

Commission Supérieure Technique de l'Image et du Son



SENSITOMETRIE APPLIQUEE
à la
PRISE DE VUES
et au
TRAITEMENT EN LABORATOIRES
des
FILMS CINEMATOGRAPHIQUES

SONOVISION

Commission Supérieure Technique de l'Image et du Son

Département Laboratoires de la C.S.T.

Groupe de travail SENSITOMETRIE

SENSITOMETRIE APPLIQUEE

à la

PRISE DE VUES

et au

TRAITEMENT EN LABORATOIRES

des

FILMS CINEMATOGRAPHIQUES

COMMISSION SUPERIEURE TECHNIQUE DE L'IMAGE ET DU SON

11, rue Galilée 75116 PARIS

Tél. : 01 53 23 90 80 - Fax : 01 47 23 09 94 - E-mail : cst@cst.fr - URL : <http://www.cst.fr>

Edmond Richard

Directeur de la Photographie CST - AFC

Ce document est le résultat d'un travail collectif
du groupe de travail

SENSITOMETRIE

constitué au sein de la C.S.T. à l'initiative de
Bruno DESPAS et Jean-Louis DUPOUX

animé par

Jean-Louis FOURNIER

Michel BAPTISTE

Pierre BERLOT

Christian BOGGI

Jean-Louis BRAUN

Philippe BRUNETAUD

Didier BURLET

Michel CAFFA

Christian COMTE

Yannick CORROENNE

Serge COUPRIÉ

Bruno DESPAS

Jacques DUCROCQ

Jean-Noël FERRAGUT

Monique HAMM

Eric KASTLER

Jean-Pierre POGGI

Pierre POITTEVIN DE LA FREGONNIERE

Liliane POTIER

Edmond RICHARD

Christian SALOMON

Michèle TULLI

PREFACE

Chers Amis,

Je suis profondément touché de vous écrire ces quelques lignes, pour présenter l'aboutissement d'un travail collectif réalisé, dans le cadre de la CST, par des techniciennes et des techniciens, durant une année de concertations studieuse et constructive.

Le sujet était ambitieux : démontrer et prendre conscience que la « SENSITOMETRIE » représente une « Science fondamentale », un maillon essentiel et incontournable de cette grande chaîne qui lie toutes les disciplines artistiques et techniques de notre Art :

Le Spectacle Cinématographique !...

Depuis des années, je rêvais de cette osmose... Aujourd'hui, mon rêve devient réalité : coup de chapeau à toutes et à tous !...

Nous entrons dans l'an 2000, nous sommes de plus en plus confrontés à de nouvelles technologies, c'est à nous de savoir les utiliser avec discernement en les intégrant judicieusement dans nos futurs travaux.

Sans être prophète, on peut se poser la question de l'avenir et du devenir de notre Spectacle Cinématographique ?... Pour ma part, je suis résolument optimiste !...

Nous savons bien que nous serons toujours au service d'un scénario et nous comptons pour cela sur nos écrivains... Pour réaliser leurs merveilleuses « Histoires », il nous faudra des « super maîtres d'oeuvres » qui utiliseront de nouveaux supports... Et là, nous autres artistes et techniciens, nous savons que cette grande « Demoiselle » : notre pellicule argentique n'a pas dit son dernier mot !... Elle est toujours aussi jeune et, si nous la traitons avec délicatesse, elle nous donnera toujours de jolis enfants qui s'ébattront sur des écrans de plus en plus grands... et ils seront regardés par toutes les familles du Monde.

Vous voyez que l'avenir s'annonce bien !...

Nos jeunes générations feront, j'en suis sûre, bon usage de l'héritage que nous leur laissons : celui de pouvoir encore rêver, rire et pleurer...

Je terminerai en vous adressant sincèrement toute mon admiration et mes remerciements pour votre engagement dans cette grande aventure qu'est Notre « CINEMA » qui vivra, j'en suis persuadé, encore très longtemps...

Edmond Richard

Directeur de la Photographie CST - AFC

SOMMAIRE

NOTIONS DE SENSITOMETRIE.....	4
ORIGINE	5
DEFINITION	5
<i>Rappel des logarithmes.....</i>	5
<i>Indices de sensibilité:</i>	7
EXPOSITION - LUMINATION	8
- <i>Intensité lumineuse :</i>	8
DEPOUILLEMENT :	10
COURBE SENSITOMETRIQUE	11
<i>Relation entre densité et lumination :</i>	11
<i>Différentes sortes de courbes :</i>	14
PRINCIPALES CARACTERISTIQUES CALCULEES.....	15
QUALITE D'UNE IMAGE.....	20
PRATIQUE DES LABORATOIRES	21
SENSITOMETRIE :	21
DENSITOMETRIE :	21
RECOMMANDATIONS AUX LABORATOIRES :	21
RAPPELS DES MESURES PHOTOMETRIQUES	23
MESURE QUANTITATIVE	23
<i>Mesure d'une lumière incidente.....</i>	23
<i>Rappel concernant le noir et blanc :</i>	26
MESURE QUALITATIVE.....	26
RECOMMANDATIONS PRATIQUES	29
<i>Rappels à propos du LAD et du TAF.....</i>	31
CHARTES CST POUR LE CONTROLE	33
<i>Bibliographie non exhaustive :</i>	35

NOTIONS DE SENSITOMETRIE

ORIGINE

Notre organe de la vision, l'OEIL, capable de distinguer des phénomènes extraordinaires est pourtant un très mauvais outil de mesure.

Or, l'opérateur désire obtenir une image de qualité qui soit en rapport direct avec son souhait.

Il était donc nécessaire d'inventer une relation scientifique entre la quantité de lumière utilisée lors de la prise de vues et le résultat obtenu sur le film développé.

Pour cela, il fallait également déterminer les différentes caractéristiques des émulsions photographiques utilisées, par l'intermédiaire d'une méthode qui puisse se passer de l'oeil en tant qu'instrument de mesure : la SENSITOMETRIE.

DEFINITION

Origine du mot : mesure de la sensibilité

La sensitométrie est dans son sens le plus large, la science qui étudie les effets de la lumination et du développement sur les émulsions photographiques.

Densité optique = fonction (log Lumination)

Rappel des logarithmes

L'utilisation des logarithmes se justifie par la commodité du tracé des courbes sensitométriques et par le fait que l'oeil est sensible aux variations de densité optique qui se définissent logarithmiquement ...

Il est donc nécessaire d'effectuer un rappel des logarithmes décimaux, mais ici d'une façon simple et suffisante pour la sensitométrie.

Logarithme décimal : Expression d'une valeur dans une progression géométrique commençant par 1 par sa valeur dans une progression arithmétique commençant par zéro

Correspondance entre nombres arithmétiques et logarithmiques :

Exemple 1

arithm. 1 10 100 1.000 10.000 100.000

Ces mêmes chiffres exprimés en puissance de 10 (la puissance indique le nombre de fois ou 10 est multiplié par lui-même) donnent :

10^0 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5

Jusqu'ici rien de sensationnel dans la simplification, par contre la correspondance entre ces valeurs arithmétiques et celles en log. est plus évidente.

log 0 1 2 3 4 5

Exemple 2 Où *multiplier* en arithmétique
correspond à *additionner* en logarithme

$$\log a \times b = \log a + \log b$$

arithm.	1	2	4	8
		2x1	2x2x1	2x2x2x1
	10^0	2×10^0	$2 \times 2 \times 10^0$	$2 \times 2 \times 2 \times 10^0$
log	0	0,30+0	0,3+0,3+0	0,3+0,3+ 0,3+0
	0	0,30	0,60	0,90

arithm.	10	40	8.000	20.000
		2x2x10	2x2x2x1.000	2x10.000
	10^1	$2 \times 2 \times 10^1$	$2 \times 2 \times 2 \times 10^3$	2×10^4
log	1	0,3+0,3+1	0,3+0,3+0,3+3	0,3+4
	1	1,60	3,90	4,3

multiplier par **2** en arithmétique
correspond à ajouter **0,30** en logarithme

Dès à présent, il est possible de donner quelques exemples pratiques auxquels les gens de prise de vues sont fréquemment confrontés :

Indices de sensibilité:

Bien que l'indice DIN ne soit plus souvent utilisé, il est possible de faire un parallèle entre les indices ISO et DIN qui évoluent de la façon suivante :

ISO	50	100	200	400	où pour une sensibilité doublée, l'indice est multiplié par 2 : progression géométrique de raison 2
DIN	18	21	24	27	où pour une sensibilité doublée, on ajoute 3 à l'indice DIN, progression arithmétique de raison 3 (10 fois le log de 0,30)

Exemple de correspondance :

entre diaphragme, filtre, sensibilité, ...

Tous les opérateurs savent que dans la progression géométrique des diaphragmes (... - 2,8 - 4 - 5,6 - 8 - 11 - 16 - 22 - ...), à chaque changement de valeur (par exemple de 4 à 2,8), la quantité de lumière transmise est multipliée par 2.

De ceci découlent des solutions ou mariages de diaphragmes, filtres de densité, films de différentes sensibilités, temps de pose, etc

filtre ayant une densité neutre de 0,30 communément appelé DN3 ou ND3

filtre ayant une densité neutre de 0,60 communément appelé DN6 ou ND6

filtre ayant une densité neutre de 0,90 communément appelé DN9 ou ND9

peuvent avoir les rôles suivants:

$$\text{Diaph. 8} = \text{Diaph. 5,6} + \text{DN3}$$

$$\text{Diaph. 8} = \text{Diaph. 4} + \text{DN6}$$

$$\text{Diaph. 8} = \text{Diaph. 2,8} + \text{DN9}$$

et

$$\text{EI 400} + \text{DN 3} \Rightarrow \text{EI 200}$$

$$\text{EI 400} + \text{DN 6} \Rightarrow \text{EI 100}$$

$$\text{EI 400} + \text{DN 9} \Rightarrow \text{EI 50}$$

Exemple 3 : Où *diviser* en arithmétique

correspond à *soustraire* en logarithme

$$\log a/b = \log a - \log b$$

arithm	1/1000	1/100	1/50	1/10	1
			2/100		
	10^{-3}	10^{-2}	2×10^{-2}	10^{-1}	10^0
log	$\bar{3}$	$\bar{2}$	$\bar{2},30$	$\bar{1}$	0

- La notation avec mantisse et caractéristique : $\bar{2},30$ correspond à la notation algébrique : -1,70

- 1/50 a été choisi parce que ce nombre représente un temps de pose habituel

EXPOSITION - LUMINATION

UNITES UTILISEES :

- - **Intensité lumineuse :**

(symbole I) Candéla (cd) ou bougie internationale

- **Flux lumineux :**

(symbole f) Lumen (lm) qui est le flux émis par unité de temps d'une source lumineuse d'intensité d'une Candéla

- - **Eclairement :** (symbole E) lux (lx) qui est l'éclairement d'une surface recevant un flux lumineux de 1 lumen par mètre carré. (Unité de mesure utilisée en lumière incidente, voir plus loin)

Unité anglo-saxonne le foot candle : 1 ft.c = 10,76 lux

- - **Luminance :** (symbole L) Mesure la quantité de lumière réfléchie par un objet éclairé. Cette quantité dépend de la nature de l'objet (coefficient de réflexion). L'unité est la candéla par mètre carré (cd/m²). Elle est utilisée pour la mesure de la lumière réfléchie (voir plus loin).

Unité anglo saxonne le foot-Lambert : 1 ft.L = 3,42 cd/m²

- - **Lumination:** (symbole H) lux.seconde qui est le produit d'un éclairement par sa durée

$$H = E \times t$$

L'appareil utilisé en sensitométrie pour effectuer cette exposition est

un SENSITOGAPHE, communément appelé SENSITOMETRE.

Avec cet appareil le film testé est soumis à une série d'expositions dont les valeurs sont parfaitement connues et reproductibles.

Les paramètres que l'on peut faire varier sont les suivants :

- Tension de la lampe (source étalon)
- Temps d'exposition
- Distance entre le filament de la lampe et la surface du film
- Interposition éventuelle de filtres pouvant agir sur la quantité et la qualité de la lumière (densités neutres, correcteurs de température de couleur, filtres de sélection de couleur, ...)
- Progression du modulateur qui est un filtre achromatique constitué par une dispersion de carbone colloïdal dans de la gélatine, couvrant en général un intervalle en densité de 0 à 3 (1 à 1000 en arithmétique) ou 100% à 0,1% en transmission.

Ce modulateur (coin) peut avoir une progression continue (utilisation quasi exclusive des fabricants de surfaces sensibles) ou de 21 plages distinctes de progression 0,15 en log.

Les calculs pour l'exposition des sensitogrammes font appel à la formule suivante:

$$\text{Lumination} = \frac{\text{Intensité lumineuse} \times \text{Temps}}{\text{Distance}^2} \times \frac{1}{\text{opacité}}$$

ou :

$$H = \frac{I \times t}{d^2} \times \frac{1}{Op}$$

ou :

$$\log H = \log I + \log t - 2 \log d - \sum Dv$$

Avec :

H : Lumination en lux.seconde

I : Intensité lumineuse en candéla

t : Temps d'exposition en seconde

d : Distance en mètres

Op : Opacité des filtres

Dv : Densité des filtres d'opacité Op

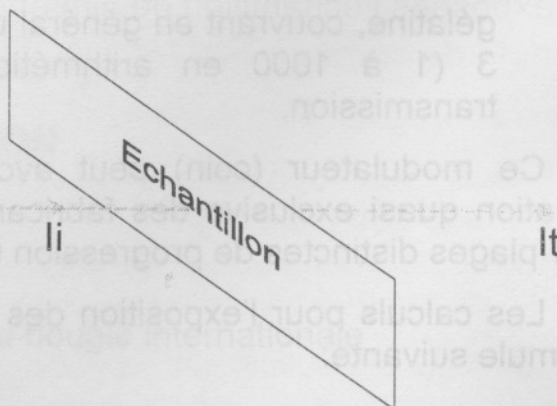
DEPOUILLEMENT :

- **Densité optique**

Après développement du sensitogramme exposé précédemment, il est nécessaire de déterminer la valeur D de la densité optique du matériau photographique obtenu.

On utilise pour cela un appareil appelé DENSITOMETRE qui a pour fonction de faire le rapport entre la lumière transmise par l'échantillon à lire et la lumière d'origine ou incidente.

$$\text{Transmission} = \frac{\text{Flux. transmis}}{\text{Flux. incident}}$$



- **Transmission** : C'est le rapport du flux transmis par rapport au flux incident, ce qui dans le cas des densitomètres revient à la mesure du rapport des intensité lumineuses transmises et incidentes.

$$\text{Transmission} = \frac{\phi_t}{\phi_i} = \frac{I_t}{I_i}$$

$$\text{Opacité} = \frac{1}{T}$$

$$\text{Densité} = \log \text{Opacité} = \log \frac{1}{T} = \log \frac{I_i}{I_t}$$

Le densitomètre couleur a un élément complémentaire correspondant à l'interposition de filtres sélectifs qui vont permettre de quantifier les densités des différentes colorations. Celles-ci sont exprimées en bleu, vert, rouge parce que ces couleurs sont celles des filtres intercalés dans le densitomètre mais en fait, représentent

les densités des colorants jaune, magenta, cyan.

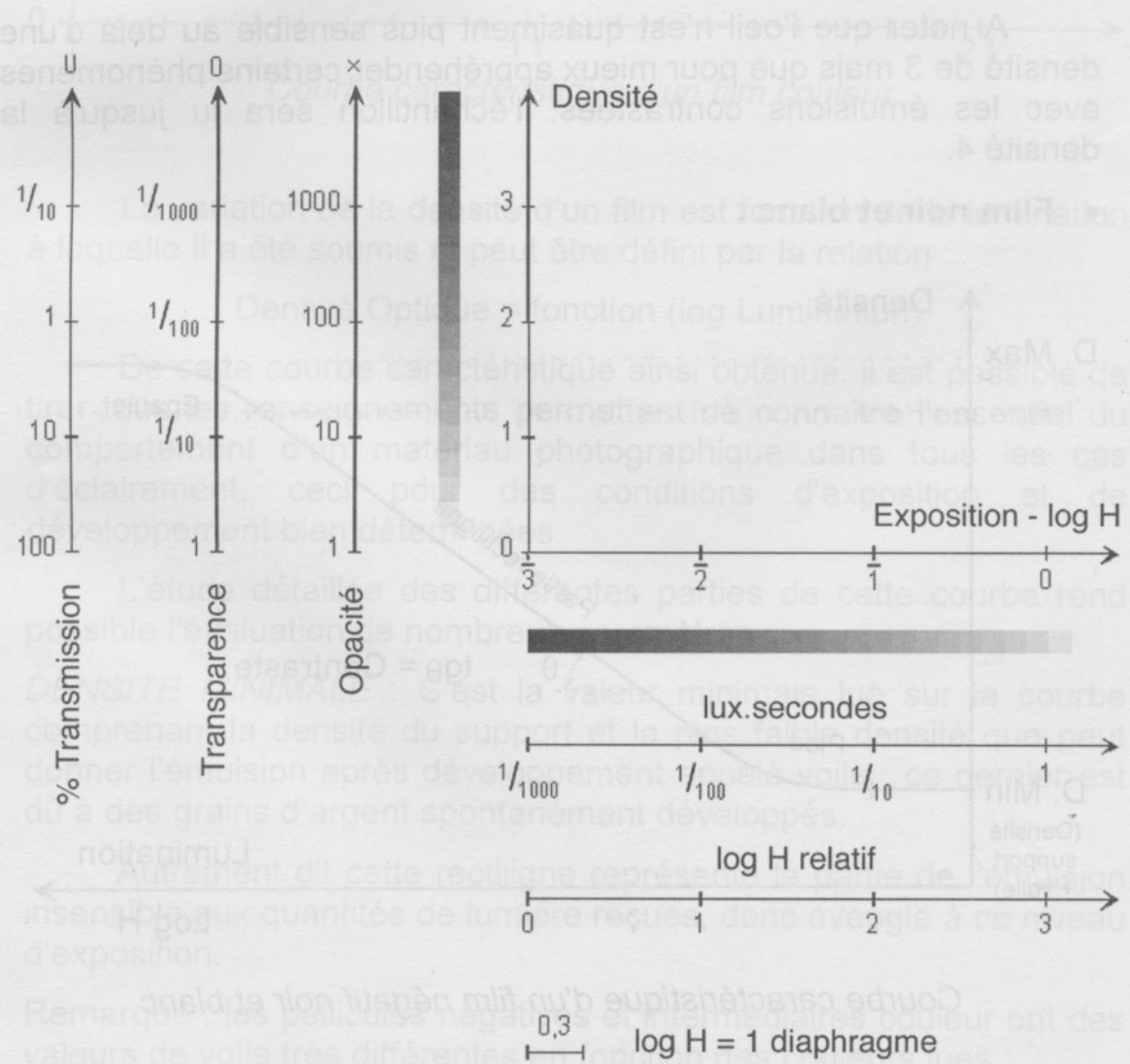
Pour résumer, le trait bleu de la courbe sensitométrique représente la densité du colorant jaune de l'émulsion, le vert celle du magenta et le rouge celle du cyan (Courbes pages 18 et 19).

Ces jeux de filtre sont appelés status (Visuel, M, pour les négatifs et internégatifs, A, pour les positifs et les inversibles)

COURBE SENSITOMETRIQUE

Relation entre densité et lumination :

Sur un graphique, on placera en abscisse les luminations ayant exposées l'échantillon de film et en ordonnées les densités du film obtenues après développement.



L'axe des luminations est, par commodité, numéroté de 1 à 21, représentant ainsi les 21 étapes d'exposition d'une matrice ayant une progression logarithmique de 0,15, soit entre la 1^{ère} et la 21^{ème} un facteur allant de :

1 à 1 000 en lux.seconde

0 à 3 en logarithme

Il est très important de savoir que cet axe est relatif et qu'il sera nécessaire d'avoir une information complémentaire pour connaître la valeur réelle de l'exposition à une plage donnée (N° 11 par exemple).

L'axe des densités est, quant à lui, bien réel et constant.

Pour le cinéma, les valeurs indiquées vont généralement de :

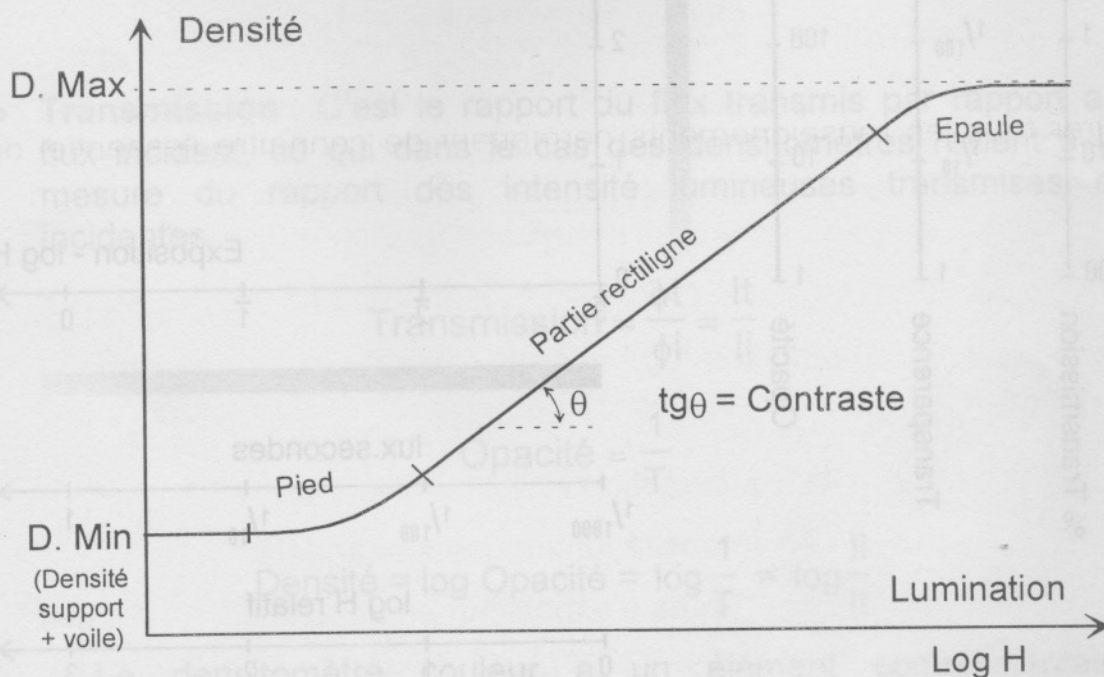
0 à 4 en densité (valeur logarithmique)

ou 1 à 10.000 en Opacité

ou 100% à 0,01% en Transmission

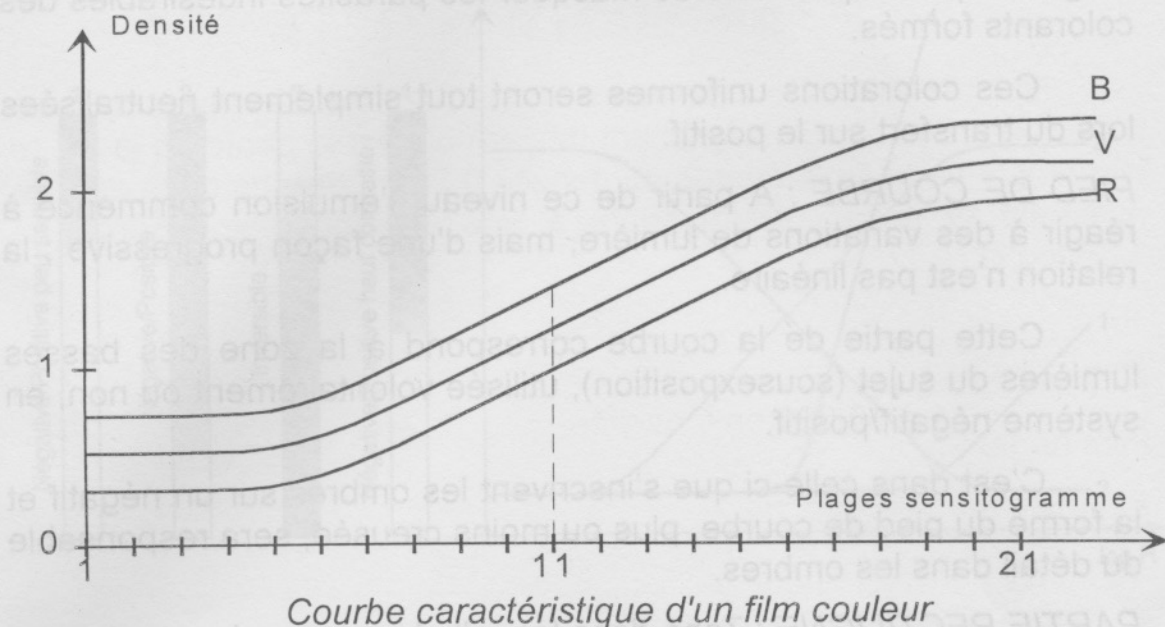
A noter que l'oeil n'est quasiment plus sensible au delà d'une densité de 3 mais que pour mieux appréhender certains phénomènes avec les émulsions contrastées, l'échantillon sera lu jusqu'à la densité 4.

- **Film noir et blanc :**



Courbe caractéristique d'un film négatif noir et blanc

- Film couleur :



La variation de la densité d'un film est fonction de la lumination à laquelle il a été soumis et peut être défini par la relation :

$$\text{Densité Optique} = \text{fonction} (\log \text{Lumination})$$

De cette courbe caractéristique ainsi obtenue, il est possible de tirer tous les renseignements permettant de connaître l'essentiel du comportement d'un matériau photographique dans tous les cas d'éclairage, ceci pour des conditions d'exposition et de développement bien déterminées.

L'étude détaillée des différentes parties de cette courbe rend possible l'évaluation de nombreux paramètres :

DENSITE MINIMALE : C'est la valeur minimale lue sur la courbe comprenant la densité du support et la plus faible densité que peut donner l'émulsion après développement appelé voile ; ce dernier est dû à des grains d'argent spontanément développés.

Autrement dit cette rectiligne représente la partie de l'émulsion insensible aux quantités de lumière reçues, donc aveugle à ce niveau d'exposition.

Remarque : les pellicules négatives et intermédiaires couleur ont des valeurs de voile très différentes en fonction des couleurs lues

jaune	environ 0,90
magenta	environ 0,60
Cyan	environ 0,10

Ceci est dû aux deux masques ou coupleurs colorés jaune et magenta qui ont pour rôle de masquer les parasites indésirables des colorants formés.

Ces colorations uniformes seront tout simplement neutralisées lors du transfert sur le positif.

PIED DE COURBE : A partir de ce niveau, l'émulsion commence à réagir à des variations de lumière, mais d'une façon progressive ; la relation n'est pas linéaire.

Cette partie de la courbe correspond à la zone des basses lumières du sujet (sousexposition), utilisée volontairement ou non, en système négatif/positif.

C'est dans celle-ci que s'inscrivent les ombres sur un négatif et la forme du pied de courbe, plus ou moins creusée, sera responsable du détail dans les ombres.

PARTIE RECTILIGNE : Zone dans laquelle la progression de densité obtenue est proportionnelle au logarithme de la lamination apportée.

Ceci, en théorie, car dans les émulsions modernes, elle est rarement parfaitement rectiligne du fait de l'utilisation de mélanges d'émulsions.

C'est dans cette partie que beaucoup de paramètres caractérisant l'émulsion sont calculés.

EPAULE : A nouveau le film commence à ne plus réagir proportionnellement aux variations de lamination jusqu'à obtention d'une pente nulle :

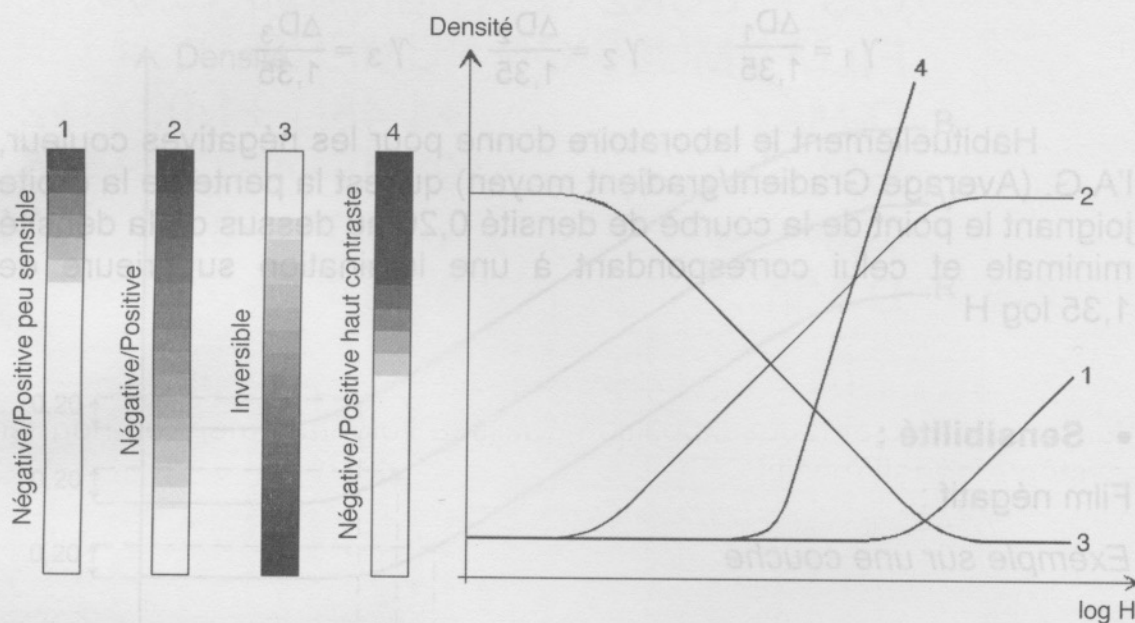
En cas de sur-exposition les parties claires ou zone des hautes lumières du sujet, se trouveront dans cette partie et deviendront moins contrastées (partie difficile à contrôler, avec cependant l'avantage d'être moins granuleuse).

DENSITE MAXIMALE : C'est le noircissement maximum lié à la quantité d'halogénures d'argent présente dans l'émulsion et au pouvoir couvrant de l'argent développé ou des colorants formés.

Différentes sortes de courbes :

En fonction de la nature de l'émulsion, différentes sortes de

courbes sensitométriques sont possibles. En voici ici quelques exemples :

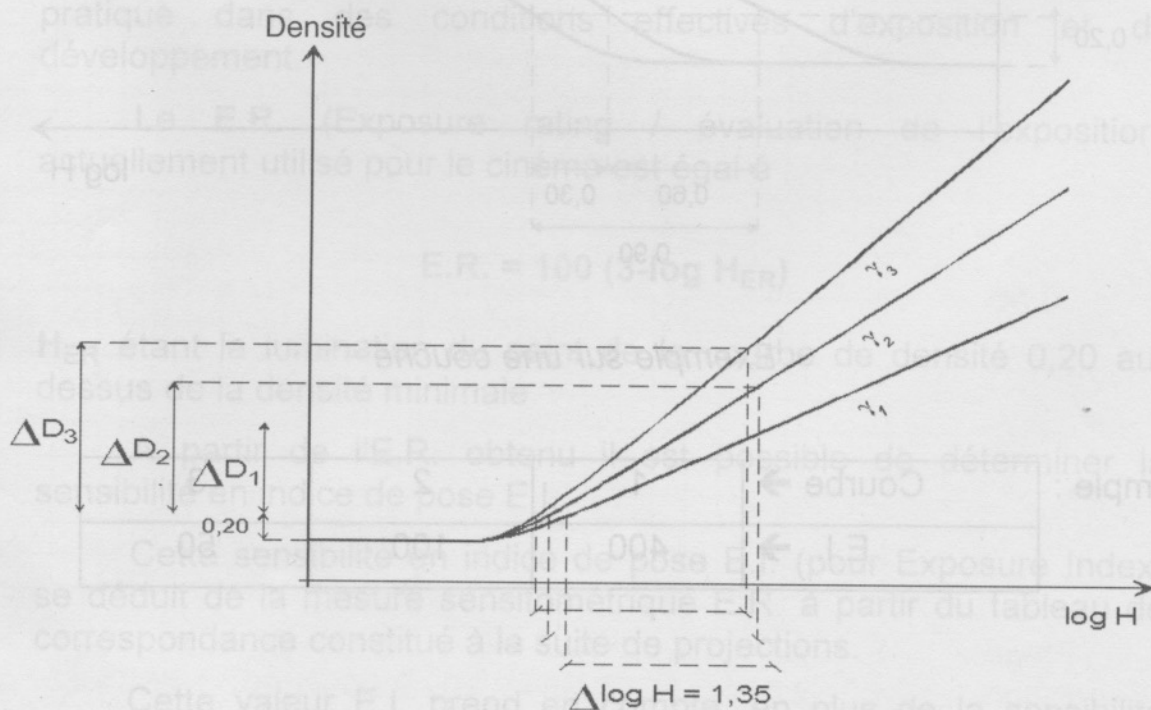


PRINCIPALES CARACTERISTIQUES CALCULEES

à partir d'une courbe sensitométrique

• **Contraste (Facteur de contraste ou γ)**

Il donne la variation de densité pour un intervalle de lumination donné.



Le facteur de contraste, pour chaque courbe, se calcule de la manière suivante :

$$\gamma = \frac{\Delta D}{\Delta \log H}$$

$$\gamma_1 = \frac{\Delta D_1}{1,35}$$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta D_2}{1,35}$$

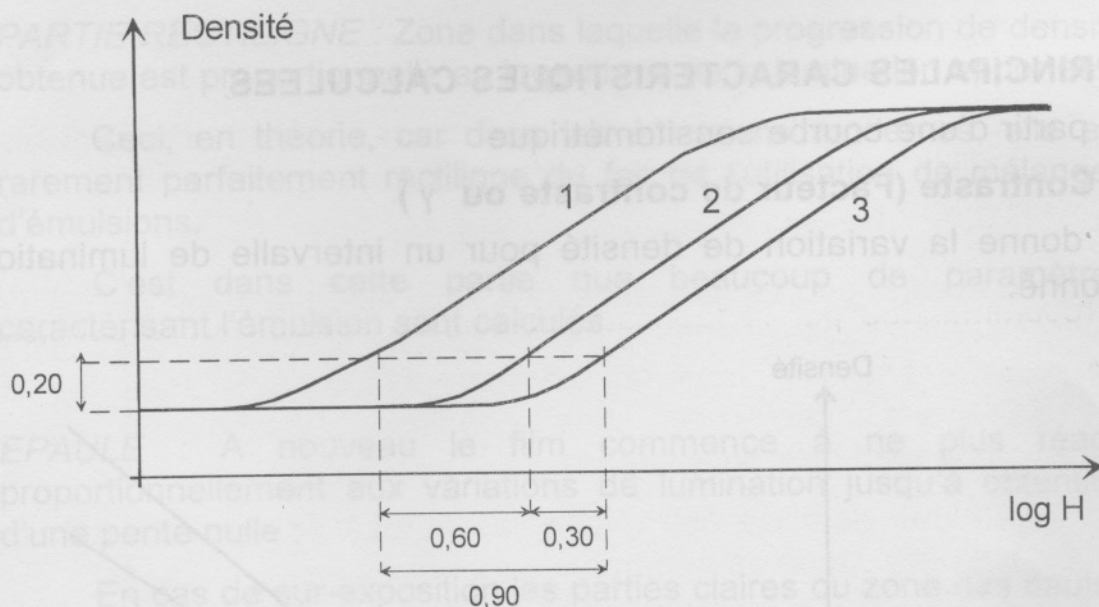
$$\gamma_3 = \frac{\Delta D_3}{1,35}$$

Habituellement le laboratoire donne pour les négatives couleur, l'A.G. (Average Gradient/gradient moyen) qui est la pente de la droite joignant le point de la courbe de densité 0,20 au dessus de la densité minimale et celui correspondant à une lumination supérieure de 1,35 log H

• Sensibilité :

Film négatif :

Exemple sur une couche

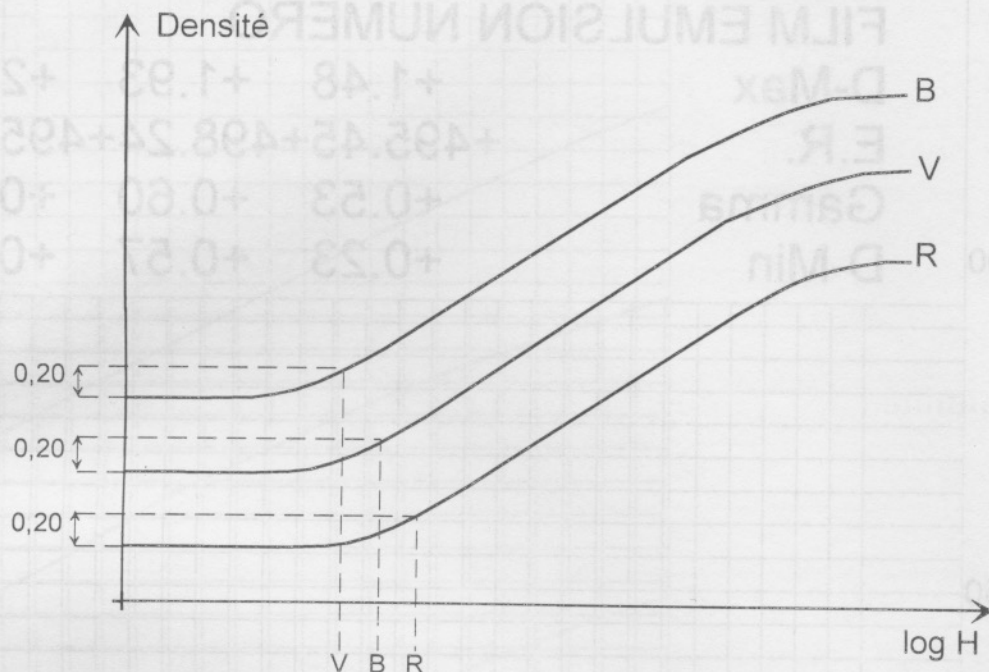


Exemple sur une couche

Exemple :

Courbe →	1	2	3
E.I. →	400	100	50

Exemple sur les trois couches



Exemple sur un film négatif couleur

Cet exemple rend compte d'une donnée des plus importantes qui conditionne le choix de l'exposition.

Il y a lieu, cependant de faire une distinction entre la sensibilité recommandée par le fabricant de surface sensible et la sensibilité pratique dans des conditions effectives d'exposition et de développement.

Le **E.R.** (Exposure rating / évaluation de l'exposition) actuellement utilisé pour le cinéma est égal à :

$$\text{E.R.} = 100 (3 - \log H_{\text{ER}})$$

H_{ER} étant la luminance du point de la courbe de densité 0,20 au-dessus de la densité minimale

A partir de l'E.R. obtenu il est possible de déterminer la sensibilité en indice de pose E.I.

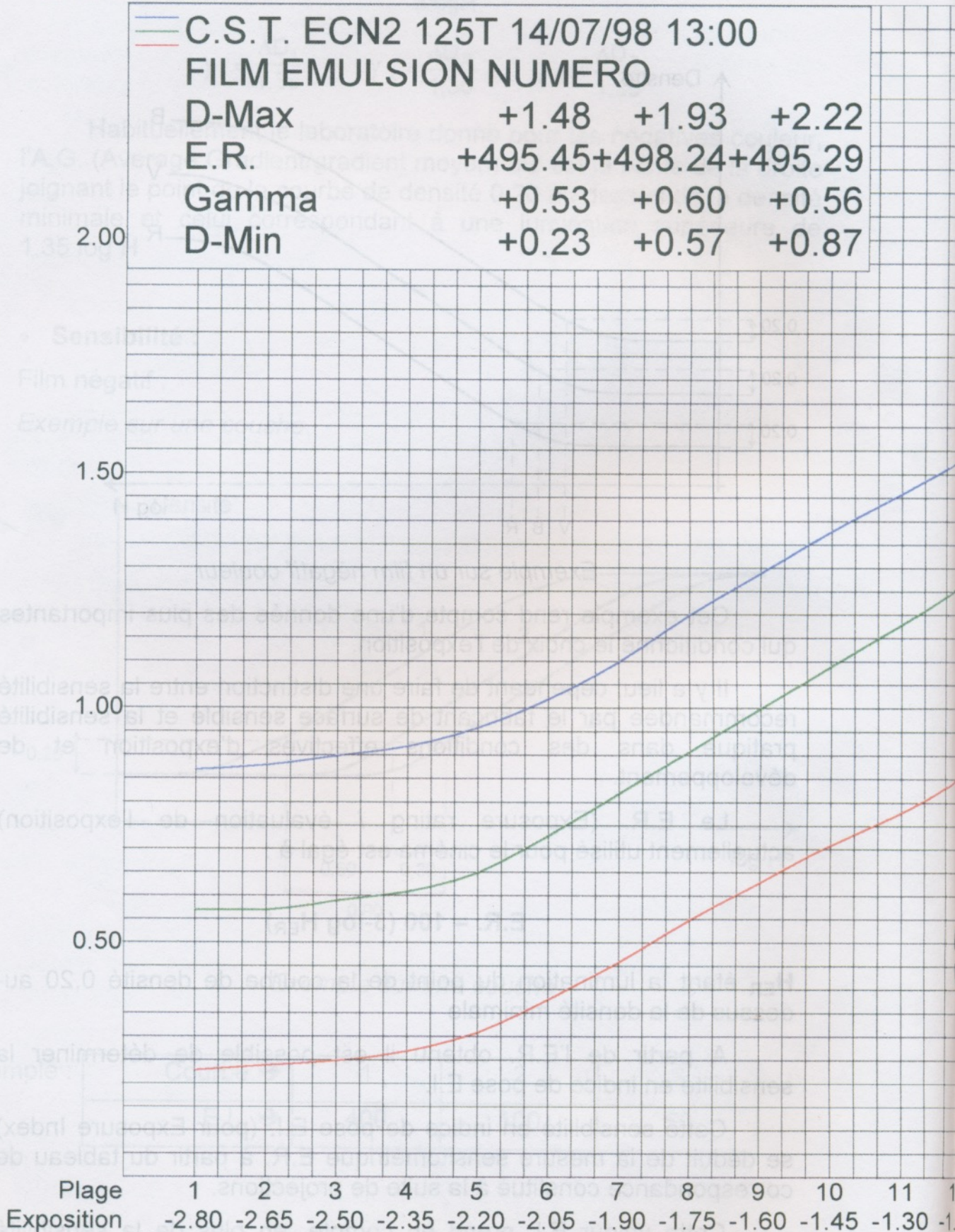
Cette sensibilité en indice de pose E.I. (pour Exposure Index) se déduit de la mesure sensitométrique E.R. à partir du tableau de correspondance constitué à la suite de projections.

Cette valeur E.I. prend en compte, en plus de la sensibilité

C.S.T.

ECN2

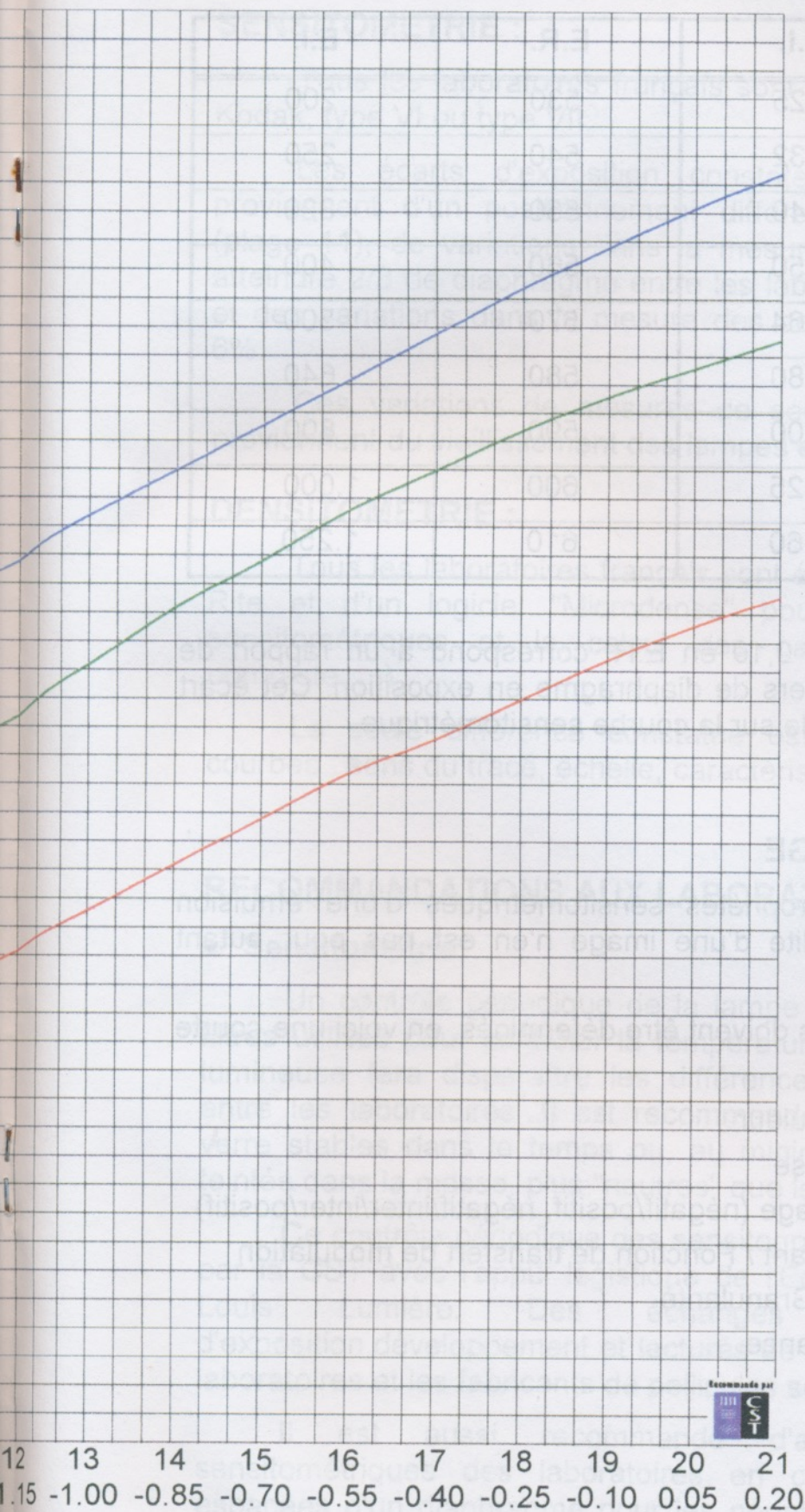
Densité



Échelles abscisses et ordonnées :

125T

14/07/98 13:00



: 71,1mm / 1.00 en densité ou log H

sensitométrique E.R., le contraste de la négative, sa granularité, sa définition, son micro-contraste, ...

Le tableau suivant n'est qu'un exemple.

E.R.	E.I.	E.R.	E.I.
440	25	530	200
450	32	540	250
460	40	550	320
470	50	560	400
480	64	570	500
490	80	580	640
500	100	590	800
510	125	600	1.000
520	160	610	1.250

Une différence de 0,10 en E.R. correspond à un rapport de 1,26 en E.I., soit à un tiers de diaphragme en exposition. Cet écart est le minimum mesurable sur la courbe sensitométrique.

QUALITE D'UNE IMAGE

Les principales propriétés sensitométriques d'une émulsion étant calculées, la qualité d'une image n'en est pas pour autant complètement évaluée.

D'autres paramètres doivent être déterminés, en voici une courte énumération :

- Balance de couleur
- Latitude de pose
- Transfert d'image (négatif/positif, négatif/inter/inter/positif)
- Pouvoir résolvant / Fonction de transfert de modulation
- Granulation / Granularité
- Netteté / Acutance
- Définition
- etc.

PRATIQUE DES LABORATOIRES

SENSITOMETRIE :

Tous les laboratoires français sont équipés de sensitographes Kodak, type VI ou type VII.

Les écarts d'exposition constatés entre les laboratoires proviennent d'un positionnement différent de la plage moyenne (plage 11), de variations dans la mesure des sensibilités pouvant atteindre 2/3 de diaphragme entre les laboratoires les plus éloignés, et des variations dans la mesure des contrastes pouvant atteindre 6%.

Ces variations de mesures de sensibilités et de contrastes proviennent du vieillissement des lampes et des filtres utilisés.

DENSITOMETRIE :

Tous les laboratoires français sont équipés de densitomètre X-Rite et d'un logiciel "Microdense" pour le tracé des courbes sensitométriques et le calcul des caractéristiques (sensibilité, contraste ...)

La seule différence constatée est la présentation de ces courbes : sens du tracé, échelle, caractéristiques fournies ...

RECOMMANDATIONS AUX LABORATOIRES :

• Sensitométrie

Un contrôle périodique de la lampe du sensitographe et des filtres utilisés pour contrôler la température de couleur et l'intensité lumineuse fera disparaître les différences de mesure constatées entre les laboratoires. Il est recommandé l'utilisation de filtres en verre stables dans le temps ou, au minimum, de filtres plastiques teintés dans la masse, plus "neutres" que les filtres gélatines.

Ce contrôle périodique des sensitographes pourra être effectué par la CST avec l'appui logistique de l'Ecole Nationale Supérieure Louis Lumière. Des échanges périodiques croisés d'exposition, développement et lectures de sensitogrammes entre les laboratoires et les fabricants de pellicules sont aussi recommandés.

Il est aussi recommandé d'aligner les expositions sensitométriques des laboratoires en choisissant 3 expositions espacées d'un diaphragme pour les négatives "lumière artificielle" : EI 125 - EI 250 - EI 500 et 2 expositions espacées de 2 diaphragmes

pour les négatives "lumière du jour" : EI 64 - EI 250, (Voir tableau précédent)

• Densitométrie :

Il est recommandé que tous les laboratoires utilisent la même représentation, la même échelle, pour le tracé des courbes sensitométriques.

- Soit en reparamétrant leur traceur avec leur version du logiciel Microdense,
- Soit en passant à la version Windense. Ces courbes devraient être tracées dans le format A4 Portrait sur papier millimétré avec des axes orthonormés. La courbe 1, mentionnée pages 18-19 en est le modèle.

Sur ce graphique figurera :

- Le code de la négative et son numéro
- Le titre de la production,
- La date du développement
- Les caractéristiques sensitométriques suivantes :
 - La densité minimale D_{min} ,
 - L'indice d'exposition ER
 - Le contraste (AG).

Le laboratoire pourra aussi indiquer les "lumières de tirage" d'une plage de Gris Neutre LAD (Laboratory Aim Density) correspondant à l'exposition standard d'un Gris 18%.

Sur cette courbe sensitométrique le laboratoire pourra reporter manuellement, à la demande de l'opérateur, les mesures des densités de la charte qu'il aura filmée : Gris 18%, Blanc 90%, Noir 5%.

Il pourra alors indiquer les lumières de tirage correspondant au Gris 18% exposé par l'opérateur. (Courbe 2).

RAPPELS DES MESURES PHOTOMÉTRIQUES

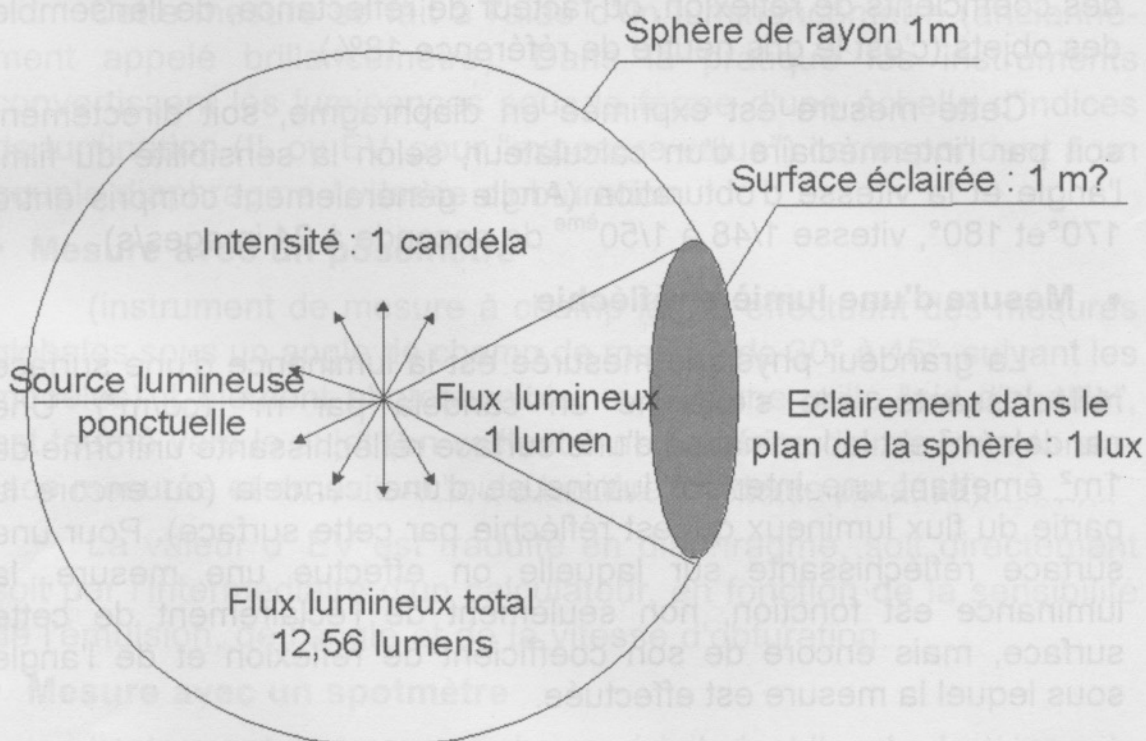
MESURE QUANTITATIVE ET MESURE QUALITATIVE

MESURE QUANTITATIVE

Mesure d'une lumière incidente

- **Mesure de l'éclairement d'un sujet par une source**

La grandeur physique mesurée est l'éclairement de la surface d'un sujet par une source lumineuse, elle s'exprime en lux (ou en footcandle ; $1\text{fc} = 10,76\text{ lx}$). Un lux est l'éclairement d'une surface de 1m^2 distante de 1 mètre d'une source d'une intensité d'une candela (ou encore l'éclairement d'une surface qui reçoit un flux lumineux de 1 lumen).



Mesure de l'éclairement d'une plage

Cette mesure s'effectue à l'aide d'un luxmètre ou plus généralement avec un posemètre en lumière incidente ; l'élément photosensible, devant lequel on a disposé un diffuseur translucide plat, est situé à la place ou au plus près du sujet et tourné vers la source dans un plan perpendiculaire à l'axe de la lumière pour mesurer le flux maximal, l'éclairement d'une surface étant fonction du cosinus de l'angle d'incidence du faisceau.

Dans le cas où un sujet est éclairé par plusieurs sources, la mesure, effectuée source par source en réduisant au minimum l'influence des autres sources, donne des indications sur le contraste entre les différents éclairagements de ce sujet ; le contraste d'éclairage entre ces sources est le rapport des intensités lumineuses de ces sources.

- **Mesure de l'éclairage moyen d'un sujet**

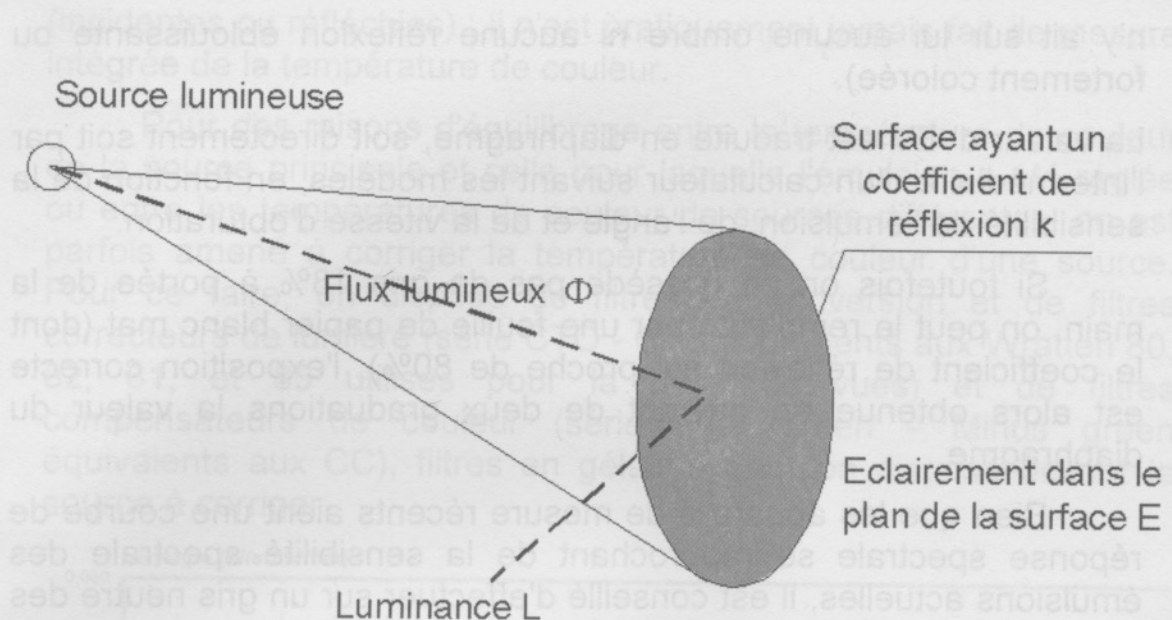
En adaptant sur le posemètre une 1/2 sphère translucide (dont on prendra soin comme pour le diffuseur plat de vérifier la neutralité), on effectue une mesure "moyenne" intégrant l'ensemble des éclairagements reçus par le sujet ; la 1/2 sphère d'intégration doit être alors tournée vers la caméra, tout en se protégeant des fortes lumières en contre-jour.

Dans cette configuration le posemètre donne une mesure d'exposition correcte pour un gris neutre représentant la moyenne des coefficients de réflexion, ou facteur de réflectance, de l'ensemble des objets (c'est le gris neutre de référence 18%).

Cette mesure est exprimée en diaphragme, soit directement soit par l'intermédiaire d'un calculateur, selon la sensibilité du film, l'angle et la vitesse d'obturation (Angle généralement compris entre 170° et 180°, vitesse 1/48 à 1/50^{ème} de seconde à 24 images/s).

- **Mesure d'une lumière réfléchie**

La grandeur physique mesurée est la luminance d'une surface réfléchissante, elle s'exprime en candela par m² (cd/m²). Une candela/m² est la luminance d'une surface réfléchissante uniforme de 1m² émettant une intensité lumineuse d'une candela (ou encore la partie du flux lumineux qui est réfléchi par cette surface). Pour une surface réfléchissante sur laquelle on effectue une mesure, la luminance est fonction, non seulement de l'éclairage de cette surface, mais encore de son coefficient de réflexion et de l'angle sous lequel la mesure est effectuée.



Mesure de la luminance d'une plage

Cette mesure se fait à l'aide d'un luminancemètre (anciennement appelé brillancemètre). Dans la pratique les instruments convertissent les luminances sous la forme d'une échelle d'indices de lamination (IL ou EV, pour "exposure value") correspondant à un couple diaphragme / vitesse d'obturation.

- **Mesure avec un posemètre**

(instrument de mesure à champ large, effectuant des mesures globales sous un angle de champ de mesure de 30° à 45° , suivant les modèles). L'élément photosensible, muni d'une grille "nid d'abeille", est tourné vers le sujet (en veillant à ne pas faire d'ombre sur la surface mesurée et en évitant toute lumière incidente parasite).

La valeur d' EV est traduite en diaphragme, soit directement soit par l'intermédiaire d'un calculateur, en fonction de la sensibilité de l'émulsion, de l'angle et de la vitesse d'obturation.

- **Mesure avec un spotmètre**

(instrument de mesure à champ réduit, dont l'angle de champ de mesure est de 1° pour un angle de champ de vision de 20° environ).

On utilise un spotmètre pour faire des mesures ponctuelles sur un sujet ou des mesures sur des sujets plus éloignés ou inaccessibles. Les mesures effectuées en divers points d'un sujet donnent des indications sur son contraste.

Dans les deux cas la mesure d'exposition correcte s'effectue en plaçant un gris neutre 18% à la place ou au plus près du sujet, dans la lumière principale, en direction de l'objectif de la caméra et dans

n'y ait sur lui aucune ombre ni aucune réflexion éblouissante ou fortement colorée).

La valeur d' EV est traduite en diaphragme, soit directement soit par l'intermédiaire d'un calculateur suivant les modèles, en fonction de la sensibilité de l'émulsion, de l'angle et de la vitesse d'obturation.

Si toutefois on ne possède pas de gris 18% à portée de la main, on peut le remplacer par une feuille de papier blanc mat (dont le coefficient de réflexion est proche de 80%), l'exposition correcte est alors obtenue en ouvrant de deux graduations la valeur du diaphragme.

Bien que les appareils de mesure récents aient une courbe de réponse spectrale se rapprochant de la sensibilité spectrale des émulsions actuelles, il est conseillé d'effectuer sur un gris neutre des mesures en lumière réfléchie lorsqu'il s'agit de surfaces fortement colorées.

Rappel concernant le noir et blanc :

Etant donné la sensibilité spectrale des émulsions N&B, il faut tenir compte dans les mesures d'une sensibilité générale pour la lumière tungstène et d'une sensibilité générale différente pour la lumière du jour (pour la Double X par exemple : 200 ISO en lumière tungstène et 250 ISO en lumière du jour).

MESURE QUALITATIVE

La notion de température de couleur ne s'applique en principe qu'aux sources de lumière émettant un spectre continu (lumière du jour, arc électrique, incandescence). Elle s'exprime en Kelvin (K).

Mais en pratique on est amené à mesurer la température de couleur de sources de lumière artificielle à spectre mixte liées à la luminescence ou à la photoluminescence : lampes aux halogénures métalliques (HMI), lampes aux vapeurs métalliques (sodium, mercure), lampes au xénon, tubes fluorescents.

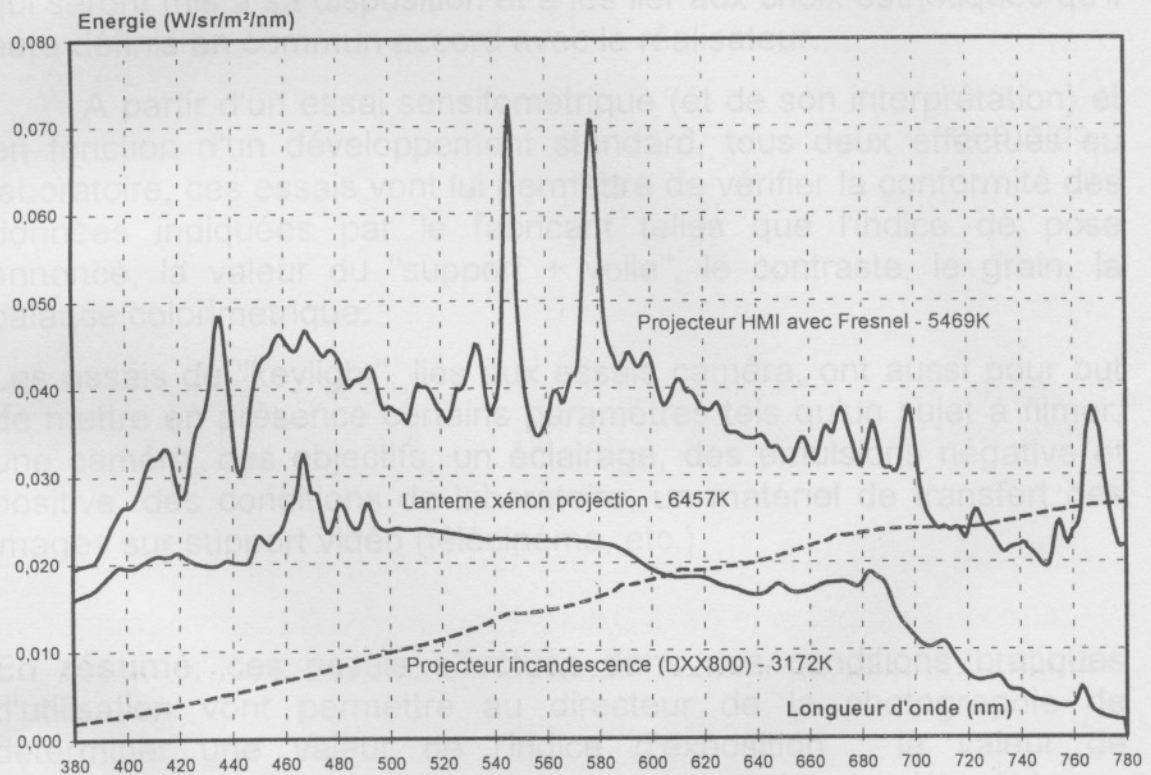
Les émulsions négatives couleur sont équilibrées soit pour la lumière du jour (5500 K), soit pour la lumière tungstène (3200 K).

La mesure de la température de couleur d'une source lumineuse s'effectue à l'aide d'un thermocolorimètre ; cette mesure consiste en une analyse et une évaluation de la quantité des radiations bleues, vertes et rouges qui composent la lumière sous la forme de rapport.

La mesure se fait en lumière incidente, source par source, en prenant garde de se protéger des lumières colorées parasites

(incidentes ou réfléchies) ; il n'est pratiquement jamais fait de mesure intégrée de la température de couleur.

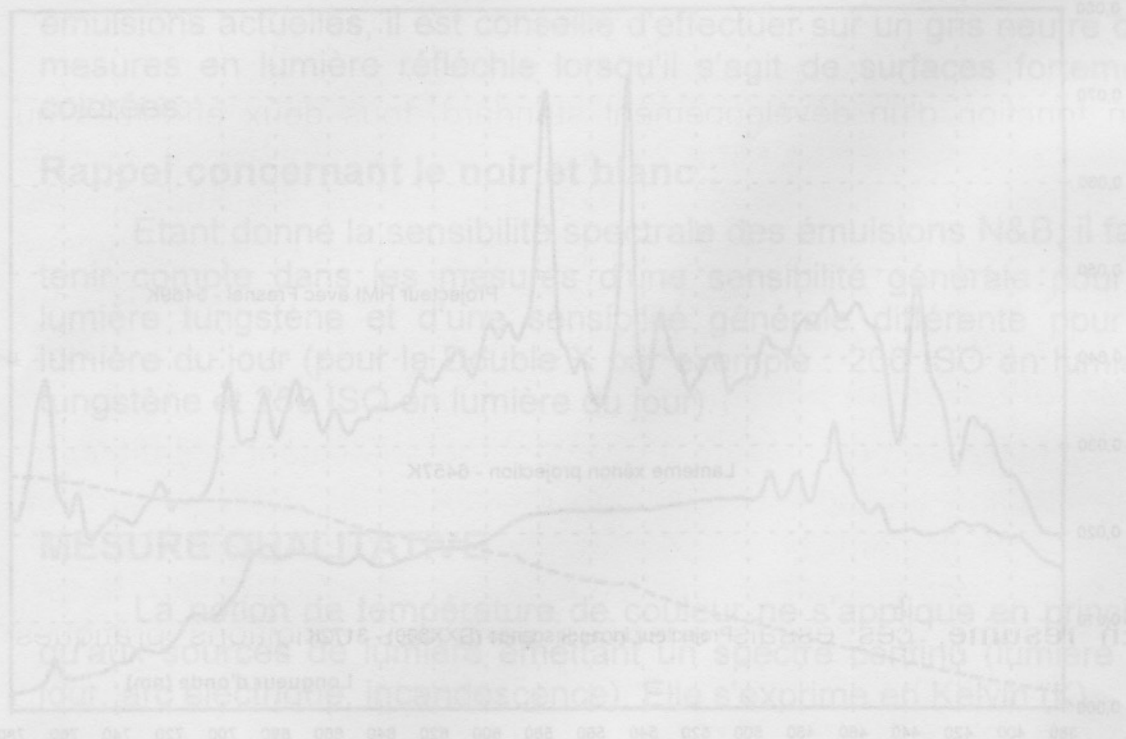
Pour des raisons d'équilibrage entre la température de couleur de la source principale et celle pour laquelle l'émulsion a été réglée ou entre les températures de couleur de sources différentes, on est parfois amené à corriger la température de couleur d'une source. Pour ce faire, on dispose de filtres de conversion et de filtres correcteurs de lumière (série CTO - CTB équivalents aux Wratten 80, 82, 81, et 85 utilisés pour la prise de vues) et de filtres compensateurs de couleur (série Plus green - Minus green équivalents aux CC), filtres en gélatine que l'on dispose devant la source à corriger.



Pour estimer le degré de correction que peut apporter un filtre quand il est associé à une source, il est nécessaire de considérer non les valeurs en Kelvin des températures de couleur elles-mêmes mais leurs valeurs inverses - ou degrés réciproques - qui, multipliées par 10³, sont appelées Mired ("Micro-reciprocal degrees"). Les filtres de la série jaune-orangé qui abaissent la température de couleur (mais qui augmentent la valeur en Mired) ont une valeur positive et ceux de la série bleue qui élèvent la température de couleur (mais qui abaissent la valeur en Mired) ont une valeur négative. Pour deux sources de température de couleur différente, un même filtre de correction ayant une valeur en Mired donnée abaissera ou élèvera la température de couleur de ces deux sources d'une valeur en Kelvin différente. Pour obtenir la correction souhaitée, plusieurs filtres peuvent être associés ; il suffit d'ajouter les valeurs en Mired, en

tenant compte de leur signe.

Il est expressément recommandé de faire une nouvelle mesure après toute correction d'une source car le résultat obtenu ne correspond pas toujours exactement aux données techniques de chaque fabricant. Il est bon de rappeler en outre que les colorants utilisés pour la fabrication d'une gélatine ont une durée de vie limitée, surtout lorsque celle-ci est soumise à l'épreuve de la chaleur.



Mais en pratique on est amené à mesurer la température de couleur de sources de lumière à l'aide d'un système de mesure à sensibilité spectrale connue. Le système de mesure doit être étalonné à l'aide d'une source de lumière à température de couleur connue. Pour obtenir la température de couleur d'une source, il est nécessaire de connaître les valeurs en Kelvin des températures de couleur des sources de référence. Les valeurs en Kelvin des températures de couleur des sources de référence sont données dans le tableau ci-dessous. Les valeurs en Kelvin des températures de couleur des sources de référence sont données dans le tableau ci-dessous.

RECOMMANDATIONS PRATIQUES AUX DIRECTEURS DE LA PHOTO LORS DES ESSAIS DE "KEYLIGHT"

Les essais de "keylight" effectués par le directeur de la photographie avant le début du tournage d'un film lui servent à contrôler ses connaissances quant aux divers éléments techniques qui seront mis à sa disposition et à les lier aux choix esthétiques qu'il aura définis en commun accord avec le réalisateur.

A partir d'un essai sensitométrique (et de son interprétation) et en fonction d'un développement standard, tous deux effectués au laboratoire, ces essais vont lui permettre de vérifier la conformité des données indiquées par le fabricant telles que l'indice de pose annoncé, la valeur du "support + voile", le contraste, le grain, la balance colorimétrique.

Les essais de "keylight", liés aux essais caméra, ont aussi pour but de mettre en présence certains paramètres tels qu'un sujet à filmer, une caméra, des objectifs, un éclairage, des émulsions négative et positive, des conditions de laboratoire, un matériel de transfert des images sur support vidéo (télécinéma, etc.).

En résumé, ces essais effectués dans des conditions pratiques d'utilisation vont permettre au directeur de la photographie de déterminer une valeur de l'indice d'exposition ; la valeur de sensibilité, que le fabricant donne comme point de départ à une recherche personnelle, peut être modifiée suivant la scène filmée, l'équipement utilisé, le type d'image souhaité, les habitudes et les méthodes de travail de chacun.

Lors de ces essais, il est recommandé de mettre dans l'image :

- **en premier plan :**

- un personnage cadré en plan poitrine, de préférence féminin (éviter les traces de barbe), le visage étant maquillé dans la mesure du possible ;
- un blanc, un gris neutre 18% et un noir ayant une taille suffisante dans l'image (éventuellement tourner cet élément séparément), pour une lecture au densitomètre ;
- une charte de gris et de couleurs, pour avoir un aperçu des

- une charte de gris et de couleurs, pour avoir un aperçu des dominantes colorées, et du rendu et de la saturation des couleurs ;

- **en arrière plan :**

- une grande surface de velours noir non éclairée, pour lire la densité minimum et pour savoir comment réagissent les noirs en qualité et en colorimétrie ;

- une grande surface blanche, pour la densité maximum et pour le grain.

Ces essais doivent se faire de préférence sous un éclairage peu contrasté et en évitant si possible toute lumière parasite, neutre ou colorée, en provenance de surfaces réfléchissantes (murs, sol, plafond, etc.).

- **Essai de sensibilité ou choix de l'indice d'exposition :**

- utiliser 3 densités neutres pour obtenir des valeurs d'exposition de 1/3 en 1/3 de diaphragme et de diaphragme en diaphragme

- faire des expositions jusqu'à 3 diaphragmes en sous-exposition et 3 diaphragmes en surexposition

- demander au laboratoire un étalonnage de chaque plan, avec indication des lumières de tirage.

- **Essai de latitude de pose** (une fois l'indice de pose défini) :

- faire des expositions de 1/2 diaphragme en 1/2 diaphragme jusqu'à 4 diaphragmes en sousexposition et 5 diaphragmes en surexposition

- demander deux tirages au laboratoire, l'un en lumière unique (lumière standard du laboratoire) pour évaluer les limites de la latitude de pose, l'autre étalonné plan par plan, avec indication des lumières de tirage, pour voir comment se comportent, une fois tirés, les plans sous-exposés et les plans surexposés.

- **Essai de contraste d'éclairement :**

- suivant le style de lumière choisi, le rapport de la somme "lumière principale + lumière d'appoint" sur la lumière d'appoint peut se mesurer de 1/1 à 1/4 pour un éclairage "normal" et au delà pour un éclairage "à effet"; la mesure d'exposition doit être faite de telle manière que seule la lumière principale ait une influence sur la cellule.

Pour ces essais, tourner des plans d'une durée d'environ 10 à 15 secondes.

Rappels à propos du LAD et du TAF

Pour obtenir une qualité d'image optimum, il est nécessaire pour le laboratoire de contrôler l'étalonnage et le tirage d'une copie. Pour faciliter ces travaux, les négatifs originaux peuvent être positionnés grâce au film de contrôle LAD (Laboratory Aim Density) proposé par Kodak. Ce film, correspondant à des lumières de tirage standard 25-25-25, permet aux directeurs de la photo de se rendre compte de leur exposition en comparant les valeurs utilisées pour leur propre négatif. Il est néanmoins assez courant aujourd'hui que des chefs opérateurs posent leur négatif pour des lumières de tirage 30-30-30.

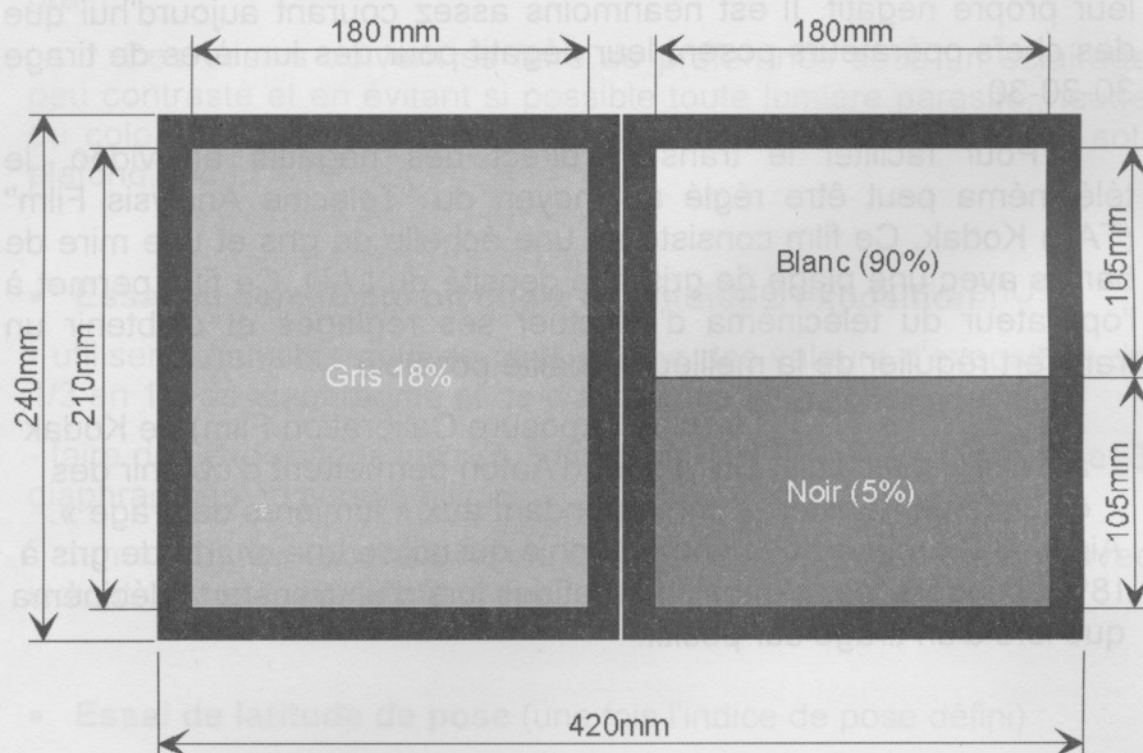
Pour faciliter le transfert direct des négatifs en vidéo, le télécinéma peut être réglé au moyen du "Telecine Analysis Film" (TAF) Kodak. Ce film consiste en une échelle de gris et une mire de barres avec une plage de gris à la densité du LAD. Ce film permet à l'opérateur du télécinéma d'effectuer ses réglages et d'obtenir un transfert régulier de la meilleure qualité possible.

Les films TEC (Telecine Exposure Calibration Film) de Kodak associés au logiciel Greyfinder d'Aaton permettent d'obtenir des « points de transfert » correspondant aux « lumières de tirage ». Ainsi, le Directeur de la photographie qui utilise une charte de gris à 18% obtiendra les mêmes informations lors d'un transfert télécinéma que lors d'un tirage sur positif.

Ces indications seront précieuses pour le Directeur de la photographie qui connaîtra exactement les conditions d'exposition qu'il a adoptées par rapport aux possibilités de l'émulsion utilisée.

La plage de gris neutre à 18% permet de déterminer les points de transfert en télécinéma. C'est en effet à partir de l'analyse de la densité spectrale de cette plage, qu'il peut être possible d'établir une correspondance, pour chaque type d'émulsion, entre l'étalonnage au télécinéma et l'étalonnage film, exprimé en « lumières de tirage ».

Deux modèles de cette charte, de dimensions différentes, sont éditées par la CST. Elles seront toutes accompagnées de cette brochure.



Modèle de charte, édité par la CST, pour le contrôle des conditions de prise de vues

• **Essai de contraste d'éclairage :**

Suivant le style de lumière choisi, le rapport de la somme "lumière principale + lumière d'appoint" sur "l'arrière-plan" doit être de 1/1 à 1/4 pour un éclairage "normal" et de 1/1 à 1/4 pour un éclairage "éclairé".

Pour ces essais, tourner des plans d'une durée d'environ 10 à 15 secondes.

CHARTRE CST POUR LE CONTROLE DES CONDITIONS DE PRISES DE VUES

Chimie et physique photographiques.

par P. Glafkidès, Publications Paul Montel, Paris

Pour permettre un contrôle des conditions d'exposition réelles, lors de la prise de vues avec celles de référence pour l'émulsion négative utilisée lors de l'enregistrement d'un sensitogramme en laboratoire, une charte spécifique comportant uniquement les trois plages suivantes a été élaborée à partir des conclusions de ce groupe :

- Une plage de gris neutre à 18%
- Une plage de blanc à 90%
- Une plage de noir à 5%

Cette charte doit être enregistrée, dans des conditions d'éclairage exactement identiques à celles de la prise de vues du plan.

Après traitement du négatif, le laboratoire sera en mesure de placer sur la courbe sensitométrique de l'émulsion les valeurs de densité correspondant à chacune de ces plages. Ces indications seront précieuses pour le Directeur de la photographie qui connaîtra exactement les conditions d'exposition qu'il a adoptée par rapport aux possibilités de l'émulsion utilisée.

La plage de gris neutre à 18% permet de déterminer les conditions d'expositions théoriques lors de la prise de vues. Elle pourra également être utilisée pour les opérations d'étalonnage lors des transferts en télécinéma. C'est en effet à partir de l'analyse de la densité spectrale de cette plage, qu'il peut être possible d'établir une correspondance, pour chaque type d'émulsion, entre l'étalonnage au télécinéma et l'étalonnage film, exprimé en « lumières de tirage ».

Deux modèles de cette charte, de dimensions différentes, sont éditées par la CST. Elles seront toutes accompagnées de cette brochure.

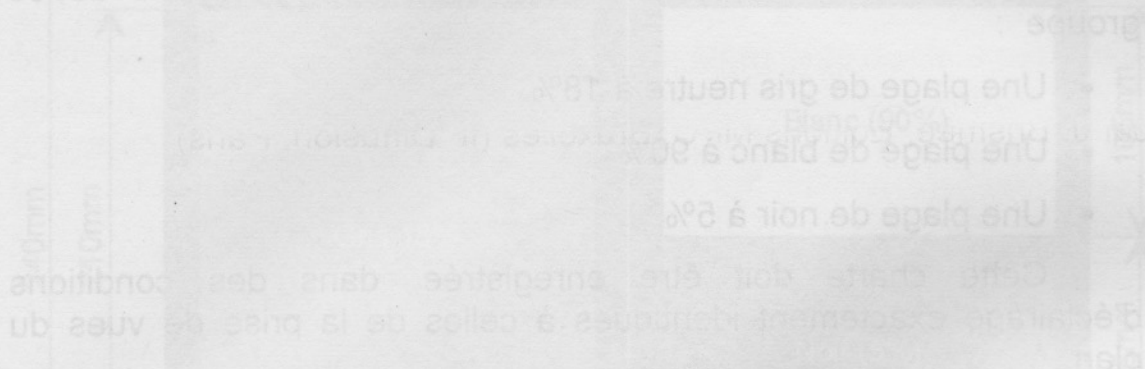
© Commission Supérieure Technique 2000

Tous droits de reproduction réservés

Dépôt légal 1^{er} trimestre 2000

DES CONDITIONS DE PRISES DE VUES

Pour permettre un contrôle des conditions d'exposition réelles, lors de la prise de vues avec celles de référence pour l'émulsion négative utilisée, lors de l'enregistrement d'un sensogramme en laboratoire, une charte spéciale comportant uniquement les trois plages suivantes a été établie à partir des conclusions de ce



Après l'obtention du négatif, le laboratoire sera en mesure de placer sur les trois sensogrammes de l'émulsion les valeurs de densité correspondant à chacune de ces plages. Ces indications seront précieuses pour le Directeur de la photographie qui connaîtra exactement les conditions d'exposition qu'il a adoptées par rapport aux possibilités de l'émulsion utilisée.

La plage de gris neutre à 18% permet de déterminer les conditions d'exposition réelles lors de la prise de vues. Elle pourra également être utilisée pour les opérations d'étalonnage des transferts en télécinéma. C'est en effet à partir de l'analyse de la densité spectrale de cette plage, qu'il peut être possible d'établir une correspondance, pour chaque type d'émulsion, entre l'étalonnage au télécinéma et l'étalonnage film, exprimé en « lumières de tirage ».

Deux modèles de cette charte, de dimensions différentes, sont édités par la CST. Elles seront toutes accompagnées de cette brochure.

Bibliographie non exhaustive :

Chimie et physique photographiques,

par P. Glafkidès, Publications Paul Montel, Paris

Théorie photographique appliquée, par P. Kowaliski,

Editions Masson et Cie, Paris

Lumière et son dans les techniques cinématographiques,

par J. Brismée, Editions MPC, Bruxelles (IF Diffusion, Paris)

Les Filtres et Les Indices d'exposition,

brochures techniques Kodak

American Cinematographer, juin 1983

L'Image par le film, par Claude Léon,

Diderot Editeur, Arts et Sciences

© Commission Supérieure Technique 2000

Tous droits de reproduction réservés

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2000