

François LOUANGE

Ingenieur - Conseil

9, rue Sainte-Anastase,
75003 PARIS

Tél. : (1) 277.49.56

No SIRET : 319532503 00012

Le 15 Janvier 1982

METHODE D'EXTRACTION DE SPECTRES SUR DES CLICHES

OBTENUS A TRAVERS UN RESEAU DE DIFFRACTION

Rapport Final

Convention CNES N° 81/758

SOMMAIRE

oooooooo

I. INTRODUCTION

- I.1. Présentation du problème.
- I.2. Cadre de l'étude.

II. ANALYSE DE LA PARTIE OPTIQUE

- II.1. Domaine spectral concerné.
- II.2. FIM de la **chaîne** optique.
- II.3. Développement des **clichés**.
- II.4. Numérisation des clichés.

III. ANALYSE DE LA PARTIE INFORMATIQUE

- III.1. Désignation de la source à étudier.
- III.2. Désignation du spectrogramme.
- III.3. Problèmes liés à la saturation.
- III.4. Superposition de l'image et du spectrogramme.
- III.5. **Calibration** en fréquence.
- III.6. **Calibration** en densité.

IV. PROGRAMME INTERACTIF D'EXTRACTION DE SPECTRES

- IV.1. Organisation **générale**.
- IV.2. Etapes du traitement.
- IV.3. Exemples d'**extraction**.

V. PROCEDURE STANDARD DE TRAITEMENT DES CLICHES

- V.1. Clichés de calibration.
- V.2. Développement du film.
- V.3. **Numérisation** standard.
- V.4. Extraction du spectre.
- V.5. Traitement spécifique (optionnel).

VI. MOYENS INFORMATIQUES MINIMAUX NECESSAIRES

- VI.1. Configuration matérielle minimale.
- VI.2. Configuration logicielle minimale.

VII. PERSPECTIVES D'ETUDES COMPLEMENTAIRES

- VII.1. Constitution d'**un** catalogue de référence.
- VII.2. Etude statistique des composants.
- VII.3. Application de la méthode à d'**autres composants**.

Annexe 1 : Document technique sur le film ILFORD FP-4
et le révélateur ILFORD ID-11.

Annexe 2 : Propriétés optiques du Makrolon.

Annexe 3 : Mire universelle,

Annexe 4 : Mesure de FTM avec l'ACOFAM.

Annexe 5 : Mode d'emploi du programme XSPECT.

Annexe 6 : Gestion des clichés et des bandes.

Annexe 7 : Propositions commerciales pour une configuration
informatique de traitement d'images minimale.

I. INTRODUCTION

I,1, Présentation du problème.

Dans le cadre de son étude des phénomènes aérospatiaux non-identifiés, le **GEPAN** est conduit à analyser des documents photographiques, qui sont **généralement réalisés** de nuit et donc **porteurs d'une** très faible quantité d'information **exploitable**. Dans le but de **pouvoir** disposer de données **mesurables** permettant d'identifier ou de caractériser une source **lumineuse**, il a fait développer par la **société d'optique Jobin-Yvon** un **réseau** de diffraction fonctionnant en **transmission**, et adaptable à l'objectif **d'un** appareil photographique courant.

Les clichés réalisés **avec** ce réseau comportent, en superposition avec le paysage légèrement atténué, les **spectrogrammes** formés **par** diffraction autour des sources **lumineuses présentes** dans le **champs**. Par définition, ce procédé **permet** d'associer sans **ambiguïté** sur un **cliché** un spectrogramme avec la source **correspondante**, quel que soit le nombre de sources présentes. Cette caractéristique le distingue de l'emploi **d'un** spectrographe classique, qui intègre le spectre de toute **la** lumière **qu'il** reçoit.

L'objet de l'étude présentée ici **consistait** à développer une méthode d'extraction des **données** spectrales contenues **dans** un cliché photographique de ce type.

1.2, Cadre de l'étude.

Toutes les brigades de la **Gendarmerie** Nationale disposent **d'un** **appareil photographique** standard **avec** lequel elles **utilisent** un film standard. Dans le cadre de leur **coopération** avec le CNES/GEPAN, elles sont également dotées de **réseaux** de diffraction **Jobin-Yvon adaptables**, avec des instructions **d'utilisation** en **cas** de constat de phénomènes lumineux **non-identifiés**,

La direction de la **Gendarmerie** a **mis** à la disposition de l'

auteur de ce rapport un appareil neuf muni de son réseau, et le travail a consisté à mettre au point une **procédure** de traitement **adaptée** à cet ensemble particulier de prise de vues, à **l'exclusion** de toute considération **d'ordre** statistique portant sur les dispersions des caractéristiques des matériels utilisés.

Les composants de cet ensemble standard de la **Gendarmerie** sont les **suivants** :

- Appareil MINOLTA **HI-MATIC** 24x36, **sans visée** Reflex, avec un objectif **ROKKOR 38mm**, une ouverture à **f 1/2,7** et **une** pose automatique **d'une** durée **maximale** de 4s.
- **Film** ILFORD FP4, noir et blanc, de rapidité **125** ASA.
- **Réseau** de diffraction, avec les caractéristiques **suivantes** :
 - Support en **résine** de **Makrolon**, de **0,3** mm **d'épaisseur**,
 - Taille du réseau : **23mm x 23mm**, au centre d'un disque monté dans **une** bague qui se visse **sur** l'objectif comme un filtre classique,
 - Transmission de **85%** dans le **domaine** visible (voir **l'annexe 2**),
 - Densité de traits : **300 traits/mm**,
 - Angle de blaze : **17°27'**.

Pas suite de **l'accord** intervenu entre le CNES/GEPAN et le Centre des Techniques et moyens de **Mesures** et **d'Essais** de **l'E.T.C.A.** (Etablissement **Technique Central** de **l'Armement**), la procédure a pu **être** développée avec les matériels du service **d'Optique** Physique de **l'ETCA** :

- Configuration **informatique** du **laboratoire** de traitement d'images (calculateur **MITRA 15** et console **TRIM**),
- **Analyseur/restituteur** de films (**Optronics**),
- **Banc** optique de mesures de **FTM** (**ACOFAM**),
- **Laboratoire** photographique.

II, ANALYSE DE LA PARTIE OPTIQUE

II.1. Domaine spectral concerné.

La méthode s'applique a priori au spectre visible, qui correspond à l'information fournie par les clichés photographiques, L'examen des propriétés optiques des composants de l'ensemble de prise de vues fait apparaître les bornes suivantes :

- Le support du réseau (plaque de Makrolon de 3mm d'épaisseur) transmet à 85% dans tout le domaine visible et jusque dans l'infrarouge (16000 Å), mais absorbe totalement les ultraviolets (voir l'annexe 2).
Ce composant détermine la limite inférieure du spectre que l'on peut analyser : environ 4000 Å.
- Le film ILFORD FP4, au contraire, est sensible aux longueurs d'onde inférieures, mais fixe la borne supérieure aux environs de 6300 Å (voir sa sensibilité spectrale en annexe 1, para. 10).

Le domaine d'application de la procédure d'analyse spectrale couvre donc les longueurs d'onde comprises entre 4000 Å et 6300 Å, lorsqu'elle est utilisée pour des clichés réalisés avec les moyens standard de la Gendarmerie Nationale.

II.2. FTM de la chaîne optique,

Avant de pouvoir extraire des informations quantitatives d'images digitalisées, il est nécessaire de connaître les caractéristiques de la chaîne optique mise en jeu. En particulier, le choix des paramètres de numérisation des clichés (pas d'échantillonnage, taille de la fenêtre) doit tenir compte de la résolution du système, ou plus généralement de sa réponse impulsionnelle, liée par transformation de Fourier à sa FTM (Fonction de Transfert de Modulation).

La FTM d'un système optique est une courbe qui traduit la variation du taux d'atténuation des contrastes en fonction de la fréquence spatiale. Ce taux peut être mesuré, pour

une source lumineuse donnée, à l'aide de bancs optiques appropriés; il est fréquemment estimé, notamment en photographie, par examen visuel de l'image obtenue à partir d'une mire telle que celle présentée en annexe 3 : plus la densité de traie augmente (en mm^{-1}), plus le contraste diminue, jusqu'à la limite de résolution du système où il n'est plus discernable. Comme dans le cas des fonctions de transfert en électronique, la FTM globale d'une chaîne optique est égale au produit des FTM des composants disposés en série,

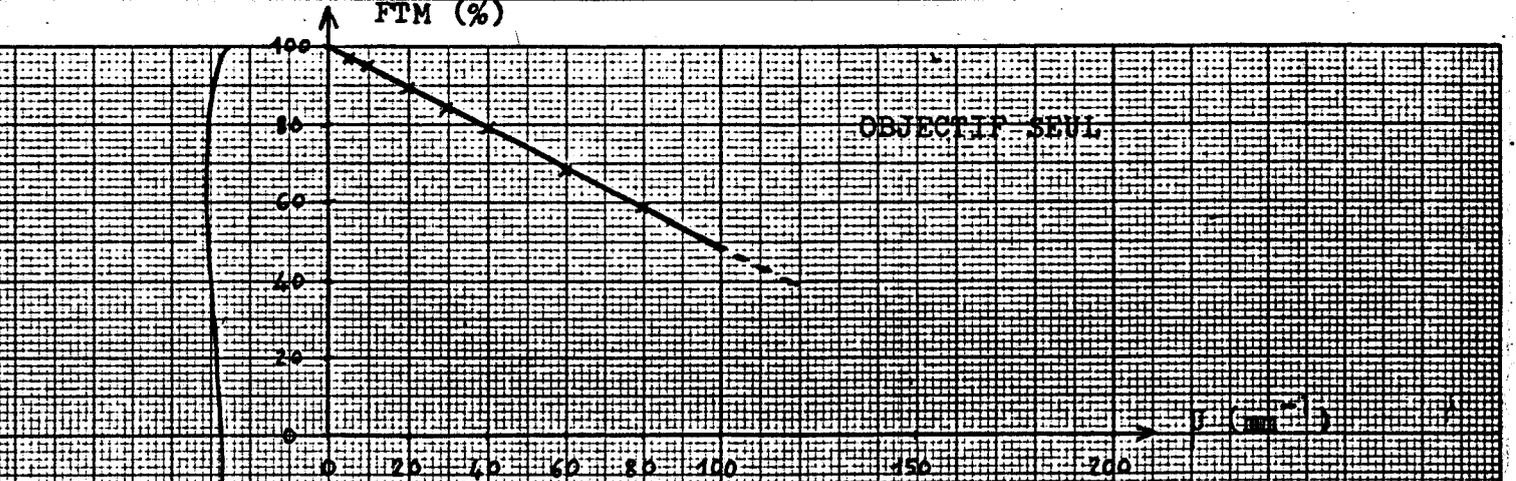
Pour cette étude, l'évaluation de la FTM a été réalisée en parallèle de deux façons : analytiquement (composant par composant) et globalement.

A) FTM du réseau :

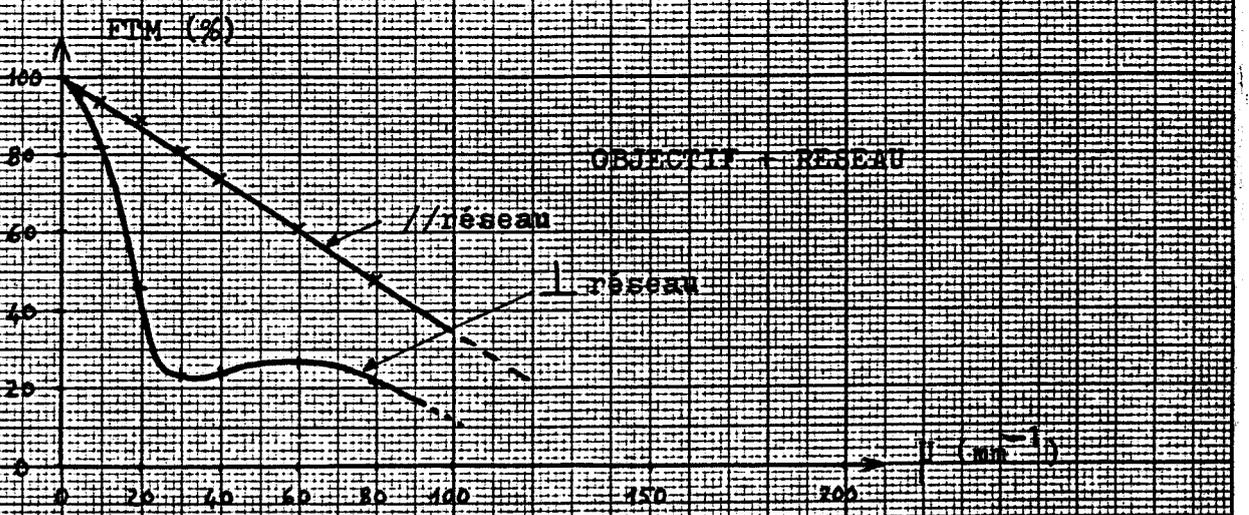
Le réseau de diffraction étant anisotrope par construction, il est caractérisé par deux courbes de FIM, correspondant respectivement au sens des traits et à sa perpendiculaire.

Plusieurs séries de mesures ont été effectuées à l'aide d'un banc ACOFAM (MATRA). Cet appareil assure l'analyse harmonique de l'image d'une fente étroite en mesurant les variations de flux à travers une mire sinusoïdale comportant plusieurs fréquences spatiales. La fente est placée au foyer d'un collimateur d'excellente qualité, et son image, après modification par la FTM de l'objectif étudié, est agrandie par un objectif de microscope. Le flux est mesuré par un photomultiplicateur à travers les mires constituées par des masques sinusoïdaux de haute précision (voir l'annexe 4). Les mesures étaient effectuées indirectement en montant le réseau sur un objectif de très bonne qualité préalablement étalonné (objectif KINOPTIK 75mm, avec une ouverture de 5,6).

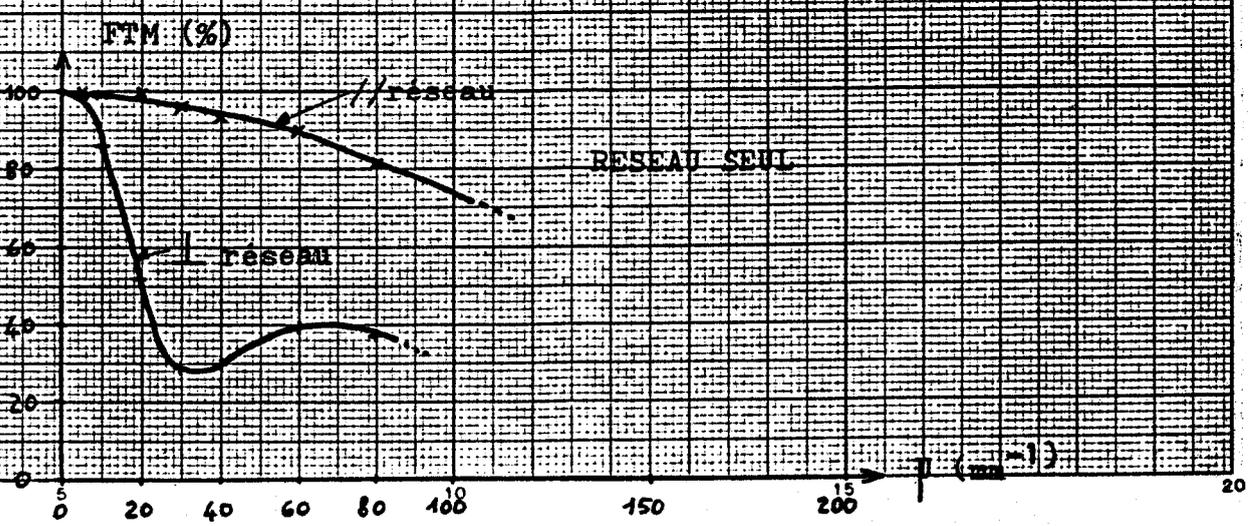
Les points de mesure de FTM que peut fournir le banc ACOFAM se situent aux fréquences spatiales suivantes : 5,10,20,30,40,60 et 80 mm^{-1} . La FIM variant avec le spectre de la source lumineuse, une source blanche a été choisie pour sa représentativité du cas général. Les résultats moyennés de trois séries de mesures sont reportés sur les courbes ci-jointes.



Mesures



Calculs



MESURES DE FTM

On constate que dans le sens des traits du réseau, la FTM reste bonne (supérieure à 50 %) au-delà de 120 mm^{-1} .

B) FTM de l'objectif :

Malgré les contacts pris avec les représentants français de la marque MINOLTA, il n'a pas été possible d'obtenir une courbe de FTM pour l'objectif de l'appareil HI-MATIC.

Cependant, par comparaison avec des mesures systématiques effectuées dans le passé à l'ETCA sur de nombreux objectifs, il a été possible d'estimer que la FTM est d'environ 70 % pour 60 mm^{-1} et 60% pour 80 mm^{-1} . En conséquence, la courbe présentée précédemment pour l'objectif-étalon utilisé avec le réseau doit être à peu près représentative de l'objectif ROKKOR, ainsi que la courbe "objectif + réseau".

On considère donc que la FTM de l'objectif seul reste supérieure à 50% jusqu'à 100 mm^{-1} .

C) FTM du film :

Les laboratoires ILFORD n'ont été en mesure de communiquer que deux valeurs, correspondant à la limite de résolution du film FP4, développé dans des conditions nominales avec le révélateur ID11, en suivant respectivement les normes internes ILFORD et les normes ANSI :

- Normes internes : 145 traits/mm
- Normes ANSI : 160 traits/mm

D) Synthèse :

En considérant que les trois courbes de FTM évoquées précédemment se combinent par multiplication, on voit que l'on peut estimer que dans la direction la plus favorable (parallèle aux traits du réseau), l'information correspondant aux fréquences spatiales supérieures à 80 n'est pas exploitable (FTM de l'ordre de 25% ou moins).

E) Mesure globale empirique :

Afin de réaliser une évaluation directe de la **chaîne** optique complète, une série de **photographies** de **mires** du type de celle présentée dans l'annexe 3 a été **réalisée**, le film a été soigneusement développé et les négatifs **examinés** au microscope,

Dans le meilleur des **cas**, parmi des **dizaines** d'essais, la fréquence spatiale maximale décelable a atteint la valeur de 60 **traits/mm**, l'information étant noyée dans le bruit au-delà.

Compte tenu de l'étape de digitalisation du négatif, décrite plus loin, il a été établi empiriquement **qu'en** fait on **pouvait** considérer une fréquence limite utile de :

$$\left. \begin{array}{l} p_{\max} = 40 \text{ mm}^{-1} \\ R = 25 \text{ } \mu\text{m} \end{array} \right\} \text{ , correspondant à une } \text{résolution} : .$$

II.3. Développement des clichés.

La procédure de **traitement** des clichés doit **être** aussi standardisée que possible, afin de pouvoir comparer quantitativement entre **eux** les spectres extraits, Ceci implique, **entre** autres, que le développement soit fait de la **même** façon **et** avec les **mêmes** produits **pour** tous les clichés, **même** si cela se fait **au** détriment de la qualité de certains négatifs.

En effet, contrairement à la àigitalisation et au traitement informatique, cette étape est **irréversible** et doit donc **être** traitée de manière à produire un matériel de base (**négatifs**) **aussi homogène** que possible. Ceci implique des choix **correspondant** au plus grand nombre de cas possible. En **particulier**, **il apparaît** dans la documentation ILFORD (voir l'annexe 1) que le révélateur réalisant le meilleur compromis entre **fi-**nesse de **grain** et rapidité est le ID-11 dilué.

Sachant que dans l'exploitation des clichés on rencontrera aussi bien des problèmes de saturation, avec les sources lumineuses puissantes, que des problèmes de **détection liés** à des sources ténues, **il** est recommandé d'adopter **le** mode de

développement suivant :

Utilisation du révélateur ID-11 dilué (1+3), à une **température** constante de 20 °C, avec **agitation** intermittente pendant 15 **minutes**, dans l'obscurité complète.

'Le produit ne peut **être** utilisé **qu'une** fois.

En ce qui concerne le fixage et le lavage, **il** est recommandé d'utiliser le fixateur ILFORD HYPAM et le mode de lavage décrit au para. 8 de l'annexe 1,

II.4. Numérisation des clichés.

L'appareil utilisé à l'ETCA est un **numériseur/restituteur** Optronics C4500. Il **permet** de réaliser la numérisation d'un négatif transparent avec les réglages suivants :

- **Pas d'échantillonnage** : 200,100,50,25 ou 12,5 **microns**.
- **Taille de la fenêtre** : 200,100,50,25 ou 12,5 **microns**.
- **Echelle** en niveaux de gris : linéaire ou logarithmique.

En ce qui concerne l'**échantillonnage**, on voit que l'on peut **satisfaire** les conditions de Shannon correspondant à la limite de résolution $R = 25 \mu\text{m}$ trouvée plus haut, en utilisant un **pas** d'échantillonnage et une taille de **fenêtre** de 12,5 microns. Ce réglage **garantit** donc l'**absence** de perte d'information spatiale utile,

En fait, étant **donné** que les sources lumineuses **décelables** sur le cliché ne sont **pas** ponctuelles, on vérifie expérimentalement (au moins pour toutes les numérisations **réalisées jusqu'à** présent) qu'aucune perte d'information **ni** aucune distortion **n'est** décelable si l'on **passe** à la valeur de 25 μm pour le pas d'échantillonnage et la taille de la **fenêtre**. Cette constatation prend toute sa **valeur** quand on considère le prix de revient d'une numérisation à 12.5 μm (plus d'une heure d'Optronics pour un cliché).

En ce qui concerne l'**échelle**, le **numériseur** mesure en fait la **transmittance** T du négatif. En échelle **linéaire**, la **dynamique** est fixe et correspond à la plage de densités optiques de 0 à 3D. En revanche, en **échelle** logarithmique,

la **mesure** est directement proportionnelle à la densité optique ($d = \log_{10} 1/T$), et la dynamique est réglable à l'aide de deux paramètres :

- Valeur initiale : par pas de 0,1 D à partir de 0.
- Plage : 0,5D, 1D, 2D ou 3D.

La densité optique des négatifs utilisés peut varier entre 0 et environ 2D. A titre d'exemple, les mesures suivantes ont été effectuées au microdensitomètre :

- Fonds du film : 0,1 D
- Pleine lune : 1 D (sans réseau)

On en déduit qu'un réglage standard correspondant au traitement normal doit être, pour utiliser au mieux la dynamique du numériseur :

{ Ecabelle logarithmique
Valeur initiale : 0 D
Plage : 2D.

Cependant il faut noter que, contrairement au développement, cette opération n'est pas irréversible, et que l'étude particulière d'un cliché intéressant en utilisant au mieux les ressources de l'Optronics sur le plan de la dynamique d'image reste toujours possible,

III. ANALYSE DE LA PARTIE INFORMATIQUE

III.1. Désignation de la source à étudier,

Une fois numérisé, un cliché se présente sous la forme d'un fichier séquentiel sur une bande magnétique (9 pistes, 1600 bpi). Le premier besoin consiste donc en une visualisation de l'image sur un écran, afin de pouvoir désigner interactivement la source lumineuse dont on veut extraire le spectre.

Un cliché de 24x36 numérisé avec un pas d'échantillonnage de 25 microns comporte 960x1440 pels (points élémentaires). Etant donné qu'un écran standard permet de visualiser 512x 512 pels, il est nécessaire de disposer de logiciel per-

mettant de réaliser un zoom sur le **fichier** (**sous-échantillonnage** par prélèvement de 1 **point** sur N), et de visualiser à pleine résolution n'importe quelle partie de taille 512x512 pels **dans** le fichier, Ce besoin est encore plus évident **si** on échantillonne le cliché à **12,5** microns,

Une fois que la zone **d'intérêt** du cliché est visualisée, **il** peut être nécessaire (**cas** de sources lumineuses faibles) de "**manipuler**" l'image pour mettre en évidence une source **ou** un **spectrogramme**. Les outils classiques dans ce domaine **satisfont** ce besoin : changement de FTL (fonction de transfert de **luminance**), pseudo-couleur, seuillage interactif.

Pour désigner **au** système la source lumineuse que l'on se propose **d'étudier**, **il** faut disposer **d'un** outil du type "**manche à balai**" qui permet d'introduire dans un **programme** les coordonnées dans l'écran du point choisi. Un zoom local permet de désigner le centre de cette source avec une bonne précision.

III.2. Désignation du **spectrogramme**.

Si la source lumineuse étudiée se trouve **au** voisinage de l'axe optique de l'appareil photo, et donc du réseau de **diffraction**, le spectrogramme se trouve le long d'un axe de **diffraction** **parfaitement** rectiligne que l'on pourrait situer par rapport à la **source** à l'aide **d'un** seul point. Cependant, les tests ont prouvé que si la source **s'approchait** des limites du champ angulaire de l'**objectif**, l'**approximation** par une droite ne suffisait plus : la succession des ordres de **diffraction** semble constituer une ligne polygonale **qu'il** faut **approcher** plus finement.

Après divers **essais** et calculs, **il** s'est **avéré** que la **façon** la plus pragmatique de désigner le spectrogramme était une **ligne** polygonale dont l'opérateur **désigne** les sommets **sur** l'écran. Pour réaliser cette opération, **il** faut pouvoir "**tracer**" dans un plan graphique associé à l'**image** des segments de droite, et **s'assurer** de leur bon positionnement à l'aide **d'un zoom interactif** agissant **simultanément** sur l'**image** et le plan graphique.

III.3. Problèmes liés à la saturation.

Sur le plan théorique, une première étude avait permis d'identifier deux outils de logiciel, puissants pour améliorer l'extraction de spectres :

- Le calage transversal des points du spectrogramme mesurés, par recherche d'un maximum de corrélation avec la coupe densitométrique transversale de la source désignée.
- L'affinage du spectre extrait par déconvolution par la coupe densitométrique longitudinale de la source, qui n'est jamais parfaitement ponctuelle.

Le fait que l'appareil photographique utilisé soit à pose automatique (non contrôlable) a pour conséquence immédiate que les sources lumineuses peu étendues photographiées de nuit apparaissent saturées. Dans le cas de sources assez puissantes (lune, réverbère pris de près), les ordres +1 et -1 du spectrogramme sont eux-mêmes partiellement saturés.

Les calculs de corrélation avec l'image de la source, que ce soit en monodimensionnel dans le sens longitudinal ou transversal, ou en bidimensionnel, ne sont donc pas possibles, et la meilleure approximation est obtenue, comme décrit précédemment, par interaction de l'opérateur.

III.4. Superposition de l'image et du spectrogramme.

Si le fonds du cliché étudié n'est pas franchement obscur, il convient d'essayer de retrancher sa contribution au signal prélevé le long de l'axe de diffraction. Puisqu'il s'agit d'une information "parasite" purement déterministe (le paysage), le seul procédé standard consiste à l'évaluer le long d'une (ou deux) lignes parallèle(s) à la diffraction, aussi près que possible du spectrogramme.

Un outil de désignation interactive d'une (ou deux) ligne(s) polygonale(s) parallèle(s) à celle le long de laquelle le spectre est extrait a donc été développé.

L'utilisation de cet outil est délicate, car la soustraction d'un fonds conduit à des résultats faux dès que le signal global est saturé,

Il est donc recommandé d'effectuer une première extraction de spectre sans soustraction de fonds, afin d'identifier d'éventuelles zones de saturation, avant de procéder à l'extraction finale,

III.5. Calibration en fréquence.

La calibration en longueurs d'onde d'un spectre extrait doit pouvoir être effectuée à deux niveaux :

- Si l'on peut disposer d'un ou de plusieurs clichés de calibration réalisés avec la même chaîne optique que la photographie étudiée (appareil + réseau + rouleau de film), et comportant des spectres de raies fines à des longueurs d'onde connues, une procédure interactive de mesure directe permet de déterminer avec une bonne précision la dispersion (en principe linéaire) du dispositif.
- Si ce n'est pas le cas, une dispersion moyenne peut être prise en compte par défaut.

Il est à noter que le système actuellement développé suppose une dispersion constante le long de l'axe de diffraction, ce qui ne se vérifie que dans une première approximation. En particulier, une constante de dispersion mesurée sur un ordre +1 ou -1 conduit à un calage spectral imprécis pour un ordre +2 ou -2, et vice-versa. Seule la constitution d'un catalogue de clichés de calibration permettrait d'approcher un modèle de calage spectral plus élaboré.

En ce qui concerne la réalisation de clichés de calibration lorsqu'il reste des vues à prendre sur un rouleau, les priorités à respecter sont les suivantes :

- Photographier au moins une source se présentant sous la forme d'une fente la plus fine possible perpendiculaire à l'axe de diffraction, avec un spectre de raies connues couvrant la plus grande fraction possible du domaine d'intérêt (4000 Å à 6500 Å). Cette source, qui doit être placée dans l'obscurité dans l'axe optique de l'appareil,

peut être typiquement une lampe au cadmium ou au mercure.

- Photographier la même source placée en différents points du champs angulaire, et en particulier dans un coin, afin d'effectuer ultérieurement la calibration à partir de la position angulaire la plus proche de celle de la source étudiée. Cette précaution permet d'affiner la précision en englobant dans la calibration les "perturbations géométriques^N en dehors de l'axe du réseau.

III.6. Calibration en densité,

Dans l'état actuel du système, aucune calibration en densité n'est effectuée, car son utilité ne pourra être démontrée qu'à partir d'une étude statistique sur les composants de la chaîne optique. L'objectif essentiel est de localiser les raies spectrales et de comparer leurs amplitudes relatives à l'intérieur d'un même spectre,

Cependant, il serait simple d'introduire une telle calibration, si elle se révélait utile, sous la forme de photographies de mires en densité. L'opérateur pourrait ultérieurement, sur son écran, désigner les zones de l'image représentant des valeurs données de densité optique, et le traitement à effectuer se résumerait à une simple modification de FTL.

IV, PROGRAMME INTERACTIF D'EXTRACTION DE SPECTRES

IV, 1, Organisation générale,

Un programme interactif "XSPECT" d'extraction de spectres a été développé, mettant en jeu les équipements suivants :

- MITRA 15, avec un disque, une unité de bandes magnétiques, une imprimante électrostatique.
- Console TRIM de traitement d'images, avec 2 mémoires d'images (512x512 pels) et leurs plans graphiques associés, le manche à balai et les touches de fonctions,
- Console graphique TEKTRONIX (4000 points) et son clavier,

Ce programme, écrit en FORTRAN et chargé en overlay, est articulé autour d'un "menu" d'actions que l'utilisateur peut déclencher à son gré. L'interaction homme-programme se fait sur la TEKTRONIX en ce qui concerne les informations alphanumériques, et sur l'écran de la TRIM en ce qui concerne les images. Les tracés de spectres sont faits sur la TEKTRONIX, et l'utilisateur peut à tout instant obtenir une copie sur papier du contenu de l'écran de cette console.

Les images numérisées (étudiées ou de calibration) sont stockées sur bandes magnétiques (voir système de gestion en annexe 6), et les commandes élémentaires offertes à l'utilisateur au menu sont les suivantes :

- . FI : fin d'utilisation de XSPECT
- . ME : édition du menu sur la TEKTRONIX
- . ML : passage en mode local de manipulation d'image
- . LS : lecture de la source étudiée sur bande
- . LC : lecture de l'image de calibration sur bande
- . ES : désignation interactive des éléments utiles du cliché à étudier
- . EC : désignation interactive des éléments utiles de l'image de calibration
- . SB : tracé des spectres bruts de la source étudiée et éventuellement de celle prise pour calibration
- . CC : calcul de calibration, lorsqu'existe une image de calibration
- . SF : calcul et tracé du spectre final, avec ou sans soustraction du fonds.

La description des étapes de travail correspondant à ces commandes est donnée au paragraphe suivant, et le mode d'emploi détaillé figure en annexe 5,

IV.2. Etapes de traitement,

Les commandes élémentaires listées précédemment déclenchent les tâches suivantes :

- . FI : rembobinage de la bande couramment montée et sortie du programme.

- , ME : effacement de l'écran de la TEKTRON et édition **du** menu de commandes.
- , M : accès aux outils de manipulation locale de **l'i-**mage visualisée sur **l'écran**. Cette fonction est particulièrement utile lorsque l'on a **chargé** et visualisé l'image à étudier et que **l'on** veut la scruter en détails, Les possibilités les plus utiles sont :
 - le zoom,
 - le **décadrage**,
 - le seuillage (détection **des** sources ténues),
 - **la** pseudo-couleur.
- LS : chargement en mémoire d'image et visualisation de l'image à étudier. L'utilisateur indique le numéro du fichier sur la bande, le point de **dé-**part de la visualisation (**512x512** à prendre sur un fichier plus grand), le **taux** de **sous-échan-**tillonnage (**zoom par logiciel**).
- , IC : **chargement** identique de **l'image** de calibration.
- ES : **introduction** interactive à l'aide du **manche à balai des éléments** du **spectrogramme** étudié : source et **sommets** d'une **ligne polygonale sui-**vant **l'axe** de diffraction. Au cours de ces **opé-**ration, l'utilisateur a accès aux fonctions de zoom et de **décadrage**, et suit **l'évolution** de son tracé sur **le plan** graphique **associé** à **l'image**.
- , EC : introduction identique des éléments du **spectroé-**gramme de calibration. Pour chaque point **désigné**, à part la source, l'utilisateur peut introduire sur la TEKTRON la longueur **d'onde** correspondante,
- , SB : obtention du tracé des spectres bruts, sans échelle. **L'opérateur** doit choisir un ordre (**-2,-1,+1,+2**), avec lequel seront effectués ultérieurement les calculs d'extraction finale.
- CC : déclenchement des calculs de calibration en lon-

guez **d'onde**. La source de calibration et tous les points du spectrogramme préalablement introduits avec une longueur **d'onde** (commande EC) sont automatiquement visualisés sur l'écran les uns après les autres à pleine résolution, pour permettre à l'**opérateur** de raffiner leur localisation interactive avec le manche à balai, Puis, le programme calcule par **moyennage** sur les données introduites un coefficient de dispersion linéaire en longueur d'onde, qu'il affiche sur la TEKRO, et conserve en mémoire **jusqu'à** nouvel ordre, à la place de la valeur standard par défaut.

- , SF : déclenchement du calcul final et du tracé du spectre extrait. Le programme visualise automatiquement sur l'écran, et à pleine résolution, la source étudiée (pour localisation fine), puis l'ordre préalablement choisi (commande SB). L'utilisateur peut ajuster sa **ligne polygonale**, et décider de soustraire ou non le fonds de **l'image**. **S'il** le fait, **il** a le choix entre une ligne polygonale parallèle à la précédente, ou deux lignes équidistantes de part et d'autre, Le programme lui permet de positionner cette ou ces **ligne(s)** de façon interactive, et de déclencher le tracé final **quand il** a fait son choix, Ce tracé **apparaît** sur la TEKRO avec une grille de coordonnées,

IV.3. Exemples d'extraction.

Les pages qui suivent sont des recopies **d'écran** destinées à illustrer l'emploi du programme XSPECT. Elles ne sont pas représentatives de la qualité attendue des résultats de la **méthode** d'extraction, car les données de calibration utilisées étaient **très** imprécises,

Les **7** pages représentent respectivement :

- Le démarrage du programme sur la TEKRO,
- Les spectres bruts d'une source à spectre continu (la lune) calibrée par une lampe au sodium.
- Le spectre final obtenu à partir de l'ordre **C**.

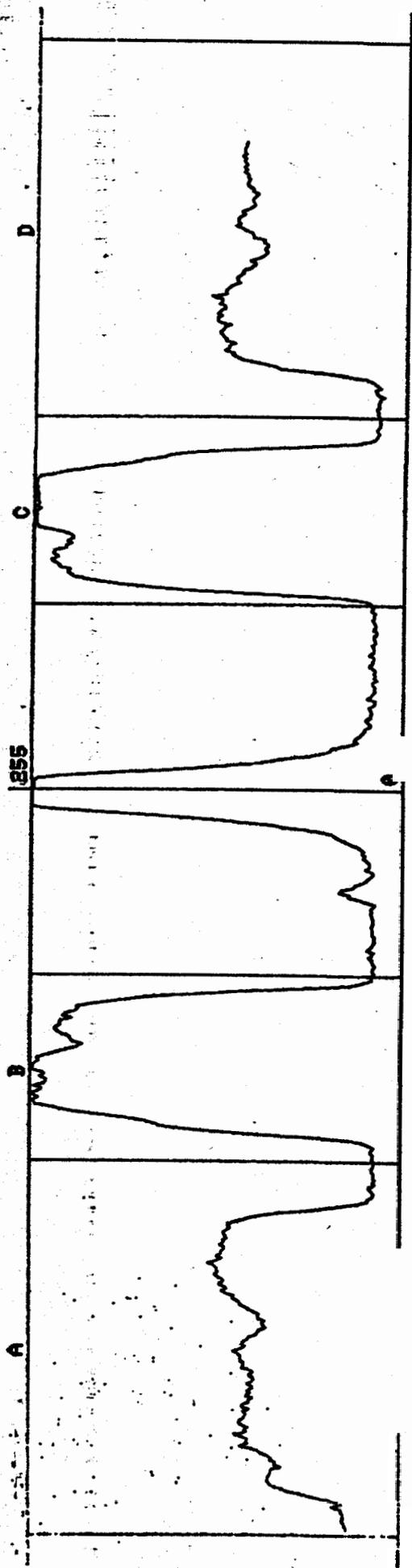
- Une image digitalisée de réverbères photographiés de nuit à travers un **réseau de diffraction**.
- Le spectre brut correspondant à un réverbère.
- Le spectre final correspondant, sans soustraction du fonds.
- Le **même** spectre final avec soustraction du fonds (d'un seul **côté**).

* PROGRAMME D'EXTRACTION DE SPECTRES *

NUMERO DU ROULEAU = 8005
NUMERO DU CLICHE = 10A
PAS D'ECHANTILLONNAGE = 12.5 MICRONS * 2

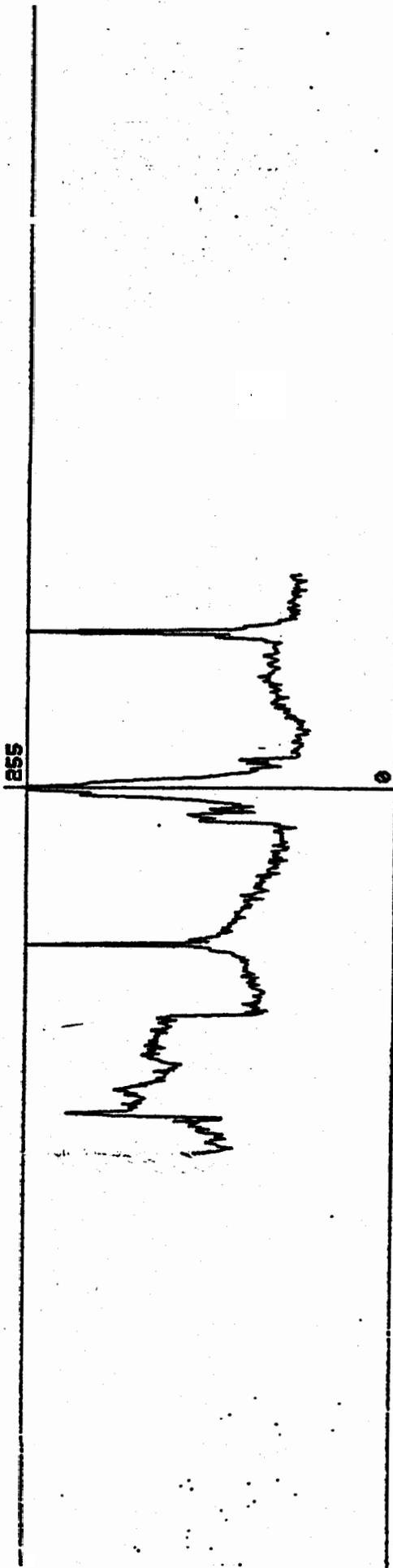
FI FIN
ME AFFICHAGE DU MENU
ML MODE LOCAL
LS LECTURE DU CLICHE ETUDIE
LC LECTURE CALIBRATION
ES ENTREE SOURCE LUMINEUSE
EC ENTREE CALIBRATION
SB TRACE DES SPECTRES BRUTS
CC CALCUL DE CALIBRATION
SF TRACE DU SPECTRE FINAL

OPTION : LC
NUMERO DU FICHIER (0,1,...) = 0
COLONNE DE DEBUT (0,1,...) = 0
LIGNE DE DEBUT (0,1,...) = 0
TAUX DE SOUS-ECHANTILLONNAGE (1,2,4,8) 2



SPECTRE BRUT DE LA SOURCE ETUDIEE

ORDRE CHOISI ET SON SIGNE (EX: +A,-C) : -C



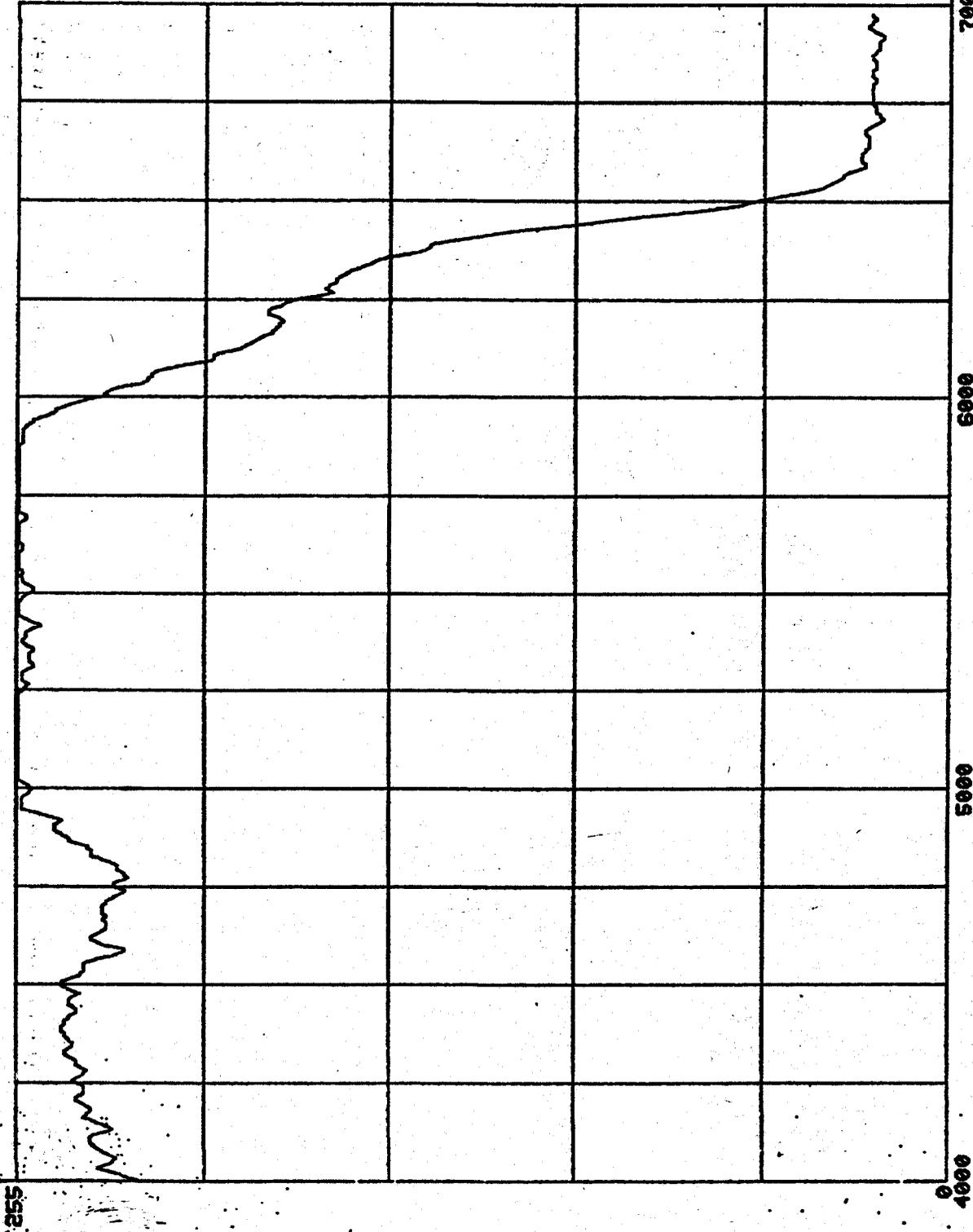
SPECTRE BRUT DE LA SOURCE CALIBREE

OPTION :

ROULEAU 8005

CLICHE 3

PAS 25 M



ANGSTROM

7000

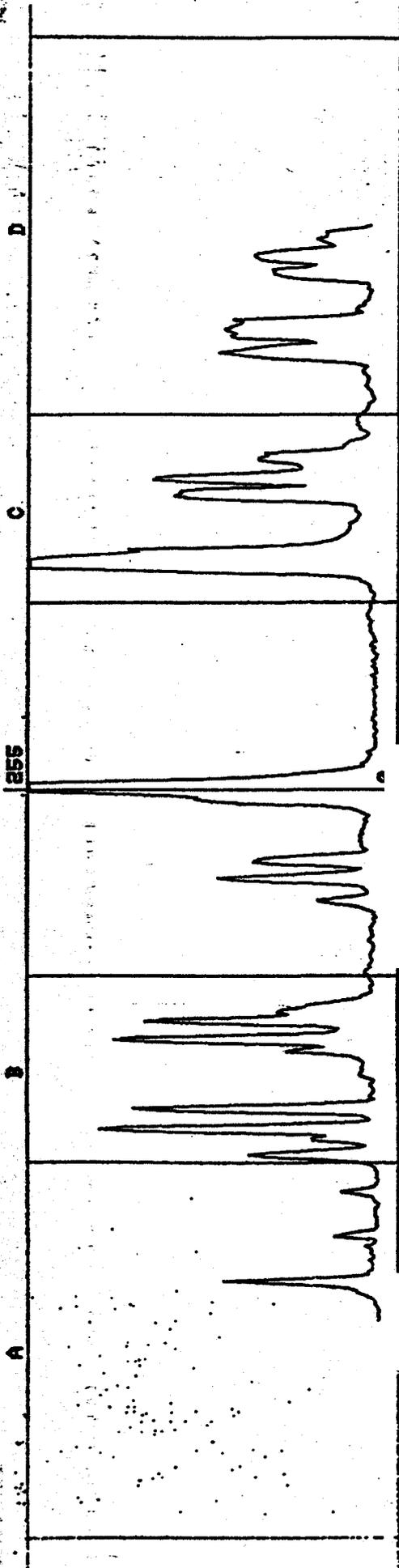
6000

5000

4000

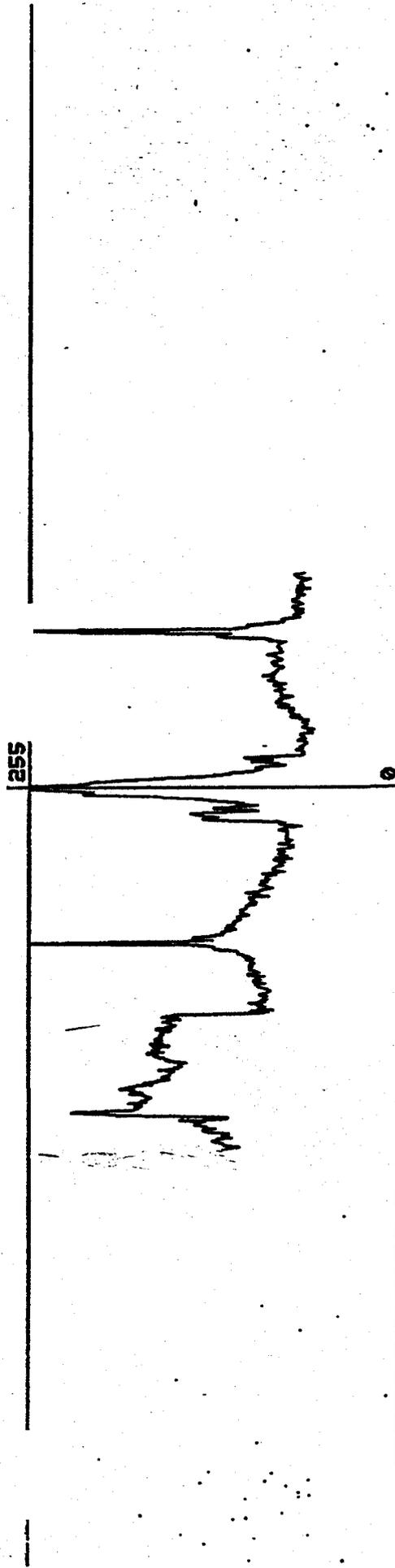
SPECTRE FINAL DE LA SOURCE ETUDIEE
(SANS SOUSTRACTION DU FONDS)

OPTION :



SPECTRE BRUT DE LA SOURCE ETUDIEE

ORDRE CHOISI ET SON SIGNE (EX: +A,-C) : -C



SPECTRE BRUT DE LA SOURCE CALIBREE

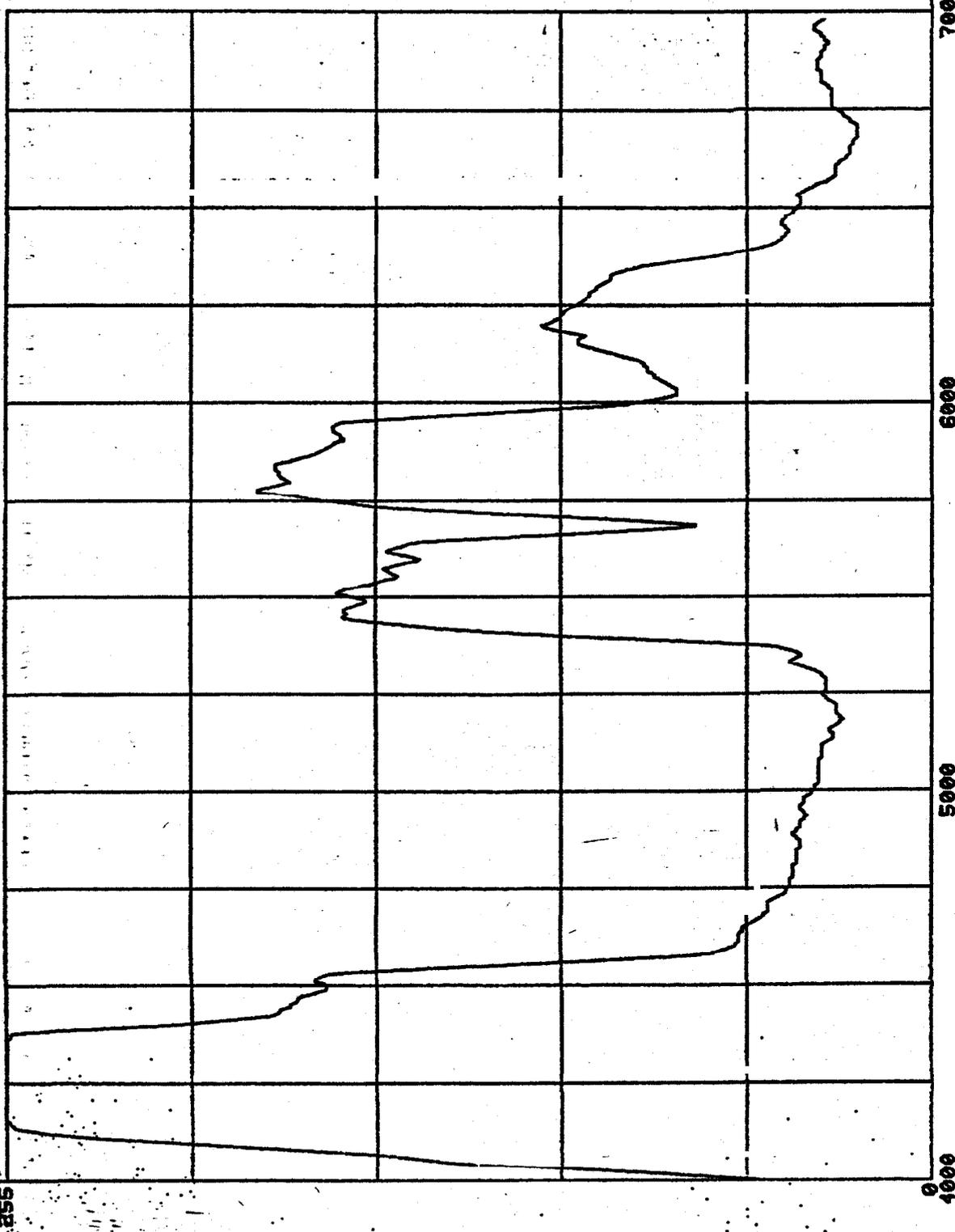
OPTION :

ROULEAU 8005

CLICHE 3

PAS 25 M

ANGSTROM



SPECTRE FINAL DE LA SOURCE ETUDIEE
(SANS SOUSTRACTION DU FONDS)

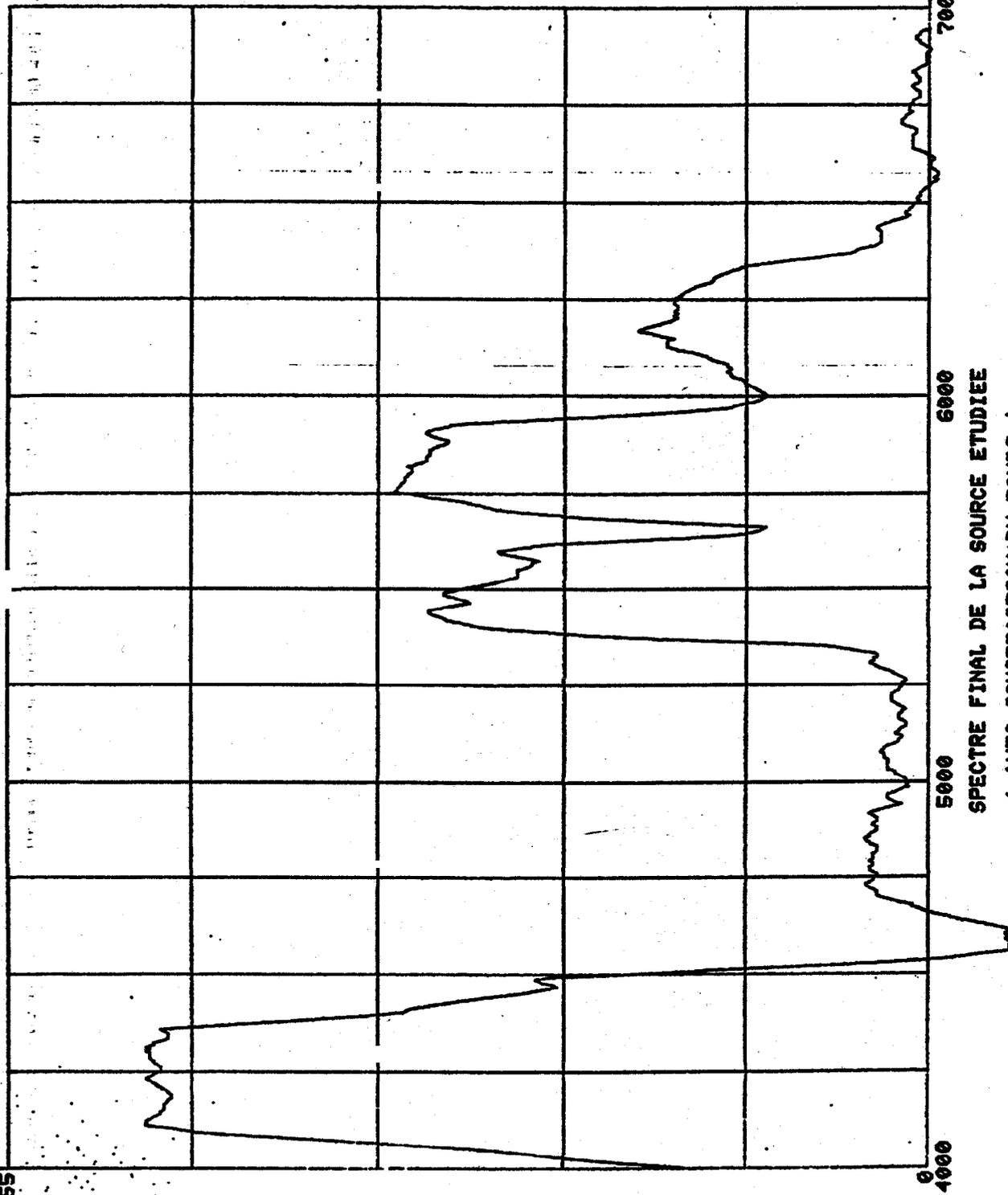
OPTION :

855

ROULEAU 8005

CLICHE 3

PAS 25 M



ANGSTROM

6000

5000

4000

SPECTRE FINAL DE LA SOURCE ETUDIEE

(AVEC SOUSTRACTION DU FONDS)

OPTION :

V. PROCEDURE STANDARD DE TRAITEMENT DES CLICHES

Ce **chapitre** récapitule l'**ensemble** des actions standard préconisées pour le traitement des clichés du **GEPAN**.

V.1. Clichés de calibration.

Il est demandé aux gendarmes qui ont des **clichés à** soumettre à l'analyse d'envoyer toute la "**chaîne** optique" : appareil, réseau et pellicule chargée, Selon le nombre de prises de vue restant à prendre, les **clichés** de calibration suivants **sont à** réaliser, par ordre d'importance décroissante :

- Une fente émettant un spectre de raies (Cd ou Hg par exemple), placée dans l'obscurité dans l'**axe** de **visée**.
- La **même** source située dans un coin du **champs** angulaire.
- Une mire de **densités**.

V.2. Développement du film,

Utilisation de révélateur ILFORD ID-11 dilué (1+3), à 20 °C, en agitant de façon intermittente durant 15 minutes, et dans l'obscurité complète (cuve à **spirales**).

Fixage à l'**aide** du fixateur ILFORD HYPAM

Lavage et rinçage avec l'agent mouillant ILFORD ILFOTOL, conformément aux indications du para. 8 de l'**annexe 1**.

V.3. Numérisation standard,

Utilisation de l'**OPTRONICS**, avec les **réglages** suivants :

- Pas d'échantillonnage : 25 microns.
- Taille de la **fenêtre** : 25 microns.
- **Echelle** de niveaux de gris : logarithmique.
- Plage de densités optiques : 0 à 2 D.

V.4. Extraction du spectre,

Mise en oeuvre du programme XSPECT à l'ETCA, et production de graphes représentant les spectres brut et final de la source étudiée.

V.5. Traitement spécifique (optionnel),

La dynamique de l'image numérisée peut **être** optimisée en **utilisant** les ressources de l'**Optronics**, en particulier si le cliché est très peu contrasté. En outre, pour des cas particuliers, on peut envisager une numérisation à 12,5 μm .

Dans le domaine informatique, **il** va de soi que des programmes particuliers peuvent **être** développés et utilisés au coup par coup, si l'**intérêt** d'un cliché le justifie. La richesse des bibliothèques de programmes spécialisés en traitement d'images disponibles au service d'optique physique de l'ETCA peut **être** exploitée efficacement si ce type de travaux se révèle utile.

VI. MOYENS INFORMATIQUES MINIMAUX NECESSAIRES

VI. 1, Configuration matérielle minimale,

Pour pouvoir implanter le programme XSPECT, **il** faut disposer d'**une** capacité de calcul, d'**un** lecteur de bandes magnétiques, et d'une console de traitement d'image,

En fait, compte tenu des architectures modernes, l'ensemble de ces moyens peut **être** fourni par un **constructeur** de consoles.

Le distributeur français d'un des meilleurs produits existant actuellement dans ce domaine (consoles **VICOM**) a été contacté, et a **fourni** 2 propositions commerciales que **l'on** trouvera en annexe. Les besoins minimaux sont :

- Un microprocesseur programmable en langage évolué.
- Un disque.
- Une unité de **bande magnétique** (1600 bpi),
- Une console alphanumérique et si possible **graphique**,
- Un **écran** de visualisation de 512x512 pels.
- Deux mémoires vives d'image de 512x512x8 bits, et **deux** plans graphiques associés (512x512x1 bits),

- Un outil de désignation (type manche à balai).

Les deux propositions commerciales correspondent à **l'investissement minimal à prévoir**, selon que **l'on** dispose ou non d'un mini-ordinateur (avec bandes magnétiques) sur lequel on peut coupler la **console**. Les prix respectifs **sont** de 353800 F et de 671250 F (H.T.), sans inclure les processeurs optionnels qui accroissent considérablement la puissance de la configuration.

Il est à noter que le matériel présenté ici permettrait non seulement **l'implantation de XSPECT**, mais aussi le développement de logiciels destinés au traitement des clichés **ordinaires**.

VI.2. Configuration logicielle minimale

Dans sa dernière version, le programme **XSPECT** comporte environ 900 instructions FORTRAN, en faisant appel à un bon nombre de sous-programmes standard du laboratoire de traitement d'images de **l'ETCA**.

Le minimum indispensable pour transposer ce programme **sur** une nouvelle configuration est de disposer d'un compilateur de langage évolué (de préférence FORTRAN), et **d'une** bibliothèque de sous-programmes permettant d'utiliser les ressources de traitement **d'image** Gestion des mémoires de **rafraîchissement**, du manche à balai, etc.), Des processeurs classiques comme l'éditeur de liens ou l'éditeur de texte sont **également indispensables**.

VII. PERSPECTIVES D'ETUDES COMPLEMENTAIRES

VII.1. Constitution d'un catalogue de référence.

Il serait du plus haut intérêt d'utiliser la **chafne** optique disponible pour constituer un catalogue de clichés digitalisés, constitué de deux parties distinctes :

- Sources classiques de confusion avec des **phénomènes** non identifiés (lune, planètes, phares, **éclairages**, **foudre**, etc...).

- Sources de **calibration** en longueur **d'onde**, destinées à raffiner l'algorithme de réduction des données.

Au fur et à mesure de l'élaboration de ce (~) catalogue (~), le **programme XSPECT** pourrait **être affiné, déverminé** et complété si-Xe besoin-'s'en fait sentir.

VII.2. Etude statistique des composants,

Cette étude viserait à évaluer les dispersions des caractéristiques des composants de la chaîne optique, et en particulier du réseau de diffraction de **Jobin-Yvon**.

Un résultat **essentiel** serait une connaissance beaucoup plus précise et étayée des incertitudes de mesure de spectres.

VII.3. Application de la méthode à d'autres composants.

La partie essentielle de ce travail porterait sur la **comparaison** des résultats obtenus en utilisant diverses sortes de **films** photographiques. En particulier, la détection des sources ténues (étoiles, planètes) pourrait **être** un critère de choix.

Par ailleurs, **il** pourrait se révéler intéressant de transposer la méthode **d'extraction** au cas d'un appareil photographique beaucoup plus performant, afin de voir dans quelle mesure le contrôle de tous les paramètres d'exposition (**ouverture**, temps de pose) permet de réaliser des mesures de flux absolus.

Ce type de mesure est, en effet, tout-à-fait impossible avec la **chaîne** optique standard de la Gendarmerie Nationale, puisqu'**il** est impossible de **contrôler** le temps de pose de l'**ap-**pareil,

DOCUMENT TECHNIQUE

FP4

FILM NOIR ET BLANC DE RAPIDITÉ MOYENNE 35mm



ILFORD

1 Description et utilisation

ILFORD FP4 est un film noir et blanc à grain ultra fin et de contraste moyen. En développement standard, sa rapidité nominale à la lumière du jour est de 125ASA/22DIN. Le film FP4 possède une émulsion à acutance élevée qui, jointe à sa finesse de grain et à sa latitude d'exposition, lui assure une qualité tout-à-fait exceptionnelle et en font le film idéal pour la prise de vue en intérieur comme à l'extérieur, particulièrement lorsqu'il s'agit de réaliser des agrandissements géants. FP4 donne des résultats de bonne qualité, même s'il est surexposé de six diaphragmes ou sous-exposé de deux diaphragmes.

Le film FP4 35mm a un support de teinte agréable, qui permet une évaluation aisée du contraste des épreuves au négatoscope. Il comporte également une numérotation des vues en chiffres gras, rendant très aisée l'identification des négatifs.

2 Utilisation des filtres

Les coefficients donnés ci-dessous constituent un guide pour le calcul de l'augmentation du temps de pose, rendue nécessaire lors de l'utilisation des filtres indiqués. Les coefficients pour la lumière du jour peuvent varier avec la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon et avec l'heure de la journée. En fin d'après-midi ou pendant les mois d'hiver, lorsque la lumière est plus riche en radiations rouges, il peut être nécessaire d'augmenter légèrement les coefficients relatifs aux filtres verts et bleus. Les coefficients donnés pour l'éclairage au tungstène ont été établis pour une source de lumière au tungstène moyenne, d'une température de couleur de 2850°K. Les coefficients des filtres sont des facteurs d'intensité, mais pour la plupart des applications, les temps de pose peuvent être augmentés en utilisant soit un diaphragme plus ouvert, soit une vitesse d'obturation inférieure.

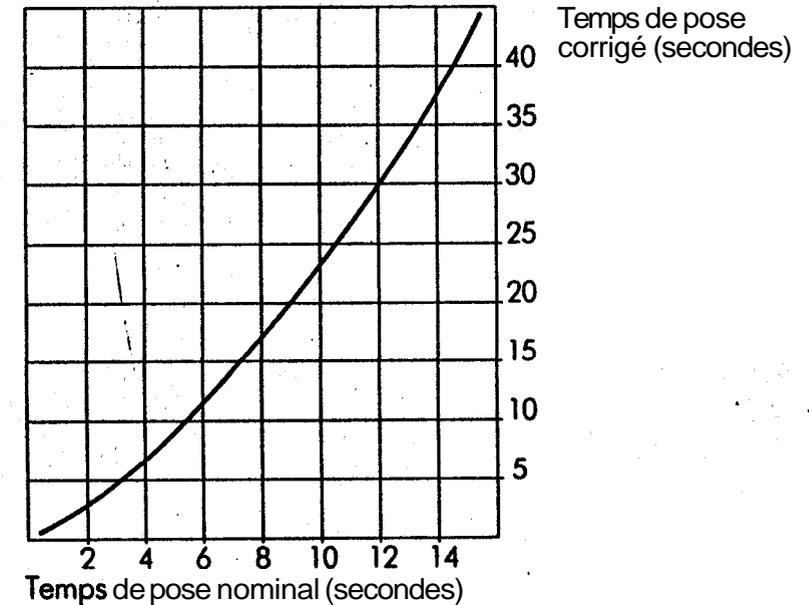
	Lumière du jour	Tungstène
104 Alpha (jaune)	1 1/2	1 1/4
109 Delta (jaune foncé)	2	1 1/2
202 Micro 5 (orange foncé)	5	2 1/4
402 Gamma (vert-aune)	3 1/2	4
403 HW (bleu-vert 1)	—	3 1/2
204 Trichrome rouge	6	4
304 Trichrome bleu	7	13
404 Trichrome vert	6	6

3 Effets de réciprocité

FP4 ne nécessite pas de corrections du temps de pose en fonction de la loi de réciprocité, lorsque celui-ci se situe entre 0,5s et 1/1000 de seconde. Les temps de pose supérieurs à 0,5s doivent être corrigés pour tenir compte de l'écart par rapport à cette loi de réciprocité.

Le graphique ci-dessous peut être utilisé pour déterminer les corrections à appliquer dans ce cas. Les valeurs portées sur l'axe horizontal indiquent les temps de pose estimés, l'axe vertical donnant les temps de pose corrigés.

3.1 Courbe de réciprocité



Pour les expositions extrêmement courtes, comme 1/10000 de seconde, l'ouverture du diaphragme doit être augmentée d'une demi-division par rapport au réglage indiqué.

4 Eclairage de laboratoire

Le film FP4 doit être manipulé et traité dans l'obscurité complète. Une brève vérification de la densité du film peut cependant être effectuée de temps à autre au moyen d'une lanterne équipée d'un écran de sûreté ILFORD 908 (vert très foncé), pendant le traitement.

5 Technique d'exposition et de développement

Le film FP4 est idéal pour la plupart des utilisations. Tout en ayant une rapidité nominale standard de 125ASA/22DIN, il est d'une souplesse d'emploi qui permet de l'exposer et de le développer en fonction d'exigences très diverses. Le présent paragraphe résume du mieux possible la manière d'y parvenir.

5.1 Contraste à l'agrandissement

Il existe 2 catégories essentielles d'agrandisseurs, à condenseur ou à lumière diffuse. Les premiers donnant un contraste élevé et les seconds une image plus douce, il convient de déterminer le degré de contraste final du négatif avant de procéder au développement. Pour les négatifs devant être tirés dans un agrandisseur à condenseur sur un papier de grade moyen (par exemple ILFORD grades 2 ou 3) on recherchera un contraste anormal. Pour ceux destinés à être tirés dans un agrandisseur à lumière diffuse sur un papier de grade moyen, on recherchera un contraste «élevé». Les tableaux donnés plus loin indiquent les durées de développement de FP4 pour un contraste normal ou un contraste élevé.

Il faut attribuer au film traité pour être tiré dans un agrandisseur à lumière diffuse une rapidité nominale plus grande qu'à celui traité pour tirage dans un agrandisseur à condenseur (voir paragraphe 5.3).

5.2 Contraste du sujet

Ayant déterminé le degré de contraste requis pour le négatif à tirer, il est parfois nécessaire d'apporter des corrections au développement pour compenser un écart de brillance important du sujet. Ainsi, par soleil très vif, il peut être utile d'accroître l'ouverture du diaphragme d'une demi-division et de réduire le développement en conséquence. Ceci comprime légèrement la gamme de densités du négatif, en maintenant le niveau d'exposition. Par contre, lorsque l'écart de brillance du sujet est plutôt faible, il est souhaitable d'augmenter la durée du développement. Il n'est pas en général nécessaire de modifier l'exposition. Les courbes contraste/temps données plus loin, faciliteront le choix de la nouvelle durée de développement.

5.3 Rapidité du film

Le choix judicieux du révélateur ILFORD le mieux adapté permet d'exploiter la souplesse de FP4. Pour obtenir le meilleur résultat en utilisation courante, utiliser ILFORD ID-11. Pour obtenir un grain fin ou développer à bain perdu, utiliser ILFORD ILFOSOL 2. Pour avoir le grain le plus fin possible, mais avec une certaine perte de rapidité, développer FP4 dans ILFORD PERCEPTOL. Pour une augmentation de la rapidité, développer FP4 dans ILFORD MICROPHEN.

Le film FP4 peut aussi être développé en machine, sans perte de rapidité du film, avec le révélateur-régénérateur ILFORD ILFONEG.

Les réglages de posemètre recommandés pour chaque combinaison film-révélateur sont indiqués ci-dessous. Ceux-ci ont été déterminés au moyen de négatifs traités pour contraste normal et pour contraste élevé.

	PERCEPTOL	ILFOSOL 2	ID-11	MICROPHEN	ILFONEG
Contraste normal					
ASA	64	125	125	200	125
DIN	19	22	22	24	22
Contraste élevé					
ASA	100	160	200	320	200
DIN	21	23	24	26	24

Bien que les valeurs ASA/DIN recommandés ci-dessus soient valables pour l'exposition en lumière du jour, elles constituent une première indication pour la prise de vues en lumière artificielle.

6 Développement

Le tableau ci-dessous donne les durées de développement en minutes pour le traitement à 20°C dans une cuve à spirales, avec agitation continue pendant les 10 premières secondes du développement, suivie de 10 secondes d'agitation (ou 4 renversements) toutes les minutes pendant le reste du traitement.

	Contraste normal*	Contraste élevé*
PERCEPTOL	10	13
ID-11	6 1/2	10
MICROPHEN	5	7 1/2

* Contraste «normal» et contraste «élevé» s'entendent respectivement pour le contraste d'un négatif destiné au tirage dans des agrandisseurs à condenseur et à lumière diffuse.

Dans le cas d'une agitation continue, comme celle utilisée pour le traitement en cuvette ou dans certains types de cuve, il convient de réduire ces durées d'un tiers.

- 6.1 Développement en révélateur dilué ou à bain perdu
Le développement de FP4 dans les révélateurs ID-11, MICROPHEN ou PERCEPTOL dilués accroît l'acutance déjà élevée de ce film. Le développement en bain dilué convient tout spécialement pour les sujets présentant des écarts de brillance importants. On obtient alors des images brillantes, sans qu'il y ait perte de détails dans les ombres et les hautes lumières. Le révélateur dilué ne doit servir qu'une fois puis être jeté.

Le tableau ci-dessous donne les durées de **développement** en minutes à 20°C dans le cas d'une agitation intermittente.

	Dilution	Contraste normal	Contraste élevé
PERCEPTOL*	1+1	11	15
	1+3	16	28
ILFOSOL 2	1+9	4	6 1/2
ID-11	1+1	9	14
	1+3	15	22
MICROPHEN	1+1	8	13
	1+3	11	20

* Lorsqu'on passe du traitement en solution standard au traitement à bain perdu avec le révélateur PERCEPTOL, il convient d'utiliser une rapidité de film de 100ASA/21DIN pour le contraste normal des négatifs, et de 125ASA/22DIN pour le contraste élevé. Avec les révélateurs ID-11 et MICROPHEN, la rapidité du film FP4 reste la même, quelle que soit la technique de développement recommandée.

7 Fixage

Après développement, le film doit être rincé à l'eau puis fixé dans un fixateur acide comme ILFORD HYPAM, l'opération s'effectuant en 2 à 4 minutes. Si un agent tannant est nécessaire, ajouter ILFORD RAPID HARDENER, le tannage correct étant obtenu en 4 minutes. On peut également utiliser ILFOFIX, fixateur acide, qui fixe et tanne le film en 10 à 20 minutes.

8 Lavage

La durée de lavage dépend principalement de la présence ou de l'absence de tannage lors du fixage.

Lorsque les films ont été traités avec un fixateur tannant, il convient de les laver soigneusement à l'eau courante pendant 15 à 20 minutes.

S'il n'y a pas eu de tannage et si la température de traitement est inférieure à 25°C, on peut appliquer une autre méthode de lavage qui, tout en permettant des économies de temps et d'eau, donne un lavage permanent convenant à la mise en archives.

- 1 Traiter le film dans une cuve à spirales.
- 2 Le fixer au moyen d'un fixateur non tannant comme ILFORD HYPAM.
- 3 Après fixage, remplir la cuve d'eau à la même température que les solutions de traitement et la retourner cinq fois.
- 4 Vider la cuve et la remplir d'eau à nouveau. La retourner dix fois.
- 5 Vider la cuve, la remplir d'eau une troisième fois et la retourner vingt fois. Un rinçage final à l'eau additionnée d'agent mouillant ILFORD ILFOTOL aidera à obtenir un séchage rapide et uniforme du film. Celui-ci devra ensuite être séché dans un endroit exempt de poussières.

9 Traitement en machine

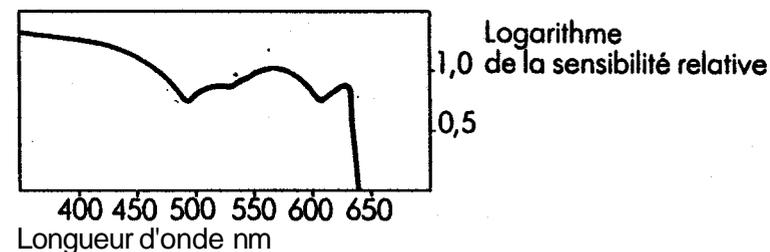
Le film FP4 peut être traité dans toutes les machines automatiques à usage général. Le révélateur-régénérateur ILFORD ILFONEG est recommandé pour cet usage. Le tableau ci-dessous donne les durées de développement automatique à 30°C, en secondes.

	Contraste normal	Contraste élevé
ILFONEG	30	50

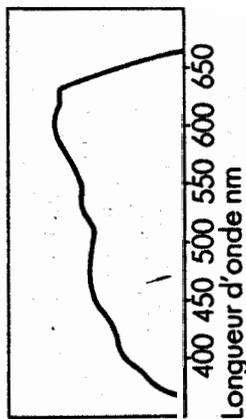
Après développement, fixer FP4 dans ILFORD HYPAM (1+4) additionné de tannant ILFORD RAPID HARDENER. L'emploi d'un tannant est indispensable pour le traitement en machine.

10 Sensibilité spectrale

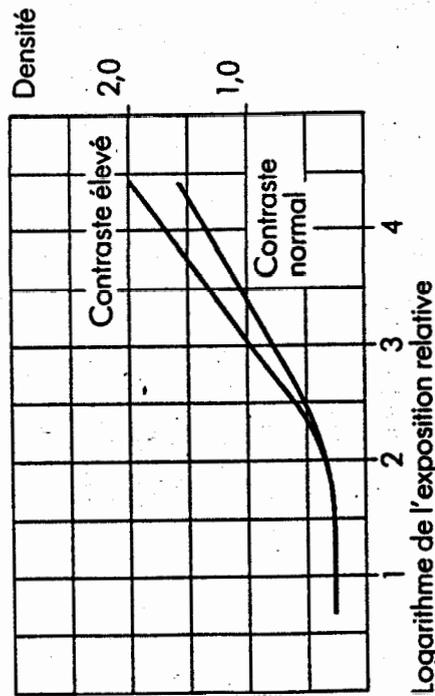
10.1 Courbe de radiance uniforme



10.2 Spectrogramme sous coin neutre en lumière tungstène (2850°K)



11 Courbes caractéristiques

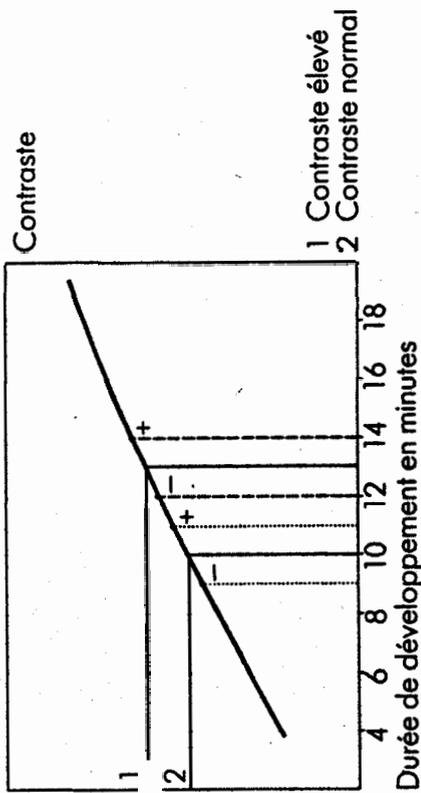


FP4 développé dans ID-11 à 20°C avec agitation intermittente

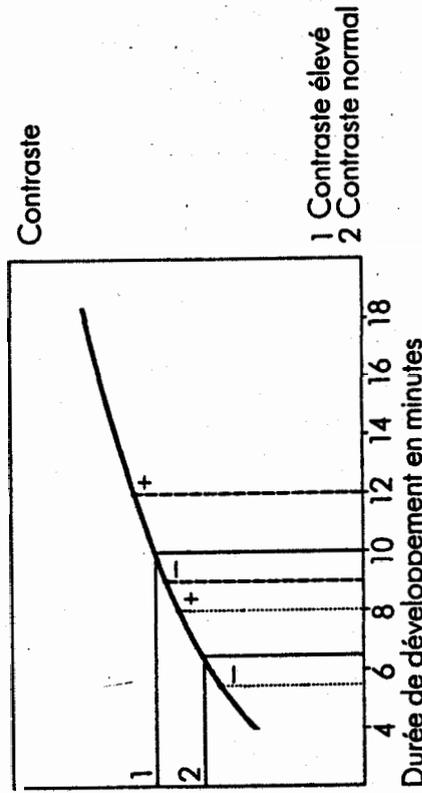
12 Courbes contraste/temps

Les courbes données ci-après indiquent les temps de développement pour un «contraste normal» et pour un «contraste élevé», et offrent, en outre, des temps permettant de compenser les divers écarts de brillance du sujet. Les durées indiquées par les courbes «-» peuvent être utilisées pour les sujets dont les écarts de brillance sont importants. A l'opposé, les durées plus grandes indiquées par les courbes «+» peuvent être employées lorsque les écarts de brillance du sujet sont faibles. Ces temps sont donnés à titre indicatif, car il est admis que certains facteurs peuvent imposer de plus grandes modifications de la durée de développement.

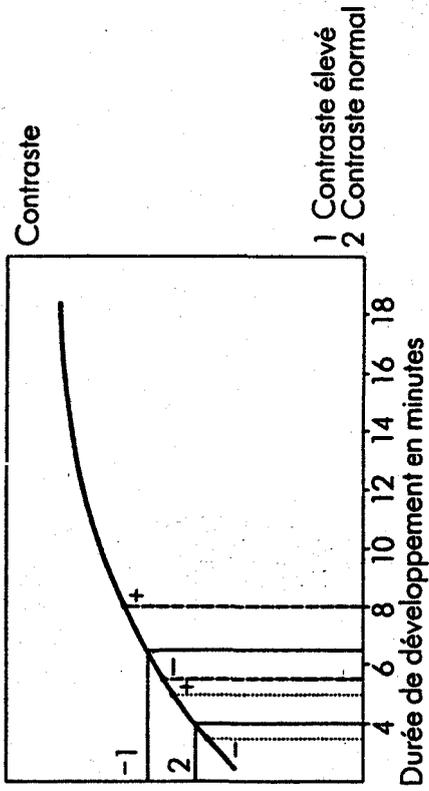
12.1 PERCEPTOL



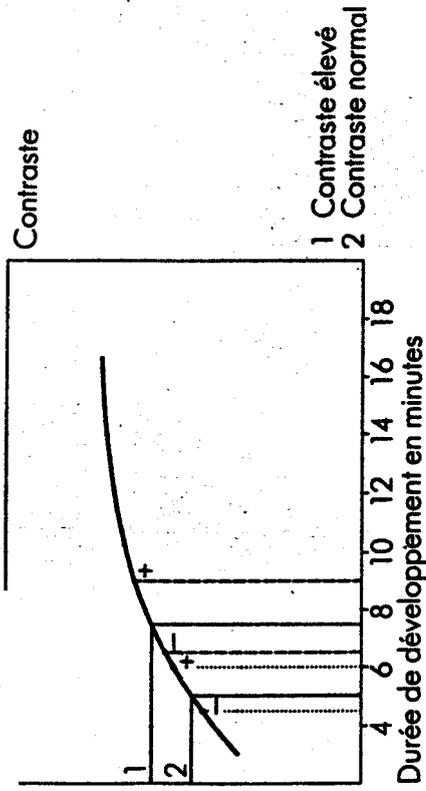
12.2 ID-11



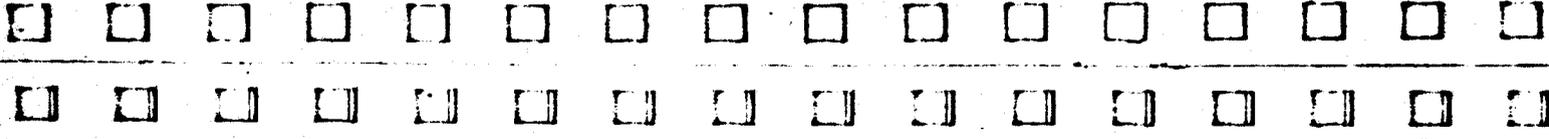
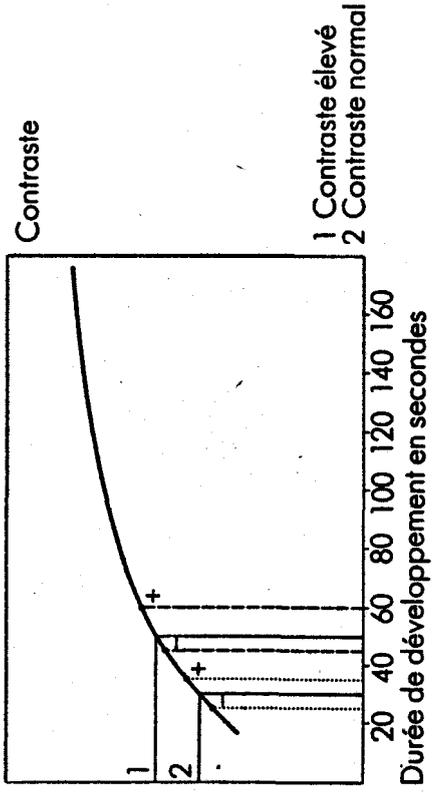
12.3 ILFOSOL 2 (1+9)



12.4 MICROPHEN



12.5 ILFONEG



ILFORD ID 11

DOCUMENT TECHNIQUE

Révélateur, régénérateur

Description

ID 11 est un révélateur grain fin du type Géniol-Hydroquinone-Borax (M. O. Borax) qui donne d'excellents résultats avec tous les films, sans perte de sensibilité générale.

Applications

ID 11 convient parfaitement dans tous les cas de photographie classique. Il s'emploie aussi bien avec ou sans régénération.

Caractéristiques

- Grain fin
- Développement progressif
- Souplesse d'utilisation
- Exceptionnelle résistance à l'oxydation et à l'épuisement.

ID 11 permet d'obtenir des clichés dont la granulation très fine donne des images agrandies de haute qualité. On constate avec le révélateur ID 11 une évolution très régulière du contraste en fonction du temps de développement (voir courbe contraste/temps).

Cette caractéristique associée à une bonne souplesse d'utilisation rend l'emploi du révélateur ID 11 facilement contrôlable.

Le révélateur ID 11 se conserve très bien grâce à son excellente résistance à l'oxydation et à l'épuisement.

Préparation du bain

Ne pas essayer de préparer des doses inférieures à celle prévue en fractionnant les produits en poudre. La dose doit donc être préparée en une seule fois. Les doses de révélateur ID 11 comprennent trois sachets. Dissoudre le contenu des deux plus petits sachets A et B dans environ 3/4 du volume total d'eau chaude (40° C) et ajouter progressivement le contenu du sachet C en agitant jusqu'à complète dissolution.

Compléter avec de l'eau froide pour obtenir le volume indiqué de solution prête à l'emploi.

Capacité de développement (sans régénération)

Si le révélateur ID 11 est stocké en bouteille fermée hermétiquement, il peut être utilisé en plusieurs fois. Dans des conditions normales, on développe 9 Roll-films 120 par litre de bain

Tableau d'équivalence en surface

1 Roll-film 120 = 1 Film 135 - 36 poses

1 Film 135 - 36 poses = 2 Films 135 - 20 poses

Pour obtenir un contraste constant, il est nécessaire d'augmenter le temps de développement de 10 % après chaque groupe de 8 films traités par 4,5 l. de révélateur.

Dans le cas de volumes de bain supérieurs, réaliser proportionnellement cette augmentation de temps.

Exemple : pour 22,5 l. de révélateur, augmenter de 10 % après chaque groupe de 40 films traités.

Régénération

Le révélateur ID 11 est étudié pour maintenir une activité constante du révélateur dans le cas d'un emploi en cuve de grande contenance.

Préparation du régénérateur :

Le régénérateur ID 11 est composé de trois sachets.

Dissoudre le contenu du sachet A et ensuite le sachet B dans environ 1700 cc d'eau chaude (40°).

Ajouter le contenu du sachet C et agiter jusqu'à dissolution complète.

Compléter avec de l'eau froide pour obtenir 2,5 l. de solution prête à l'emploi.

Mode d'emploi

Le régénérateur remplace le révélateur transporté par les films en sortie de développement de façon à maintenir constant le volume du bain, l'activité du révélateur et le temps de développement.

Nous conseillons de bien égoutter les films au-dessus de la cuve de révélateur afin de transporter le minimum de bain, ce qui permet d'éviter de plus une usure prématurée des bains suivants (bain d'arrêt, fixateur). Il y a lieu de régénérer quand le volume du bain a diminué de 5 % ou quand il a été développé environ 1,3 m² par volume de 4,5 l. de bain.

Ce qui donne un apport de 150 cc de régénération par m² (20 Roll-films = 1 m²) de film traité.

La régénération peut être continuée très longtemps.

Le révélateur doit être changé quand le film montre une légère opalescence après fixage.

Temps de développement

Dans la plupart des cas, les films doivent être développés à un contraste normal si on emploie un agrandisseur à lumière tungstène, et à un contraste plus élevé si on emploie un agrandisseur à lumière froide.

Ces valeurs de contraste sont indiquées pour permettre un tirage sur papier ILFOBROM Grade 2.

Les temps de développement ci-après sont donnés pour un traitement à une température de 20° C avec agitation intermittente (agitation pendant les 10 premières secondes et 5 secondes toutes les minutes).

Ces temps de développement sont donnés à titre indicatif. Ils peuvent être modifiés en fonction des différentes méthodes de développement utilisées et des conditions de prise de vue.

contraste normal

Contraste élevé

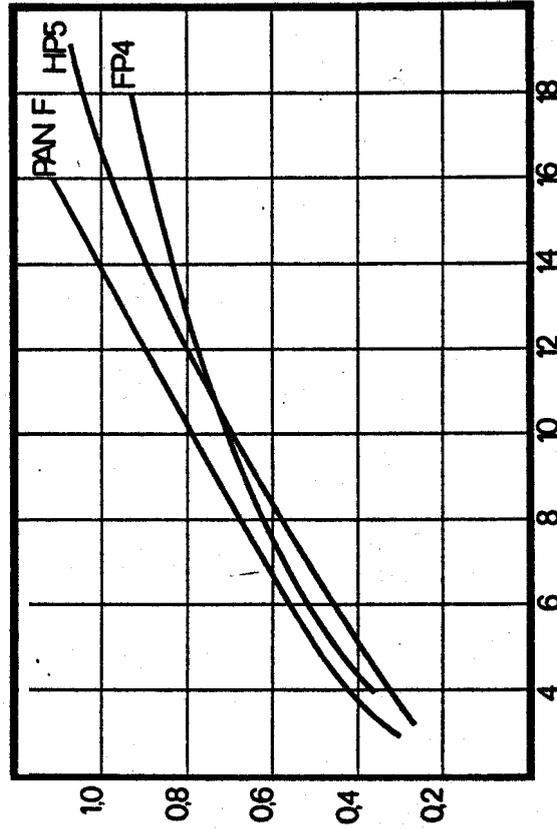
PAN F 6 mn 8 1/2 mn

FP 4 6 1/2 mn 10 mn

HP 4 8 mn 10 mn

HP 5 7 1/2 mn 10 mn

contraste



Courbe contraste/temps développement en cuve
Agitation intermittente - Traitement à 20 °C

DEVELOPPEMENT en ID 11 dilué :

La dilution du révélateur ID 11 offre de nombreux avantages :

- augmentation de la définition
- meilleur contrôle du contraste
- résultat absolument régulier, usage "une fois"
- pas de perte de rapidité

Les dilutions recommandées pour ID 11 sont 1 + 1 ou 1 + 3 - Une dilution supérieure à 1 + 3 n'augmente pas la qualité des clichés.

Une fois dilué, le révélateur ne peut pas être conservé après un premier développement.

Temps de développement à 20°.

Agitation intermittente.

	Dilution	Contraste normal	Contraste élevé
PAN F	1 + 1	8 1/2 mn	12 mn
	1 + 3	12 1/2 mn	18 mn
FP 4	1 + 1	9 mn	14 mn
	1 + 3	15 mn	22 mn
HP 4	1 + 1	12 mn	18 mn
	1 + 3	20 mn	•
HP 5	1 + 1	12 mn	18 mn
	1 + 3	21 mn	•

* Déconseillé.

Conditionnements

Le révélateur est disponible en dose de :

5 x 0,6 litres

2,5 litres

10 litres

et le régénérateur en dose de :

2,5 litres

Important

Ce produit contient certaines substances qui peuvent provoquer des irritations de la peau pour certaines personnes.

Il est donc recommandé de bien se rincer les mains et de les sécher aussitôt que possible après avoir manipulé du révélateur ID 11.

ILFORD décline toute responsabilité pour d'éventuelles conséquences dues à l'emploi de ce révélateur.

Abaque temps/température de développement

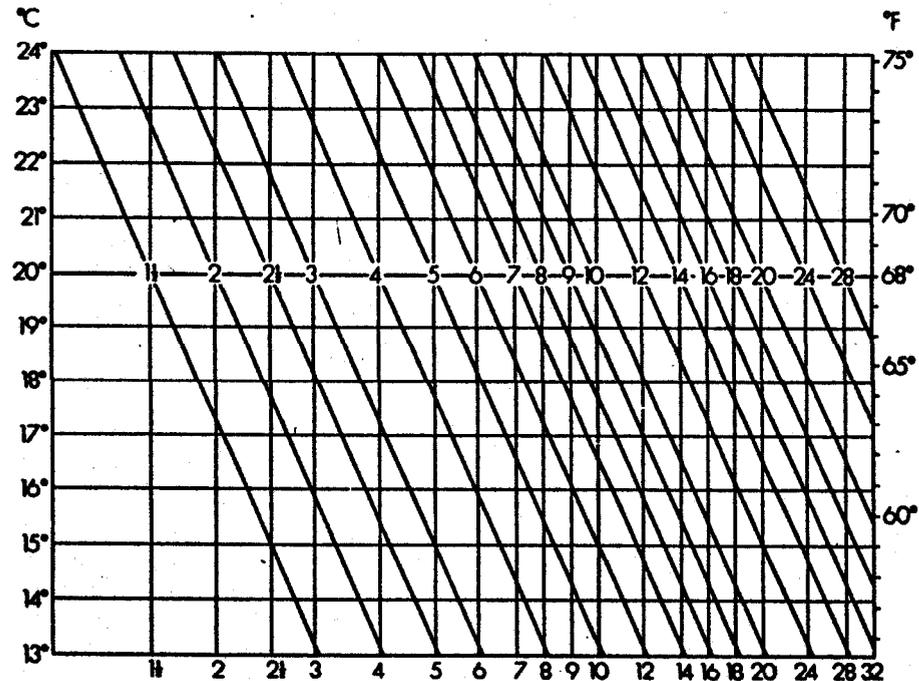
Cet abaque est destiné à déterminer le temps de développement à différentes températures lorsque l'on connaît le temps recommandé à 20° C

Pour utiliser l'abaque, choisir la ligne verticale correspondant au temps de développement à 20° C. Cette ligne coupe sur la droite horizontale de 20° C une oblique en trait fort; l'intersection de cette oblique avec la ligne température à utiliser détermine le temps de développement à appliquer.

Exemple :

Temps de développement de base : 8 mn à 20° C

A 23° C, il faudra développer 6 minutes seulement



LUMIÈRE SA
Chemin de la Fouillouse
F 69800 SAINT PRIEST

LUMIÈRE SA
59, rue C. Delescluze
F-93170 BAGNOLET

ILFORD SA
CH-1700 FRIBOURG 5
Pérolles 66

SA ILFORD NV
178-184, rue de la Cambre
B-1200 BRUXELLES

ILFORD Ltd
BASILDON Essex
SS 14 3ET England

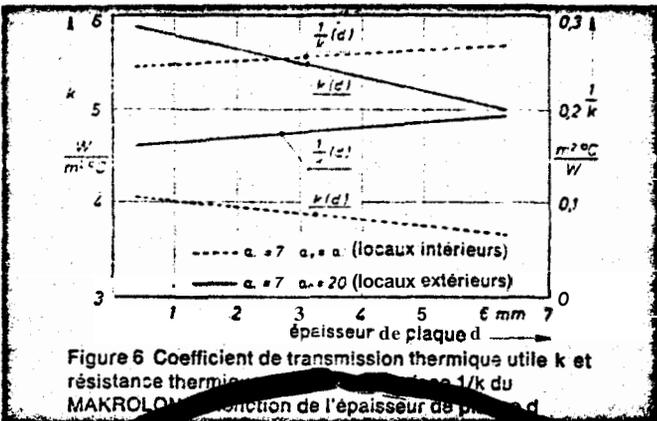


Figure 6 Coefficient de transmission thermique utile k et résistance thermique $1/k$ du MAKROLON en fonction de l'épaisseur de plaque d

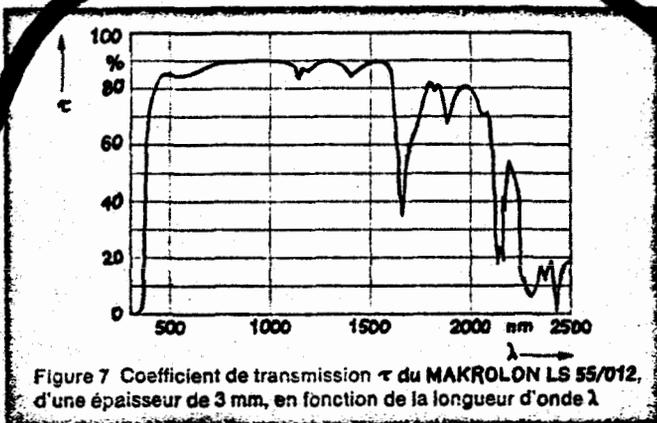


Figure 7 Coefficient de transmission τ du MAKROLON LS 55/012, d'une épaisseur de 3 mm, en fonction de la longueur d'onde λ

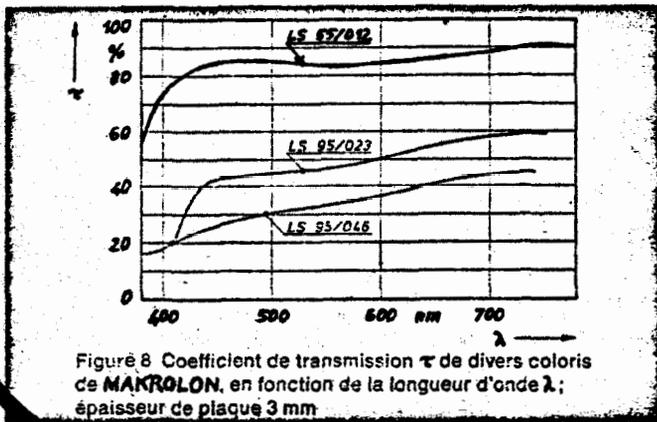


Figure 8 Coefficient de transmission τ de divers coloris de MAKROLON, en fonction de la longueur d'onde λ ; épaisseur de plaque 3 mm

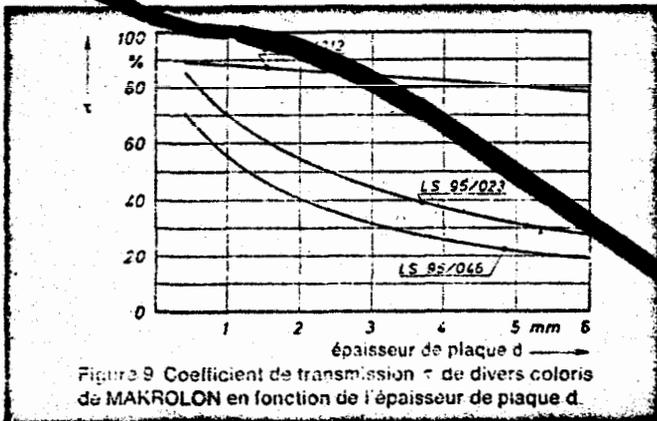


Figure 9 Coefficient de transmission τ de divers coloris de MAKROLON en fonction de l'épaisseur de plaque d

Le point d'inflammation du MAKROLON se situe à 500°C. Les plaques en MAKROLON, dans la mesure où elles ne sont pas utilisées dans un matériau composite, sont difficilement inflammables selon DIN 4102. De plus amples détails figurent dans le procès-verbal d'essai PA III 22994 de l'Institut technique du bâtiment à Berlin. Le polycarbonate est auto-extinguible selon ASTM D 635. La combustion du MAKROLON cesse quand la flamme est éloignée.

Le coefficient de dilatation linéaire des plaques de MAKROLON est $\alpha = 65 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ selon VDE 0304/Teil 1. Il faut tenir compte de cette valeur pour l'utilisation, notamment pour l'encastrement de plaques.

La détermination des pertes thermiques des bâtiments s'effectue généralement à l'aide de la norme DIN 4103 «protection thermique des bâtiments». Les valeurs initiales du calcul comprennent la conductivité thermique λ , égale à 0,21 W/m°C pour le MAKROLON. A l'aide de la conductivité thermique λ et de l'épaisseur de la plaque, on calcule le coefficient de transmission thermique d'une couche ou la résistance thermique d'une couche par unité de surface, sous forme de la quantité de chaleur qui, pour un chauffage constant, traverse en 1 heure 1 m² d'une plaque d'épaisseur d , quand la différence de température entre les faces est de 1°C. Les valeurs ainsi obtenues sont représentées en fonction de l'épaisseur d , sur la figure 4 et, pour diverses valeurs de α_i et α_e , sur la figure 5.

Avec les coefficients de transmission thermique de surface figurant dans la norme DIN 4103, on obtient les coefficients de transmission thermique utiles ou les résistances thermiques par unité de surface. Les indications de la figure 6 ne sont valables que dans le cas normal décrit par la norme DIN 4108. Pour des conditions différentes, il faut calculer les valeurs du coefficient de transmission thermique utile applicables dans ce cas.

2.3. Propriétés optiques

La figure 7 représente la transparence du MAKROLON au rayonnement. Alors que les rayons UV sont absorbés presque totalement, la transparence atteint 85% environ dans le visible. La transparence dépend fortement de la longueur d'onde au-delà de 1.500 nm (proche IR, IR). Il est ainsi possible d'utiliser un rayonnement IR de grande longueur d'onde pour chauffer des plaques de MAKROLON.

La figure 8 représente le coefficient de transmission spectrale de divers types incolores et blancs (épaisseur d'éprouvette : 3 mm). La figure 9 reproduit la variation du coefficient de transmission en fonction de l'épaisseur de plaque.

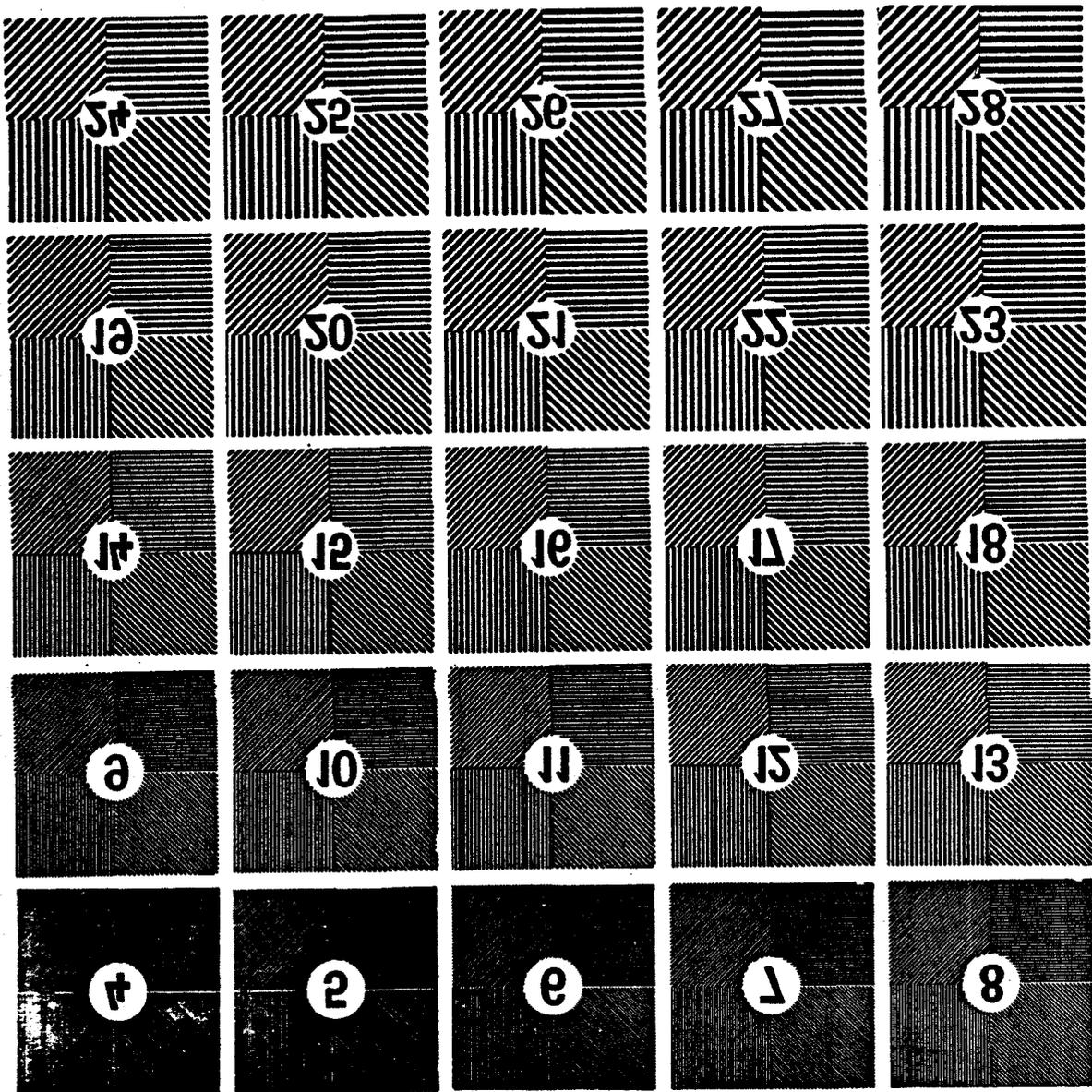
Le MAKROLON a un indice de réfraction élevé $n_D^{20} \approx 1,586$.

2.4. Propriétés électriques

Les plaques de MAKROLON sont utilisables comme éléments isolants, car les principales caractéristiques électriques ne sont pratiquement pas influencées par des fluctuations de la température ou de l'humidité.

102, rue de Sévres, 2 et 2, boulevard Pasteur, PARIS-12^e
Editions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale

ainsi, en secondes d'arc, la distance angulaire de ces axes vue à 10 mètres
de deux traits noirs (ou de deux traits blancs) consécutifs. Ils expriment
les numéros expriment, en vingtièmes de millimètre, la distance des axes



Plaque I

de Foucault, après G. Bignon

UNIVERSITÄT

INSTITUT D'OPTIQUE THÉORIQUE ET APPLIQUÉE

POUVOIR DE RÉOLUTION OU RESTITUTION DU CONTRASTE

par Jacques **POULEAU**
Division Optique Matra

I. - INTRODUCTION

Depuis des dizaines d'années, on a l'habitude de juger de la qualité d'un système optique par la mesure de la « résolution maximum ». Au fabricant d'objectifs, on demande toujours quel est le pouvoir **résolvant** de ses objectifs ce qui laisse supposer dans l'esprit de tous que cela représente un **critère** de qualité.

Certes le pouvoir de résolution fournit une information non négligeable mais elle est bien **incomplète**. De plus c'est une méthode subjective c'est-à-dire qu'elle est basée sur un **critère** qui dépend de la manière dont l'observateur apprécie ou non les faibles contrastes.

Il y a quelques années, des chercheurs ont imaginé une nouvelle méthode d'évaluation des systèmes optiques (appelée Fonction de Transfert Optique). Cette méthode, découlant du fait qu'un **système** optique a l'aptitude d'effectuer simplement une transformation mathématique complexe, tend à se **généraliser**. En particulier, dans tous les pays du monde les calculateurs d'objectifs et les fabricants utilisent cette méthode pour l'évaluation de leurs prototypes. Des standards commencent à être proposés et petit à petit on utilisera la fonction de transfert comme moyen de **contrôle** de production.

Pour mieux comprendre ce qui va suivre, nous pensons qu'il est souhaitable de montrer l'analogie qui existe entre l'objectif photographique (transmission des images) et la **chaîne** électro-acoustique (transmission des sons).

II. - TRANSMISSION DES INFORMATIONS

II.1. Transmission des sons

Une **chaîne** électro-acoustique est un filtre de **fréquences** temporelles c'est-à-dire qu'elle transmet les sons en les atténuant plus ou moins et sera jugée d'autant meilleure que sa

courbe de transmission sera uniforme (**atténuation** identique pour toutes les fréquences transmises) et que sa **bande passante** sera large (domaine couvert depuis les basses fréquences — graves — jusqu'aux hautes fréquences — aigus). Il ne viendrait à l'idée d'aucun professionnel, voire même d'un amateur d'acquérir une **chaîne électro-acoustique** sans connaître sa courbe de transmission des fréquences.

La connaissance de cette courbe sera nécessaire pour optimiser au mieux l'ensemble de traitement de l'information allant de la prise de son jusqu'à la restitution. En particulier, des filtres compensateurs pourront améliorer la qualité globale en corrigeant les **variations** du facteur de transmission.

Une **méthode simple** et connue pour la **détermination** de la courbe de transmission consiste à introduire comme **signal** d'entrée, une sinusoïde de fréquence f (exprimée en hertz, nombre de **vibrations** sinusoïdales par seconde) et d'amplitude « a » et de mesurer à la sortie de la **chaîne** l'amplitude

« a' » transmise; le rapport $\frac{a'}{a}$ donne le coefficient de transmission pour la fréquence f . En faisant varier d'une **manière** discrète la fréquence, il est possible de connaître, point par point, la courbe de transmission.

C'est ce qu'on appelle la Fonction de **Transfert**.

Comment ces notions, bien **assimilées** par les mélomanes, peuvent-elles être **transposées** aux **professionnels** et amateurs de la photographie?

112 Transmission des images

On s'est **intéressé** à l'étude de la transmission de l'image d'un objet complexe et l'on s'est aperçu que l'instrument d'optique se comporte comme un filtre à l'égard des différentes composantes sinusoïdales présentes dans l'objet. De **même** qu'un son peut être décomposé en une **infinité** de composantes sinusoïdales par rapport au temps (**fréquence** temporelle) un

objet optique peut être représenté par l'ensemble d'une infinité de composantes sinusoïdales dans le plan objet. On a affaire à des composantes présentant différentes fréquences spatiales (nombre de traits ou de cycles par millimètre) et l'instrument d'optique présente, pour chacune d'elles, un facteur de transmission qui dépend de cette fréquence spatiale.

Prenons un exemple : soit une mire à créneaux, c'est-à-dire une mire constituée par la juxtaposition de traits blancs et noirs d'égale largeur. C'est un objet simple et connu des photographes mais complexe du point de vue mathématique.

Si « p » est le pas de la mire exprimé en millimètres, sa fréquence fondamentale est :

$$\mu_{mm} = 1/p_{mm}$$

Du point de vue mathématique, la mire à créneaux s'exprime par sa décomposition en série de Fourier, c'est-à-dire en composantes sinusoïdales, par une expression de la forme :

$$\frac{4}{\pi} \left(\sin \mu + \frac{1}{3} \sin 3 \mu + \frac{1}{5} \sin 5 \mu + \dots + \frac{1}{n} \sin n \mu \right)$$

Pour que l'image de cette mire à créneaux formée par l'objectif soit conforme à l'objet, il est nécessaire que les différentes fréquences qui la composent soient toutes transmises et ceci sans atténuation. Ce qui n'est jamais le cas puisque l'objectif est un filtre de fréquences.

Que va-t-il se passer ?

a) Tout d'abord l'objectif étant un filtre de fréquences spatiales, toutes les fréquences ne seront pas transmises puisque l'objectif ne transmet pas au-delà de sa fréquence de coupure (μ_c). Par conséquent, dans le meilleur cas, la mire à créneaux image, aura un développement en série limité à la fréquence de coupure c'est-à-dire, de la forme :

$$\left[\sin \mu + \frac{1}{3} \sin 3 \mu + \frac{1}{5} \sin 5 \mu + \dots + \frac{1}{n} \sin n \mu \right]$$

avec $n \mu \leq \mu_c$

b) Ensuite, et c'est plus grave, les différentes fréquences transmises par l'objectif subissent des atténuations différentes pour chaque fréquence puisque l'objectif n'a pas une courbe de transmission uniforme et en réalité l'image de la mire à créneaux sera représentée par un développement en série de la forme :

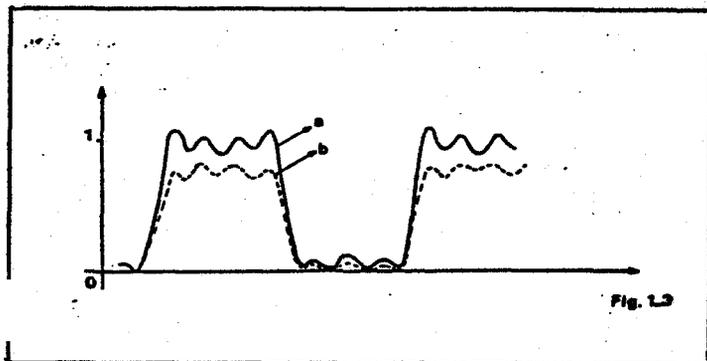
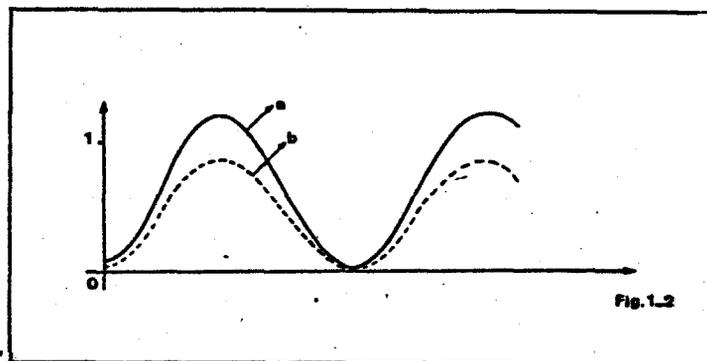
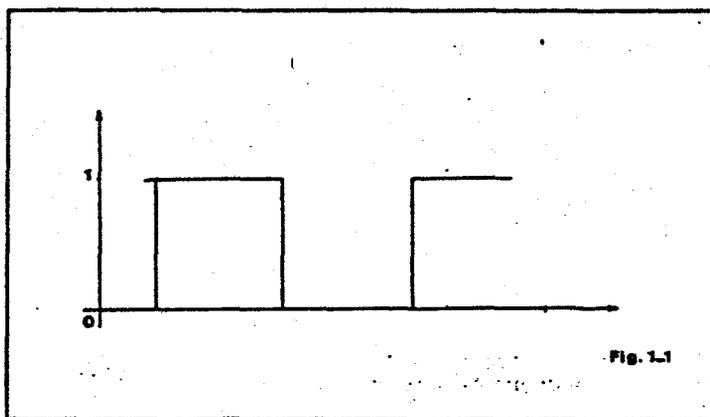
$$\frac{4}{\pi} \left[k_1 \sin \mu + k_3 \frac{1}{3} \sin 3 \mu + k_5 \frac{1}{5} \sin 5 \mu + \dots + k_n \frac{1}{n} \sin n \mu \right]$$

On voit alors, par comparaison avec l'expression mathématique de la mire à créneaux-objet, que son image aura un aspect différent puisque chacune des composantes sera transmise avec un coefficient k variable en fonction de la fréquence spatiale.

La remarque « a » introduit la notion « de pouvoir séparateur » de l'objectif, la remarque « b » celle de transfert de contraste. Ce qui en d'autres termes, peut être exprimé par : a) les hautes fréquences donnent les détails et les basses fréquences le contraste.

Reprenons l'exemple de la mire à créneaux :

La fig. 1-1 représente la répartition de luminance d'une mire à créneaux en fonction de l'espace.



La fig. 1-2 représente :

- a) l'image que donnerait un objectif dont la fréquence de coupure serait inférieure à 3 μ ;
- b) ce que donne réellement comme image un objectif dont la fréquence de coupure est inférieure à 3 μ et dont l'atténuation pour la fréquence μ est k.

La fig. 1-3 représente :

- a) l'image que donnerait un objectif dont la fréquence de coupure serait inférieure à 7 μ ;
- b) ce que donne réellement comme image un objectif dont la fréquence de coupure est inférieure à 7 μ et dont l'atténuation pour les fréquences μ , 3 μ et 5 μ est de k_1 , k_3 et k_5 . Le contraste* est plus faible.

On voit que ces images ne sont pas semblables à l'objet et que pour avoir la plus grande similitude possible entre l'objet et l'image, il faut d'une part que la fréquence de coupure soit élevée, mais aussi, pour le contraste restitué dans l'image soit le meilleur possible, que les coefficients k_1 , k_3 ,... soient les plus voisins possible de 1.

Comment, en optique, peut-on mesurer ce coefficient k ? En mesurant la fonction de transfert optique; et ce sera un moyen de choix puisqu'elle permettra d'avoir accès à la fois à la résolution maximum et au transfert de contraste.

III. - FONCTION DE TRANSFERT OPTIQUE

III.1. Définition de la F.T.O.

Rappelons brièvement que la Fonction de Transfert Optique (F.T.O.) d'un système optique est la transformée de Fourier de la répartition des éclairissements dans l'image d'un point. Cette fonction de transfert est, en général, une fonction complexe dont le module représente la Fonction de Transfert de Modulation (contraste de l'image) et l'argument, la Fonction de Transfert de Phase (déplacement de l'image par rapport à sa position théorique).

$$F(\mu) = M(\mu) \exp. [-j \Phi(\mu)]$$

Bien évidemment, la Fonction de Transfert Optique n'est valable, de par sa définition, que si le système optique considéré est linéaire et isoplanétique.

Par système linéaire, on entend un système tel que l'image de

la superposition de deux objectifs distincts est identique à la superposition des images de ces deux objets formées dans les mêmes conditions.

Par système isoplanétique, on entend un système tel que la réponse image d'un point est indépendante, de la position du point dans l'espace objet.

Ces conditions de validité de la fonction de transfert étant acquises, deux principes de mesure peuvent être utilisés.

L'un fait appel à la mesure de la surface d'onde au niveau de la pupille (par interférométrie) dont la fonction d'auto-corrélation permet d'obtenir la fonction de transfert.

L'autre nécessite de faire l'analyse de l'image d'une fente objet puis, soit la convolution directe par une mire à transparence sinusoïdale, soit le calcul de la Transformée de Fourier pour obtenir la Fonction de Transfert.

Spécifications :

- Gamme de focale : 10 8 2 000 mm.
- Mesure en tous points du champ :
- Champ : Sagittale ou tangentielle.
 $\pm 60^\circ$ ou ± 100 mm.
- Collimateur : Parabole offaxis - focale 2 000 mm
 \varnothing 150 mm.
- Fréquences spatiales : 5 à 100 mm⁻¹
5 à 200 mm⁻¹.
- Source : Lampe quartz iode -
3 200 °K et filtres interférentiels*.

De plus, l'ACOFAM permet les mesures classiques telles que longueur focale, astigmatisme, aberration chromatique et observation au point lumineux. Aussi, l'ACOFAM peut être

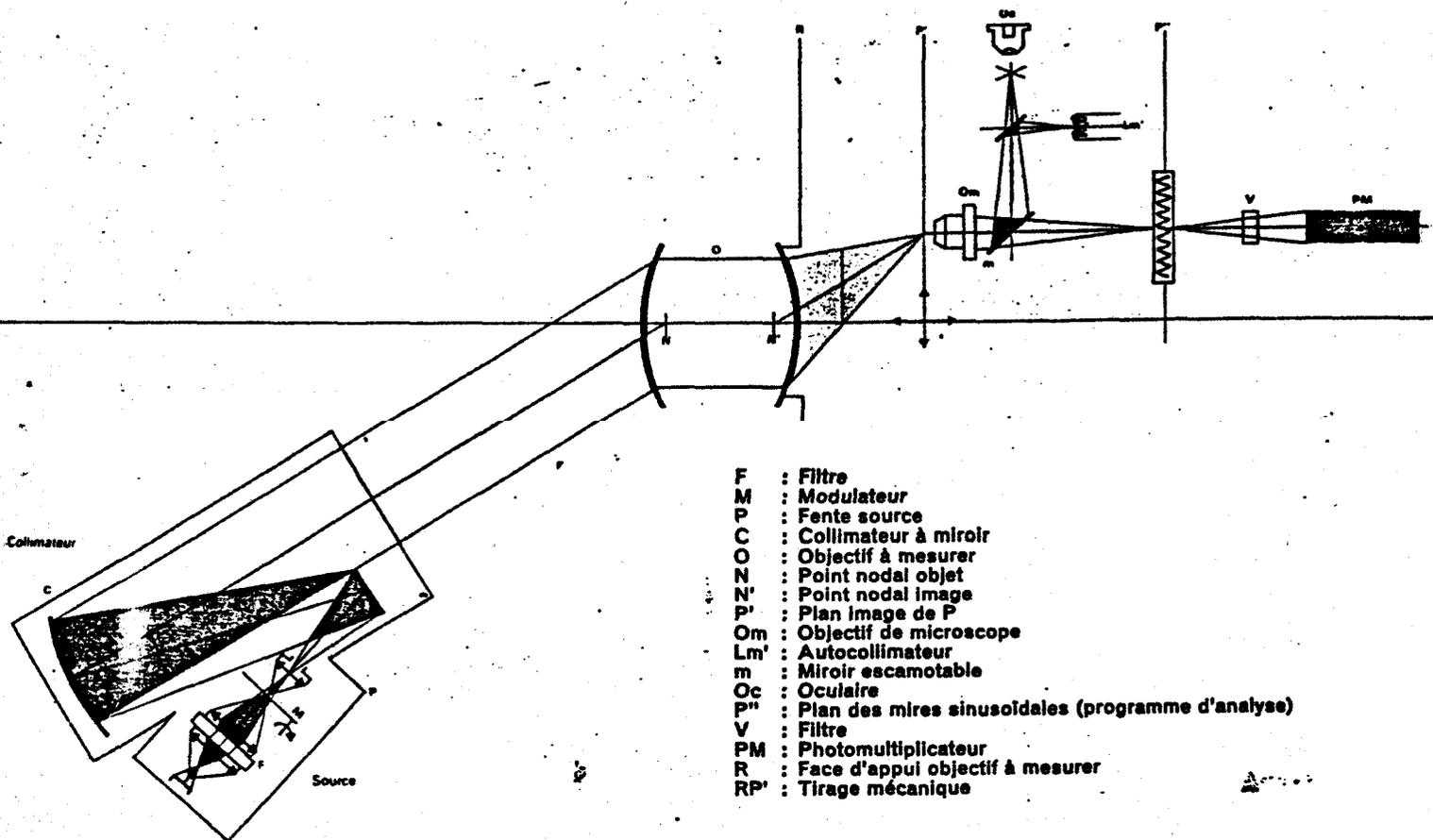


Fig. 3 - Schéma de principe de l'ACOFAM

La définition de la Fonction de Transfert ainsi donnée, comment d'un point de vue pratique pourra-t-on la mesurer? De la même manière qu'en électro-acoustique (II.1.). Le signal d'entrée est constitué par une mire à transparence sinusoïdale de fréquence spatiale μ et d'amplitude a . L'objectif en forme une image d'amplitude $a' a' b$. Le rapport $\frac{a'}{a}$ donne le coefficient de transfert pour la fréquence μ .

Ce principe de mesure est utilisé dans l'ACOFAM (fig. 2) développé par la SA. MATRA (sous licence ANVAR).

1112 Description de l'ACOFAM

Une fente fine est placée au foyer d'un collimateur. Le système optique à mesurer en forme une image dans son plan focal. Cette image est ensuite projetée sur une mire sinusoïdale animée d'un mouvement de translation. Le récepteur fournit un signal proportionnel au flux transmis à l'électronique de mesure. Les valeurs de la F.T.M. sont fournies sous forme analogique ou digitale (fig. 3).

considéré comme un banc de mesure classique qui peut également effectuer la mesure de la F.T.M. ou comme un banc photoélectrique qui peut également être utilisé pour les mesures traditionnelles. Les deux séries de mesure étant effectuées dans les mêmes conditions.

L'importance du domaine IR. a nécessité l'étude et la réalisation de sous-ensembles à adapter à l'ACOFAM pour étendre son domaine d'utilisation.

De nombreux appareils ont été vendus dans le monde et sont utilisés en Europe, en Russie, en Chine, au Japon et aux USA. tant chez les constructeurs de systèmes optiques que chez les utilisateurs.

Conçu à l'origine pour l'utilisation au laboratoire, l'ACOFAM, parce que trop sophistiqué, ne pouvait être utilisé comme appareil de contrôle de production et MATRA a développé un appareil simplifié l'ACOMAT.

* La température de 3 200 °K est celle de la lampe halogène utilisée. Des filtres compensateurs permettent d'obtenir la courbe S (λ) correspondant à la lumière du jour ou à la lumière artificielle.

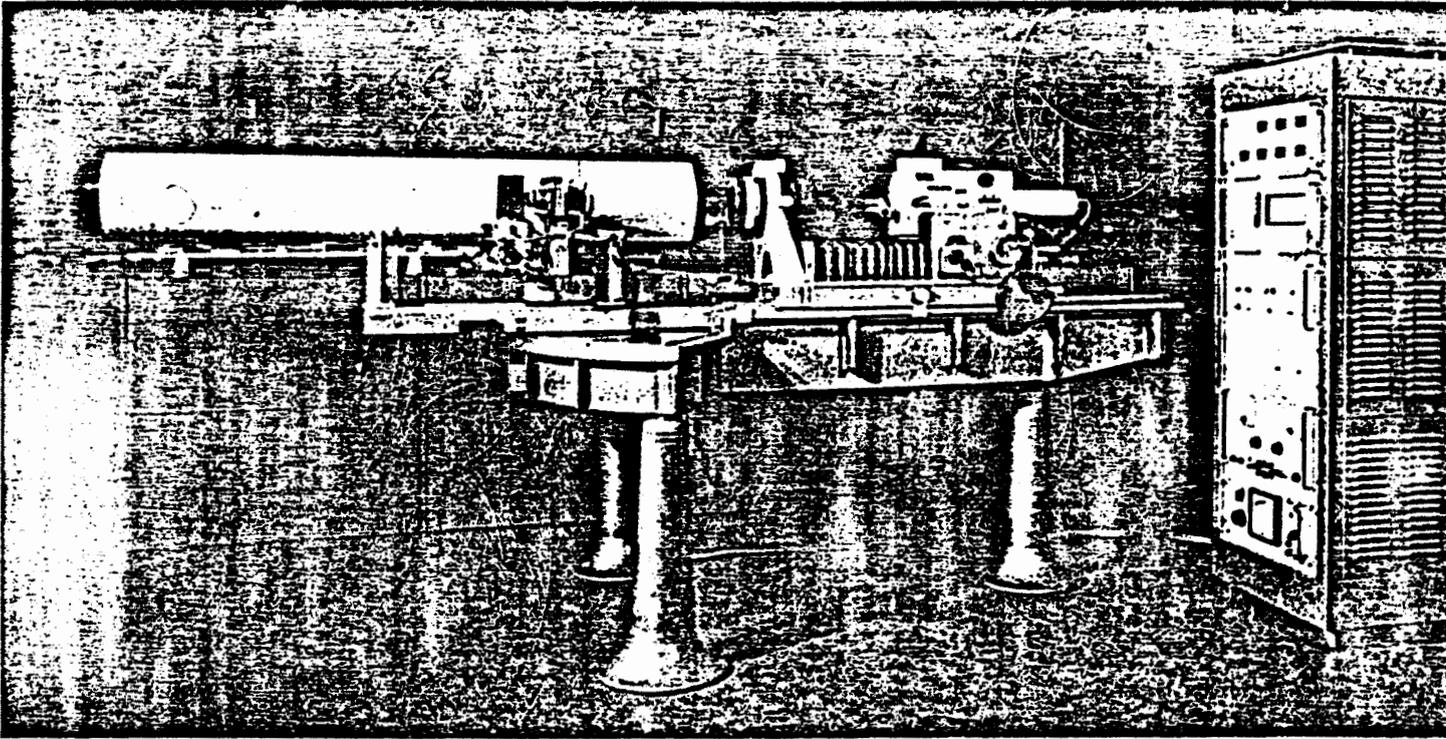


Fig. 2 - Vue générale de l'ACOFAM

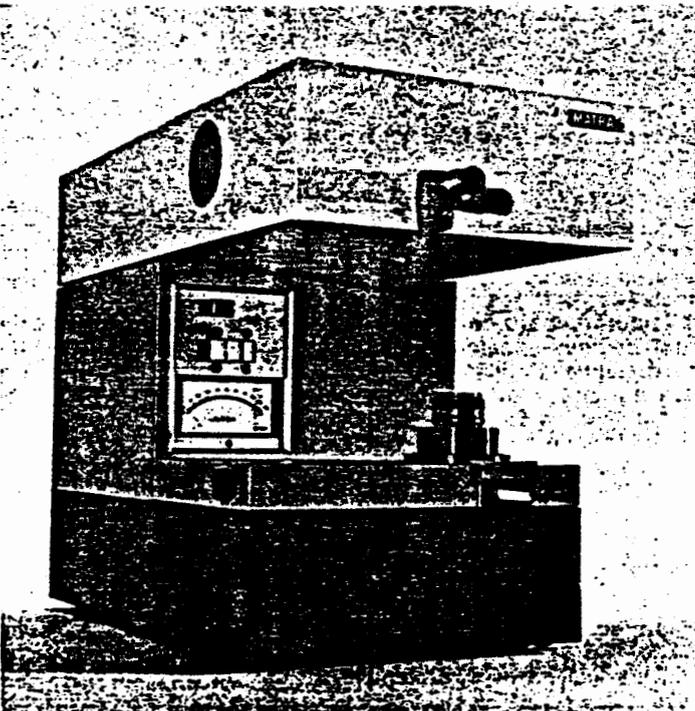
1113. L'ACOMAT

Le problème qui se pose au niveau du contrôle de production est différent de celui du contrôle de laboratoire. En effet, si l'ACOFAM a pour but de mesurer la F.T.M. avec précision et pour l'ensemble des paramètres dont elle dépend, l'ACOMAT

a pour but de comparer la qualité de l'image formée par un objectif à tester à celle de l'image formée dans les mêmes conditions par un objectif de référence. Il utilise le même principe de mesure de la F.T.M. (fig. 4).

Une fente fine est placée au foyer d'un collimateur. L'objectif à contrôler en forme une image dans son plan focal. Cette image est projetée par un objectif de microscope sur un résonateur tournant qui module la lumière. Après détection et amplification, le signal est filtré pour sa fréquence fondamentale et son premier harmonique. Après normalisation, le signal est envoyé soit à un indicateur, soit à un voyant lumineux maximum-minimum qui peut être ajusté. Pour les mesures en atelier, les indicateurs lumineux sont ajustés par comparaison avec un objectif connu considéré comme objectif de référence.

Fig. 4 - L'ACOMAT



Spécifications :

- Gamme de focale : 5 à 200 mm.
- Champ : ajustable de 0 à 30°
ou 0 à 21,6 mm.
- Azimut : continu de 0 à 180°.
- Fréquences spatiales : 7 et 21 mm⁻¹ ou 15 et 45 mm⁻¹.
- Source : Quartz iode à 3 200° ou filtres monochromatiques*.
- Durée de la mesure : environ 15 secondes.

Un effort tout particulier a été apporté pour rendre l'ACOMAT reproductible et d'un maniement rapide.

- **Reproductible** puisqu'il s'agit d'un comparateur dont le but n'est pas de mesurer la F.T.M. d'un objectif mais seulement de comparer la mesure de contraste d'un objectif à celle d'un étalon (parfaitement connu par mesures sur ACOFAM) mesurée dans les mêmes conditions.

- **Rapide** puisqu'il s'agit d'un appareil devant trouver place dans la chaîne de fabrication série ou en cours de contrôle final.

* La température de 3 200 °K est celle de la lampe halogène utilisée. Des filtres compensateurs permettent d'obtenir la courbe S(λ) correspondant à la lumière du jour ou à la lumière artificielle.

IV. - APPLICATION AU CONTROLE D'UN OBJECTIF DE PHOTOGRAPHIE

IV.1. Paramètres dont dépend la F.T.M.

La fonction de transfert dépend de nombreux paramètres :

$$F.T.M. = f(\mu, N, \lambda, \Delta x', R \text{ ou } T, Y', \psi, \dots)$$

où μ est la fréquence spatiale,

N l'ouverture numérique,

λ la longueur d'onde,

$\Delta x'$ la défocalisation,

Y' la position dans le champ,

ψ l'azimut

R, T , direction sagittale ou tangentielle.

Si donc, on veut connaître en détail, la qualité d'un système optique, on se trouve en présence d'un nombre considérable de courbes de F.T.M.

Supposons que nous voulions mesurer un objectif de photographie.

Nous pouvons fixer par exemple : 3 ouvertures, 4 longueurs d'onde (3 monochromatiques et 1 lumière blanche).

5 plans images : meilleur plan sur l'axe et 2 plans de part et d'autre.

7 points du champ : 3 de part et d'autre de l'axe optique pour 2 directions sagittale et tangentielle.

On s'aperçoit que l'ensemble de ces mesures représente 840 courbes de F.T.M. en fonction de la fréquence spatiale.

Il est certain que s'il s'agit d'un prototype d'objectif, ce nombre élevé de courbes peut être jugé nécessaire. Mais que se passe-t-il si l'on veut comparer 2 objectifs? On est alors en présence de 1 680 courbes et il est impossible de faire un choix. Il est

donc nécessaire de rechercher une méthode simplifiée d'une part et ensuite de définir un mode de présentation des courbes

simplifiées permettant de comparer 2 nombres (ce qui serait l'idéal) ou tout au moins un nombre limité de courbes, d'autre part.

Il est donc nécessaire de rechercher une méthode simplifiée d'une part et ensuite de définir un mode de présentation des courbes simplifiées permettant de comparer 2 nombres (ce qui serait l'idéal) ou tout au moins un nombre limité de courbes, d'autre part.

IV.2 Méthode simplifiée

Depuis de nombreuses années, la norme AWAR est utilisée. Elle permet de qualifier par un nombre unique le pouvoir de résolution moyen dans tout le champ de l'objectif. Pour cela, on divise le champ image de l'objectif à évaluer en un nombre

n de zones limitées par des cercles concentriques au centre du champ. La résolution est mesurée au centre de chacune de ces zones et pondérée par un nombre qui est le rapport de la surface de la zone considérée A_i à la surface totale A du champ utile. Afin de tenir compte de l'astigmatisme, on mesure la résolution suivant les 2 directions, sagittale (R_i) et tangentielle (T_i).

L'AWAR est alors défini par

$$AWAR = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{A_i}{A} \sqrt{R_i \times T_i}$$

L'utilisateur a donc ainsi la possibilité de pondérer lui-même les différents points du champ en fixant à chacune des zones un poids différent. Ce qui est très important et renforce l'intérêt de l'AWAR, est qu'un seul nombre permet de représenter l'ensemble du champ.

En partant de la même idée, nous l'avons transposée en utilisant non plus la résolution mais la modulation en fonction de la fréquence spatiale. C'est-à-dire que pour chacune des fréquences spatiales utilisées, l'AWAM permet de qualifier par un nombre unique le facteur de modulation moyen dans tout le champ de l'objectif.

$$AWAM = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{A_i}{A} \sqrt{M_{Ri} \times M_{Ti}}$$

Chaque plan image peut donc être représenté par une seule courbe AWAM (F.T.M. pondérée en fonction de la fréquence spatiale).

En fonction de la défocalisation, la courbe AWAM la plus haute correspond alors au plan de mise au point où la F.T.M. moyenne est la plus élevée, compte tenu du critère de pondération choisi.

Si l'on revient à l'exemple du paragraphe IV.1., on a vu qu'il fallait environ 840 courbes de F.T.M. par objectif. En utilisant l'AWAM on aura seulement 12 courbes correspondant à 3 ouvertures et 4 longueurs d'onde.

Depuis longtemps déjà, PHOTO-REVUE présente des résultats de mesure d'objectifs de fabrication courante. Nous avons simplifié encore plus la méthode de mesure en ne prenant que 4 points dans le champ (dont 2 symétriques par rapport à l'axe optique pour s'assurer de la symétrie de l'image c'est-à-dire du montage correct des différentes lentilles constituant l'objectif). De plus, nous n'effectuons les mesures que pour la lumière blanche (3 200 °K lumière du jour) et dans un seul plan qui correspond à la meilleure mise au point au centre du champ (cas général d'utilisation des objectifs sur les appareils modernes).

L'ensemble de ces mesures correspond cependant à 27 courbes (9 par ouverture) et il aurait été impossible de vous présenter un si grand nombre de courbes par objectif. L'intérêt de l'AWAM est évident, puisque 3 courbes seulement sont représentées et correspondent à 3 ouvertures numériques différentes.

V. - INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

De même qu'en électro-acoustique, la bande passante, c'est-à-dire les limites extrêmes de transmission des fréquences, ne suffit pas pour définir la qualité de la chaîne, en optique la fréquence de coupure ou « pouvoir de résolution » ne suffit pas pour définir la qualité de l'image.

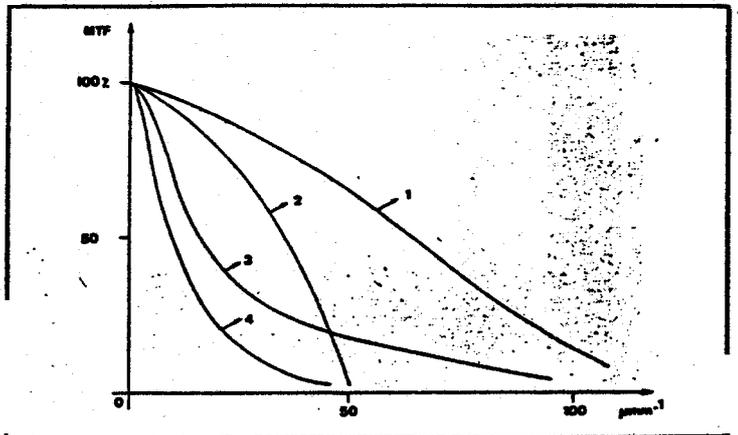


Fig. 6 - Exemple de courbes F.T.M. de 4 objectifs

La figure 5 représente la courbe de F.T.M. de 4 objectifs. Les objectifs 1 et 3 ont un pouvoir de résolution élevé tandis que les objectifs 2 et 4 ont un pouvoir de résolution plus faible. Par contre les objectifs 1 et 2 ont pour les basses fréquences spatiales une bonne F.T.M.

Incontestablement l'objectif 1 est le meilleur et les images présenteront un contraste et une résolution excellente.

Par contre les objectifs 3 et 4 donneront des images mal contrastées avec une meilleure définition des détails pour l'objectif 3.

Il ne faut cependant pas oublier qu'au-delà de 40 mm⁻¹ les films courants ne restituent plus d'information; par conséquent, l'objectif 2 sera excellent et de toute façon bien meilleur que l'objectif 3 bien que son pouvoir de résolution soit beaucoup plus faible.

En utilisant comme critère de qualité seulement le pouvoir de résolution, on aurait classé les objectifs dans l'ordre 1, 3 à égalité, puis assez loin 2, 4 alors qu'en fait il faut les classer dans l'ordre 1, 2 puis assez loin 3 et 4.

L'utilisateur d'un système optique devra se souvenir au moment du choix de l'objectif que les hautes fréquences (souvent bien inférieures à la fréquence de coupure) donnent les détails mais que ce sont les basses fréquences qui sont responsables du contraste de l'image.

Mode d'emploi du programme XSPECT

- Démarrage : Activer LOLITA
 Activer le programme XSPECT
 Répondre sur la TEKIRO :
 - N° du film étudié
 - N° du cliché
 - Pas d'échantillonnage utilisé lors de la numérisation.

- Ordres LS et IC : Répondre sur la TEKIRO :
 - N° du fichier sur la bande (part., de 0)
 - NO de colonne de départ
 - N° de ligne de départ
 - Taux de sous-échantillonnage

- Ordre ES : Répondre sur la TRIM :
 positionner le curseur en utilisant les touches de fonctions suivantes :
 - 0 à 3 : zoom centré
 - 12 à 15 : décadrage de l'image
 - 29 : lecture des coordonnées curseur
 - 30 : pas de point à désigner
 - Autre : retendre l'élastique
 La prise en compte par le programme des touches 29 et 30 s'accompagne d'un son.

- Ordre EC : Même opération, mais après l'introduction de chaque point du spectrogramme, il faut introduire sur la TEKIRO soit la longueur d'onde correspondante soit 0.

- Ordre SB : Après le tracé du spectre brut de la source étudiée, choisir un ordre (A,B,C,D) et le faire précéder du signe + ou - selon qu'il s'agit d'un ordre positif ou négatif (sans objet dans l'état actuel).

- Ordre CC : Après visualisation à pleine résolution de la source de calibration, la désigner finement avec le

curseur, comme en EC.

Après visualisation à pleine résolution de chaque point de calibration du spectre, procéder de **même**.

- Ordre SF : Après visualisation à pleine résolution de la source étudiée, la désigner finement avec le curseur, comme en ES.

Après visualisation à pleine résolution de l'ordre choisi, affiner la position de la ligne polygonale en agissant sur le manche à balai et les touches de fonctions suivantes :

- 0 à 3 : zoom centré
- 12 à 15 : décadrage de l'image
- 23 : remplacement du sommet le plus proche
- 27 : introduction d'un nouveau sommet entre les deux plus proches
- 29 : fin des modifications
- 31 : validation de la dernière modification.

Sur la TEKTRON, répondre si l'on désire ou non soustraire le fonds de l'image :

- 0 : pas de soustraction
- 1 : soustraction d'un côté
- 2 : soustraction des 2 côtés

Désigner sur la TRIM le fonds, à l'aide du manche à balai et des touches de fonctions suivantes :

- 30 : visualisation de la (des) ligne(s) désignée(s)
- 29 : validation et fin d'opération

Remarque : Pour effectuer un changement de bande magnétique, donner la commande LS ou LC avec un N° de fichier égal à -1.

Gestion des clichés et des bandes

Les rouleaux de pellicule doivent être découpés en tronçons de 25 cm pour pouvoir être numérisés dans l'Optronics. Un système de marquage physique de ces tronçons a été mis en oeuvre, pour éviter le risque de les mélanger.

A chaque rouleau est affecté un numéro en hexadécimal à partir de '8000', et ce numéro est perforé à l'aide d'une pince à tiercé dans les trous qui bordent chaque tronçon de ce rouleau. Ce procédé permettra de gérer plus de 32000 rouleaux sans ambiguïté...

Actuellement, 8 rouleaux sont disponibles :

- 4 développés au CNES (calibration et gendarmerie).
- 1 de la gendarmerie de Saumur (pas de spectre intéressant).
- 2 constituant une série de sources lumineuses photographiées de nuit à Paris.
- 1 contenant des photographies de mires destinées à évaluer la chaîne optique.

Les bandes magnétiques contenant les images digitalisées sont gérées avec l'information sur l'identification des clichés correspondants et sur les conditions de numérisation.

Actuellement, un total de 6 bandes, contenant 33 fichiers images, est disponible à l'ETCA.

AUVIDULIS - ZA.ORSAY-COURTABOEUF
AVENUE DE L'OCEANIE - B.P. 90 - 91943 LES ULIS - CEDEX
TEL.: (6) 928.01.31 - TELEX: 692 344 AUVULIS

11 JANVIER 1982 - JML/MP

PROPOSITIONS COMMERCIALES

N° 801.824 & 801.825

"E.T.C.A." / M. LOUANSE

digital design

AUVULIS - ZA. ORSAY-COURTABOEUF
 AVENUE DE L'OCEANIE - B.P. 90 - 91943 LES ULIS - CEDEX
 TEL.: (6)928.01.31 - TELEX: 692 344 AUVULIS

PROPOSITION N° 801.824

Prière de rappeler ce numéro
 dans votre correspondance. JML/MP

Destinataire : E.T.C.A.

A l'attention de Monsieur LOUANGE

Date 11 Janvier 1982

Poste	Quant.	Référence	Description	Prix unitaire	Prix total
			CONFIGURATION minimum "VICOM" programmable:		
1	1	01500-0	Processeur de traitement d'images digital pro-rammable "VICOM". L'appareil de base comprend : - micro-processeur MOTOROLA 68000 avec 512 K.octets de mémoire RAM - deux (2) portes RS 232 - un (1) contrôleur de disque pour unité 300 MB. - l'operating system avec utilitaires, éditeur de texte, compilateur PASCAL et FORTRAN	356.500	356.500
2	2	01001-1	Mémoire d'images 512 x 512 sur une épaisseur de 4 bits	23.000	46.000
3	1	01004-1	Contrôleur de sorties vidéo pour moniteur 512 x 512	34.500	34.500
4	1	02001-1	Moniteur 14 pouces couleurs 512 x 512	25.500	25.500
5	1	03001-0	Ecran-clavier alphanumérique	17.250	17.250
6	1	03003-0	Joystick	17.300	17.300
7	1	06001-0	Unité de disque 32 millions d'octets avec 16 millions fixes et 16 millions amovibles	64.200	64.200
8	1	146.498	Dérouleuse de bande 1600 BPI, 45 IPS, avec formateur et contrôleur pour 4 unités et baie, - Total hors-taxes :	110.000	110.000
					671.250

digital design

AUVIDULIS - Z.A. ORSAY-COURTABOEUF
 AVENUE DE L'OCEANIE - B.P. 90 - 91943 LES ULIS - CEDEX
 TEL.: (6)928.01.31 - TELEX: 692344 AUVULIS

PROPOSITION

N° 801.825

Prière de rappeler ce numéro
 dans votre correspondance.

JML/MP

Destinataire : E.T.C.A.

A l'attention de Monsieur LOUANGE

Date 11 Janvier 1982

Poste	Quant.	Référence	Description	Prix unitaire	Prix total
			CONFIGURATION minimum "VICOM" terminal de traitement sur mégamini 32 bits.		
1	1	01000-0	Processeur de traitement d'images digitale "VICOM". L'appareil de base comprend : - deux (2) portes RS 232 - châssis et alimentation - le processeur de base MOTOROLA 68000 avec les programmes de base de traitement d'images (voir notice technique)	172.500	172.500
2	2	01001-1	Mémoire d'images 512 x 512 sur une épaisseur de 4 bits	23.000	46.000
3	1	01004-1	Contrôleur de sorties vidéo pour moniteur 512 x 512	34.500	34.500
4	1	02001-1	Moniteur 14 pouces couleurs 512 x 512	25.500	25.500
5	1	01006-0	Contrôleur d'entrée-sortie pour ordinateur Hôte côté VICGM	23.000	23.000
6	1	01020-3	Interface pour ordinateur SEL avec driver	42.500	42.500
7	1	09001-0	Meuble pour VICOM	9.800	9.800
			-Total hors-taxes		353.800

Digital design

AUVIDULIS - Z.A. ORSAY-COURTABOEUF
AVENUE DE L'OCEANIE - B.P. 90 - 91943 LES ULIS - CEDEX
TEL.: (6)928.01.31 - TELEX: 692344AUVULIS

PROPOSITION

N° -

Prière de rappeler ce numéro
dans votre correspondance.

JML/MP

Destinataire : E.T.C.A.

A l'attention de Monsieur LOUANGE

Date 11 Janvier 1982

Poste	Quant.	Référence	Description	Pila unitaire	Prix total
1	1	01003-0	<p><u>OPTIONS</u> :</p> <p>Carte "Point processeur" (elle effectue des additions, soustractions et translation par rapport à un "look-up" table de 0096 entrées.</p> <p>Ceci, d'image à image, ou par rapport à des canstantes.</p>	23.000	23.000
2	1	01002-0	<p>Carte "Array processeur" (elle effectue des convolutions, multipliations, divisions, en temps réel, sir oûage 512 x 512 ou 1024 x 1024).</p>	69.000	69.000