⁴) et permet la comparaison des qualités ob-

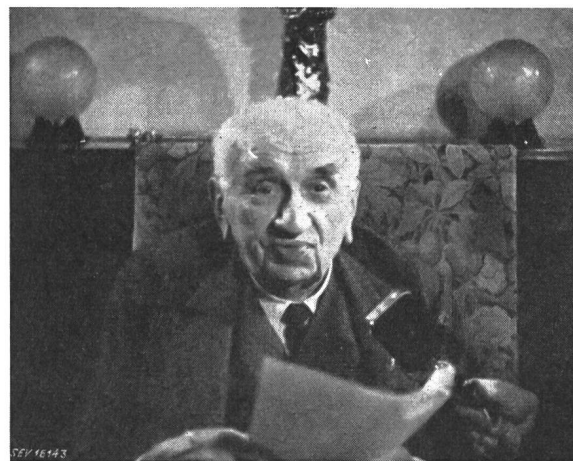


Fig. 9

Image extraite d'un film d'actualité pris sans l'intermédiaire de la Télévision

³) Une remarque relative à l'influence de la vitesse de l'obturateur qui ne figure pas dans cet exposé ainsi que plusieurs documents photographiques complémentaires seront publiés, sous le même titre, dans «Les Annales des Télécommunications».

⁴) Cette vue représente Monsieur Lumière; elle est extraite d'un film de M. Bocquel tourné chez le grand savant quelques semaines avant sa mort.

tenues dans l'un et l'autre cas. Il ne faut pas oublier que la qualité d'une image extraite d'un film, et par conséquent immobile, apparaît toujours beaucoup plus mauvaise que lorsque la même image est projetée sur un écran et profite du double avantage du mouvement et de l'atténuation de la visibilité des grains.

Les qualités respectives des deux images examinées au microscope sont très voisines.

c) Prise de vue avec déroulement continu du film

Il existe deux méthodes de prise de vue ou de projection dans lesquelles le film se déroule de façon continue; la première est connue sous le nom de *déroulement continu à enchaînement d'images*; la seconde sous le nom de *déroulement continu à double trajet optique*.

1. Déroulement continu à enchaînement d'images

Les projecteurs de ce type sont bien connus et ont donné lieu à une multitude de brevets. Le principe de ces appareils est le suivant: le film se déroule d'une façon continue et dans ces conditions on verrait défiler de bas en haut sur l'écran les images à la cadence de 24 par seconde; on dispose donc sur le trajet optique un système compensateur qui donne aux rayons lumineux un mouvement de haut en bas égal en vitesse et en amplitude à celui de l'image.

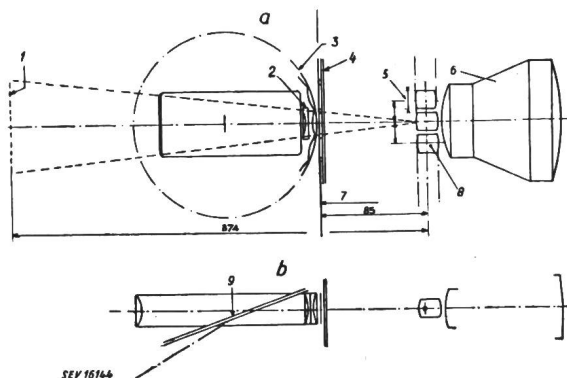


Fig. 10

Projecteur Contin-Souza à défilement continu à enchaînement d'images

- a Vue de côté
- b Vue en plan
- 1 Image virtuelle fixe $g = \frac{374}{85} = 4,4$
- 2 Lentille de champs
- 3 Condensateurs tournants
- 4 Couloir
- 5 Ouverture 22
- 6 Objectif de reprise $f = 440$
correspond à $f = 100$
- 7 Film
- 8 Compensateurs tournants
- 9 Miroir plan

Les images, au lieu d'être projetées successivement sur l'écran, se substituent progressivement l'une à l'autre. Pendant un temps plus ou moins court deux images différentes peuvent même être projetées simultanément, ce qui justifie le terme «enchaînement d'images», l'organe compensateur est constitué dans le projecteur «Méchau» par une roue de miroirs, dans le projecteur «Radio-Cinéma» 16 mm par un miroir oscillant, dans le projecteur «Contin-Souza» (fig. 10) par une double chaîne de

compensateurs et d'objectifs, dans la caméra «Kodak» à grande vitesse par un prisme tournant.

Ces dispositifs avaient en général pour but d'augmenter la luminosité de l'image sur l'écran et de réduire l'usure du film. Malgré les avantages considérables qui auraient résulté de leur adoption et les qualités mécaniques des appareils construits, ils n'ont pu supplanter les dispositifs à mouvement intermittent. C'est qu'en général l'image que l'on obtient n'est pas aussi bonne que celle donnée par les appareils à mouvement intermittent.

Quand on enregistre une image de télévision sur film en vue de sa retransmission en télécinéma les causes provoquant une perte de netteté de l'image sont multiples; elles sont dues soit à la télévision (dimension exagérée des spots d'analyse, instabilité de l'image, spectre des fréquences insuffisant, distorsion de phase, etc.), soit au cinéma: qualité des objectifs, instabilité du film, grosseur du grain d'émulsion, etc.

Tous ces défauts s'ajoutent et dans le cas d'une image de télévision à grande définition, il est absolument nécessaire de rechercher pour chacun des éléments de la chaîne le maximum de qualité possible. Le pouvoir de résolution des projecteurs ou caméras à défilement continu n'est pas le plus grand dont dispose la technique cinématographique et il semble inadmissible d'ajouter un défaut même faible aux autres défauts mentionnés plus haut et qui sont inévitables.

Enfin, il faut insister sur le fait suivant: la qualité des images d'un projecteur ou d'une caméra à défilement continu à enchaînement d'images est inférieure lorsqu'ils sont utilisés en télévision à celle qu'ils auraient en cinéma. Dans les deux cas l'œil (ou la pellicule) est impressionnée par la valeur moyenne, au cours d'un cycle complet, de la luminosité de chacun des points de l'image. Tandis qu'en cinéma cette valeur moyenne est la résultante d'un grand nombre de valeurs différentes, en télévision cette moyenne est effectuée sur une impulsion lumineuse unique de très courte durée. Si au moment de l'enregistrement de cette impulsion — qui correspond à un point de l'image — le dispositif optique présente un défaut: image double, image floue, interception du faisceau lumineux, etc., ce défaut est enregistré même si le défaut apparaît pendant un temps infiniment court. Le même défaut, en cinéma, n'interviendrait que concurremment avec d'autres impressions lumineuses et la valeur moyenne au cours d'un cycle complet deviendrait exacte, grâce à la durée relativement grande des images correctes. En d'autres termes, quel que soit le système employé, l'image est «mauvaise» pendant un certain temps; même si la durée pendant laquelle le défaut se manifeste est très courte, le défaut sera visible sur une portion de l'image. Si cette zone défectueuse est suffisamment étroite, elle pourra être cachée «dans le retour du spot» à condition, bien entendu, que le déroulement et l'analyse soient synchrones.

Cette remarque ajoutée à celle faite précédemment (qualité optique insuffisante) semble devoir

faire écartier — tout au moins à l'heure actuelle — les appareils à déroulement continu à enchaînement d'images de la technique de l'enregistrement des images de télévision.

2. Déroulement continu à double trajet optique

Dans ces systèmes qui à l'heure actuelle ne sont utilisés que dans certains télécinémas britanniques (lecteurs de films d'«Electric & Musical Industries» et de «Cinema Television»), le film est entraîné d'un mouvement continu à la vitesse de 25 images par seconde. L'image du spot cathodique est projetée sur une cellule photoélectrique à travers le film à analyser.

Si l'on a soin de donner au spot d'analyse une vitesse verticale égale à la moitié de la vitesse normale, on analyse une image en $1/50$ de seconde, car les vitesses du film et du spot s'additionnent. A la fin de cette analyse — qui ne comporte que la moitié de la trame — l'image s'est déplacée de la moitié de sa hauteur. Pour terminer l'analyse de la même image, il est donc indispensable de modifier le trajet optique des rayons lumineux émanant du spot d'analyse. Deux systèmes optiques identiques sont utilisés l'un projetant l'image du spot $1/2$ image plus bas que l'autre (fig. 11). Un obturateur ferme alternativement l'un ou l'autre des trajets optiques.

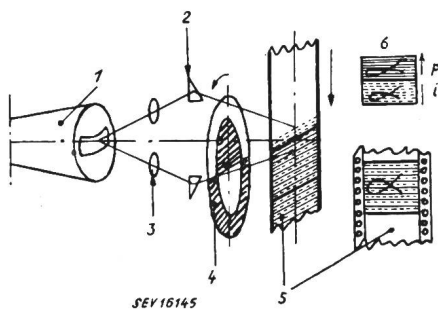


Fig. 11

Principe de l'enregistrement avec défilement continu et double trajet optique

- 1 Tube cathodique
- 2 Prisme ou miroir
- 3 Objectif
- 4 Obturateur
- 5 Film
- 6 Analyses: p lignes paires; i lignes impaires

La transposition de ces dispositifs pour leur adaptation à l'enregistrement cinématographique de télévision est évidente. La copie en noir et blanc est remplacée par un film vierge, les signaux de télévision sont appliqués à la grille du tube cathodique et bien entendu la cellule est inutilisée (fig. 11).

La précision optique de tels systèmes n'est pas exactement connue. Pour des images à 405 lignes la qualité obtenue est telle qu'il semble bien que leur utilisation soit possible pour des nombres de lignes dépassant sensiblement le double.

Nous nous contenterons de signaler les trois difficultés inhérentes à ces appareils:

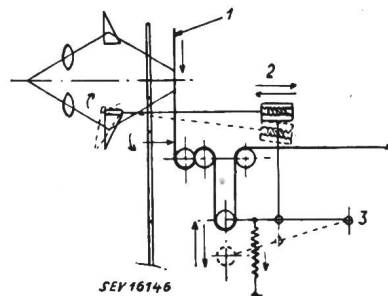
1° La vitesse de déroulement du film doit être maintenue constante avec une grande précision.

2° Les systèmes optiques utilisés doivent être rigoureusement identiques, les objectifs sont en général taillés simultanément dans le même verre; le montage mécanique de ces

verres doit être aussi précis que le permet la technique la plus moderne, la forme du couloir doit être spécialement étudiée, etc.

3° Si nous admettons ces problèmes résolus nous nous heurterons encore à une autre difficulté: la variation du pas des films. En effet, les films n'ont pas toujours les mêmes dimensions, la hauteur de l'image — seule dimension qui nous importe — dépend de l'état de dessiccation du film.

La superposition optique des deux demi-images ne pourra être parfaite que pour une dimension déterminée. La solution de ce problème consiste à mesurer continuellement le pas du film et à corriger automatiquement la position relative des deux trajets optiques. Le schéma simplifié d'un tel dispositif est indiqué sur la fig. 12. Une boucle de mesure comportant toujours le même nombre de perforations est constituée sur le film et le film, par l'intermédiaire de la poulie, déplace l'une des optiques par rapport à l'autre. Le réglage étant fait avec une copie normale, et avec l'appareil fonctionnant en lecteur de film, restera correct quel que soit le pas du film que l'on utilisera.

Fig. 12
Compensation
automatique du pas
du film

- 1 Film
- 2 Réglage
- 3 Fixe

Des moyens électroniques permettent d'arriver au même résultat mais sont d'une mise en œuvre plus difficile et ne se prêtent guère qu'à un réglage manuel. On compare, par exemple, la phase des impulsions provenant d'une cellule photoélectrique éclairée à travers la perforation du film avec la phase des mêmes signaux obtenus, un certain nombre d'images plus loin sur le même film. Cette comparaison peut être faite sur un tube cathodique muni d'un commutateur électronique.

Ces dispositifs devraient constituer la solution définitive du problème de l'enregistrement des programmes de télévision tout au moins dans les pays où la distribution électrique est faite à 50 périodes par seconde.

3. Possibilité d'utilisation de ces appareils aux Etats-Unis

L'utilisation de ce dernier type d'appareil n'est pas immédiatement possible dans les pays où la fréquence du réseau est égale à 60 périodes par seconde. En effet, chaque analyse verticale est faite en $1/60$ de seconde et en $1/60$ de seconde le film ne descend que de $\frac{24}{60} h = \frac{h}{2,5}$ et non d'une demi-hauteur, c'est-à-dire $\frac{h}{2}$.

Si l'on employait un trajet optique différent pour chaque position de l'image, il serait nécessaire de prévoir 5 trajets optiques, car ce n'est qu'au bout de 5 analyses que la première position de l'image se

retrouve. Un tel dispositif optique est très difficilement réalisable.

La solution de ce problème nous semble malgré tout possible. Remarquons au préalable qu'il n'est pas nécessaire d'enregistrer les cinq demi-images consécutives sur deux des éléments de la pellicule et que quatre suffisent pour donner des images complètes. Une analyse supplémentaire aurait pour effet d'augmenter le temps d'exposition non seulement pour une image sur deux mais, ce qui est plus grave encore, pour la moitié seulement des lignes de cette image.

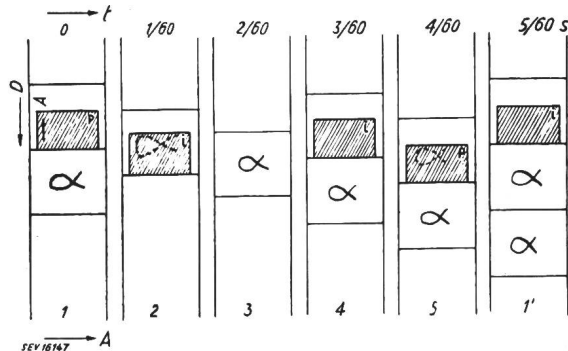


Fig. 13
Enregistrement à quadruple trajet optique
D Déplacement
A Analyse

La fig. 13 représente la trace de l'analyse et la position du film aux temps 0 1/60 2/60 3/60 4/60 et 5/60, d'après ce que nous venons de dire nous pourrions supprimer l'une des analyses et nous aurons intérêt à éliminer la première ou la troisième qui correspondent aux positions extrêmes de l'analyse. Il nous restera à assurer l'enregistrement des analyses 1, 2, 4 et 5, et quatre optiques restent nécessaires. Pour éviter cette difficulté et en observant que les analyses 1 et 4 ainsi que les analyses 2 et 5 ne sont respectivement décalées que d'une faible distance, 1/5 de la hauteur du film, nous pourrions déplacer la trame d'analyse sur le tube de la hauteur nécessaire soit $\pm 1/10$ de la hauteur du film. Nous savons que cette solution est imparfaite et que la fixité du film obtenu de cette manière pourra être insuffisante par suite de l'impossibilité d'atteindre une précision infinie dans le déplacement en bloc de la trame sur le tube cathodique. Nous ferons malgré tout remarquer les points suivants favorables à ce dispositif.

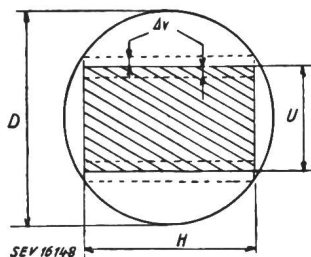


Fig. 14
Décalage électronique des trames
Voir explications au texte

1° Les impulsions rectangulaires appliquées au circuit de déviation verticale pour le déplacement de la trame ont une très faible amplitude $\Delta V = \pm 1/10$ de la hauteur de l'analyse soit environ $4 D/100$ si l'on appelle (fig. 14):

D le diamètre du tube,
 H la dimension horizontale de l'image et
 V la hauteur de l'analyse sur le tube.

$$V = \frac{3}{4,18} \cdot \frac{3}{5} H = \frac{9}{20,9} H \approx \frac{3}{7} H$$

$$V = \frac{15}{38} D$$

$$\Delta V = \pm 0,1 V = \frac{15}{380} D = 0,0395 D \approx 0,04 D$$

2° La netteté des images successives du film ne dépend pas des impulsions rectangulaires puisque ce signal n'intervient que lorsque l'on passe d'une image à l'autre (et non d'une demi-image à la suivante).

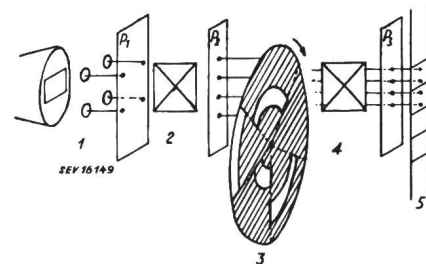


Fig. 15
Quadruple trajet optique

- 1 4 objectifs
- 2 Double jeu de prismes
- 3 Obturateur
- 4 Jeu de prismes: 1° donnant les positions verticales correctes des images; 2° comprenant le pas du film
- 5 Film

3° Enfin, si les déplacements «électroniques» de la trame s'avéraient trop imprécis, il serait possible de revenir à un système entièrement optique en dédoublant deux fois le faisceau lumineux.

Le schéma de principe de cette optique et de l'obturateur est indiqué sur la fig. 15.

d) Conclusion

Du point de vue technique et en essayant d'être très prudent dans nos conclusions, nous croyons pouvoir dire:

1° Que des enregistrements de télévision sur films cinématographiques sont dès maintenant possibles dans d'excellentes conditions.

2° Que la solution qui nous semble préférable est celle du film à $16\frac{2}{3}$ images par seconde en Europe et 20 images aux Etats-Unis.

3° Que les économies de 33% en Europe et 25% aux Etats-Unis réalisées sur les prix de revient des films justifient amplement la complication insignifiante du projecteur de télécinéma.

4° Que la transposition du film de $16\frac{2}{3}$ images à 25 images par seconde (ou de 20 à 25) est très facile et donne d'excellents résultats pour la projection dans une salle de cinéma sur un écran de dimensions normales.

5° Que les dispositifs futurs d'enregistrement des programmes de télévision comporteront vraisemblablement, tant en Europe qu'aux Etats-Unis, des systèmes à déroulement continu et à trajets optiques multiples.

Nous nous permettons d'insister sur l'aide apportée au cours des essais, d'une part par Monsieur Coutant et la Société «Eclair», d'autre part par Monsieur de France et la Société «Radio-Industrie». Les résultats acquis à l'heure actuelle sont dus en grande partie aux qualités exceptionnelles de la Caméra «Eclair» type «Caméflex» et des équipements

d'analyse construits par Monsieur de France pour des nombres de lignes compris entre 700 et 1100.

Enfin, dans l'attente des relais hertziens et des relais par câble, attente qui sera dans certains cas très longue, nous souhaitons vivement que cette étude donne lieu à une exploitation industrielle et contribue à permettre rapidement des échanges internationaux de programmes. Ces échanges de

programmes augmenteraient dans une énorme proportion l'intérêt des émissions actuelles et aideraient certainement à la mutuelle compréhension des téléspectateurs de tous les pays.

Adresse de l'auteur:

Y. L. Delbord, Président du Comité Supérieur Technique de Télévision et Ingénieur en Chef de la Division «Télévision» du Centre National d'Etudes des Télécommunications, 15, rue Cognacq Jay, Paris 7^e.

The Schmidt Optical System

By H. Rinia, Eindhoven

535.313 : 621.397.5

Summary

In this article the principle of the Schmidt optical system is outlined. It is shown that the conventional form gives fifth order coma for low magnifications. Means are indicated to compensate this coma. The cause and magnitude of the lateral spherical aberration are discussed and a new method to compensate this aberration is shown.

1. Introduction

The Schmidt mirror system was invented for and in the beginning used only in astronomy. In recent years it has found a much wider field of application. It has made direct television projection economically, if not physically, possible. For this reason the study of its properties and some of its modifications, is of special importance for television.

Fig. 1 shows the types of the aberrations of the different orders. The coefficients of all these aberrations depend on the optical system considered

	0	O^3	O^5	Sfer. abb.
U		O^2U	O^4U	Coma
U^2	$O U^2$	O^3U^2		
U^3		O^2U^3		
U^4	$O U^4$			
U^5				
Distortion				
Field curv.				

Fig. 1
Aberrations of the 1, 3 and 5 order
 O = aperture; U = Field angle

and can be positive, zero or negative. In general these coefficients decrease with increasing order.

The first three of the fifth order aberrations containing O to a high power are of main importance in the Schmidt system, because of its very high aperture ratio.

The first is the fifth order spherical aberration proportional to O^5 . It is similar to the third order spherical aberration. The second is the fifth order coma, proportional to O^4U . It can be found from the departure from the sine condition. This deviation goes with O^4 .

But of considerable importance in the Schmidt system is the aberration proportional to O^3U^2 .

As it contains O^3 (as does the third order spherical aberration) but is dependent on U^2 (and not independent of it), it is called *lateral spherical aberration*. This aberration, however, can be different for rays in the plane of the drawing and in that perpendicular to it, so we can distinguish two aberrations of this kind.

The five remaining aberrations of the fifth order are of minor importance in the Schmidt system, and these will not be discussed here.

2. The Schmidt System

If we place in front of a sufficiently large spherical mirror AB (fig. 2) a diaphragm at the centre of curvature C , we see that for bundles of parallel

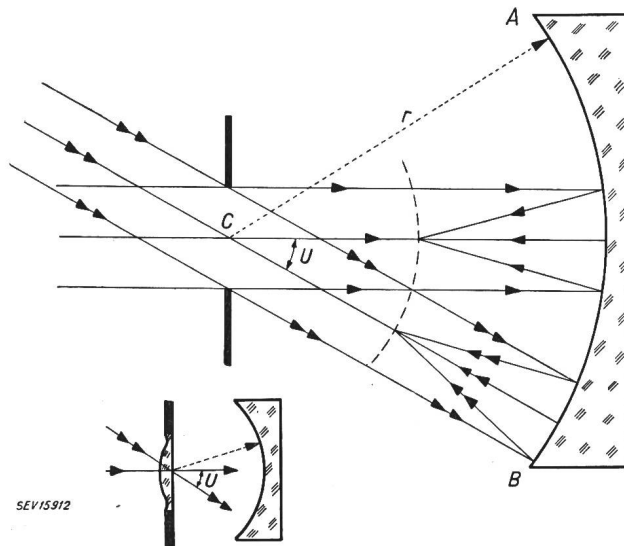


Fig. 2
Principle of the Schmidt system

rays from different directions the situation is the same. In fact the whole system is practically symmetrical around the centre of curvature. The parallel rays are focused approximately halfway between the centre of curvature and the mirror, on a sphere around this centre.